



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CORSO DI LAUREA TRIENNALE
IN INGEGNERIA ELETTRONICA**

ELABORATO FINALE

**CRITERI DI PROGETTAZIONE DI IMPIANTI
SOLARI TERMICI**

Relatore

Prof. ROBERTO TURRI

Laureando

MARCO SIMONETTI

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	7
2. PRESENTAZIONE DELL’AZIENDA	8
3. FONDAMENTI	
3.1 Introduzione	9
3.2 La radiazione del Sole	10
3.3 Tipi di pannello	
3.3.1 Il fotovoltaico	13
3.3.2 Il solare termico.....	14
3.3.2.1 Il pannello piano	17
3.3.2.2 Il tubo sottovuoto.....	17
3.3.2.2.1 Il segreto del sottovuoto: il tubo heat-pipe	19
3.3.2.3 Impianti solari termici: collettore piano o sottovuoto?.....	20
3.4 Funzionamento di un impianto solare	21
3.5 Vari tipi di impianti	
3.5.1 L’uso dell’energia solare termica in abitazioni private	22
3.5.1.1 Impianti a “Circolazione naturale”	22
3.5.1.2 Impianti a “Circolazione forzata”	24
3.5.2 Impianti solari di grande dimensione	25
3.5.2.1 Esempio particolare: riscaldamento di piscine pubbliche ...	27

4. TIPI DI IMPIANTO

4.1 Impianti solari a circolazione naturale e impianti compatti per l'acqua sanitaria	
4.1.1 Impianto senza dispositivo di riscaldamento ausiliario.....	28
4.1.2 Impianto con caldaia istantanea	30
4.2 Impianti con collettore e accumulo separati (circolazione forzata)	
4.2.1 Impianto con resistenza elettrica integrata	30
4.2.2 Impianto con scambiatore integrato per il riscaldamento ausiliario ..	34
4.2.3 Impianto con caldaia istantanea	35
4.2.4 Impianto con riscaldamento dell'acqua sanitaria mediante uno scambiatore di calore	37
4.2.5 Impianto con centrale di riscaldamento sottotetto.....	39

5. PROGETTAZIONE

5.1 Introduzione	40
5.2 Rilievo.....	40
5.3 Analisi del fabbisogno di acqua calda.....	42
5.4 Dimensionamento della superficie dei collettori.....	43
5.5 Dimensionamento ed analisi: il serbatoio	
5.5.1 Le serpentine dei boiler	47
5.6 Scambiatori di calore del circuito solare	48
5.7 Circuito solare	
5.7.1 Fluido termovettore	49
5.7.2 Portata del flusso	50
5.7.3 Calcolo della perdita di pressione e scelta della pompa.....	50
5.7.4 Pressione d'esercizio, vaso d'espansione e valvola di sicurezza	51

6. REGOLAMENTI

6.1 Risparmio energetico (Legge 10/91).....	54
6.1.1 Temperatura di erogazione dell'acqua calda per usi sanitari	54
6.1.2 Isolamento degli impianti termici	55
6.1.3 Deposito del progetto dell'impianto termico	55
6.1.4 Collaudo degli impianti	55
6.1.5 Fabbisogno energetico normalizzato (FEN)	56
6.2 Sicurezza degli impianti (Legge 46/90)	
6.2.1 Ambito di applicazione	56
6.2.2 Soggetti abilitati e requisiti tecnico-professionali.....	57
6.2.3 Progettazione e installazione degli impianti.....	57
6.2.4 Dichiarazione di conformità e responsabilità del committente o del proprietario.....	58
6.3 Leggi e regolamenti in materia di edilizia.....	58
6.3.1 Concessione ai lavori	58
6.3.2 Autorizzazione ai lavori	59
6.3.3 Dichiarazione Inizio Attività (DIA)	59
6.3.4 Vincoli storico-artistici e paesaggistico-ambientali	60

7. INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE

7.1 Sicurezza sul lavoro	61
7.2 Impianti con collettore e serbatoio separati	
7.2.1 Montaggio di un collettore solare	
7.2.1.1 Installazione del collettore	
7.2.1.1.1 Direzione del Collettore.....	61
7.2.1.1.2 Angolatura del Collettore	62

7.2.1.1.3. Ubicazione	62
7.2.1.2 Installazione della struttura.....	63
7.2.2 Installazione e collegamento del serbatoio	
7.2.2.1 Installazione.....	64
7.2.2.2 Coibentazione	64
7.2.2.3 Collegamento dell'acqua fredda e dell'acqua calda.....	65
7.2.2.4 Circuito di ricircolo	66
7.2.3 Circuito solare	
7.2.3.1 Linee di collegamento	67
7.2.3.2 Coibentazione	67
7.2.3.3 Gruppo pompe e sicurezza	68
7.2.3.4 Sfiato.....	69
7.2.3.5 Rubinetti di riempimento.....	69
7.2.4 Collegamento del riscaldamento ausiliario	70
7.2.4.1 Collegamento di una caldaia con pompa di carica del serbatoio.....	70
7.2.4.2 Collegamento di una caldaia con commutazione delle valvole.....	70
7.2.4.3 Riscaldamento ausiliario con caldaia istantanea	70
7.2.4.4 Riscaldamento ausiliario con una resistenza elettrica	71
7.2.5 Parti elettriche	71
7.2.5.1 Parafulmine.....	72

8. MESSA IN ESERCIZIO

8.1 Riempire il circuito solare	72
8.2 Verifica delle impostazioni della centralina di regolazione	73
8.3 Impostare il miscelatore dell'acqua sanitaria	73
8.4 Riempimento del serbatoio	73

9. MANUTENZIONE

9.1 Controlli regolari	74
9.2 Lavori sporadici di manutenzione	74
9.3 Guasti al funzionamento	75

10. CONCLUSIONI

76

11. RINGRAZIAMENTI.....

79

1. INTRODUZIONE

Nel periodo tra novembre 2008 e febbraio 2009 ho frequentato il tirocinio presso la ditta Templari s.n.c. a Rubano in provincia di Padova e ho assunto il ruolo di project manager. La ditta si occupa, sia livello nazionale sia estero, del dimensionamento, dell'assistenza e della vendita di alcuni prodotti inerenti allo sfruttamento delle energie rinnovabili, quali caldaie a pellet, impianti solari termici e impianti fotovoltaici.

Durante i mesi trascorsi nell'azienda mi sono affiancato ad un ingegnere nell'ufficio ricerca e sviluppo, dove ci si occupa del dimensionamento e progettazione degli impianti solari termici.

Inizialmente mi sono state presentate delle nozioni cartacee generali sulle energie rinnovabili, potendole poi confrontare nel concreto, poiché dei pannelli solari con tecnologia heatpipe erano presenti e funzionanti nell'azienda. Ciò mi ha permesso di capirne la realizzazione e il funzionamento.

Il passo successivo è consistito nel capire come si dimensiona un impianto affinché funzioni nel modo corretto, e quali sono le variabili da tener conto per una corretta soddisfazione della richiesta come il numero di persone, la locazione geografiche, ecc..

Molto importante per gli impianti solari è la sicurezza, che si basa da una parte su norme e da un'altra su componenti (come ad esempio i sensori della centralina di controllo) che verificano il controllo e il corretto funzionamento dell'impianto stesso.

Ho inoltre potuto assistere ai cablaggi di pannelli, per coglierne così il funzionamento anche da un punto di vista impiantistico, a differenza di quello visto in precedenza, prettamente di tipo teorico e matematico.

A seguito delle varie spiegazioni, prove e collaudi eseguiti anche personalmente ho raccolto le informazioni principali in degli scritti che sono stati poi esaminati e hanno avuto lo scopo di ampliare i manuali e le brochure dei relativi componenti che vengono allegati quando i pannelli vengono spediti ai clienti.

2. PRESENTAZIONE DELL'AZIENDA

Giovane e dinamica, la Templari snc è una ditta nata nel 2006 dalla passione dei fratelli Masiero per l'ambiente, dotata di un team di professionisti esperti e di tecnologie all'avanguardia, che progetta e realizza prodotti di inconfondibile qualità e elevati standard di affidabilità ed efficienza, col fine di sviluppare soluzioni tecnologiche che sfruttino al meglio le fonti rinnovabili.

I prodotti, ad elevato rendimento e ridotte emissioni, sono la prova del loro impegno volto al rispetto della natura e al mantenimento dell'ecosistema.



Simonetti
Marco
Project Manager



Via Pitagora, 20/A - 35030 Rubano (PD), Italy
☎ +39 049 8592864 (tel) +39 049 8055626 (fax)
✉ m.simonetti@templari.com | www.templari.com

3. FONDAMENTI

3.1 Introduzione

Le fonti di energia rinnovabile sono tutte quelle fonti che hanno la comune caratteristica di essere alimentate da flussi naturali, che attraversano più o meno costantemente la Biosfera (l'insieme delle zone del pianeta Terra in cui le condizioni ambientali permettono lo sviluppo della vita), e dal momento che viene catturata solo una piccola parte dei flussi, tali fonti di energia sono considerate praticamente innocue per l'ambiente sia localmente sia globalmente ed hanno una durata infinita.

Quelle convenzionali invece, come il nucleare o i combustibili fossili (carbone, petrolio e gas), derivano tutte da limitate riserve di materiali che devono essere estratti dal sottosuolo; inoltre sono responsabili dei danni più o meno gravi causati all'ambiente: inquinamento atmosferico, cambiamenti climatici, contaminazioni radioattive.

Molte fonti rinnovabili sono alimentate, direttamente o indirettamente, dal sole, la cui radiazione può essere utilizzata in due modi:

- ✓ sfruttando la sua luce, che può essere trasformata direttamente in elettricità grazie alla tecnologia fotovoltaica (cap. 3.3.1);
- ✓ sfruttando il suo calore, che può anche essere concentrato, per riscaldare acqua sanitaria, e per produrre energia elettrica attraverso un alternatore (cap.3.3.2).

Nel corso del mio stage, ho potuto comunque approfondire solamente la parte relativa al solare termico e la mia tesi sarà quindi centrata su questa tecnologia, tralasciando, se non per descrivere brevemente, i pannelli fotovoltaici.

3.2 La radiazione del sole

Il Sole è costituito da un'enorme sfera infuocata di gas incandescenti che sprigiona una potenza la cui parte che incide sulla superficie terrestre sarebbe sufficiente a coprire 10.000 volte il fabbisogno di energia primaria di tutto il mondo.

La potenza radiante del sole prima di entrare nell'atmosfera misura in media 1367 W/m^2 e viene chiamata costante solare. Quando il cielo è sereno ne arrivano circa 1000 W/m^2 sulla superficie terrestre, mentre quando il cielo è completamente coperto l'irradiazione diminuisce fino a circa 100 W/m^2 . Per l'utilizzo solare a scopo termico è interessante la somma della radiazione disponibile su tutto l'anno.

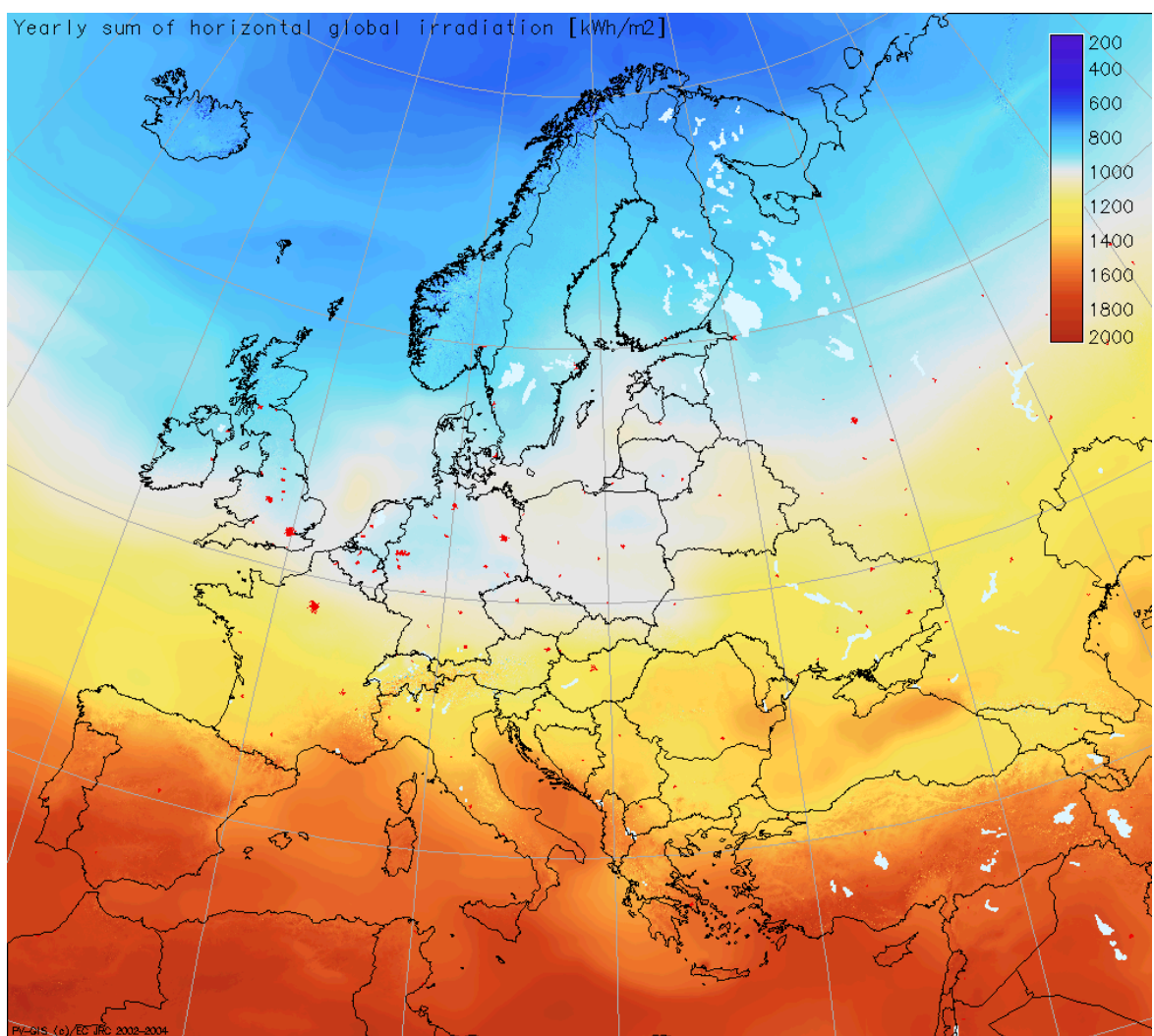
La radiazione solare è composta da una determinata combinazione di raggi elettromagnetici di diversa lunghezza d'onda (spettro). L'atmosfera terrestre si comporta come un filtro permettendo il passaggio solo di determinati range di lunghezze d'onda. Una buona penetrazione si verifica nella zona della luce visibile. I raggi ultravioletti, più corti, o quelli infrarossi, più lunghi, vengono riflessi, assorbiti o diffusi nell'atmosfera esterna. La somma della radiazione incidente su una superficie orizzontale viene definita radiazione globale. E' costituita dalla radiazione diretta, che arriva direttamente dalla direzione del sole, e dalla radiazione diffusa, che dopo una o più deviazioni arriva da tutte le direzioni del cielo.

La somma della radiazione su una superficie con orientamento qualsiasi dipende essenzialmente dal suo orientamento (angolo sull'orizzontale e orientamento cardinale). La somma di radiazione massima si ottiene su una superficie orientata a sud con un angolo di inclinazione di circa 30° . Una superficie con angolo 45° con orientamento a sud-est o a sud-ovest registra una diminuzione della radiazione globale media annua inferiore al 5%. L'angolo di inclinazione ottimale dipende tuttavia anche dal tipo di impiego previsto e la maggior parte delle volte si fa coincidere la longitudine del luogo per l'impianto con

l'inclinazione dei pannelli. Per lo sfruttamento dell'energia solare per il riscaldamento degli ambienti può essere vantaggiosa un'inclinazione più ripida.

L'Italia offre condizioni meteorologiche molto buone per l'uso dell'energia solare; in figura si può vedere che il valore di insolazione è compreso tra 1200 e 1750 kWh/m² all'anno presenta una differenza tra nord e sud intorno al 40%, rimanendo in entrambi i casi maggiore del fabbisogno annuo procapite di calore necessario per la preparazione di acqua calda nel residenziale. Circa il 75% della quantità di energia irradiata è da ascrivere ai mesi estivi, da aprile a settembre. A queste condizioni un impianto solare standard consente di risparmiare fino all'80% dell'energia necessaria per la preparazione di acqua calda e fino al 40% della domanda complessiva di calore per l'acqua calda sanitaria e per il riscaldamento degli ambienti.

All'interno dell'Europa l'Italia viene attualmente considerata essere un mercato molto promettente, per il quale nei prossimi anni viene pronosticata una forte crescita. Dopo il



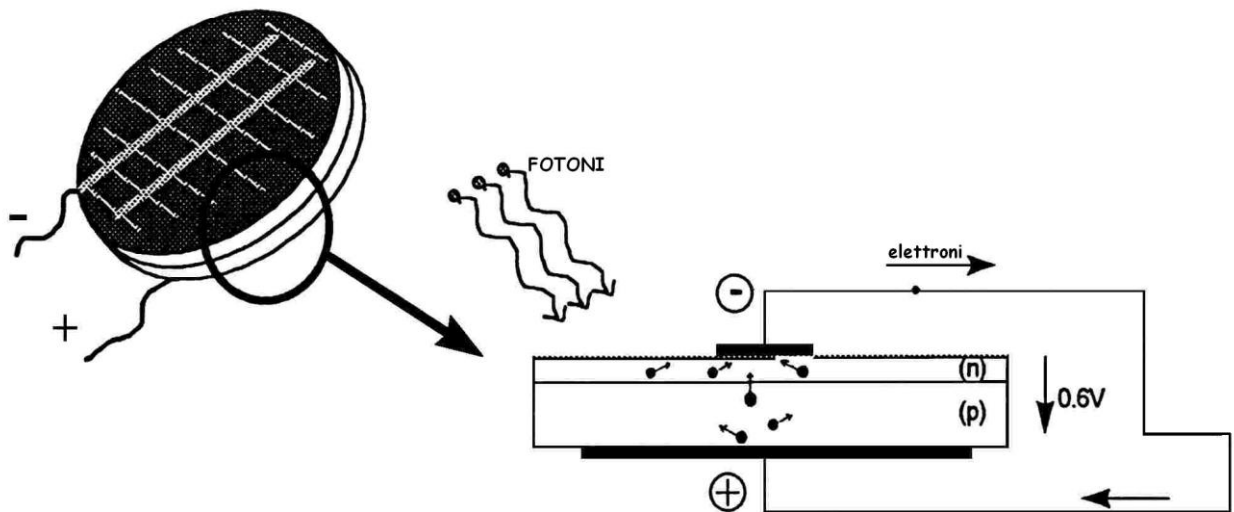
fallimento della prima espansione del mercato negli anni ottanta, che marchiò la tecnologia solare con un'immagine negativa purtroppo ancora percepibile, ora è ancora più importante presentare all'utenza le tecnologie del solare dal loro lato migliore: le attrattive di questa tecnologia sono inconfutabili e i prodotti reperibili oggi sul mercato sono affidabili e giunti a piena maturità.

Non sufficientemente adeguato invece è il livello di formazione nel campo della progettazione e dell'installazione degli impianti solari termici.

3.3 Tipi di pannello

3.3.1 Il fotovoltaico

L'effetto fotovoltaico, scoperto per la prima volta intorno al 1860, è una caratteristica fisica dei materiali detti "semiconduttori", il più conosciuto dei quali è il silicio, usato anche nella produzione di componenti elettronici. Quando un raggio luminoso colpisce un sottile strato



di tale materiale, i fotoni, le particelle di energia che compongono il raggio, trasferiscono la loro energia agli elettroni del materiale che immediatamente cominciano a muoversi in una direzione particolare creando una corrente elettrica continua; a questa corrente, fatta passare per fili metallici molto sottili, possono essere aggiunte altre correnti fino a raggiungere la potenza necessaria all'uso specifico desiderato.

Le celle fotovoltaiche sono usualmente disposte in strati sottili e piani collegati fra loro, oppure possono essere ottenute creando una pellicola sottile uniforme ottenuta distribuendo il materiale polverizzato direttamente su un supporto grazie alle tecnologie del vuoto.

Poiché il materiale di cui è costituita una cella fotovoltaica è molto delicato, per sopportare le condizioni climatiche più estreme deve essere protetto sulla parte superiore da un vetro, o da altro materiale trasparente e specificamente trattato.

Il dispositivo attualmente più utilizzato consiste di un pannello rettangolare, di pochi millimetri di spessore, con una superficie fra 0,1 e 3 m², del peso di qualche Kg, con

prestazioni differenti a seconda della qualità del materiale semiconduttore utilizzato e della relativa tecnologia di fabbricazione

La tecnologia fotovoltaica offre vantaggi particolari fra le varie sorgenti di energia rinnovabile:

- ✓ Può essere utilizzata ovunque, quando ci sia luce solare (non calore), in montagna come nella piccola isola tropicale, nel deserto come nella zone altamente urbanizzate.
- ✓ Possono essere evitate le perdite di energia dovute al trasporto, perché nella maggior parte dei casi i dispositivi fotovoltaici possono essere installati vicino agli apparecchi che ne utilizzano l'energia, così da eliminare le perdite dovute alla linea elettrica.
- ✓ E' possibile prevedere la produzione annuale di energia con un piccolo margine di errore, indipendentemente dalla variabilità di richiesta.
- ✓ Vi è una vasta gamma di applicazioni, da pochi milliwatt per il calcolatore tascabile, alla dozzina di megawatt per le centrali, e la potenza dell'impianto può essere modificata in qualsiasi momento senza problemi.
- ✓ Non si produce inquinamento di alcun genere (acustico, atmosferico, ecc.) , non vi sono sprechi e perturbazioni degli ecosistemi: il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici è assolutamente inoffensivo.
- ✓ La manutenzione è minima, non essendoci parti meccaniche in movimento.

Grazie a questi vantaggi, i dispositivi fotovoltaici sono particolarmente adatti ad essere installati nella maggior parte delle costruzioni, per qualsiasi utilizzo (abitazioni, uffici, fabbriche, zone commerciali...).

3.3.2 Il solare termico

Il solare termico è generalmente composto dal collettore e dall'assorbitore.

Un collettore solare trasforma la radiazione solare in calore e si distingue così da un

pannello fotovoltaico, che trasforma la luce del sole in corrente elettrica.

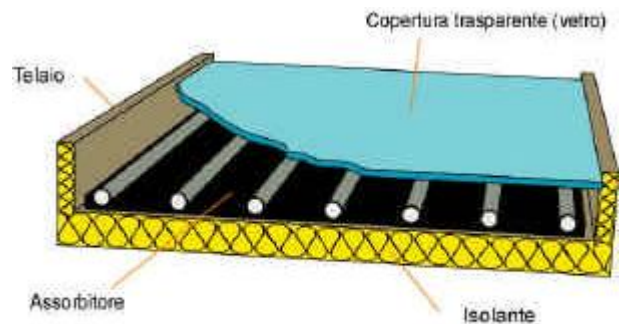
La figura mostra la struttura di un collettore piano. L'elemento principale è l'assorbitore, che ha la funzione di assorbire la radiazione solare incidente a onde corte e di trasformarla in calore (trasformazione fototermica).

Solitamente è composto da un metallo con buona capacità di condurre il calore (per esempio il rame) e dovrebbe riuscire a trasformare il più completamente possibile la radiazione solare in calore. Al giorno d'oggi nella maggior parte dei collettori piani o a tubi sottovuoto vengono impiegati assorbitori dotati di un cosiddetto strato selettivo, che determina un alto grado di assorbimento ($a > 0,95$) nel range delle lunghezze d'onda della radiazione solare e contemporaneamente irradiano poca energia, grazie a un basso fattore di emissività ($e < 0,1$) nelle lunghezze d'onda della radiazione termica. Gli strati selettivi possono essere ottenuti con procedimento galvanico (cromo, alluminio con pigmentazione al nickel) oppure applicati sottovuoto.

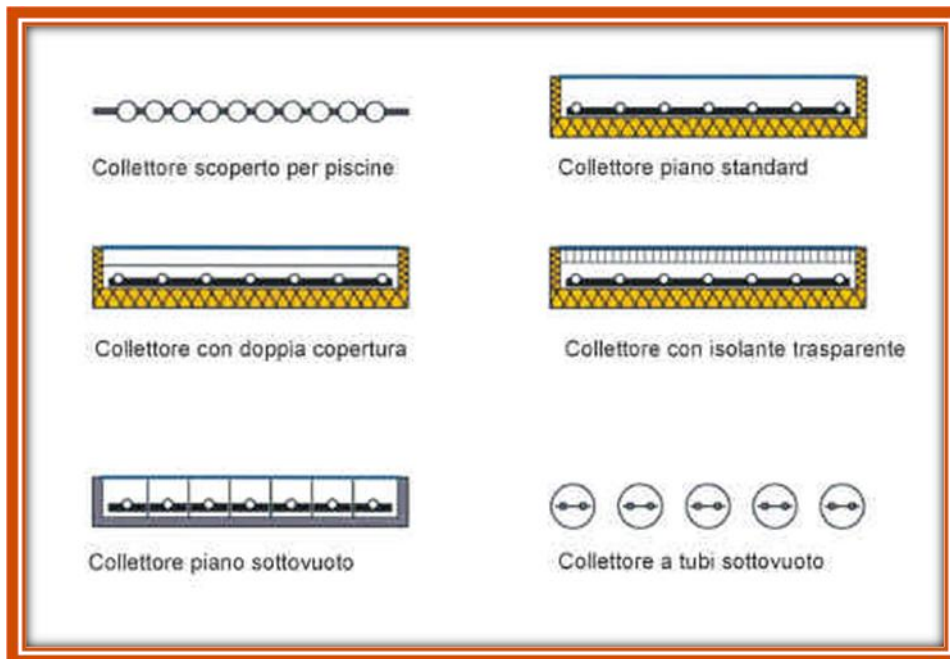
Un buon contatto termico tra l'assorbitore e un fluido termovettore in circolazione (per esempio acqua, glicole oppure aria) permette la cessione del calore al fluido termovettore e di conseguenza il trasporto fuori dal collettore del calore pronto per essere usato.

Per ridurre le dispersioni termiche e per migliorare il rendimento del collettore,

l'assorbitore viene provvisto di una copertura trasparente frontale, mentre lateralmente e sul retro viene coibentato. Nei collettori a tubi sottovuoto ogni striscia di assorbitore è inserita in un tubo di vetro in cui è stato creato il vuoto. Questo comporta un'ottima coibentazione che rende possibile il raggiungimento di temperature di lavoro anche nel campo del calore per processi industriali.



Per il riscaldamento dell'acqua di piscine si utilizzano collettori senza copertura in materiale plastico (per esempio PP = polipropilene, EPDM = caucciù sintetico), poiché le temperature necessarie sono relativamente basse. Le forme dei collettori solari possono essere:



Nelle soluzioni impiantistiche per il risparmio energetico dei pannelli solari per la produzione di acqua calda si possono distinguere due principali tipologie: collettori piani e sottovuoto (di forma tubolare).

3.3.2.1 Il pannello piano

La tecnologia più comune per i pannelli solari è il collettore solare di forma piana, dotato di una piastra in rame con finitura selettiva che permette un assorbimento energetico pari al 95% dell'irraggiamento sulla superficie e ne limita l'emissione al 5%. Sulla piastra sono saldate ad ultrasuoni le tubazioni in rame che contengono il liquido termovettore per il trasferimento di calore al sistema.



Il vetro temperato è antiriflesso e antigrandine, però non è sottovuoto: il liquido infatti circola sotto la parte vetrata (mentre nei tubolari il liquido circola solo nell'anima di rame).

3.3.2.2 Il tubo sottovuoto

L'altra tecnologia è quella dei tubi sottovuoto, la quale adotta delle architetture costruttive che limitano notevolmente le dispersioni termiche ed esaltano le capacità di captazione della radiazione solare. Ne consegue un maggiore immagazzinamento di energia termica anche in condizioni ambientali sfavorevoli con efficienze complessive sensibilmente più elevate.



L'utilizzo del tubo sottovuoto racchiude in se importanti concetti:

- ✓ consente una notevole semplificazione dal punto di vista costruttivo eliminando numerosi componenti strutturali fonti di dispersioni termiche;
- ✓ concentrando in un unico elemento le principali funzioni di captazione della radiazione solare e di trasmissione della stessa agli elementi di trasporto del calore, produce un miglior rendimento meccanico, ma soprattutto termico;
- ✓ la forma tubolare, rispetto a quella piana, garantisce che i raggi solari colpiscano la superficie del tubo sempre perpendicolarmente, minimizzando in questo modo le perdite per riflessione e massimizzando la quantità di calore assorbita;

- ✓ realizza un effetto serra, in quanto permette il passaggio della radiazione solare, caratterizzata da piccole lunghezze d'onda mentre risulta essere opaco alla radiazione emessa dall'assorbitore caratterizzata da lunghezze d'onda maggiori.

Ogni tubo sottovuoto è formato da due tubi di vetro coassiali: uno esterno e uno interno.

- ✓ Il tubo esterno è in vetro borosilicato trasparente, estremamente duro che consente al collettore solare di resistere alla grandine fino a 25 mm di diametro;
- ✓ nella parte inferiore del tubo viene depositato uno strato di bario, color argento, che assicura la permanenza del vuoto;
- ✓ il tubo interno è realizzato sempre con vetro borosilicato, ma viene ricoperto con uno speciale rivestimento selettivo che possiede eccellenti caratteristiche di assorbimento e bassa emissione nello spettro infrarosso;
- ✓ nell'intercapedine tra i due tubi, l'aria viene eliminata per formare il vuoto (da qui il nome di "tubo sottovuoto") che permette di eliminare la perdita di calore conduttivo e convettivo e di garantire protezione e durata all'assorbitore;
- ✓ durante il processo produttivo si crea ad una estremità del tubo sottovuoto uno strato argentato di bario che assicura la permanenza del sottovuoto;
- ✓ La comparsa di un alone bianco sul fondo indica per cui la perdita del sottovuoto.

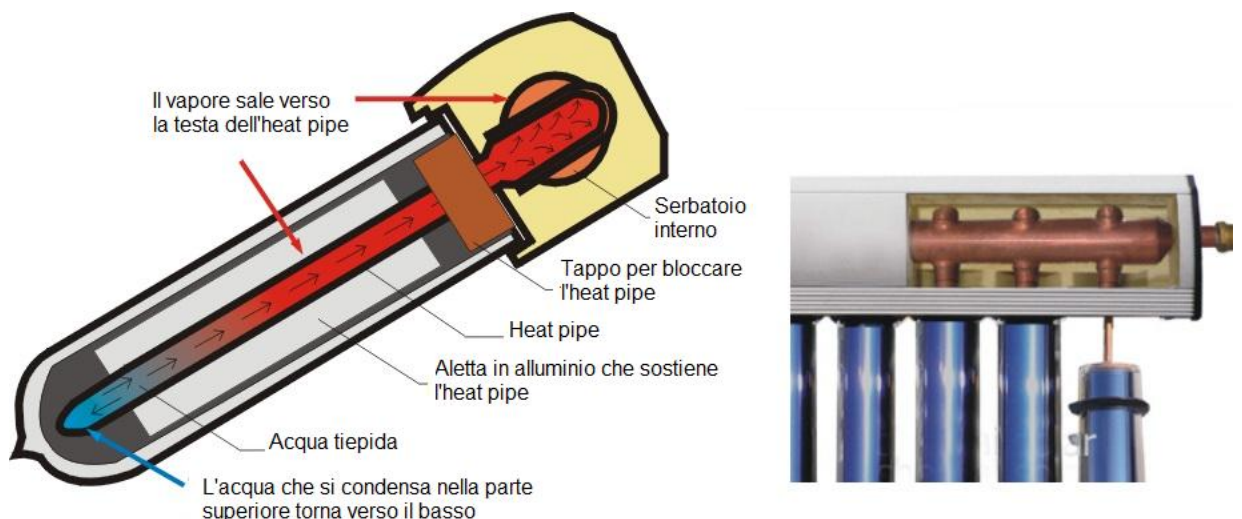
3.3.2.2.1 Il segreto del sottovuoto: il tubo heatpipe

All'interno del tubo sottovuoto il trasporto di calore tra l'assorbitore e il fluido d'impianto avviene tramite l'utilizzo di un "Heat Pipe", letteralmente tubo di calore, che sfrutta il fenomeno dell'evaporazione e condensazione di un liquido bassobollente non tossico. Questo liquido ha la proprietà di bollire ed evaporare ad una temperatura molto inferiore rispetto i 100°.

All'interno del tubo, il liquido, inizia ad evaporare a circa 25°C salendo verso il bulbo dove trova una temperatura di parete più bassa e inizia a condensare. Durante l'evaporazione il gas accumula un'elevata quantità di energia che rilascia in fase di condensazione: all'interno del tubo si crea una condizione di equilibrio dinamico liquido-vapore con un continuo trasferimento di calore tra la zona di assorbimento solare e lo scambiatore nel collettore dove il calore viene ceduto al circuito.

L'Heat Pipe è un particolare dispositivo, complesso nella realizzazione, ma molto semplice, robusto e duraturo nell'utilizzo: funzionerà moltissimi anni senza alcun bisogno di particolari opere di manutenzione.

Il tubo sottovuoto unito alla tecnologia Heat Pipe, è un sistema efficace, rapido, che non presenta problemi di corrosione, né di manutenzione: è il giusto connubio per ottenere degli ottimi risultati anche nella stagione invernale.



3.3.2.3 Impianti solari termici: collettore piano o collettore sottovuoto?

Questo era uno delle più frequenti domande da parte dei nuovi clienti. I pannelli o collettori vetrati piani sono costituiti da un telaio, generalmente un profilato di alluminio rivestito ai lati e sul retro da isolante termico, e da una lastra di vetro temprato nella parte superiore.

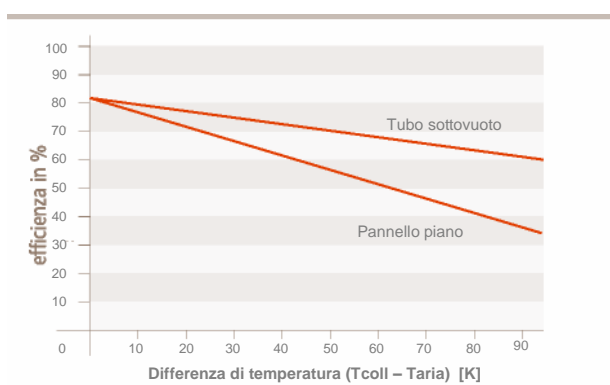
L'assorbitore interno al collettore è costituito da una lastra metallica su cui vengono saldati tubi all'interno dei quali scorre il fluido termovettore (che può essere acqua distillata, glicole puro o in percentuale).

Questa tipologia è attualmente la più diffusa e presenta il vantaggio della semplicità di costruzione e maggior risparmio economico.

Se paragonati però a collettori sottovuoto, i collettori piani presentano sicuramente un'efficienza minore. I motivi sono diversi:

- ✓ per prima cosa il potere isolante del sottovuoto è molto elevato;
- ✓ inoltre la forma rotonda del tubo consente di avere un assorbimento elevato anche con un'inclinazione dei raggi solari non ottimale (mattina e sera), o con un orientamento del tetto non perfettamente a sud.

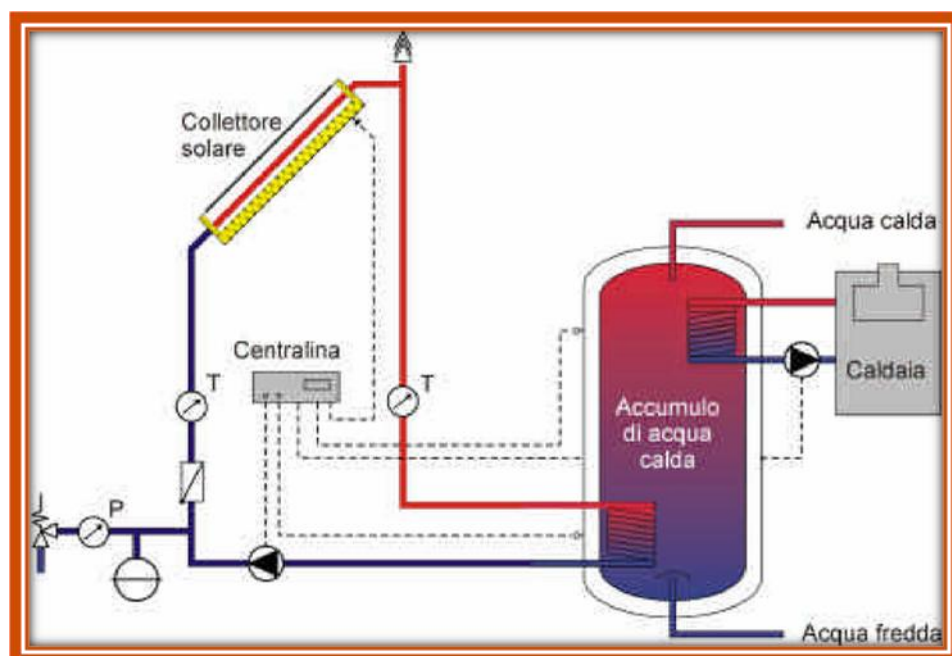
A fronte del rendimento più elevato, bisogna fare però i conti anche con costi maggiori, che tuttavia tendono negli ultimi anni a diminuire progressivamente. La scelta tra le due tipologie va quindi ponderata in funzione di diversi fattori: prima di tutto l'utilizzo che si intende fare dell'energia prodotta. Nel caso di sola produzione dell'acqua calda per usi sanitari, risulta più che sufficiente l'utilizzo di collettori piani. Se si vuole invece produrre anche acqua calda per l'integrazione dell'impianto di riscaldamento, sarà più opportuno prendere in considerazione collettori a tubi sottovuoto.



3.4 Funzionamento di un impianto solare

Un impianto solare a *circolazione forzata* (cap 3.5.1.2) è formato da un collettore solare a sé stante, connesso attraverso un circuito con un serbatoio localizzato nell'edificio o all'esterno. All'interno del circuito solare si trova acqua o un fluido termovettore antigelo (per esempio il glicole). La pompa di circolazione del circuito solare è attivata da un regolatore differenziale di temperatura quando la temperatura all'interno del collettore è superiore alla temperatura di riferimento impostata nel serbatoio di accumulo. Il calore viene quindi trasportato al serbatoio di accumulo e ceduto all'acqua sanitaria mediante uno scambiatore di calore.

Mentre in estate l'impianto solare copre tutto il fabbisogno di energia per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, in inverno e nei giorni con scarsa insolazione serve per il preriscaldamento dell'acqua. La parte del serbatoio che contiene l'acqua calda a pronta disposizione, cioè quella da tenere sempre in temperatura, può essere riscaldata da uno scambiatore di calore legato a una caldaia. Il riscaldamento ausiliario viene comandato da un termostato quando nel serbatoio la temperatura dell'acqua nella parte a pronta disposizione scende al di sotto della temperatura nominale desiderata. Ciò è possibile solo in alcuni tipi di boiler, cioè quelli con due o più serpentine all'interno.



3.5 Vari tipi di impianti

3.5.1 L'uso dell'energia solare termica in abitazioni private

L'energia necessaria per la preparazione di acqua calda nelle abitazioni private è di circa 1000 kWh per persona all'anno. Poiché la domanda di calore è pressoché costante durante tutto l'anno e quindi presente anche nel periodo estivo, il

riscaldamento dell'acqua domestica è una delle applicazioni più adatte per gli impianti solari termici. In condizioni meteorologiche simili a quelle italiane, l'area di collettore necessaria varia tra 0,5 m² a persona per i climi caldi meridionali e 1 m² a persona per l'Italia settentrionale.

Nelle aree meridionali, dove non esistono significativi fenomeni di gelo, per il riscaldamento dell'acqua domestica si possono utilizzare impianti compatti ad accumulo integrato e impianti a circolazione naturale.

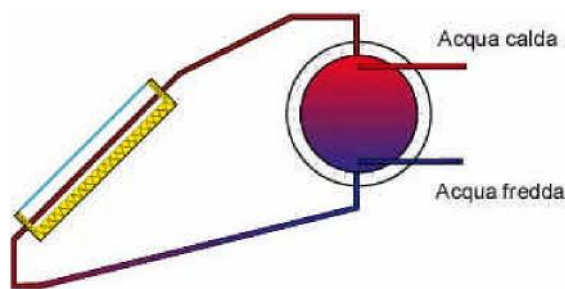
Questi impianti sono economici e possono essere integrati nel tetto come singola unità.

3.5.1.1 Impianti a “Circolazione naturale”

Negli impianti a circolazione naturale il principio di funzionamento è molto semplice: la circolazione tra collettore e serbatoio di accumulo viene determinata dal principio di

gravità, senza energia addizionale. Il fluido termovettore si riscalda all'interno del collettore. Il fluido caldo all'interno del collettore è più leggero del fluido freddo

all'interno del serbatoio, tanto che a causa di questa differenza di densità si instaura una circolazione naturale. Il fluido riscaldato cede il suo calore all'acqua contenuta nel



serbatoio e ricade nel punto più basso del circuito del collettore. Negli impianti a circolazione naturale il serbatoio si deve trovare quindi in un punto più alto del collettore. Negli impianti a un solo circuito l'acqua sanitaria viene fatta circolare direttamente all'interno del collettore. Negli impianti a doppio circuito il fluido termovettore nel circuito del collettore e l'acqua sanitaria sono divisi da uno scambiatore di calore. Gli impianti a circolazione naturale vengono offerti come un'unità premontata fissata su una struttura di supporto oppure vengono integrati nel tetto. Il riscaldamento ausiliario può essere ottenuto con una resistenza elettrica inserita nel serbatoio oppure con una caldaia istantanea a valle del serbatoio

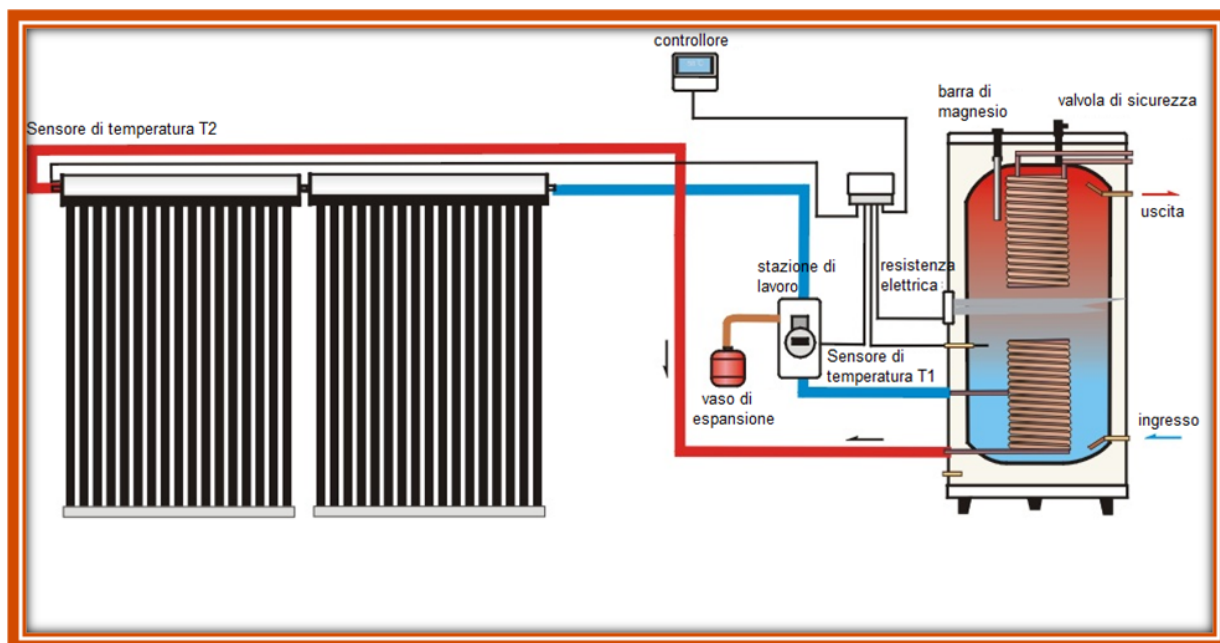
I pannelli a circolazione naturale possono essere pressurizzati o non pressurizzati (a vaso aperto).

Entrambi usano i classici pannelli sottovuoto, siano essi piani o tubolari, solo che in quello pressurizzato il circuito è chiuso e non presenta collegamenti con l'esterno (tranne che per la valvola di sicurezza di sovrappressione).

Un sistema aperto ha un meccanismo che fa entrare acqua nel serbatoio automaticamente e ne mantiene costante il livello. L'acqua calda così ottenuta non ha "pressione" e va immessa attraverso una pompa o un autoclave nel circuito idraulico (non sarebbe altrimenti capace di vincere la resistenza dell'acqua in pressione dell'acquedotto). Per cui per poter installare i pannelli naturali a vaso aperto bisogna che la differenza di altezze tra il rubinetto e il collettore sia ragionevole (5-6m); al contrario, questo problema non sussiste in quelli pressurizzati.

3.5.1.2 Impianti a “Circolazione forzata”

Nel disegno si vede lo schema di funzionamento di un impianto a circolazione forzata; questi sono adatti quando i collettori hanno dimensioni maggiori e dove ci sono sistemi centralizzati per il riscaldamento. In zone con significativi fenomeni di gelo, il circuito del collettore è riempito con liquido antigelo (per esempio glicole). Il principio di funzionamento è molto semplice e riconducibile ai circuiti a circolazione naturale con l'unica differenza che si hanno più possibilità (serbatoi permettendo) per la gestione del riscaldamento casalingo. Qui infatti, il dimensionamento è “libero”, cioè in base alle esigenze di ogni singola utenza si possono variare il serbatoio, i collettori e tutti gli altri elementi con il risultato di una perfetta soddisfazione del cliente. Questo non significa che gli impianti a circolazione forzata siano migliori di quelli naturali, ma semplicemente che sono più personalizzabili.



3.5.2 Impianti solari di grande dimensione

Impianti solari a grande scala con superficie di collettore dai 100 m² ai 1000 m² possono essere impiegati in grandi edifici multifamiliari, in reti di teleriscaldamento, ospedali, residenze per anziani o per studenti e nel settore turistico.

Impianti di grandi dimensioni di questo tipo, con un accumulo giornaliero in grado di coprire il 20 % circa del fabbisogno termico totale per ACS e per riscaldamento ambienti, risultano essere tra le applicazioni più economicamente vantaggiose del solare termico.

Grazie alle dimensioni, il costo specifico dell'impianto diminuisce senza penalizzarne l'efficienza. Lo sviluppo tecnologico dei grandi collettori integrati nel tetto degli edifici ha portato a un mercato accessibile e disponibile. La copertura del fabbisogno termico da parte degli impianti solari può anche arrivare al 80 % con impianti solari centralizzati ad accumulo stagionale, nei quali l'energia solare termica captata durante i mesi estivi viene stoccata e utilizzata per il riscaldamento durante la stagione fredda. L'applicazione ideale di questi impianti è quella di un gruppo di edifici, connessi tra loro da una rete di distribuzione del calore, con un fabbisogno termico superiore a 1500 MWh all'anno.

In tabella riporto i parametri dimensionali per gli impianti di riscaldamento solare di grande dimensione.

	Impianti solari di grande dimensione con accumulo giornaliero	Impianti solari centralizzati con accumulo stagionale
Fabbisogno minimo di calore	> 30 appartamenti > 60 persone	> 100 appartamenti / edifici
Superficie dei collettori	0,8 – 1,2 m ² per persona	1,5 – 2,5 m ² per persona
Volume di accumulo	50 – 60 l/m ²	1,5 – 2,5 l/m ²
Risparmio energetico	600 – 900 kWh/m ² (annuo)	400 – 700 kWh/m ² (annuo)
Risparmio energetico relativo *al fabbisogno ACS *al fabbisogno totale di calore per acqua e riscaldamento ambienti	60 – 80 % 20 – 40 %	 50 – 80 %

I requisiti e i presupposti per l'installazione e il favorevole esercizio di un impianto solare di grandi dimensioni possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- ✓ impianto termico centralizzato (riscaldamento ambienti e sistema di distribuzione ACS);
- ✓ superficie del tetto sufficiente (poche ombre, orientamento, altre installazioni);
- ✓ disponibilità di spazio per il serbatoio di accumulo all'interno o in prossimità dell'impianto;
- ✓ se previsto il riscaldamento ambienti, bassa temperatura di ritorno dal sistema interno di riscaldamento;
- ✓ sistema di produzione ACS ben bilanciato.



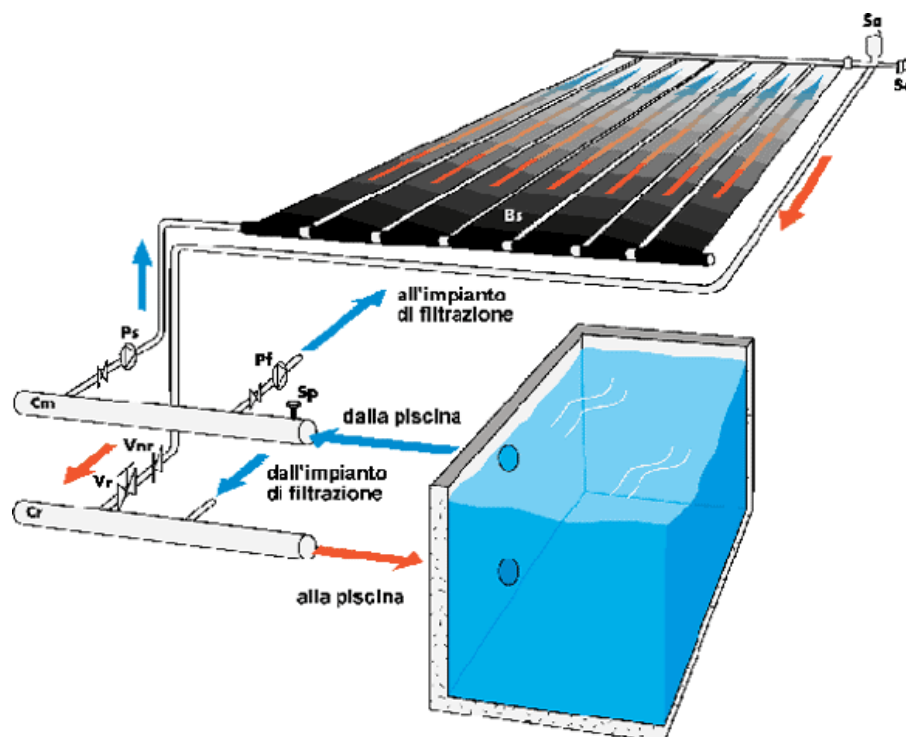
3.5.2.1 Un esempio particolare: riscaldamento di piscine pubbliche

Il fabbisogno termico per il riscaldamento di una piscina pubblica o privata varia, a seconda della temperatura desiderata dell'acqua ($20 - 27^{\circ}\text{C}$), tra i 500 e i 1500 kWh per anno e per m^2 di superficie della piscina. Il riscaldamento delle piscine è il sistema economicamente più vantaggioso di usare il contributo solare per i seguenti motivi:

- ✓ la simultaneità tra domanda termica e massima radiazione solare in estate;
- ✓ la bassa temperatura: si possono usare anche collettori più economici senza involucro e copertura vetrata;
- ✓ nella maggior parte dei casi non è necessario alcun impianto di riserva. Se il dimensionamento dell'impianto solare è corretto la temperatura della piscina scende di alcuni gradi solo nei giorni di scarsa insolazione.

Per queste ragioni gli impianti solari di riscaldamento di piscine hanno un ritorno anche economico, cioè il capitale investito e i costi di gestione e manutenzione sono inferiori al costo evitato del combustibile fossile.

Nell'esempio per una piscina di 1.000 m^2 di superficie, avremo una superficie dei collettori di circa $300 - 500 \text{ m}^2$, con un risparmio energetico di $300 - 400 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$. Il costo impianto sarà circa $100 - 175 \text{ Euro/m}^2$.

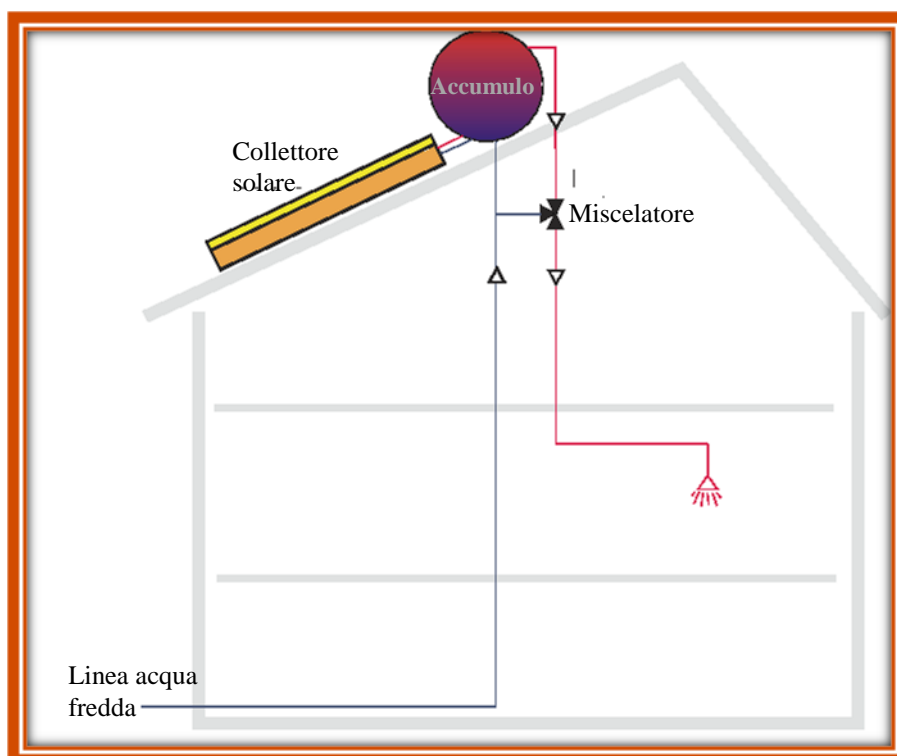


4. TIPI DI IMPIANTO

Durante il mio tirocinio ho avuto la possibilità di visionare diverse soluzioni di impianto per le più svariate esigenze della clientela. I più diffusi sono stati sicuramente quelli a circolazione forzata.

4.1 Impianti solari a circolazione naturale e impianti compatti per l'acqua sanitaria

4.1.1 Impianto senza dispositivo di riscaldamento ausiliario



Circuito solare: Negli impianti a circolazione naturale il serbatoio di accumulo può essere riscaldato direttamente dalla circolazione naturale che si instaura nel circuito solare oppure mediante uno scambiatore di calore.

Nei sistemi integrato collettore-accumulo, il collettore e l'accumulo compongono una sola unità compatta.

Non è presente alcun dispositivo di regolazione attiva del circuito solare.

Accumulo: Negli impianti a circolazione naturale il serbatoio di accumulo si trova al di sopra del collettore.

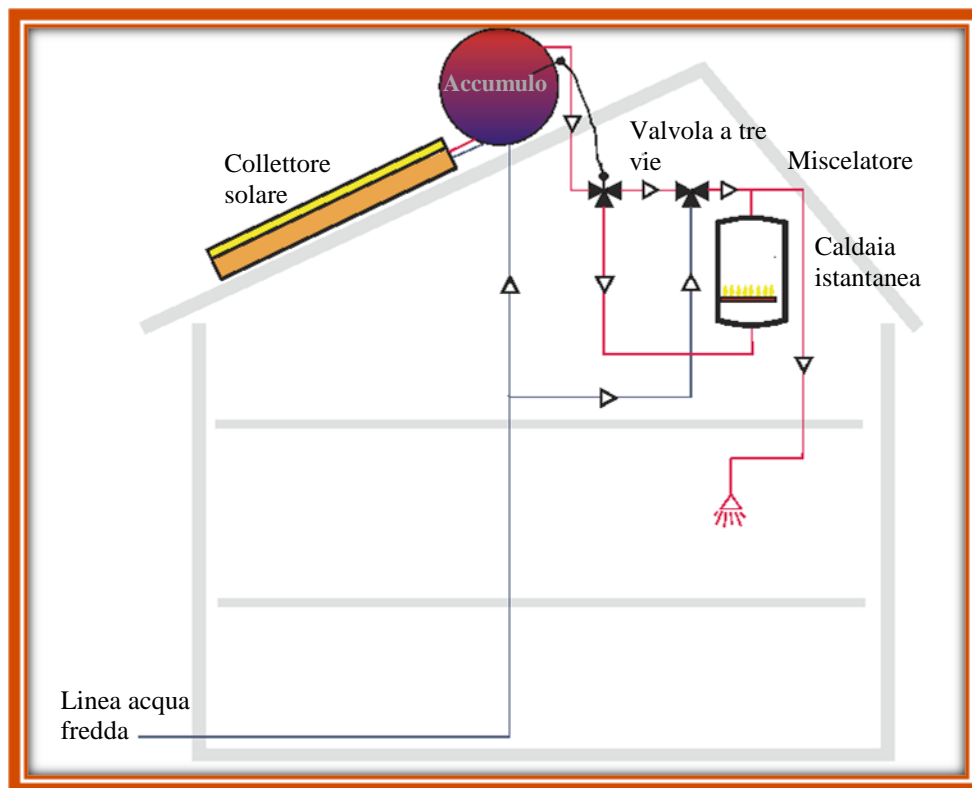
Integrazione
dell'impianto:

L'acqua sanitaria viene prelevata direttamente dall'accumulo. Per impianti in cui l'acqua può raggiungere una temperatura superiore ai 65°C è necessario installare un miscelatore a valle del serbatoio.

Riscaldamento
ausiliare:

Nessuno. Per un uso sporadico può essere prevista l'installazione di una resistenza elettrica all'interno del serbatoio. Nel caso di serbatoi di accumulo orizzontali, in particolare, questa non deve essere utilizzata in maniera permanente.

4.1.2 Impianto con caldaia istantanea



Circuito solare: vedi 4.1.1

Accumulo: Negli impianti a circolazione naturale il serbatoio di accumulo si trova al di sopra del collettore.

Integrazione dell'impianto: L'impianto compreso di riscaldamento ausiliario dovrebbe essere eseguito come centrale dislocata nel tetto, per evitare lunghe tubature tra il serbatoio e il dispositivo di integrazione del riscaldamento. L'acqua sanitaria viene prelevata direttamente dal serbatoio di accumulo. Se la temperatura dell'acqua sanitaria all'interno dell'accumulo è inferiore alla temperatura nominale desiderata (per esempio 45 °C), l'acqua viene convogliata da una valvola a tre vie a una caldaia istantanea, e qui riscaldata fino a raggiungere la temperatura richiesta. In alternativa l'acqua sanitaria può anche essere condotta direttamente alle utenze (ai rubinetti) senza essere ulteriormente riscaldata. Negli

impianti in cui l'acqua può raggiungere una temperatura superiore ai 65 °C è necessario installare un miscelatore a valle del serbatoio.

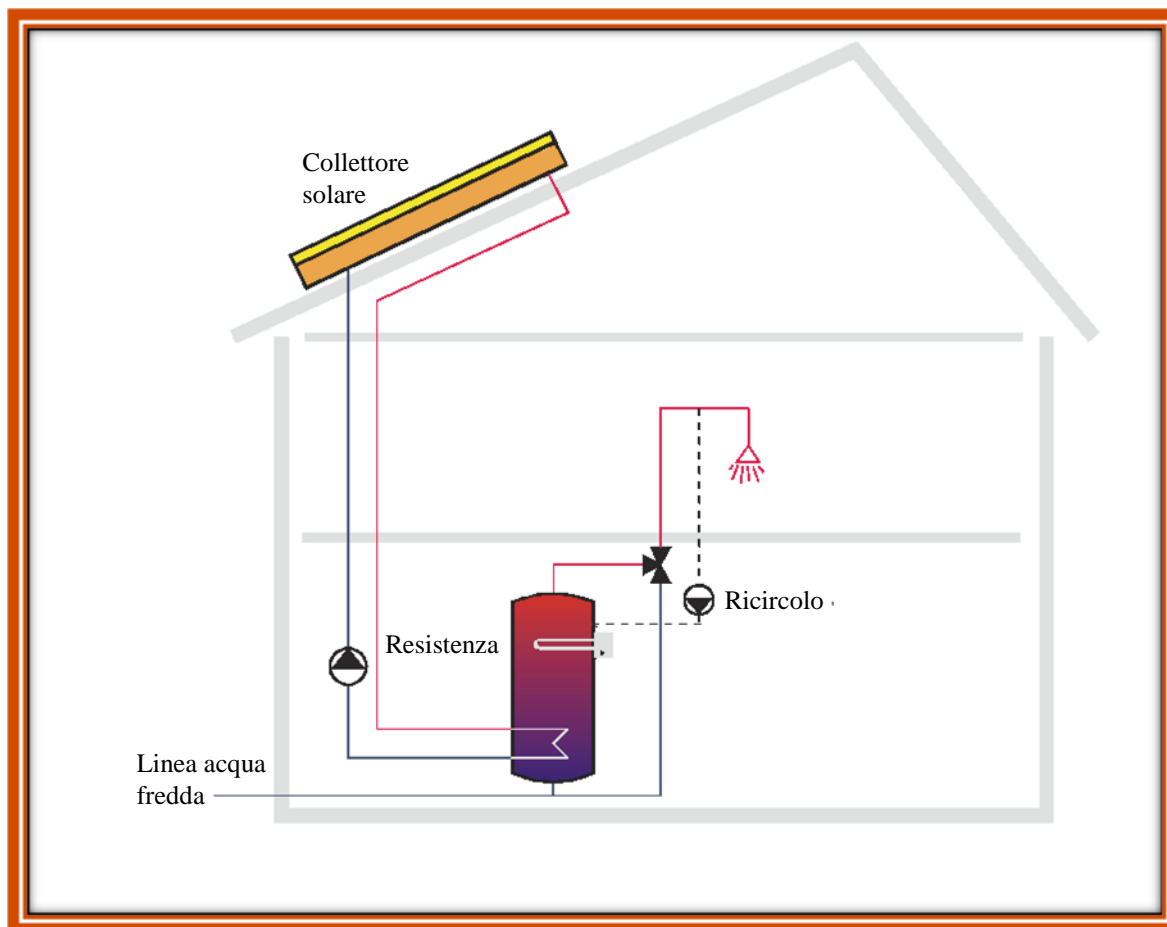
Riscaldamento
ausiliario:

Caldaia istantanea a gas oppure elettrica.

La caldaia istantanea utilizzata deve essere predisposta per lavorare con le diverse temperature di ingresso che si possono verificare. La caldaia istantanea dovrebbe essere regolata non solo dalla differenza di pressione, bensì anche dalla temperatura di uscita.

4.2 Impianti con collettore e accumulo separati (circolazione forzata)

4.2.1 Impianto con resistenza elettrica integrata



Circuito solare: Il circuito solare è composto dal collettore, dal 'gruppo pompe e sicurezza' e dalle tubature di collegamento.

La pompa di circolazione del circuito solare è attivata da un regolatore differenziale di temperatura quando la temperatura all'interno del collettore è superiore alla temperatura di riferimento impostata nel serbatoio di accumulo.

Accumulo: Serbatoio in verticale con integrato uno scambiatore di calore a cui collegare il circuito solare e una resistenza elettrica integrata.

Integrazione
dell'impianto:

L'acqua sanitaria viene prelevata direttamente dal serbatoio di accumulo. Negli impianti in cui l'acqua può raggiungere una temperatura superiore ai 65°C è necessario installare un miscelatore a valle del serbatoio (poiché al di sopra di tale temperatura vi è deposito di calcare)

Riscaldamento
ausiliario:

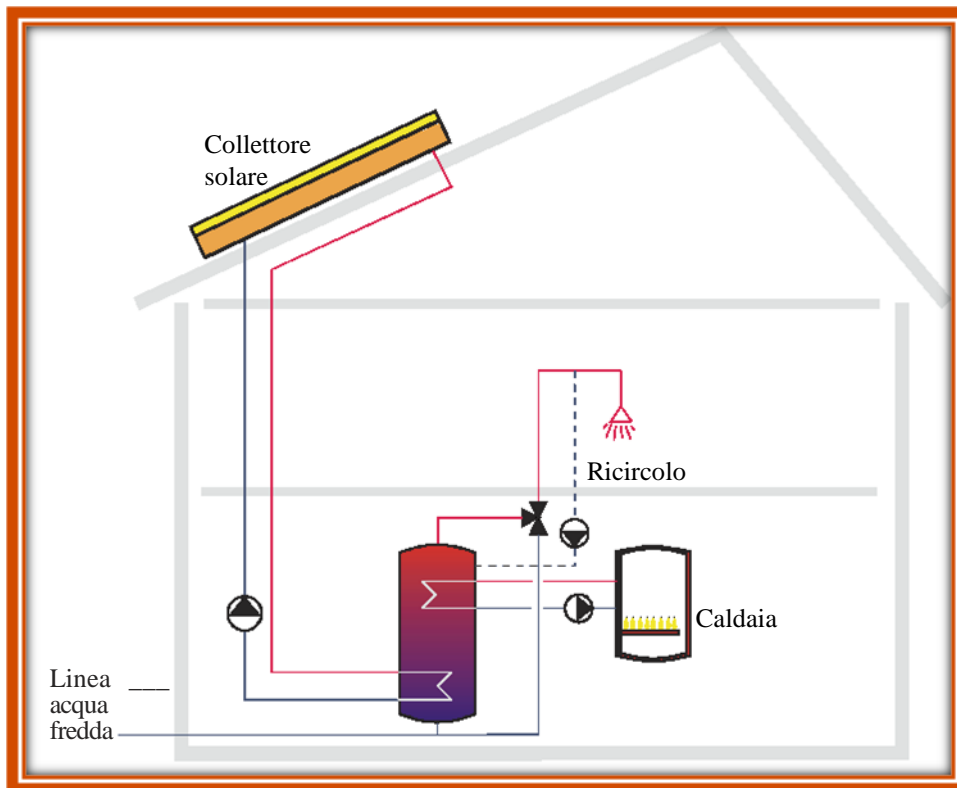
La parte del serbatoio che contiene l'acqua calda a disposizione, cioè quella da tenere sempre in temperatura, può essere riscaldata da una resistenza elettrica integrata.

Il riscaldamento ausiliario viene attivato da un termostato quando nel serbatoio la temperatura dell'acqua nella parte a disposizione scende al di sotto della temperatura nominale desiderata. Per evitare dispersioni di calore, il riscaldamento ausiliario può anche essere gestito da un timer.

Ricircolo:

La linea del ricircolo viene ricondotta dall'utenza (rubinetto) più lontana fino al serbatoio. Il funzionamento della pompa di circolazione dovrebbe essere limitato da un dispositivo a tempo perché rimanga in funzione solo quando è necessario. Si consiglia inoltre di prevedere l'inserimento di un termostato che escluda la pompa quando si raggiunge una determinata temperatura nominale.

4.2.2 Impianto con scambiatore di calore integrato per il riscaldamento ausiliario



Circuito solare: come 4.2.1

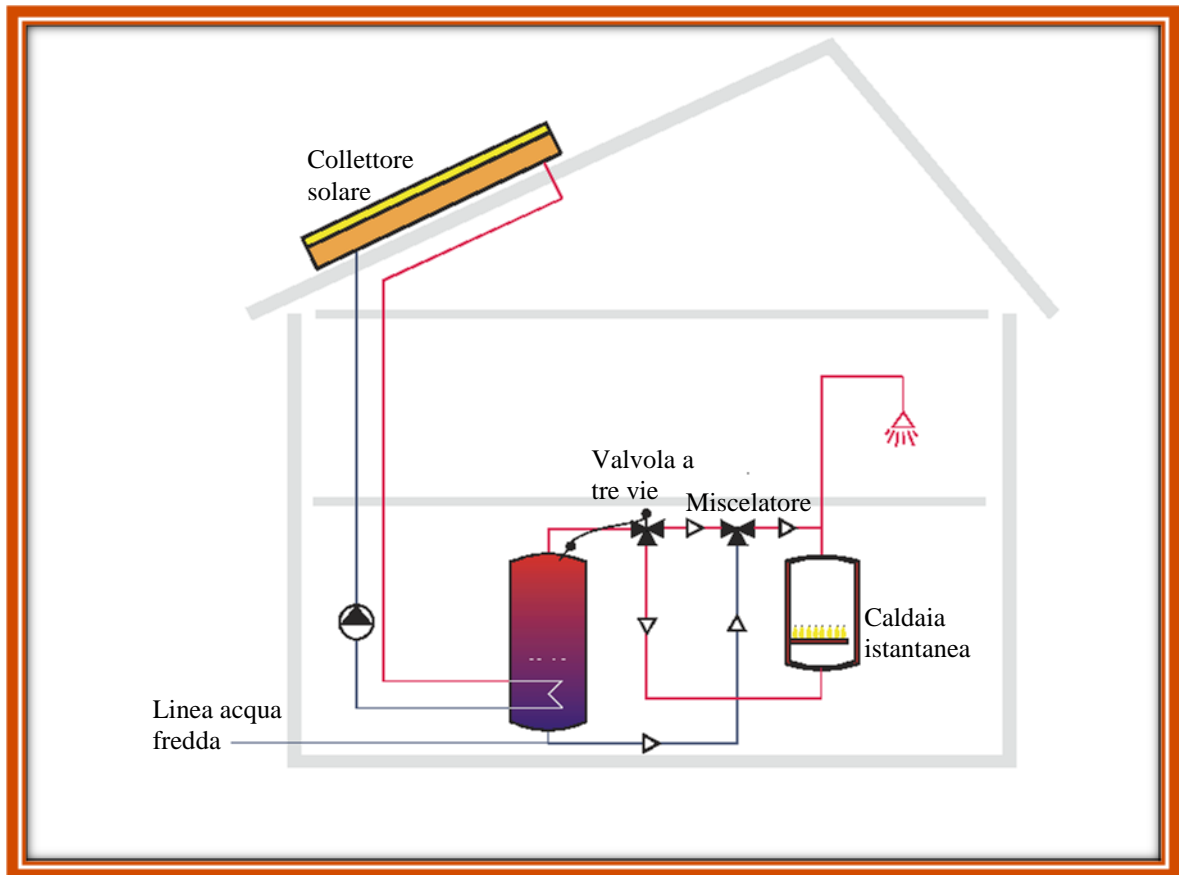
Accumulo: Serbatoio verticale di accumulo con due scambiatori di calore integrati, uno per il circuito solare e l'altro per il riscaldamento ausiliario.

Integrazione dell'impianto: come 4.2.1

Riscaldamento ausiliario: La parte del serbatoio che contiene l'acqua calda a disposizione, cioè quella da tenere sempre in temperatura, può essere riscaldata da uno scambiatore di calore legato a una caldaia. Il riscaldamento ausiliario viene comandato da un termostato quando nel serbatoio la temperatura dell'acqua nella parte a disposizione scende al di sotto della temperatura nominale desiderata. Per evitare dispersioni di calore il riscaldamento ausiliario può in aggiunta essere comandato anche da un timer.

Ricircolo: come 4.2.1

4.2.3 Impianto con caldaia istantanea



Circuito solare: come nello schema 4.2.1, il circuito solare è composto dal collettore, dal ‘gruppo pompe e sicurezza’ e dalle tubature di collegamento.

La pompa di circolazione del circuito solare è attivata da un regolatore differenziale di temperatura quando la temperatura all’interno del collettore è superiore alla temperatura di riferimento impostata nel serbatoio di accumulo.

Accumulo: Serbatoio di accumulo verticale con integrato uno scambiatore di calore per il circuito solare. L’acqua sanitaria viene prelevata direttamente dal serbatoio di accumulo.

Se la temperatura dell’acqua sanitaria è inferiore alla temperatura nominale desiderata (per esempio 45 o 50 °C), l’acqua viene convogliata da una valvola a tre vie fino a una caldaia istantanea e qui riscaldata fino a raggiungere la temperatura richiesta.

In alternativa l'acqua sanitaria può essere anche condotta alle utenze senza essere ulteriormente riscaldata. Negli impianti in cui l'acqua può raggiungere una temperatura superiore ai 65 °C è necessario installare un miscelatore a valle della valvola a tre vie oppure a valle del serbatoio, per evitare il fenomeno del deposito del calcare che avviene a queste temperature.

Riscaldamento

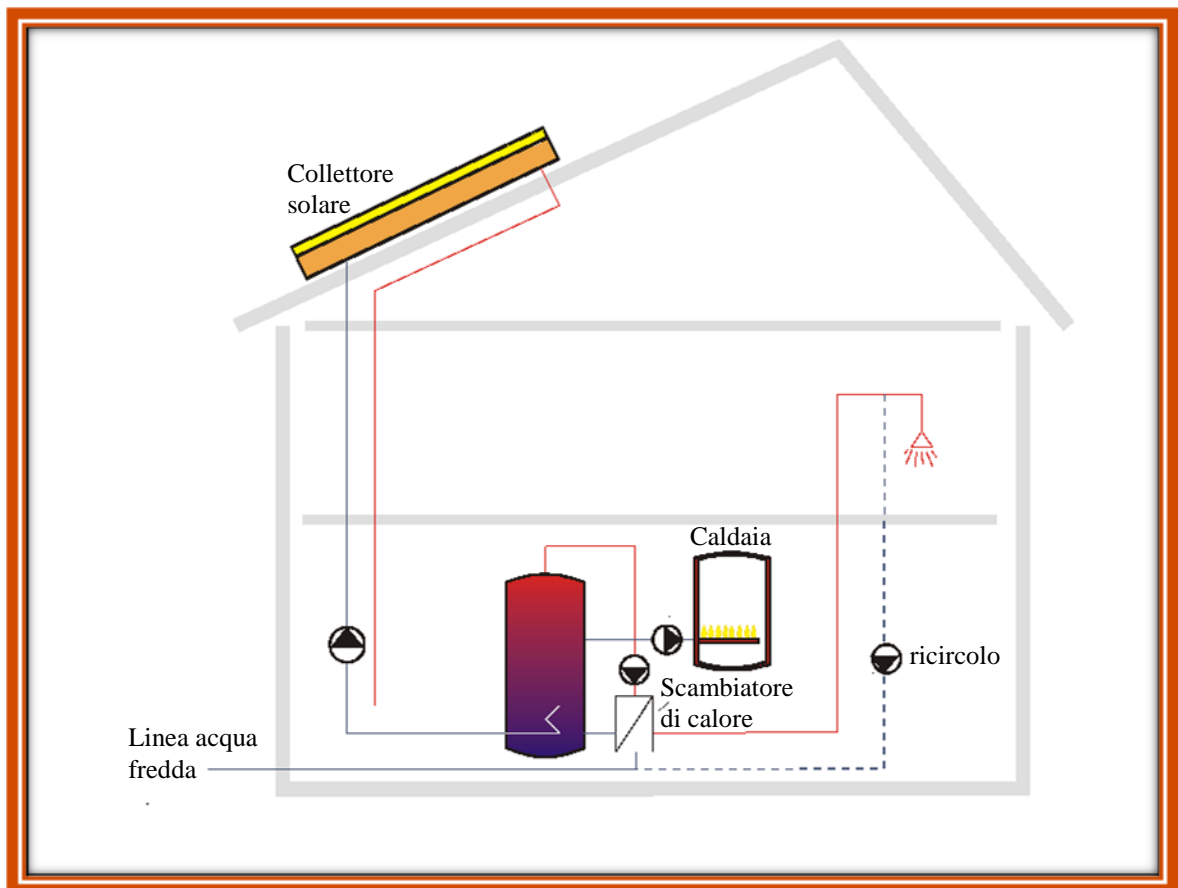
ausiliario: Caldaia istantanea a gas o elettrica.

La caldaia istantanea deve essere predisposta per lavorare con le diverse temperature di ingresso che si devono verificare tramite per esempio dei sensori di temperatura.

La caldaia istantanea utilizzata dovrebbe essere regolata non solo dalla differenza di pressione ma anche dalla temperatura di uscita per ottimizzarne l'uso.

4.2.4 Impianto con riscaldamento dell'acqua sanitaria mediante uno scambiatore di calore

Questo è un tipo di impianto raro da vedere e personalmente non lo ho supervisionato. Ho comunque visto gli schemi per la sua realizzazione. Questa variante (di riscaldamento indiretto) è particolarmente adatta per impianti di grandi dimensioni con volumi di accumulo superiori a 1000 litri, poiché il riscaldamento dell'acqua sanitaria mediante scambiatore di calore non crea problemi igienici nemmeno per grandi volumi d'acqua.



Circuito solare: come 4.2.1

Accumulo: Serbatoio verticale di accumulo con scambiatore di calore integrato per il circuito solare. Questo può essere anche eseguito come scambiatore di calore esterno.

Il serbatoio non deve avere caratteristiche prestazionali idonee a contenere acqua potabile.

Integrazione

dell'impianto: L'acqua sanitaria viene riscaldata mediante uno scambiatore di calore esterno. La pompa del circuito primario (tra accumulo e scambiatore di calore esterno) deve essere regolata in modo che all'uscita dello scambiatore di calore si raggiunga la temperatura nominale desiderata.

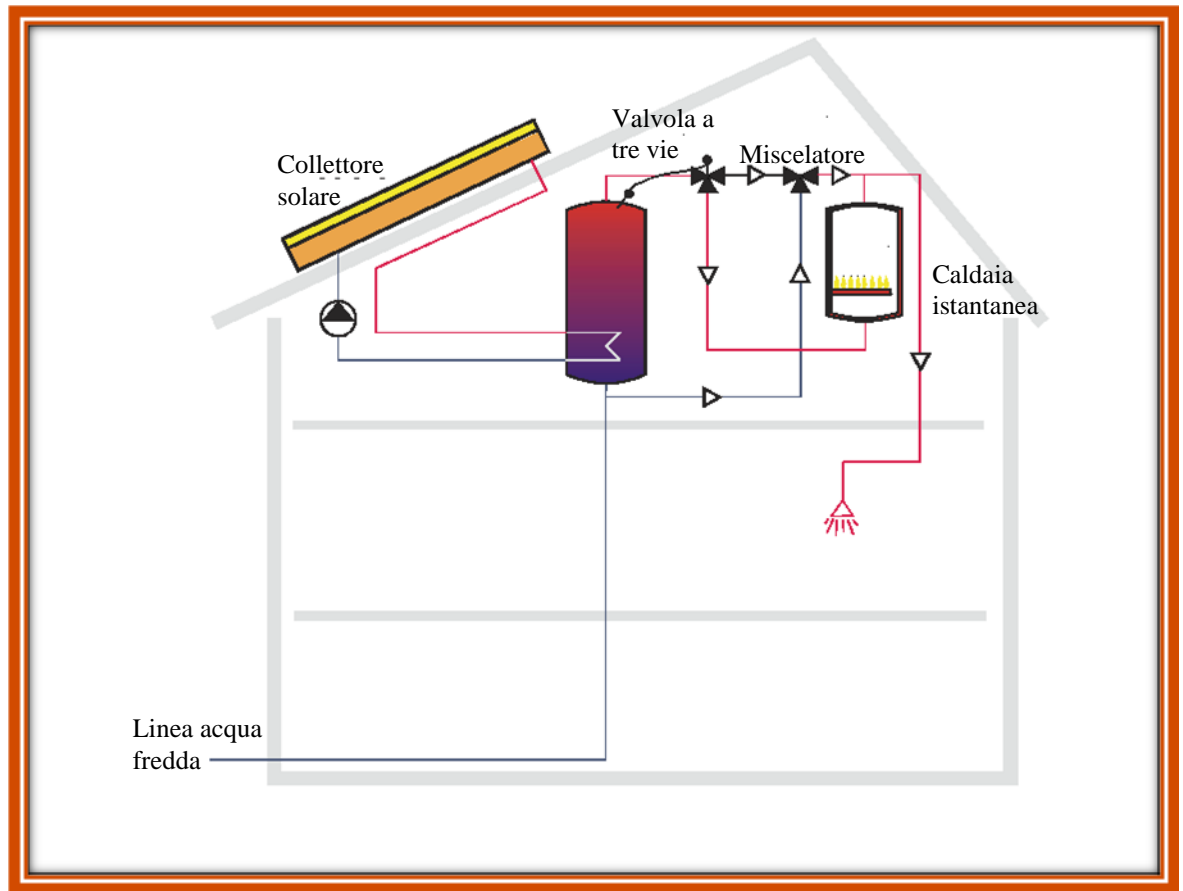
Riscaldamento

ausiliario: La parte del serbatoio che contiene l'acqua calda a disposizione, cioè quella da tenere sempre in temperatura, può essere riscaldata da uno scambiatore di calore legato a una caldaia.

Il riscaldamento ausiliario viene comandato da un termostato quando nel serbatoio la temperatura dell'acqua nella parte a disposizione scende al di sotto della temperatura nominale desiderata. Per evitare dispersioni di calore il riscaldamento ausiliario può in aggiunta essere comandato anche da un timer.

Ricircolo: La linea del ricircolo viene ricondotta dall'utenza (rubinetto) più lontana fino al serbatoio. Il funzionamento della pompa di circolazione dovrebbe essere limitato da un dispositivo a tempo perché rimanga in funzione solo quando è necessario. E' inoltre consigliato prevedere l'inserimento di un termostato che escluda la pompa quando si raggiunge una determinata temperatura nominale.

4.2.5 Impianto con centrale di riscaldamento sottotetto



Circuito solare: Il concetto è il medesimo dello schema 4.2.1.

Accumulo: Il concetto è il medesimo dello schema del 4.2.1.

Integrazione dell'impianto: L'impianto viene eseguito compreso di riscaldamento ausiliario come centrale di riscaldamento sottotetto.

Riscaldamento ausiliario: Il concetto è il medesimo dello schema 4.2.1.

5. PROGETTAZIONE

5.1 Introduzione

Il mio ruolo principale all'interno dell'azienda era quello del dimensionamento degli impianti solari. Per un impianto domestico non è necessario effettuare un accurato dimensionamento dell'impianto per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. È infatti possibile calcolarlo con formule 'spannometriche' e valori di riferimento. Prima di passare alla progettazione vera e propria bisogna innanzitutto eseguire un rilievo e verificare a livello generale la fattibilità dell'impianto. L'elemento più importante per il dimensionamento è la definizione del fabbisogno di acqua calda, in riferimento al quale si determina la dimensione dell'impianto solare, cioè la superficie dei collettori e il volume del serbatoio. Il mio compito terminava qui, ma i passi successivi sono costituiti dalla definizione della portata e del diametro delle tubature nel circuito del collettore, dalla scelta della pompa di circolazione e dal dimensionamento del vaso di espansione e della valvola di sicurezza.

5.2 Rilievo

È sempre di grande aiuto avere il rilievo, cioè un disegno o una descrizione che riporti le dimensioni essenziali e le caratteristiche dello stabile che richiede la messa in opera. I criteri più importanti per verificare la possibilità di installazione di un impianto solare sono riportati qui di seguito:

- ✓ Il tetto lascia la possibilità di accesso ai collettori per una successiva manutenzione?
- ✓ Le dimensioni di porte, scale e cantina permettono il trasporto e il passaggio del serbatoio?
- ✓ La superficie del tetto a disposizione è sufficiente?
- ✓ Il tetto ha un orientamento adeguato?
- ✓ Il tetto viene messo in ombra da parti di edificio, alberi o altro?

5.3 Analisi del fabbisogno di acqua calda

Negli edifici residenziali il fabbisogno termico per la produzione di acqua calda rimane costante nel corso dell'anno. Un'indicazione sul fabbisogno di acqua calda è data dal numero di persone che abitano l'edificio.

Solitamente il consumo giornaliero pro capite di acqua calda a 45 °C viene stimato intorno a queste cifre:

Comfort basso	30 l/(persona/giorno)
Comfort medio	50 l/(persona/giorno)
Comfort alto	80 l/(persona/giorno)

Nel caso si vogliano collegare all'impianto solare anche la lavatrice e la lavastoviglie, il fabbisogno deve essere aumentato di:

- ✓ Lavatrice: 20 l/giorno (1 lavaggio al giorno)
- ✓ Lavastoviglie: 20 l/giorno (1 lavaggio al giorno)

Negli edifici con funzione ricettiva il fabbisogno di acqua calda è strettamente dipendente dalla presenza di clienti. Il calcolo del fabbisogno giornaliero viene eseguito sulla presenza media di persone nel periodo compreso tra maggio e agosto, e su questo dato si effettua il dimensionamento dell'impianto. I valori di riferimento per il fabbisogno giornaliero medio pro capite sono qui riportati:

- ✓ Ostello della gioventù: 35 l/(persone e giorno)
- ✓ Standard semplice: 30 l/(persone e giorno)
- ✓ Standard alto: 50 l/(persone e giorno)
- ✓ Standard molto alto: 80 l/(persone e giorno)

Se la struttura offre anche servizio cucina, il fabbisogno di acqua calda aumenta indicativamente in questo modo:

- ✓ Pasto semplice: 10 l/(giorno e pasto)
- ✓ Pasto a più portate: 15 l/(giorno e pasto)

Se è previsto un circuito di ricircolo per la distribuzione dell'acqua calda nell'impianto, allora anche le sue dispersioni devono essere considerate come fabbisogno di acqua calda. È importante calcolare questo dato perché anche la sua dispersione può essere coperta dall'impianto solare. La quantità di questo surplus di calore dipende strettamente dalla lunghezza del circuito di ricircolo, dalla sua coibentazione e dal tipo di funzionamento (gestione a timer o a temperatura), e deve quindi essere accuratamente stimato caso per caso.

Il fabbisogno di acqua calda dipende direttamente dal comportamento individuale. Per un calcolo più preciso si possono utilizzare i dati delle bollette del gas o dell'elettricità. Il fabbisogno può essere calcolato anche montando un semplice contatore di flusso nella tubatura dell'acqua calda.

5.4 Dimensionamento della superficie dei collettori

Per una situazione con orientamento ideale (sud, inclinazione 30°) si utilizzano i valori di riferimento di seguito riportati per dimensionare la superficie del collettore. Questa viene quindi calcolata in relazione al fabbisogno giornaliero di acqua calda.

ZONE ITALIA	Valori di riferimento per il dimensionamento
Nord	1,2 m ² /(50 l/giorno)
Centro	1,0 m ² /(50 l/giorno)
Sud	0,8 m ² /(50 l/giorno)

Questi sono valori di riferimento per il dimensionamento dei collettori; questi valori di dimensionamento permettono di coprire completamente il fabbisogno durante i mesi estivi, cioè in estate tutta l'acqua calda sanitaria viene riscaldata dall'impianto solare. Calcolato su tutto l'anno, il risparmio energetico ottenuto è di circa 50-80%. I valori in tabella devono essere ridotti del 30 % nel caso in cui si usino collettori a tubi sottovuoto, grazie al loro rendimento maggiore. Infatti i valori di riferimento valgono per collettori piani; per collettori a tubo sottovuoto sono sufficienti i 2/3 della superficie calcolata.

Comunque, i valori riportati sono valori indicativi. La superficie reale dei collettori è da calcolare effettivamente sulle dimensioni dei moduli esistenti. Differenze di $\pm 20\%$ possono essere considerate non problematiche.

Per il dimensionamento dei collettori nelle strutture ricettive bisogna utilizzare il valore medio del fabbisogno giornaliero di acqua calda calcolato nei mesi da maggio ad agosto.

Orientamenti diversi da quello ideale riducono la prestazione dell'impianto molto meno di quanto normalmente si pensi. Nella maggior parte dei casi questo può essere compensato da un minimo aumento della superficie dei collettori. Una struttura di supporto per ottenere un migliore orientamento del collettore è, ove possibile, da evitare per motivi estetici.

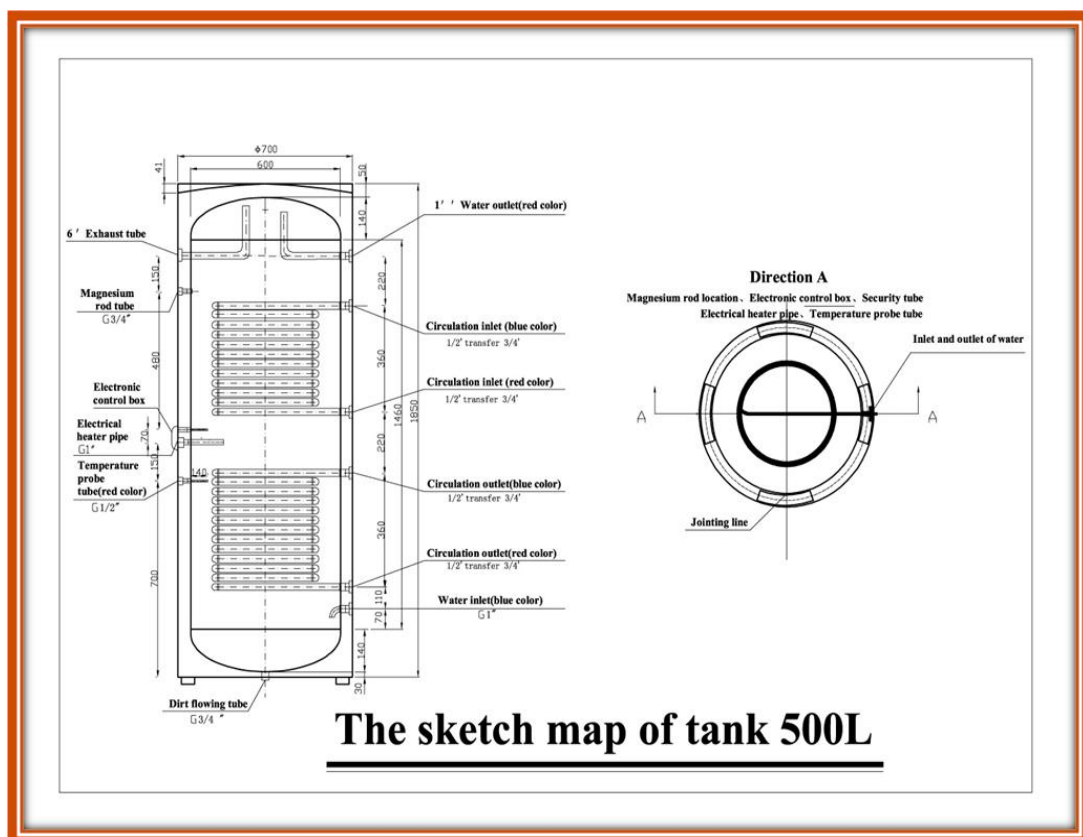
Di solito viene utilizzata una tabella dove sono indicati i valori di correzione per i diversi orientamenti. La superficie del collettore calcolata come descritto finora deve essere quindi divisa per il fattore di correzione.

Angolo di inclinazione

orientamento Sud: 0°Est/Ovest: 90°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0,89	0,97	1	0,99	0,93	0,83	0,69
15	0,89	0,96	1	0,98	0,93	0,83	0,69
30	0,89	0,96	0,99	0,97	0,92	0,82	0,70
45	0,89	0,94	0,97	0,95	0,9	0,81	0,70
60	0,89	0,93	0,94	0,92	0,87	0,79	0,69
75	0,89	0,91	0,91	0,88	0,83	0,76	0,66
90	0,89	0,88	0,87	0,83	0,78	0,71	0,62

5.5 Dimensionamento ed analisi: il serbatoio

Il serbatoio serve a equilibrare la differenza temporale tra la presenza dell'irraggiamento e l'utilizzo dell'acqua calda. Serbatoi dall'ampio volume permettono di superare periodi anche lunghi di brutto tempo, tuttavia causano anche maggiori dispersioni di calore. Il serbatoio di accumulo è necessario quando si ha a che fare con impianti solari per il riscaldamento, poiché non è possibile con un impianto a pannelli solari scaldare l'acqua a comando come invece si può fare con una caldaia a gas o a gasolio. Bisogna quindi installare in questi casi, un accumulatore termico pronto ad erogare acqua calda quando necessario.



Si devono avere degli accorgimenti di progettazione quando si progetta uno di questi apparecchi:

- ✓ l'ingresso di acqua fredda non deve provocare turbolenze nella massa d'acqua presente nel boiler, lasciando possibilmente inalterata la stratificazione dell'acqua, più calda in alto e più fredda in basso. Quindi il tubo di ingresso dell'acqua fredda è bene sia posto verso il fondo del boiler, mentre il tubo di prelievo dell'acqua calda deve essere posto in alto;

- ✓ la temperatura all'interno del serbatoio deve essere mantenuta intono ai 60 gradi centigradi. Questo è consigliabile perché scendere al di sotto di tale valore può causare la proliferazione batterica all'interno del serbatoio; questo può provocare la legionella, una malattia letale in diversi casi, che si diffonde a temperature di 40 gradi centigradi. Si consiglia inoltre di non salire oltre i 65 gradi centigradi perché a quella temperatura inizia il fenomeno della precipitazione del calcare all'interno del serbatoio. Infatti l'acqua utilizzata negli impianti idrici contiene sali di calcio e di magnesio che ne costituiscono la durezza. (Per durezza dell'acqua si intende un valore che esprime il contenuto di sali di calcio e magnesio oltre che di eventuali metalli pesanti presenti nell'acqua.) Riscaldando l'acqua, la durezza produce una reazione chimica con formazione di carbonato di calcio e magnesio (comunemente detto calcare), ed anidride carbonica. L'acqua impiegherebbe quindi più tempo a scaldarsi e consuma più energia e ciò può accorciare la vita del serbatoio in quanto il calcare è spesso responsabile di corrosione.

La serpentina dello scambiatore di calore deve estendersi verso il fondo del serbatoio dove in genere si depositano le impurità e dove è più facile che si formino colonie batteriche per via dell'acqua più fredda stratificata verso il basso, perché il suo calore deve poter uccidere eventuali batteri. A tal proposito è bene che l'accumulo preveda la possibilità di scarico in modo agevole per esigenze di manutenzione.

- ✓ All'interno del serbatoio poi ci vuole una sonda termostatica che rilevi la temperatura dell'acqua nel boiler; questa deve avvenire in posizione baricentrica rispetto allo scambiatore. Ciò significa che il sensore di temperatura non va posto troppo in basso e nemmeno troppo in alto rispetto allo scambiatore di calore.

Un altro elemento di rilievo dei serbatoi è l'anodo al magnesio: questo permette di controllare eventuali processi corrosivi come le correnti galvaniche. Queste si hanno quando in una tubazione in materiale conduttore al passaggio di un liquido, essa si carica

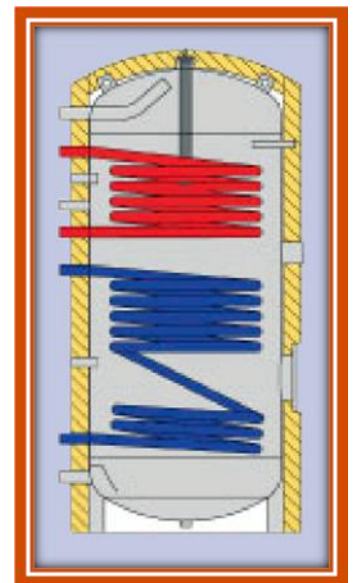
per effetto triboelettrico (fenomeno simile allo strofinio). Il comitato elettrotecnico italiano detta le protezioni contro le scariche elettrostatiche e questi argomenti sono trattati dalla norma CEI 64-8. Esso deve essere verificato almeno ogni due anni e rinnovato se consumato.

Comunque, per evitare eccessive usure dell'anodo è opportuno prevedere una corretta connessione di messa a terra dell'impianto.

5.5.1 Le serpentine dei boiler

Nel caso di serbatoi in cui più fonti termiche contribuiscono alla formazione dell'acqua calda come impianto solare, caldaia a legna, a gas, ecc, si preferirà sistemi basati sulla stratificazione dell'acqua dovuta alla variazione di densità con l'aumentare della temperatura e sullo scambio termico collocato in opportune posizioni.

La soluzione più semplice consiste nell'adozione di un serbatoio con due scambiatori: quello più in basso destinato allo scambio con un fonte energetica di tipo solare, quello superiore alimentato



da una caldaia, in genere a gas o a gasolio o da una resistenza elettrica . In alcuni casi gli scambiatori di calore sono tre, dove il terzo scambiatore in genere posto tra gli altri due è alimentato da una fonte di energia alternativa come una caldaia a legna o a pellets.

In questo modo il serpentino più in basso alimentato dall'impianto solare fornirà al sistema una parte di energia che non dovrà più fornire il secondo serpentino posto più in alto, il quale fornirà solo la differenza di energia tra quella di fabbisogno e quella già ricevuta dal sistema solare. Idem per il terzo serpentino.

Come detto quindi, spesso questi serbatoi vengono abbinati con impianti solari collegati alla caldaia tradizionale e dispongono di più serpentine. In questo caso occorre scegliere il boiler accumulatore con una certa oculatezza e fare attenzione al baricentro termico, cioè alla temperatura alla quale i due impianti entreranno in funzione e alla posizione in cui

vengono posizionati gli attacchi degli scambiatori di calore a serpentina all'interno dell'accumulatore che sarà diversa a seconda dei casi ai quali il boiler sarà collegato: se ad una o più caldaie in abbinamento ad un impianto solare o meno.

Si possono avere due tipi di configurazioni: singola e doppia serpentina.

- ✓ Nel caso di singola serpentina, l'acqua scaldata dai pannelli passa in quest'ultima che calda l'acqua nel boiler, ma è di difficile accoppiamento con una caldaia classica.
- ✓ Accoppiando invece un pannello con un boiler a doppia serpentina, una serpentina viene dal pannello e scalda l'acqua nel boiler; quando il pannello non è sufficiente, interviene la caldaia che scalda l'acqua dell'altra serpentina e porta alla temperatura desiderata l'acqua nel boiler.

5.6 Scambiatori di calore del circuito solare

- ✓ Negli impianti semplici, come di norma sono quelli delle case unifamiliari, si preferisce solitamente impiegare all'interno del serbatoio scambiatori di calore a tubi lisci o corrugati.
- ✓ Negli impianti più grandi si utilizzano scambiatori di calore esterni a piastre o a fasci di tubi e la superficie dello scambiatore di calore dovrebbe essere circa $0,4 \text{ m}^2/(\text{m}^2 \text{ superficie del collettore})$; si calcola la potenza massima che i collettori possono trasmettere e a seconda di questa potenza si sceglie un adeguato scambiatore di calore esterno.

5.7 Circuito solare

5.7.1 Fluido termovettore

Dove non vi è pericolo di gelo si utilizza l'acqua come liquido termovettore all'interno del circuito solare. In questo caso per evitare corrosioni bisogna aggiungere gli inibitori indicati dal produttore.

Nelle zone a rischio di gelo si usa invece una miscela di acqua e di propilenglicolo atossico. La concentrazione del glicolo deve essere definita secondo le indicazioni del produttore in modo che la sicurezza antigelo ci sia fino a una temperatura che sia di 10 K inferiore alla temperatura minima media su cui si esegue il calcolo di progettazione dell'impianto di riscaldamento. Per esempio se il riscaldamento viene dimensionato per una temperatura minima media di $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, la concentrazione del glicolo dovrebbe essere sufficiente a garantire l'antigelo per una temperatura di $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Gli inibitori di corrosione sopra citati sono di norma già miscelati con la maggior parte dei liquidi antigelo per impianti solari reperibili sul mercato.

Per le tubature del circuito solare si possono usare tubi di rame oppure tubi corrugati flessibili di acciaio inossidabile. Noi consigliamo delle tubazioni pre-isolate a due tubi, per il collegamento negli impianti solari termici destinati alla produzione di acqua calda sanitaria e/o integrazione al riscaldamento. Hanno una maggiore durata e nessun degrado dovuto all'esposizione alla luce del sole o ad azioni meccaniche di abrasione. Sono resistenti fino a temperature di 175°C .



5.7.2 Portata del flusso

La portata del flusso all'interno del circuito solare deve essere abbastanza grande da garantire un buon asporto del calore dal collettore. Se la portata del flusso è troppo alta, però, aumenta di conseguenza la perdita di pressione nelle tubature e quindi anche l'impegno di energia che deve essere fornito da parte della pompa di circolazione.

La portata del flusso deve essere di circa 30 – 40 l/(m² h) per ogni metro quadrato di collettore solare se piani, se invece tubi heatpipe sarà 1/10 di tale valore. Se si impiegano predefiniti collettori bisogna seguire le indicazioni del produttore.

Negli impianti di dimensioni maggiori è possibile, con un montaggio continuo in serie delle strisce di assorbimento all'interno del collettore, ottenere da una parte che in ognuna delle strip passi una quantità sufficiente di acqua per garantire un buon asporto del calore, e dall'altra che il flusso specifico attraverso tutto il collettore possa essere tenuto piuttosto basso (per esempio 12 – 20 l/(m² h)) riducendo così decisamente le spese per le tubature del circuito solare e per la pompa.

5.7.3 Calcolo della perdita di pressione e scelta della pompa

La pompa di circolazione del circuito solare deve essere dimensionata con molta cura. Se la potenza della pompa è troppo bassa si possono generare grandi escursioni termiche all'interno del circuito del collettore, causando quindi un rendimento troppo basso del collettore. Una pompa troppo potente causa invece un consumo energetico inutilmente grande.

Nei piccoli impianti, fino a 12 m² di superficie dei collettori e fino a 50 metri di tubature, possono essere impiegate piccole pompe da riscaldamento.

Negli impianti più grandi è inevitabile procedere al calcolo della perdita di pressione e quindi alla scelta di una pompa adeguata. In questo caso, infatti, i valori di perdita di pressione sono da calcolare per le tubature e per tutte le componenti (collettori, fluido termovettore, raccordi, valvola di non ritorno, valvole ecc.). I dati sono indicati nella

documentazione tecnica delle diverse componenti e nelle tabelle e diagrammi riportati nei manuali per installatori . I diagrammi della perdita di pressione per le miscele di acqua e glicole sono messi a disposizione dai produttori di glicole.

5.7.4 Pressione d'esercizio, vaso d'espansione e valvola di sicurezza

La pressione di esercizio deve essere determinata con cura poiché la sua errata impostazione e un calcolo impreciso delle dimensioni del vaso di espansione sono una frequente fonte di malfunzionamento negli impianti solari. Un dimensionamento poco accurato può portare in estate, in conseguenza a una fermata dell'impianto per surriscaldamento, alla perdita di fluido termovettore, impedendo all'impianto di rientrare automaticamente in funzione.

La pressione d'esercizio viene determinata in questo modo:

- ✓ La pressione iniziale P_I è la pressione (differenza di pressione rispetto all'ambiente) all'interno del circuito solare che deve essere raggiunta durante il riempimento del circuito a freddo. È la stessa pressione che si raggiunge anche di notte quando la pompa di circolazione del circuito solare non è in funzione. Dipende dal dislivello tra il punto più alto del circuito solare e la sede del vaso di espansione. Se la differenza di quota è per esempio di 10 m, ciò corrisponde a 10 m di colonna d'acqua = 1 bar. La pressione iniziale dovrebbe quindi, con un supplemento di sicurezza di 0,5 bar, raggiungere almeno il valore $p_I = 1,5$ bar. Il valore consigliato è: $P_I = 2$ bar fino a 15 m di dislivello.
- ✓ La pressione finale P_F è la pressione teorica (differenza rispetto alla pressione dell'ambiente) all'interno del circuito solare, che non viene mai superata se l'esecuzione è corretta. Si calcola sulla tenuta a pressione delle componenti (per esempio collettori), ma non dovrebbe mai superare 5,5 bar. Il valore consigliato è $P_F = 5$ bar, se le componenti lo permettono.

- ✓ La pressione predefinita nel vaso d'espansione P_{VE} dovrebbe essere di circa 0,3 – 0,5 bar al di sotto della pressione iniziale P_I , in modo che anche a freddo la membrana del vaso d'espansione sia leggermente in tensione. Il vaso d'espansione può essere acquistato con questa pressione a riposo oppure si può impostare il valore desiderato direttamente sulla valvola. A questo scopo si può utilizzare un semplice manometro per pneumatici. Il valore consigliato è $P_{VE} = 1,5$ bar.
- ✓ La pressione d'intervento della valvola di sicurezza P_{VS} (differenza rispetto alla pressione dell'ambiente) dovrebbe essere almeno 0,5 bar al di sopra della pressione finale, in modo che la valvola di sicurezza, se l'esecuzione è corretta, non entri mai in gioco. Valore consigliato: $p_{VS} = 6$ bar, se le componenti lo permettono.
- ✓ Inoltre il fattore di pressione $\Delta f = (P_F - P_I) / (P_F + 1)$ del vaso d'espansione non deve essere maggiore di 0,5 perché altrimenti la membrana al suo interno si logora inutilmente.



Il vaso di espansione serve a recepire l'aumento di volume all'aumento della temperatura del fluido termovettore e in caso di stagnazione dell'impianto serve a recepire tutto il fluido contenuto all'interno del collettore.

Il contenuto di fluido V_{FI} all'interno del circuito solare si calcola in questo modo:

contenuto di fluido del circuito $V_{FI} =$ contenuto di fluido nel collettore V_C
 + contenuto di fluido nelle tubature
 + contenuto di fluido nello scambiatore di calore
 + contenuto di fluido in altre componenti

La dilatazione del volume del fluido viene così calcolata:

$\Delta V = e * V_{FI}$ con coefficiente di dilatazione $e = 0,05$ per l'acqua, $e = 0,07$ per miscela acqua/glicole

Il volume utile del vaso d'espansione viene calcolato con una ulteriore sicurezza del 10% è pari a

$$V_U = (\Delta V + V_C) * 1,1$$

Il volume nominale, cioè il volume che viene riportato nei cataloghi dei prodotti deve essere calcolato utilizzando le pressioni determinate in precedenza.

$$V_N = V_U * (P_F + 1) / (P_F - P_I)$$

Il vaso d'espansione deve avere almeno questo volume nominale. L'esperienza ha comunque portato al raggiungimento di una tabella, per avere dei riferimenti nella scelta del volume nominale dei vasi di espansione. Riporto alcuni esempi:

superficie collettore [m ²]	pressione iniziale	
	P _I = 1,5 bar	P _I = 2,5 bar
5	12 l	18 l
7,5	18 l	25 l
10	25 l	35 l
15	35 l	50 l

6. REGOLAMENTI

Esistono una serie di leggi, decreti e norme rilevanti per la costruzione di impianti solari termici, tra cui i più importanti sono:

- ✓ legge 10/91 sul risparmio energetico e il decreto di attuazione DPR 412/93;
- ✓ legge 46/90 sulla sicurezza degli impianti negli edifici civili e il DPR 447/91;
- ✓ leggi e normative in materia di vincoli storico-artistico e paesaggistico o ambientale e dei regolamenti edilizi comunali.

6.1 Risparmio energetico (Legge 10/91)

Le norme di cui alla Legge 9 gennaio 1991 n. 10, DPR 26 agosto 1993 n. 412 e DM 30 luglio 1986, regolano la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari, alimentati da combustibili solidi, liquidi o gassosi, negli edifici pubblici e privati. Regolano altresì le caratteristiche di isolamento termico del riscaldamento ambientale.

In seguito citiamo solo alcuni provvedimenti che risultano essere di maggior interesse per la realizzazione di impianti solari termici.

6.1.1 Temperatura di erogazione dell'acqua calda per usi igienici e sanitari

Gli impianti centralizzati di produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari di nuova installazione devono essere previsti e condotti in modo che l'acqua venga erogata a temperatura non superiore a $48 + 5$ °C. Qualora siano al servizio di due o più appartamenti devono essere dotati di contatori divisionali.

6.1.2 Isolamento degli impianti termici

Per gli impianti termici da installare, tutte le tubazioni, comprese quelle montanti in traccia o situate nelle intercapedini delle tamponature a cassetta, anche quando queste ultime sono isolate termicamente, devono essere installate e coibentate secondo la modalità previste dall'allegato B del DPR 4 12/93.

6.1.3 Deposito del progetto dell'impianto termico

Prima dell'inizio dei lavori per l'installazione di un nuovo impianto termico o per la ristrutturazione di un impianto esistente, che comporti un aumento della potenza termica o la sostituzione del generatore di calore, il committente deve depositare presso gli uffici competenti del Comune, che rilascia attestazione del deposito, una relazione tecnica di conformità ai requisiti della legge 10/91.

Col decreto DM del 13 dicembre 1993 è stato predisposto uno schema che definisce la struttura della relazione tecnica, distinguendo tre tipi di intervento:

- ✓ opere relative a edifici di nuova costruzione o a ristrutturazione di edifici;
- ✓ opere relative agli impianti termici di nuova installazione in edifici esistenti e opere relative alla ristrutturazione degli impianti termici;
- ✓ opere relative alla sostituzione di generatori di calore di potenza nominale superiore a 35 kW.

I primi due modelli richiedono la determinazione del fabbisogno energetico normalizzato (FEN, vedi capitolo 6.1.5) dell'edificio su cui si effettua l'intervento.

6.1.4 Collaudo degli impianti

La certificazione delle opere e il collaudo devono essere eseguiti secondo le disposizioni previste dalla legge 46/90 e successivi decreti attuativi.

6.1.5 Fabbisogno energetico normalizzato (FEN)

Il fabbisogno energetico convenzionale per la climatizzazione invernale è la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura al valore costante di 20 °C con un adeguato ricambio d'aria durante l'intera stagione di riscaldamento. Il fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale (FEN) è il fabbisogno energetico convenzionale diviso per il volume riscaldato e i gradi giorno della località. L'unità di misura utilizzata è di kJ/m³ GG (gradi-giorni). Il calcolo del fabbisogno energetico convenzionale e del FEN devono essere effettuati con la metodologia indicata dalle norme tecniche UNI. Il valore del FEN deve risultare inferiore a un valore limite prescritto dal DPR 412.

6.2 Sicurezza degli impianti (Legge 46/90)

6.2.1 Ambito di applicazione

Sono soggetti all'applicazione della legge 46/90 gli impianti relativamente agli edifici civili e, per i soli impianti elettrici, anche agli edifici adibiti a sede di società, ad attività industriali, commerciali o agricole. In particolare gli impianti sono:

- ✓ impianti elettrici;
- ✓ impianti radiotelevisivi ed elettronici, le antenne e gli impianti di protezione di scariche atmosferiche;
- ✓ impianti di riscaldamento e di climatizzazione;
- ✓ impianti idrosanitari;
- ✓ impianti per il trasporto e l'utilizzazione di gas;
- ✓ ascensori e montacarichi;
- ✓ impianti di protezione antincendio;

6.2.2 Soggetti abilitati e requisiti tecnico-professionali

Sono abilitate all'installazione, alla trasformazione e alla manutenzione degli impianti tutte le imprese, singole o associate, regolarmente iscritte nel registro delle ditte o nell'albo provinciale delle imprese artigiane. L'esercizio delle attività elencate è subordinato al possesso, da parte dell'imprenditore o del suo responsabile tecnico, dei seguenti requisiti tecnico professionali:

- ✓ laurea in materia tecnica specifica conseguita presso un'università statale;
- ✓ specializzazione relativa al settore specifico e inserimento di almeno un anno alle dirette dipendenze di un'impresa del settore;
- ✓ titolo o attestato di formazione professionale e inserimento di almeno due anni alle dirette dipendenze di un'impresa del settore;
- ✓ oppure prestazione lavorativa svolta alle dirette dipendenze di un'impresa del settore per un periodo non inferiore a tre anni

6.2.3 Progettazione e installazione degli impianti

Il regolamento di attuazione sancisce che la redazione del progetto da parte di professionisti iscritti negli albi professionali è obbligatoria per l'installazione, la trasformazione e l'ampliamento degli impianti.

Le imprese installatrici sono tenute a eseguire gli impianti a regola d'arte, utilizzando a tal fine materiali parimenti costruiti a regola d'arte. Sono da considerare materiali costruiti a regola d'arte quelli realizzati secondo le norme tecniche di sicurezza dell'UNI e del CEI, nonché quelli realizzati nel rispetto della legislazione tecnica vigente in materia di sicurezza.

6.2.4 Dichiarazione di conformità e responsabilità del committente o del proprietario

L'impresa installatrice è tenuta a rilasciare al committente, al termine dei lavori, la dichiarazione di conformità degli impianti realizzati nel rispetto delle norme introdotte.

Tale dichiarazione deve essere resa sulla base del modello predisposto dal Ministero dell'Industria (vedi allegato). Formeranno parte integrante della dichiarazione di conformità – che deve essere sottoscritta dal titolare o dal legale rappresentante dell'impresa installatrice – la copia del certificato di riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali, la relazione contenente la descrizione della tipologia dei materiali impegnati nonché, ove previsto, il progetto. Una copia della dichiarazione di conformità dovrà essere inviata dall'impresa alla Camera di commercio, nella cui circoscrizione l'impresa stessa ha la propria sede.

Il committente o il proprietario che è tenuto ad affidare i lavori di installazione, trasformazione, ampliamento e manutenzione straordinaria degli impianti, rischia, in caso di violazione, una sanzione amministrativa a carico dello stesso, che va da un minimo di 50 Euro ad un massimo di 250 Euro.

6.3 Leggi e regolamenti in materia di edilizia

L'installazione di un impianto solare termico su un edificio esistente richiede, nel rispetto delle leggi vigenti in materia di edilizia, alcuni atti amministrativi. La legislazione italiana prevede, a seconda della tipologia di intervento prevista, tre diversi atti amministrativi:

6.3.1 Concessione ai lavori

Atto amministrativo prodotto dall'ente locale a seguito di una domanda scritta con cui si permette, con parere scritto, l'esecuzione di lavori od opere previ accertamenti tecnici, normativi e burocratici.

La domanda deve essere corredata da esauriente documentazione tecnica sui lavori o le opere da svolgere e dal progetto di massima delle stesse.

Di norma si applica per lavori di manutenzione straordinaria che richiedono ponteggi, occupazione di suolo pubblico, evacuazione dell'edificio ecc.

Dovranno essere indicate le situazioni o meno di contrasto con le vigenti leggi e normative in materia di vincoli storico-artistici e paesaggistici o ambientali e dei regolamenti edilizi comunali vigenti.

6.3.2 Autorizzazione ai lavori

Atto amministrativo prodotto dall'ente locale a seguito di una domanda scritta con cui si permette l'esecuzione di lavori od opere previ accertamenti tecnici, normativi e burocratici. A differenza della Concessione, che deve essere sempre data per iscritto, l'Autorizzazione è automaticamente concessa se il Sindaco non si pronuncia entro il termine di 60 o 90 giorni dalla domanda (silenzio-assenso). Si applica per lavori di manutenzione straordinaria di media entità interni o esterni all'edificio.

Dovranno essere indicate le situazioni o meno di contrasto con le vigenti leggi e normative in materia di vincoli storico-artistici e paesaggistici-ambientali e dei regolamenti edilizi comunali vigenti.

6.3.3 Dichiarazione Inizio Attività (DIA)

Comunicazione scritta all'ente locale in cui si informa sui lavori che si intende fare, dove si intende farli e che gli stessi non sono in contrasto con leggi vigenti in materia di vincoli storico-artistici e paesaggistico-ambientali e di sicurezza.

A differenza dell'autorizzazione i lavori possono iniziare al termine dei 20 giorni dalla comunicazione al Comune. Si applica per lavori di manutenzione straordinaria interne a unità immobiliari.

Nella maggioranza dei casi, per l'installazione di un impianto solare termico, ci sarà richiesta soltanto una Dichiarazione Inizio Attività.

6.3.4 Vincoli storico-artistici e paesaggistico - ambientali

Uno degli ostacoli per ottenere l'autorizzazione all'installazione di collettori solari possono essere preoccupazioni, da parte dell'ente comunale di protezione storico-artistica e paesaggistico - ambientale, riguardo l'impatto visivo. Infatti, nel centro storico di molte città e nelle aree protette, è stata categoricamente vietata l'applicazione di collettori solari su edifici. Questi regolamenti piuttosto rigidi, spesso non sono giustificabili, considerando l'alto livello di integrazione architettonica che si può ottenere con impianti solari termici progettati e installati adeguatamente.

Come esempio di buona pratica si può citare la legge regionale 84/99 della Regione Abruzzo che definisce nel Art. 2:

“[...] Nelle zone soggette a vincolo storico-paesaggistico è ammessa la realizzazione di impianti solari che rispondono alla seguenti tipologie:

- ✓ collettori solari a filotto senza strutture di sovrالعlevazione con posizionamento di serbatoi non in vista
 - ✓ collettori solari con posizionamento a terra, anche con eventuale serbatoio a vista
- [...]”

E' auspicabile che questo esempio venga recepito nei prossimi anni anche nella normativa urbanistica e paesaggistica di altri regioni e comuni italiani.

7. INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE

7.1 Sicurezza sul lavoro

Nella maggior parte dei casi per l'installazione di un impianto solare è necessario lavorare sul tetto. In particolare per il montaggio di collettori solari bisogna trasportare le singole componenti sul tetto e assemblarle là sopra. Quindi esiste il problema reale che materiale o persone scivolino giù dal tetto. Una possibilità per la sicurezza delle persone consiste nell'imbragatura di sicurezza. Pareti di sicurezza proteggono i passanti dal materiale in caduta e offre al contempo un'ulteriore misura di sicurezza per le persone che lavorano sul tetto.

7.2 Impianti con collettore e serbatoio separati

7.2.1 Montaggio di un collettore solare

7.2.1.1 Installazione del collettore

7.2.1.1.1 Direzione del Collettore

Il collettore deve essere posto verso l'equatore, che nell'emisfero nord boreale è verso sud e viceversa. Il posizionamento del collettore nella posizione e all'angolatura corretti assicura la resa di calore ottimale; in ogni caso, una deviazione fino a 10° dal Nord o Sud è accettabile, e crea minimi effetti negativi nel rendimento del calore dal collettore.

7.2.1.1.2 Angolatura del Collettore

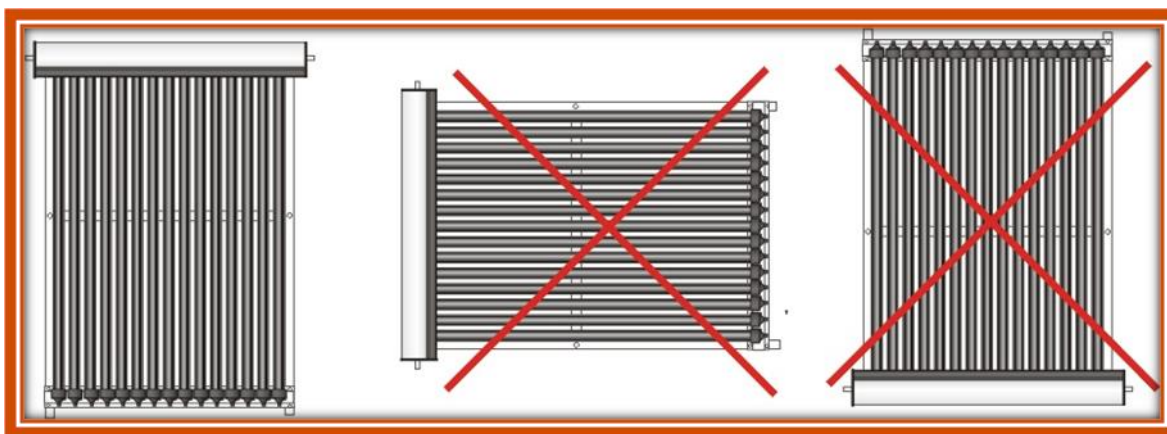
E' tipico per il collettore essere installato ad un angolo che corrisponde alla latitudine della località in cui è posto. Evitare di installare ad un'angolatura inferiore a 20°, in quanto la migliore resa degli heat pipes si ha tra i 20°/70°. Seguendo la regola della latitudine, se l'angolo differisce di +/-10° rispetto alla stessa, è accettabile e non riduce significativamente il rendimento solare. Un angolo minore rispetto alla latitudine aumenta il rendimento estivo, mentre uno maggiore aumenta quello invernale. Le angolature al di

fuori di questo margine possono essere utilizzate, ma si avrà un abbassamento della resa del calore.

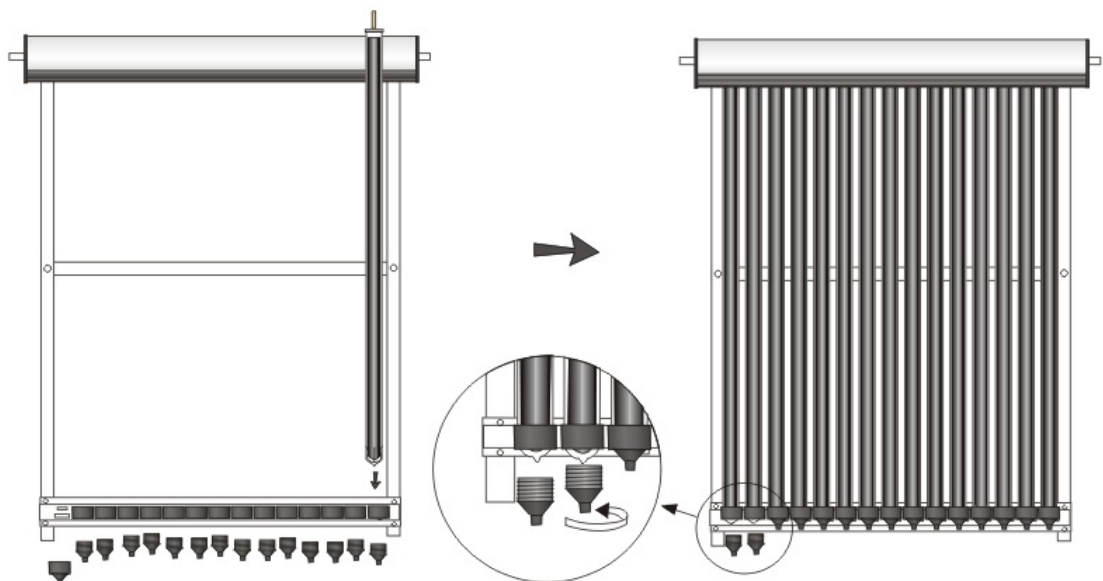
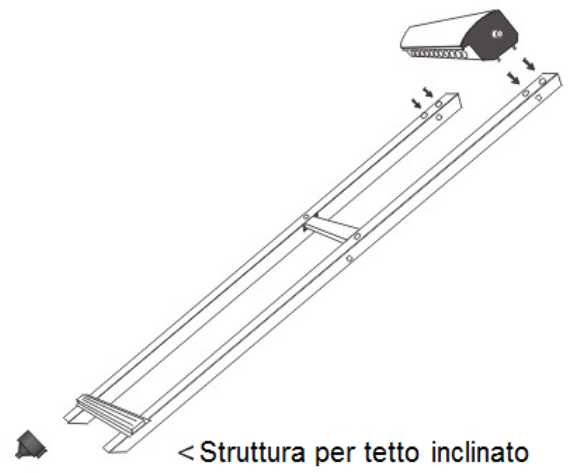
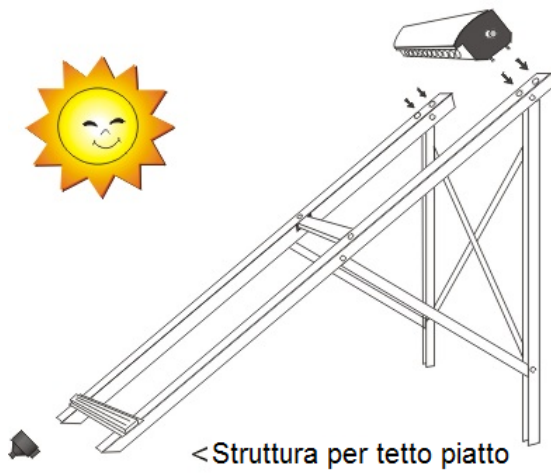
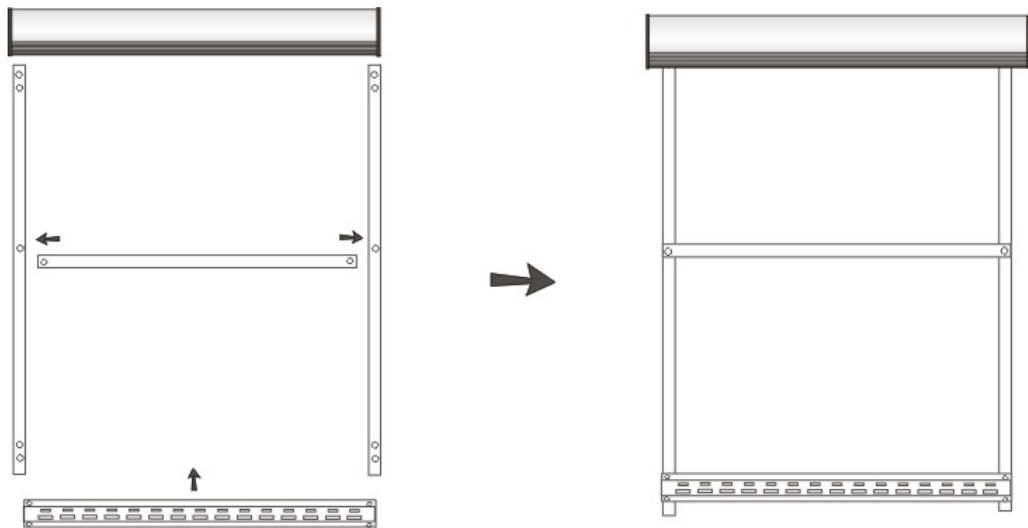
7.2.1.1.3. Ubicazione

Il collettore deve essere posizionato più vicino possibile al cilindro di raccolta, evitando lunghe tubature.

Il cilindro di raccolta deve quindi considerare le esigenze di installazione del collettore: posizionarlo più vicino possibile ai tubi che escono dal tetto.



7.2.1.2 Installazione della struttura

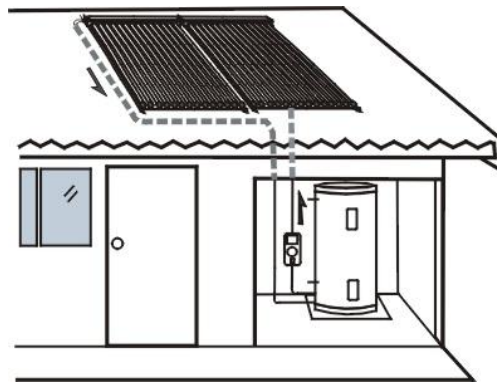


7.2.2 Installazione e collegamento del serbatoio

7.2.2.1 Installazione

Di norma è meglio mettere prima in posizione il serbatoio e poi portare le condutture fino al serbatoio e collegarle.

Se il serbatoio viene posizionato sulla soletta di un piano è necessario verificarne prima la portata



di carico. La disposizione di travi sotto al serbatoio può aiutare a distribuire il carico.

Serbatoi smaltati devono essere trasportati con cura fino alla loro dislocazione, perché lo smalto può rovinarsi. Durante il posizionamento è importante controllare che vi sia ancora spazio sufficiente per l'applicazione della coibentazione e per i successivi lavori di manutenzione (per esempio la sostituzione dell'anodo al magnesio, che serve per l'anticorrosione).

7.2.2.2 Coibentazione

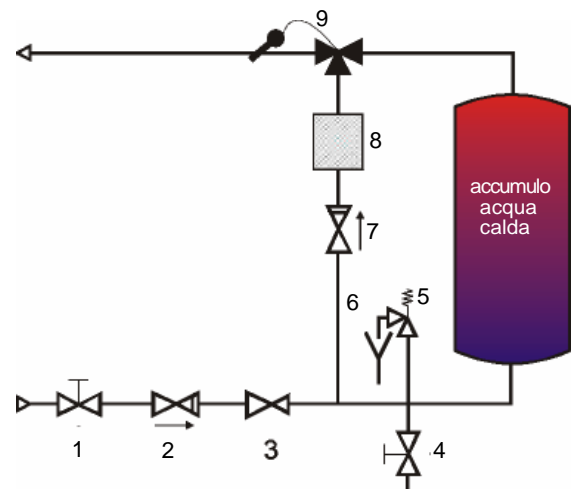
I serbatoi solari dovrebbero, a seconda del coibente utilizzato, avere uno strato isolante di almeno 8 cm di spessore. Tuttavia ricopre maggiore importanza la buona esecuzione dell'isolamento più della dimensione dello strato stesso:

- ✓ il coibente deve essere stretto tutto intorno alle pareti esterne del serbatoio;
- ✓ la coibentazione deve essere interrotta il meno possibile dai possibili raccordi, soprattutto nella parte alta del serbatoio;
- ✓ la coibentazione delle tubature in uscita deve essere eseguita senza alcuna fuga fino a raccordarsi alla coibentazione del serbatoio. Anche le flange sono da coibentare altrettanto accuratamente. Le tubature collegate lateralmente devono piegare verso il basso (e non verso l'alto) per evitare dispersioni di calore provocate da flussi convettivi all'interno delle tubature stesse.

7.2.2.3 Collegamento dell'acqua fredda e dell'acqua calda

Per collegare le condutture dell'acqua fredda e dell'acqua calda bisogna procedere come indicato in figura:

1. Valvola d'intercettazione
2. Valvola di non ritorno
3. Valvola regolatrici di pressione (se necessario)
4. Rubinetto di scarico
5. Valvola di sicurezza
6. Scarico aperto
7. Valvola di non ritorno
8. Filtro per le impurità
9. Miscelatore di acqua sanitaria



Se la pressione del circuito dell'acqua si trova al di sopra della pressione d'esercizio del serbatoio bisogna prevedere l'installazione di un riduttore di pressione. Se infatti l'impianto domestico dell'acqua presenta una pressione superiore a 3,5 bar, i rubinetti etc. possono essere danneggiati.

Si consiglia inoltre di dotare l'impianto di una valvola di non ritorno, una valvola di intercettazione, un filtro per le impurità (il miscelatore dell'acqua sanitaria è molto sensibile) e un rubinetto di scarico. Per evitare la circolazione naturale si inserisce un'altra valvola di non ritorno nella linea di mandata dell'acqua fredda del miscelatore per l'acqua sanitaria.

Quando il serbatoio si riscalda, l'acqua al suo interno si espande. La valvola di sicurezza ha il compito di abbattere la pressione in eccesso provocata da questo effetto. Durante il riscaldamento del serbatoio quindi una piccola quantità d'acqua fuoriesce dalla valvola. Per diminuire le dispersioni di calore la valvola di sicurezza dovrebbe essere installata sulla linea dell'acqua fredda. La pressione di intervento della valvola di sicurezza è da stabilire a seconda della pressione di esercizio ammessa per il serbatoio. Dalla valvola di sicurezza deve uscire una tubatura collegata a uno scarico.

L'aggiunta di un vaso di espansione può servire a eliminare le perdite di acqua potabile.

Negli impianti in cui la temperatura dell'acqua che arriva all'utenza può superare i 60 °C è necessario installare un miscelatore per acqua sanitaria come protezione e prevenzione da ustioni.

Per la condotta dell'acqua fredda in entrata al serbatoio si possono utilizzare sia tubi di acciaio zincato, sia tubi di rame. Per le tubature dell'acqua calda si consiglia l'impiego di tubi di rame. In nessun caso però bisogna installare tubi di acciaio zincato dopo i tubi di rame, seguendo la direzione di scorrimento dell'acqua.

7.2.2.4 Circuito di ricircolo

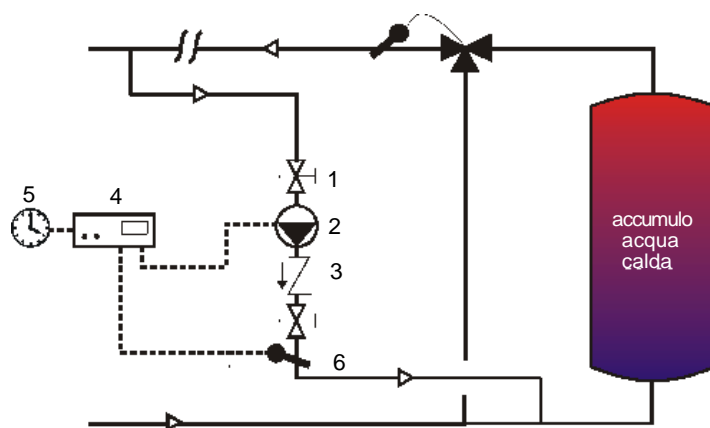
Per raccordare le tubature di ricircolo si consiglia l'impiego di un timer per la regolazione della pompa di ricircolo, che ne limiti il funzionamento ai periodi di maggiore utilizzo.

Viene inoltre consigliato una regolazione termostatica che limiti la temperatura nelle tubature del ritorno del circuito di ricircolo.

Una regolazione termostatica del ricircolo permette di collegare la tubatura del ritorno alla parte inferiore del serbatoio. La linea del ritorno dovrebbe essere eseguita con un diametro ridotto (10 – 12 mm) e accuratamente isolata.

La pompa per il ricircolo deve essere idonea per l'acqua potabile.

1. Valvola d'intercettazione
2. Pompa
3. Valvola di non ritorno
4. Regolatore termostatico
5. Timer
6. Sensore termico



I circuiti di ricircolo sono molto importanti poiché se eseguiti con poca cura provocano dispersioni di calore che possono superare di varie volte il consumo energetico che è necessario per il vero e proprio riscaldamento dell'acqua.

7.2.3 Circuito solare

7.2.3.1 Linee di collegamento

Le tubature di collegamento tra il collettore e il serbatoio devono essere il più corte possibile e il meglio coibentate possibile.

Se si ha a disposizione una canna fumaria non più utilizzata, questa può essere utilizzata per farvi passare le tubature di collegamento.

Durante la posa delle tubature bisogna tenere conto che i tubi, in particolare se di rame, presentano una notevole dilatazione in lunghezza (13 mm su 10 m per 80 K di differenza di temperatura). I tubi dovrebbero poter scorrere in lunghezza all'interno dei loro sostegni di fissaggio alla parete.

7.2.3.2 Coibentazione

Il rendimento di un impianto solare dipende fortemente dalla qualità dell'esecuzione della coibentazione del circuito solare. È necessario non solo uno strato sufficiente di coibentazione ma anche una esecuzione molto accurata e senza fughe o interruzioni.

Questo riguarda anche i gomiti e i raccordi. Lo spessore della coibentazione dovrebbe avere circa la stessa misura del diametro del tubo. Per la scelta del materiale coibente bisogna badare anche alla resistenza alle alte temperature. Per brevi periodi all'interno dei tubi del circuito solare si possono raggiungere temperature fino a 200 °C. In esterno inoltre la coibentazione deve essere resistente agli agenti atmosferici, ai raggi ultravioletti e alle beccate degli uccelli.

Materiali adatti possono essere:

- ✓ isolanti in fibre minerali
- ✓ tubi Armaflex® Duosolar (in figura abbiamo anima in alluminio e anima in rame)



All'esterno la coibentazione può essere protetta con copritubi in lamiera zincata o di alluminio.

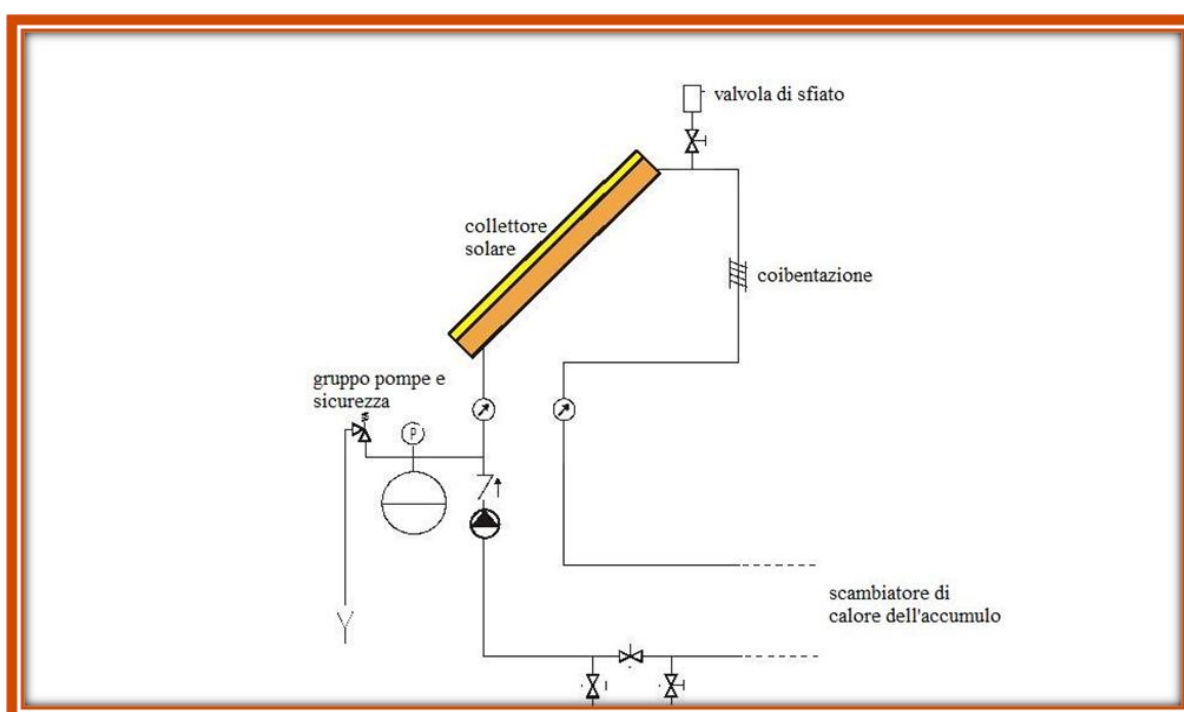
La pompa di circolazione e le tubature di collegamento del vaso di espansione non devono essere coibentate.

Si consiglia di eseguire in maniera definitiva la coibentazione (per esempio incollare i tubi) solo dopo la prova a pressione (vedi capitolo 8).

7.2.3.3 Gruppo pompe e sicurezza

La pompa, la valvola di non ritorno, il vaso di espansione e la valvola di sicurezza vengono offerti sul mercato come un gruppo premontato "pompe e sicurezza". Le tubature di collegamento al serbatoio possono essere eseguite con tubi di acciaio inox corrugati. In questo modo si risparmia una grande quantità di lavoro per l'installazione.

Pompa, valvola di non ritorno, vaso d'espansione e valvola di sicurezza vanno collocati sulla linea del ritorno del collettore (parte fredda). Il vaso d'espansione e la valvola di sicurezza devono comunque essere installate in modo che tra loro e il collettore non vi possa essere interruzione di sorta. Il vaso di espansione viene collegato mediante una linea non coibentata al "gruppo pompe e sicurezza". Il collegamento del vaso di espansione deve



guardare verso l'alto. In questo modo la membrana viene protetta dalla temperatura troppo alta del fluido.

La valvola di non ritorno dovrebbe contenere un dispositivo di apertura; in caso contrario bisogna prevedere un ulteriore rubinetto di scarico sul ritorno del collettore.

Dall'uscita della valvola di sicurezza bisogna derivare un tubo a un recipiente (per esempio una tanica), che possa contenere almeno la quantità completa di fluido presente nell'assorbitore.

7.2.3.4 Sfiato

Nel punto più alto del circuito solare, solitamente all'uscita della mandata del collettore, bisogna installare una valvola di sfiato. Dal momento che nella condotta della mandata del collettore si può formare vapore, quando il collettore è in stato di stagnazione, bisogna provvedere a installare uno sfiatoio manuale (per esempio le valvole di sfiato dei radiatori) oppure uno sfiatoio automatico con un rubinetto di intercettazione separato, che deve essere chiuso dopo la fase di messa in esercizio. Sia la valvola di sfiato che il rubinetto di intercettazione dovrebbero resistere a temperature fino a 200 °C.

Anche in altre posizioni del circuito solare in cui si possono formare delle bolle d'aria bisogna prevedere l'installazione di una valvola di sfiato. Tutte le valvole di sfiato dovrebbero essere accessibili per i lavori di manutenzione.

7.2.3.5 Rubinetti di riempimento

Il circuito solare viene riempito e svuotato mediante rubinetti di riempimento e scarico. Sono da posizionare nel punto più basso del circuito solare; può essere pulito e riempito chiudendo la saracinesca nel ritorno del collettore mediante i due rubinetti. Eventualmente si possono posizionare altri rubinetti nei punti più bassi del circuito solare.

7.2.4 Collegamento del riscaldamento ausiliario

Se il calore prodotto con il solare non è sufficiente, è possibile utilizzare come fonte esterna di produzione di calore una caldaia che utilizzi come combustibili gas, gasolio, carbone oppure legna; è possibile anche utilizzare una resistenza elettrica interna.

Per il riscaldamento ausiliario mediante una caldaia termica, il tipo di raccordo dipende dal modello della caldaia:

7.2.4.1 Collegamento di una caldaia con pompa di carica del serbatoio

Se la caldaia utilizzata conserva la temperatura dell'acqua al suo interno a temperatura sufficientemente alta (60 - 70 °C), il serbatoio può essere riscaldato direttamente mediante una pompa separata e il circuito del riscaldamento ausiliario . Il circuito di carica viene collegato ai raccordi previsti per il riscaldamento dell'acqua sanitaria sull'accumulo della caldaia oppure alla mandata e ritorno del circuito del riscaldamento. La pompa di carica del serbatoio viene gestita da un sensore di temperatura posizionato nella parte del serbatoio solare dove l'acqua deve essere tenuta in temperatura e da un termostato.

7.2.4.2 Collegamento di una caldaia con commutazione delle valvole

Le caldaie a gas montate a parete sono di norma dotate di una pompa di circolazione e di una valvola a tre vie. Da un'uscita della valvola viene alimentato il circuito di riscaldamento, dall'altra il circuito di carica del serbatoio di accumulo. Questo significa che quando il termostato del serbatoio raggiunge la temperatura di intervento la valvola commuta dal circuito di riscaldamento al circuito di carica del serbatoio di accumulo .

7.2.4.3 Riscaldamento ausiliario con caldaia istantanea

Come riscaldamento ausiliario è possibile anche utilizzare una caldaia istantanea a gas. Purtroppo non tutti gli apparecchi reperibili sul mercato sono in grado di ricevere acqua già riscaldata. Apparecchi con una regolazione basata sulla differenza di pressione non

possono essere utilizzati. Gli apparecchi con una regolazione termostatica della potenza della caldaia sono generalmente adatti a questo scopo. Bisogna comunque attenersi alle indicazioni del produttore della caldaia istantanea. Per alcuni apparecchi le difficoltà possono essere eliminate con un by-pass. A monte della caldaia istantanea viene posizionata una valvola a tre vie comandata da un termostato situato nel terzo superiore del serbatoio di accumulo. Fino a una temperatura di circa 40 °C l'acqua viene fatta passare dalla caldaia istantanea. Se la temperatura è più alta, l'acqua non viene deviata. La valvola a tre vie deve essere predisposta per le alte pressioni che possono verificarsi nell'ambito dell'acqua potabile.

7.2.4.4 Riscaldamento ausiliario con una resistenza elettrica

Il riscaldamento ausiliario alimentato da corrente elettrica è nella maggior parte dei casi poco vantaggioso dal punto di vista ecologico ed economico.

L'elettricità dovrebbe quindi essere utilizzata solo se:

- ✓ non vi è altra possibilità;
- ✓ è presente solo una vecchia caldaia sovradimensionata (anche qui se possibile solo d'estate);
- ✓ l'impianto è dimensionato in modo da coprire sempre il fabbisogno totale di acqua calda e il riscaldamento ausiliario in pratica viene utilizzato solo come riscaldamento d'emergenza.

7.2.5 Parti elettriche

Impianti elettrici eseguiti in maniera non professionale sono spesso causa di incendi e mettono in pericolo le persone se queste entrano in contatto con parti in tensione. Le parti elettriche devono quindi essere eseguite da un elettricista a regola d'arte.

7.2.5.1 Parafulmine

Se la casa è dotata di un dispositivo parafulmine, il collettore o le parti di supporto del collettore devono essere collegate a questo.

Il circuito solare è da mettere a terra collegando un cavo di messa a terra ad entrambi i tubi del circuito solare da una parte, e a una barra potenziale dall'altra e questo protegge anche eventuali corrosioni dell'anodo di magnesio.

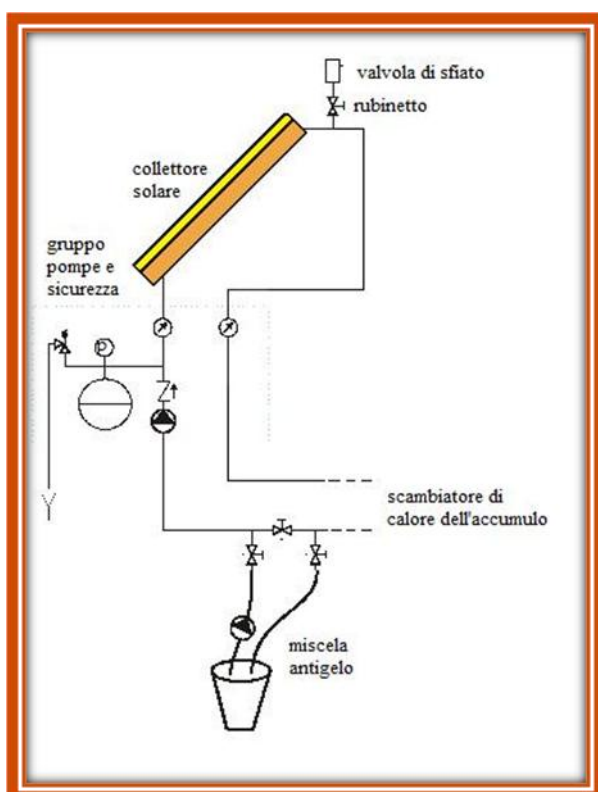
Inoltre tra la linea del sensore del collettore e la centralina di regolazione bisogna frappare una protezione da sovratensioni, se questa non fosse già prevista nella centralina.

8. MESSA IN ESERCIZIO

8.1 Riempire il circuito solare

Dopo aver installato l'impianto esso deve essere pulito e bisogna eseguire le opportune prove di tenuta; poi il circuito solare può essere messo in esercizio.

A questo punto è possibile riempire il circuito solare. Prima di procedere bisogna verificare nuovamente la pressione preimpostata del vaso di espansione con un manometro. Se si prevede di usare l'antigelo, l'acqua e il glicole devono essere mescolati in un contenitore



seguendo i dati riportati indicati dal produttore e in modo che sia garantita la sicurezza antigelo fino a una temperatura che sia di 10 K inferiore alla temperatura minima media su cui si esegue nella zona geografica specifica il calcolo di progettazione dell'impianto di riscaldamento.

8.2 Verifica delle impostazioni della centralina di regolazione

Le impostazioni della centralina di regolazione devono essere verificate seguendo le istruzioni per l'uso. Se per la regolazione della pompa del circuito solare non vi sono dati di riferimento, si possono utilizzare i seguenti valori:

$$\Delta T_{\text{on}} = 10 \text{ K}, \Delta T_{\text{off}} = 3 \text{ K}$$

8.3 Impostare il miscelatore dell'acqua sanitaria

Il miscelatore dell'acqua sanitaria deve essere impostato sulla temperatura desiderata.

8.4 Riempimento del serbatoio

- ✓ Aprire il rubinetto di intercettazione nella linea di ingresso dell'acqua fredda e un rubinetto dell'acqua calda in casa. Riempire il serbatoio finché dal rubinetto non esce acqua calda.
- ✓ Eventualmente mettere in funzione manualmente la pompa di ricircolo.
- ✓ Verificare a vista la tenuta di tutti i tubi e raccordi.
- ✓ Nei serbatoi Tank-in-Tank riempire prima quello interno

9. MANUTENZIONE

Negli ultimi anni gli impianti solari si sono dimostrati affidabili e di norma necessitano solo di un minimo impegno di manutenzione. Tuttavia bisogna in ogni caso verificare di tanto in tanto il buon funzionamento dell'impianto.

Alcuni controlli devono essere eseguiti con regolarità, anche dal proprietario dell'impianto, in modo da riconoscere subito un eventuale malfunzionamento.

9.1 Controlli regolari

- ✓ Controllare che la pressione dell'impianto rimanga costante.
- ✓ Controllare che la differenza di temperatura tra la mandata e il ritorno del collettore è sempre, e soprattutto per forti insolazioni, al di sotto dei 30 o dei 60 K.
- ✓ Controllare che la temperatura della mandata del collettore (linea calda) corrisponde circa alla temperatura del collettore.
- ✓ Controllare che la pompa entra in funzione in presenza di radiazione solare.
- ✓ Controllare che di notte e con cielo fortemente nuvoloso, se la pompa è ferma, sia la mandata che il ritorno dell'impianto solare devono essere freddi.
- ✓ Infine, se si sentono dei rumori all'interno delle condutture, causati dalla presenza di aria nell'impianto chiamare subito l'assistenza

9.2 Lavori sporadici di manutenzione

- ✓ Pulire i vetri di copertura se questi sono molto sporchi.
- ✓ Controllare la concentrazione dell'antigelo (ogni 2 anni).
- ✓ Controllare il valore pH della miscela di acqua e glicolo (ogni 2 anni). Se scende sotto al 6,6 il fluido diventa corrosivo e deve essere sostituito.
- ✓ Controllo dell'anodo anticorrosione nel serbatoio dell'acqua sanitaria (ogni 2 anni).

9.3 Guasti al funzionamento

I principali spiegazioni sulle possibili cause dei guasti al funzionamento sono riassunti in questa tabella:

Guasto	Causa possibile
Perdita di pressione nel circuito dei collettori	<ul style="list-style-type: none">– Perdite di acqua nel circuito– In un giorno di sole intenso l'impianto si ferma. A causa di un errato dimensionamento, di un guasto o della errata pressione preimpostata del vaso di espansione, non è stata recepita una quantità sufficiente di fluido. La valvola di sicurezza è intervenuta e il fluido è uscito dal circuito del collettore.– Danni provocati dal gelo dopo un periodo di freddo.
La pompa non si inserisce automaticamente	<ul style="list-style-type: none">– Non c'è corrente, la centralina è spenta– La temperatura massima del serbatoio è stata raggiunta.– Il sensore della temperatura è guasto– La pompa è bloccata o guasta
La pompa è in funzione ma non arriva calore dal collettore	<ul style="list-style-type: none">– La valvola di intercettazione o la valvola di non ritorno a cerniera sono chiuse– C'è aria nel circuito del collettore– Formazione di vapore all'interno del collettore poiché la pompa è partita troppo tardi oppure la portata è troppo bassa– Sporcizia del vetro
La pompa entra in funzione con ritardo	<ul style="list-style-type: none">– Impostazioni della regolazione– Il sensore del collettore è guasto– Il sensore del collettore fa cattivo contatto con l'assorbitore
Il serbatoio si raffredda velocemente	<ul style="list-style-type: none">– La coibentazione è stata eseguita con poca cura– Le condutture che portano al serbatoio non sono coibentate o sono coibentate male (Effetto ricircolo in tubi che escono verso l'alto)– Raffreddamento causato dal circuito del collettore in funzione durante la notte, valvola di non ritorno a cerniera aperta o guasta– Raffreddamento causato dal circuito di riscaldamento ausiliario, valvola di non ritorno aperta o guasta– Pompa di ricircolo troppo spesso in funzione

10. CONCLUSIONI

La conversione termica dell'energia solare ha caratteristiche tali che può essere ritenuta, insieme alla conversione fotovoltaica, la sorgente rinnovabile più rispettosa dell'ambiente. Gli impianti termici infatti non sono fonte di emissioni, sono esenti da vibrazioni e, data la loro modularità, possono assecondare la morfologia dei siti di installazione. Di conseguenza l'impatto ambientale e l'efficienza di un impianto in esame si può ricondurre all'utilizzazione del territorio, all'impatto visivo e al ritorno economico; quest'ultimo punto difatti ha incrementato dell'utilizzo di questo tipo di fonti energetiche, che è stato in un certo senso "imposto" per poter risparmiare risorse come il petrolio che stanno via via andando verso lo smaltimento completo.

Nel capitolo 3.1 mi sono limitato ad enunciare le due tipologie di riserve alternative riguardanti la tesi, ovvero la tecnologia termica e un accenno a quella fotovoltaica, per non andare fuori tema ed incentrare l'attenzione del lettore sull'energia solare. Ci tengo però ad aggiungere, in questo capitolo conclusivo, anche le altre principali riserve alternative per avere una visione più completa della situazione. Oltre all'energia solare quindi, le principali tipologie di riserve alternative sono l'energia eolica, delle biomasse, idroelettrica e geotermica.

L'energia eolica, iniziata con i mulini a vento, è il prodotto della conversione dell'energia cinetica del vento in altre forme di energia (elettrica o meccanica). Oggi viene per lo più convertita in energia elettrica tramite una centrale eolica, mentre in passato l'energia del vento veniva utilizzata immediatamente sul posto come energia motrice per applicazioni industriali e pre-industriali.

L'energia delle biomasse è forse la più sconosciuta; per biomassa s'intende un insieme di materiali che possono essere utilizzati direttamente come combustibili o trasformati in altre sostanze di più facile conversione. Forme di biomassa possono essere i residui delle coltivazioni destinate all'alimentazione umana o animale, i residui forestali, gli scarti della produzione del legno, i rifiuti solidi urbani.

Sicuramente più conosciuta è l'energia idroelettrica; essa è l'energia ottenibile a partire da una caduta d'acqua, convertendo con un apposito macchinario l'energia meccanica contenuta nella portata d'acqua presa in considerazione. Questo tipo di energia è decisamente molto utilizzato.

Infine, l'energia geotermica è la forma d'energia dovuta al calore endogeno della Terra: vulcani, sorgenti termali, soffioni e geysir documentano la presenza di calore immagazzinato nella crosta terrestre e che fluisce verso l'esterno con l'ausilio di fluidi come acqua e vapore. La geotermia consiste nel convogliare i vapori provenienti dalle sorgenti d'acqua del sottosuolo verso apposite turbine adibite alla produzione di energia elettrica e riutilizzando il vapore acqueo per il riscaldamento urbano, le coltivazioni in serra e molte altre applicazioni.

Come oggettivamente si può notare, le riserve energetiche sfruttabili sono veramente tante e proprio per questo motivo anche tutti i paesi del mondo hanno buone possibilità di progresso economico utilizzando queste fonti.

La trattazione di questa tesi ha riguardato l'analisi dei criteri di dimensionamento di impianti solari termici, facendo un'introduzione al panorama energetico e la gestione delle fonti energetiche alternative.

La tesi elaborata però non si limita ad analizzare le caratteristiche di un impianto solare termico, piuttosto si è cercato di mettere a punto degli indici che riescano in qualche modo a valutare le prestazioni dell'impianto e creare dei parametri di confronto con impianti realizzati con diverse tecnologie con l'obiettivo di raccogliere una base dati su cui fare esperienza in modo da individuare quelli che sono i pro e i contro di una rispetto ad un'altra tecnologia e quindi migliorare l'esperienza del cliente che si avvicina al mondo del solare - termico.

Dopo aver esaminato nei particolari le diverse soluzioni impiantistiche è possibile constatare come queste siano globalmente simili nella loro realizzazione.

Infatti questo procedimento è pressoché sempre lo stesso per tutti gli impianti: si parte dalla richiesta del cliente e si fanno valutazioni sulla temperatura in uscita, tenendo conto delle variabili quali i serbatoi, l'inclinazione del tetto o altri fattori extra come ad esempio un impianto con caldaia ausiliaria.

Le considerazioni tecniche fatte, insieme ai risultati economici ottenuti, portano ad indiscussi vantaggi da parte degli impianti solari, siano essi termici che fotovoltaici; purtroppo va aggiunto che questa necessità sempre più spinta di parlare di “risparmio energetico” non nasce da considerazioni nobili di non sprecare risorse naturali o da valutazioni di impatto ambientale, ma nasce da quando il prezzo del petrolio è “salito alle stelle” e questo dovrebbe solo farci capire quanto siamo dipendenti dall'oro nero.

In conclusione, mi permetterei di aggiungere che non sono solo le possibilità tecniche ed impiantistiche che possono contribuire al risparmio energetico, ma soprattutto una precisa coscienza e cultura del risparmio stesso e dell'ottimizzazione delle risorse naturali che non devono e non possono essere considerate una fonte inesauribile ed infinita.

Personalmente sono molto soddisfatto del tirocinio da me svolto, sia per il mio interesse personale verso queste tematiche impiantistiche sia per la calda accoglienza che ho ricevuto durante la permanenza nella ditta dove ho svolto lo stage che mi ha permesso di introdurmi nel mondo del lavoro e verificare nella pratica le nozioni apprese in questi duri anni di corsi.

11. RINGRAZIAMENTI

Una tesi è sempre frutto di un intenso lavoro, durante il quale attraverso il supporto e la vicinanza di altre persone si riescono a superare le difficoltà e si trova la determinazione nel portare a termine il proprio progetto. Desidero quindi fare dei doverosi ringraziamenti a tutti coloro che hanno avuto un ruolo significativo nella realizzazione di questa tesi.

Vorrei innanzitutto ringraziare il prof. Roberto Turri, relatore di questa tesi, per la grande disponibilità e cortesia dimostratemi, per tutto l'aiuto fornito durante la stesura e soprattutto per avermi gentilmente aiutato a riconvalidare il piano di studi, smarrito dalla segreteria studenti!

Ringrazio con affetto i miei genitori, per avermi sostenuto e incoraggiato durante gli anni passati in Università; non parlo solo del sostegno economico, che sicuramente è stato indispensabile, ma di quell'aiuto tacito o esplicito che tante volte è venuto dal loro cuore: mi riferisco a tutte le occasioni in cui mia mamma e mio papà, celando in silenzio l'ansia, mi incoraggiavano con dolcetti o patate al forno in vista di un esame o quando, vedendomi preso dai libri mio papà mi rincuorava con molti discorsi, convinto che non stessi ascoltando.

Come non ringraziare anche Laura, la mia fidanzata e compagna di tanti bellissimi momenti, che con estrema pazienza ha sopportato i miei sbalzi di umore e le mie paranoie quando, sotto stress per un esame mi ha sempre incoraggiato dicendomi che potevo farcela.

Voglio fare un ringraziamento particolarmente:

Al mio migliore amico Davide, per avermi sostenuto nei momenti di sconforto e per la bellissima amicizia che mi ha regalato e che dura da più di vent'anni. Sei sicuramente stato un punto fermo in tutti questi anni sia per quanto riguarda il percorso di studi sia per quanto riguarda i valori in cui credere; Ottavia: grazie per sopportare la sua non-voglia di andare in disco!

A Silvia per essere la mia sorellina, la mia migliore amica e la mia valvola di sfogo; persona speciale anche nei momenti di buio presenti nella mia vita!

A Silvia ed Andrea dico solo...: fate i bravi!!

A Tomaso, detto il Tommy Vee, persona unica al mondo: hacker, chitarrista, centauro e fonte di saggezza.. grazie per il natale passato a giocare a Duke Nukem.. “u wanna dance?”

A Stefano, un vero amico, indescrivibile a parole!! Sono veramente orgoglioso di conoscere un festaiolo / galeotto / furfante come te! ☺ W il parcheggio della ferrovia!!

A Stefano e Silvia, siete ‘fanta’stici e vi auguro ogni bene!

Ad Enrico, per sopportare il fatto che non lo chiamo mai e gli invio solo sms.. e per avermi ascoltato durante gli allenamenti mentre mi lamentavo dell’università;

Ad Enrico ed Elisa, siete grandi e vi auguro tanta felicità!

Un grazie particolare va al mio carissimo amico Cristiano, conosciuto anni fa sui banchi di scuola e dapprima sfottuto (perdonami ☺) e poi diventato uno degli amici più veri.. grazie!

A Cristiano ed Arianna auguro una felicissima vita insieme ricca di gioie e di belle cose!

Grazie ad Igor per il divertimento assicurato in ogni situazione e per aver sempre cercato di capire a cosa serve un integrale triplo.. ma prima o poi lo scopriremo, ne sono sicuro!! Un grazie alla dolcissima Sabrina; alla Superopel per avermi accompagnato tanti anni; al grande Accia che mi ha introdotto al mondo del tuning; a Yuri per le mangiate di sopressa; a Michele per l’onore di essere suo zio, i toast e i discorsi sullo scooter; alla Paola e Filippo che portano sempre i pasticcini e mi danno un computer da sistemare ogni sei mesi; Enzo e Giuliana per aver sempre creduto in me; alla nonna Maria e nonna Ida che hanno sempre fatto tante preghierine per me; alla zia Anna e la Ninni per tutti i tagli di capelli gratis e per avermi sostenuto ogni giorno; allo zio Tony per le spiegazioni sulle turbine e per essersi sempre informato sui miei esami!

E come non ringraziare la compagnia del Tommy (Michele, Federico, Alessia, Giulio) per aver passato insieme il capodanno e per aver pazientemente aspettato tre ore fuori dall’ospedale dopo che ho fatto incidente in moto (maledette Lancia Y!!).

Desidero inoltre ringraziare la ditta Templari snc, e in particolare Massimo, Gianluca ed Agostino, per tutto quanto hanno fatto per me durante il periodo di stage.

Sicuramente avrò dimenticato qualcuno quindi concludo con un grazie a tutti quelli che non ho nominato.. così evito di farmi dei nemici!! Ognuno di voi mi ha dato qualcosa.. grazie a tutti.

Aprile 2010

Marco