

**Realizzazione di un sistema di monitoraggio per un
impianto di solar cooling a servizio dell'edificio Q2
del campus AREA Science Park di Basovizza**

Progetto EMILIE

Relazione conclusiva

Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Università degli Studi di Trieste



Date	Document name		Prepared	Checked	Approved	Classification
1.09.15	240-Emilie Relazione fine progetto	A01	RT			<i>Issued for Company review</i>

Indice

1	Executive summary	4
2	Riferimento a documenti emessi	5
3	Introduzione.....	6
4	Componenti principali e principio di funzionamento del chiller ad adsorbimento.....	6
5	Soluzioni impiantistiche adottate nell'impianto dell'edificio Q2.....	8
6	Sistema di monitoraggio dell'impianto di solar cooling.....	10
7	Componenti del sistema di acquisizione dati automatico	13

Revision history

Date	Document name		Prepared	Checked	Approved	Classification
15.09.15	240-Emilie Relazione fine progetto	A01	RT			<i>Issued for Company review</i>

1 Executive summary

AREA Science Park, nell'ambito del progetto europeo EMILIE, ha installato un impianto sperimentale di solar cooling a servizio dell'edificio Q2 del campus di Basovizza.

Con tale impianto sperimentale è possibile studiare il comportamento e le prestazioni di un impianto di solar cooling basato su un chiller ad adsorbimento.

Il Dipartimento di Ingegneria ed Architettura dell'Università di Trieste, sulla base dell'esperienza maturata in numerosi altri progetti simili, è stato coinvolto nella fase di progettazione e sviluppo del sistema di monitoraggio funzionale dell'impianto.

In questo documento si presenta lo stato di fatto al 27 giugno 2015. Vengono descritti i componenti utilizzati e presentati i dati sperimentali raccolti in diverse condizioni di irraggiamento e di temperatura esterna. La strumentazione di monitoraggio si è dimostrata adeguata al rilievo delle prestazioni.

2 Riferimento a documenti emessi

1. 240-Solar cooling AREA Fattibilità rev A04
2. 240-Emilie DAQ rev A01

3 Introduzione

Il “solar cooling” è una delle applicazioni più interessanti dell’energia solare, perché consente di produrre il freddo dall’energia termica raccolta dal sole. Sfruttando la concomitanza tra l’elevata radiazione solare estiva e il fabbisogno di raffrescamento degli edifici, questo sistema ha un notevole impatto sulla diminuzione dei consumi energetici, aumentando la sostenibilità ambientale degli edifici. In particolare, il solar cooling permette di risparmiare energia elettrica nelle ore di punta e di ridurre i picchi di consumo di energia elettrica dovuti agli impianti di climatizzazione e raffrescamento attualmente utilizzati e che si basano, normalmente, su dei chiller a compressione. Uno dei principali attuali limiti alla diffusione di questi impianti è il costo elevato del sistema e della sua installazione che rende i tempi di rientro dell’investimento inaccettabili nella maggior parte delle situazioni.

AREA Science Park, nell’ambito del progetto europeo EMILIE, ha installato un impianto sperimentale di solar cooling a servizio dell’edificio Q2 del campus di Basovizza.

Con questo impianto sperimentale è possibile studiare il comportamento e le prestazioni di un impianto di solar cooling basato su un chiller ad adsorbimento.

Il Dipartimento di Ingegneria ed Architettura dell’Università di Trieste, sulla base dell’esperienza maturata in numerosi altri progetti simili, è stato coinvolto nella fase di progettazione e sviluppo del sistema di monitoraggio funzionale dell’impianto.

4 Componenti principali e principio di funzionamento del chiller ad adsorbimento

I componenti principali di un impianto frigo (chiller) ad adsorbimento sono:

- chiller ad adsorbimento;
- dissipatore termico;
- gruppo di circolazione.

Chiller ad adsorbimento

Per quanto riguarda la chiller ad adsorbimento, in Figura 1 viene riportato uno schema dal quale si può evincere il principio di funzionamento. In Figura 2 si riporta uno schema delle connessioni idrauliche della macchina.

Sono evidenti i tre circuiti principali:

- circuito HT (alta temperatura) collegato, nel caso considerato, al campo solare termico;
- circuito MT (media temperatura) collegato al dissipatore termico;

- circuito LT (bassa temperatura) collegato al circuito di refrigerazione.

Dissipatore termico

Il dissipatore termico ha la funzione dissipare il calore in eccesso prodotto dal chiller. La quantità di energia da dissipare è pari alla somma dell'energia proveniente dal circuito HT e da quella proveniente dal circuito LT).

Gruppo di circolazione

Il gruppo di circolazione ha la funzione di assicurare il corretto flusso sui tre circuiti idraulici del chiller. In alcuni casi può essere fornito assieme al chiller.

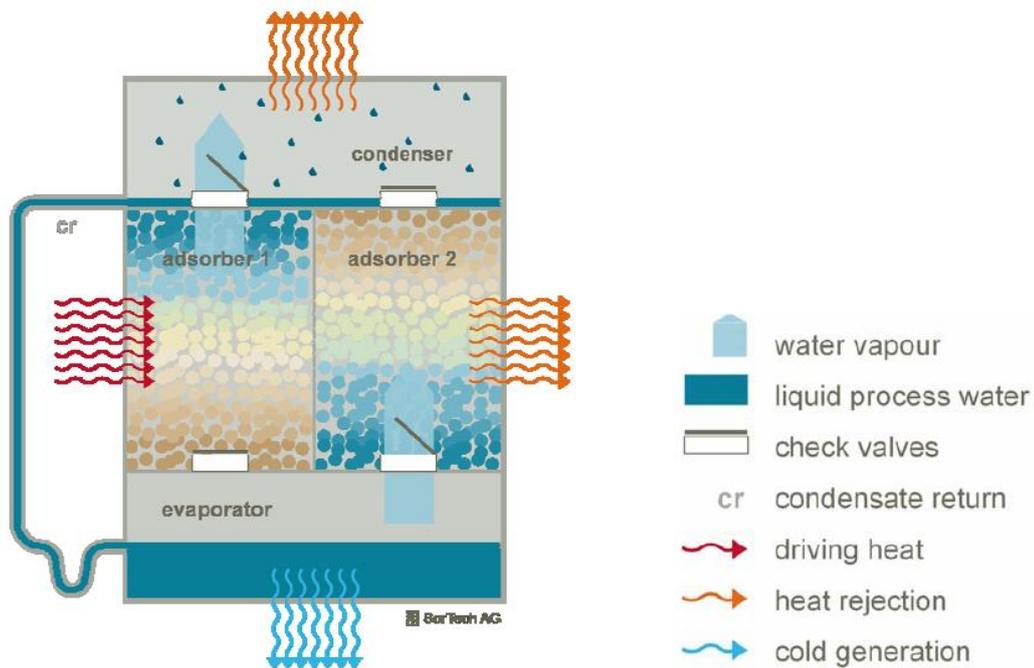


Figura 1. Schema di funzionamento di un chiller ad adsorbimento (SorTech).

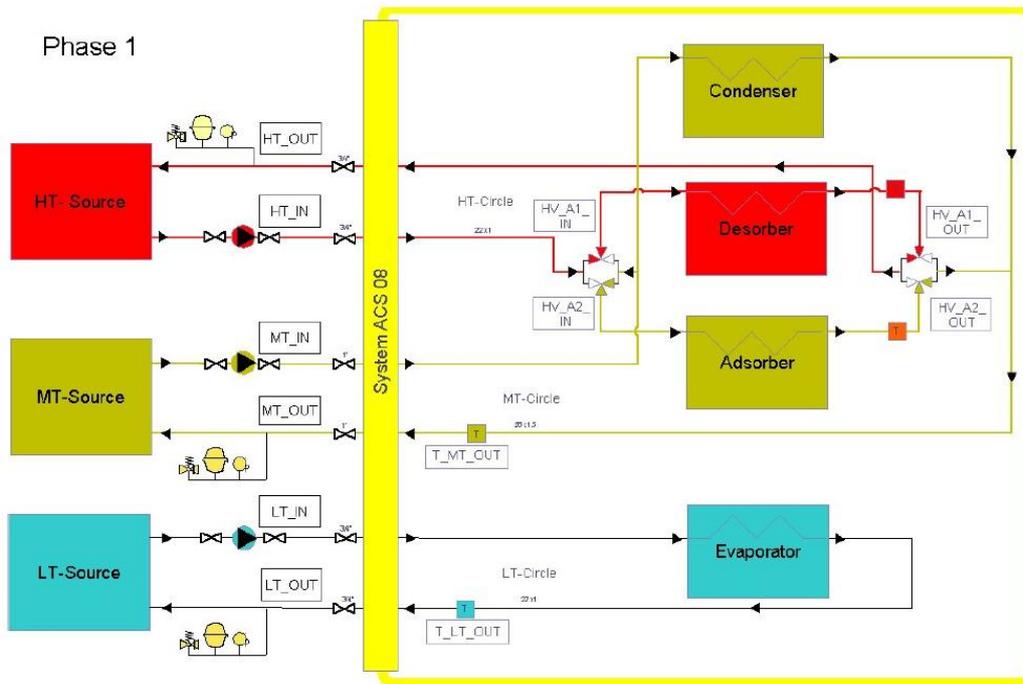


Figura 2. Connessioni idrauliche di un tipico chiller ad adsorbimento [Sortech].

5 Soluzioni impiantistiche adottate nell'impianto dell'edificio Q2

L'impianto di solar cooling dell'edificio Q2 è composto da una serie di collettori solari a tubi evacuati già presenti sul tetto dell'edificio (12 pannelli da 30 tubi Termics DTH 30, 36 pannelli da 20 tubi Termics DTH 20) e dai seguenti principali componenti acquisiti nell'ambito del progetto EMILIE:

- 1 chiller ad adsorbimento modello eCoo 20IPS prodotto dall'azienda Sortech – Germania;
- 1 cooler modello RC 20W prodotto dall'azienda Sortech – Germania.

Le specifiche tecniche principali dei due componenti sono riportate nell'Allegato 1 ed Allegato 2.

La configurazione impiantistica prevede l'utilizzo di un serbatoio di accumulo caldo ed un serbatoio di accumulo freddo.

Sulla base delle specifiche tecniche il bilancio energetico dell'impianto è il seguente:

Potenza frigo su batteria di preraffreddamento UTA (circuitto LT): 20 kW

Potenza termica in ingresso prelevata dal campo solare (circuitto HT): 30 kW

Potenza termica dissipata su cooler (circuitto MT): 50 kW

Nella Figura 3 e Figura 4 vengono riportati i componenti dell'impianto, i flussi energetici ed i loro punti di misura.

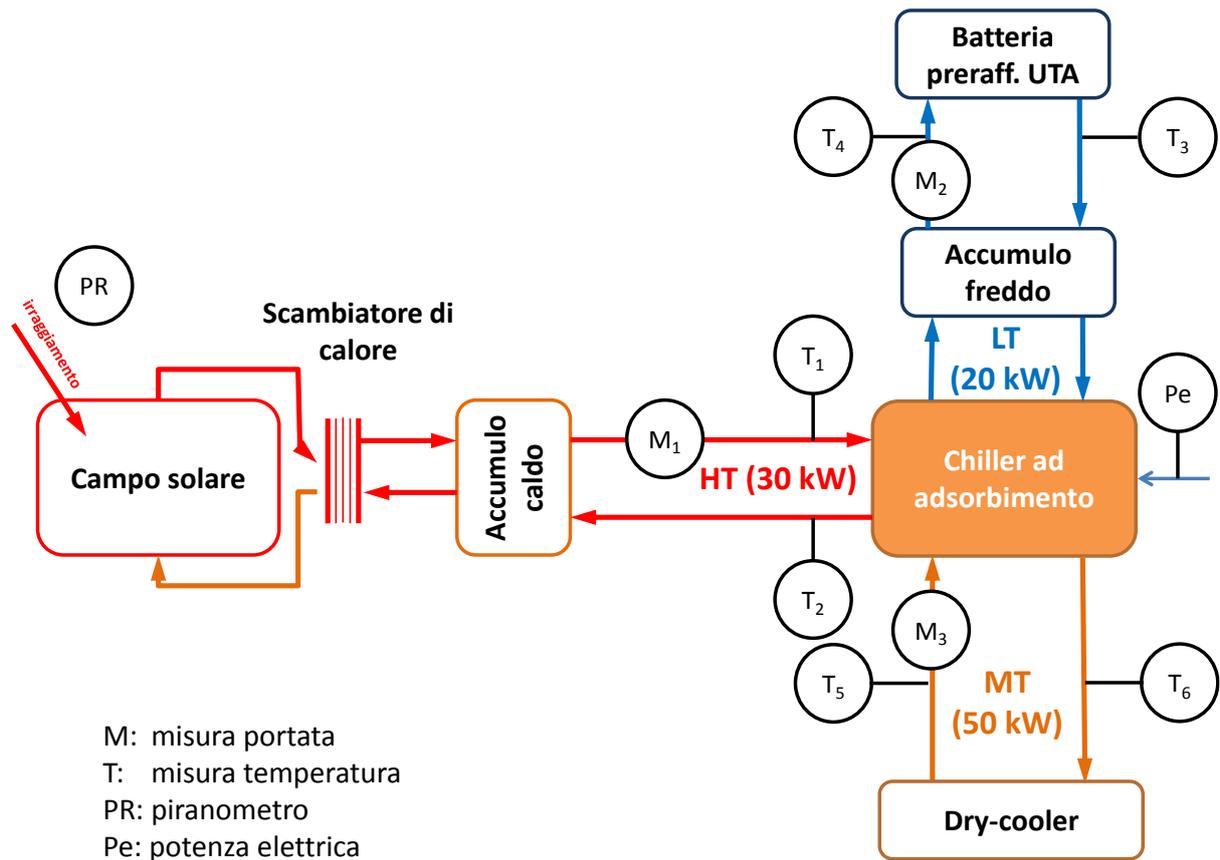


Figura 3. Componenti principali dell'impianto, flussi energetici in condizioni di progetto e loro punti di misura

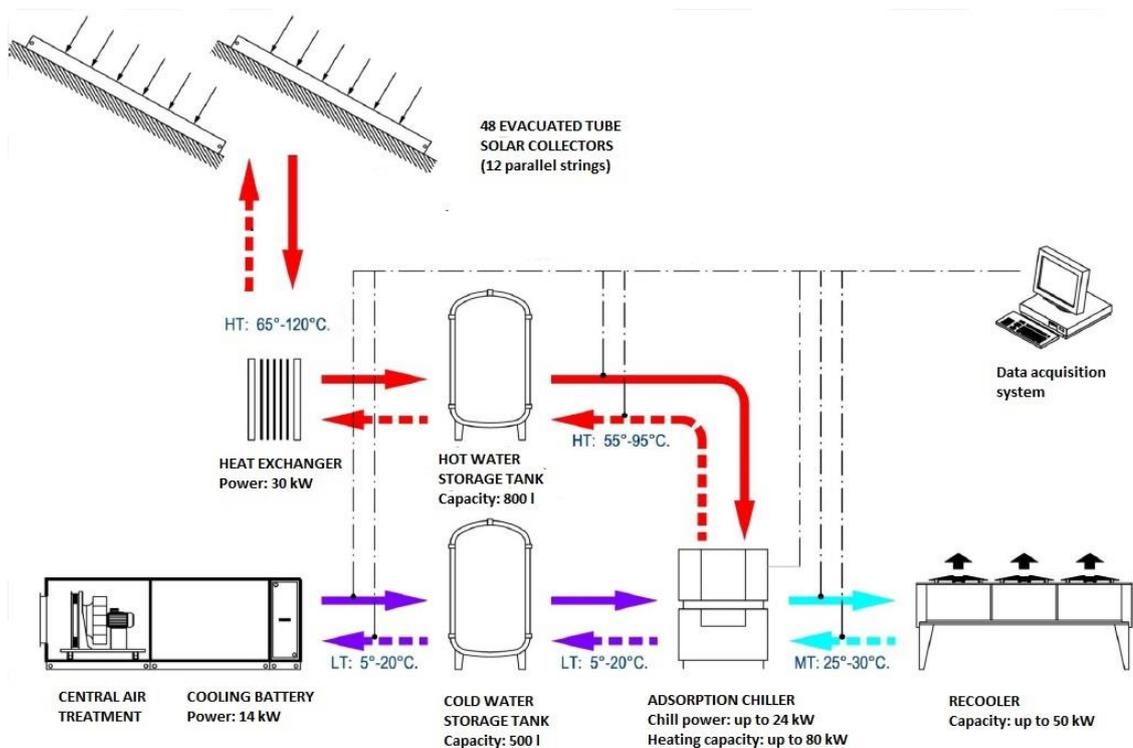


Figura 4. Componenti principali dell'impianto, flussi energetici e in condizioni di progetto e range temperature.

6 Sistema di monitoraggio dell'impianto di solar cooling

Come indicato nella Figura 3 è stato deciso di rilevare i seguenti flussi energetici

1. potenza termica su circuito Media Temperatura (MT) chiller;
2. potenza termica su circuito Bassa temperatura (LT) chiller;
3. potenza termica su circuito Alta Temperatura (HT) chiller;
4. energia elettrica consumata dal chiller e dai componenti accessori

Altre grandezze, più sotto indicate e necessarie per la caratterizzazione dell'impianto, verranno rilevate anche nell'ambito di un altro progetto di ricerca (Adriacold):

1. dati meteorologici rilevati dalla centralina meteo installata sulla Centrale tecnologica di Basovizza;
2. dati di irraggiamento solare rilevati dal piranometro (el. 30°, 180°) installato sulla Centrale tecnologica di Basovizza;
3. dati di irraggiamento solare rilevati dal piranometro (piano orizzontale) installato sulla Centrale tecnologica di Basovizza;

Ulteriori grandezze potrebbero essere interessanti per l'analisi del funzionamento dell'impianto. Queste potranno essere eventualmente integrate successivamente e disponendo di ulteriori risorse economiche. I dati di umidità e temperatura relativi agli ambienti climatizzati, in questa fase del progetto, possono essere eventualmente acquisiti con strumenti portatili.

In Figura 1 viene riportata una fotografia del chiller installato.



Figura 5. Fotografia del chiller installato

Nella Figura 6 viene riportata una fotografia del collegamento dei circuiti idraulici alla parte posteriore del chiller. Sono evidenti i display dei misuratori di portata e le termoresistenze.

Nella Figura 7 viene riportata un'immagine del misuratore di portata installato sul circuito MT dalla quale si possono desumere le informazioni relative al produttore ed alle caratteristiche dello strumento. Nella Figura 8 viene riportata l'immagine di una delle termoresistenze utilizzate per il rilievo della temperatura sui tre circuiti idraulici.



Figura 6. Fotografia dei circuiti idraulici collegati alla parte posteriore del chiller.



Figura 7. Immagine del misuratore di portata sul circuito MT. Sono evidenti le informazioni relative al produttore e alle caratteristiche dello strumento.



Figura 8. Immagine di una delle termoresistenze installate sull'impianto. Sono evidenti le informazioni relative alle caratteristiche dello strumento.

7 Componenti del sistema di acquisizione dati automatico

Il sistema di monitoraggio proposto si basa su componentistica HW e SW prodotta dalla National Instruments (NI) e riprende una configurazione già utilizzata sugli altri impianti pilota del progetto Enerplan.

Tenuto conto della necessità di affiancare il sistema di acquisizione con altri sistemi di controllo ed acquisizione, tutte le grandezze vengono misurate con segnali 4-20mA in accordo alla tabella riportata in Figura 9.

Emilie - Configurazione sistema DAQ 4-20 mA

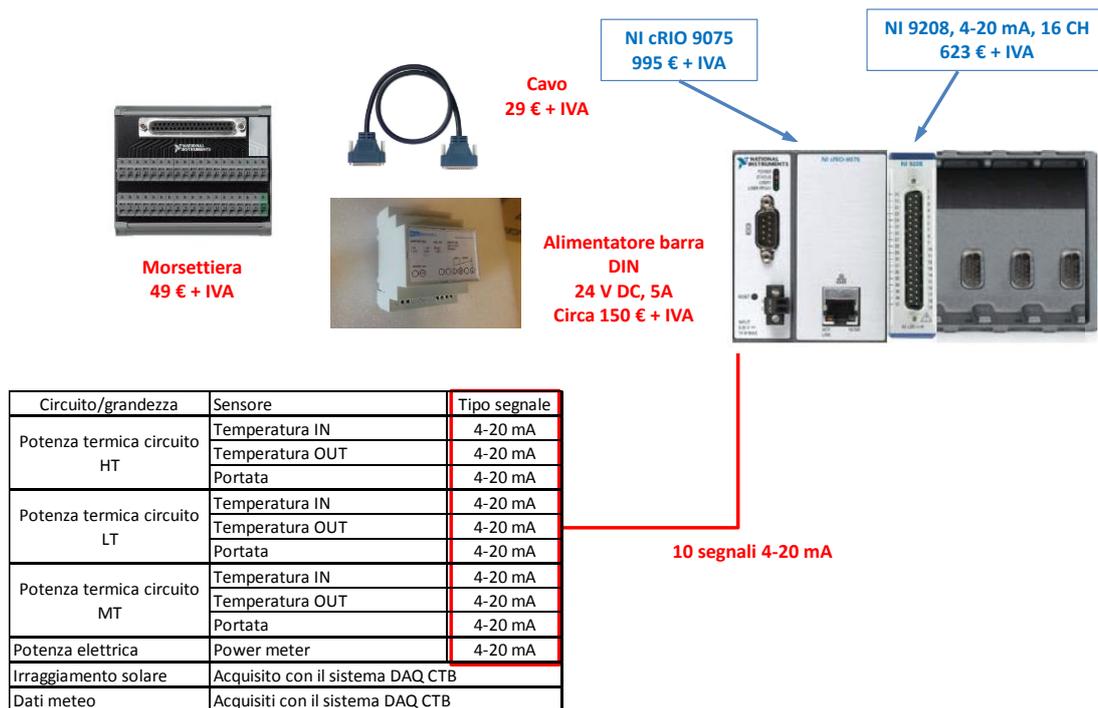


Figura 9. Componentistica necessaria per l'acquisizione dati relativamente alla soluzione proposta. CompactRio NI 9075 (PLC), modulo acquisizione NI 9208 - segnali 4-20mA -16 canali, morsettiera, connettore

I dati raccolti dal PLC (CompactRio NI 9075) sono accessibili tramite internet attraverso un collegamento ethernet secondo una configurazione del tipo proposto in Figura 10.

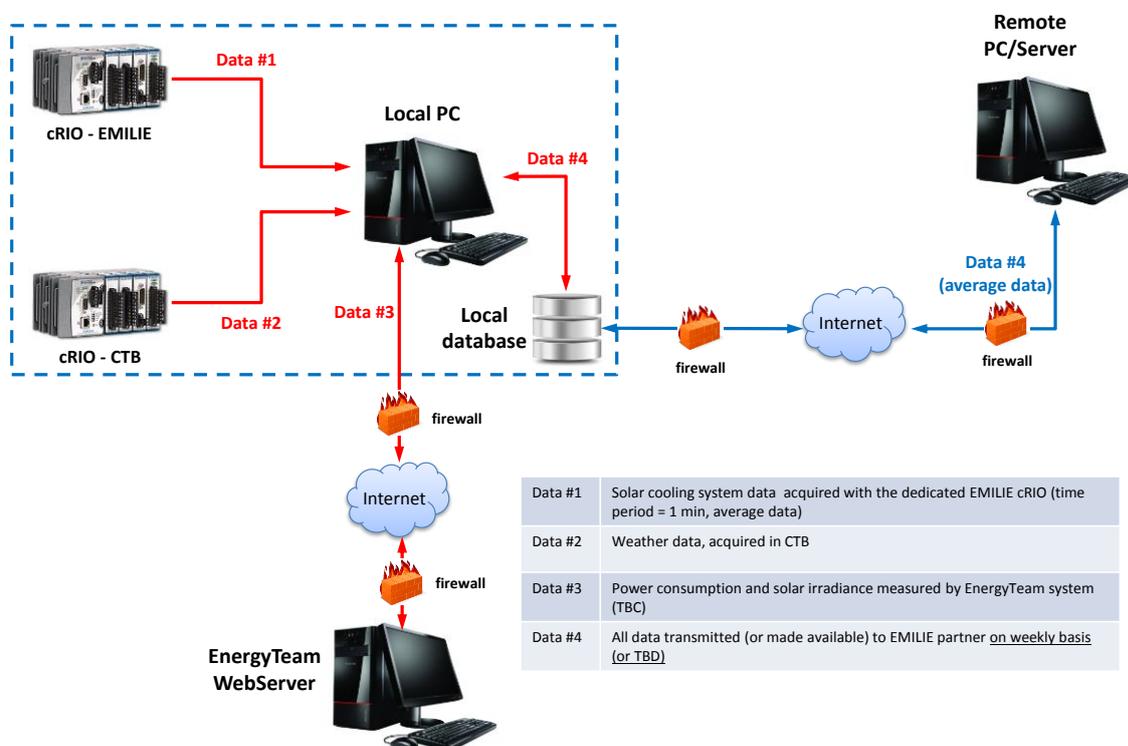


Figura 10. Soluzione adottata per il rilievo e la condivisione dei dati sperimentali (TBC)

8 Dati sperimentali

L'acquisizione dei dati sperimentali è iniziata ad ottobre 2014. Nel periodo invernale l'impianto è stato messo in condizioni di sicurezza a l'impianto è stato riattivato a maggio 2015.

Nel seguito vengono riportati i dati sperimentali rilevati nel mese di giugno 2015.

Nella Figura 11 sono riportati gli andamenti temporali delle portate sui tre circuiti: HT, MT e LT. Si osserva che la pompa di circolazione sul circuito HT si attiva approssimativamente alle 10.30 contemporaneamente alla pompa di circolazione del circuito MT. Sul circuito HT la portata è di circa 5 m³/h mentre sul circuito MT è di circa 7 m³/h. La pompa di circolazione del circuito LT si attiva circa 30 minuti più tardi in corrispondenza al raggiungimento della temperatura prefissata nel serbatoio di accumulo caldo. Nella Figura 12 sono riportati gli andamenti delle temperature sui tre circuiti del chiller. La temperatura del circuito HT si mantiene bassa nonostante gli alti valori di irraggiamento. In questa giornata, la temperatura del circuito LT raggiunge i valori di progetto. Tali valori non sono stati raggiunti frequentemente nel corso del mese di giugno, probabilmente perché la temperatura sul circuito MT non era sufficientemente bassa. Nella Figura 13 sono riportati i valori delle potenze dei tre circuiti del chiller e l'irraggiamento. In questo tipo di impianti l'andamento delle potenze termiche sui circuiti MT e HT ha un andamento con gradienti molto pronunciati in quanto il processo della produzione del freddo si sviluppa alternativamente su due diverse unità di adsorbimento all'interno della stessa macchina. La potenza del circuito LT è invece più costante nel tempo in quanto le misure della temperatura vengono fatte a valle dell'accumulo freddo. Il rapporto tra la potenza del circuito LT e quella del circuito HT dà il valore del COP istantaneo, nell'ipotesi di poter trascurare il consumo elettrico dell'impianto. Tale valore istantaneo risulta però poco significativo proprio a causa del carattere fortemente variabile nel tempo dei valori di potenza nel circuito HT. Più interessante può essere l'analisi, per quanto riguarda il valore di COP, del grafico successivo, Figura 14, in cui viene riportato il valore dell'energia complessiva transitata sui tre circuiti del chiller nel tempo. Da questi dati si vede che il valore del COP medio nella giornata è di 0.3, valore non particolarmente elevato ma in linea con le specifiche di progetto.

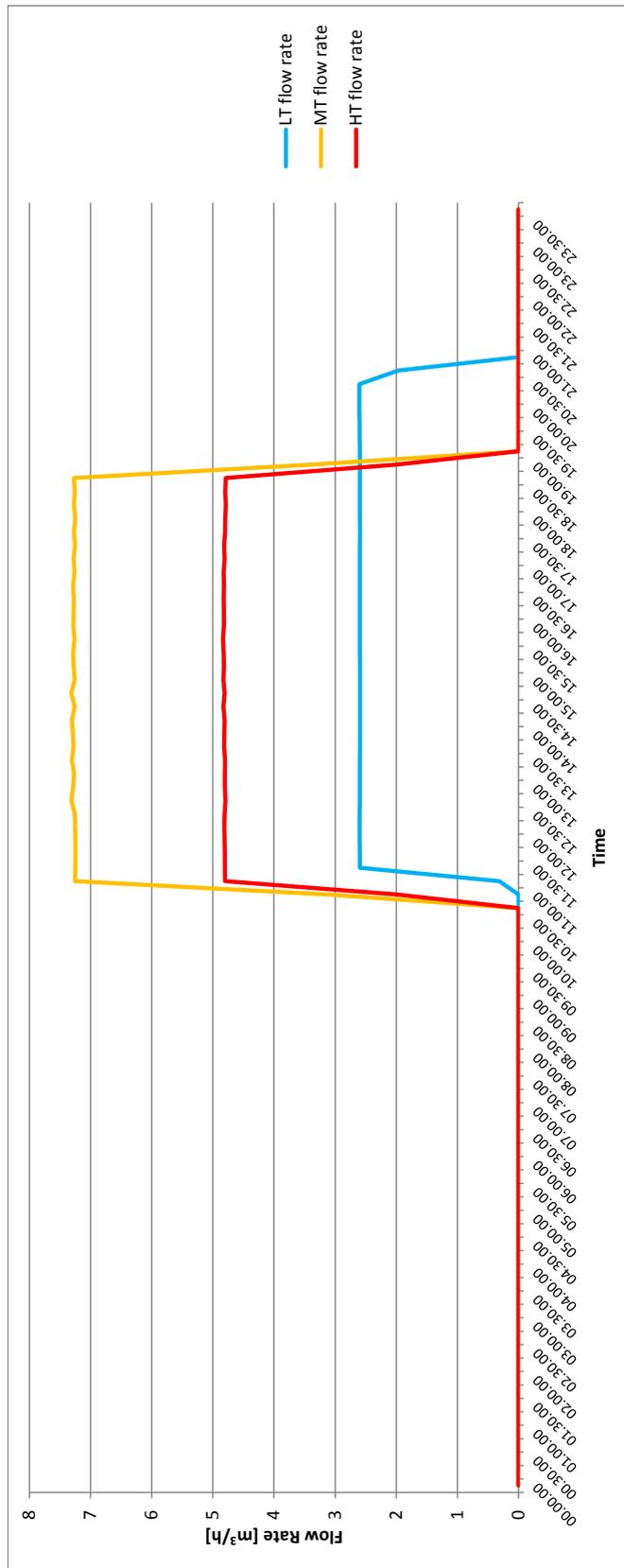


Figura 11. 17 giugno 2015 dati sperimentali: portate sui 3 circuiti del chiller



Figura 12. 17 giugno 2015 dati sperimentali: andamento delle temperature sui 3 circuiti del chiller.

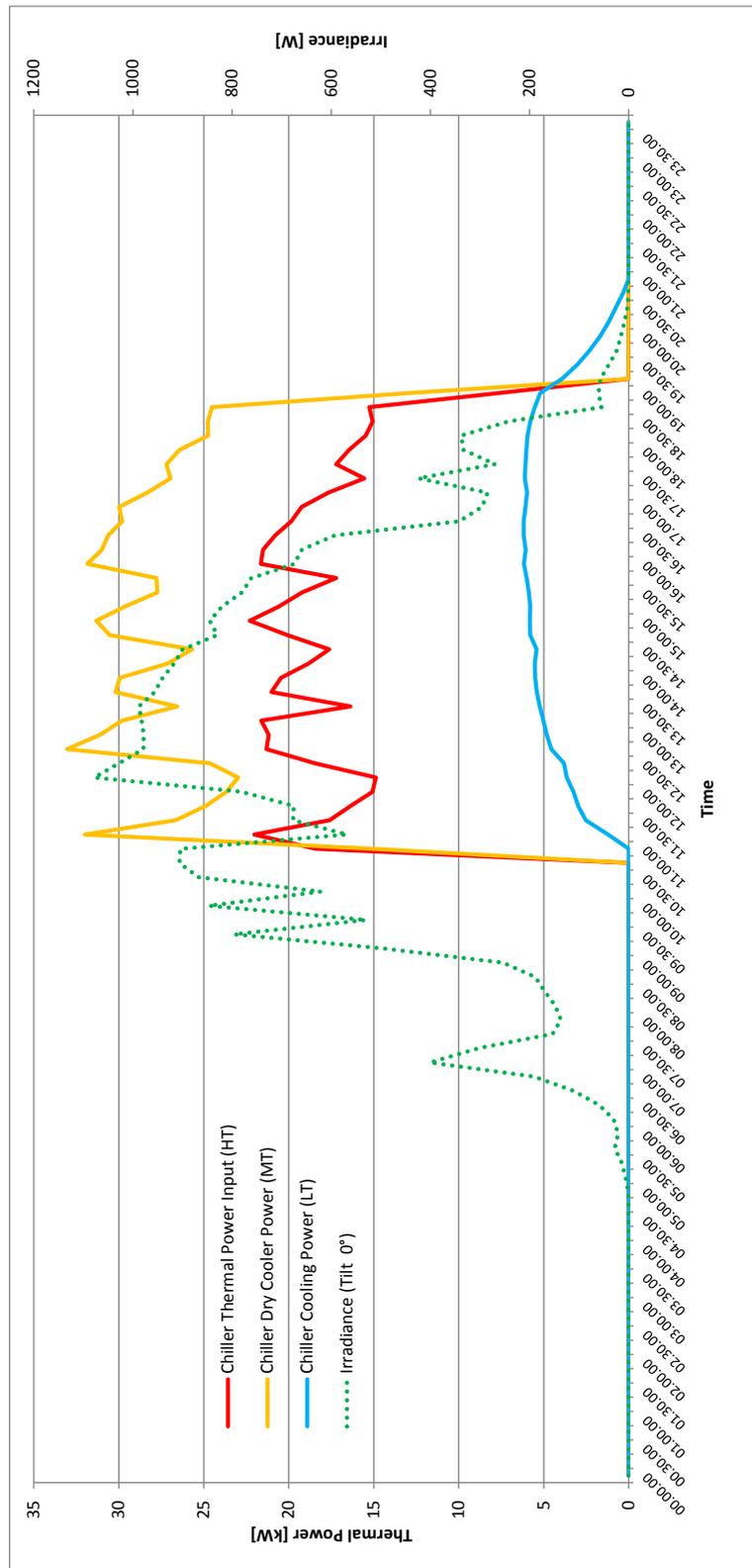


Figura 13. 17 giugno 2015 dati sperimentali: andamento delle potenze sui 3 circuiti del chiller e dell'irraggiamento.

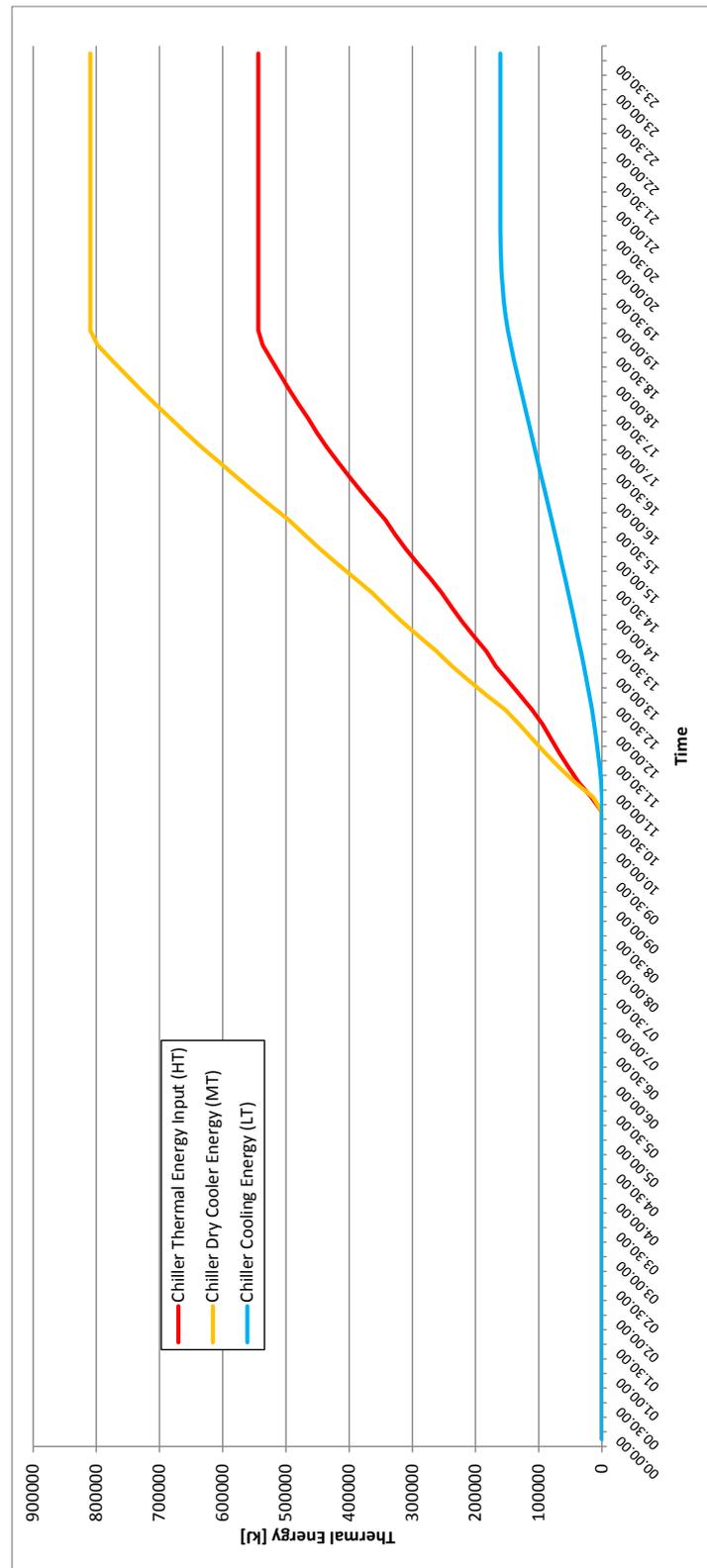


Figura 14. 17 giugno 2015 dati sperimentali: andamento delle energie sui 3 circuiti del chiller.

Allegati

Allegato 1

Specifiche tecniche chiller ad adsorbimento modello eCoo 20IPS prodotto dall'azienda Sortech

Allegato 2

Specifiche tecniche cooler modello RC 20W prodotto dall'azienda Sortech.

Allegato 3

Specifiche tecniche collettori solari

Allegato 4

Specifiche tecniche altri componenti dell'impianto.

Allegato 1

Specifiche tecniche chiller ad adsorbimento modello eCoo 20IPS prodotto dall'azienda Sortech.

Application range Hot	
water temperature	55 – 95° C
Recooling water temperature	max. 45 °C
Chilled water temperature	min. 8 °C
Heating water temperature	free heating: 25 - 70 °C
Recooling water temperature	free cooling: min. 5 °C

Basic performance data	
Refrigeration power	up to 24 kW
Heating capacity	up to 80 kW
COP therm.	max. 0.65

Dimensions	
WxDxH	800 x 1,700 x 1,970 mm
Floor space required	1.36 m ²

Power drawn / power connection	
At pressure loss eCoo	240 W
At claiming the max. lift of pump	820 W
Power supply	230 V, 50/60 Hz

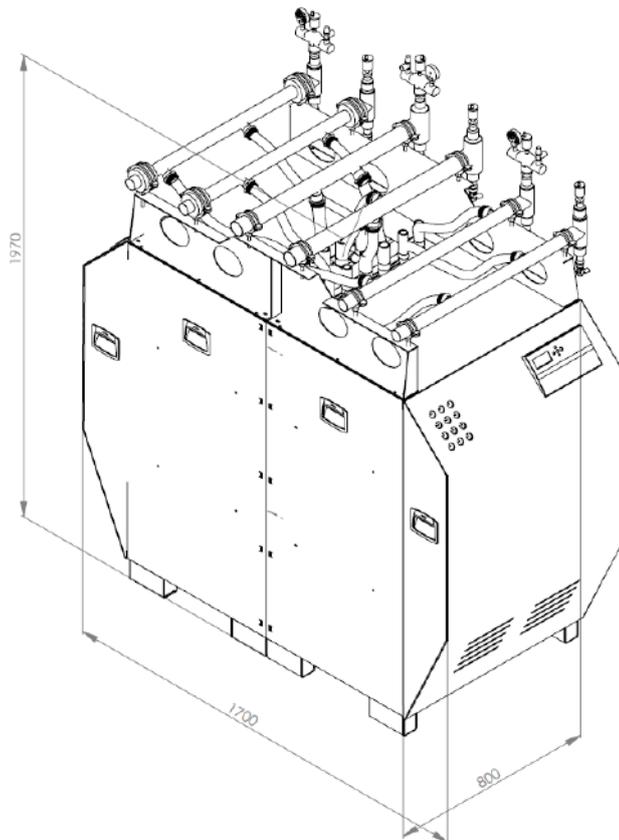
Weight Operational	
weight	max. 810 kg*

*With pumps and casing.

Hot water circuit	
Volumetric flow	3,200 l/h
Lift of pump (Cascade)	320 mbar
Max. operating pressure	4 bar
Smooth tube connection	DN25

Heat rejection circuit/Heating water circuit	
Volumetric flow	8,200 l/h
Lift of pump (Cascade)	200 mbar
Max. operating pressure	4 bar
Smooth tube connection	DN50

Chilled water circuit	
Volumetric flow	4,000 l/h
Lift of pump (Cascade)	450 mbar
Max. operating pressure	4 bar
Smooth tube connection	DN40

**Allegato 2**

Specifiche tecniche cooler modello RC 20W prodotto dall'azienda Sortech.

Performance data	
Recooler capacity	up to 50 kW
Recooling medium	Ethylen glycol 34%
Water temperature inflow/outflow	30.6/25 °C
Nominal volume flow	8.3 m ³ /h
Max. operating pressure	4 bar
Water usage	max. 9 m ³ /Jahr
Temperature air intake	21.5 °C
Air flow	35,000 m ³ /h
Pressure loss at nominal volume flow	200 mbar

Ventilators	
Ventilators	03xEC Ventilators
Sound pressure in 10 m	37 dB(A)

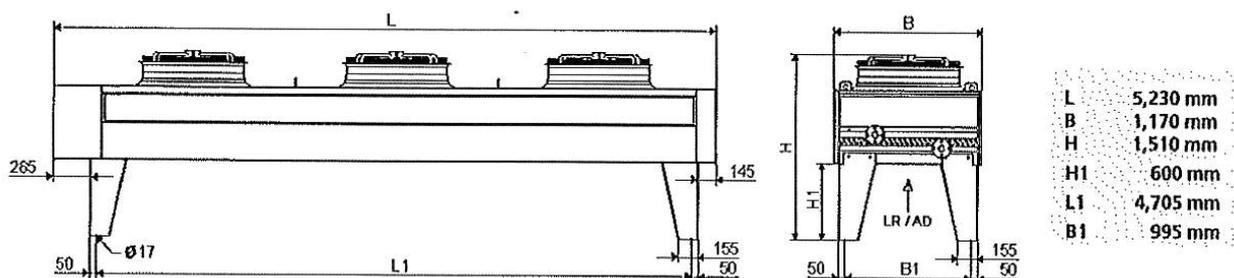
Weight	
Operational weight	approx. 651.7 kg

Dimensions	
WxDxH	5,230 x 1,050 x 1,260 mm
Floor space required	4.23 m ²

Power drawn/power connection	
Power drawn	0.81 kW
Power supply	230 V, 50 Hz

The Recooler RC 20 is optimised for operation with adsorption refrigeration unit type eCoo 20 IPS. Reverse cycle chiller with electricity-saving EC technology. Control system for temperature-controlled, infinite variation of fan speed in switchgear cabinet, completely wired and assembled. The recooler is available in two versions. First version is a dry recooler* and the second version is as a recooler with an optional spray system. Spray system (medium: water) designed for temporary wetting of the recooler fins using a spray lance is optionally available. Partially assembled (spray lance packed separately), including pressure reducer, solenoid valve and drain valve for the spray system. Installation of the recooler is vertical or horizontal.

* Because of coating the recooler there is no upgrade possible with a spray system.



Allegato 3

Specifiche tecniche collettori solari

Solar collectors specifics	
Type	Evacuated tube collectors
Fluid	Thermics 20 DTH, Thermics 30 DTH water-glycol solution
Number of collectors installed	48 (12 parallel strings, each one with 3 DTH 20 and 1 DTH 30)
Azimuth	190 °
Tilt	10 °
Total area of the solar field (referred to the opening area)	102,85 m ²
Thermics 20 DTH	
Dimensions	Technical data
Total length	2,015 m
Total width	1,404 m
Gross surface	2,829 m ²
Opening area	1,905 m ²
Absorber surface	1,631 m ²
Empty weight	73 kg
	Minimum flow rate 72 l/h
	Nominal flow rate 120 l/h
	Maximum flow rate 840 l/h
	Fluid content 5,8 l
	Maximum operating pressure 6 bar
	Stagnation temperature 184 °C
	Peak Power 1297 W
Total area (referred to the opening area)	68,58 m ²
Total thermal power	46,69 kW
Collector power (referred to the opening area)	680,8 W/ m ²
Thermics 30 DTH	
Dimensions	Technical data
Total length	2,015 m
Total width	2,104 m
Gross surface	4,24 m ²
Opening area	2,856 m ²
Absorber surface	2,445 m ²
Empty weight	112 kg
	Nominal flow rate 180 l/h
	Fluid content 8,8 l
	Maximum operating pressure 6 bar
	Stagnation temperature 184 °C
Total area (referred to the opening area)	34,27 m ²

Allegato 4

Specifiche tecniche altri componenti dell'impianto.

Table 3 - Q2 system components details	
Hot storage tank volume	800 l
Cold storage tank volume	500 l
Solar collectors fluid circulation pump nominal flow rate	5270 l/h
Primary to secondary circuit heat exchanger	SWEP - B10THx40/1P-SC-M - Brazed plates - 40 plates
Dry-cooler cooling power	42 kW
AHU pre-cooling air flow rate	13500 m ³ /h
Collectors fluid	water 60% - glycol 40%