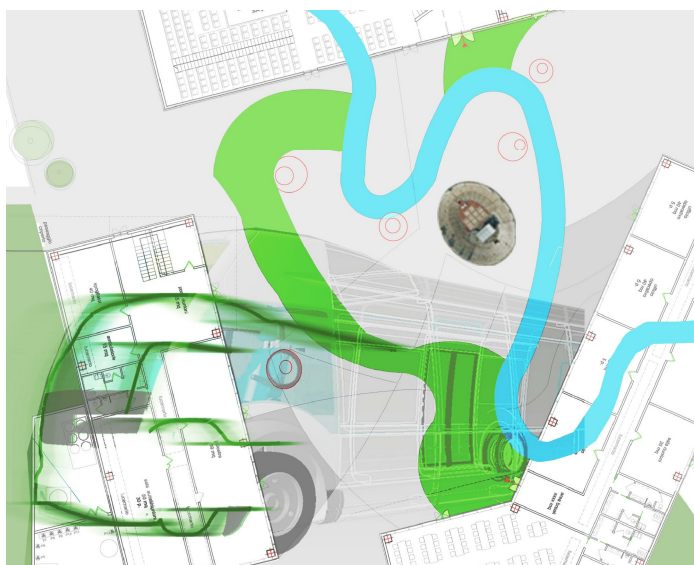


SISTEMA DI TRASPORTO PUBBLICO DI TIPO FILOVIARIO

GARA D'APPALTO PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA,
L'ESECUZIONE DEI LAVORI E LA FORNITURA DEI VEICOLI

OFFERTA TECNICA
B2 - PROGETTO DEFINITIVO



PROGETTO :

INQUADRAMENTO GENERALE
STUDI ED INDAGINI

Analisi ambientale

Relazione specialistica risparmio energetico e riduzione impatto ambientale

CONCORRENTE
AT:

SOVECO
COSTRUZIONI SPA

CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI
CCC
Società cooperativa
(MANDATARIA/CAPOGRUPPO)

ALPIQ
Alpiq InTec Verona S.p.A.

MAZZI
Impresa Generale Costruzioni
S.p.A.

Balfour Beatty
Rail

SCALA	-
RIF. N°	PDA0206RS02A.dwg
ALLEGATO N°	PD A0206 RS02A

PROGETTAZIONE
COSTITUENDO R.T.P.:



(MANDATARIA/CAPOGRUPPO)

DIRETTORE TECNICO

Dott. Ing. Massimo Raccosta



DIRETTORE TECNICO

Dott. Arch. Valentina Butterini

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	REDATTO	VISTO	APPROVATO
A	Dic. 2010	Emissione	Girpa	Dal Corso	Barana	Butterini

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto o in parte, senza il consenso scritto. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.
This document may not be copied, reproduced or published, either in part or entirely, without the written permission. Unauthorized use will be prosecuted by law.

1. RISPARMIO ENERGETICO E SOLUZIONI TECNOLOGICHE	2
1.1. PREMESSA	2
1.2. FONTI DI RISPARMIO ENERGETICO: IL “SOLAR COOLING”	3
1.3. FONTI DI RISPARMIO ENERGETICO: LA CLIMATIZZAZIONE RADIANTE.....	4
2. L’INTERVENTO IN ESAME	5
2.1. INTRODUZIONE	5
2.2. DATI AMBIENTALI	6
2.2.1. CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE ESTERNE.....	6
2.2.2. CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE INTERNE	6
2.2.3. TEMPERATURE FLUIDI CIRCUITI.....	6
2.3. GLI IMPIANTI SOLAR COOLING	7
2.3.1. COLLETTORI SOLARI PER IMPIANTI SOLAR COOLING	8
2.3.2. CHILLER.....	8
2.3.3. PRINCIPI DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO SOLARE.....	9
2.4. L’IMPIANTO SOLAR COOLING IN OGGETTO	11
2.4.1. SCHEMA IDRAULICO DI FUNZIONAMENTO	11
2.4.2. FUNZIONAMENTO CIRCUITO ESTIVO.....	12
2.4.3. FUNZIONAMENTO CIRCUITO INVERNALE.....	12
2.4.4. RESA INVERNALE IMPIANTO SOLARE	13
2.4.4.1. Caratteristiche dell’impianto solare	13
2.4.4.2. Fabbisogni stagionali per il riscaldamento invernale	13
2.4.4.3. Resa impianto solare	15
2.5. SISTEMA DI DISTRIBUZIONE ED EMISSIONE.....	16
3. CONCLUSIONI	18

1. RISPARMIO ENERGETICO E SOLUZIONI TECNOLOGICHE

1.1. PREMESSA

La continua e sempre maggiore richiesta di energia nella vita quotidiana ha portato alla luce negli ultimi anni problematiche che fino a qualche decennio fa non venivano considerate: l'inquinamento ambientale e la progressiva diminuzione dei combustibili naturali che potrebbero arrivare all'esaurimento in tempi non poi così lontani.

Soprattutto negli ultimi anni questi problemi sono entrati a far parte delle questioni di dominio pubblico, non solo a carattere nazionale ma soprattutto a livello mondiale, ed hanno portato tutti i paesi del mondo a confrontarsi ed a cercare soluzioni collettive per cercare di migliorare la situazione e porre un limite ai grandi sprechi energetici in atto.

Il protocollo di Kyoto è senza dubbio il più importante accordo internazionale esistente in merito all'inquinamento atmosferico, che definisce tempi e modalità che ogni paese firmatario deve rispettare per ridurre l'emissione dei gas serra, responsabili dei mutamenti climatici e del riscaldamento globale.

A tal proposito, con l'emanazione della Direttiva 2002/91/CE, il Parlamento Europeo ha voluto fornire agli stati membri della Comunità una serie di linee guida per la promulgazione di specifiche leggi che portino ad una riduzione delle emissioni inquinanti ed al miglioramento del rendimento energetico degli edifici.

Una grandissima parte del consumo generale di energia, in Europa circa il 40%, è utilizzata per fornire i servizi agli edifici (riscaldamento, raffrescamento, produzione acqua calda sanitaria ed utilizzo di energia elettrica), di conseguenza la riduzione del fabbisogno di energia di un edificio ed il miglioramento del suo rendimento energetico sono interventi che portano a consumi minori e di conseguenza minori emissioni inquinanti.

E' per questo che la Direttiva 2002/91/CE pone come obiettivo il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità Europea, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, fornendo inoltre prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi.

I punti fondamentali della Direttiva sono la fornitura di disposizioni riguardanti:

- la metodologia per il calcolo del rendimento energetico degli edifici;
- la certificazione energetica degli edifici;
- l'ispezione periodica degli impianti.

Agli stati membri spettava poi la determinazione e applicazione dei requisiti minimi di rendimento energetico degli edifici, definito come la "quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione".

Il calcolo per la determinazione del rendimento energetico doveva inoltre tener conto, nelle legislazioni dei paesi membri, di molteplici fattori di influenza:

- coibentazione;
- caratteristiche tecniche e di installazione;
- progettazione e posizione in relazione agli aspetti climatici;
- esposizione al sole e influenza delle strutture adiacenti;
- esistenza di sistemi di generazione propria di energia;
- clima degli ambienti interni.

L'Italia ha recepito la direttiva Europea promulgando il D.Lgs 192/05 (modificato ed integrato dal D.Lgs. 311/06) del quale sono stati pubblicati i decreti attuativi, ossia:

- il D.P.R. 2 aprile 2009 n. 59 recante il "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia";
- il D.M. 26 giugno 2009, indicante le "Linee Guida per la certificazione energetica degli edifici".

1.2. FONTI DI RISPARMIO ENERGETICO: IL "SOLAR COOLING"

Negli ultimi anni, questa crescente importanza data alla questione ambientale ed uno sforzo costante nella ricerca e sviluppo di nuovi prodotti, sono stati alla base della veloce espansione del mercato dei sistemi solari termici in Europa. A fronte di un notevole sviluppo del mercato degli impianti solari per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS), uno dei principali ostacoli ad una più vasta applicazione dei collettori solari termici nel settore civile (soprattutto nei paesi a dominante domanda di raffrescamento estivo), è lo sfasamento stagionale fra la domanda di calore e la disponibilità di energia solare.

Il calore prodotto, infatti, durante la stagione invernale, può essere utilizzato per il riscaldamento degli ambienti, ma difficile è l'impiego dell'energia termica prodotta nel periodo estivo, con conseguente riduzione della convenienza dell'investimento. La soluzione a questo problema sono i sistemi di "solar cooling", accoppiamento tra tecnologie solari termiche e macchine frigorifere alimentate da energia termica: queste ultime servono a produrre acqua refrigerata.

Nelle convenzionali applicazioni di climatizzazione estiva o refrigerazione industriale, vengono utilizzate tecnologie a compressione di vapore. Queste, ad esempio i convenzionali condizionatori per utenze residenziali detti split o i refrigeratori d'acqua a servizio del settore terziario, sono alimentati ad energia elettrica, che fornita al compressore attiva il ciclo frigorifero. Il loro uso è responsabile dell'aumento dei consumi elettrici durante il periodo estivo e della crescente potenza richiesta sulla rete di distribuzione con le ovvie conseguenze di gestione.

Gli impianti di solar cooling sono normalmente utilizzati per integrare le tecnologie convenzionali e coprire parte del fabbisogno di climatizzazione estiva o refrigerazione attraverso l'uso dell'energia solare. L'energia utilizzata per azionare il processo consiste in un misto di energia solare e energia da fonti convenzionali (fossile, sotto forma di energia termica ed elettricità). Il contributo dell'energia solare (frazione solare) alla

produzione di servizi di refrigerazione può variare da pochi punti percentuali a una copertura totale del fabbisogno energetico del sistema. In generale il sistema solare in uso per l'alimentazione delle macchine frigorifere è spesso utilizzato per la produzione di calore utilizzato anche per altri fini.

Gli impianti di solar cooling sono costituiti da tre sotto-sistemi:

- 1- l'impianto solare formato dai collettori e i componenti idraulici, che generalmente prevede accumuli per lo stoccaggio dell'acqua calda ed un sistema di integrazione (tipicamente caldaia);
- 2- la macchina frigorifera alimentata ad energia termica che include sistemi di condensazione e solitamente un sistema di integrazione freddo con funzione anche di backup per garantire il condizionamento anche in caso di manutenzione o fermo della macchina ad assorbimento (tipicamente macchina frigorifera alimentata ad energia elettrica);
- 3- il sottosistema di distribuzione ed erogazione che consiste in una rete ad acqua che serve e climatizza gli ambienti di utenza.

1.3. FONTI DI RISPARMIO ENERGETICO: LA CLIMATIZZAZIONE RADIANTE

In uno scenario che sta cambiando rapidamente occorre cercare soluzioni innovative, più efficienti e con un impatto limitato sull'ambiente. In questo senso, il funzionamento del sistema radiante è ideale in combinazione con generatori ad alta efficienza di ultima generazione come le caldaie a condensazione, e si presta inoltre come sistema in grado di utilizzare l'integrazione al riscaldamento fornita da un impianto solare termico.

Per ottenere inoltre una situazione di benessere termico all'interno di un ambiente, è tanto importante la quantità del calore prodotto, quanto la sua qualità. Per raggiungere il comfort termico, il corpo umano privilegia lo scambio di calore per irraggiamento rispetto a quello per termoconvezione e per termoconduzione.

La maggior parte dei sistemi di riscaldamento tradizionali invece, utilizza lo scambio per termoconvezione, scaldando soprattutto l'aria, deumidificandola eccessivamente e aumentando la circolazione delle polveri.

Un impianto a pannelli radianti, non coinvolgendo l'aria, non solleva polveri e soprattutto non rende l'ambiente eccessivamente secco.

Il sistema a soffitto radiante offre versioni per ogni esigenza applicativa ed estetica. Dietro l'aspetto di un normale controsoffitto, si cela un sistema di diffusori termici che offre rese elevate e permette di controllare la temperatura superficiale dei pannelli, utilizzando un solo sistema per il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo degli ambienti. L'ampia disponibilità di modularità diverse per i pannelli permette di sfruttare al meglio lo spazio disponibile sia nelle ristrutturazioni che nelle nuove costruzioni. L'eliminazione dagli ambienti dei terminali di impianto assicura inoltre una maggiore libertà progettuale ed architettonica in ogni situazione.

Un impianto radiante, grazie al principio di riscaldamento per irraggiamento, consente in inverno di mantenere la temperatura dell'aria ambiente più bassa anche di 2° C a comfort equivalente se non addirittura migliore rispetto ad un impianto tradizionale.

D'inverno, funzionando a basse temperature d'esercizio del fluido scaldante (35-40°C), i pannelli radianti possono consentire un risparmio di combustibile del 15-20%, e come detto è possibile utilizzare anche l'energia prodotta dai pannelli solari in integrazione.

D'estate, con funzionamento a temperature del fluido non troppo basse (15°-20°), l'abbinamento tra un sistema radiante di emissione ed un sistema ad assorbimento di generazione permette di risparmiare fino all'80% dei consumi elettrici rispetto agli impianti tradizionali.

Sia in fase di riscaldamento invernale sia di raffrescamento estivo, l'impianto radiante si presenta quindi come uno dei sistemi migliori: invisibile, silenzioso e volto al risparmio energetico.

2. L'INTERVENTO IN ESAME

2.1. INTRODUZIONE

Gli impianti oggetto dell'intervento sono destinati alla:

- climatizzazione estiva ed invernale del complesso direzionale con soffitto radiante;
- climatizzazione estiva ed invernale degli uffici annessi al fabbricato officina con soffitto radiante;
- climatizzazione invernale dell'officina con pavimento radiante.

Gli impianti previsti sono frutto di considerazioni volte alla problematica del contenimento dei consumi energetici ed allo sfruttamento delle energie alternative nell'arco di tutto l'anno.

E' previsto infatti un impianto solare termico che nell'arco della stagione invernale fornirà una notevole parte dell'energia necessaria per il riscaldamento sia del complesso direzionale sia dell'officina ed annessi uffici; nel periodo estivo il suddetto impianto solare fornirà l'energia termica necessaria al refrigeratore d'acqua ad assorbimento per la produzione dell'acqua fredda di condizionamento sia del complesso direzionale sia degli uffici annessi all'officina.

L'impianto di climatizzazione della sala polifunzionale, del tipo a tutt'aria con unità di trattamento, sarà dotato di recupero di calore dall'aria in espulsione, allo scopo di riutilizzare una grande quantità di energia contenuta nell'aria esausta per fornirla all'aria esterna di rinnovo (recupero energetico dell'ordine del 60-70%), garantendo così un notevole risparmio energetico rispetto ad un impianto con camera di miscela tradizionale.

2.2. DATI AMBIENTALI

Località: Verona

Zona climatica di appartenenza: E

Gradi giorno: 2468

Altitudine sul livello del mare: 59 m

2.2.1. CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE ESTERNE

Inverno: Temperatura di progetto: -5°C

Umidità relativa: 76%

Estate: Temperatura di progetto: 31,5°C

Umidità relativa: 54%

2.2.2. CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE INTERNE

Inverno: Temperatura di progetto: 20°C

Umidità relativa: n.c.

Estate: Temperatura di progetto: 26°C

Umidità relativa: 50±5%

2.2.3. TEMPERATURE FLUIDI CIRCUITI

Riscaldamento radiante: 36/32°C

Condizionamento radiante: 17/21°C

Riscaldamento sala polifunzionale: 70/60°C

Condizionamento sala polifunzionale: 7/12°C

2.3. GLI IMPIANTI SOLAR COOLING

Raffrescare, o più comunemente “condizionare”, gli ambienti sfruttando le fonti rinnovabili e in particolare utilizzare gli impianti di solar cooling è uno dei punti chiave della politica energetica dell’UE.

Utilizzare l’energia solare può contribuire a ridurre sensibilmente i picchi di domanda elettrica per il condizionamento nei mesi estivi e nello stesso tempo ridurre le emissioni di CO2.

Produrre con il sole l’acqua calda per usi domestici è ormai molto diffuso e il mercato dei pannelli solari termici è ormai noto anche al grande pubblico, Il solar cooling invece, nonostante sia una tecnologia matura, registra livelli di penetrazione sul mercato piuttosto scarsi e gli utenti finali lo conoscono molto poco o affatto.

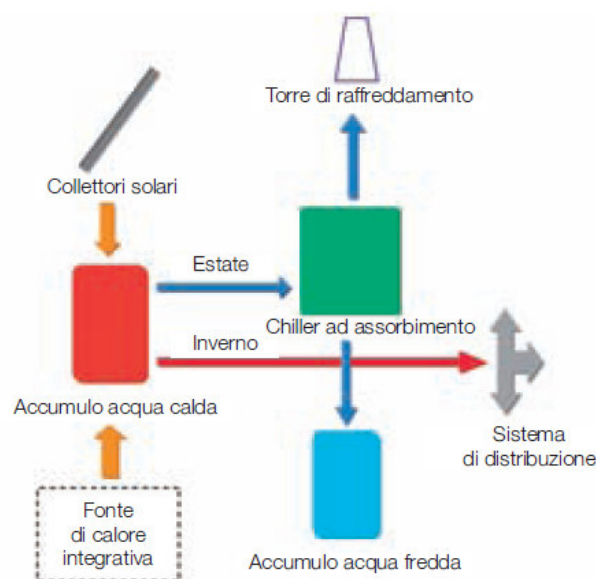
Uno schema di impianto solar cooling è tipicamente composto da un campo di pannelli solari, un serbatoio di accumulo, una unità di controllo, tubazioni e pompe ed una macchina frigorifera alimentata termicamente.

I collettori solari usati per applicazioni solar cooling sono per lo più i collettori ad alta efficienza (con doppia superficie vetrata o collettori a tubi sottovuoto); essi utilizzano la radiazione solare per la produzione di acqua calda che viene accumulata nei serbatoi.

Il chiller è il cuore di ogni impianto solar cooling. Se pannelli solari forniscono il necessario input energetico all’impianto, i chiller sono invece le macchine in grado di produrre il freddo utilizzando come input energetico proprio l’energia termica immagazzinata nell’acqua grazie ai collettori solari (e non l’energia elettrica che alimenta i condizionatori tradizionali).

Nel corso di una giornata estiva, il serbatoio di accumulo funziona da buffer e riesce ad ottimizzare la produzione di aria raffrescata la cui richiesta può essere ovviamente anche asincrona rispetto alle ore durante le quali si ha effettiva disponibilità di radiazione solare. I serbatoi di accumulo sono dunque componenti impiantistiche indispensabili.

Uno schema tipico molto utilizzato nei casi in cui l’impianto sia destinato a funzionare sia in inverno (in riscaldamento) che in estate (in raffrescamento) è quello rappresentato in figura. In questo layout sono necessari due serbatoi di accumulo: il primo per l’acqua calda prodotta dai collettori e il secondo per l’accumulo di acqua fredda prodotta dal chiller. È presente anche una fonte di calore integrativa di tipo tradizionale, solitamente una caldaia a gas, per rendere l’impianto del tutto indipendente dalla effettiva disponibilità di radiazione solare.



2.3.1. COLLETTORI SOLARI PER IMPIANTI SOLAR COOLING

I collettori solari trasformano la radiazione solare in calore e trasferiscono questo calore ad un fluido termovettore che può essere acqua o aria. Il calore solare può quindi essere utilizzato per portare ad alta temperatura l'acqua da utilizzarsi in impianti di riscaldamento o di condizionamento.

Negli impianti di condizionamento ad energia solare, a differenza degli impianti solari tradizionali utilizzati per l'acqua calda sanitaria e il riscaldamento, si richiedono temperature più elevate (80-140°C), indispensabili per alimentare le macchine frigorifere. Pertanto, ci si orienterà preferibilmente verso collettori piani a tubi sottovuoto.

L'energia termica prodotta dal campo solare viene conservata all'interno di serbatoi di accumulo di acqua calda da cui la stessa acqua viene prelevata per alimentare la macchina frigorifera, costituendone il cosiddetto input energetico in luogo dell'energia elettrica assorbita dai condizionatori tradizionali.

I collettori a tubi sottovuoto, sono costituiti da una serie di tubi vetrati all'interno dei quali è stato creato il vuoto che possiede ottime capacità di coibentazione ed elimina completamente le perdite di calore per convezione, basti considerare che il 93% della radiazione solare incidente viene assorbito mentre solo il 7% circa viene perso per riflessione e ri-emissione. Nonostante la temperatura degli assorbitori possa superare anche 120°C il tubo di vetro rimane freddo.

Il meccanismo di trasporto di calore nei collettori a tubi sottovuoto può funzionare in due modi:

- con flusso diretto: il fluido termovettore scorre direttamente entro un condotto solidale con l'assorbitore all'interno del tubo sotto vuoto;
- come "heat-pipe": il trasporto di calore dall'assorbitore al fluido termovettore ha luogo all'interno di uno scambiatore di calore.

Anche durante l'inverno, i collettori a tubi sottovuoto garantiscono la produzione di acqua calda a 60° senza alcun problema.

2.3.2. CHILLER

I chiller sono il cuore degli impianti solar cooling. Se i pannelli solari forniscono infatti il necessario input energetico all'impianto, i chiller sono invece le macchine in grado di produrre il freddo utilizzando l'acqua calda prodotta con i collettori solari.

Più precisamente un chiller rimuove il calore da un liquido per mezzo di un ciclo refrigerante a compressione di vapore o ad assorbimento.

Le macchine frigorifere ad assorbimento sono le macchine frigorifere alimentate termicamente più diffuse a livello mondiale. Il calore è solitamente fornito tramite vapore o acqua calda, previa combustione, ma nei climi soleggiati dell'Europa meridionale è l'energia solare che può essere sfruttata.

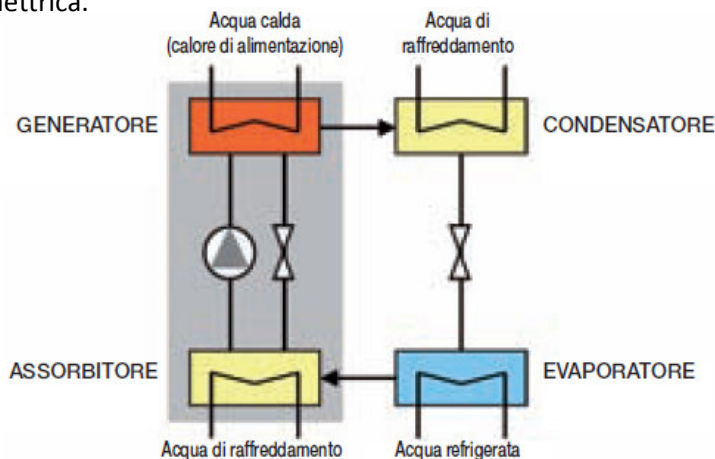
Attraverso la combinazione di una soluzione liquido refrigerante/assorbente e di una fonte di calore è possibile infatti sostituire il compressore elettromeccanico. Per gli utilizzi tipici del settore del condizionamento, con acqua refrigerata ad una temperatura superiore a 0°C, come refrigerante viene utilizzata una soluzione liquida di acqua e bromuro di litio. Diverse macchine utilizzano una pompa interna, che consuma una limitata quantità di energia elettrica.

L'effetto frigorifero, schematizzato in figura, si basa sull'evaporazione del refrigerante (acqua) all'interno dell'evaporatore ad una pressione molto bassa. Il refrigerante evaporato viene assorbito nell'assorbitore, diluendo la soluzione H₂O/LiBr.

La temperatura richiesta per la sorgente calda è normalmente superiore a 80°C per macchine a singolo effetto ed il COP si man-

tiene in un range compreso tra 0,6 e 0,8. Le macchine a doppio effetto con due stadi di generazione richiedono temperature di funzionamento al di sopra dei 140°C, ma il COP, in questi casi, può raggiungere valori prossimi a 1,2.

Attualmente, il solar-cooling rappresenta l'unica applicazione che permette il miglior sfruttamento della radiazione solare con il maggior risparmio energetico e la migliore efficienza energetica dell'edificio.



2.3.3. PRINCIPI DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO SOLARE

Questo capitolo presenta sinteticamente alcuni termini tecnici utilizzati nella progettazione degli impianti solar cooling e i principi di base dei calcoli del bilancio termico necessari per assicurare la capacità di raffrescamento del sistema da progettare.

Per il calcolo dei carichi termici estivi nelle installazioni solari termiche occorre considerare l'estrema variabilità nel tempo dei flussi termici dovuta principalmente alla grande e rapida variazione della radiazione solare nel corso della giornata. A causa dell'inerzia termica della struttura, il flusso termico istantaneo che arriva in un ambiente non si trasforma tutto e subito in un carico di raffreddamento e di ciò occorre tenere conto per evitare di commettere errori anche grossolani nella stima delle potenzialità degli impianti. Il modo corretto di procedere è quello di calcolare il carico di raffreddamento nonché il calore effettivamente rimosso dall'ambiente con l'impianto.

Il flusso termico istantaneo è dato dal calore che penetra e da quello generato in un ambiente ad un dato istante e si distingue in:

Contributi di calore sensibile

- Radiazione solare attraverso superfici trasparenti;

- Trasmissione attraverso le finestre;
- Trasmissione attraverso le pareti esterne e la copertura;
- Trasmissione attraverso le pareti interne, il soffitto e il pavimento;
- Generazione di calore internamente all'ambiente dovuta a persone, luci, apparecchiature elettriche;
- Infiltrazione di aria esterna;
- Eventuali altre cause.

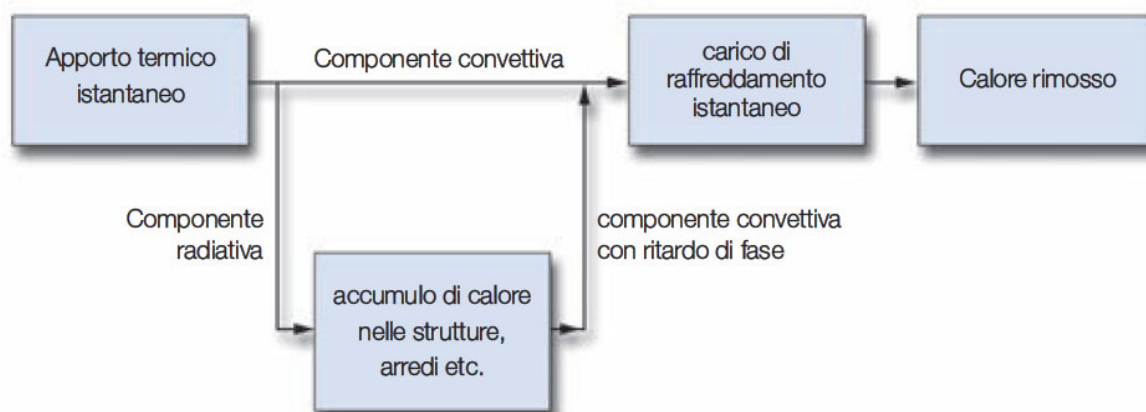
Contributi di calore latente

- Infiltrazione d'aria esterna (avente in generale umidità specifica superiore a quella dell'aria ambiente);
- Apporto di vapore dovuto a persone presenti in ambiente (respirazione);
- Trasmissione attraverso le pareti esterne e la copertura;
- Vapore prodotto in ambiente da eventuali processi o apparecchiature presenti.

Il carico di raffrescamento è il calore che deve essere rimosso dall'ambiente perché questo ultimo sia mantenuto alla temperatura costante desiderata: tale calore non è necessariamente la somma di tutti gli apporti in quanto il calore dovuto alla radiazione non è immediatamente convertito in carico di raffreddamento: l'energia radiante viene infatti prima assorbita dalle superfici che racchiudono l'ambiente (pareti, pavimento, soffitto) e successivamente ceduta all'aria.

La capacità termica delle superfici e degli oggetti determina la velocità con la quale cresce la loro temperatura superficiale, determinando l'ampiezza e il ritardo del flusso di calore ceduto all'ambiente rispetto al calore della radiazione istantanea.

Dal momento che la temperatura ambiente non si mantiene costante nel tempo, il calore da rimuovere non coincide istantaneamente con il carico di raffreddamento, il loro rapporto varia al variare delle condizioni esterne ed interne (figura). Il calore rimosso coincide con il carico di raffreddamento solo quando la temperatura dell'ambiente si mantiene costante.



Il solar cooling oggi è tecnicamente fattibile ed affidabile. Lo sfruttamento dell'energia solare per il condizionamento nei mesi estivi è una forma intelligente, efficiente e rispettosa dell'ambiente, di utilizzo delle fonti rinnovabili.

2.4. L'IMPIANTO SOLAR COOLING IN OGGETTO

L'impianto consisterà nella realizzazione della copertura piana dell'officina un impianto solar cooling e termico formato sinteticamente dai seguenti componenti:

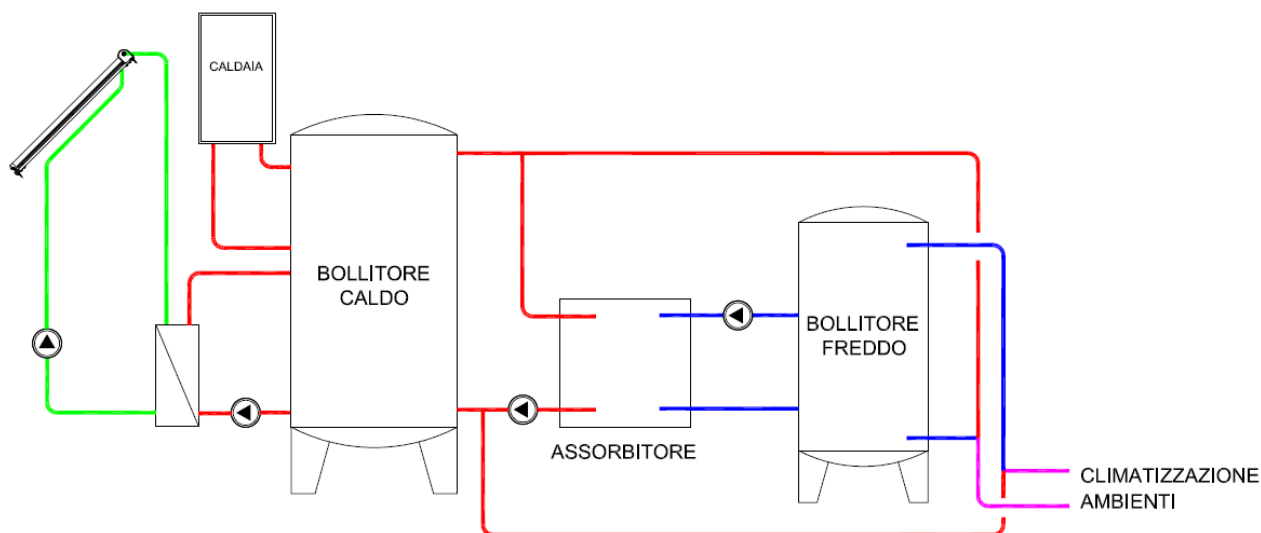
- Campo solare, costituito da 152 pannelli solari sottovuoto;
- Scambiatore a piastre, acqua / acqua per trasferimento energia dai pannelli agli accumuli
- Bollitori puffer da 5000 litri cadauno per stoccaggio acqua calda dai pannelli (n.3)
- Assorbitore monoblocco a bromuro di litio
- Bollitori puffer da 3000 litri cadauno per stoccaggio acqua refrigerata (n.2)
- Collegamenti idraulici
- Collegamenti elettrici

Si prevede di installare i suddetti campi solari direttamente sulla copertura piana per mezzo di kit di fissaggio in acciaio zincato a caldo, mentre lo scambiatore a piastre, i bollitori puffer, le pompe di circolazione e l'assorbitore, saranno posizionati all'interno del locale tecnico.

2.4.1. SCHEMA IDRAULICO DI FUNZIONAMENTO

Lo schema idraulico è essenzialmente diviso in tre parti:

- circuito solare;
- circuito estivo;
- circuito invernale.



2.4.2. FUNZIONAMENTO CIRCUITO ESTIVO

Il campo solare costituito da 152 collettori sottovuoto, è ubicato come precedentemente accennato sulla copertura piana dell'officina.

Il fluido vettore, costituito dal 60% di acqua e il 40% di glicole, una volta entrato nei collettori, asporterà il calore dato dalla radiazione solare, aumentando la propria temperatura.

Quando la temperatura del fluido, all'uscita dei collettori solari, è superiore alla temperatura media del serbatoio di accumulo di un certo dT (in genere di $5/8^{\circ}\text{C}$), la centralina accende la pompa solare ed invia la miscela (acqua + glicole) nel lato primario dello scambiatore a piastre.

L'accensione della pompa solare, avviene in concomitanza con l'accensione della pompa al secondario dello scambiatore, in modo che la miscela ceda il calore captato dai collettori al fluido contenuto nei serbatoi attraverso lo scambiatore a piastre.

Il processo si ripete finché la temperatura dei serbatoi non arriva ad una temperatura di almeno 80°C , minima temperatura necessaria al funzionamento dell'assorbitore per la produzione dell'acqua refrigerata.

L'acqua refrigerata prodotta, viene stoccata in due serbatoi d'accumulo da 3000 litri ciascuno, su cui interviene anche il refrigeratore d'acqua tradizionale previsto come backup o integrazione.

L'acqua refrigerata viene spillata dai serbatoi e mandata alle utenze in cui avverrà il condizionamento; sul collettore di ritorno l'acqua riscaldata viene rimandata all'assorbitore per essere nuovamente raffreddata.

L'impianto solare ed il relativo assorbitore sono dimensionati per una potenza di picco di circa 150 kW, ossia la potenza necessaria per mantenere le condizioni di comfort estivo all'interno degli uffici.

La potenza termica sottratta all'acqua proveniente dai pannelli solari e quella sottratta agli ambienti in fase di raffrescamento sarà smaltita all'esterno per mezzo di una torre evaporativa di opportuna potenzialità abbinata al refrigeratore ad assorbimento.

La potenza frigorifera necessaria alla climatizzazione della sala polifunzionale, visto l'utilizzo molto discontinuo della stessa, sarà invece garantita dall'eventuale intervento, qualora si renda necessario, del refrigeratore elettrico tradizionale in integrazione.

Non è infatti conveniente sovradimensionare l'impianto solare termico ed il relativo assorbitore oltre quella che può essere la condizione di utilizzo standard dell'impianto in fase di climatizzazione estiva.

2.4.3. FUNZIONAMENTO CIRCUITO INVERNALE

In fase di funzionamento invernale il calore captato dai collettori viene sfruttato per integrare il riscaldamento degli ambienti. Come per il funzionamento estivo la miscela di acqua e glicole cede il calore al fluido contenuto nei serbatoi attraverso lo scambiatore a piastre ogni qualvolta le sonde poste sui collettori solari rilevano una temperatura superiore di almeno 5°C rispetto a quella degli accumuli.

L'acqua stoccata all'interno dei serbatoi, eventualmente integrati per mezzo della caldaia a gas metano prevista, sarà inviata agli ambienti per il riscaldamento invernale a bassa temperatura.

Gli impianti radianti, funzionando a bassa temperatura (mandata inferiore ai 40°C) sono ideali per l'accoppiamento ai pannelli solari termici che in fase invernale riescono tranquillamente a raggiungere temperature sufficienti a contribuire attivamente al riscaldamento stesso.

Dai calcoli di resa del campo solare risulta che mediamente, nel periodo di funzionamento in riscaldamento da metà ottobre a metà aprile, l'energia captata dovrebbe essere sufficiente a garantire oltre il 45% del fabbisogno di riscaldamento di tutte le zone riscaldate, dal complesso direzionale all'officina.

2.4.4. RESA INVERNALE IMPIANTO SOLARE

Località di progetto: Verona Lat. 45° 26' Long. 10° 59'

2.4.4.1. Caratteristiche dell'impianto solare

Numero collettori: 152 collettori 21 tubi

Area captante totale: 568,48 m²

Inclinazione: 45°

Orientamento: Sud

Temperatura richiesta acqua: 45/50°C

2.4.4.2. Fabbisogni stagionali per il riscaldamento invernale

Il fabbisogno di energia per il riscaldamento invernale, nel periodo previsto dalla normativa vigente ossia dal 15 ottobre al 15 aprile, risulta essere globalmente:

Officina e relativi uffici: 1.120.000 MJ = 311.000 kWh

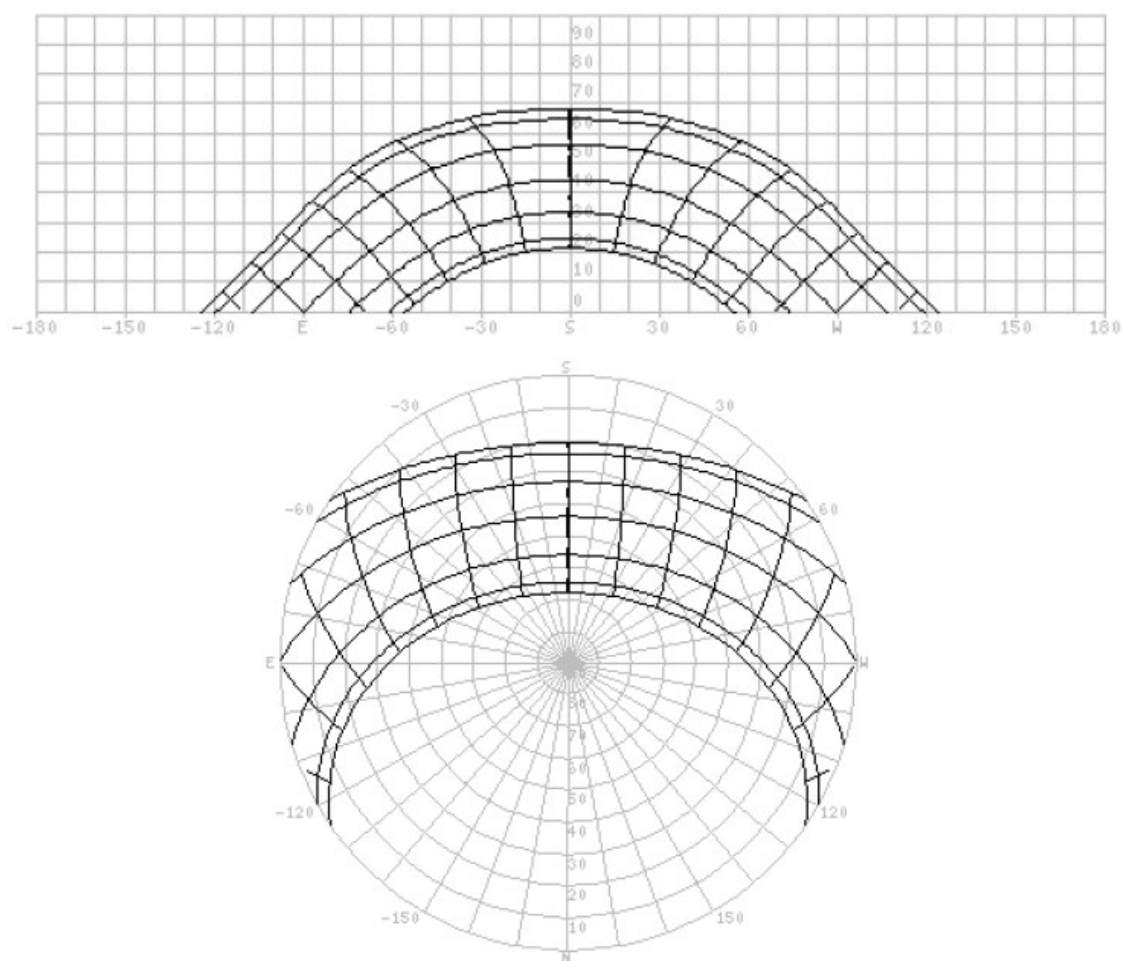
Complesso direzionale: 434.600 MJ = 121.000 kWh

Fabbisogno totale invernale: = 432.000 kWh

Dati climatici relativi alla località di progetto

	Radiazione (kWh/m ² gg)	Durata insolaz. (h)	Temp. Aria (°C)	Umidità Relativa (%)	Velocità Vento (m/s)
Gen	1,58	8,98	2,40	70,00	0,90
Feb	2,47	10,21	4,90	70,00	0,90
Mar	3,72	11,67	9,30	70,00	0,90
Apr	4,75	13,28	13,70	70,00	0,90
Mag	5,73	14,66	17,40	70,00	0,90
Giu	6,29	15,40	21,70	55,00	0,90
Lug	6,36	15,07	23,80	55,00	0,90
Ago	5,35	13,86	23,60	55,00	0,90
Set	4,13	12,30	20,20	55,00	0,90
Ott	2,68	10,69	14,70	55,00	0,90
Nov	1,72	9,30	8,50	65,00	0,90
Dic	1,18	8,61	4,30	75,00	0,90

Carta del sole



	Uso Mensile (%)	Radiazione sui collettori (kWh/m ²)	En. fornita da imp. solare (kWh/m ²)
Gen	100	98,50	30.177,54
Feb	100	113,56	34.544,67
Mar	100	148,33	44.597,54
Apr	50	73,79	18.040,17
Mag	-	-	-
Giu	-	-	-
Lug	-	-	-
Ago	-	-	-
Set	-	-	-
Ott	50	62,10	16.130,68
Nov	100	96,63	29.834,86
Dic	100	72,85	22.195,09

2.4.4.3. Resa impianto solare

Dalla tabella sopra indicata risultano i seguenti dati:

Radiazione solare complessiva sui collettori: 665,77 kWh/m²

Energia totale fornita dall'impianto solare: 195.520,56 kWh

Considerando che il fabbisogno totale invernale è di: 432.000 kWh

La frazione di energia per la climatizzazione invernale fornita dall'impianto solare è di:

$195.520,56 / 432.000 = 0,453$, ossia il 45,3% del fabbisogno globale per il riscaldamento invernale.

2.5. SISTEMA DI DISTRIBUZIONE ED EMISSIONE

L'aspetto del contenimento dei consumi energetici è stato considerato anche per i sistemi di distribuzione e, come accennato, di emissione.

Per quanto riguarda i sistemi di distribuzione, sono state previste all'interno del locale tecnico solamente elettropompe dotate di inverter a regolazione elettronica, ossia una tipologia di elettropompe i cui consumi di energia elettrica in fase di funzionamento sono inferiori di almeno il 30% rispetto a quelle di tipo tradizionale. Un ulteriore vantaggio di tali tipi di elettropompe è la regolazione della portata e della prevalenza, che essendo di tipo elettronico permette di far lavorare la pompa alle condizioni ottimali di funzionamento per l'impianto, a differenza di quelle tradizionali per le quali le condizioni di lavoro ottimali sono solamente in prossimità delle curve di funzionamento specifiche dell'apparecchiatura.

Relativamente ai sistemi di emissione, come precedentemente accennato, è stato scelto di realizzare un impianto di tipo radiante a controsoffitto negli uffici e di tipo radiante a pavimento all'interno dell'officina.

L'utilizzo di uno scambio di tipo radiante è in grado di assicurare elevate condizioni di comfort grazie ad un sistema di scambio più naturale che elimina le spiacevoli correnti d'aria, la circolazione di polvere e il rumore tipici degli impianti ad aria tradizionali.

Gli impianti radianti, grazie al principio di emissione del calore per irraggiamento, consentono in inverno di mantenere la temperatura dell'aria ambiente più bassa anche di 2° C a comfort equivalente se non addirittura migliore rispetto ad un impianto tradizionale, oltre ad essere migliore a livello di uniformità di distribuzione del calore in tutte le zone dei locali da riscaldare.

Anche in estate, la distribuzione uniforme del freddo all'interno degli ambienti è migliore rispetto ad un sistema di tipo tradizionale, anche perchè elimina completamente i fastidi dovuti all'aria fredda che può investire le persone quando esce da bocchette o ventilconvettori.

L'aspetto più importante da monitorare in fase di raffrescamento estivo è il grado di umidità relativa presente in ambiente, in quanto è necessario evitare che il vapore acqueo contenuto nell'aria condensi quando si trova a contatto con il soffitto freddo. Per questo sono previsti, all'interno dei controsoffitti degli ambienti da climatizzare, deumidificatori canalizzati che mediante bocchette di immissione ed estrazione provvederanno alla deumidificazione dell'aria ambiente una volta che una apposita sonda posizionata nel locale richiederà il loro intervento a causa dell'aumento di umidità relativa rilevato.

Il mantenimento di un basso tasso di umidità relativa ambiente garantirà che il livello di comfort sia ancora maggiore, in quanto eliminerà la sensazione di afa che si può talvolta riscontrare negli ambienti chiusi anche ad impianto di condizionamento attivo. Il sistema di regolazione previsto è stato inoltre studiato in maniera tale da rendere completamente autonomo ogni locale, in maniera da dare agli occupanti la possibilità di gestire ed impostare i livelli di temperatura interna desiderati, e quindi le condizioni di comfort.

I principali vantaggi di tale tipo di impianto possono essere così riassunti:

- limitato impatto energetico, grazie al funzionamento con acqua a temperature meno estreme, che rende l'impiego del soffitto radiante ideale in combinazione con generatori ad alta efficienza e permette l'impiego di fonti rinnovabili come i pannelli solari termici;
- grazie ai buoni valori di conducibilità termica dei materiali impiegati, i soffitti radianti presentano un'inerzia termica limitata ed assicurano una rapida reazione alla richiesta di riscaldamento e raffrescamento;
- il sistema di termoregolazione in tecnologia Bus offre tutte le possibilità di controllo locale o remoto e garantisce le condizioni climatiche ideali sia in inverno che in estate;
- la presenza di elementi non attivi consente di integrare facilmente nel soffitto apparecchi di illuminazione, diffusori aria, altoparlanti o sensori per impianti di sicurezza come antincendio o rilevazione fumi, garantendo la resa estetica;
- elevato comfort con distribuzione uniforme delle temperature in orizzontale e verticale, assenza di correnti di aria e di circolazione di polveri;
- l'impianto è completamente ispezionabile.

L'impianto di climatizzazione della sala polifunzionale, del tipo a tutt'aria con unità di trattamento, sarà dotato di recupero di calore dall'aria in espulsione, allo scopo di riutilizzare una grande quantità di energia contenuta nell'aria espulsa per fornirla all'aria esterna di rinnovo (recupero energetico dell'ordine del 60-70%), garantendo così un notevole risparmio energetico rispetto ad un impianto con camera di miscela tradizionale.

L'impianto con unità di trattamento aria, dovendo essere alimentato con acqua a temperatura più alta in inverno e più fredda in estate rispetto al sistema radiante, ed essendo inoltre un impianto ad accensione discontinua, sarà alimentato direttamente dalla centrale termica con circuiti ad alta e bassa temperatura.

3. CONCLUSIONI

Come già precedentemente indicato, l'aspetto del contenimento dei consumi energetici è di fondamentale importanza ed è stato un punto fermo nell'ambito della progettazione operata per l'intervento in oggetto.

L'impianto solare termico (completo di un sistema che sfrutta in estate l'energia termica prodotta per trasformarla in energia frigorifera ed in inverno la utilizza direttamente come fonte di riscaldamento), se abbinato ad un impianto ad alto rendimento come quello radiante, presenta un connubio energeticamente molto efficiente e vantaggioso sotto il punto di vista economico in fase di utilizzo dell'impianto.

L'impianto progettato, infatti, garantisce la produzione di energia frigorifera in estate per la climatizzazione di tutti gli uffici, richiedendo una potenza elettrica di alimentazione pari al 10/15% di quella che sarebbe necessaria nel caso di utilizzo di un sistema di produzione acqua refrigerata tradizionale.

Il medesimo impianto, nella fase di funzionamento invernale, si sposa benissimo all'impianto di emissione a bassa temperatura, e dai calcoli effettuati è in grado di fornire l'energia termica necessaria per coprire il 45% del fabbisogno termico di riscaldamento di tutti gli ambienti riscaldati, ossia tutti gli uffici e l'officina.