



Energia elettrica da fonte solare Solare termodinamico

SCENARIO DI RIFERIMENTO

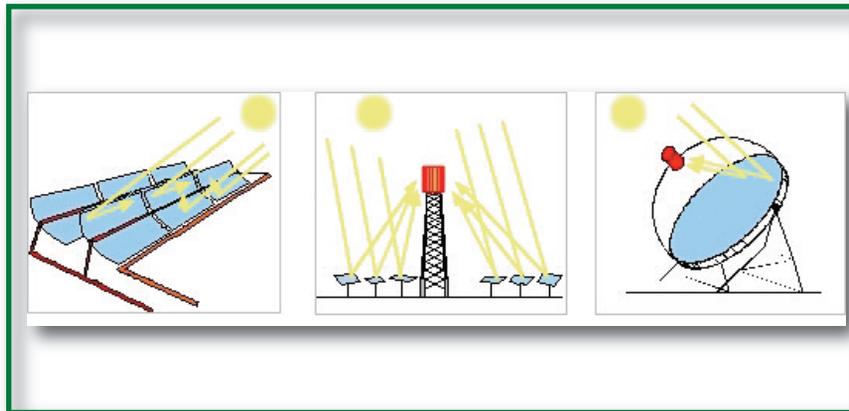
Le attività di ricerca, inquadrare nell'ambito più generale dello sviluppo e diffusione dell'uso delle fonti rinnovabili di energia, si riferiscono alla produzione di energia elettrica da radiazione solare mediante tecnologia a concentrazione ad alta temperatura, sinteticamente denominata "Solare termodinamico". Gli impianti a "Solare termodinamico" utilizzano opportuni sistemi ottici (concentratori) per raccogliere la radiazione solare e inviarla su un componente (ricevitore), dove questa energia, trasformata in calore ad alta temperatura,

viene trasferita a un fluido. Questo calore può essere integrato con altra fonte esterna di energia (ad es. gas o biomassa) per la produzione di energia elettrica o per essere utilizzato a più alta temperatura in processi industriali. La tecnologia disponibile consente anche l'accumulo del calore per un successivo utilizzo. Secondo la forma dei concentratori, possiamo distinguere tre diverse tipologie di impianti: a disco parabolico, a torre centrale e a collettore lineare parabolico o Fresnel. Allo stato attuale la tecnologia più diffusa è quella dei collettori parabolici lineari. In quest'ambito l'ENEA ha sviluppato una propria originale linea tecnologica ad alta temperatura caratterizzata dall'utilizzo di sali fusi come fluido di processo e come mezzo di accumulo termico. La collaborazione con l'industria nazionale ha permesso di sviluppare una filiera industriale, portando, tra l'altro, alla realizzazione in Sicilia (Priolo Gargallo SR), da parte di ENEL, dell'impianto da 5 MW "Archimede" integrato con un ciclo combinato a gas. La ricerca sul solare termodinamico ha come obiettivo principale la riduzione dei costi per rendere questi impianti sem-

pre più competitivi rispetto alla produzione elettrica con i tradizionali combustibili fossili. Questo può essere realizzato sia attraverso il miglioramento dell'efficienza dei principali componenti e sistemi che con la semplificazione impiantistica e il miglioramento delle procedure di gestione e manutenzione.

L'attenzione deve essere posta, oltre che ai grossi impianti di produzione di energia elettrica, anche a sistemi di piccola e media taglia per la produzione combinata di energia elettrica e termica, eventualmente ibridizzati

con un'altra fonte energetica meglio se rinnovabile.



OBIETTIVI

Gli obiettivi dell'attività riguardano:

- Lo sviluppo di nuovi coating del tubo ricevitore caratterizzati da una migliore efficienza di conversione foto-termica (alta assorbanza solare e bassa emissività termica), utilizzando la tecnologia dei filtri ottici del tipo interferenziali.
- Lo studio, nell'ambito della tecnologia solare a collettori parabolici lineari, di nuove configurazioni impiantistiche alternative a quelle attuali, per individuare quelle più promettenti sia dal punto di vista dell'efficienza e produttività che dei costi di realizzazione e di esercizio. Le analisi mirano a confrontare in particolare l'utilizzo di fluidi termici diversi (miscele binarie/ternarie di sali fusi, fluidi gassosi e acqua) e tipologie diverse di accumulo termico (a calore sensibile o a cambiamento di fase), in funzione della taglia dell'impianto e delle temperature operative.

- Lo sviluppo di sistemi integrati per applicazioni in impianti solari termodinamici di piccola e media taglia, in particolare sistemi cogenerativi innovativi che sfruttano l'accoppiamento diretto con il sistema di accumulo termico a sali fusi ad alta temperatura; questi sistemi possono essere utilizzati anche come emergenza in impianti di grossa taglia.

RISULTATI

Sviluppo di strati sottili ceramici e metallici ad alta compattezza e densità

Nell'ambito delle attività già espletate assume particolare rilievo la realizzazione di un impianto prototipale di sputtering dell'ENEA sul quale è ora possibile condurre processi di deposizione di tipo IBAD (Ion Beam Assisted Deposition). La nuova tecnologia consente di migliorare non solo le prestazioni fototermiche del coating (alta assorbanza e bassa emissività), ma anche la durabilità e affidabilità del componente. Le attività di ricerca e sviluppo sono rivolte alla realizzazione di film metallici molto sottili, dell'ordine di qualche nanometro, da impiegare in filtri interferenziali multistrato ceramico-metallico in modo da migliorare le prestazioni fototermiche dei tubi ricevitori per impianti solari termodinamici a collettori parabolici lineari (Parabolic Trough). In particolare l'attenzione è rivolta alla realizzazione di strati di ossidi e nitruri d'Alluminio di buona qualità ottica mediante la tecnica del MetaMode. Il MetaMode consiste nel depositare sul substrato, con tecnica magnetron sputtering in gas Argon, uno strato molto sottile di metallo nella "zona di deposizione" della camera di processo e, successivamente, nell'ossidare (ovvero nitrurare) questo strato mediante l'azione di una sorgente ionica installata nella "zona di reazione" della stessa camera e "alimentata" da specie reattive quali O_2 o N_2 . Alternando deposizione e ossidazione (o nitrurazione) del metallo, vengono fabbricati strati di ossido (ovvero nitruro) dello spessore desiderato.

Studio di sistemi alternativi di accumulo termico

Le attività riguardano lo studio, nell'ambito della tecnologia solare a collettori parabolici lineari, di nuovi sistemi di accumulo termico. In particolare è valutata la possibilità di realizzare un accumulo termico in impianti che utilizzano gas come fluido termovettore e sono stati analizzati nuovi sistemi di accumulo termico a calore sensibile che utilizzano sia materiali



Sezione di deposizione dell'impianto di sputtering ENEA: in primo piano l'interflangia per l'installazione della sorgente ionica KRI EH200/MHC1000

inerti (es. cementi speciali) che miscele di materiali a cambiamento di fase PCM (Phase Change Materials) con aggiunta di nanoparticelle per migliorare le proprietà termiche. Sono analizzate soluzioni impiantistiche alternative per un impianto solare termodinamico ad alta temperatura a collettori parabolici lineari. Tra le varie soluzioni vi è la possibilità di utilizzare un fluido gassoso come fluido termovettore per alimentare il campo solare e produrre energia elettrica tramite un ciclo termodinamico Brayton. Sono analizzati diversi gas potenzialmente utilizzabili per la raccolta di calore solare ad alta temperatura e pressione: CO_2 , N_2 , He e aria secca. La scelta del fluido ottimale è fatta sulla base di considerazioni tecnico-economiche che permettono di stabilire che l'aria secca è la soluzione più vantaggiosa per questa applicazione. Tenendo conto che per un impianto solare l'accumulo termico è la soluzione impiantistica che permette di dare continuità alla produzione di energia elettrica anche in assenza di radiazione solare l'attività si concentra sullo sviluppo di un sistema di accumulo termico innovativo, a calore sensibile, basato sull'utilizzo di materiale solido in forma di sfere (pebble bed), racchiuso in opportuni contenitori, per accumulare calore ad alta temperatura e pressione (almeno $550\text{ }^\circ\text{C}$ e 80 bar).

Un mezzo di accumulo a calore latente con temperatura di fusione prossima ai $200\text{-}250\text{ }^\circ\text{C}$ è stato selezionato, prodotto nelle opportune quantità, e completamente caratterizzato, con particolare riferimento alla diffusività/conducibilità termica, alla sua stabilità nel tempo (durabilità) e a tutte quelle proprietà fisiche e termo-meccaniche necessarie nonché alla sua compatibilità con i materiali di contenimento



Fornaci impiegate per effettuare i test di corrosione su acciai in bagno di sali nitrati a 550 °C



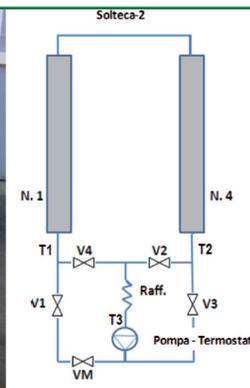
(corrosione di acciai di tipo AISI 316). Inoltre è stato sviluppato un metodo di produzione di nanoPCM, che sia in grado di fornire in tempi brevi le quantità richieste (semi-industriale) mantenendo inalterate le caratteristiche del prodotto (rispetto dei protocolli). In particolare le attività hanno riguardato la selezione e caratterizzazione del mezzo di accumulo e la sua compatibilità chimica con i materiali di contenimento e attività connesse alla sintesi, ai protocolli di miscelamento, alla metodologia di produzione e alla sua effettiva produzione. È stato infine progettato un sistema elementare di accumulo termico a cambiamento di fase funzionante a media temperatura (circa 250 °C) e della sezione di prova necessaria alla verifica delle condizioni di scambio termico che si instaurano.

Sviluppo di sistemi integrati per applicazioni in impianti di piccola taglia

Le attività riguardano, nel caso di applicazioni del solare termodinamico a impianti co-generativi di piccola taglia (< 1 MWe), lo studio e la progettazione di sistemi per generazione di energia elettrica di piccole dimensioni basati sull'esclusivo uso di energia termica da prelevare dal sistema di accumulo. Utilizzando come sistema di accumulo il serbatoio a sali fusi dell'impianto PCS e il suo generatore di vapore interno, sono state analizzate diverse soluzioni, è



Impianto per il test di elementi di accumulo a calore latente: vista dell'impianto ed alcuni componenti (termostato di circolazione, tubo alettato, elementi di accumulo)



Circuito SOLTECA per il test di elementi di accumulo termico in calcestruzzo

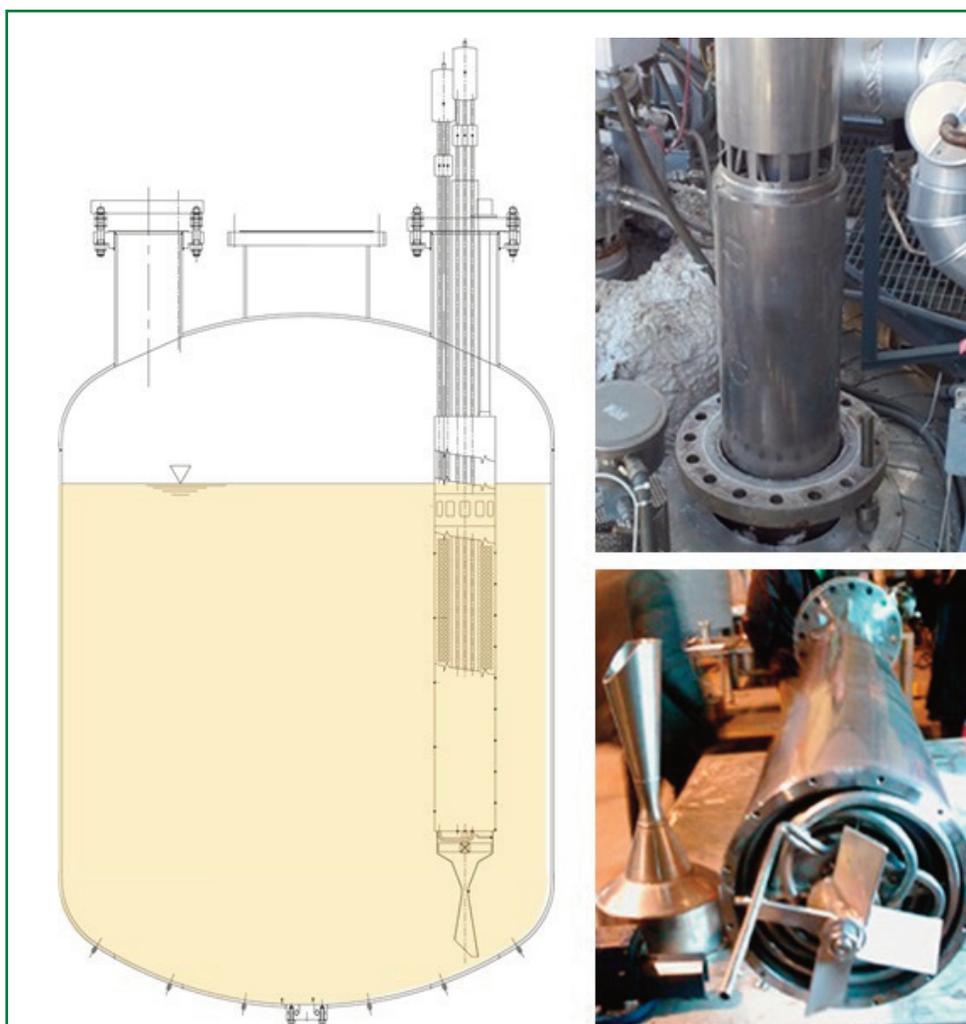
stata scelta quella migliore ed è stato realizzato il progetto preliminare. È stata infine effettuata la caratterizzazione termica del serbatoio di accumulo a sali fusi dell'Impianto Sperimentale PCS in condizioni reali di esercizio del sistema, sia in stazionario che in transitorio con l'installazione e l'effettuazione di prove preliminari di caratterizzazione del sistema cogenerativo innovativo con microturbina a vapore.

Supporto ai ministeri e collaborazioni internazionali

ENEA svolge azioni di supporto tecnico-scientifico ai Ministeri per la definizione di un quadro nazionale di riferimento, che guidi gli operatori coinvolti nel

settore del solare termodinamico, in linea con quanto previsto dalla Strategia Energetica Nazionale, che individua questa tecnologia come una delle più promettenti per sviluppi industriali nel medio termine.

ENEA partecipa inoltre alle collaborazioni in corso nel settore, sia a livello europeo che internazionale, essenziali per indirizzare le attività di ricerca, stabilire sinergie con i principali attori non nazionali e acquisire risorse nell'ambito dei progetti europei. In particolare, tale partecipazione riguarda i gruppi di lavoro dell'European Energy Research Alliance (EERA), l'Implementing Agreement dell'IEA SolarPACES e la European Solar Thermal Electricity Association (ESTELA).



Serbatoio di accumulo a sali fusi dell'impianto PCS con generatore di vapore

*Area di ricerca: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente
Progetto B.1.3: Energia elettrica da fonte solare – Solare termodinamico
Referente: D. Mazzei, domenico.mazzei@enea.it*