

DALL'ACQUA AL SALE FUSO, L'EVOLUZIONE DEI FLUIDI TERMOVETTORI NEGLI IMPIANTI SOLARI A CONCENTRAZIONE

Augusto Maccari
Archimede Solar Energy

Le primissime applicazioni della tecnologia solare a concentrazione non prevedevano l'utilizzo di alcun fluido intermedio che trasferiva il calore dal ricevitore all'utilizzo.

Benché ancora oggi esistano delle tecnologie che appartengono a questa famiglia, nella maggior parte dei casi il luogo dove si utilizza e/o dove si accumula l'energia termica è più o meno distante dal luogo dove essa viene prodotta dalla radiazione concentrata.

Nel corso del tempo i sistemi hanno utilizzato fluidi sempre più complessi. Si è passato dunque all'impiego della semplice acqua, eventualmente trasformata in vapore, a quello di oli minerali fino ad arrivare alle ultime innovazioni proposte (miscele di Sali Fusi, letti fluidi o liquidi con nano particelle) con un differente grado di maturità commerciale.

Dopo aver fatto un breve excursus dei vari tipi di fluidi evidenziandone i pro e i contro, verranno brevemente illustrati i risultati operativi dell'impianto dimostrativo a Sali fusi di ASE.

Gruppo per la storia dell'energia solare (GSES, www.gses.it)

Incontro dibattito presso Museo dell'Industria e del Lavoro di Brescia, Rodengo Saiano

Via del Commercio 18 - 25050 Rodengo Saiano - Brescia

“Storia e attualità del solare termodinamico con il contributo italiano”

venerdì 10 ottobre 2014

Dall'acqua al sale fuso

L'evoluzione dei fluidi termovettori negli impianti solari a concentrazione

A. Maccari



Fluido termovettore:
accumula e *trasporta il*
calore.

Heat Transfer Fluid (HTF)



Archimede



200 a.c.

Antoine-Laurent Lavoisier

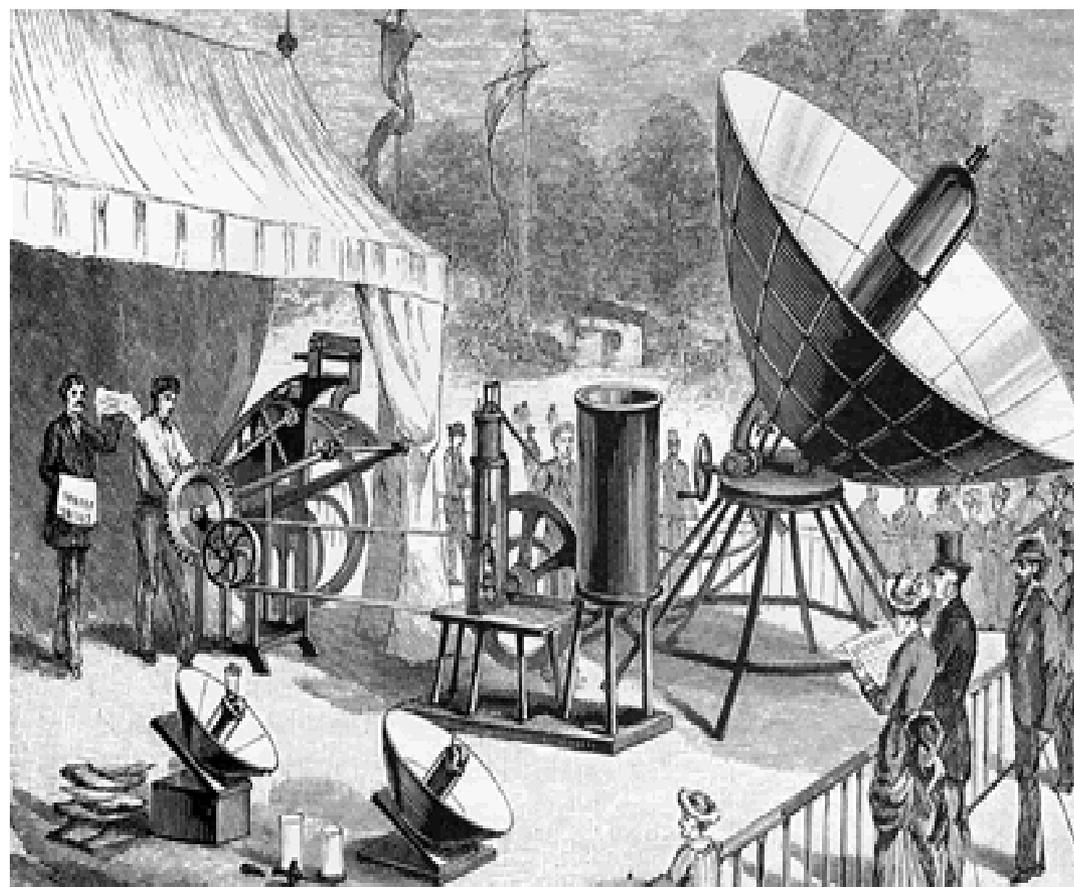
HTF: No



1772

Augustine Mouchot

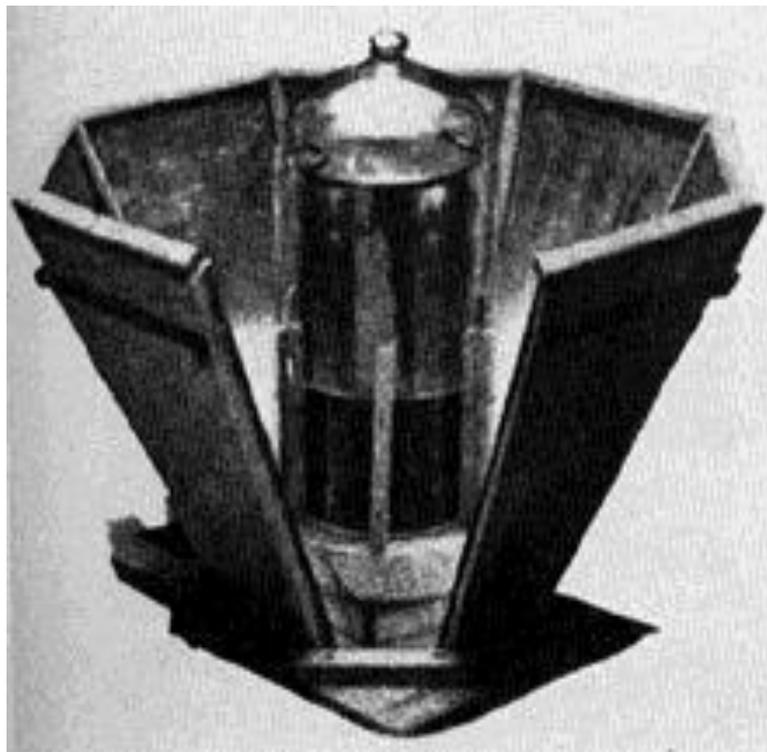
HTF: Acqua/Vapore



1878

William Adams

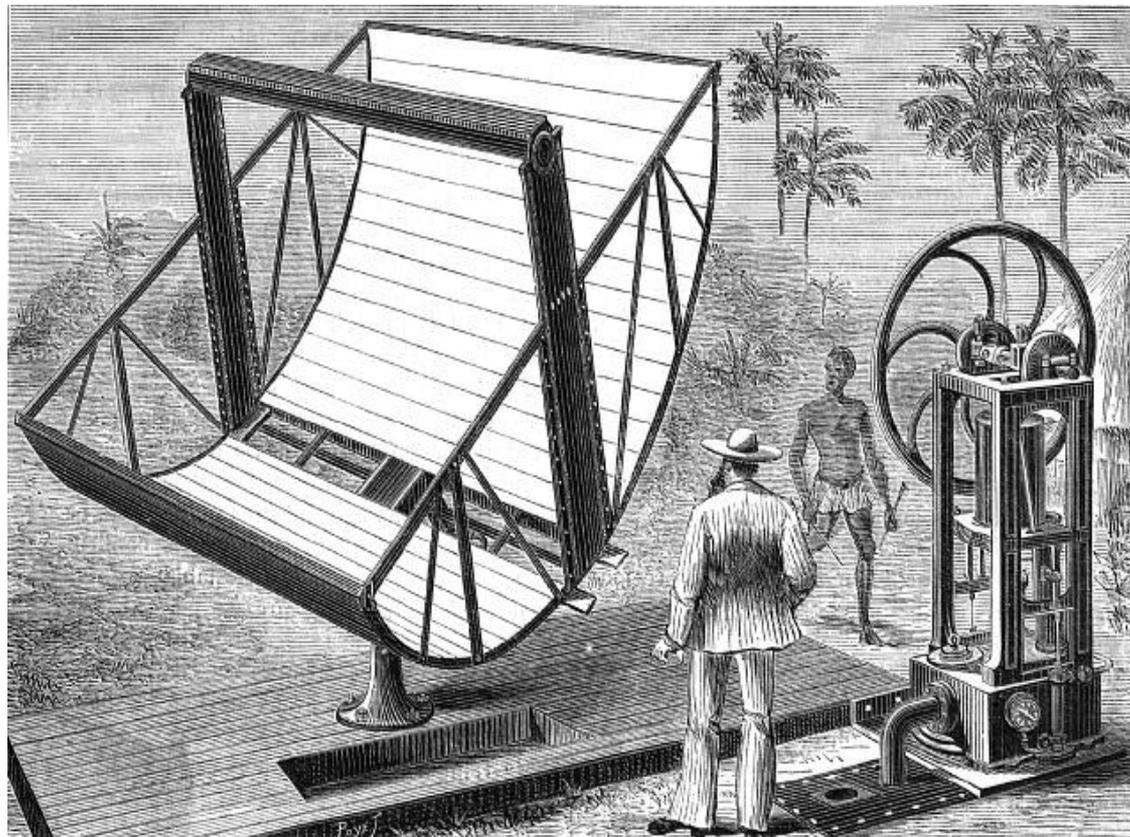
HTF: Acqua/Vapore



1878

John Ericsson

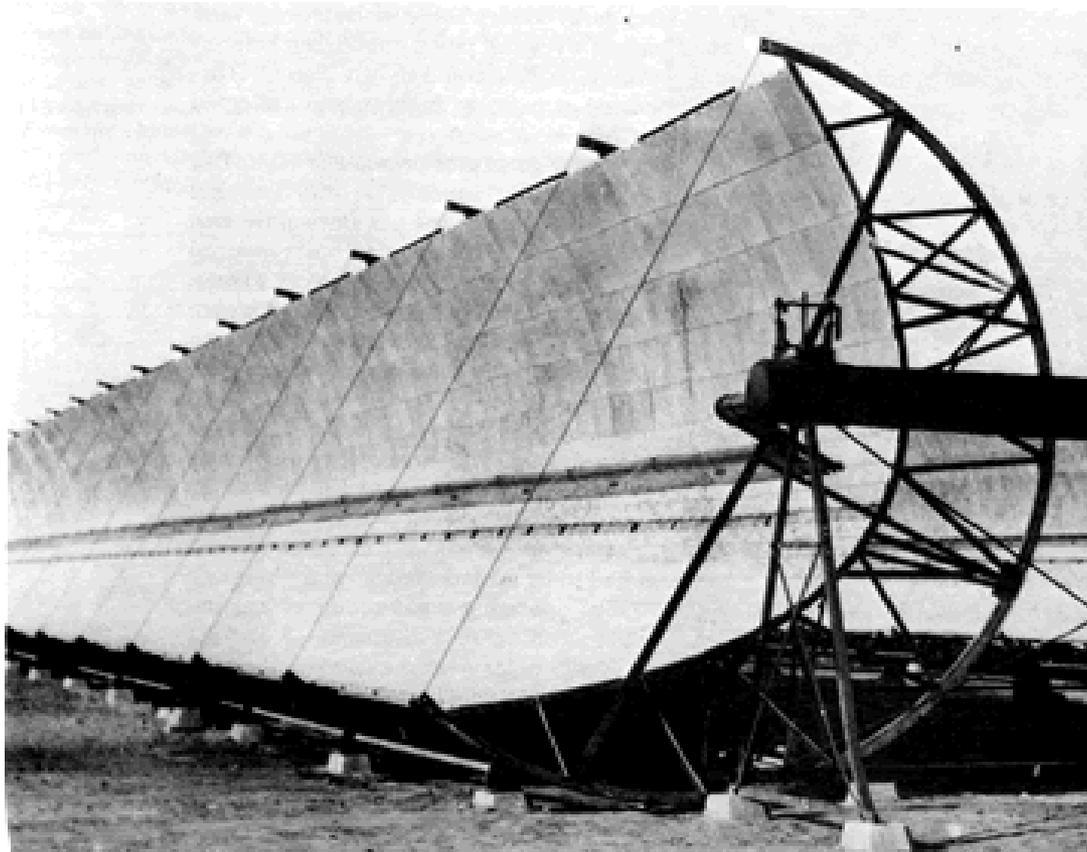
HTF: Aria



1887

Frank Shuman

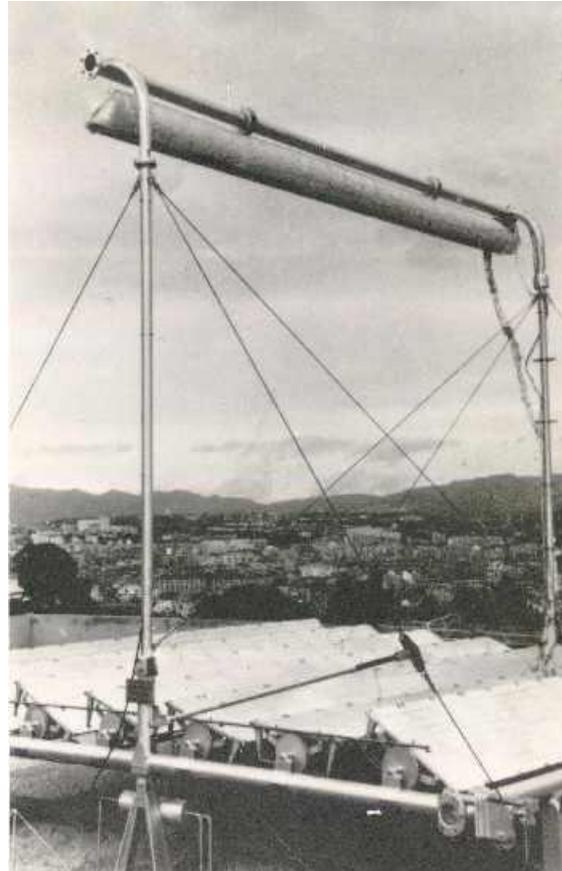
HTF: Acqua/Vapore



1910

Prof. Francia

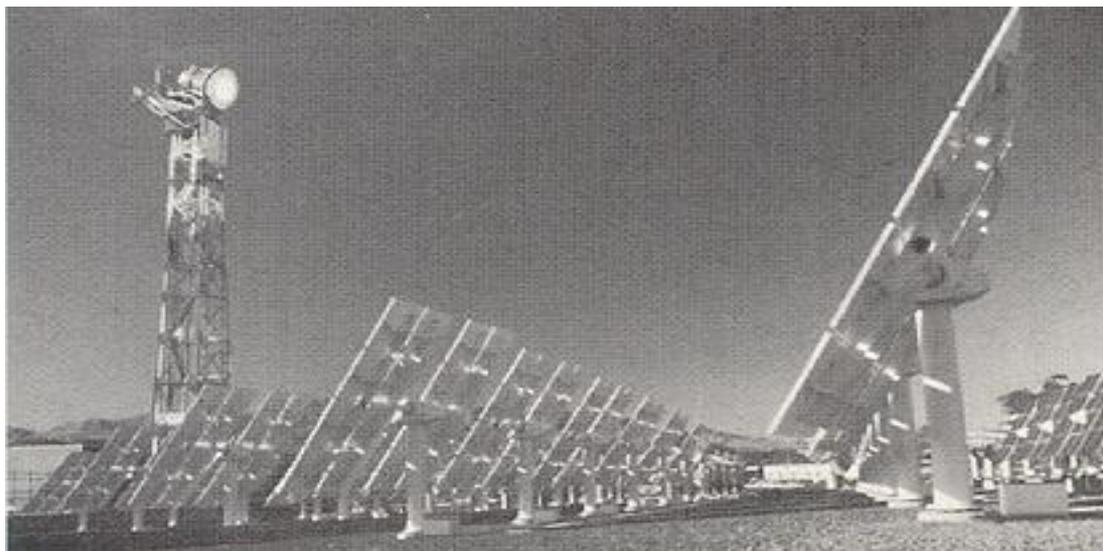
HTF: Acqua/Vapore



1964

Eurelios

HTF: Acqua/Vapore



1979

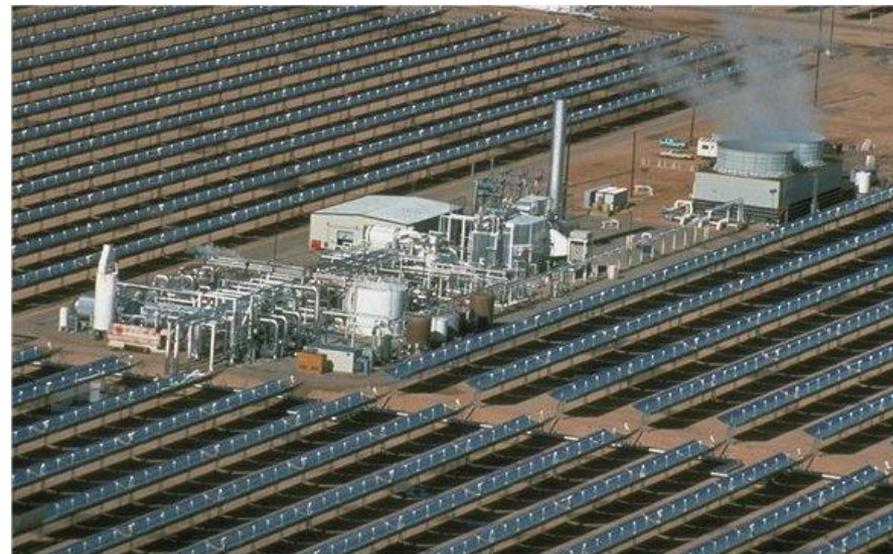
Solar One

HTF: Acqua/Vapore



1981

SEGS



1983

Solar Two



1999

ENEA

HTF: Sali fusi



2004

Alta efficienza e riduzione dei costi

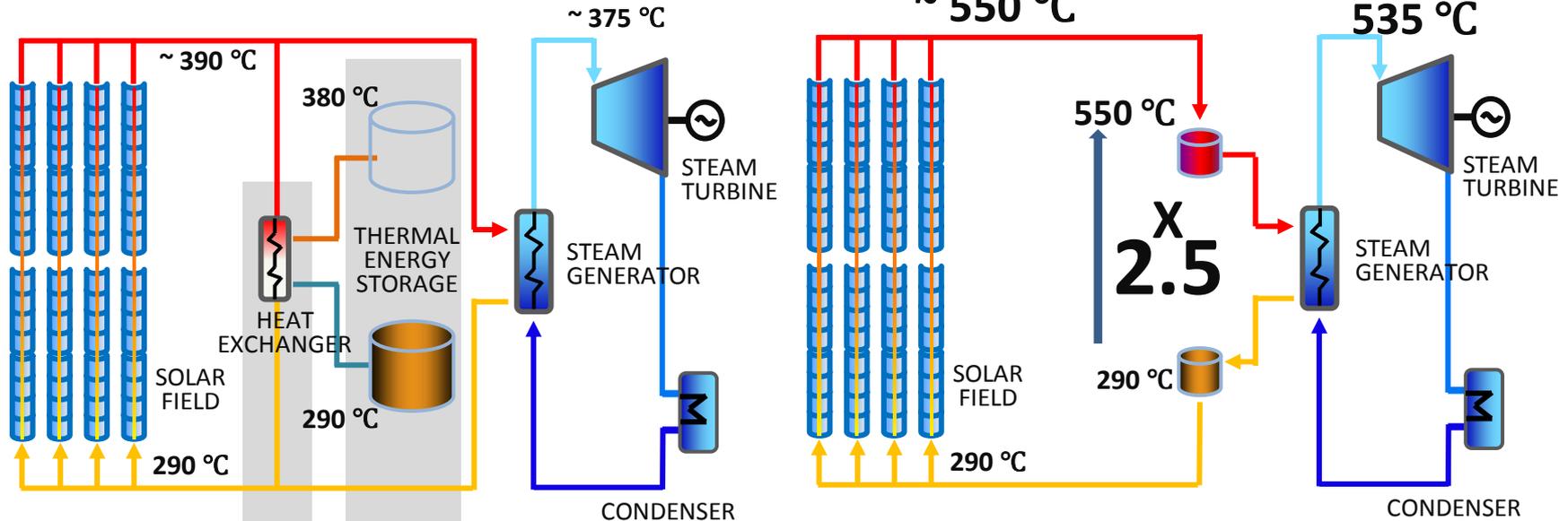
HTF : Olio
Accumulo : Sali Fusi

HTF/Accumulo : Sali Fusi

Maggiore Efficienza Turbina

vantaggio 1

~ 550 °C



Minore volume richiesto

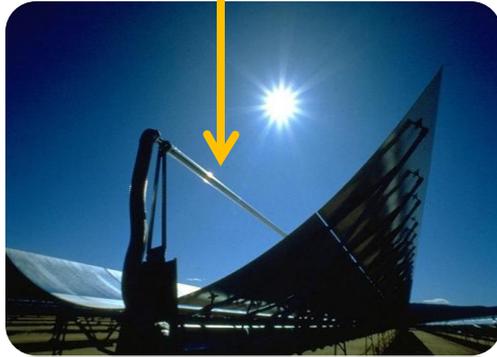
vantaggio 2

Non più necessario

vantaggio 3

Heat Transfer Fluid

Heat Transfer Fluid



Hot-Oil >> Sali Fusi

Ambientalmente

compatibile

Non infiammabile e non
tossico



Temperature di lavoro

290°C-390°C >> 290°C-550°C

100°C

260°C

x 2.5

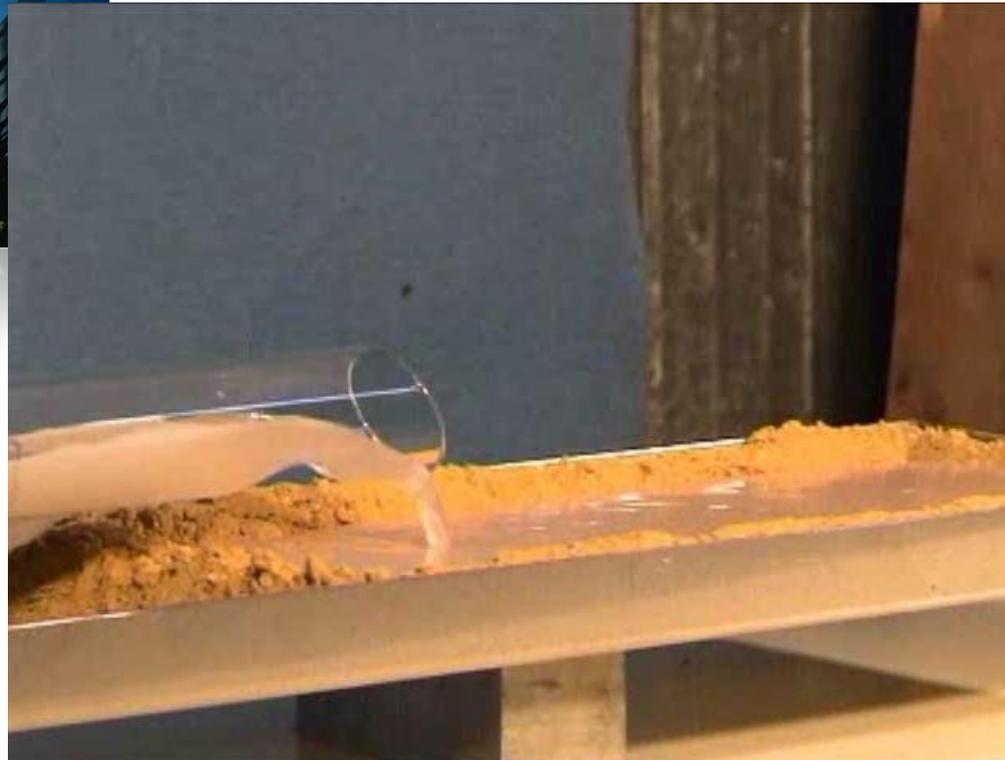
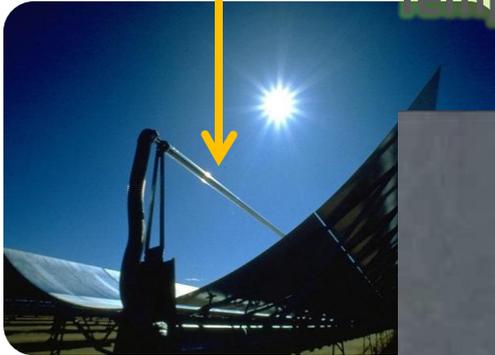
Heat Transfer Fluid

Temperature di lavoro **290°C-550°C**

Heat Transfer Fluid

Temperatura di congelamento **238°C**

Hot-Oil >> Sali Fusi



on

50°C



Research

A focus for research oriented to the new frontiers of CSP

Bankability

Will provide data and reference for the financial closing of the commercial scale projects

Market

The demo plant is the landmark of the upcoming Italian CSP Market

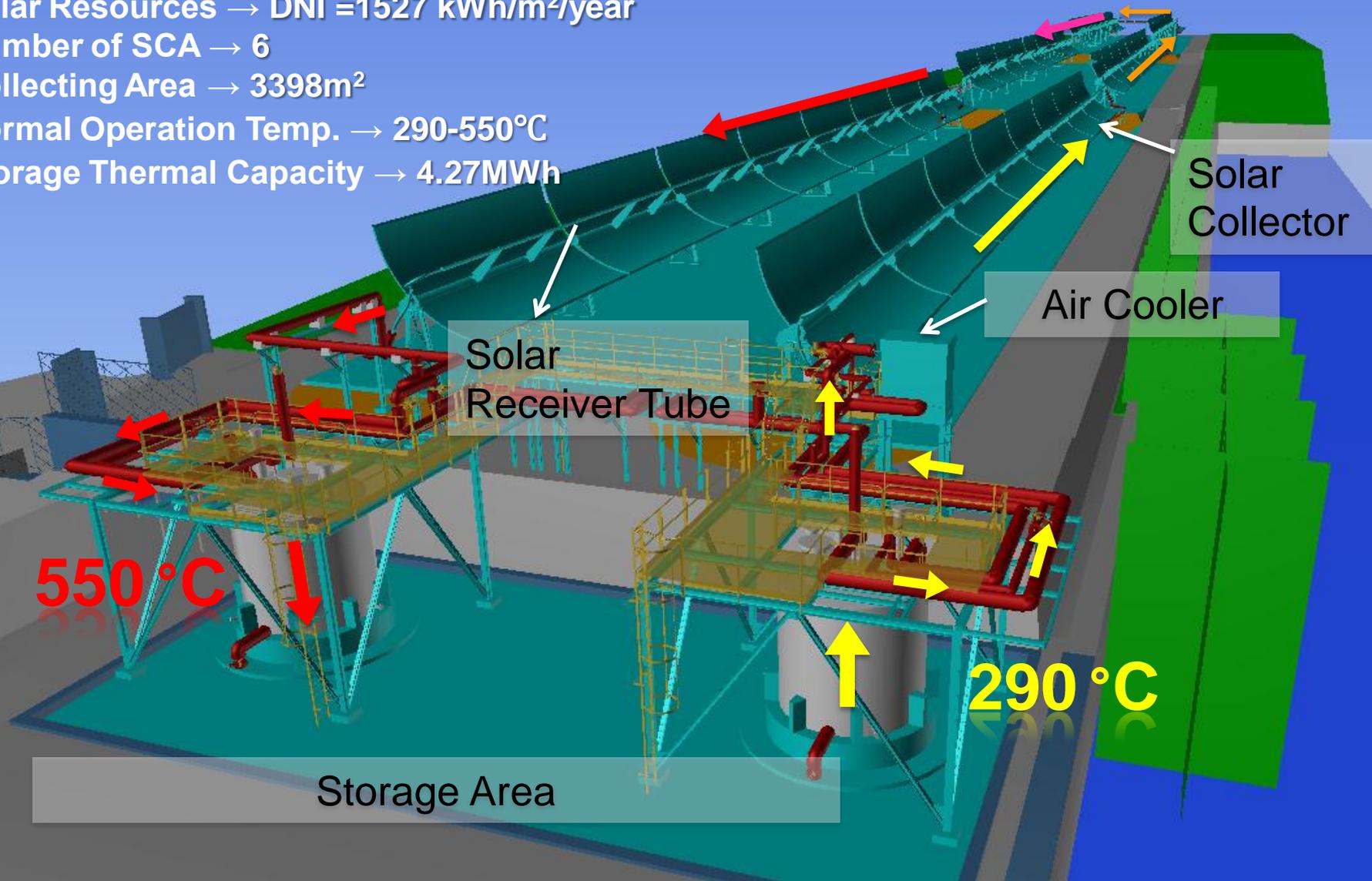
Divuligation

Sensitize National Institutions, popular committees, citizens about the real CSP value proposition

Education

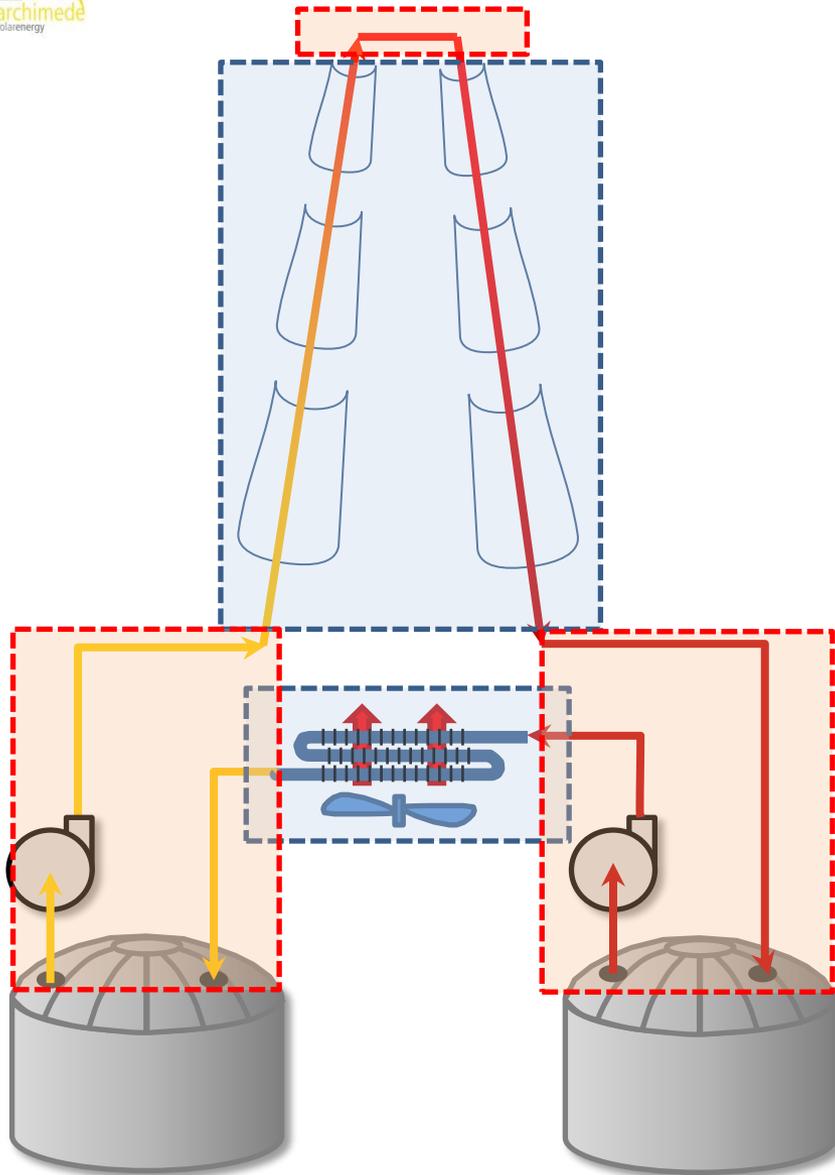
Customer, University, Students

- Solar Resources → DNI = 1527 kWh/m²/year
- Number of SCA → 6
- Collecting Area → 3398m²
- Normal Operation Temp. → 290-550°C
- Storage Thermal Capacity → 4.27MWh





Heat Transfer Fluid (HTF)	60% NaNO ₃ - 40% KNO ₃	Cold and hot storage tank nominal volume	25 m ³
SCA overall length	100.33 m	Cold and hot storage tank internal diameter	3.4 m
SCA aperture width	5.96 m	Cold and hot storage tank height	3.2 m
Net collector aperture area	3398 m ²	Molten salt inventory	50 ton
Number of HCE	144	Solar field pump nominal flow	6.5 kg/s
Nominal inlet temperature	290 °C	Air cooler pump nominal flow	6.5 kg/s
Nominal outlet temperature	550 °C	Air cooler nominal thermal duty	550 kW
Nominal Thermal output	1900 kW		

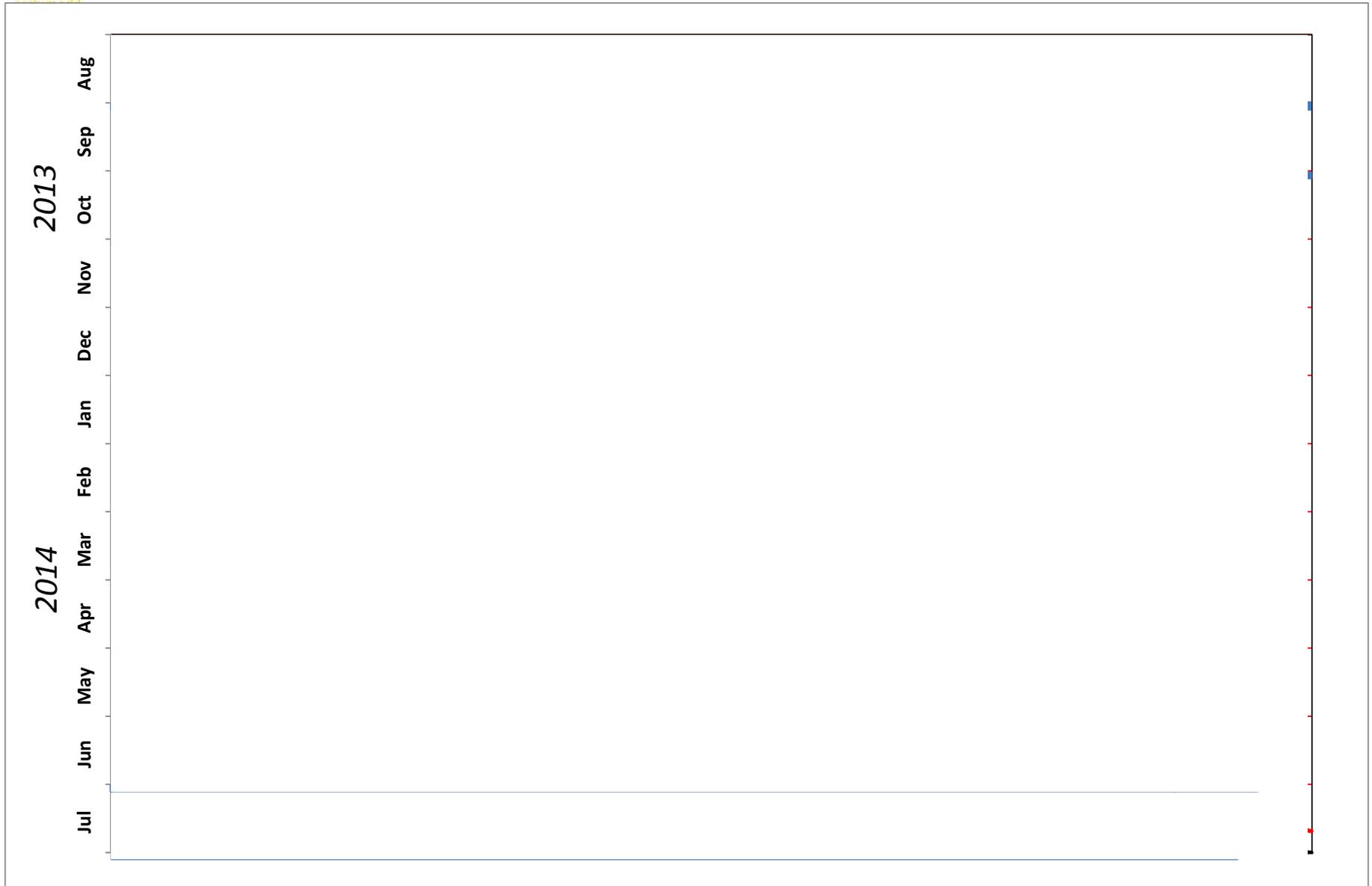


□ Joule effect diretto

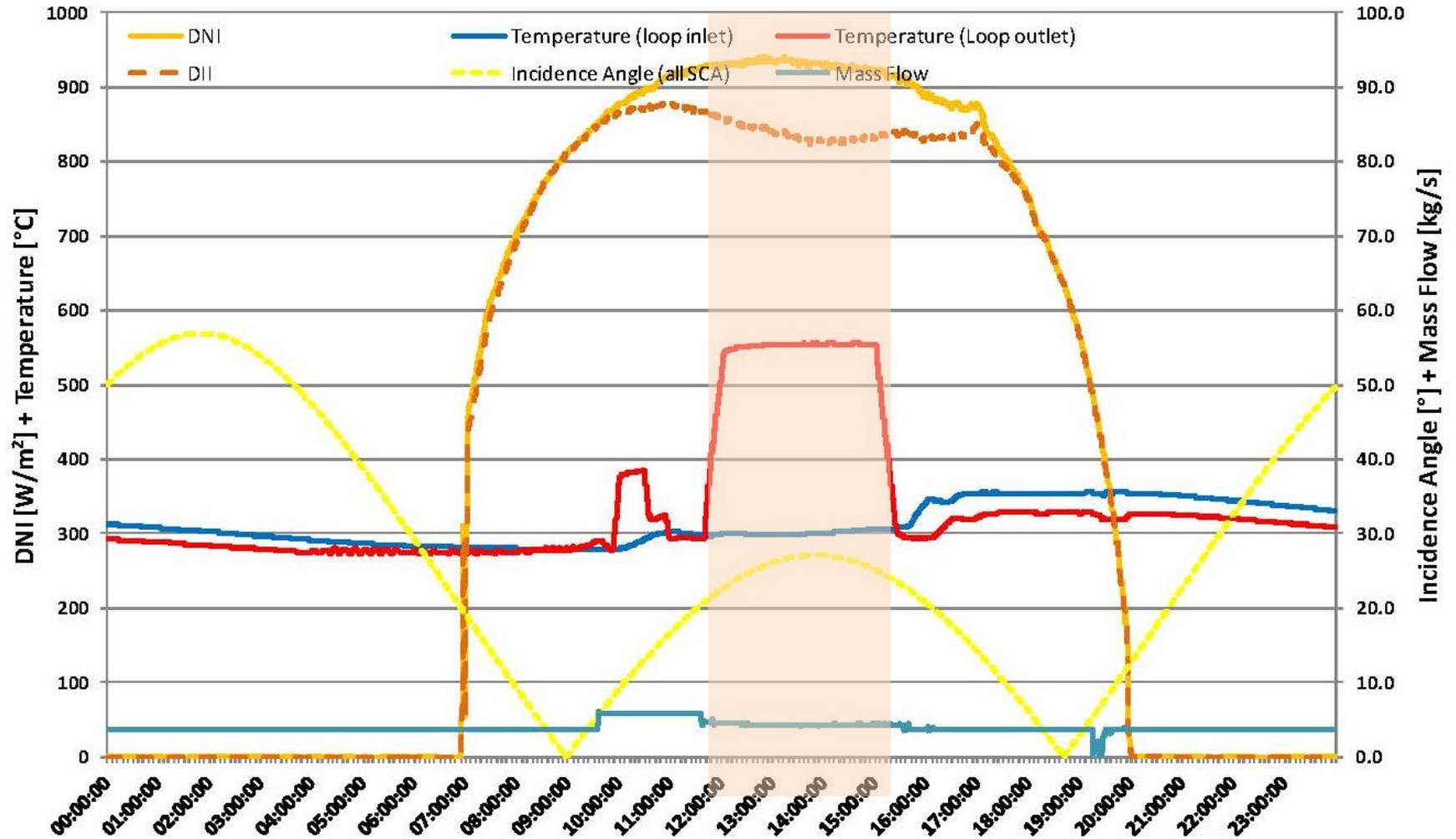
- Ricevitori
- Flessibili
- Scambiatore Sali-Aria

□ Cavi scaldanti

- Collegamento di fine loop
- Valvole
- Tubazioni dell'area accumulo



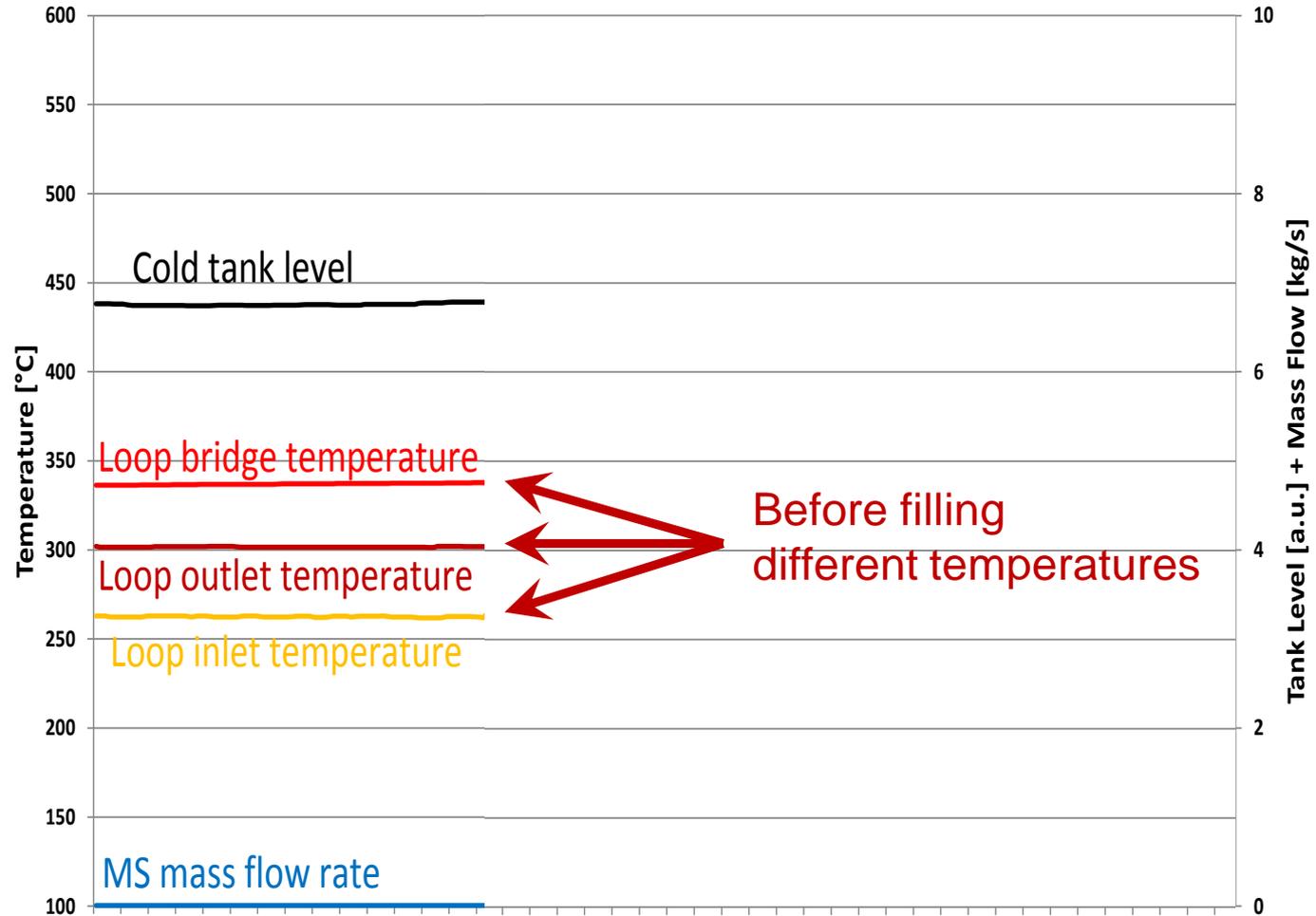
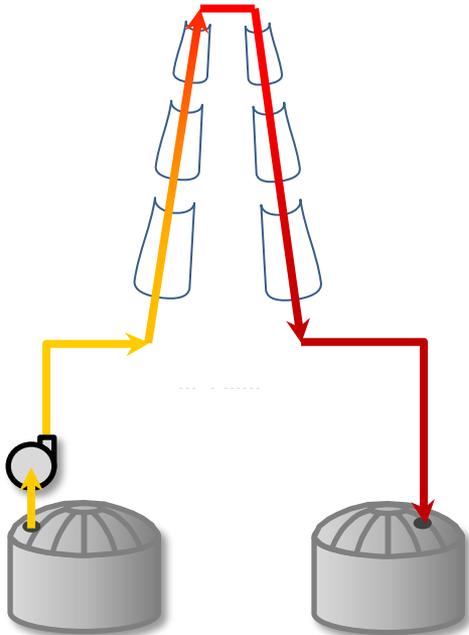
Overview - 12. Aug. 13



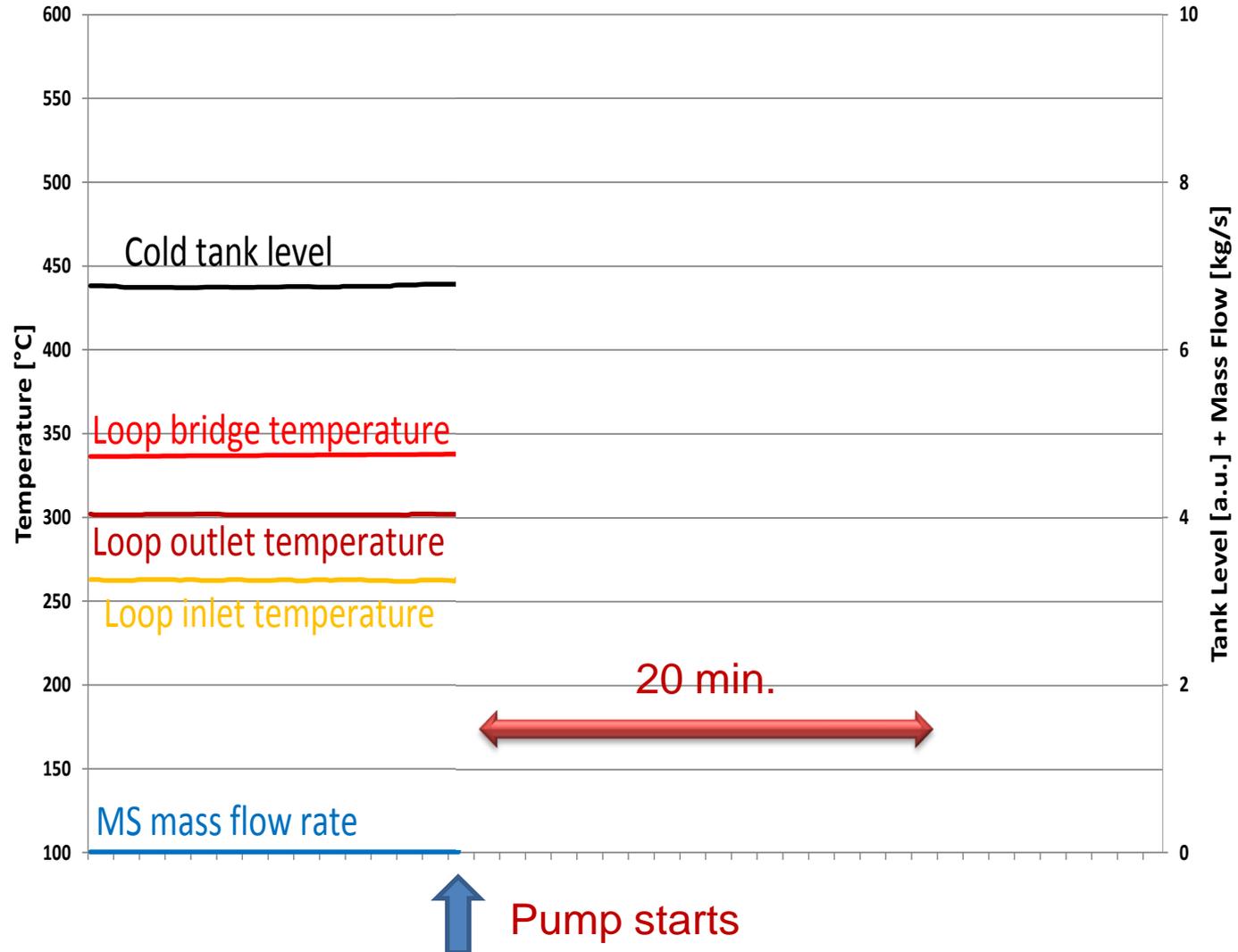
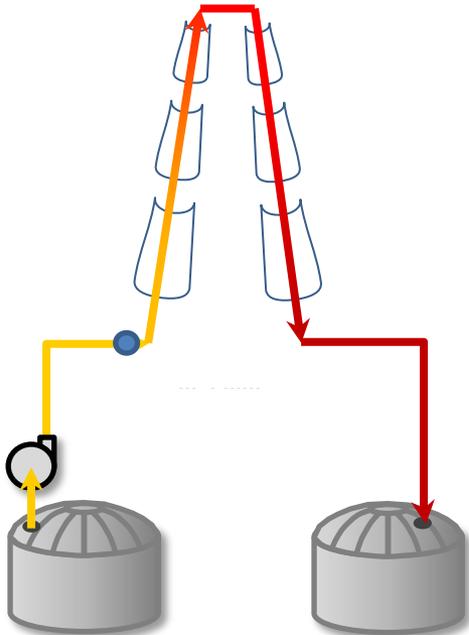
- ❑ Gestione dell'impianto molto semplice. L'impianto è controllato e gestito da personale Archimede senza nessuna esperienza pregressa su controllo e operazione di impianti.
- ❑ Malgrado il frequente verificarsi di eventi di mancanza di corrente (linea di distribuzione elettrica non molto stabile), la gestione dei black out è semplice ed affidabile e non richiede manovre complesse. A tal riguardo particolare attenzione va posta all'evento colpo d'ariete nelle fasi successive seguenti alla mancanza di rete.
- ❑ Nessun evento di congelamento si è verificato in nessuna parte dell'impianto durante questo anno di funzionamento. La circolazione ha confermato di essere la migliore strategia di prevenzione del congelamento.

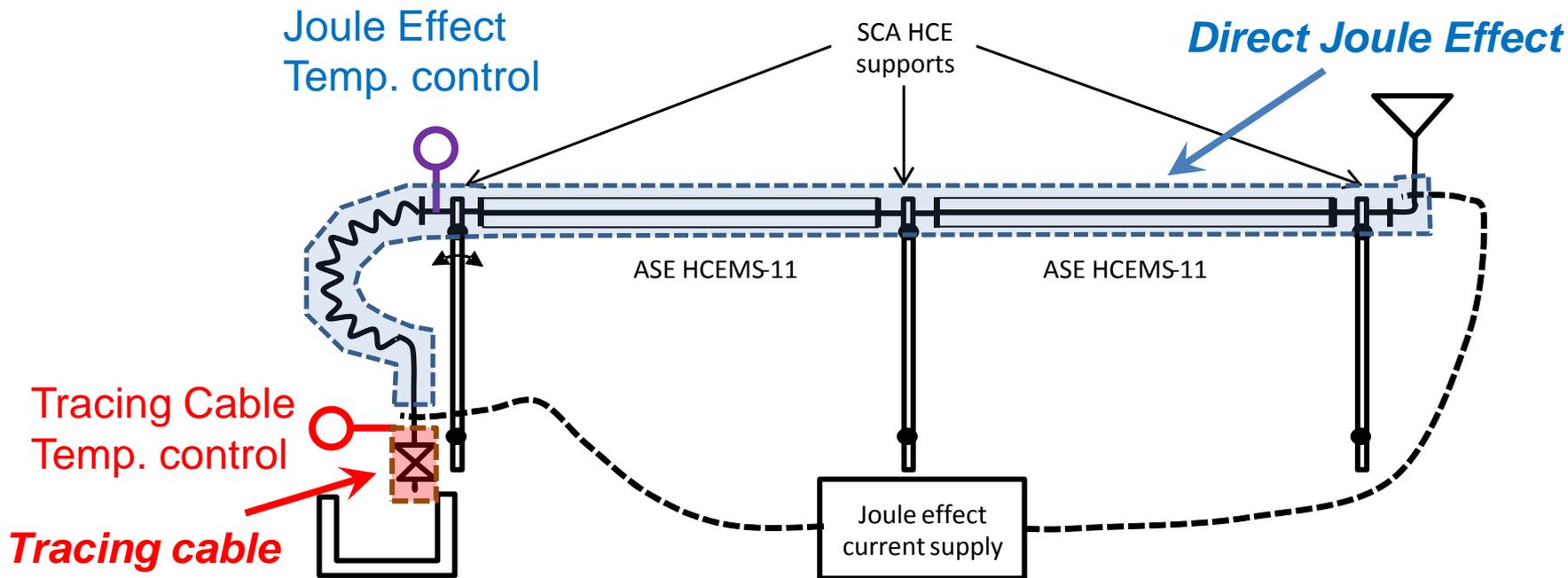
- ❑ Il riempimento e lo svuotamento dell'impianto sono sempre le fasi più critiche in merito alla gestione dei Sali Fusi.
- ❑ Queste operazioni sono state eseguite 27 volte nel periodo di osservazione.
- ❑ La maggior parte di questi drenaggi e riempimenti sono stati programmati, ma in alcuni casi, a causa di qualche malfunzionamento sono stati eseguiti senza alcuna preavviso e sono stati gestiti solo dagli operatori di turno.
- ❑ Tutte le operazioni di svuotamento e riempimento hanno avuto successo.
- ❑ Nessun congelamento è stato sperimentato in qualsiasi parte dell'impianto durante il riempimento e svuotamento. E' comunque opportuno mantenere i sistemi di preriscaldamento acceso per almeno 1 ora dopo il drenaggio per garantire svuotamento totale ed efficiente dell'intero ciclo.

Filling - 20/05/2014

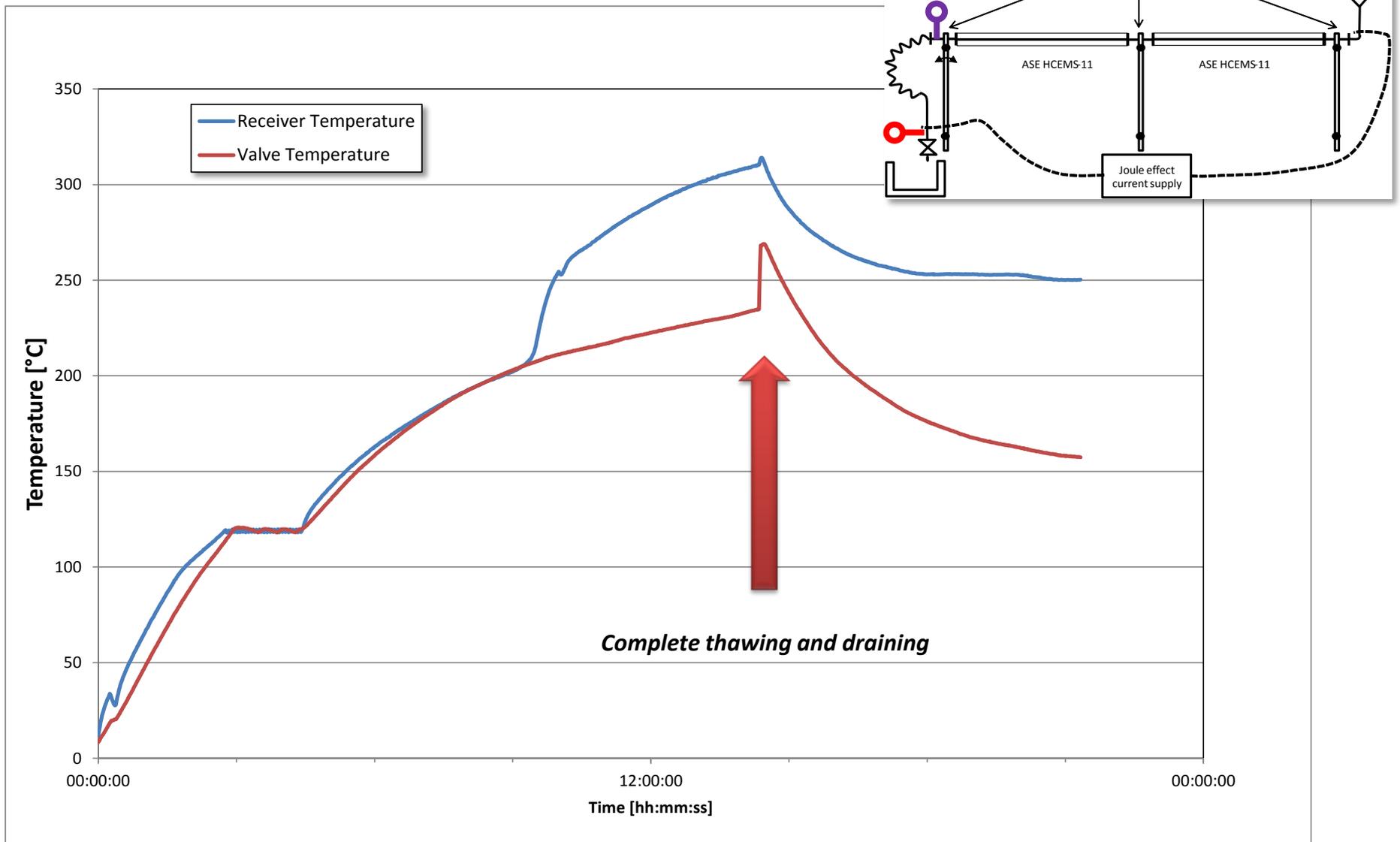


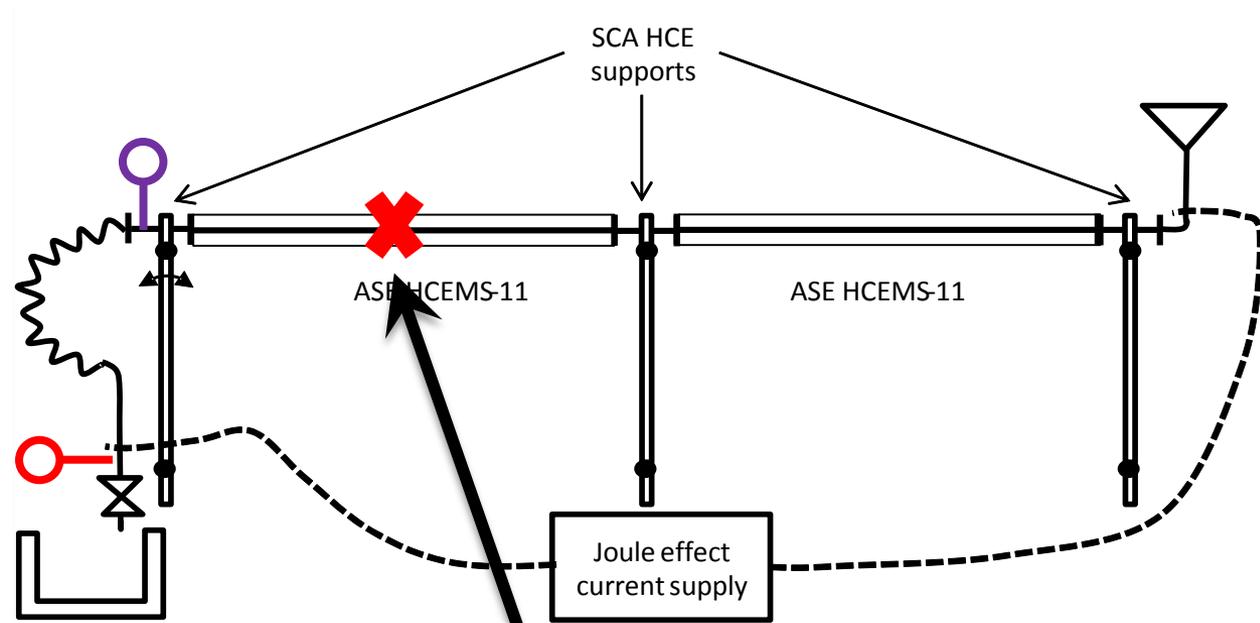
Filling - 20/05/2014



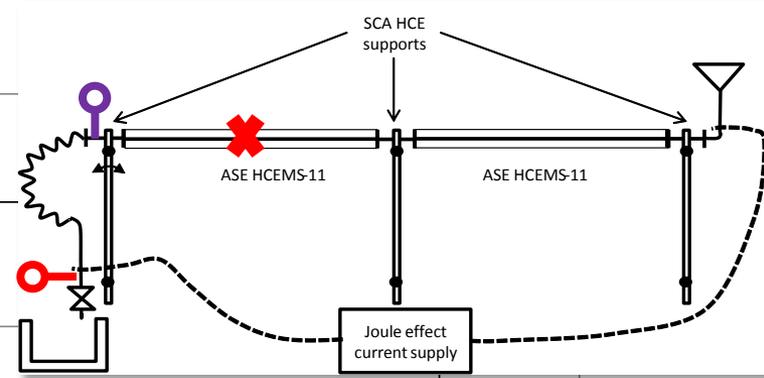
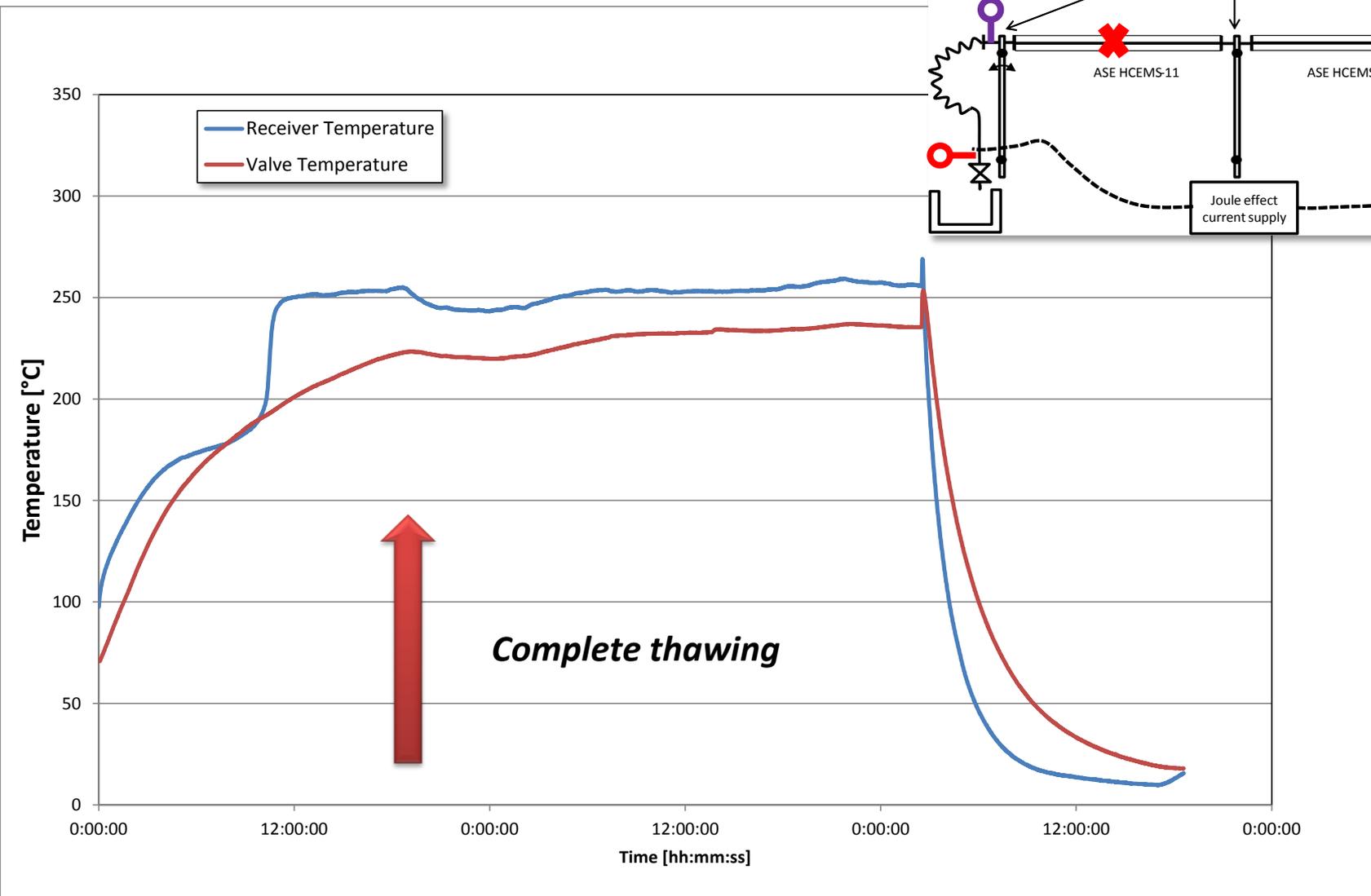


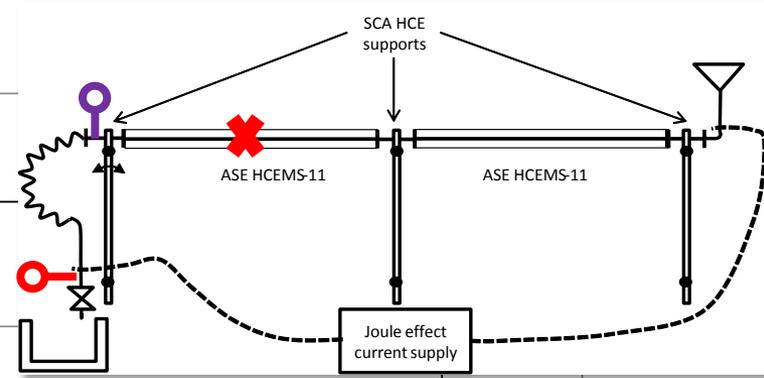
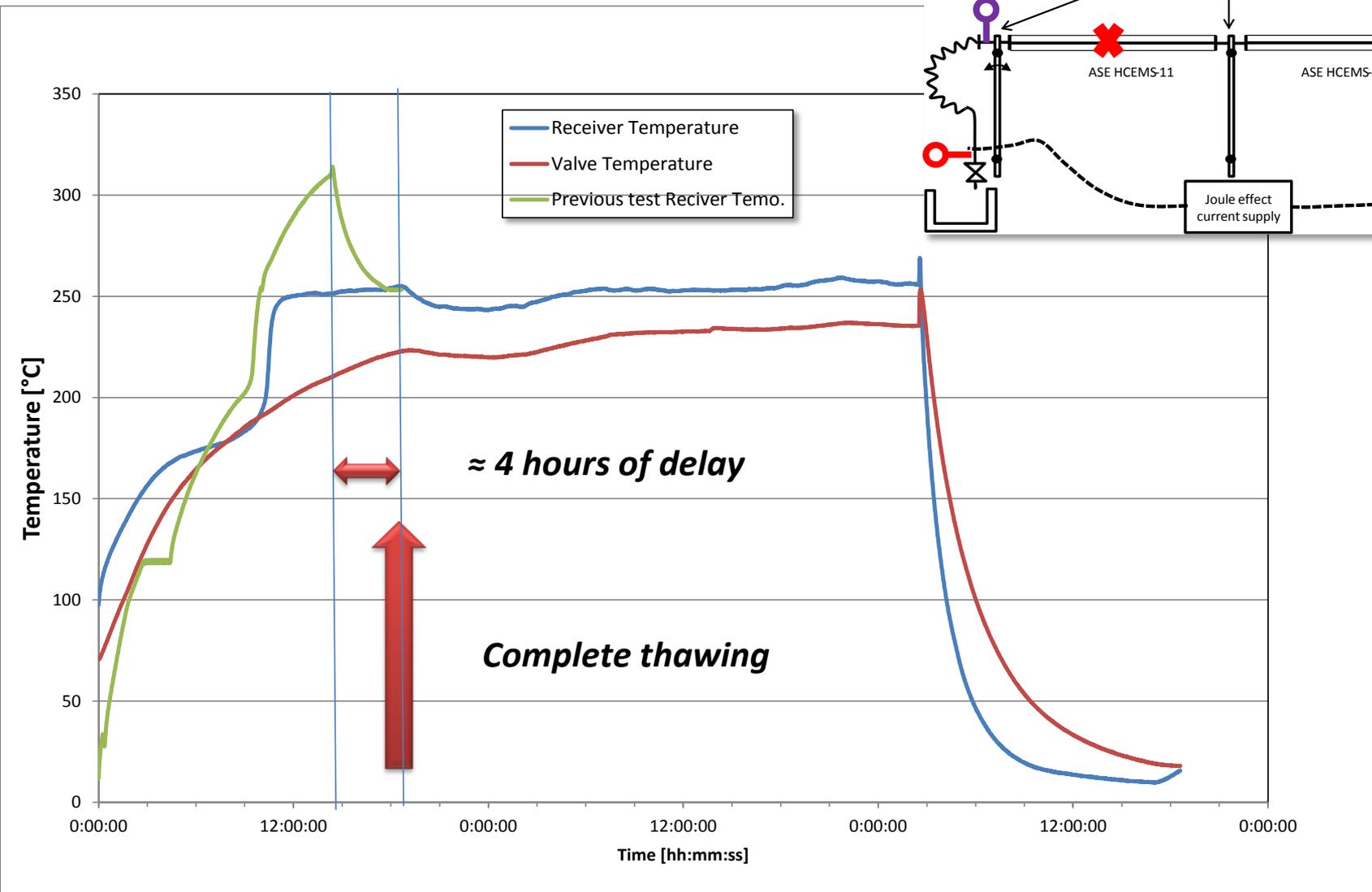


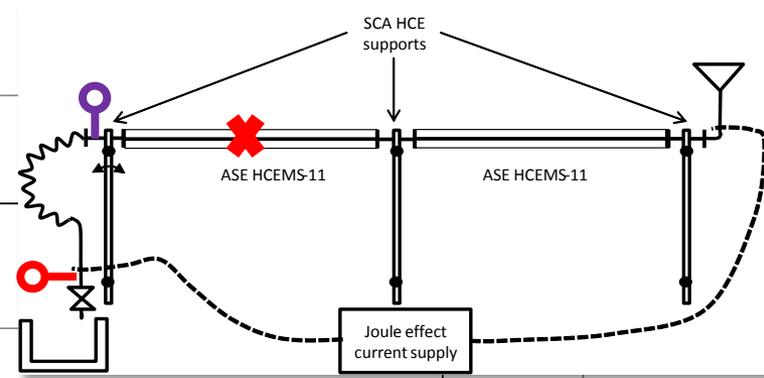
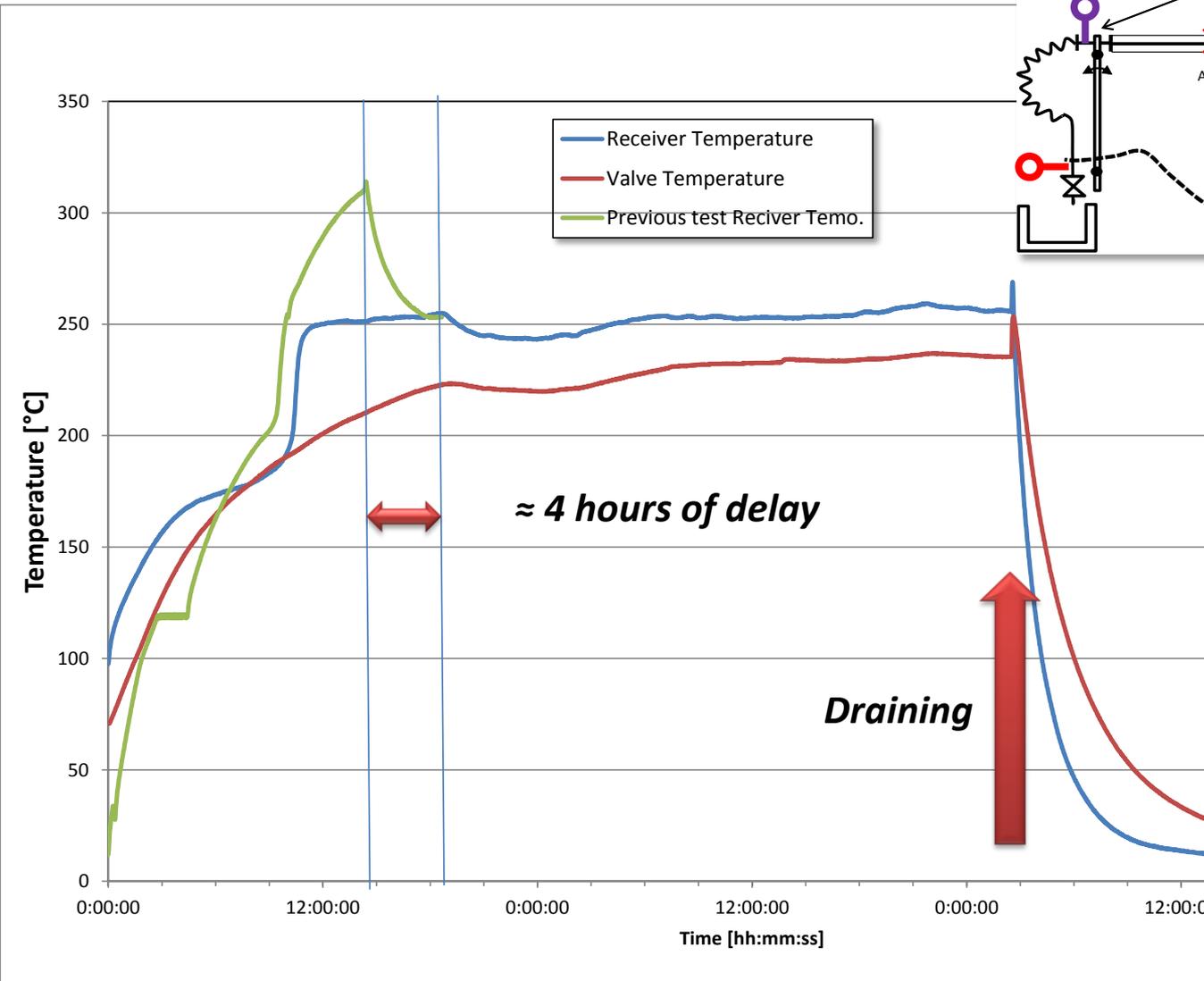




After more than 20 freezing and thawing cycles vacuum has been intentionally broken









- ❑ Dopo un anno di esercizio l'impianto Demo di Archimede ha raggiunto l'obiettivo di dimostrare che la gestione dei Sali fusi in un impianto parabolico lineare è possibile senza particolari rischi e criticità.
- ❑ La gestione dell'impianto, sia nelle operazioni ordinarie sia in quelle di emergenza, è stata effettuata da operatori senza particolari esperienze nella gestione di impianti.
- ❑ Il "terrorizzante" problema del congelamento dei Sali non si è mai verificato anche in un sito che per condizioni climatiche e stabilità della rete elettrica non è assolutamente da considerarsi il migliore.
- ❑ Le operazioni di riempimento e drenaggio sono state eseguite diverse volte senza nessun problema particolare.
- ❑ Il test di congelamento e fusione dei Sali nelle parti critiche dell'impianto ha dimostrato la fattibilità di tale procedura senza conseguenze dannose per l'impianto.



Industrial partners

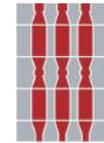


Funding



Project CUP
F78I12000200008

MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Regione Umbria

Shareholders



Thank you for your attention

augusto.maccari@archimedesolarenergy.it