

Sicurezza degli Impianti Termici Alimentati da Energia Solare

T. Scalici*, N. Palumbo*, V. Galasso**

*ISPEL Dipartimento di BRESCIA **ISPEL Dipartimento di TARANTO

Sommario

La trasformazione dell'energia solare in energia termica da utilizzare negli impianti di riscaldamento ad acqua calda ad uso civile ed industriale assume sempre più interesse alla luce dell'importanza crescente dell'uso di fonti energetiche alternative. In questa memoria dopo una descrizione del processo costruttivo e del funzionamento delle diverse tipologie di pannelli solari termici, si trattano gli aspetti legati alla sicurezza di tali impianti con riferimento alle normative vigenti ed a quelle in corso di elaborazione.

1. Introduzione

1.1. Considerazioni Preliminari

In questa memoria si prenderanno in considerazione solamente gli impianti con temperatura di funzionamento superiore a 100°C e pressione di esercizio superiore a quella atmosferica.

1.2. Energia Solare

L'energia solare che raggiunge la superficie terrestre è costituita sia dalla "radiazione diretta" che colpisce direttamente i corpi sia dalla "radiazione diffusa" che colpisce i corpi indirettamente.

La somma di queste radiazioni viene definita "RADIAZIONE GLOBALE".

In Italia la radiazione globale massima è circa pari a 1000 W/m²

L'insolazione dipende dalla nuvolosità e dall'orientamento del pannello rispetto al sole: un pannello riceve la massima energia solare quando è orientato direttamente verso il sole.

Il pannello fisso fornisce la migliore resa se è orientato a sud ed è inclinato di: 10 gradi in meno rispetto alla latitudine del luogo se deve produrre acqua calda, 10 gradi in più se serve per il riscaldamento.

L'Italia è un paese con un buon livello di irraggiamento, pari mediamente a 5-6 kWh/m²/giorno, vale a dire che, in concreto, l'energia solare disponibile su 4 m² di pannelli solari è in grado di soddisfare il 70% circa del fabbisogno di acqua calda di una famiglia di 4 persone durante tutto l'anno.

1.3. Impianti solari

Gli impianti solari che "catturano" l'energia irradiata dal sole mediante fluidi termovettori si suddividono in termodinamici, se producono energia elettrica sfruttando il ciclo Rankine per alimentare turbine collegate ad alternatori, e termici, se producono acqua calda o surriscaldata. Tali tipi di impianti vengono tradizionalmente suddivisi in:

- impianti a basse temperature (fino a 160-180 °C);
- impianti a medie ed alte temperature (normalmente oltre 200 °C), che trovano applicazione soprattutto nei grossi impianti industriali.

Nella presente memoria ci si occuperà soltanto degli impianti a basse temperature, le cui principali applicazioni sono:

- produzione di acqua calda sanitaria, sia per uso domestico che per strutture collettive (alberghi, ospedali, stabilimenti balneari, ...);
- riscaldamento ambienti;
- produzione di acqua calda o surriscaldata in impianti industriali per processi a bassa temperatura.

Il cuore di questi impianti è costituito dal circuito solare, cioè dal circuito idraulico attraversato dal fluido termovettore, denominato "fluido solare", che assorbe l'energia irradiata dal sole.

Tralasciando gli impianti a circolazione naturale, che a fronte della loro semplicità presentano elevate dispersioni e sono pertanto destinati prevalentemente ad utenze unifamiliari, le attrezzature a pressione installate negli impianti a circolazione forzata facenti parte di tale circuito solare sono:

- i collettori, o pannelli solari, che vengono connessi in serie o in parallelo per produrre la quantità di acqua necessaria alla temperatura desiderata;
- il vaso di espansione, necessario per garantire l'espansione del liquido all'aumentare della temperatura e l'eventuale volume di vapore formatosi nei pannelli;
- i dispositivi di controllo, di regolazione, di protezione e di sicurezza, atti a monitorare e garantire che i valori di pressione e temperatura nel circuito rimangano nei limiti ammessi;
- le tubazioni di collegamento, la pompa di circolazione e gli ulteriori eventuali accessori;

- lo scambiatore di calore, che consente il trasferimento di calore dal circuito solare a quello di utilizzo. Tale scambiatore può essere:
 - a fascio tubiero estraibile, in cui il fascio tubiero è percorso dal fluido solare, mentre il mantello contenente l'acqua di utilizzo permette di immagazzinare l'energia termica prodotta;
 - a piastre; in tal caso a valle, nel circuito di utilizzo, viene normalmente installato un serbatoio di accumulo.

La Raccolta R Ed. 2005, in fase di prossima pubblicazione, pur prevedendo un capitolo specifico per gli impianti solari, non fornisce ai progettisti ed agli installatori criteri che garantiscano l'esercizio sicuro di tali impianti. Le problematiche relative, da un punto di vista termodinamico, sono affrontate solo in parte o risolte empiricamente nelle istruzioni d'uso allegate alla fornitura del pannello; tali istruzioni non possono comunque colmare la lacuna della mancanza di una norma, che invece fornisce soluzioni certe per tutti e di equivalente grado di sicurezza.

2. Pannello Solare

2.1. Costruzione del Pannello Solare

Un collettore solare trasforma la radiazione del sole in calore e si distingue così da un pannello fotovoltaico, che trasforma la luce solare in corrente elettrica. Il collettore solare è composto delle seguenti parti.

2.1.1. Assorbitore

Ha la funzione di assorbire la radiazione solare incidente e di trasformarla in calore (trasformazione fototermica); è costituito da una lastra simile ad un radiatore (in acciaio o in rame), all'interno della quale è inserito un fascio di tubi in cui scorre il liquido del circuito primario destinato ad essere riscaldato. Tale fluido è normalmente acqua addizionata con antigelo in modo da rimanere allo stato liquido anche nelle condizioni invernali, peraltro tale soluzione ha una temperatura di ebollizione alla pressione atmosferica superiore a 100°C.

2.1.2. Tubo

Viene realizzato in rame o altro metallo e serve a trasformare la radiazione solare in calore.

2.1.3. Copertura

Si utilizza una lastra di vetro trasparente, posta superiormente all'assorbitore, che permette il passaggio dei raggi solari. Contribuisce all'aumento del rendimento del pannello attenuando per effetto serra la dispersione all'esterno dell'energia riflessa dall'assorbitore sotto forma di radiazione infrarossa.

2.1.4. Isolante

Nella parte inferiore dell'assorbitore è inserito un isolante termico (in fibra di vetro o in poliuretano espanso privo di CFC) che riduce le dispersioni di calore e migliora il rendimento del collettore.

2.1.5. Telaio

Il pannello è chiuso inferiormente da una scocca, spesso realizzata in lamiera. Il tutto (vetro, assorbitore e fascio tubiero, isolante termico e scocca posteriore) è tenuto assieme da uno chassis che assembla le parti e conferisce al pannello robustezza e stabilità.

3. Funzionamento del Pannello Solare

Il pannello solare serve a catturare l'energia solare e ad utilizzarla per produrre acqua calda ad una temperatura che può superare 100°C.

La tecnologia costruttiva e impiantistica è in continua evoluzione al fine di ottimizzare il rendimento dei pannelli; per questo tali impianti devono essere protetti contro i rischi dovuti a sovrappressione e sovratemperatura a cui sono soggetti durante il loro normale funzionamento e la stagnazione.

4. Tipologie di Pannelli Solari

I pannelli solari possono essere raggruppati in alcune tipologie principali: scoperti (senza vetro), vetrati (o piani) e sottovuoto (o con tubo evacuato).

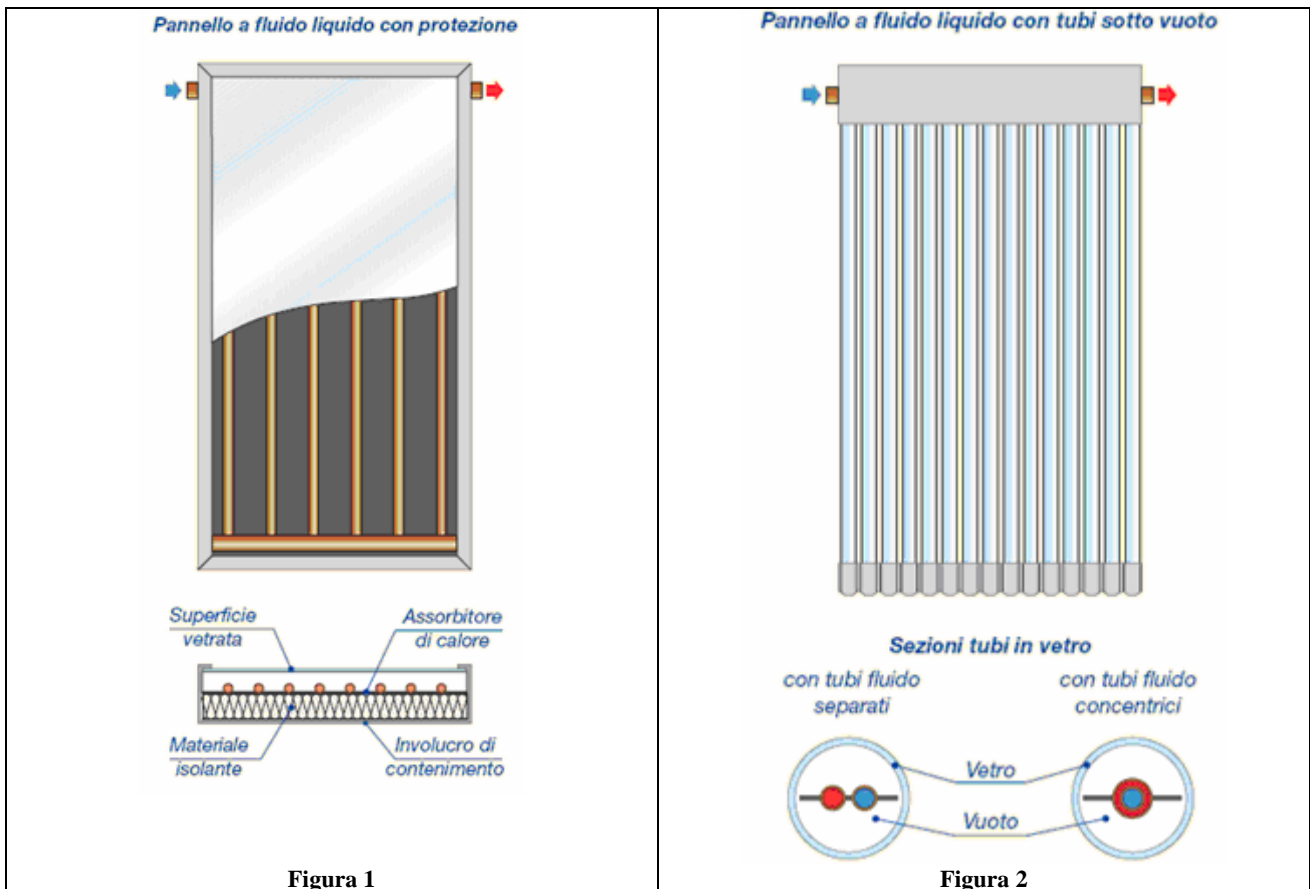
4.1. Pannelli Scoperti

Semplici ed economici, sono formati da tubicini neri in polipropilene, neoprene, PVC, o metallo all'interno dei quali circola l'acqua. Non c'è isolamento perciò le temperature sono limitate a circa 20°C al di sopra della temperatura dell'aria. Questi pannelli sono ideali per utilizzi dove sono richieste temperature basse, come per esempio il riscaldamento estivo delle piscine, la produzione nella stagione estiva di acqua calda sanitaria presso strutture turistiche e alberghiere, quali camping, stabilimenti balneari e alberghi rivieraschi.

4.2. Pannelli Vetrati

Questo è il tipo di pannello più utilizzato e consiste in una scatola piana isolata (fig. 1), con un lato in vetro trasparente o plastica. La scatola contiene una lastra nera piana che assorbe l'energia solare e che viene

trasmessa al fluido che trasporta il calore. Il vetro sopra e l'isolante sotto la lastra riducono le perdite di calore e la lastra assorbente può avere un trattamento selettivo per migliorare la sua prestazione. La maggior parte dei pannelli solari piani produce temperature fino a 70°C al di sopra della temperatura esterna ed è adatta per il riscaldamento dell'acqua e degli ambienti.



4.3. Pannelli Sottovuoto

Questi pannelli sono composti da una schiera di tubi sottovuoto in vetro (fig. 2), ognuno contenente un assorbitore (generalmente una lastra di metallo nero) che capta l'energia solare e la trasferisce ad un fluido termovettore. Grazie alle proprietà isolanti del vuoto, le perdite di calore sono molto basse e si possono raggiungere temperature di circa 100°C al di sopra della temperatura dell'ambiente esterno. Perciò questi pannelli sono particolarmente adatti per utilizzi a temperature più elevate.

5. Serbatoio di Accumulo

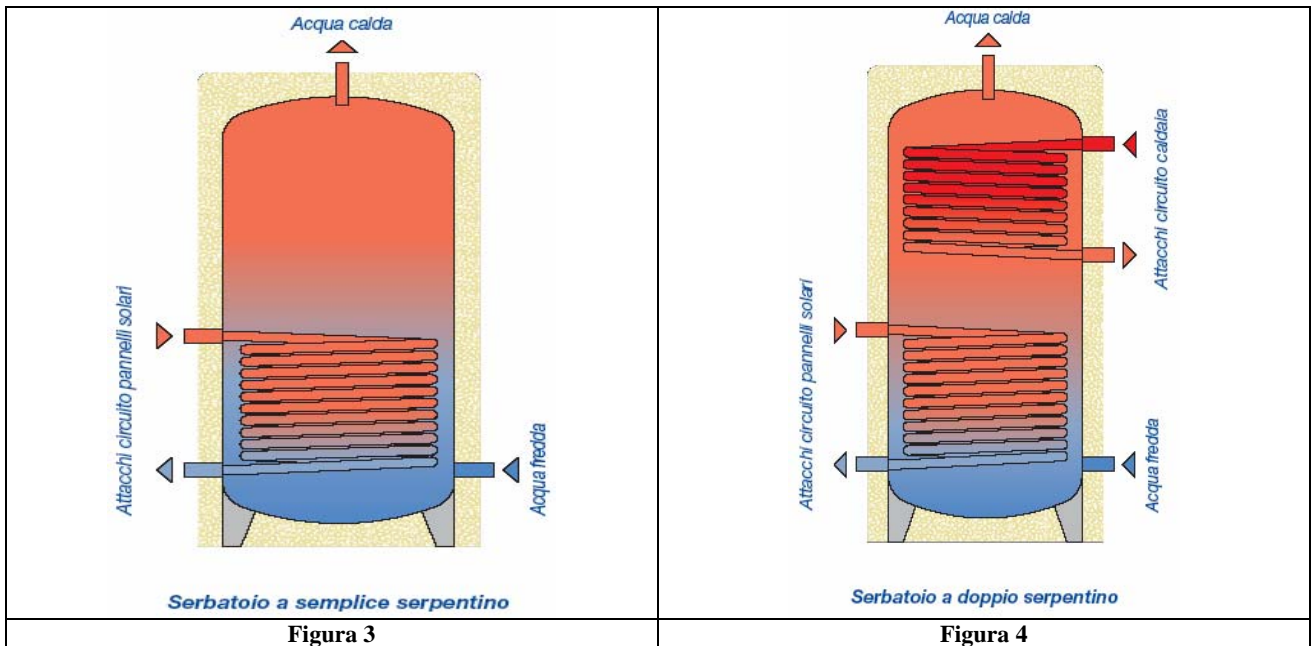
La dimensione ottimale dell'accumulo di acqua calda sanitaria, che come visto può anche essere costituito dal mantello di uno scambiatore a fascio tubiero estraibile, deve consentire di soddisfare al meglio le esigenze tecniche; (condizioni climatiche, tipo di richiesta dell'utenza, disponibilità di spazio nel locale tecnico) e da condizioni di carattere economico. Se si tengono presenti sia gli aspetti tecnici che economici il campo dei valori ottimali è generalmente compreso tra i 50 e i 100 litri per m² di area captante. Oltre al dimensionamento, l'isolamento del boiler costituisce un fattore importante nel buon funzionamento del sistema in quanto, riducendo l'energia dispersa, aumenta quella disponibile all'utenza. E' importante perciò tener conto del grado di isolamento dei bollitori, soprattutto se sono esterni come succede negli impianti a circolazione naturale.

5.1. Tipologie di Serbatoio di Accumulo

5.1.1. Serbatoio a Semplice Serpentino

Serbatoio costituito da un recipiente di accumulo in cui è inserito il fascio tubiero attraversato dallo stesso liquido che attraversa il sistema solare mentre il lato mantello funziona da stoccaggio di acqua utilizzata per uso sanitario (fig.3).

Questo serbatoio è utilizzato poco poiché lo stoccaggio di acqua calda è suscettibile di continue variazioni di temperatura in considerazione del fatto che dipende dall'energia solare che durante il giorno varia.



5.1.2. Serbatoio a Doppio Serpentino

Serbatoio costituito da un recipiente di accumulo in cui sono inseriti due fasci tubieri sovrapposti (fig. 4).

Il fascio tubero inferiore è attraversato dallo stesso liquido che attraversa il sistema solare, il fascio tubero superiore è attraversato da liquido proveniente da una fonte ausiliaria di energia (es. caldaia).

Il lato mantello funziona da stoccaggio di acqua utilizzata per uso sanitario.

Questo tipo di serbatoio è il più utilizzato poiché assicura stabilità di temperatura grazie alla fonte ausiliaria che integra il sistema solare.

Viene utilizzato negli impianti ad uso sanitario o riscaldamento, il limite di questo serbatoio è che non può essere utilizzato per entrambi gli usi.

5.1.3. Serbatoio Tank in Tank

Serbatoio costituito da un recipiente di accumulo in cui è inserito un fascio tubiero attraversato dallo stesso liquido che attraversa il sistema solare (fig. 5).

Il lato mantello funziona da stoccaggio di acqua utilizzata per uso riscaldamento e ad esso può essere collegata una fonte ausiliaria di energia (es. caldaia).

Nella parte superiore del serbatoio è immerso un serbatoio supplementare che funziona da stoccaggio di acqua calda per uso sanitario.

Questo tipo di serbatoio assicura stabilità di temperatura grazie alla fonte ausiliaria che integra il sistema solare e viene utilizzato per lo stoccaggio di acqua calda sanitaria e riscaldamento.

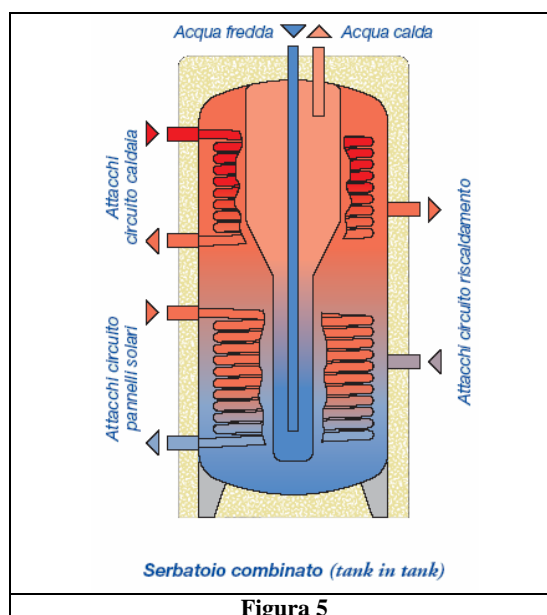


Figura 5

6. Il Sistema di Circolazione

Il sistema di circolazione trasferisce calore dal pannello verso il luogo di accumulo o di utilizzo. In un sistema termico solare per il riscaldamento dell'acqua, per esempio, il fluido che trasporta il calore circola tra il pannello ed uno scambiatore di calore in un serbatoio d'accumulo.

In molti sistemi il fluido che trasporta calore è acqua o a base di acqua con una aggiunta di soluzione antigelo per evitare il congelamento in inverno.

In alternativa, il fluido deve essere scaricato ogni volta che capitano situazioni di congelamento o di surriscaldamento.

6.1. La Circolazione Naturale

La circolazione naturale (fig. 6) è un processo molto semplice. Tutti i sistemi a circolazione naturale si basano sul principio che il fluido del circuito primario, riscaldato dal sole, si dilata, diventa più leggero e tende a salire verso l'alto, provocando un movimento naturale del fluido medesimo.

Nei sistemi a circolazione naturale il serbatoio di accumulo dell'acqua deve essere sempre posizionato più in alto del pannello ed a breve distanza dal medesimo, con una leggera pendenza delle tubazioni di collegamento per facilitare il trascinarsi e l'espulsione dell'aria.

6.2. La Circolazione Forzata

I sistemi a circolazione forzata (fig. 7) sono quelli in cui il liquido del circuito primario è spinto da una pompa.

L'installazione dei sistemi a circolazione forzata è necessaria in tutte le situazioni in cui il serbatoio di accumulo dell'acqua non può essere posizionato ad un livello più alto dei pannelli solari.

Questo tipo di circolazione è sicuramente più costoso ma offre vantaggi importanti quali ad esempio maggiori volumi di stoccaggio di acqua calda, impatto architettonico meno evidente, impianti più complessi, ecc...

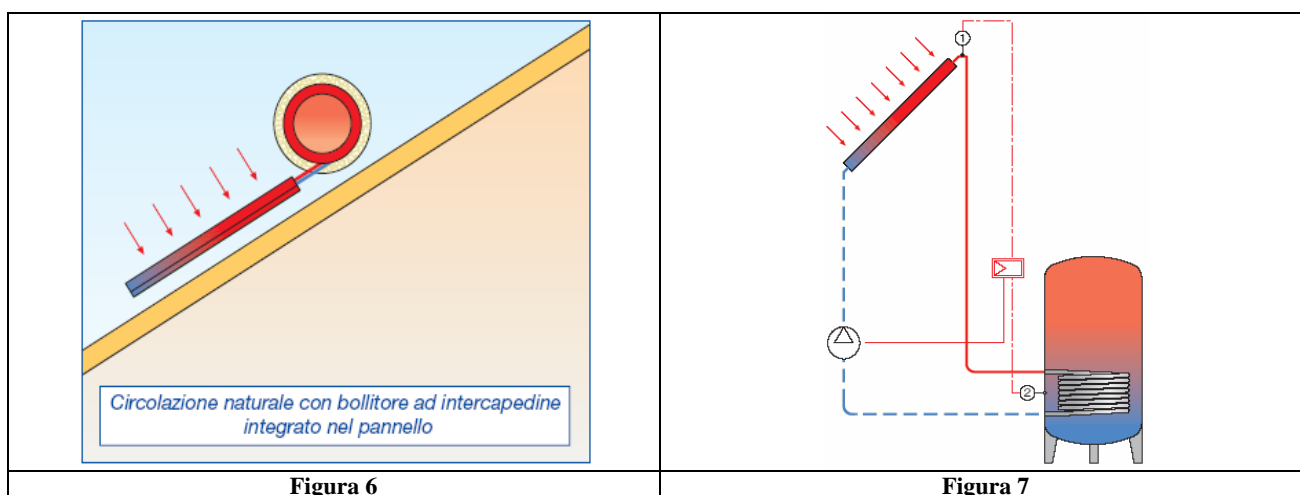


Figura 6

Figura 7

7. Il Pannello Solare come Attrezzatura a Pressione

Il pannello solare è a tutti gli effetti una attrezzatura a pressione; esso rientra nel campo di applicazione della Direttiva 97/23/CE, denominata Direttiva PED, tenuto conto che è progettato per pressioni di esercizio maggiori di 0,5 bar. Ciò è confermato dalle linee guida fornite in ambito comunitario per la corretta applicazione della direttiva stessa (cfr. GL 2/23).

Ai sensi della Direttiva PED (cfr. GL 2/13 e Fig. 8) un'attrezzatura contenente acqua, esposta a qualsiasi forma di riscaldamento e soggetta a rischio di surriscaldamento, qualora sia destinata a produrre vapore o acqua surriscaldata a temperatura maggiore di 110 °C deve essere classificata tenendo conto della tabella 5 dell'Allegato 2 della direttiva (cfr. Fig. 9); in tutti gli altri casi verrà considerata comunque un recipiente (cfr. GL 2/6) e sarà classificata secondo le tabelle 2 e 4 dello stesso allegato (cfr. Figg. 10 e 11), a seconda che contenga acqua o comunque fluido del gruppo 2 la cui tensione di vapore alla temperatura massima ammissibile è maggiore o minore di 0,5 bar relativi.

Si ricorda che se la temperatura di progetto è scelta tenendo in considerazione la più alta temperatura raggiunta in tutte le condizioni prevedibili, non solo dal fluido contenuto ma anche dal materiale, il rischio di surriscaldamento non esiste (cfr. GL 2/22).

Premesso ciò, per la classificazione di un collettore solare ai sensi della direttiva, esso, in quanto attrezzatura a pressione, deve essere considerato come uno scambiatore di calore contenente acqua surriscaldata (con additivi) alle massime temperature permesse più alte di 110°C (cfr. GL 2/23). Pertanto, verrà classificato:

- secondo la tabella 5 qualora esposta a rischio di surriscaldamento, ovvero la sua temperatura massima ammissibile risulti minore della più alta temperatura possibile, determinata con riferimento alla temperatura raggiunta sia dal materiale che dal fluido contenuto (si noti che le condizioni di ristagno devono essere comprese nelle normali condizioni operative);
- secondo la tabella 2 o 4 in caso contrario, a seconda che il fluido superi o meno di 0,5 bar relativi la tensione di vapore alla temperatura massima ammissibile.

Nell'applicazione delle tabelle suddette va considerato che il singolo pannello solare, per la pressione massima ammissibile e per lo scarso contenuto di acqua, rientra normalmente nell'articolo 3 paragrafo 3 della Direttiva: in tal caso esso deve pertanto essere progettato e fabbricato secondo una corretta prassi costruttiva che garantisca la sicurezza di utilizzazione, non deve recare la marcatura CE ma una marcatura che consenta l'individuazione del fabbricante o del suo mandatario stabilito nel territorio comunitario, deve inoltre essere corredato da sufficienti istruzioni per l'uso.

Qualora le attrezzature sono assemblate sul luogo di impianto sotto la responsabilità di un installatore, l'insieme che ne deriva deve soddisfare i requisiti dell'allegato I della Direttiva, qualora almeno un'attrezzatura, esclusi gli accessori di sicurezza, sia di categoria maggiore o uguale ad uno e sia pertanto marcata CE. In tal caso la valutazione dell'integrazione dell'insieme e della protezione dell'insieme contro il superamento dei limiti operativi permessi deve essere condotta alla luce della più alta categoria della singola attrezzatura a pressione PED.

Il fluido solare utilizzato normalmente è costituito da acqua, additivata opportunamente per evitare che possa ghiacciare a temperature prossime a 0 °C.

Tali additivi, normalmente glicole etilenico e glicole propilenico, pur non influenzando la classificazione ai sensi della PED, modificano i parametri termodinamici dell'acqua, in misura tanto maggiore quanto maggiore è la loro concentrazione nella soluzione; di ciò bisogna tener conto per la determinazione della tensione di vapore alla temperatura massima ammissibile e per il dimensionamento del vaso di espansione. In particolare, il glicole etilenico ha un costo ridotto ma può essere adoperato solo per impianti funzionanti a temperature entro i 110 °C a causa della sua aggressività a temperature maggiori. Inoltre, presenta caratteristiche di nocività per ingestione: è opportuno pertanto che venga considerato il rischio di inquinamento dell'acqua potabile, causato dalla possibilità di rottura dello scambiatore di calore, prevedendo di inserire un circuito intermedio. Il glicole propilenico ha un costo più elevato, ma non ha problemi di tossicità (è di norma impiegato come inerte in preparati galenici). Viene adoperato per impianti a temperature più alte senza provocare problemi di corrosione, anche se oltre i 170 °C può presentare fenomeni di invecchiamento.

In entrambi i casi, la soluzione acquosa che ne deriva non influisce sulla pericolosità del fluido ai fini della classificazione dell'attrezzatura a pressione, in quanto può essere classificata come fluido del gruppo 2.

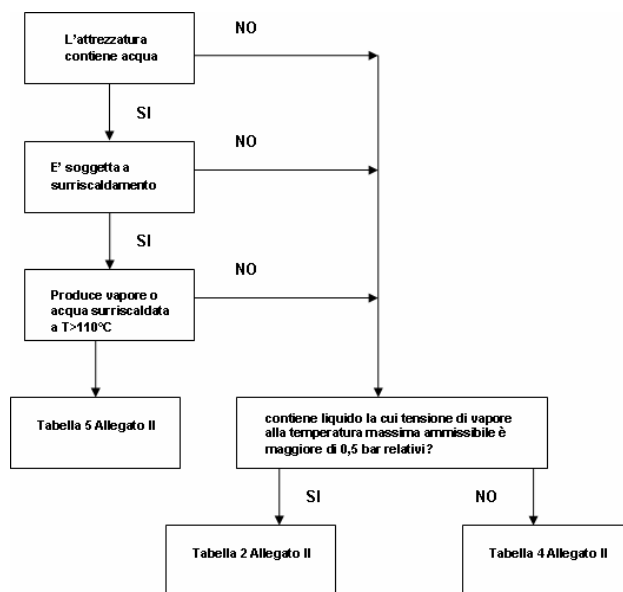


Figura 8. Classificazione dei pannelli solari ai sensi della Direttiva PED.

In cui P_{nom} =potenza nominale del pannello in kcal/h, r =calore latente di vaporizzazione del fluido alla pressione di scarico in kcal/kg, A =area di scarico in cm^2 , Q_m =portata massima da scaricare in kg/h, K_d =coefficiente di efflusso, C =coefficiente di espansione isoentropica, p_I =pressione di taratura della valvola di sicurezza aumentata della sovrappressione in bar assoluti, v_I =volume specifico del fluido in kg/m^3 , $0,9$ =coefficiente di sicurezza, $28,83$ =fattore di conversione.

La tubazione di collegamento della valvola di sicurezza ai pannelli solari non deve essere intercettabile e non deve presentare in nessun punto sezione inferiore a quella di ingresso della valvola di sicurezza o alla somma delle sezioni di ingresso nel caso di più valvole facenti capo ad una unica tubazione.

La tubazione di scarico della valvola di sicurezza deve essere realizzata in modo da non impedire la regolare funzionalità della valvola e non arrecare danno alle persone; lo scarico deve sboccare nelle immediate vicinanze della valvola di sicurezza ed essere accessibile e visibile.

Qualora il fluido termovettore sia costituito da liquidi o miscele di liquidi comunque dannosi, lo scarico della valvola di sicurezza deve essere convogliato in recipienti di adeguata capacità.

Il diametro della tubazione di scarico non deve comunque essere inferiore a quello del raccordo di uscita della valvola di sicurezza.

8.1.1.2. Scarico di Sicurezza Termico

Dispositivo autoazionato che interviene, quando la temperatura dell'acqua dell'impianto solare raggiunge il valore massimo ammissibile, per attivare l'intervento di uno scambiatore di calore atto a dissipare la potenza residua.

Detto sistema dovrà essere installato quanto più possibile vicino ai collettori solari. Lo scambiatore dovrà essere dimensionato per dissipare la potenza residua in relazione alla differenza tra la temperatura di stagnazione e la temperatura di intervento dello scarico di sicurezza termico, in modo da non superare quest'ultima temperatura.

La temperatura di intervento dello scarico di sicurezza termico non dovrà superare il minimo valore delle temperature massime ammissibili di tutti i componenti dell'impianto.

Lo scarico di sicurezza termico deve intervenire anche in caso di avaria dell'elemento sensibile di cui è dotato il dispositivo.

Lo scarico di sicurezza termico può essere omesso, qualora la temperatura massima ammissibile di tutti i componenti del circuito primario è maggiore della temperatura di stagnazione del sistema solare, in tal caso si dovrà installare la valvola di scarico termico sul circuito secondario.

8.1.2. Dispositivi di Protezione

8.1.2.1. Dimensionamento del Vaso di Espansione Chiuso

Si consideri un sistema di espansione costituito da un vaso con diaframma. Si può considerare, in analogia con quanto previsto dalla Raccolta R per gli impianti tradizionali, che il gas di pressurizzazione subisca, a seguito dell'espansione del fluido, una compressione isotermica (vedi nota 1), passando da un volume V_{in} ed una pressione P_{in} a freddo ad un volume V_f ed una pressione P_f a caldo tali che:

$$P_{in} \cdot V_{in} = P_f \cdot V_f$$

dove P_{in} e P_f sono espressi in bar assoluti.

Dopo qualche trasformazione si giunge alle formule sottostanti che forniscono il volume del vaso di espansione.

Per i vasi senza diaframma sarà:

$$V_n \geq \frac{V_e + V_r}{\frac{P_a}{P_1} - \frac{P_a}{P_2}}$$

in cui:

- V_n = volume nominale del vaso, in litri;
- P_a = pressione atmosferica assoluta, in bar;
- P_1 = pressione assoluta iniziale, misurata in bar, corrispondente alla pressione di saturazione del fluido alla massima temperatura ammissibile, incrementata del carico idrostatico agente sul vaso, nonché di un franco di sicurezza, pari a non meno di 0,5 bar;
- P_2 = pressione assoluta di taratura della valvola di sicurezza, in bar, diminuita di una quantità corrispondente al dislivello di quota esistente tra vaso di espansione e valvola di sicurezza, se quest'ultima è posta più in basso ovvero aumentata se posta più in alto;

- $V_e = V_A \cdot e/100$, volume di espansione in litri, ove;
 - V_A = volume totale del circuito, in litri;
 - e = coefficiente di dilatazione (se solo acqua = $0,31 + 3,9 \times 10^{-4} \cdot t_m^2$);
 - V_r = volume di riserva;
 per V_e inferiori a 15 litri il volume di riserva V_r dovrà essere non inferiore a 3 litri;
 per V_e maggiori di 15 litri il volume di riserva V_r dovrà essere non inferiore a 0,5% del volume del circuito (V_A) e comunque non inferiore a 3 litri;
 - t_m = temperatura massima ammissibile.
- Per i vasi con diaframma sarà:

$$V_n \geq \frac{V_e + V_r}{\left(1 - \frac{P_1}{P_2}\right)}$$

Il dimensionamento del vaso di espansione deve tener conto, oltre che della dilatazione del fluido, anche della possibile formazione di vapore.

Nel caso in cui il liquido termovettore è diverso dall'acqua, il coefficiente di dilatazione dovrà essere riferito al liquido utilizzato corrispondente alla temperatura massima del sistema solare.

Nota 1: nel caso, più realistico, di trasformazione politropica, la formula di partenza per il dimensionamento del vaso sarà:

$$P_{in} \cdot V_{in}^n = P_f \cdot V_f^n$$

con $n=1,25$ per azoto o aria.

8.1.3 Volume di Riserva

Il volume di riserva serve a contenere la dilatazione termica del fluido primario evitando la apertura della valvola di sicurezza con conseguente scarico di fluido che abbasserebbe il rendimento dell'impianto e comporterebbe il reintegro del fluido con operazioni di manutenzione straordinaria intempestiva.

Ne consegue che non essendovi correlazione tra aumento di temperatura e corrispondente aumento di pressione, lo scarico di sicurezza termico risulta necessario per la protezione contro surriscaldamento del sistema.

8.1.4. Dispositivi di Regolazione

Detti dispositivi dovranno essere idonei al tipo di utilizzo: regolatore di portata e regolatore di temperatura e regolazione intervento caldaia ausiliaria.

8.1.5. Dispositivi di Controllo

Si devono installare un termometro e un manometro per la lettura dei due parametri oppure una centralina che in modo chiaro e visibile possa essere interrogata per verificare le condizioni di funzionamento dell'impianto in qualsiasi momento.

8.2. Circuito Secondario

Circuito idraulico che, a seguito di scambio termico con il circuito primario, utilizza il calore prodotto.

8.2.1. Dispositivi di Sicurezza

8.2.1.1. Valvola di Sicurezza

La portata di scarico della valvola di sicurezza deve essere tale da consentire lo scarico di un quantitativo di vapore, espresso in kg/h, non inferiore a:

$$Q = \frac{P}{0,58}$$

essendo P la potenza termica nominale dei pannelli solari espressa in kW. Il diametro della minima sezione trasversale netta dell'entrata della valvola deve comunque essere non inferiore a 15 mm.

La pressione di ogni componente facente parte del circuito non dovrà essere inferiore alla taratura della valvola, aumentata dalla sovrappressione ammessa.

La tubazione di collegamento della valvola di sicurezza allo scambiatore non deve essere intercettabile e non deve presentare in nessun punto sezione inferiore a quella di ingresso della valvola di sicurezza o alla somma delle sezioni di ingresso nel caso di più valvole facenti capo ad una unica tubazione.

La tubazione di scarico della valvola di sicurezza deve essere attuata in modo da non impedire la regolare funzionalità delle valvole e da non arrecare danno alle persone; lo scarico deve sboccare nelle immediate vicinanze della valvola di sicurezza ed essere accessibile e visibile.

Il diametro della tubazione di scarico non deve comunque essere inferiore a quello del raccordo di uscita della valvola di sicurezza.

8.2.1.2. Valvola di Scarico Termico

Sul circuito secondario si deve installare la valvola di scarico termico se lo scarico di sicurezza termico installato sul circuito primario interviene ad una temperatura maggiore di 100 °C.

Detta valvola dovrà avere portata di scarico, espressa in lt/h, pari a:

$$Q = K_v \cdot \Delta p^a$$

in cui:

- K_v è il coefficiente di portata della valvola, pari al minore dei due coefficienti di portata K_n e K_e desunti dal certificato di omologazione;
- Δp è la differenza fra la pressione dovuta al battente idrostatico e la resistenza offerta dalla tubazione di scarico sino allo sbocco nell'atmosfera;
- a è l'esponente desunto dal certificato di omologazione.

Le valvole di scarico termico devono essere a sicurezza positiva, non azionate da energia esterna ed intervenire in modo da evitare che la temperatura dell'acqua nel circuito superi la temperatura di sicurezza prefissata, con la tolleranza necessaria per evitare l'intervento del dispositivo in conseguenza della sopraelevazione della temperatura che si verifica all'atto del mancato utilizzo.

Le valvole di scarico termico devono essere collegate alla tubazione di uscita dello scambiatore di calore oppure sul serbatoio di accumulo a monte di qualsiasi organo di intercettazione, con l'elemento sensibile immerso nella corrente di acqua calda in uscita quanto più possibile in prossimità dello scambiatore o del serbatoio.

Nel caso di reintegro totale dalla rete idrica, con esclusione dell'impiego dell'autoclave, la portata da scaricare, espressa in lt/h, dovrà essere pari a:

$$Q = \frac{P}{0,093}$$

in cui P è la potenza termica nominale dei pannelli espressa in kW.

Tale valore di portata non deve risultare superiore a quello ricavato dal diagramma della valvola di scarico termico per la pressione effettiva di esercizio dell'impianto.

Il reintegro totale deve essere attuato a mezzo di una rete idrica avente normalmente una pressione minima atta ad immettere nell'impianto la portata scaricata dalla valvola di scarico termico.

Nel caso di reintegro parziale, assimilabile al mancato reintegro, la portata Q da scaricare, espressa in lt/h, dovrà essere pari a:

$$Q = \frac{P}{0,029}$$

assumendo in questo caso per la pressione il valore di 0,5 bar.

Tale valore di portata non deve risultare superiore a quello ricavato dal diagramma della valvola di scarico termico in corrispondenza della pressione di scarico pari a 0,5 bar.

8.2.1.3 Valvola di Sicurezza Combinata

In alternativa all'installazione della valvola di sicurezza e della valvola di scarico termico è possibile installare una sola valvola che assolve entrambe le funzioni di protezione dalla sovratemperatura e dalla sovrappressione.

8.2.2. Dispositivi di Protezione

8.2.2.1. Dimensionamento del Vaso di Espansione Chiuso

Per il dimensionamento del vaso di espansione vale quanto detto in precedenza al punto 8.1.2.1 escludendo nel calcolo il volume di riserva V_r poiché il circuito avrà temperatura massima inferiore a 100°C.

8.2.3. Dispositivi di Regolazione e Blocco

8.2.3.1. Termostato di Regolazione e Termostato di Blocco

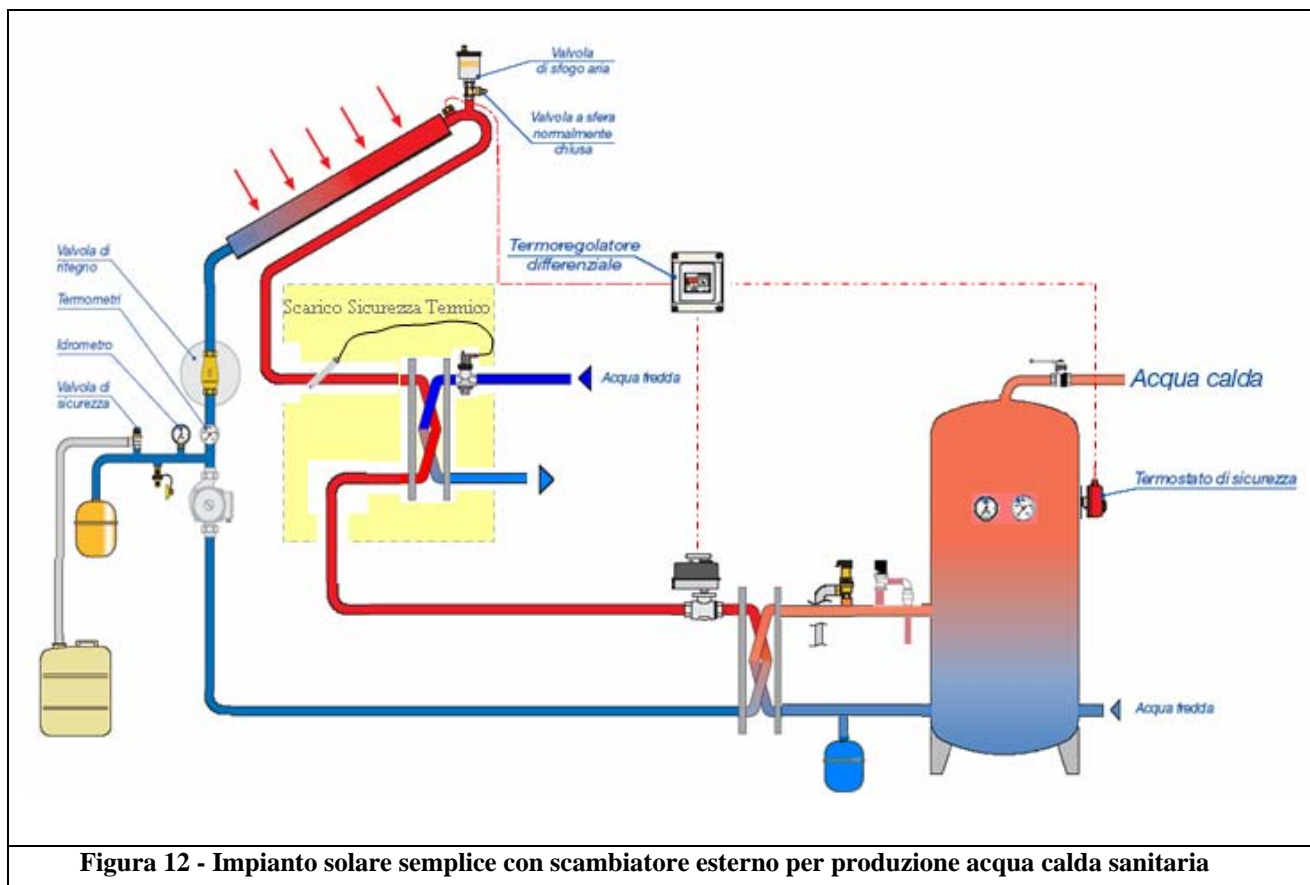
Il termostato di blocco e il termostato di regolazione devono operare su una valvola termoregolatrice, che controlla il flusso del fluido attraverso lo scambiatore.

Detta valvola è installata sulla tubazione di mandata del fluido primario.

Bisogna evitare il blocco della pompa sul circuito primario poiché la temperatura del fluido termovettore salirebbe in modo repentino con la conseguente formazione di vapore nella parte più alta del circuito primario (pannelli solari).

9. Tipologie di Impianti Solari

Sotto sono riportati alcuni tipici schemi di impianti solari con la raffigurazione dei dispositivi di sicurezza, protezione, regolazione e controllo.



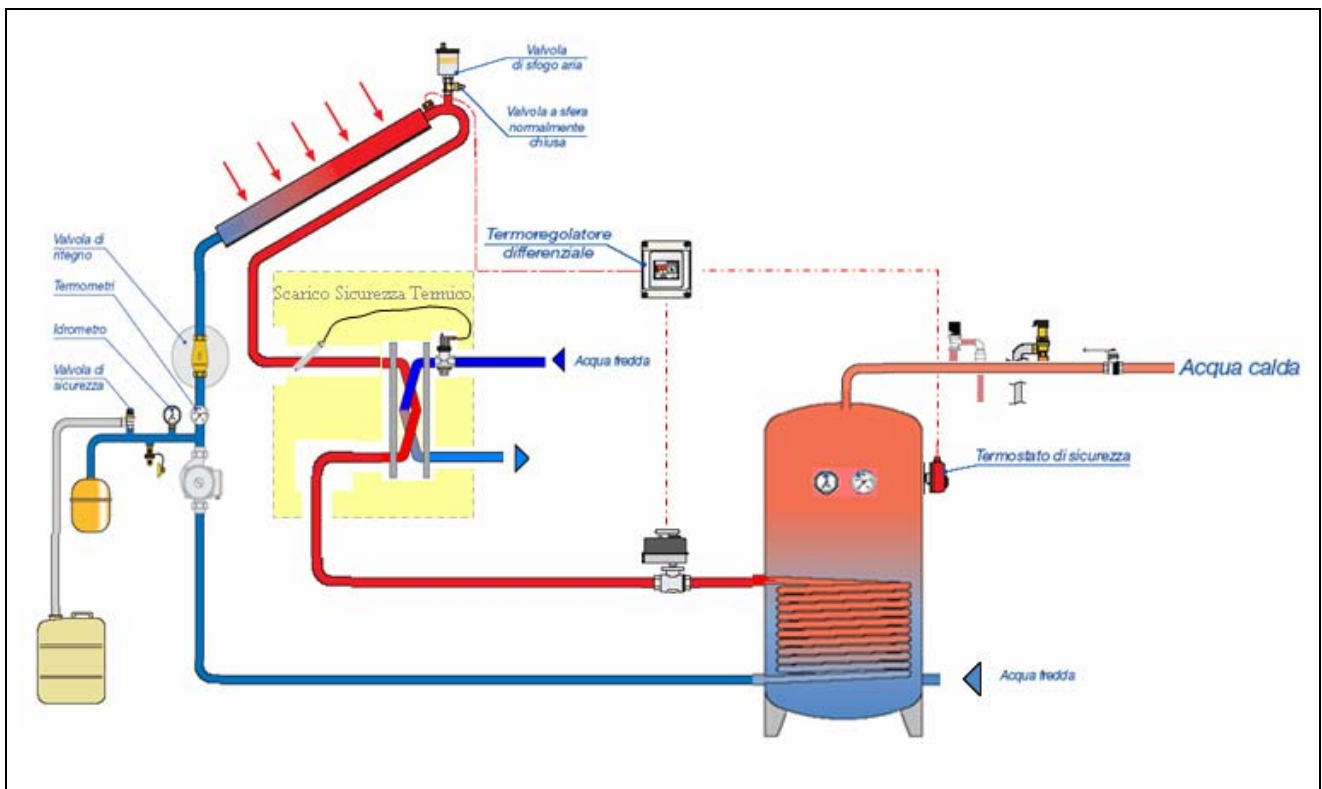


Figura 13 - Impianto solare semplice con serpentino incorporato per produzione acqua calda sanitaria

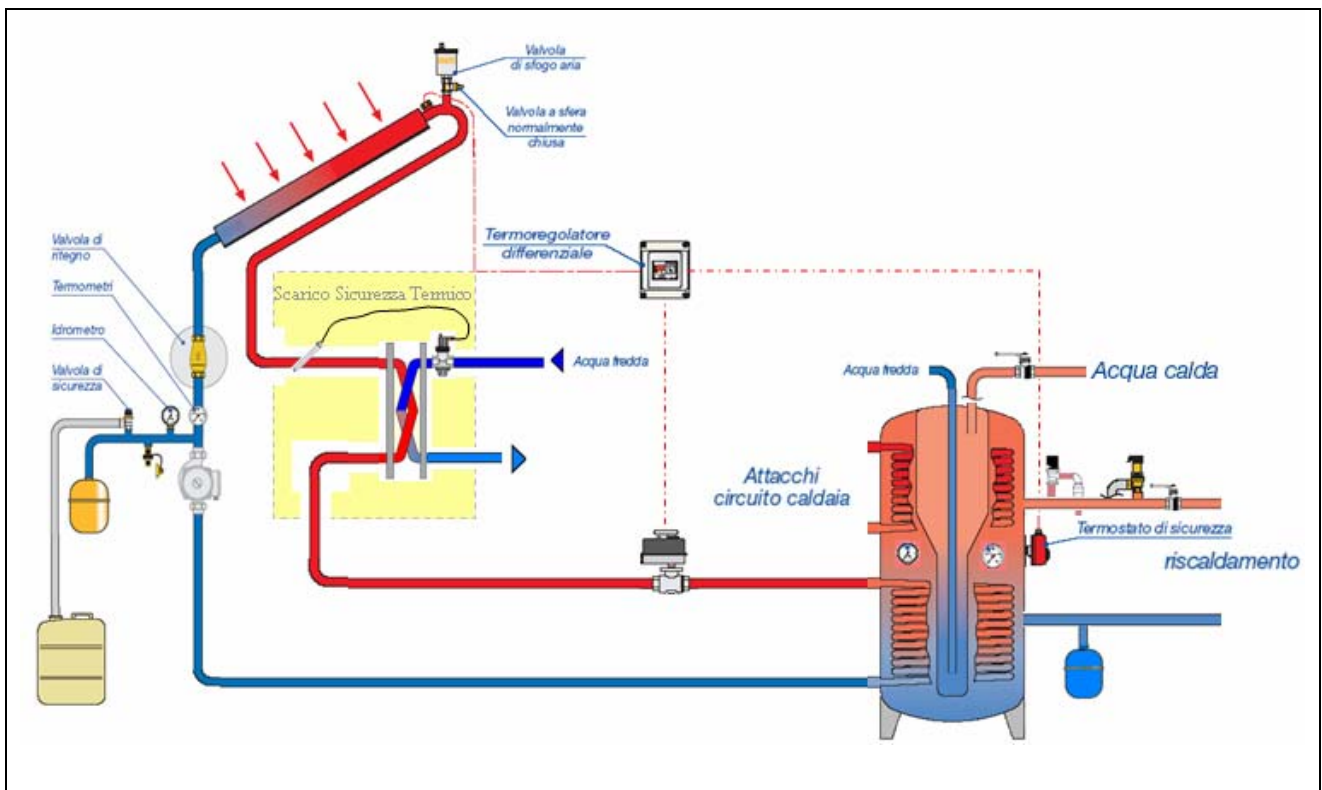












Figura 14 - Impianto solare con serpentino incorporato per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria

Legenda

	Valvola termoregolatrice		Valvola di scarico termico
	Serbatoio di stoccaggio		Scambiatore di calore a piastre
	Vaso di espansione		Pompa di circolazione
	Rubinetto		Termometro e Manometro
	Valvola di sicurezza		Valvola scarico di sicurezza termico

9. Esempio di Calcolo

Consideriamo un impianto solare per produzione acqua calda sanitaria (Fig.12), costituito da 25 pannelli solari sottovuoto con una resa pari a 800 W/m^2 e una temperatura di stagnazione pari a 250°C .

Per semplicità di calcolo consideriamo, come fluido primario acqua pura.

Dati circuito primario:

- superficie pannello solare= 2 m^2 , capacità 2,5 litri;
- superficie totale di esposizione pari a 50 m^2 capacità complessiva pari a 62,5 litri;
- potenzialità nominale complessiva= 40 kW ;
- capacità della restante parte del circuito primario pari a 87,5 litri;
- capacità complessiva circuito= 150 litri ;
- temperatura massima ammissibile dei componenti (pannelli, vaso di espansione, tubazioni, pompa ecc.)= 150°C ;
- intervento dello scarico di sicurezza termico= 150°C ;
- pressione di saturazione ($T=150^\circ\text{C}$)= $3,8 \text{ bar}$;
- pressione massima ammissibile= 10 bar ;
- pressione di taratura della valvola di sicurezza= 6 bar ;
- altezza impianto= 10 metri ;

Dai dati presi in esame, ne consegue che la pressione nel vaso a freddo, in bar assoluti, sarà pari a 6,3 bar, a caldo 7 bar, coefficiente di espansione (Raccolta R ed.2005) sarà pari a 0,09085 e il volume minimo del vaso di espansione risulta pari a 139 litri.

Tenendo conto del calore di vaporizzazione riferito a $\Delta t=140^\circ\text{C}$; pari a $2067,4 \text{ kJ/kg}$; la valvola di sicurezza dovrà avere una portata di scarico minima pari a circa 70 kg/h .

10. Conclusioni

Da quanto sopra esposto si evince che il circuito primario dell'impianto solare comporta pericoli di sovrappressione e di sovratemperatura che non devono essere trascurati nella fase di progettazione del sistema solare.

E' auspicabile che quanto prima si giunga alla formulazione ed alla approvazione di una norma tecnica che supporti il progettista anche nella protezione del circuito primario, assolvendo così il ruolo svolto dalla attuale Raccolta R per il circuito secondario dell'impianto.

Bibliografia

- [1] Raccolta R edizione 1982
- [2] Raccolta R edizione 2005
- [3] BS EN 12828:2003
- [4] BS EN 12975-2:2006
- [5] BS EN 12976-1:2006
- [6] PED 97/23/CE

- [7] EN ISO 4126-1
- [8] Linee guida per l'applicazione della Direttiva PED
- [9] Documentazione tecnica Caleffi