



Ricerca di Sistema elettrico

Realizzazione della piattaforma sperimentale per la fornitura di calore di processo

M. D'Auria, M. Lanchi, P. Di Ascenzi, G. Petroni, V. Russo,
P. Pagano, W. Gaggioli

REALIZZAZIONE DELLA PIATTAFORMA SPERIMENTALE PER LA FORNITURA DI CALORE DI PROCESSO

M. D'Auria, M. Lanchi, P. Di Ascenzi, G. Petroni, V. Russo, P. Pagano, W. Gaggioli (ENEA)

Dicembre 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero della Transizione Ecologica - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - III annualità 2021

Obiettivo: *Sistema Elettrico o Tecnologie*

Progetto: 1.9 Solare termodinamico

Linea di attività: LA1.37 - Calore di processo per applicazioni industriali: realizzazione e messa in esercizio di un impianto sperimentale dedicato presso il C.R. ENEA-Casaccia

Responsabile del Progetto: ing. Alberto Giaconia, ENEA

Indice

SOMMARIO	3
1 INTRODUZIONE	4
2 IMPIANTO SPERIMENTALE	5
2.1 CAMPO SOLARE	5
2.2 RISCALDATORE ELETTRICO	7
2.3 AEROTERMI	8
3 CONCLUSIONI	9

Sommario

Nell'ambito della LA1.37 del PTR2019-21, è stata realizzata la piattaforma sperimentale ENEA-SHIP, la cui progettazione è stata effettuata nella precedente annualità (LA1.36). Tale piattaforma è funzionale allo studio di soluzioni tecniche per la produzione di calore di processo a media e alta temperatura (200-550 °C) da impianti solari a concentrazione (CST). Coerentemente a quanto inizialmente previsto, l'attuale configurazione dell'impianto ENEA-SHIP si basa principalmente sull'utilizzo di componenti e fluidi termovettori commerciali, largamente impiegati nel settore industriale, al fine di valutarne la loro potenziale applicazione nell'ambito della tecnologia CST, in un'ottica di riduzione dei costi e immediato trasferimento all'industria. In particolare, la nuova piattaforma sperimentale è principalmente costituita da una linea di collettori lineari del tipo Fresnel sperimentale, integrata con due aerotermini, che simulano l'utenza industriale, e con un riscaldatore elettrico, che simula una prima sezione del campo solare. Il circuito è inoltre dotato di buffer di accumulo, vaso di espansione e pompa di circolazione, ed è strumentato con rilevatori di temperatura, pressione e portata (olio e aria) per il controllo in remoto delle attività sperimentali.

La realizzazione dell'impianto ha avuto una durata superiore al timing previsto a causa di difficoltà nell'approvvigionamento dei materiali, soprattutto per i componenti del campo solare. Inoltre, la messa in esercizio della piattaforma ha incontrato le tipiche difficoltà associate al commissioning dei sistemi sperimentali. Nel presente documento vengono riportate le caratteristiche dei componenti principali dell'impianto ENEA-SHIP (Campo solare, riscaldatore elettrico e aerotermini).

1 Introduzione

Nell'ambito della LA1.37 del PTR2019-21, è stata realizzata una piattaforma sperimentale di dimensioni reali, denominata ENEA-SHIP, il cui schema concettuale è riportato in Figura 1, finalizzata a testare materiali e componenti innovativi per la fornitura di calore all'industria. Essa è principalmente costituita da una linea di collettori lineari Fresnel, della lunghezza di 36 m: la superficie riflettente, costituita da 425 specchi (625 mm x 1250 mm), suddivisi in 17 file movimentabili separatamente, ha un'estensione di 332 m² circa. L'attuale temperatura massima del fluido termovettore (Therminol 66) è pari 320°C e la potenza termica nominale di picco dell'impianto è pari a circa 190 kW. L'impianto è inoltre costituito da i) Riscaldatore elettrico (CE), funzionale al preriscaldamento dell'olio diatermico; ii) Buffer (BU), piccolo serbatoio di accumulo asservito al funzionamento e al controllo della caldaia elettrica e componente di interfaccia tra il circuito primario e secondario dell'impianto; iii) Aerotermo 1 (AE1), scambiatore di processo olio-aria, che simula specifiche utenze, soprattutto in termini di temperature operative; iv) Aerotermo 2 (AE2), scambiatore di servizio olio-aria, funzionale al controllo della temperatura dell'olio in ingresso al campo solare; v) Vaso di espansione (VE) pressurizzato con linea di azoto (circa 6 atm); vi) pompa centrifuga di rilancio (P), per la circolazione dell'olio diatermico nell'impianto sperimentale.

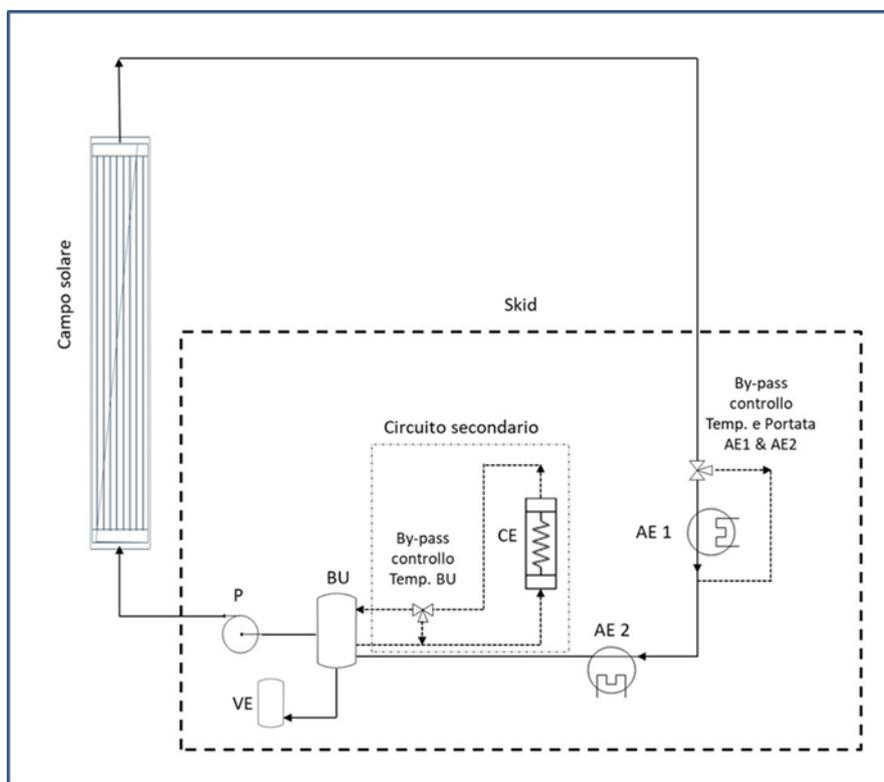


Figura 1. Impianto ENEA-SHIP - schema concettuale

La piattaforma è attualmente rappresentativa del funzionamento di sistemi a media temperatura e consente di ottenere la massima flessibilità nella simulazione di casi reali di integrazione tra i sottosistemi di un impianto solare a concentrazione ed i processi industriali (cottura, pastorizzazione e sterilizzazione nel settore agroalimentare e delle bevande; sbiancamento ed essiccazione nel settore tessile; candeggio e preparazione della polpa nella carta; distillazione ed evaporazione in chimica e farmaceutica; trattamento per vernici nel settore automobilistico; fasi specifiche di processi di produzione/trattamento della plastica, pellame, etc.) ma è predisposta per potenziali e futuri interventi di ampliamento. Di seguito vengono descritti i principali componenti di impianto.

2 Impianto sperimentale

2.1 Campo solare

Il campo solare (Figura 2), che ha un design innovativo volto a ridurre il peso delle strutture e la quantità di acciaio utilizzato, è di tipo sperimentale ed è costituito da i) una stringa di collettori solari di tipo Fresnel, di cui si riportano le principali caratteristiche tecniche in Tabella 1, ii) una condotta coibentata per il trasporto del fluido freddo dallo skid all'ingresso del collettore solare e iii) una condotta coibentata dall'uscita del collettore all'ingresso dell'aeroterma AE1. In particolare, il collettore solare è formato da 17 file di specchi primari che captano e concentrano la radiazione solare su un tubo ricevitore posizionato a circa 5 metri dal piano degli specchi primari.

Tabella 1. Principali caratteristiche tecniche del campo solare.

	<i>u.m.</i>	
Tipologia collettore campo solare	-	Lineare Fresnel
Orientamento collettore campo solare	-	E-O
Radiazione solare ANI di picco	W/m ²	863
Radiazione solare ANI minima	W/m ²	300
Numero stringhe del campo solare	unità	1
Lunghezza del collettore	m	38
Larghezza del collettore	m	12
Altezza tubo ricevitore dal piano del terreno	m	6
Altezza del piano degli specchi dal piano del terreno	m	1
Superficie riflettente specchi primari	m ²	332
Numero file specchi primari	unità	17
Efficienza ottica nominale	%	64
Numero tubi ricevitori	unità	9
Tipologia tubo ricevitore	-	ASE HCEMS-11
Fluido termovettore	-	Therminol 66
Temperatura massima circuito campo solare	°C	330
Temperatura uscita campo solare con ANI MAX	°C	320
Portata olio con ANI MAX	kg/s	2.3
Portata olio ANI nulla	kg/s	0.75
Potenza termica con ANI di riferimento	kW _t	159
Potenza termica con ANI di picco	kW _t	178
Potenza termica con ANI minima	kW _t	58.5



Figura 2. Collettore lineare Fresnel installato presso il CR ENEA Casaccia.

Il collettore solare si compone di un telaio portante di tipo reticolare in carpenteria, a cui sono ancorati nella zona inferiore gli specchi primari e nella zona superiore il sistema ricevitore (Figura 3) costituito da tubi ricevitori e riflettori secondari. Ciascuna fila di specchi primari ha la possibilità di ruotare per consentire l'inseguimento solare e, con una logica di attuazione indipendente per ogni fila di specchi mediante singoli motoriduttori, è possibile garantire anche una parziale focalizzazione del campo solare, modulando la potenza riflessa e concentrata sul tubo ricevitore. Quest'ultimo è realizzato in acciaio inossidabile austenitico rivestito da un coating spettralmente selettivo in grado di massimare l'assorbimento della radiazione solare (>95%) e di minimizzare l'emissività (<10% a 400 °C). Il riflettore secondario è una lamina di alluminio con una geometria parabolica che ha il compito di captare e reindirizzare sul tubo ricevitore l'aliquota di radiazione non intercettata dal tubo, in modo da massimizzare la captazione del flusso concentrato e migliorare l'efficienza ottica del sistema.



Figura 3. Particolare del sistema ricevitore.

2.2 Riscaldatore elettrico

Il riscaldatore elettrico (Figura 4) è costituito da un corpo principale realizzato con tubi in acciaio al carbonio, all'interno dei quali circola l'olio a diretto contatto con gli elementi riscaldanti delle resistenze elettriche. Gli attacchi prevedono flange in acciaio al carbonio del tipo PN 16. I materiali impiegati per i componenti principali del riscaldatore sono:

- acciaio ASTM A 106 Gr. B e acciaio ASTM A 333 Gr. 6 per i tubi;
- acciaio al carbonio ASTM A 105 per flange e manicotti.
- lana di roccia e lamierino zincato per l'isolamento termico verso l'esterno.

La potenza nominale della caldaia è pari a 100 kW, erogata da 5 resistenze da 20 kW ciascuna, di tipo ON/OFF. Tale potenza è sufficiente sia per riscaldare l'olio durante la fase di avviamento, sia per compensare eventuali dispersioni termiche lungo il circuito. La temperatura e la pressione di progetto sono pari, rispettivamente, a 350 °C e 6 bar; in esercizio la temperatura e la pressione devono essere, rispettivamente, minore o uguale a 320 °C e inferiore a 6 bar. In Tabella 2 si riportano i dati tecnici del riscaldatore elettrico.



Figura 4. Riscaldatore elettrico per olio diatermico.

Tabella 2. Dati tecnici del riscaldatore elettrico per olio diatermico.

Grandezza	U.M.	Valore
Potenza elettrica	kW	100
Potenza elettrica	kcal/h	86.000
Pressione di progetto	bar	6
Pressione di utilizzo	bar	< 6
Pressione di prova idraulica	bar	9
Temperatura di progetto	°C	350
Temperatura di esercizio	°C	320
Fluido termovettore	-	Olio diatermico
Capacità totale (corpo + filtro)	l	63
Mandata/Ritorno Olio	-	DN 50 PN 16
Scarico Olio	-	DN 20 PN 16
Attacco collegamento al vaso espansione	-	DN 32 PN 16
Portata Pompa circolazione	m ³ /h	15
Prevalenza Pompa	m	30
Potenza elettrica Motore Pompa	kW	3

2.3 Aerotermi

Nell'impianto ENEA-SHIP sono stati installati due aerotermi (Figura 5), dimensionati per smaltire una potenza di circa 100 kW termici ciascuno in condizioni nominali. L'Aerotermino 1 (AE1) è uno scambiatore di processo olio-aria, che simula specifiche utenze soprattutto in termini di temperature operative; inoltre la potenza assorbita dall'aerotermino può rappresentare in scala il carico termico dell'utenza in esame; l'Aerotermino 2 (AE2) è uno scambiatore di servizio olio-aria, funzionale al controllo della temperatura dell'olio in ingresso al campo solare.

I due aerotermi sono sostanzialmente costituiti dalle seguenti parti:

- corpo principale composto da tubi alettati;
- telaio;
- connessioni.

I tubi degli scambiatori hanno un diametro esterno di 60.3 mm e uno spessore di 2.0 mm e sono realizzati in acciaio AISI 304/304L. Le alette di scambio in alluminio hanno un'altezza di 27 mm e uno spessore 0.5 mm. Il telaio esterno è realizzato con lamiere in acciaio AISI 304/304L con spessore di 3.0 mm. Le flange di connessione sono DN 50 PN 16 in acciaio AISI 304/304L.

Durante l'esercizio dell'impianto, il fluido termovettore attraversa il campo solare conseguendo un salto termico dipendente dalla DNI, e alimenta termicamente l'utenza (AE1), rilasciando la potenza solare assorbita o una frazione di essa, in funzione delle condizioni operative dell'utenza da simulare. La potenza rilasciata dall'AE1 viene modulata attraverso il controllo della portata della linea di by-pass, disposta in parallelo all'AE1, la portata di aria del ventilatore, le temperature di ingresso e di uscita dell'olio diatermico. Come precedentemente menzionato, se necessario, la temperatura del fluido termovettore viene riportata al valore di temperatura smaltendo la potenza in eccesso nell'AE2.

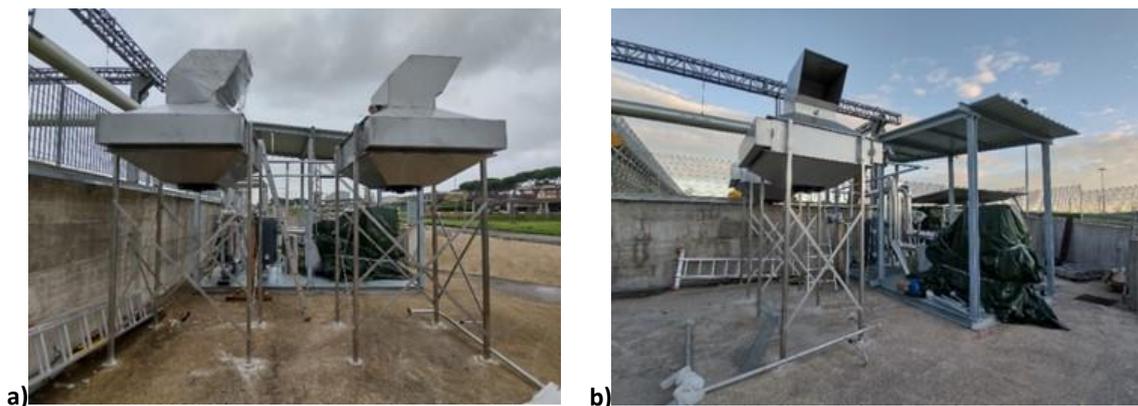


Figura 5. a) Vista laterale degli aerotermi e b) Aerotermi e area skid.

3 Conclusioni

La piattaforma sperimentale ENEA SHIP, dedicata allo studio, sperimentazione e validazione di nuove soluzioni tecniche e configurazioni di impianto per la fornitura di calore alle utenze industriali, è principalmente costituita da una linea di collettori lineari del tipo Fresnel, integrata con due aerotermini, che simulano l'utenza industriale, e con un riscaldatore elettrico, che simula una prima sezione del campo solare. Il circuito è inoltre dotato di buffer di accumulo, vaso di espansione e pompa di circolazione, ed è strumentato con rilevatori di temperatura, pressione e portata (olio e aria) per il controllo in remoto delle attività sperimentali. La realizzazione dell'impianto ha avuto una durata superiore al timing previsto a causa di difficoltà nell'approvvigionamento dei materiali, soprattutto per i componenti del campo solare. Inoltre, la messa in esercizio della piattaforma ha incontrato le tipiche difficoltà associate al commissioning dei sistemi sperimentali.

Tale impianto, nell'immediato futuro, sarà oggetto di una campagna di test finalizzata sia alla verifica della funzionalità dei singoli sottosistemi (campo solare, riscaldatore elettrico, aerotermini e pompa), sia alla risoluzione di eventuali problematiche che si riscontreranno nell'esercizio dei componenti. In una seconda fase verrà verificata la controllabilità del sistema durante le operazioni "on-sun", variando le condizioni operative di impianto (portata del fluido termovettore, potenza e temperatura dell'aerotermino/utenza) al variare della intensità della radiazione solare per mantenere la temperatura del circuito ai valori prestabiliti.