

CENTRALI SOLARI TERMODINAMICHE: ACCUMULO TERMICO IN SALI FUSI

Domenico Coiante – 3/6/2010

Publicato su www.aspoitalia.net – Giugno 2010

Nel numero di giugno 2010 della rivista “Le Scienze” è comparso un articolo a firma di Emanuele Perugini dal titolo: “I tubi di Archimede”. L’autore riferisce, a proposito delle centrali solari termodinamiche, che “*per oltre trent’anni si è rimasti alla fase di prototipi. Il limite di questi impianti era nei materiali impiegati, a cominciare dal fluido che scorre attraverso i tubi verso cui si è fatta convergere la luce*”. Questo per introdurre nel capoverso successivo le novità introdotte dal genio italico. “*L’arrivo di Rubbia all’ENEA ha letteralmente rivoluzionato il settore. Il premio Nobel ha infatti deciso di provare a sostituire gli oli minerali con un altro collettore termico: sali di sodio. Gli stessi che venivano usati nei sistemi di raffreddamento dei reattori nucleari superveloci, come Superphoenix*”. E poi l’articolo continua così con lo stesso tono enfatico. Insomma era l’uovo di Colombo e nessuno se n’era accorto! Questo tipo di affermazioni, già più volte comparse sulla stampa in passato e già da me contestate perché sommarie e fuorvianti, mi danno l’occasione per tornare nuovamente sull’argomento.

La prima cosa da rettificare è quella del livello prototipale dei numerosissimi impianti in funzione da circa 20 anni nel mondo. Nel momento della “discesa in campo di Rubbia”, solo in California, a Kramer Junction, erano in funzione centrali termodinamiche del tipo a concentratori paraboloidi cilindrici a fuoco lineare (quelle a cui si riferisce l’articolo) per una potenza totale di circa 354 MWe, tutte operative 24 ore su 24 e collegate alla rete elettrica. Senza dover citare le numerose altre centrali dello stesso tipo operative allora come ora nel deserto israeliano del Negev, mi sembra quanto meno improprio parlare di questi impianti come di prototipi improduttivi. Se si vuole una conferma di quanto detto, si vada nel sito dell’IEA www.solarpaces.org/publications/sp99 e si legga il rapporto pubblicato il 20/12/2000, dove si dà notizia del completamento del Progetto SEGS (Solar Electric Generating Systems) con la realizzazione in California della serie di centrali SEGS I-IX per un totale di 354 Mwe.

E veniamo alla idea *rivoluzionaria* (a detta dell’autore) di Rubbia dei sali di sodio fusi.

Diciamo subito che tali sali non hanno nulla, ma proprio nulla, a che vedere con i reattori nucleari veloci. O meglio, una cosa in comune ce la hanno: si tratta dell’elemento chimico sodio. Infatti nel caso del raffreddamento dei reattori veloci si è tentato (dico tentato perché l’esperimento si è dimostrato fallimentare) di usare il sodio metallico puro nel suo stato liquefatto, mentre nel caso delle centrali solari termodinamiche il sodio si trova sotto forma di sale, come nitrato di sodio, cioè un normale sale usato come fertilizzante chimico in agricoltura.

Qualunque persona dotata di un minimo di conoscenza di chimica sa che i due casi sono completamente diversi, ma il nostro autore no. Forse, però, le sue intenzioni erano buone nel volere *nobilitare* le centrali solari avvicinandole idealmente attraverso il sodio alle centrali nucleari, addirittura a quelle veloci, della quinta generazione ancora al di là da venire.

Il nitrato di sodio, miscelato in dose opportuna con il nitrato di potassio, ha la proprietà di fondere a 290 °C e di rimanere liquido fino a circa 600 °C, temperatura al di sopra della quale la miscela diviene instabile ed esplosiva. La miscela di sali fusi trasporta bene il calore e quindi si presta ad essere usata come fluido termico nel circuito primario di raccolta dell’energia solare per trasferirla al vapore d’acqua del circuito secondario che alimenta il gruppo turboalternatore. Poiché i sali fusi hanno una notevole capacità termica, essi possono essere usati per accumulare il calore ad alta temperatura, immagazzinandoli in grandi serbatoi coibentati. Il tempo utile di accumulo si aggira intorno a 4-5 ore, prima che la temperatura cali al di sotto del valore di solidificazione.

Tutte queste cose erano ben note nel 1998, ancor prima che si cominciasse a parlare del Progetto Stella dell’ENEA, divenuto in seguito Progetto Archimede. La prova si può avere visitando il sito del Department Of Energy degli USA, www.eren.doe.gov/sunlab e leggendo il rapporto intitolato *Overview of Solar Thermal Technologies*. Dopo la chiusura nel 1990 dell’impianto solare a specchi piani e torre centrale “Solar One” da 1 MWe di Barstow in California, ebbe inizio la realizzazione nello stesso sito della centrale “Solar

Two” da 10 MWe, che iniziò ad operare alla fine del 1996. A parte l’elevamento della potenza di uscita da 1 a 10 MWe, l’innovazione principale, rispetto a “Solar One”, era costituita proprio dal fluido termico primario, fatto da una miscela di nitrati di sodio e potassio, mantenuti fusi ad alta temperatura dal calore solare e immagazzinati in un sistema di accumulo termico in grado di conservarli liquidi per alcune ore, così da alimentare il gruppo turbina elettrica con una certa continuità programmabile.

La Fig.1, tratta fedelmente dal rapporto citato, mostra lo schema costruttivo della centrale.

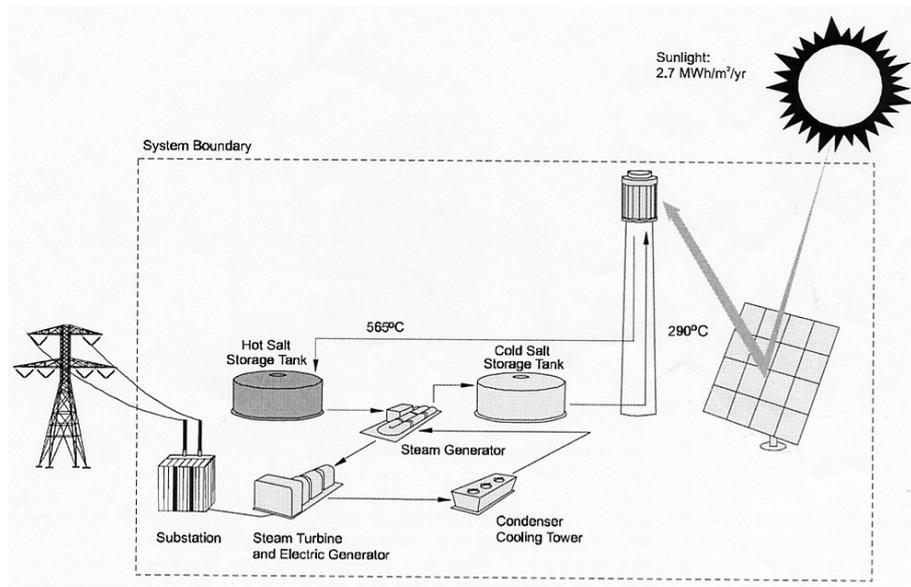


Fig.1 – Rappresentazione schematica della centrale solare “Solar Two” 1996.

Si distinguono chiaramente i due serbatoi coibentati (*hot and cold salt storage tanks*) per l’accumulo della miscela dei sali fusi, che scorre nel circuito termico primario. La centrale “Solar Two” ha operato egregiamente per più di 10 anni, ottenendo tutti i risultati previsti dal Progetto, tra cui la prova della funzionalità del sistema d’accumulo del calore nei sali fusi. Al termine dell’esperienza è stata avanzata la proposta da parte dei ricercatori di passare alla terza fase con l’aumento della potenza dell’impianto fino a 200 MWe, valore ritenuto di soglia per ottenere la competitività del costo di produzione del kWh. La proposta non ha trovato un’accoglienza favorevole in sede DOE ed ancora oggi si discute circa il finanziamento di questo nuovo progetto.

Nel rapporto USA citato, l’adozione della tecnica dei sali fusi non viene rivendicata come una novità assoluta, ma soltanto come un’innovazione rispetto all’impianto precedente, vantaggiosa soprattutto per la possibilità di accumulare il calore per qualche ora, consentendo così un certo grado di dispacciamento della potenza. Né sarebbe potuto essere altrimenti, perché tale tecnica era già stata usata abbondantemente negli impianti solari a concentrazione che avevano preceduto il progetto “Solar Two”. Infatti, nello stesso rapporto, si trova la tabella sotto riprodotta, che riassume tutta la situazione precedente degli anni ’80.

Table 1. Experimental power towers.

Project	Country	Power Output (MWe)	Heat Transfer Fluid	Storage Medium	Operation Began
SSPS	Spain	0.5	Liquid Sodium	Sodium	1981
EURELIOS	Italy	1	Steam	Nitrate Salt/Water	1981
SUNSHINE	Japan	1	Steam	Nitrate Salt/Water	1981
Solar One	USA	10	Steam	Oil/Rock	1982
CESA-1	Spain	1	Steam	Nitrate Salt	1983
MSEE/Cat B	USA	1	Molten Nitrate	Nitrate Salt	1984
THEMIS	France	2.5	Hi-Tec Salt	Hi-Tec Salt	1984
SPP-5	Russia	5	Steam	Water/ Steam	1986
TSA	Spain	1	Air	Ceramic	1993
Solar Two	USA	10	Molten Nitrate Salt	Nitrate Salt	1996

Osservando l'elenco degli impianti, possiamo notare che, oltre al "Solar Two", anche la centrale USA MSEE/Cat B da 1 MWe aveva fatto uso di nitrati come fluido primario fin dal 1984, mentre nell'impianto francese Themis era usato un altro tipo di sale. Se poi si guarda ai mezzi di accumulo del calore, si trova che ben 4 impianti usavano i sali fusi in quegli anni '80 e, a ben guardare, si ha la sorpresa che tra essi c'era anche la centrale solare termodinamica italiana Eurelios da 1 MWe di Adrano in Sicilia, realizzata solo in parte (e quasi subito dimessa) dall'ENEL su progetto del prof. Giovanni Francia, inventore riconosciuto delle centrali solari a specchi piani e torre centrale.

Tutti gli impianti che negli anni '80 e '90 usavano i sali fusi come fluido termico primario erano del tipo a torre centrale e specchi piani, mentre nelle centrali a specchi paraboloidi cilindrici era usato l'olio minerale diatermico, che, avendo una bassa capacità termica, permetteva l'accumulo del calore solo per breve tempo. La scelta dell'olio per i collettori paraboloidi era stata dettata dalla precisa esigenza tecnica di mantenere sgombri e puliti i tubi focali orizzontali di raccolta della radiazione solare quando, di sera, la temperatura del fluido scendeva al valore ambiente (che nelle zone desertiche può anche abbassarsi sotto a 0 °C). In tal modo, alla partenza mattutina dell'impianto, non si verificano impedimenti al flusso del liquido e la produzione di potenza non viene ritardata rispetto all'illuminazione solare.

La miscela di sali fusi era stata scartata come fluido primario perché, per mantenerla liquida e scorrevole, occorre tenere la sua temperatura sempre al di sopra di 290 °C (temperatura di solidificazione). Ciò è possibile nei serbatoi coibentati, ma è molto complicato nei tubi focali che rimangono esposti alla temperatura ambiente, sia di giorno quando manca il sole, sia durante la notte. La condensazione dei sali può provocare la rottura dei tubi di vetro e l'occlusione dei condotti, o quantomeno la formazione d'incrostazioni saline, che ostacolano poi il riavvio dell'impianto la mattina. Pertanto, questa tecnica era stata accantonata essenzialmente per motivi di affidabilità dell'impianto.

In questo quadro consolidato dall'esperienza, la proposta Archimede di adottare come fluido termico primario la miscela di sali fusi anche negli impianti a paraboloidi lineari costituisce una novità, solo in quanto rimette in discussione la scelta precedente. Le informazioni ottenibili dalle pubblicazioni tecniche su questo argomento sono mantenute nel vago e non mi hanno consentito, finora, di capire come sia stato superato il problema della condensazione dei sali nelle tubazioni. In ogni caso, tutti i dubbi saranno presto risolti quando entrerà in funzione l'impianto Archimede a Priolo in Sicilia e si potrà conoscere le prestazioni sperimentali della centrale solare.