



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,  
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



*Ministero dello Sviluppo Economico*

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Realizzazione di un impianto di solar cooling a servizio di una serra per  
colture intensive

*G. Corallo, A. Simonetti*

Report RdS/2012/129

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI SOLAR COOLING A SERVIZIO DI UNA SERRA PER COLTURE INTENSIVE

G. Corallo, A. Simonetti (ENEA)

SETTEMBRE 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto 3.4: Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: Utilizzo dell'energia elettrica e solare per la climatizzazione estiva

Responsabile Progetto: Nicolandrea Calabrese, ENEA

## Indice

1. INTRODUZIONE .....	4
2. Obiettivo dell'Attività.....	8
3. LA PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO DI SOLAR COOLING INNOVATIVO .....	11
3.1 Campo solare .....	14
3.2 Gruppo Frigorifero ad Assorbimento.....	14
3.3 Torre evaporativa.....	15
3.4 Pompe di circolazione .....	16
3.5 Valvole di bilanciamento.....	17
3.6 Dry - Cooler .....	17
3.7 Serbatoio di accumulo termico (fig.13) .....	19
3.8 Scambiatori di calore a piastre.....	19
3.9 Caldaia integrativa .....	20
3.10 Quadro elettrico di potenza e controllo .....	21
4 STRUMENTAZIONE E SISTEMA ACQUISIZIONE DATI, CONTROLLO E GESTIONE IMPIANTO .....	22
CONCLUSIONI.....	23
BIBLIOGRAFIA.....	24

## 1. INTRODUZIONE

Il principale obiettivo del progetto “Studi e valutazioni sull’uso razionale dell’energia: Utilizzo dell’energia elettrica e solare per la climatizzazione estiva” che si sta svolgendo nell’ambito del programma di Ricerca di Sistema Elettrico in collaborazione con il Ministero dello Sviluppo Economico è di definire e sviluppare un sistema di produzione integrato che sia robusto, competitivo e di riferimento per il “sistema Italia”, in grado di assolvere l’intero compito della climatizzazione estiva e invernale. Il progetto ha inoltre l’obiettivo di comprendere in quali condizioni climatiche, con quali tecnologie e con quale politica di supporto possa essere avviata un’azione che porti a una diffusione di massa di sistemi di climatizzazione basati sull’energia solare o comunque assistiti da fonti rinnovabili.

Per assolvere a tali richieste, la ricerca si sta concentrando su soluzioni caratterizzate essenzialmente dalle seguenti caratteristiche:

1. Sfruttamento di fonti rinnovabili (aria, terra, sole) per la produzione di energia elettrica da utilizzarsi per l’alimentazione di macchine per la climatizzazione
2. Utilizzo di fluidi frigoriferi non dannosi per l’ambiente (CO<sub>2</sub>) in macchine termiche a compressione di vapore in luogo di quelli attualmente utilizzati;
3. Realizzazione di sistemi “globali” capaci di provvedere autonomamente al riscaldamento degli ambienti in inverno, al raffrescamento in estate e, simultaneamente, alla produzione di acqua calda sanitaria nell’arco dell’intero anno solare.

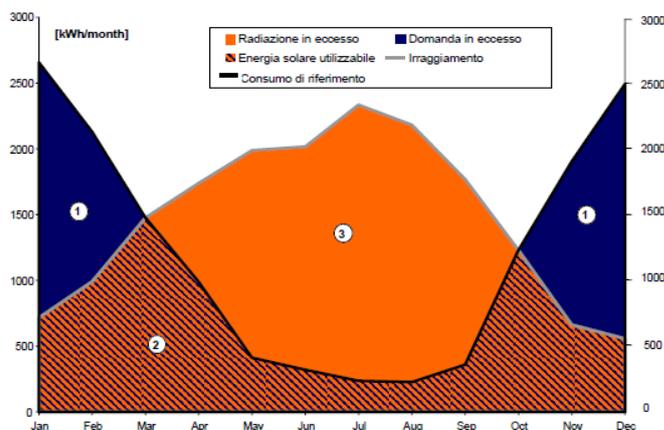
La produzione di energia elettrica per mezzo di fonti rinnovabili (impianti elioassistiti, geotermici, sistemi di solar cooling, ecc.) è legata alla necessità di realizzare sistemi energetici maggiormente compatibili sotto il profilo ambientale: in quest’ottica, lo sfruttamento delle fonti rinnovabili per coprire, almeno parzialmente, le necessità energetiche nel settore della climatizzazione può consentire una cospicua riduzione nello sfruttamento dei combustibili fossili.

Inoltre, la richiesta di energia elettrica per il funzionamento di sistemi di condizionamento convenzionali (sistemi a compressione con motori elettrici) è fortemente dipendente dalle condizioni ambientali stagionali e quindi estremamente variabile: questa situazione provoca da un lato elevati sovraccarichi del sistema elettrico nazionale nel periodo estivo (con conseguente rischio di black-out elettrici), e dall’altra la necessità di incrementare significativamente la potenza

istallata con il risultato di un costo dell'energia complessivamente più elevato: anche in quest'ottica quindi, il ricorso a fonti energetiche rinnovabili alternative consente una maggiore razionalizzazione del sistema elettrico.

Negli ultimi anni diverse attività di ricerca e sviluppo tecnologico sono state incentrate sullo studio di processi per il condizionamento di edifici residenziali e non basati su tecnologie innovative che utilizzano l'energia solare (solar cooling). L'impiego dell'energia solare nella stagione estiva per la climatizzazione degli ambienti costituisce una soluzione tecnica molto interessante dal punto di vista energetico, vista la coincidenza del picco di domanda con il periodo di maggiore disponibilità dell'energia solare. Attualmente esistono diverse componenti tecnologiche per la realizzazione di sistemi di raffrescamento solare, tuttavia non esiste ancora una soluzione tecnologica integrata di facile applicazione, con il risultato che gli impianti di questo tipo sono ancora per lo più di tipo sperimentale e come tali molto costosi e poco competitivi.

L'utilizzazione di una fonte rinnovabile come l'energia solare può diventare interessante da un punto di vista economico e di fattibilità tecnica anche in contesti differenti da quelli residenziali come ad esempio nel caso di edifici, come gli edifici a confinamento con l'ambiente esterno come le serre utilizzate per la sperimentazione su piante transgeniche.



Fonte: ITW - Graz

**FIG. 1 RADIAZIONE DISPONIBILE E RICHIESTA**

indirettamente, per la produzione di energia elettrica) e quella, di carattere più nazionale, di ridurre complessivamente i consumi di energia.

La fattibilità tecnica di un intervento che prevede l'uso dell'energia solare termica non può prescindere dalle caratteristiche peculiari di detta sorgente che il senso comune intuitivamente associa al riscaldamento in primo luogo dell'acqua utilizzata a scopi sanitari ed, in secondo luogo, a quello degli ambienti residenziali.

La motivazione per una tale scelta è conforme, tra l'altro, all'impegno assunto, mediante accordi internazionali, dai Paesi Industrializzati a diminuire la produzione di gas serra (obiettivo raggiungibile con la diminuzione dei consumi di combustibili fossili utilizzati direttamente o,

Paradossalmente, l'irraggiamento solare ha il valore più elevato in estate e, pertanto, potrebbe dare le massime prestazioni quando le richieste di utilizzazione sono minime (vedi grafico Fig 1) (1).

Parimenti, i rendimenti dei pannelli solari termici tendenzialmente diminuiscono (vedi Fig. 2), talvolta anche in maniera sensibile, quando la differenza tra la temperatura media interna del pannello e quella dell'aria esterna aumenta e l'irraggiamento solare diminuisce cioè in inverno (2) (3).

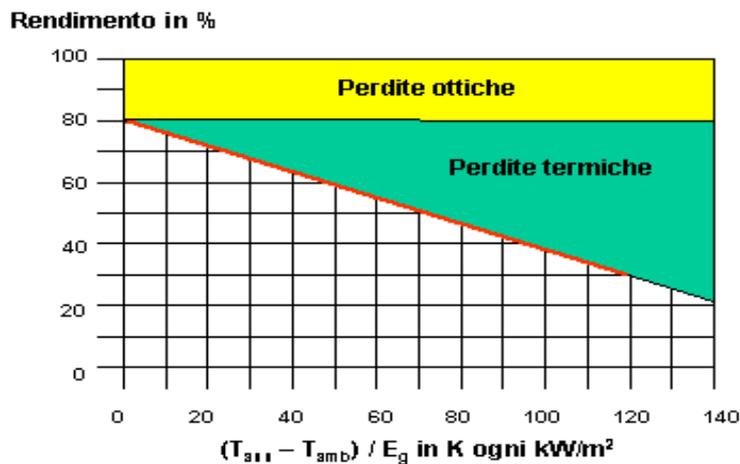


FIG. 2 RENDIMENTO PANNELLI SOLARI TERMICI

Insomma, l'utilizzazione dell'energia solare termica ha la sorgente maggiormente disponibile quando apparentemente non serve e lo strumento per utilizzarla, il pannello solare termico, fornisce le prestazioni peggiori quando serve.

La ricerca sull'uso dell'energia solare termica non è nuova e, in particolare, non si è concentrata unicamente sull'utilizzazione più intuitiva (5) (6), in particolar modo quella che prevede l'uso di "... elementi di solarizzazione attiva ..." per il riscaldamento, ma, nel corso degli anni, si è cercato di trovare soluzioni tecnologiche in grado di eliminare le situazioni paradossali ovvero utilizzare l'energia solare termica in primo luogo per la climatizzazione estiva.

Le tecnologie che permettono la climatizzazione estiva degli ambienti massimizzando l'utilizzazione dell'energia solare termica che sono note

come Solar Cooling non sono una novità (4) anche se, ancora oggi, devono la loro scarsa diffusione per la maggiore complicazione impiantistica rispetto alle tecnologie che utilizzano l'energia solare per il solo riscaldamento.

La tipologia di impianto maggiormente utilizzata è quella basata sull'impiego di pannelli solari termici accoppiati a cicli termodinamici chiusi (Fig. 3), quali quelli delle macchine frigorifere ad

assorbimento che utilizzano l'energia termica per produrre l'effetto frigorifero come illustrato nello schema di funzionamento della Fig. 4.

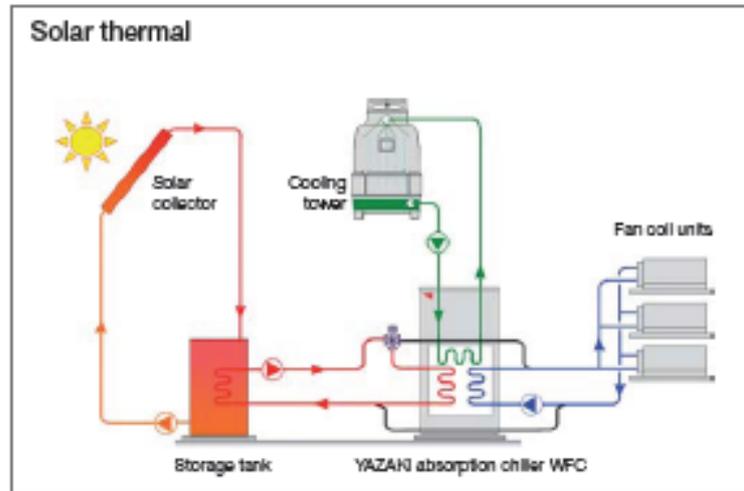


FIG. 3 SCHEMA DI SOLAR COOLING TIPO

L'andamento non costante nel tempo dell'energia solare rende necessario l'uso di accumuli termici dell'energia solare captata dai collettori che provvedono a creare una inerzia termica del sistema che non potendo essere grande a piacere, come , del resto non possono installarsi superfici estese di pannelli solari in quanto comportano la necessità di spazi che devono essere compatibili con quelli disponibili, richiede sempre un'analisi tecnico-economica finalizzata a far risultare minima la funzione obbiettivo relativa al "pay-back" dell'impianto (4) (9).

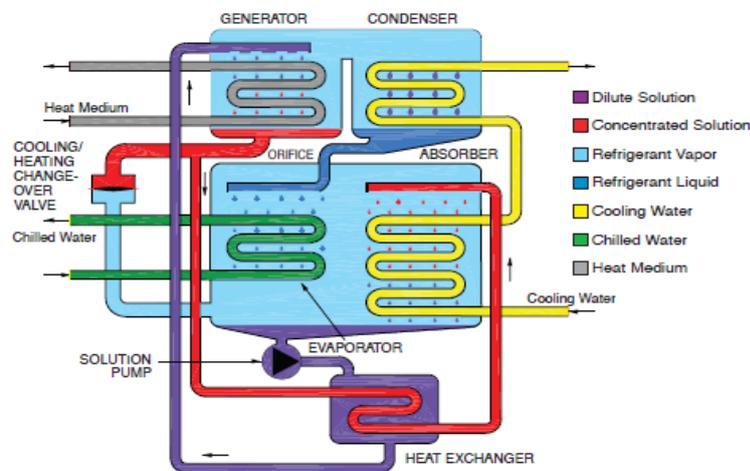


FIG. 4 SCHEMA MACCHINA AD ASSORBIMENTO H2O-LIBR

In tali condizioni, assume un'importanza fondamentale il sistema di controllo dell'impianto di Solar Cooling che deve poter permettere al sistema di accumulare energia fin quando è possibile dalla capacità termica degli accumuli e cominciare a dissipare l'energia solare quando ciò non è più possibile mediante un sistema di smaltimento che eviti il fenomeno della stagnazione che compromette, talvolta in modo irreversibile, il rendimento dei pannelli solari (8).

Si deve rilevare che tra le tante motivazioni che non hanno reso attraente, anche nel passato, il Solar Cooling, a parte il costo iniziale rilevante delle apparecchiature fondamentali (Pannelli solari e macchina frigorifera ad assorbimento) c'è stato il problema della gestione dell'impianto che richiedeva un sistema di controllo abbastanza complesso da risultare più costoso rispetto a quello di un impianto convenzionale (5).

Pertanto, la maggiore diffusione di pannelli solari a rendimento quasi costante (ad esempio quelli che utilizzano la tecnologia dei tubi evacuati) con costi tendenzialmente in diminuzione e la possibilità odierna di utilizzare sistemi di controllo potenzialmente sofisticati ed affidabili a costi contenuti potrebbero rendere questa particolare soluzione del Solar Cooling attraente anche per l'utilizzazione di ambienti particolari come le serre a confinamento esterno .

Inoltre, la realizzazione dell'impianto sperimentale potrà dare indicazioni utili per la valutazione della fattibilità tecnica di serre transgeniche modulari di dimensioni assimilabili a container utilizzabili nella ricerca sulle piante transgeniche.

Nel caso di impianti Solar Cooling che utilizzano le macchine ad assorbimento a Bromuro di Litio a semplice effetto non è possibile l'inversione del ciclo e, pertanto, in inverno l'energia termica necessaria al fabbisogno invernale viene assicurata da una caldaia alimentata da fonte energetica primaria che viene usualmente installata come sorgente termica di backup a quella derivante dalla fonte rinnovabile.

## **2. Obiettivo dell'Attività**

Obiettivo dell'attività era lo sviluppo di una facility per la caratterizzazione di sistemi solar cooling integrati in una serra sperimentale per la ricerca sulle piante transgeniche. Tale sistema è stato realizzato con una pompa di calore ad assorbimento reversibile installata sull'edificio denominato "Serra Transgenica" esistente presso il C.R. Casaccia dell'ENEA.



**FIG. 5 LA SERRA TRANSGENICA DEL CENTRO ENEA-CASACCIA**

Le piante geneticamente modificate (GM) sono organismi in cui sono trasferiti geni mediante tecnologie molecolari, secondo modalità differenti da quanto avviene con l'incrocio, sia in natura, sia nella pratica agronomica tradizionale. Oggi, nella ricerca, il trasferimento di geni esogeni nelle piante è uno strumento fondamentale per lo studio e la comprensione di aspetti fondamentali della fisiologia/patologia vegetale. Un settore più nuovo e di rilievo delle biotecnologie riguarda la produzione di piante esprimenti geni esogeni per utilizzare la pianta come "Biofabbrica" per la sintesi di biofarmaceutici o per migliorare caratteristiche di tipo "nutraceutico".

A livello mondiale, l'attività di ricerca e sperimentazione nel settore delle biotecnologie agrarie è in continua crescita soprattutto nei paesi dove sono state sviluppate (Stati Uniti e Canada). In Europa l'attività di ricerca sull'ingegneria genetica vegetale è stata molto intensa fino al 1998. Negli anni successivi, a seguito della decisione di bloccare tutte le autorizzazioni per la commercializzazione di nuove piante geneticamente modificate, si è avuta una riduzione delle autorizzazioni per la ricerca e sperimentazione con piante GM.

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare descrive le 'Prescrizioni per la valutazione del rischio per l'agro-biodiversità, i sistemi agrari e la filiera agroalimentare, relativamente alle attività di rilascio deliberato nell'ambiente di OGM per qualsiasi fine diverso dall'immissione sul mercato

(<http://bch.minambiente.it/IT/Legislazione/comunitariaenazionale/rilspcrit.asp>).

Ai fini di studio sperimentale, le piante GM devono rispondere a requisiti di 'contenimento' per non rappresentare elementi di rischio per l'ambiente.

### **Descrizione schematica della serra.**

La serra a contenimento del CR Casaccia è un impianto sperimentale per l'allevamento di piante GM e per lo svolgimento di attività di ricerca in condizioni ottimali e di biosicurezza di livello 2, realizzato per essere conforme alle normativa prevista in materia di sicurezza dall'Italia e dalla Unione Europea (direttiva 2001/18/CEE recepita con Decr. Leg.vo 224/2003). L'ENEA, infatti, detiene un insieme di competenze/conoscenze relative alla Biomedicina e Biotecnologie per la realizzazione di farmaci e sistemi d'avanguardia per terapia e diagnosi di patologie ad alto impatto sociale, basati anche sulle piante intese come 'biofabbriche' e potenzialmente trasferibili.

### **Dati tecnici**

La serra a contenimento occupa una superficie complessiva di 210 metri quadri circa con un'altezza al colmo di 4.5 m. E' suddivisa al suo interno da un corridoio centrale su cui si affacciano otto moduli indipendenti di circa 14 metri quadri ciascuno. Ogni modulo è dotato di impianti automatizzati indipendenti con relativi quadri di comando e regolazione per il riscaldamento, il raffreddamento, l'illuminazione e l'ombreggiamento in modo da realizzare livelli differenziati di microclima ed illuminazione. La struttura della serra è realizzata in acciaio zincato a caldo con coperture e pareti divisorie realizzate in policarbonato alveolare da 16 mm. L'impianto serra è dotato di un sistema di aspirazione e filtraggio dell'aria, con portata da 10 mc/ora, in modo da realizzare una depressione all'interno di ciascun modulo. Il raffreddamento della serra è gestito tramite un impianto centralizzato, separato dall'impianto di riscaldamento, costituito da un gruppo frigo a quattro compressori da 160 Kw. La serra è progettata e costruita perché non ci sia alcuno scambio con l'ambiente esterno, onde evitare qualsiasi diffusione di materiale GM. Le acque reflue vengono trattate mediante sterilizzazione UV su strato sottile e l'aria anche è opportunamente filtrata su pacchi filtro che impediscono la dispersione all'esterno dell'impianto di pollini e/o organismi. Soggetti di eccellenza in ambito nazionale ed internazionale e condizioni per lo sviluppo.

In Italia l'impianto relativo alla serra a contenimento del C.R. ENEA Casaccia è stato il primo costruito (anni 2000) ed è stato utilizzato da altre istituzioni come sistema modello per la

costruzione di altre serre a contenimento, come l'impianto di pertinenza del Centro Internazionale per l'Ingegneria Genetica e le Biotecnologie (ICGEB) di Trieste che ha fondato la "Biosafety Outstation" di Ca' Tron. In ambito internazionale, il BIOPRODUCTION Research Institute di Sapporo (AIST- National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) possiede il sistema più avanzato di allevamento di piante per la produzione di biofarmaci ([http://unit.aist.go.jp/bpri/bpri-pmt/index\\_e.html](http://unit.aist.go.jp/bpri/bpri-pmt/index_e.html)). L'impianto, costruito nell'ambito del programma "AIST initiative of industrial revolution research" consiste in un sistema totalmente isolato che fa uso esclusivo di luce artificiale. In chiave europea, il Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology - IME- (<http://www.ime.fraunhofer.de/EN/profil/index.jsp>) partner del consorzio europeo PHARMAPLANTA (CE 6 PQ) di cui ENEA ha fatto parte (<http://www.pharma-plant.org/index.htm>), ha progettato e realizzato un impianto di serre a contenimento con annessi laboratori conformi alle linee guida GLP (Good Laboratory Practice) per il controllo della filiera produttiva (dalla pianta alla fiala) dei biofarmaci "verdi".

La presente proposta del Progetto "solarizzazione" si basa essenzialmente su due elementi strategici fondamentali: a) collegare su un piano funzionale a fonti energetiche una struttura di ricerca che presenta carichi energetici di una certa rilevanza b) promuovere la "convergenza delle conoscenze e delle tecnologie" sulla tematica, del risparmio energetico perseguendo l'obiettivo generale di conseguire risultati di grande impatto sul piano culturale e conoscitivo, ma che possano esprimere, nel breve periodo, un forte potenziale di innovazione in alcune applicazioni biotecnologiche di primaria importanza.

### **3. LA PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO DI SOLAR COOLING INNOVATIVO**

La centrale termo frigorifera sperimentale realizzata per l'installazione in parallelo con l'esistente impianto di refrigerazione della serra transgenica, del tipo a compressione di vapore, sarà in grado di produrre circa 17 KW freddi nominali, pari a circa il 10% della potenza frigorifera nominale dell'impianto a compressione esistente..

Tale scelta è stata fatta sulla base dello spazio a disposizione per il campo solare, che non ha permesso la realizzazione di un impianto a copertura totale del carico frigorifero richiesto dalla serra.

In un prossimo futuro tuttavia, l' impianto così realizzato potrà essere utilizzato per il fabbisogno completo di un prototipo di serra a contenimento più piccola da affiancare a quella esistente.

I principali componenti impiegati nel progetto della facility di prova sono di seguito elencati:

- Campo solare
- Gruppo frigorifero ad assorbimento;
- Torre evaporativa abbinata alla pompa di calore;
- Gruppi di pompaggio;
- Valvole di bilanciamento delle portate;
- Dry-cooler abbinato al campo solare per lo smaltimento del calore in eccesso;
- Sebatoio di accumulo termico;
- Scambiatori di calore a piastre;
- Caldaia integrativa ad alta temperatura;
- Quadro elettrico di potenza e controllo.

Di seguito sono brevemente descritti i componenti impiegati sull'impianto sperimentale realizzato presso il centro ricerche ENEA della Casaccia e rappresentati sullo schema funzionale riportato in fig. 6:

# ENEA CR CASACCIA

VIA ANGUILLARESE 301 00123  
ROMA

PROGETTO IMPIANTO SPERIMENTALE DI SOLAR COOLING CON POMPA DI CALORE ACQUA-AMMONIACA

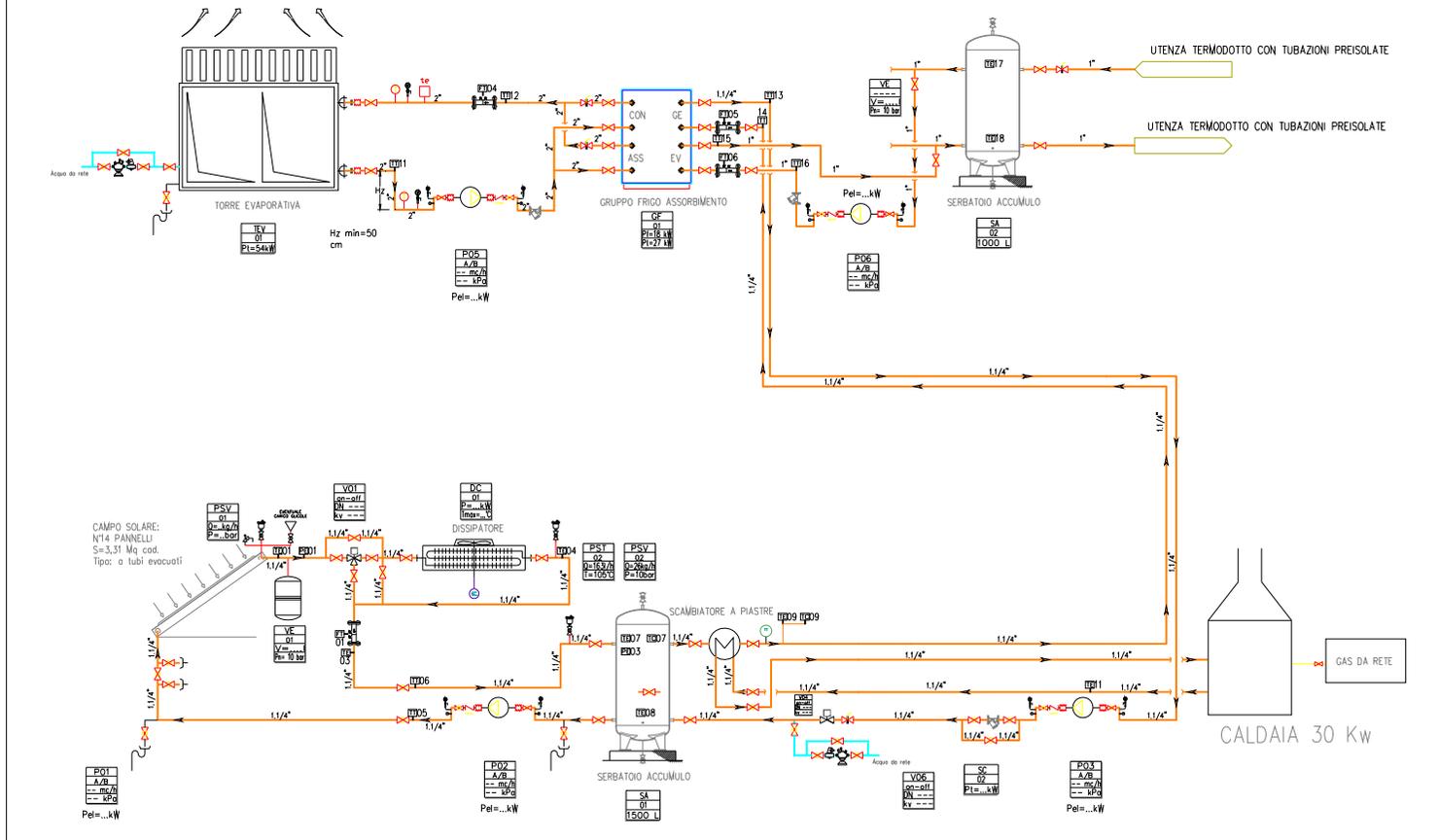


FIG. 6: SCHEMA FUNZIONALE CENTRALE TERMOFRIGORIFERA

### 3.1 Campo solare

Il campo solare è stato realizzato in prossimità della centrale utilizzando dei pannelli solari termici a tubi evacuati del tipo KLOBEN SKY 21: sono stati utilizzati 15 moduli suddivisi in 5 schiere di tre moduli in serie ognuna, per un totale di circa 56 m<sup>2</sup> lordi di superficie.



FIG. 7: CAMPO SOLARE IN FASE DI MONTAGGIO

### 3.2 Gruppo Frigorifero ad Assorbimento

Il gruppo frigorifero, di tipo commerciale, previsto a servizio dell'impianto è del tipo ad assorbimento a acqua-Bromuro di Litio ed è prodotta dalla ditta giapponese Yazaki e commercializzata in Italia dalla ditta MAYA. Il gruppo frigorifero di cui sopra è alimentato dall'acqua calda prodotta dal campo solare ed ha una potenza frigorifera di 17,5 KW con un COP di circa 0,7. Di seguito una immagine del gruppo installato:



### **3.3 Torre evaporativa**

La torre evaporativa prevista è della THERMAC mod. 4 TE – 15. Di seguito le principali caratteristiche di selezione:

- Potenzialità: 43 kW;
- Portata aria 7.500 mc/h;
- Portata acqua 7.396 l/h;
- Potenza motore elettrico: N° 1 - 4 poli x 1,20 Kw (stella-triangolo).



### 3.4 Pompe di circolazione

La tabella 1 indica la tipologia di circolatori selezionati per le varie esigenze d’impianto. In particolare, riferendosi allo schema d’impianto di fig.6, i circolatori selezionati sono di marca WILO modelli TOP-S a seconda delle caratteristiche idrauliche delle stesse.

Elenco apparecchiature		Portata	Prevalenza
		mc/h	mca
P1	Pompa Circuito Solare	2.45	8.60
P3	Pompa Alimentazione acqua calda	3.92	11.32
P5	Pompa Acqua raffreddamento	7.34	7.67
P6	Pompa Acqua refrigerata	2.75	8.39

**Tabella 1: Caratteristiche delle pompe di circolazione previste sull’impianto**

Di seguito le immagini dei due tipi di circolatori. I circolatori del tipo in fig. 10 sono a portata e prevalenza fissa:



FIG. 10 - CIRCOLATORE TIPO WILO TOP-S

### 3.5 Valvole di bilanciamento

Per assicurare il corretto valore delle portate di alimentazione al Gruppo frigorifero ad assorbimento e sul circuito del campo solare sono state installate delle valvole regolatrici della portata. Nella tabella 2 vengono mostrate le caratteristiche tecniche delle valvole installate.

		Portata	KV	KVs	DN
		mc/h	mc/h	mc/h	"
V01	Valvola bilanciamento circuito solare	2.45	5.75	6.39	3/4"
V02	Valvola bilanciamento circuito Acqua calda	3.92	8.77	10.97	1"
V07-V08	Valvola bilanciamento circuito Acqua Raffred	7.34	10.37	11.53	1"
V09	Valvola bilanciamento circuito Acqua Refrigerata	2.75	5.01	5.57	3/4"

**Tabella 2: Caratteristiche delle valvole di bilanciamento**

### 3.6 Dry - Cooler

E' stato selezionato per l'installazione un prodotto della CIAT mod. 7012 HI 900 (fig. 11):



FIG. 11 – DRY-COOLER AIRIAL MOD. 7012 HI 900

Il dry cooler selezionato è di tipo commerciale di seguito le caratteristiche tecniche principali:

**1 Aerorefrigerante AIRIAL 7012 HI 900**  
 Posizione orizzontale, Tiraggio indotto, Secondo il catalogo

- PRESTAZIONI TERMICHE PER 1 APPARECCHIO**

Potenza termica	96,6 kW
Superficie di scambio	37 m <sup>2</sup>
Fluido	MEG 15%
Temperatura entrata / uscita	110 / 85 °C
Portata in entrata	3,5 m <sup>3</sup> /h (0,0009722 m <sup>3</sup> /s)
Perdite di carico	11,8 kPa
- Aria ambiente**

Altitudine	0 m
Temperatura	38 °C
- LIVELLO SONORO PER 1 APPARECCHIO** *(Senza opzione - Per X apparecchi, aggiungere 10 log X)*  
 Livello di pressione acustica : 49 dB(A) a 10 metri dell'apparecchio, nel piano del fascio, in campo libero, direttività 2, tolleranza +/- 3 dB  
 Il livello di pressione acustica, dipendendo dalle condizioni di installazione, vi è dato a titolo indicativo Vi ricordiamo che solo i livelli di potenza acustica sono comparabili e certificati  
**Spettro di potenza acustica (ISO 3744) :**

Frequenze (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Globale
potenza acustica dB(A)	43	65	77	73	76	76	68	55	82
- DIMENSIONI E PESI PER 1 APPARECCHIO**

(Gli interassi dei tubi mandata e ritorno saranno confermati all'ordine)

FIG. 12 – CARATTERISTICHE AIRIAL MOD. 7012 HI 900

### 3.7 Serbatoio di accumulo termico (fig.13)



**FIG. 13 – SERBATOIO DI ACCUMULO TERMICO IN FASE DI MONTAGGIO ( ZANI 1.5 M3)**

Il serbatoio di accumulo di tipo solare con interno smaltato e anodo di sacrificio per la protezione dalla corrosione, è stato dimensionato mediante codice di simulazione dinamica TRNSYS per ottenere una prestazione ottimale durante il corso dell' anno minimizzando i consumi di gas a supporto della radiazione solare

### 3.8 Scambiatori di calore a piastre

E' stato previsto uno scambiatore a piastre per separare idraulicamente il circuito dei pannelli solari termici ed il circuito della caldaia di integrazione dal resto dell'impianto. In particolare, lo scambiatore a piastre installato tra il campo solare e l'accumulo caldo , del tipo SWEP GC-12 o equivalenti, consentirà di garantire una temperatura ottimale all' uscita dell'accumulo per servire il chiller ad assorbimento.

Di seguito si riportano le caratteristiche dello scambiatore utilizzato:

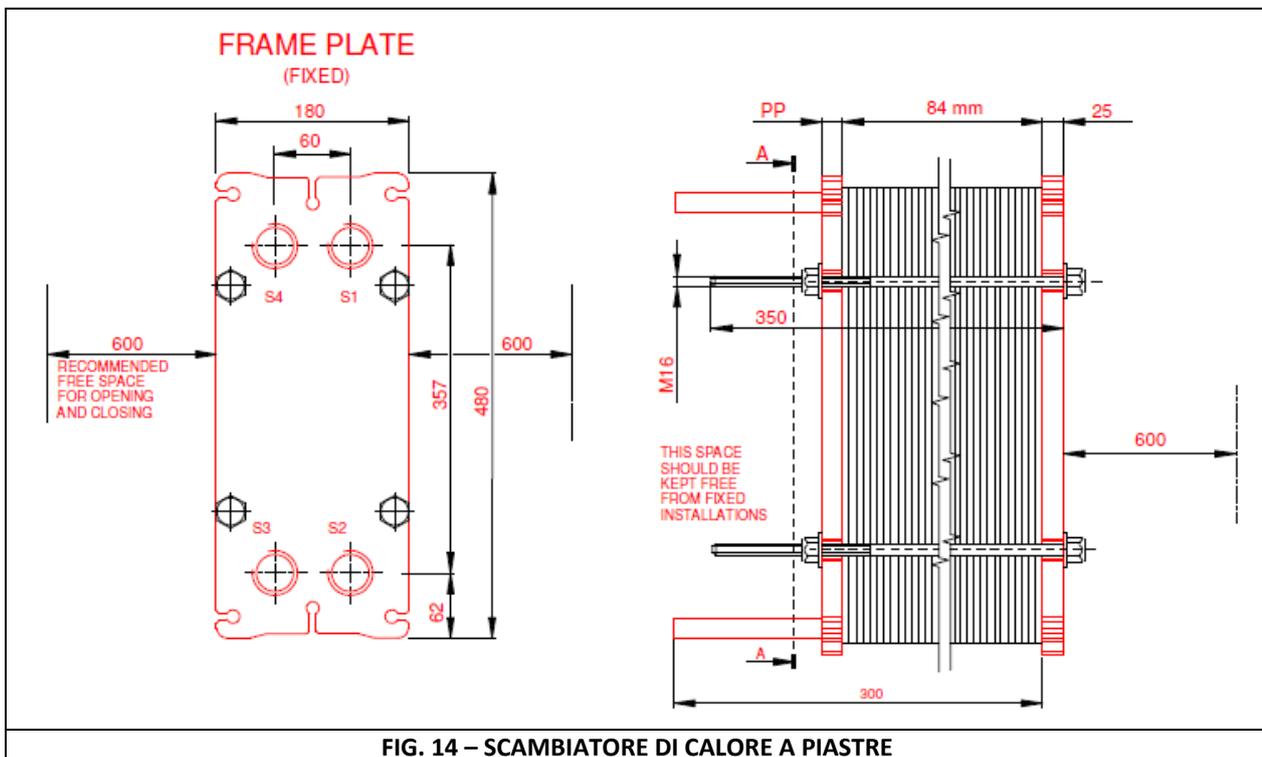


FIG. 14 – SCAMBIATORE DI CALORE A PIASTRE

Di seguito le caratteristiche di selezione dello scambiatore a piastre:

TEMPERATURA INGRESSO LATO 1	90 °C
TEMPERATURA USCITA LATO 1	85 °C
TEMPERATURA INGRESSO LATO 2	80 °C
TEMPERATURA USCITA LATO 2	85 °C
PORTATA LATO 1	1.241 Kg/sec
PORTATA LATO 2	1.242 Kg/sec
PERDITE DI CARICO LATO 1	23.7 kPa
PERDITE DI CARICO LATO 2	20.7 kPa
NUMERO DI PIASTRE	26
POTENZA SCAMBIATA	26 kW

FIG. 15 – DATI TECNICI SCAMBIATORE DI CALORE A PIASTRE

### 3.9 Caldaia integrativa

E' stata prevista una caldaia di integrazione necessaria per garantire la temperatura ottimale di ingresso alla macchina ad assorbimento anche quando l'energia resa disponibile dal sole non è sufficiente. La caldaia utilizzata è del tipo murale per installazione esterna alimentata a gas naturale, di potenza termica utile resa di 30 KW e temperatura massima erogabile per l'acqua calda di 90 °C :



**FIG. 16 – CALDAIA INTEGRATIVA AD ALTA TEMPERATURA**

### **3.10 Quadro elettrico di potenza e controllo**

E' stato previsto un unico quadro elettrico, installato nell'esistente locale della centrale termica a servizio della serra transgenica, che assicura l'alimentazione elettrica delle apparecchiature e la gestione automatica di tutto l'impianto.

#### 4 STRUMENTAZIONE E SISTEMA ACQUISIZIONE DATI, CONTROLLO E GESTIONE IMPIANTO

In questa prima fase sono stati esclusivamente montati sull' impianto dei misuratori di portata e di temperatura su ciascuna delle linee coinvolte con vari scambi termici .

##### Misuratori di portata.

I misuratori di portata scelti sono del tipo OPTIFLUX 5000 della KHRONE, del tipo ad induzione magnetica con parte bagnata in ceramica sinterizzata ed elettrodi in CERMET, già precedentemente adottati in altre realizzazioni sperimentali del centro Casaccia.

La precisione di lettura di questi strumenti è pari a +/- .15 % sul valore letto e la temperatura massima di utilizzo è pari a 140 °C con elettronica integrata e 160 °C con elettronica remota.



FIG. 17. SENSORE DI PORTATA KHRONE OPTIFLUX 5000

La tabella sottostante riassume i sensori di portata utilizzati con riferimento alle varie linee:

LINEA	Diametro Nominale
Alimentazione acqua calda Yazaki	DN 40
Torre evaporativa	DN 50

caldaia	DN 40
pannelli solari	DN 40
Acqua refrigerata	DN 40

### Sensori di temperatura

I sensori di temperatura utilizzati sono del tipo PT 100 a tre fili della ditta SICEST con montatura per esterno, inseriti in appositi pozzetti sulle tubazioni dell' impianto



**FIG. 18 SENSORI DI TEMPERATURA PT 100**

In una fase successiva verrà realizzato il sistema di acquisizione dati che a partire dai suddetti sensori permetterà per ciascuna apparecchiatura di valutare carichi termici e prestazioni.

### CONCLUSIONI

In questo documento sono state riassunte le fasi di progettazione, di scelta dei componenti e di installazione di un impianto sperimentale di solar cooling innovativo applicato ad una serra a contenimento.

I prossimi passi saranno la messa a punto del sistema di gestione e controllo, l' avviamento dell' impianto e quindi l' avvio della fase di sperimentazione vera e propria, che dovrà fornire conferme sulle prestazioni attese del sistema nel condizionamento solare così realizzato su applicazioni particolari come le serre a contenimento.

## **BIBLIOGRAFIA**

- (1) B. Y. H. Liu – R.C. Jordan - The Interrelationship and Characteristic Distribution of direct, diffuse and total Solar Radiation
- (2) B. Y. H. Liu – R.C. Jordan - The Long-Term Average Performance of Flat-Plate Solar-Energy Collectors
- (3) Raymond W. Bliss - The Derivations of Several "Plate-Efficiency Factors" Useful in the Design of Flat-Plate Solar Heat Collectors
- (4) P. V. Pedersen - System design optimization for large building integrated solar heating systems for domestic hot water - Solar Energy Vol. 50, No. 3, pp. 267-273, 1993
- (5) G. Grossman A. Johannsen - Solar Cooling and air conditioning - Prog. Energy Combust. Sci., Vol. 7, Pergamon Press Ltd., 1981
- (6) Mirunalini Thirugnanasambandam a, S. Iniyan b,\* , Ranko Goic - A review of solar thermal technologies - Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010)
- (7) Soteris A. Kalogirou - Solar thermal collectors and applications - Progress in Energy and Combustion Science 30 (2004)
- (8) Robert Hausner - Christian Fink Rapporto della IEA SHC - Incarico 26 - Impianti solari combinati Novembre 2002
- (9) Edward Speyer - Optimum Storage of Heat with a Solar House