

**PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA
DA FONTI RINNOVABILI
I COLLETTORI SOLARI**

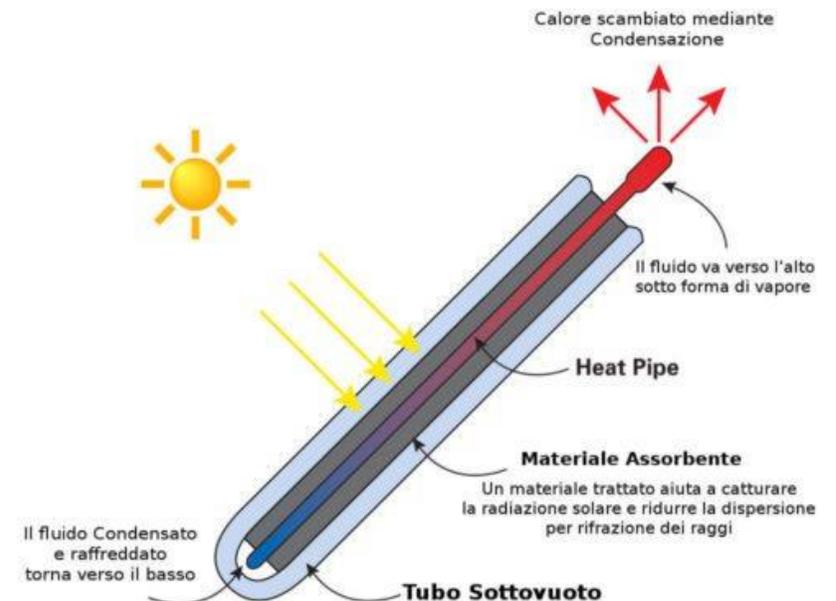


ENERGIA SOLARE

L'energia solare è la fonte primaria di energia sulla Terra, essa è l'energia radiante emessa dal Sole a partire dalle reazioni termonucleari di fusione che avvengono nel nucleo solare, che producono radiazioni elettromagnetiche.

Perché sfruttarla?

Per mezzo dell'energia solare è possibile trasformare i raggi provenienti dal Sole in calore per il riscaldamento di acqua tecnica o acqua calda sanitaria, in maniera «gratuita».



ENERGIA SOLARE E COLLETTORI: VANTAGGI

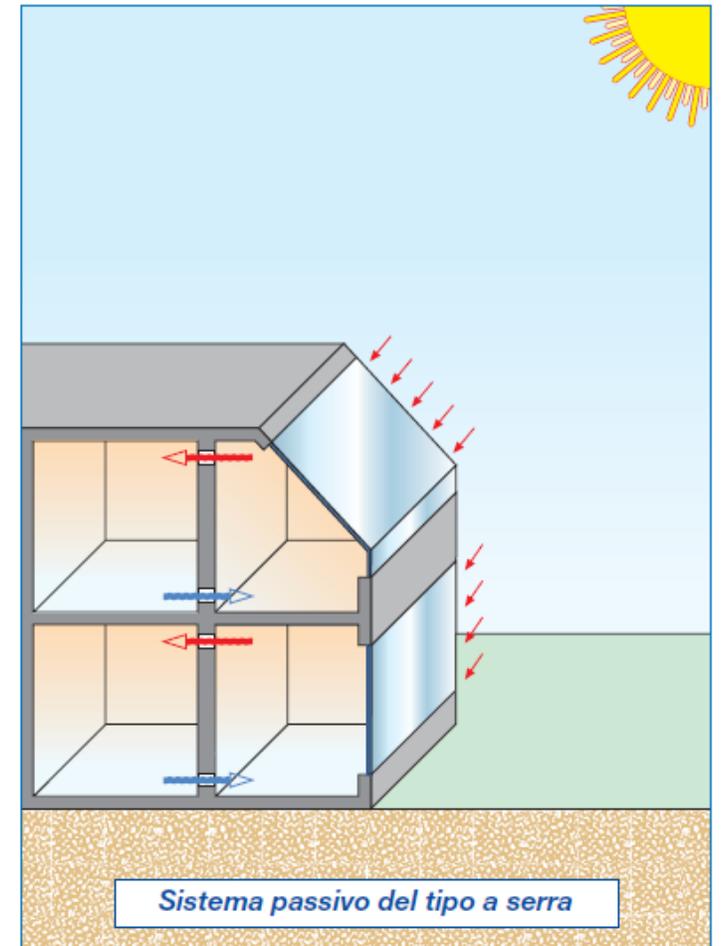
1. È possibile riscaldare l'acqua sanitaria per l'uso quotidiano senza utilizzare gas o elettricità;
2. Non ci sono emissioni di CO₂, pertanto si evita l'emissione dei gas effetto serra;
3. Rappresentano il modo più efficiente ed economico per utilizzare energia rinnovabile;
4. È una tecnologia affidabile, non necessitano di molta manutenzione e hanno un assorbimento energetico molto basso;
5. Hanno una fonte di energia sempre disponibile e contribuisce al risparmio delle altre fonti convenzionali (gas, petrolio, ecc...).



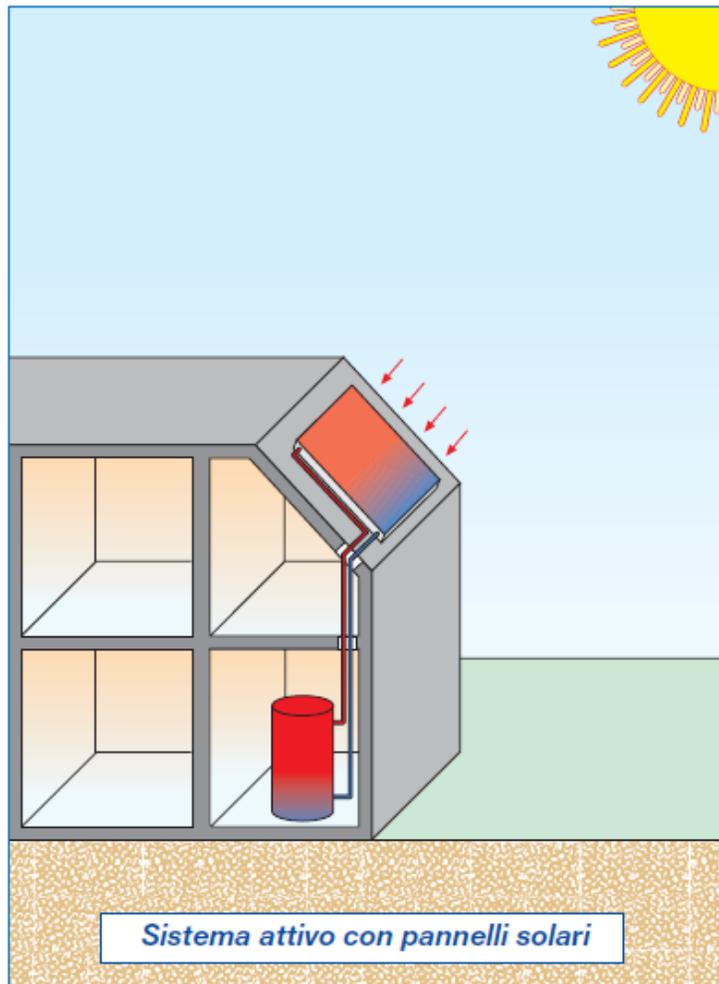
SISTEMI ATTIVI E PASSIVI

Per lo sfruttamento dell'energia solare si utilizzano sistemi normalmente definiti passivi o attivi.

I sistemi passivi sono quelli che si avvalgono di mezzi e accorgimenti strettamente integrati negli edifici e che per il loro funzionamento non richiedono fonti di energia esterne (ad esempio, quelli che prevedono l'uso di serre, lucernari, frangisole, superfici riflettenti, oppure strutture ad elevata inerzia termica, quali i muri a cambiamento di fase e le pareti ad acqua).



SISTEMI ATTIVI E PASSIVI



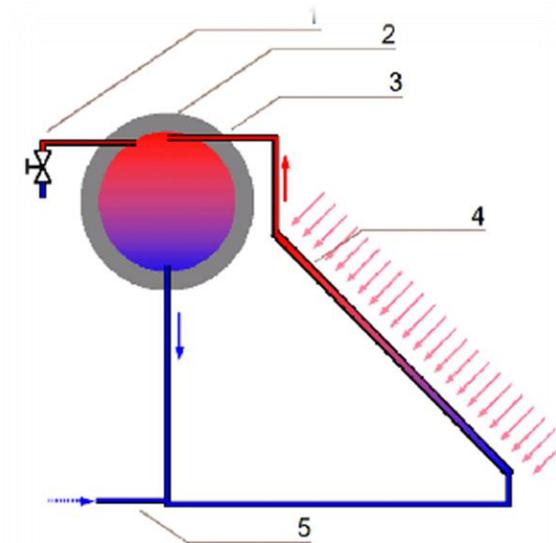
I sistemi attivi sono, invece, quelli che si avvalgono di veri e propri impianti tecnici di supporto, con mezzi per captare, convertire, trasportare e utilizzare l'energia solare. Sono, in pratica i sistemi a pannelli fotovoltaici e termici.

FUNZIONAMENTO COLLETTORI SOLARI

Il calore fornito dall'irraggiamento solare viene immagazzinato e trasmesso ad un fluido, aria o acqua, detto termovettore, che trasporta appunto il calore e che viene utilizzato per il riscaldamento di un ambiente o per produrre acqua calda.

L'impianto solare è costituito da tre parti fondamentali:

- il pannello solare in cui è presente un assorbitore di calore;
- il collettore (simile ad un radiatore,) per mezzo del quale il calore assorbito dal sole viene trasferito all'acqua del serbatoio;
- il serbatoio di accumulo dell'acqua calda;
- collegamenti idraulici (la pompa di circolazione) ed elettrici.



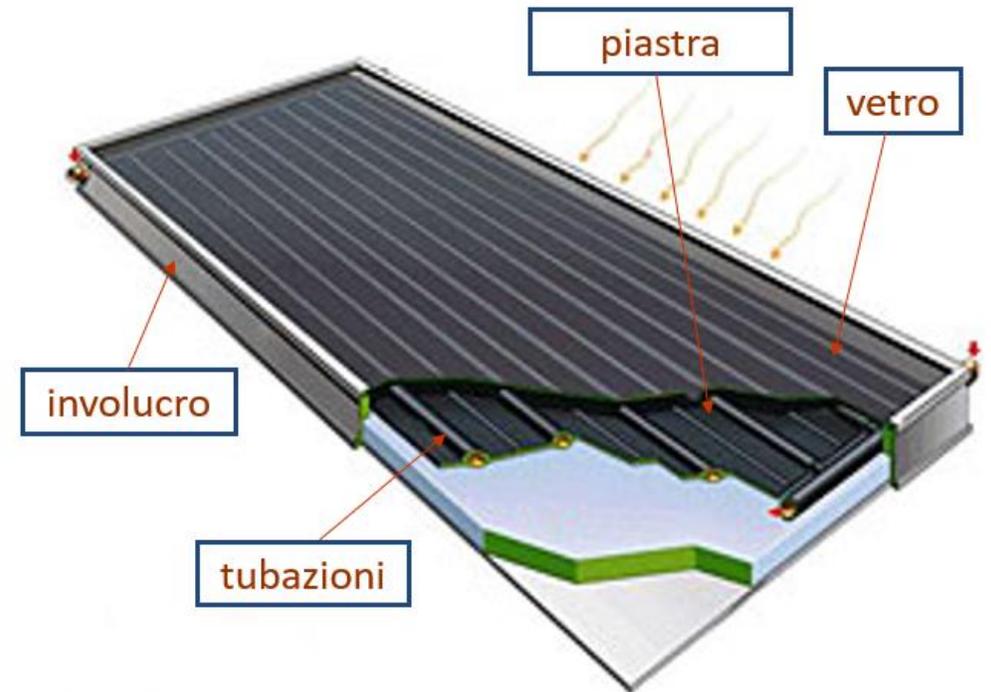
SCHEMA DI UN PANNELLO SOLARE:
1) VALVOLA
2) SERBATOIO DI ACCUMULO
3) CONDOTTO DI INSERIMENTO
4) PANNELLO DI ASSORBIMENTO
5) CONDOTTO DI INSERIMENTO DELL'ACQUA FREDDA

IL COLLETTORE

Il collettore è la forza motrice dell'impianto solare perché è il mezzo con cui il fluido termovettore passa e viene riscaldato (tramite irraggiamento solare) e trasferito tramite il circuito in un serbatoio di accumulo.

È formato da:

- un assorbitore (lastra nera in rame o in acciaio)
- un sistema di tubazioni
- una superficie di vetro
- un involucro isolato

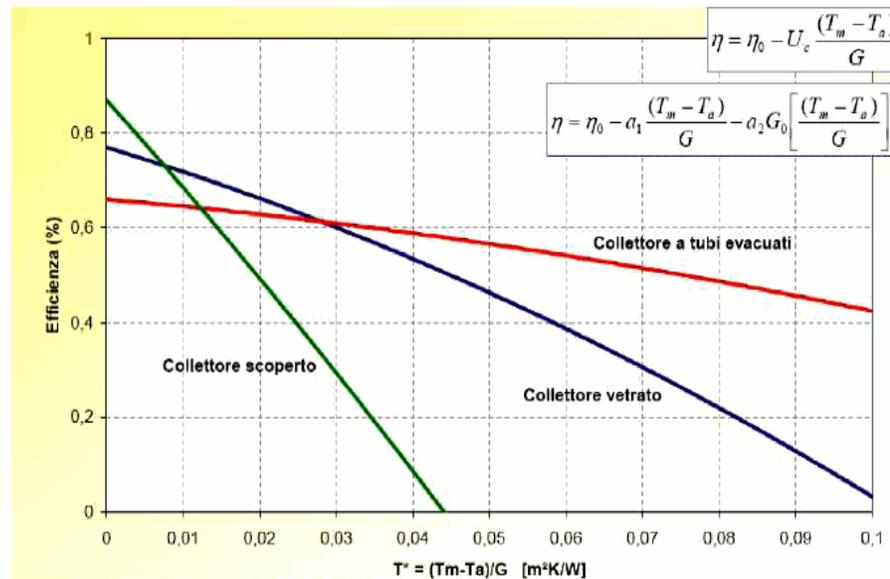


TIPOLOGIA DI COLLETTORI

I collettori si distinguono per numerose caratteristiche, come la capacità termica (comportamento del collettore quando si riscalda e si raffredda), la temperatura di stagnazione, la superficie (lorda, di apertura o dell'assorbitore), ecc.

Si possono distinguere anche per prestazioni, costi, costruzioni ed efficienza (relazione tra energia prodotta sottoforma di calore in uscita e quella in entrata per irraggiamento).

Funzionamento



TIPOLOGIA DI COLLETTORI

Possono essere ad alta o a bassa temperatura.

I **pannelli ad alta temperatura** sono dotati di specchi per concentrare i raggi solari. Il loro costo, assai elevato, li rende convenienti solo per esigenze particolari e alquanto limitate.

I **pannelli a bassa temperatura** sono costituiti da semplici assorbitori. Sono utilizzati soprattutto per produrre acqua calda e riscaldare ambienti, e possono essere così suddivisi:

- Pannelli a fluido liquido senza protezione
- Pannelli a fluido liquido con protezione
- Pannelli a fluido liquido con tubi sotto vuoto
- Pannelli ad aria del tipo a cassetta



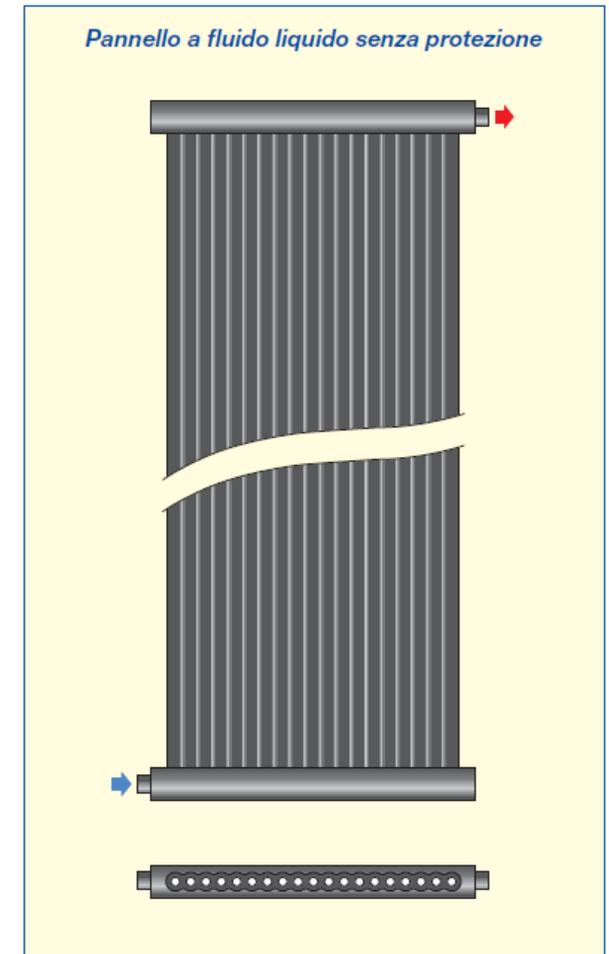
COLLETTORI SOLARI SENZA PROTEZIONE

Sono costituiti da un assorbitore realizzato in materiale plastico.

Per mancanza di copertura non sono in grado di superare i $40\div 45^{\circ}\text{C}$. Per questo, in pratica, sono utilizzati prevalentemente per riscaldare piscine.

Il basso costo è il loro principale vantaggio.

Sono però soggetti a problemi di “invecchiamento” che dipendono sia dai materiali, sia dalla tecnologia utilizzati per la loro produzione.



COLLETTORI SCOPERTI

Sono pannelli senza vetro, utilizzati prevalentemente in estate per scaldare piscine scoperte, nei campeggi, ecc.

L'acqua viene canalizzata direttamente nei tubi del pannello dove diventa pronta all'utilizzo. Si tratta di pannelli molto economici ma necessitano di una temperatura di almeno 20°C.

Non sono perciò molto efficienti ma sono semplici da installare.



COLLETTORI SOLARI CON PROTEZIONE

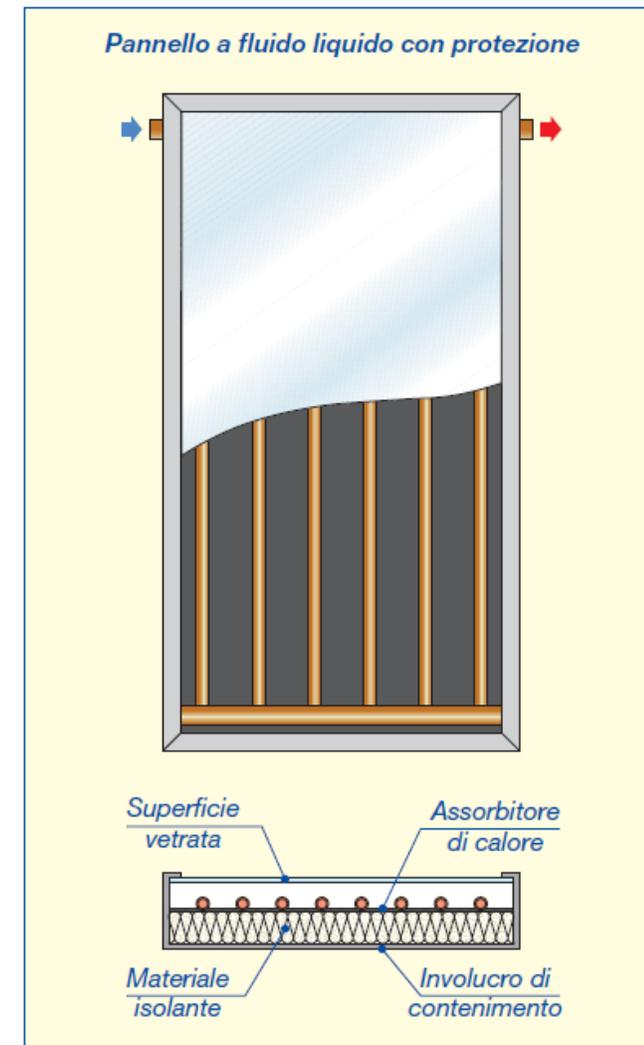
Sono costituiti da:

- un assorbitore metallico (in rame, alluminio o acciaio) che incorpora anche i tubi di passaggio del fluido vettore;
- una lastra in vetro o in plastica con buona trasparenza alle radiazioni emesse dal sole ed elevata opacità a quelle emesse dall'assorbitore;
- un pannello di materiale isolante, posto sotto l'assorbitore;
- un involucro di contenimento per proteggere i componenti di cui sopra e limitare le dispersioni termiche del pannello.

Questi pannelli possono produrre acqua calda fino a $90\div 95^{\circ}\text{C}$. La loro resa diminuisce però in modo sensibile oltre i $65\div 70^{\circ}\text{C}$.

Non richiedono soluzioni d'uso complesse, hanno un buon rendimento e costi relativamente bassi.

Per tali motivi sono i pannelli maggiormente utilizzati negli impianti civili. Per impianti di piccole dimensioni sono disponibili anche con serbatoio incorporato.

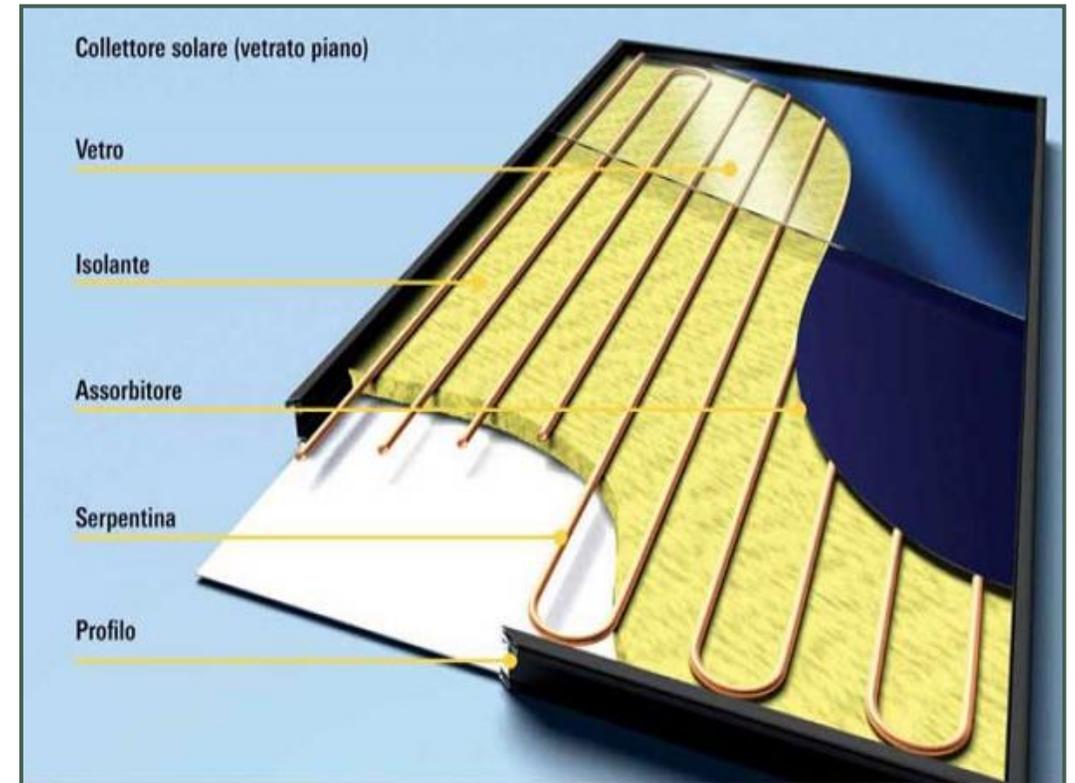


COLLETTORI SOLARI PIANI

I collettori solari piani sono composti dal pannello (in vetro) che assorbe e trattiene l'energia solare.

Componenti:

- **Piastra assorbente:** assorbe l'energia solare e la trasferisce sotto forma di energia termica al fluido termovettore
- **Copertura trasparente:** permette il passaggio della radiazione solare, ma è opaca alla radiazione infrarossa emessa dalla piastra assorbente
- **Isolante:** limita le dispersioni termiche
- **Telaio:** racchiude i componenti del collettore solare e costituisce la struttura di supporto



Questi pannelli devono avere elevata trasparenza nella copertura, elevato assorbimento da parte della piastra, ed elevato isolamento termico.

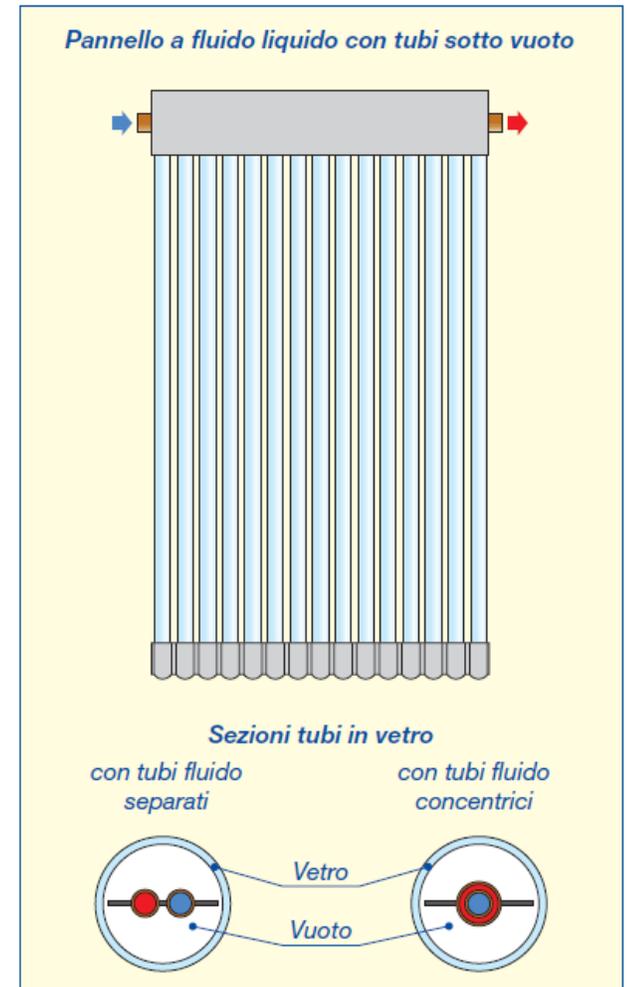
COLLETTORI SOLARI CON TUBI SOTTO VUOTO

Sono costituiti da una serie di tubi in vetro sottovuoto all'interno dei quali sono posti assorbitori a strisce.

È una tecnica costruttiva che consente di limitare le dispersioni termiche dei pannelli ed assicurare rendimenti più elevati, caratteristica che può risultare molto utile nelle zone con basse temperature esterne.

I pannelli a tubi sottovuoto possono produrre acqua calda fino a temperature di 115-120°C: cioè fino a temperatura che possono essere utilizzate in campo industriale, alimentare e agricolo, oppure per produrre acqua refrigerata con l'aiuto di appositi gruppi frigoriferi.

Il costo assai elevato è il principale limite di questi pannelli.



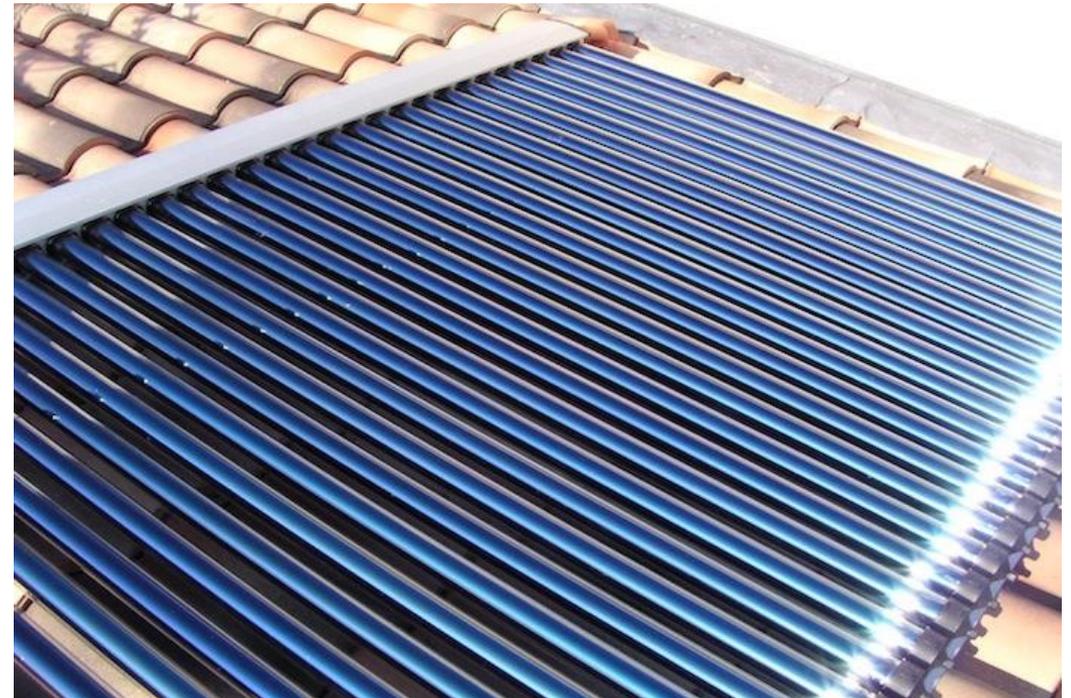
COLLETTORI A TUBI SOTTOVUOTO

Sono pannelli molto validi ma costosi e tecnologicamente sofisticati. Utilizzano le proprietà isolanti del sottovuoto riducendo le perdite di calore.

Sono formati da tubi di vetro che contengono elementi assorbitori di calore.

Hanno una pressione interna molto ridotta per limitare il passaggio di calore da parte dell'assorbitore.

Garantiscono efficienza e un ottimo rendimento tutto l'anno a qualunque temperatura.

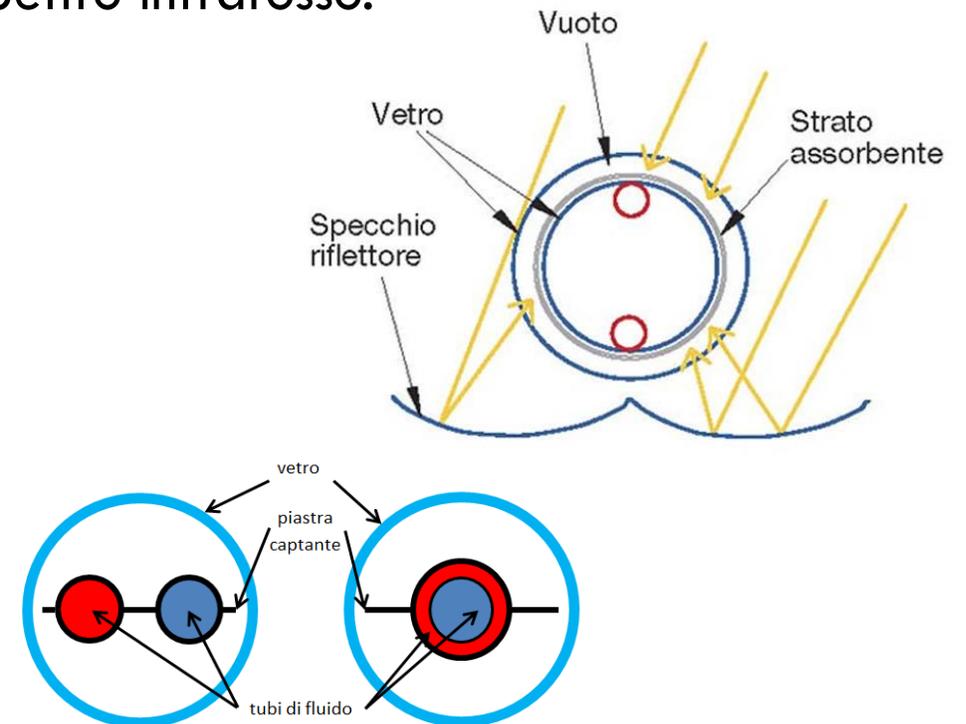


COLLETTORI A TUBI SOTTOVUOTO

Ogni tubo sottovuoto è formato da due tubi di vetro coassiali: quello esterno, estremamente duro, consente al collettore solare di resistere alla grandine fino a 25 mm di diametro. Il tubo interno è invece ricoperto con uno speciale rivestimento selettivo dotato di eccellenti caratteristiche di assorbimento e bassa emissione nello spettro infrarosso.

Nell'intercapedine tra i due tubi l'aria viene eliminata per formare il vuoto, permettendo di eliminare le perdite di calore conduttivo e convettivo e di garantire protezione e durata all'assorbitore.

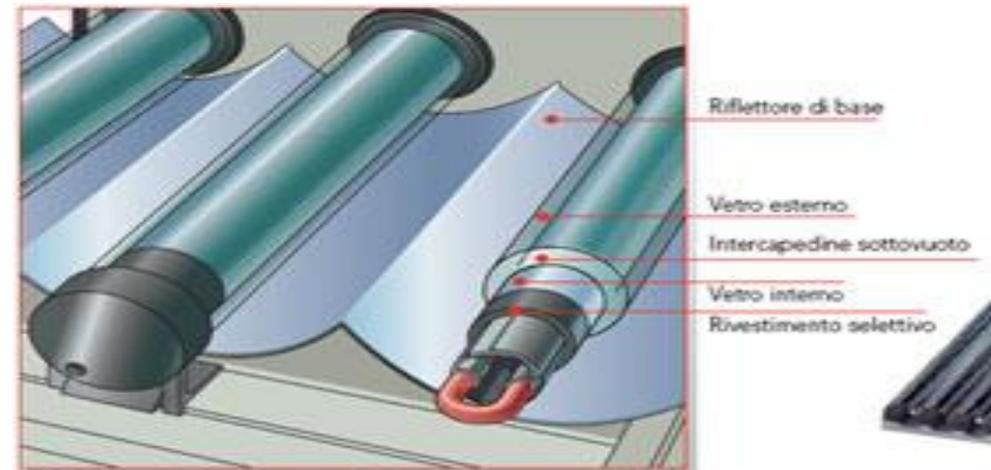
L'assorbitore di forma circolare è alloggiato all'interno della cavità sottovuoto dei tubi. Il fluido termovettore evapora, cede calore all'estremità superiore del tubo, condensa e ritorna in basso.



COLLETTORI A TUBI SOTTOVUOTO

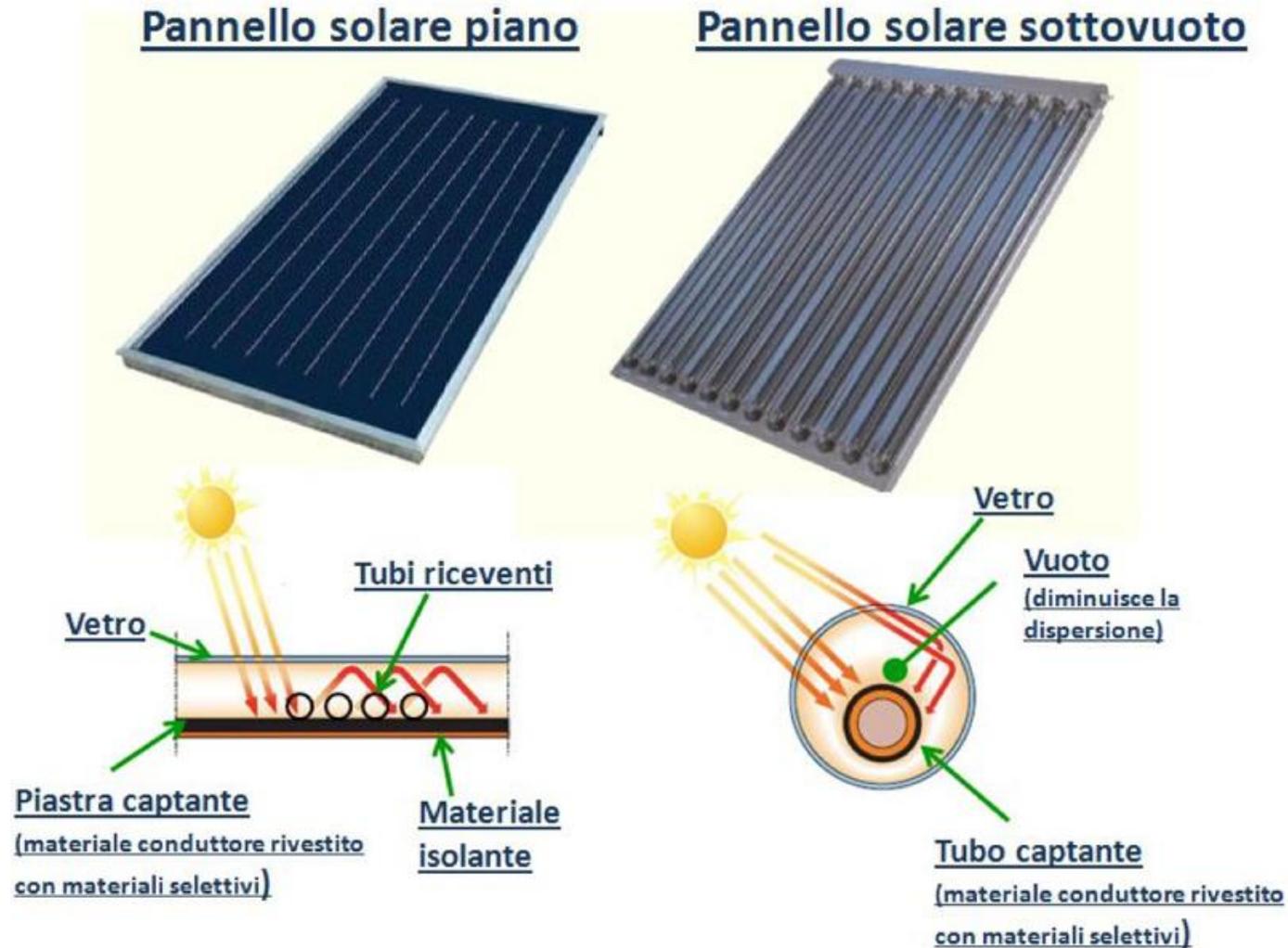
Al di sotto dei tubi è presente un riflettore di base, uno speciale specchio di forma parabolica, il quale riflette i raggi solari verso i tubi sottovuoto, riducendo al minimo le perdite di calore.

Il liquido inizia ad evaporare alla temperatura di circa 25°C salendo verso il bulbo, dove condensa per la temperatura di parete più bassa.



Durante l'evaporazione il gas accumula un'elevata quantità di energia termica 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

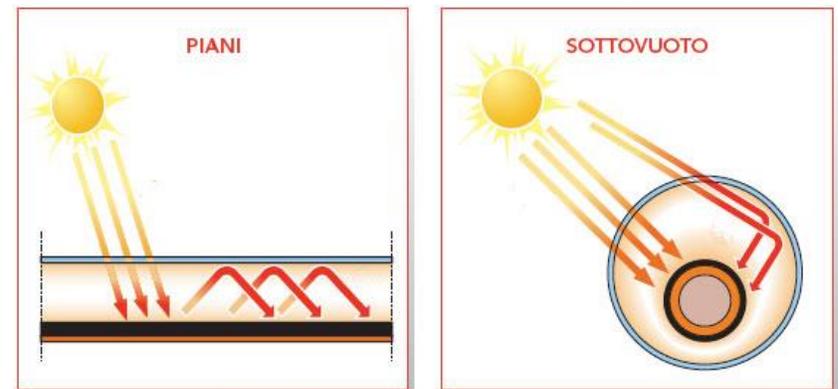
COLLETTORI A TUBI SOTTOVUOTO



COLLETTORI A TUBI SOTTOVUOTO

Vantaggi

- semplificazione costruttiva, con eliminazione di componenti strutturali fonti di dispersioni termiche
- miglior rendimento meccanico e termico, essendo le funzioni di captazione della radiazione solare e di trasmissione del calore concentrate in un unico elemento
- i raggi solari colpiscono la superficie tubolare sempre perpendicolarmente, minimizzando le perdite per riflessione e massimizzando il calore assorbito
- all'interno del tubo si realizza un effetto serra, in quanto esso permette il passaggio della radiazione solare caratterizzata da piccole lunghezze d'onda, mentre risulta opaco alla radiazione emessa dall'assorbitore, caratterizzata da lunghezze d'onda maggiori.



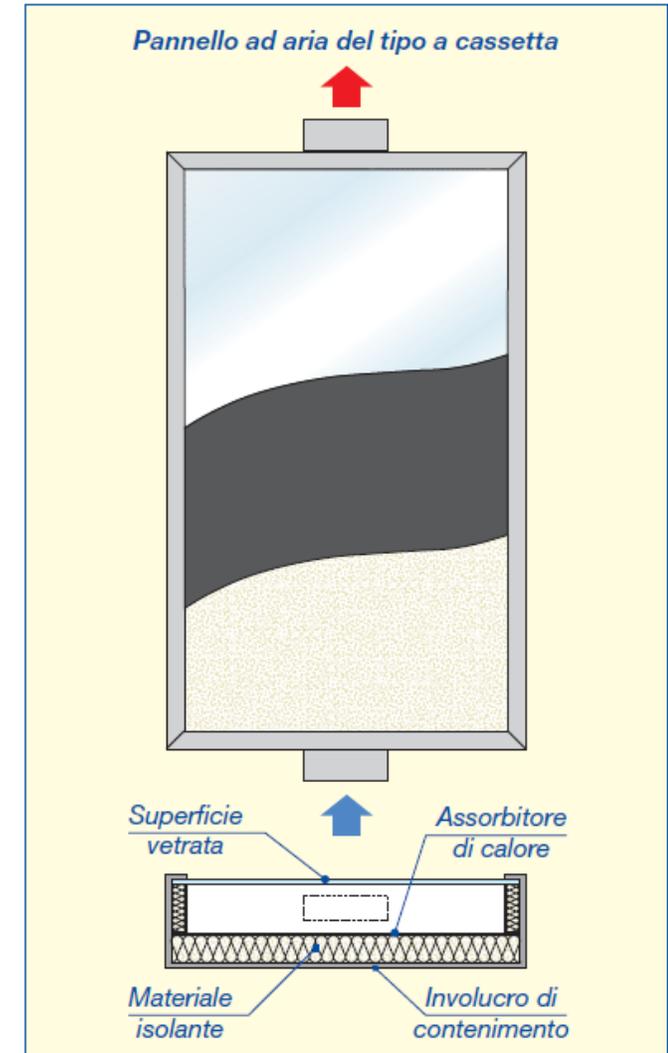
COLLETTORI AD ARIA

Sono costituiti da un contenitore a scatola con superficie superiore trasparente (in vetro o in plastica) e con isolamento termico sia sul fondo che sulle pareti laterali.

L'assorbitore è una semplice lastra metallica (in acciaio o in rame) sopra cui, e talvolta anche sotto, scorre libero un flusso d'aria.

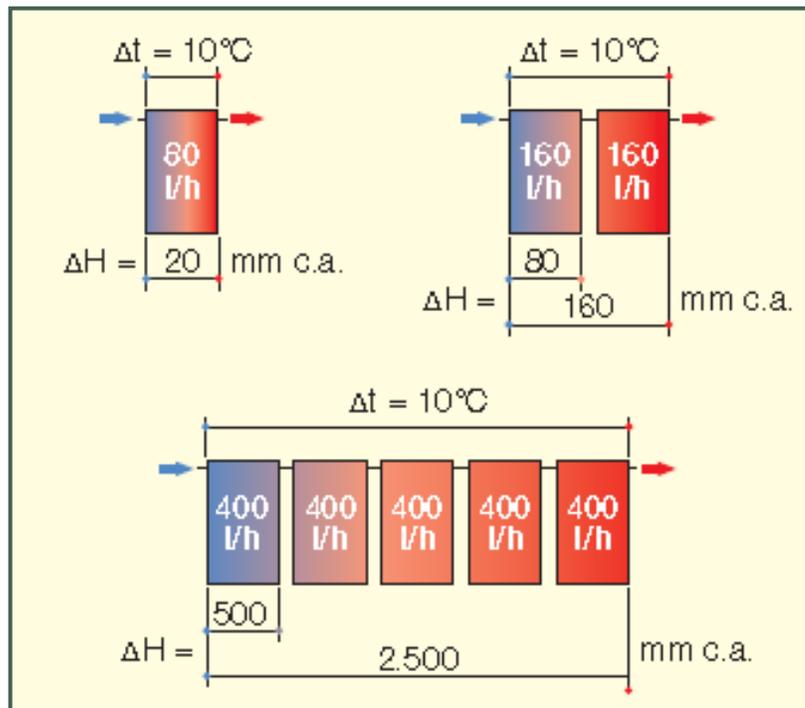
Questi pannelli non hanno una resa elevata in quanto l'aria è un vettore poco idoneo a scambiare e a trasportare calore. Tuttavia hanno il vantaggio di costare poco e di non richiedere l'intervento di uno scambiatore. Inoltre sono molto leggeri e, a differenza dei pannelli con fluido vettore liquido, non sono esposti a pericoli di congelamento o di ebollizione.

Sono utilizzati soprattutto per riscaldare aria ambiente e per essiccare prodotti agricoli.

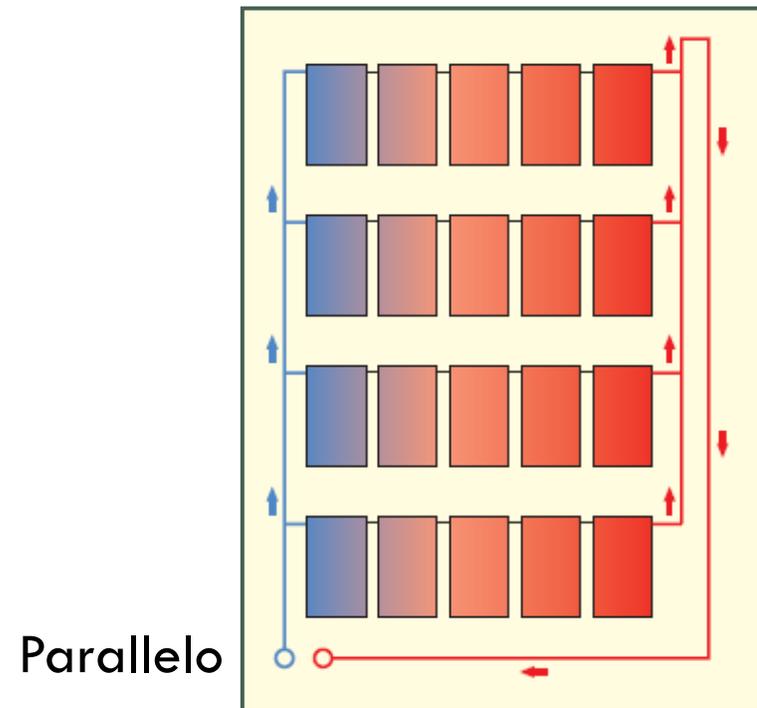


COLLEGAMENTO DEI COLLETTORI

I collettori possono essere collegati in serie (ma in numero ridotto, per non avere portate troppo elevate attraverso il singolo collettore e perdite di carico eccessive) e/o in parallelo.



Serie



Parallelo

ALTRI COMPONENTI DI IMPIANTO

I fluidi impiegati devono soddisfare i seguenti criteri:

- Resistere fino alle massime temperature di stagnazione;
- Garantire una protezione antigelo;
- Garantire una protezione anticorrosione;
- Non essere tossici;
- Non essere eccessivamente viscosi per non sovraccaricare le pompe;
- Essere facilmente reperibili sul mercato ed avere un costo ridotto.



concentrazione	
antigelo	protezione
%	fino a
	°C
33	- 16
38	- 20
43	- 25
47	- 30

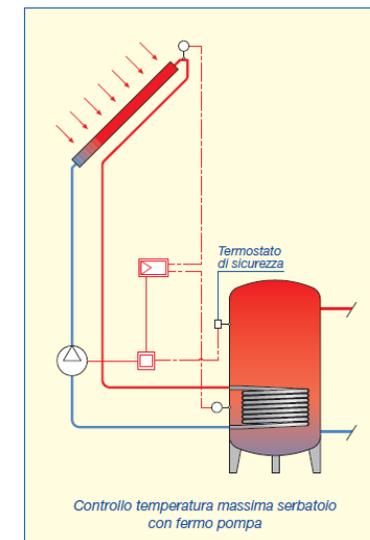
I criteri prima indicati vengono adeguatamente soddisfatti da una miscela di acqua e glicole (al 40% è sufficiente). A questa percentuale l'impianto funziona fino a -24° . Con una superiore il glicole diventerebbe troppo viscoso.

POSSIBILI CAUSE DI SURRISCALDAMENTO

Con forte insolazione e utilizzo limitato, negli impianti solari possono insorgere problemi di surriscaldamento, in quanto il calore che i pannelli cedono all'impianto non può essere bloccato. Il surriscaldamento può interessare sia i serbatoi d'accumulo, sia il circuito solare.

Superare la temperatura massima ammessa può recare grave danno sia alla tenuta dei serbatoi sia alla potabilità dell'acqua.

- Soluzione 1: mediante l'azione combinata di un **termostato** e di una **valvola elettrica a due vie**, consente di scaricare all'esterno l'acqua del serbatoio quando viene superata la temperatura ammessa. L'acqua calda che fuoriesce richiama acqua fredda e ciò comporta un abbassamento di temperatura (anche se implica uno spreco di acqua)
- Soluzione 2: si utilizza un termostato, o una **sonda di sicurezza**, per fermare la pompa del circuito solare al superamento del limite ammesso. Questa seconda soluzione non però è in grado, come la prima, di risolvere in modo definitivo il problema del surriscaldamento. In pratica si limita a spostarlo dal serbatoio d'accumulo al circuito solare.



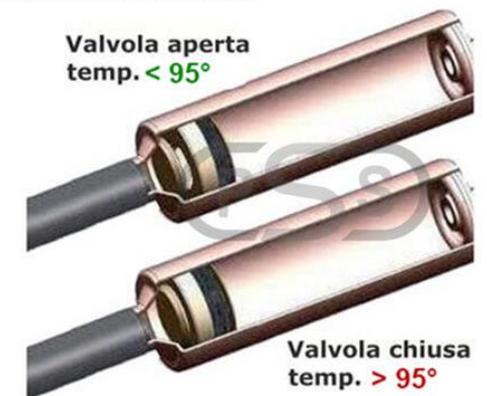
POSSIBILI CAUSE DI SURRISCALDAMENTO

Quando invece si ha un surriscaldamento all'interno del circuito solare si è in presenza del fenomeno della stagnazione. Le temperature possono raggiungere anche valori maggiori di 140-150°C, e ciò provoca la vaporizzazione e l'ebollizione del fluido vettore. In relazione a questi fenomeni, se viene utilizzato un fluido antigelo bisogna evitare sia la sua fuoriuscita che il suo degrado.

La prima va evitata in quanto a temperature superiori ai 115-120°C le miscele antigelo subiscono alterazioni che le rendono molto aggressive, quindi se fuoriescono dall'impianto possono recare danno ai manti e alle guaine di impermeabilizzazione oppure corrodere scarichi e pluviali. Per il degrado del fluido va considerato che invece le sue alterazioni compromettono la sua capacità di antigelo.

- Negli impianti piccoli occorre perciò dimensionare correttamente i sistemi di sicurezza, espansione ed eliminazione dell'aria.
- Negli impianti medio-grandi, in genere, conviene invece smaltire il calore in eccesso (ad esempio con serpentini o aerotermi).

A 95° le valvole chiudono il passaggio del fluido termovettore così da non permettere il surriscaldamento del collettore solare



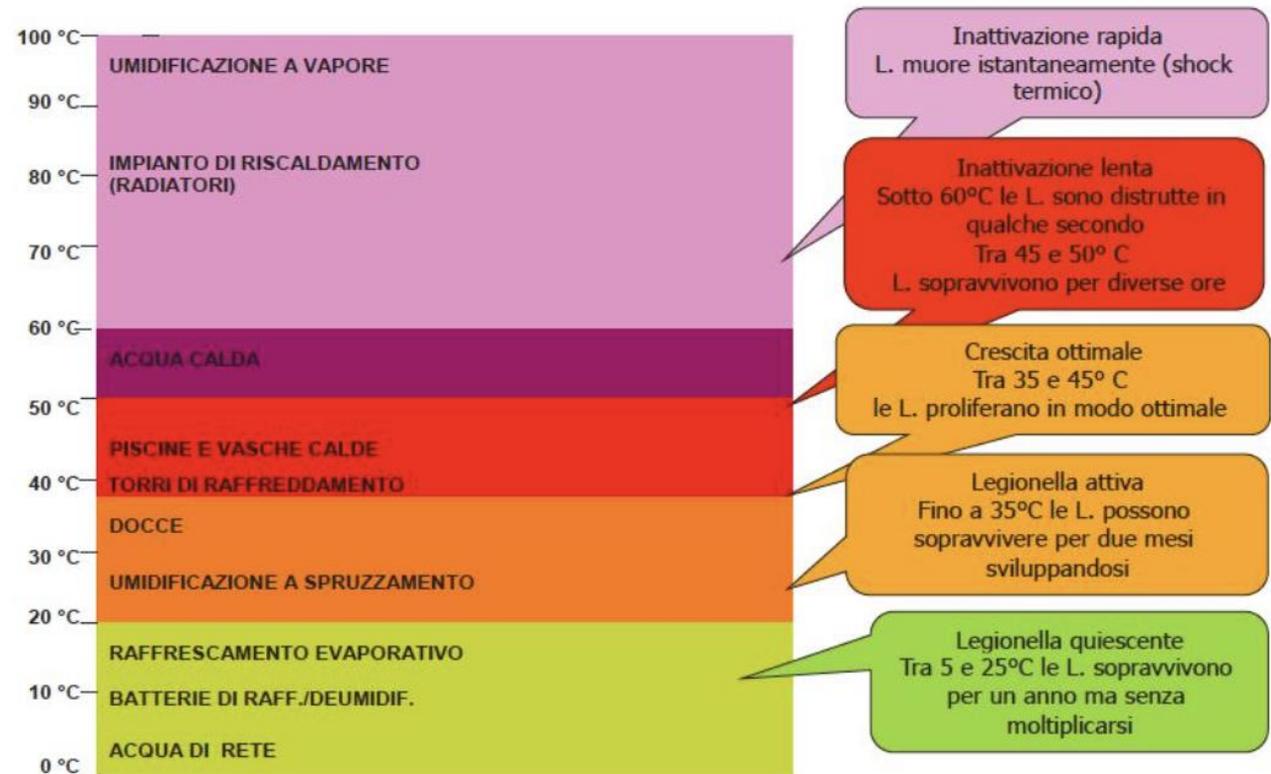
PROBLEMA DELLA LEGIONELLA

I batteri della legionella sopravvivono a temperature tra i 20 e i 55°C e muoiono tanto più rapidamente quanto più è alta la temperatura.

Per questo negli impianti idrici si prevede sempre una disinfezione termica, con la circolazione forzata di acqua calda sopra i 60°C.

Anche negli impianti solari vanno adottate le necessarie misure antilegionella.

Col solare, però, bisogna riservare molta attenzione alla scelta della temperatura minima di disinfezione, perché il suo valore potrebbe aver riflessi non secondari sulla resa dei pannelli.

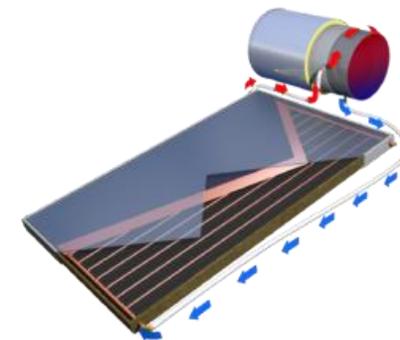


TIPOLOGIE DI IMPIANTO

In base al tipo di circolazione del fluido termovettore, gli impianti possono essere distinti in *impianti a circolazione naturale* e *impianti a circolazione forzata*.



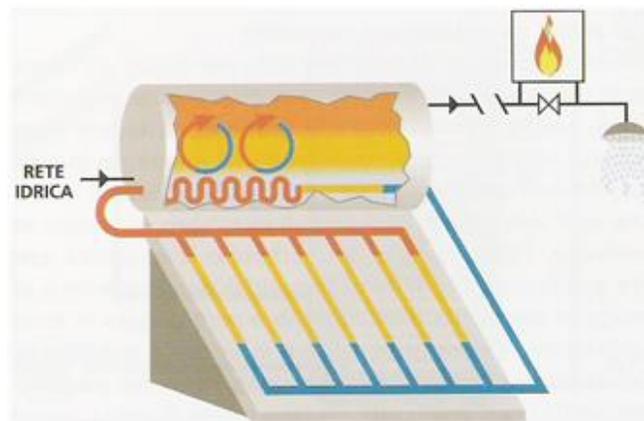
SISTEMI A CIRCOLAZIONE NATURALE



Sono molto più semplici ed economici, richiedono scarsa manutenzione e possono essere realizzati impiegando qualunque tipo di pannello solare.

La circolazione tra collettore e serbatoio di accumulo avviene per gravità, senza energia addizionale, essendo quest'ultimo posto al di sopra del collettore. Il fluido caldo all'interno del collettore è più leggero del fluido freddo all'interno del serbatoio e questa differenza di densità instaura una circolazione naturale.

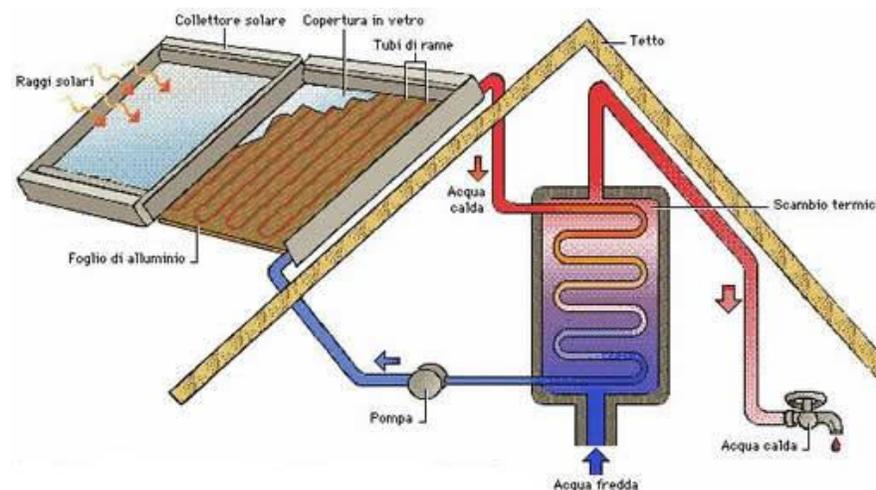
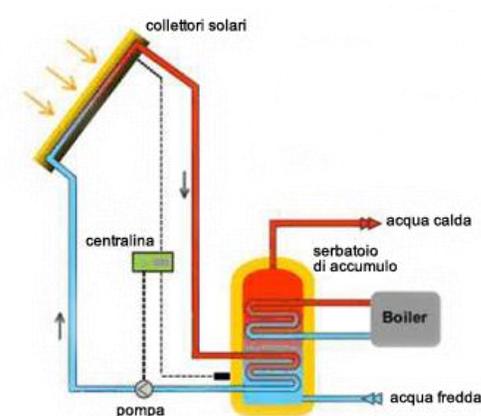
Il fluido riscaldato cede il suo calore all'acqua contenuta nel serbatoio e ricade nel punto più basso del circuito del collettore.



SISTEMI A CIRCOLAZIONE FORZATA

Si tratta di un sistema a circuito chiuso, in cui il posizionamento dei collettori è completamente svincolato da quello dei serbatoi e la circolazione del fluido termovettore è assicurata dalla presenza di una pompa (circolazione forzata).

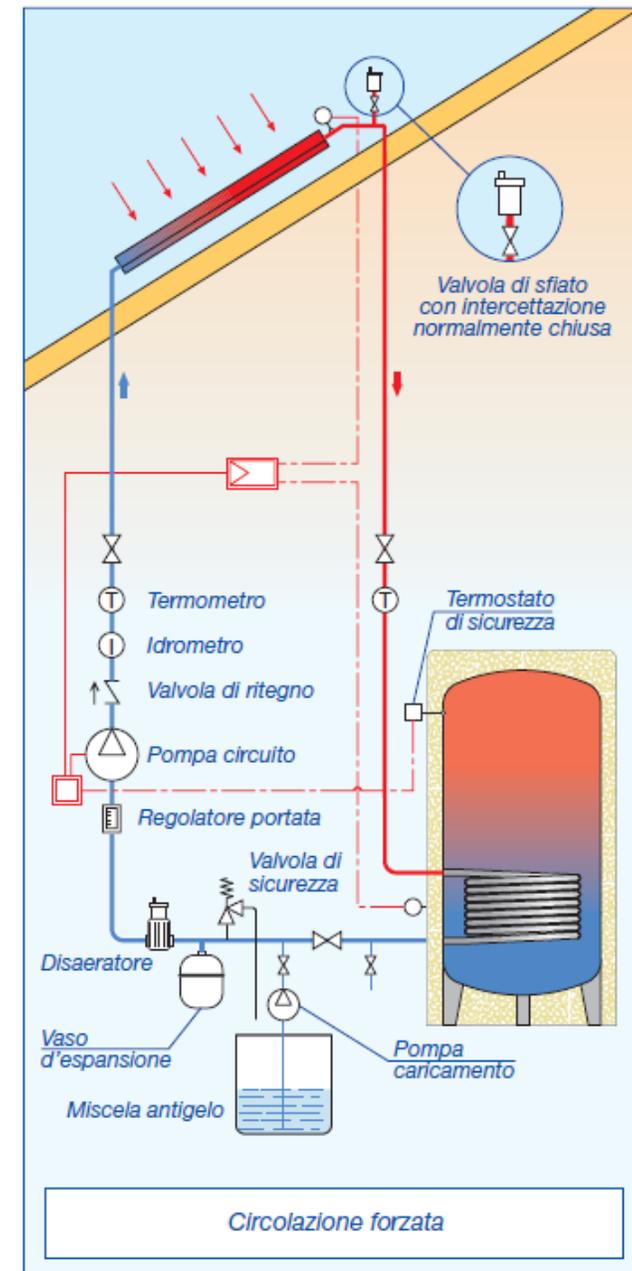
L'installazione dei sistemi a circolazione forzata è necessaria in tutti i casi in cui il serbatoio di accumulo non può essere posizionato ad un livello più alto dei pannelli solari.



SISTEMI A CIRCOLAZIONE FORZATA

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

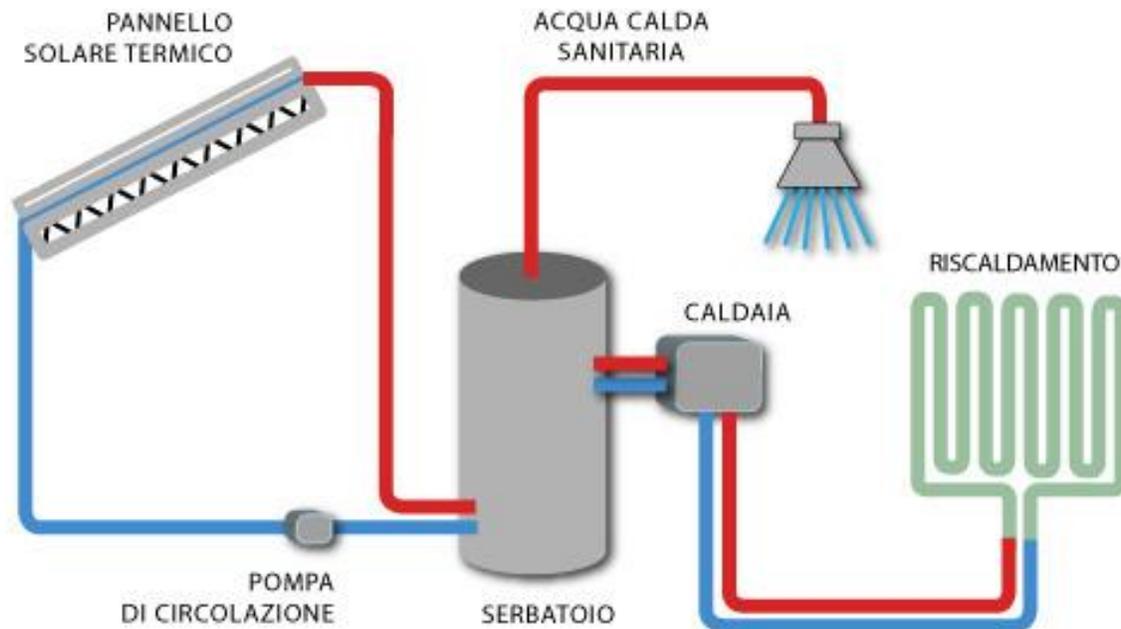
I sistemi a circolazione forzata sono più complessi (alte temperature nei collettori), più costosi e sono soggetti ad una più accurata manutenzione; tuttavia garantiscono la massima efficienza e flessibilità nonché un'integrazione architettonica dei collettori.



IMPIANTO AUSILIARIO

Se l'acqua accumulata nel serbatoio scende ad una temperatura inferiore a quella nominale desiderata, un termostato attiva un sistema ausiliario (caldaia, resistenza elettrica nel serbatoio) per raggiungere tale temperatura.

Mentre in estate l'impianto solare copre tutto il fabbisogno di energia per l'ACS, in inverno e nei giorni con scarsa insolazione il collettore solare serve solo per il preriscaldamento dell'acqua.

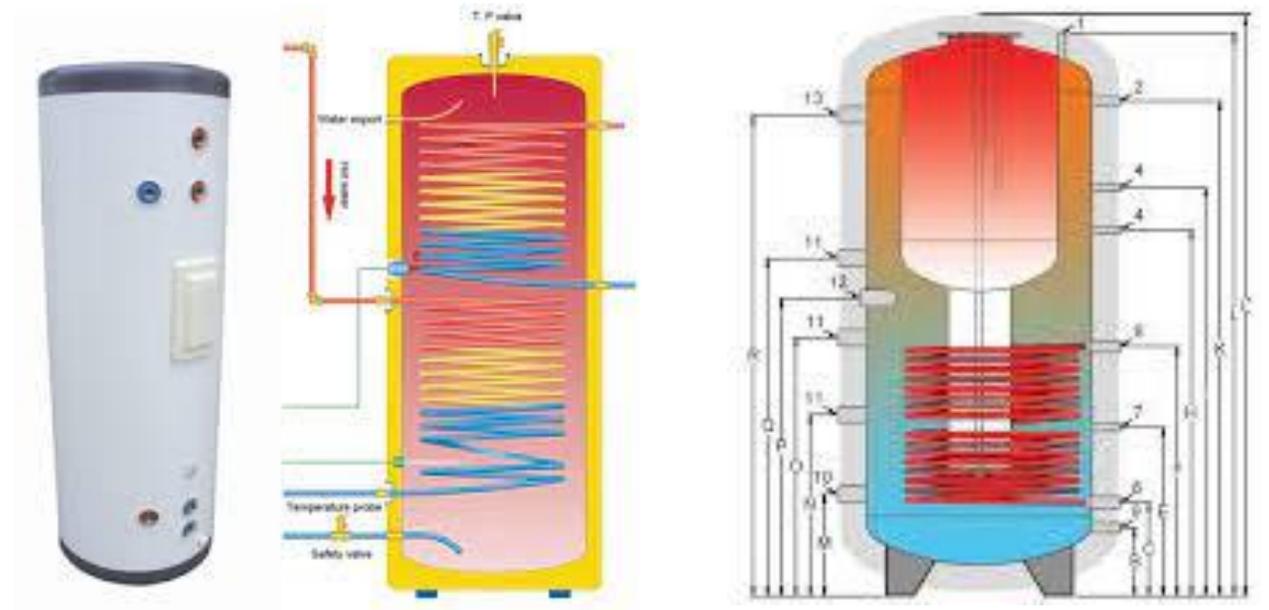


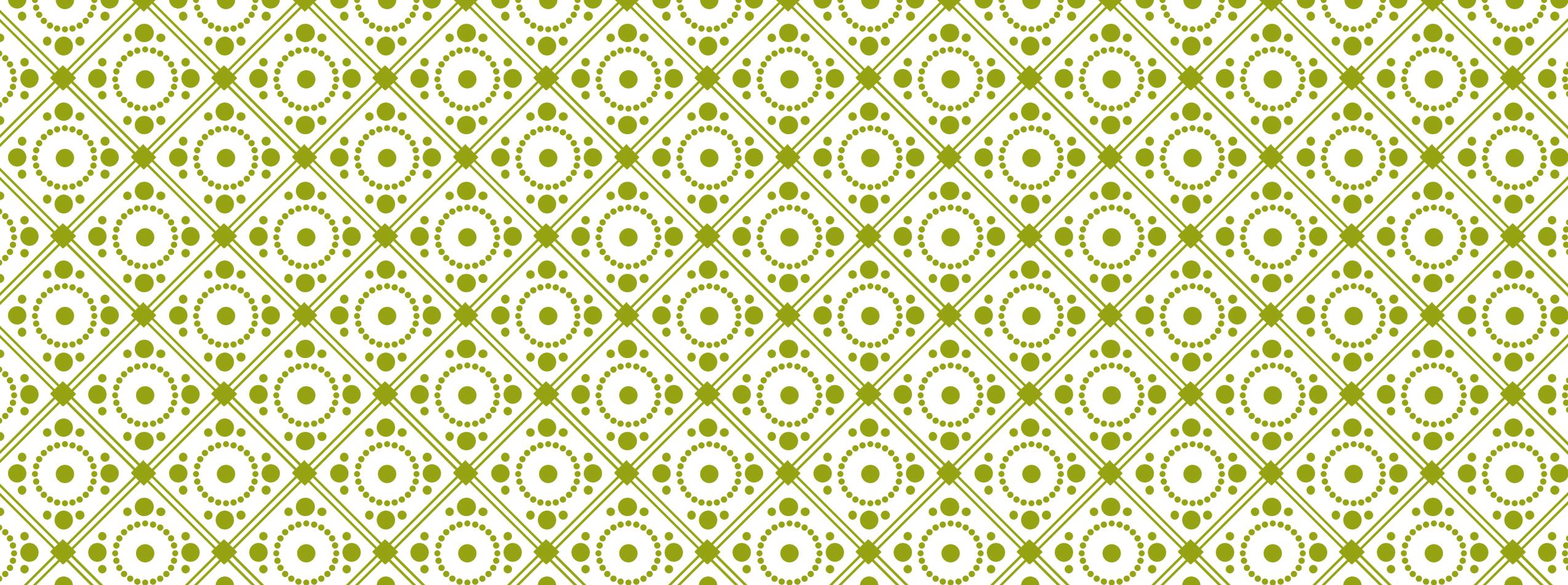
BOLLITORI E ACCUMULI

Nel caso di integrazione con il sistema di riscaldamento è necessario installare un impianto a circolazione forzata e utilizzare dei collettori molto efficienti, per poter garantire la temperatura necessaria al fluido termovettore durante tutta la stagione fredda.

I boiler usati in questa tipologia di impianto sono di norma del tipo *a doppia serpentina* oppure del tipo *tank-in-tank*, formati cioè da due serbatoi, uno dentro l'altro.

Questo serbatoio funziona come buffer per caldaia, in modo che questa non debba continuare ad accendersi e spegnersi per mantenere l'acqua in temperatura.





ENERGIA PRODOTTA DAL COLLETTORE SOLARE



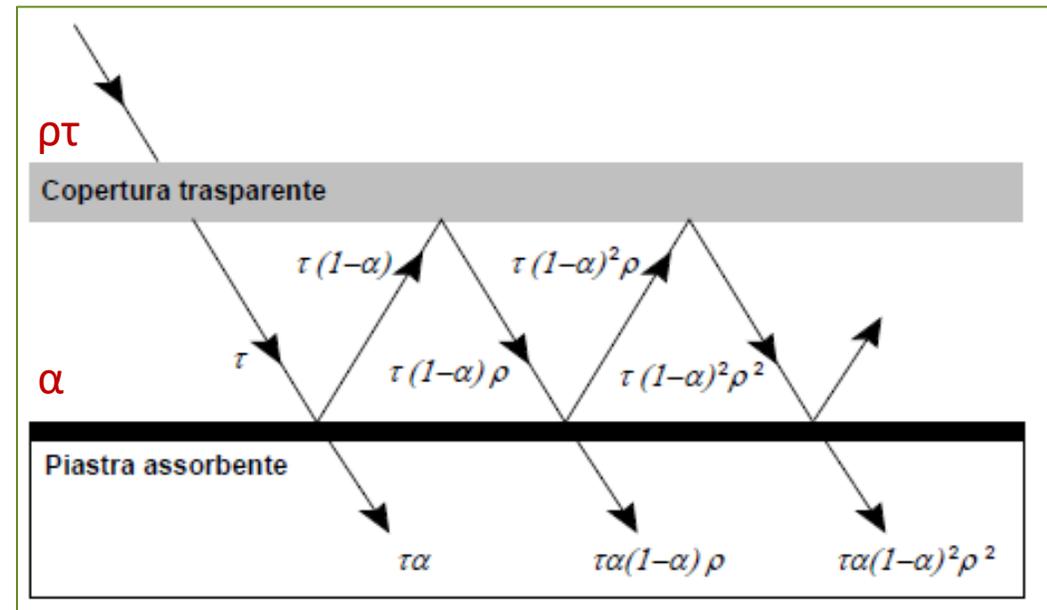
RADIAZIONE SOLARE

La radiazione solare attraversa la copertura trasparente vetrata del collettore e impatta sulla piastra. Una parte della radiazione verrà assorbita dalla piastra, mentre un'altra parte verrà riflessa, restando «bloccata» tra copertura e piastra.

τ (coefficiente di trasmissione) e α (coefficiente di assorbimento) dipendono sia dal materiale con cui sono composti rispettivamente la piastra e il vetro, sia dall'angolo di incidenza della radiazione.

ρ è il coefficiente di riflessione del vetro.

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$



EQUAZIONE DI BILANCIO ENERGETICO

$$I_n \cdot A_c \cdot \tau \cdot \alpha = q_{ut} + q_p$$

I_n = radiazione solare incidente

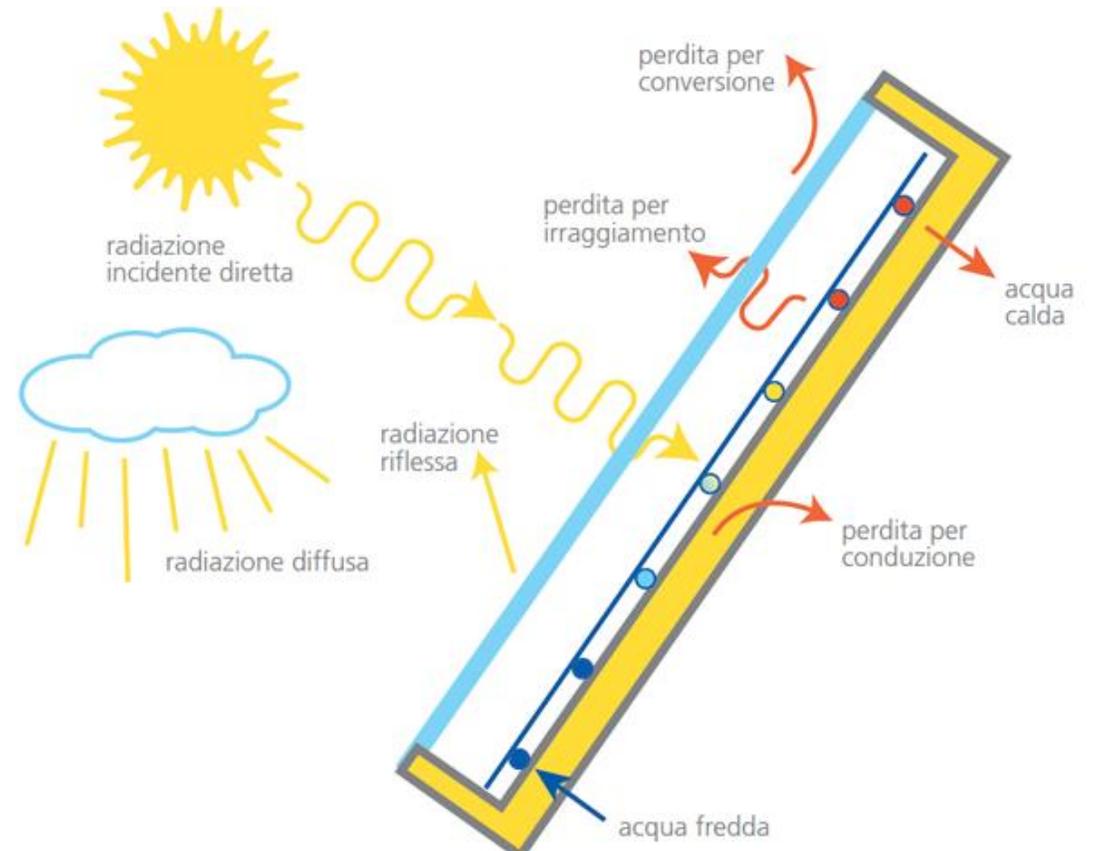
A_c = superficie utile del collettore

τ = coefficiente di trasmissione della copertura

α = coefficiente di assorbimento della piastra

q_{ut} = calore trasferito al fluido termovettore

q_p = calore disperso verso l'ambiente



EFFICIENZA DEL COLLETTORE

Efficienza del collettore solare: rapporto fra il calore utile trasferito al fluido ed il flusso solare totale disponibile

$$\eta_c = \frac{q_{ut}}{A_c \cdot I_n}$$

Potenza termica dispersa dal collettore (per convezione, conduzione e irraggiamento), con:

t_c : temperatura media del collettore

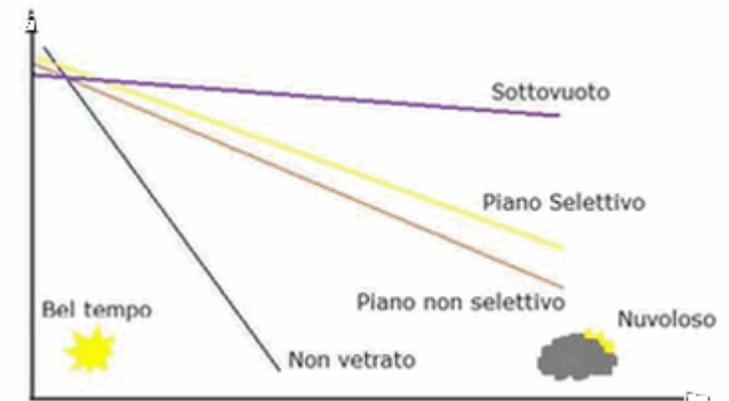
t_a : temperatura ambiente

U_L : coefficiente di perdita globale

$$q_p = U_L \cdot A_c \cdot (t_c - t_a)$$

Sostituendo i termici precedenti, l'efficienza può essere riscritta come segue:

$$\eta_c = (\tau\alpha) - \frac{U_L(t_c - t_a)}{I_n}$$

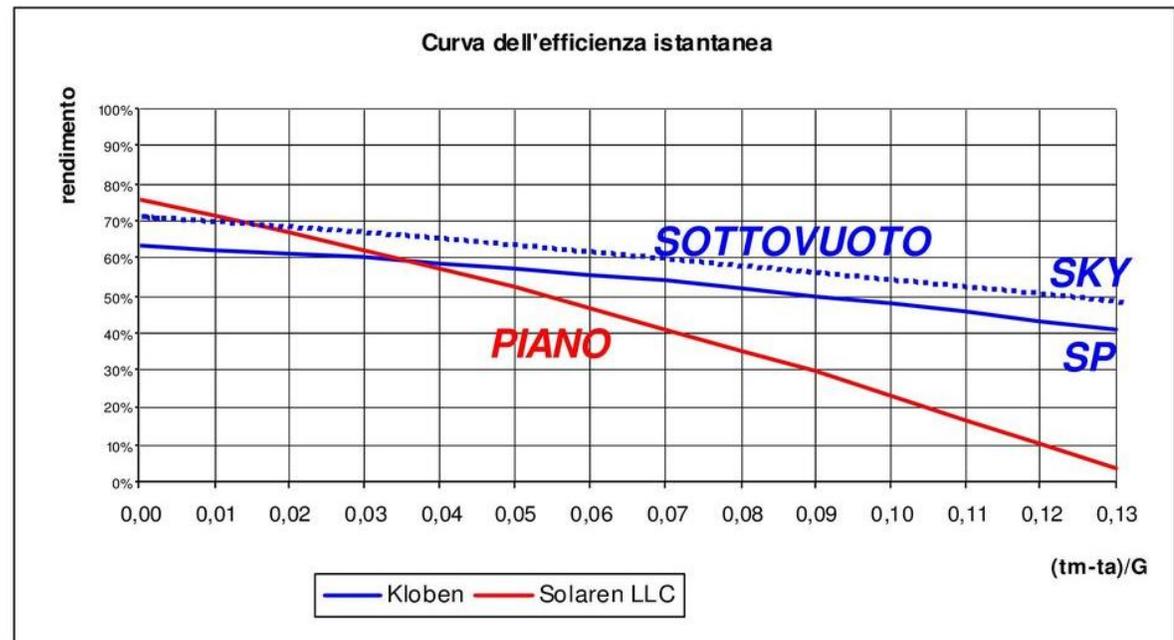


EFFICIENZA DEL COLLETTORE

La curva di rendimento dei pannelli è espressa in relazione alle caratteristiche costruttive, alle condizioni di lavoro e alla radiazione solare incidente.

Le case costruttrici forniscono la curva di efficienza istantanea, dalla quale è possibile calcolare direttamente l'efficienza del sistema captante in funzione delle condizioni esterne e di quelle operative.

Al crescere della temperatura del fluido t_{mf} , i pannelli piani tendono a perdere sempre più efficienza rispetto a quelli a tubi sottovuoto, i quali mostrano una curva di efficienza più stabile.

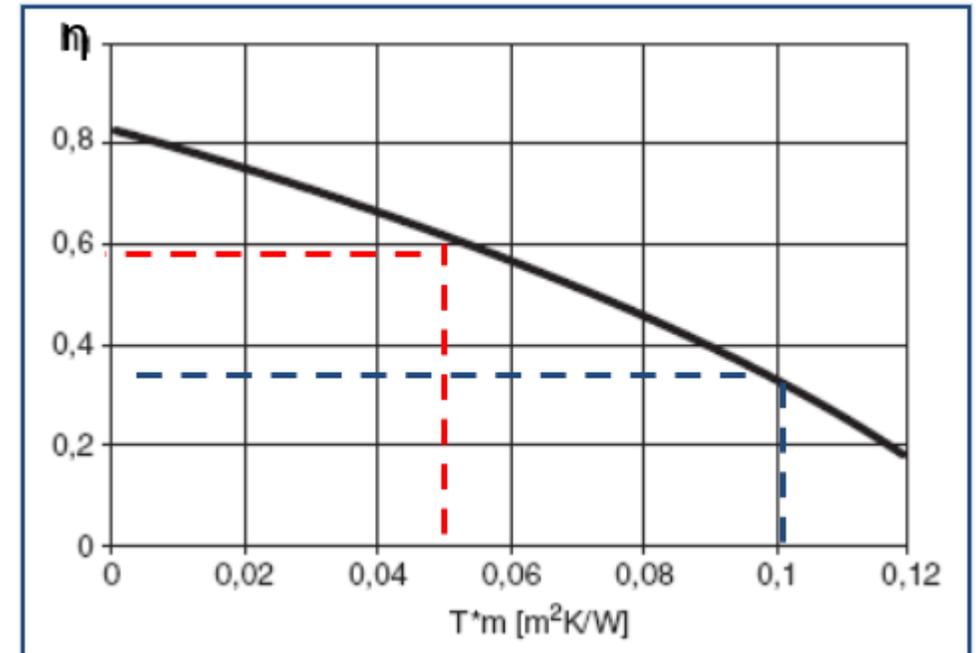


EFFICIENZA DEL COLLETTORE

I costruttori forniscono l'efficienza nella forma seguente:

$$\eta_c = \eta_0 - k_1 \cdot \frac{t_{mf} - t_a}{I_n} - k_2 \cdot \left(\frac{t_{mf} - t_a}{I_n} \right)^2$$

Con t_{mf} temperatura media del fluido, η_0 , k_1 e k_2 coefficienti riportati nelle schede tecniche.

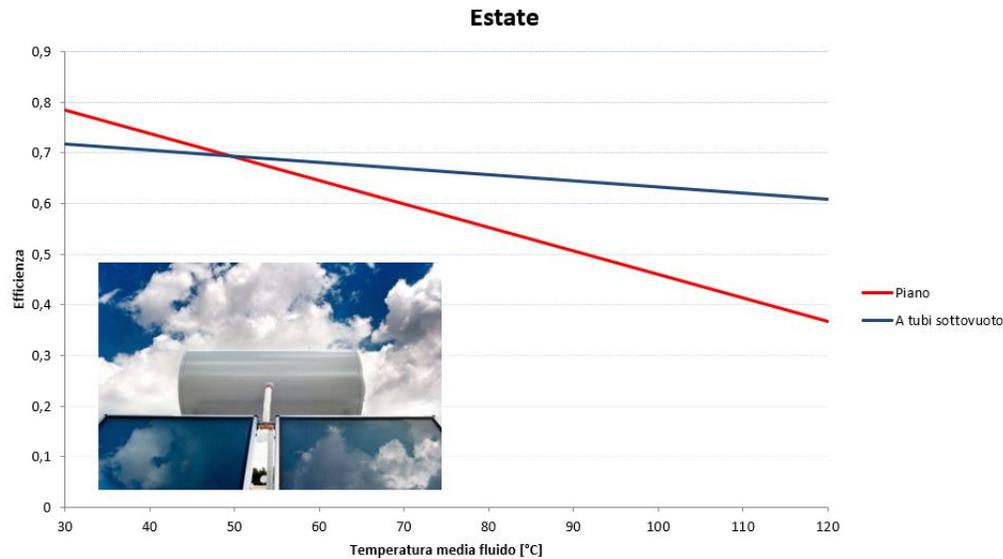


ESTATE $I_{sol} = 800$ $t_a = 30^\circ\text{C}$ \Rightarrow $\frac{t_{mf} - t_a}{I_{sol}} = \frac{70 - 30}{800} = 0.05 \Rightarrow \eta = 0.6$
 $t_{mf} = 70^\circ\text{C}$

INVERNO $I_{sol} = 500$ $t_a = 10^\circ\text{C}$ \Rightarrow $\frac{t_{mf} - t_a}{I_{sol}} = \frac{60 - 10}{500} = 0.1 \Rightarrow \eta = 0.35$
 $t_{mf} = 60^\circ\text{C}$

EFFICIENZA DEL COLLETTORE

$$\eta_c = \eta_o - k_1 \cdot \frac{t_{mf} - t_a}{I_n} - k_2 \cdot \left(\frac{t_{mf} - t_a}{I_n} \right)^2$$



TIPO DI COLLETTORE SOLARE	F'(α)	F'U _L (W/m ² K)
Collettore solare nero in gomma	0,71	5,83
Collettore solare con piastra captante in estrusi di alluminio con superficie corrugata verniciata di nero	0,83	6,92
Collettore solare con piastra captante in rame selettiva	0,79	5,07
Collettore solare con piastra in acciaio inox selettiva	0,80	5,00
Collettore solare a tubi sotto vuoto	0,55	1,64
Collettore solare con piastra captante in acciaio inox selettiva e con TVI (trasparent V insulator)	0,79	3,64

Caratteristiche dei collettori solari

Tipologia del collettore	η ₀	a ₁ [W/(m ² × K)]	a ₂ [W/(m ² × K)]	IAM
Collettori a tubi sottovuoto con assorbitore piano	0,90	1,8	0,008	0,97
Collettori a tubi sottovuoto con assorbitore circolare	0,90	1,8	0,008	1,00
Collettori piani vetrati	0,78	3,5	0,015	0,94
Collettori non vetrati	0,76	15	0	1,00

SCHEMA TECNICA DI UN COLLETTORE

Tabella dati tecnici

Descrizione	Unità	SCF-25B
Superficie complessiva	m ²	2,30
Superficie di apertura	m ²	2,16
Superficie effettiva assorbitore	m ²	2,15
Collegamenti M-F	Ø	1"
Peso a vuoto	kg	40
Contenuto liquido	litri	1,60
Portata consigliata per m ² di pannello (*)	l/h	30
Tipo di vetro - Spessore		vetro di sicurezza con superficie antiriflesso - 3,2 mm
Assorbimento (α)	%	~ 95
Emissioni (ε)	%	~ 4
Pressione massima ammessa	bar	10
Temperatura di stagnazione	°C	197
Massimo numero di pannelli collegabili in serie	n°	6

* Portata per m² min-max: 12-60 l/h.

Influsso del vento e della neve sui collettori

Altezza da terra del posizionamento	Velocità del vento	Massa in kg per assicurare un collettore dal sollevamento del vento		Carico della copertura del tetto per vento, neve, peso di un collettore	
		inclinazione a 45°	inclinazione a 20°	inclinazione a 45°	inclinazione a 20°
0-8 m	100 km/h	80 kg	40 kg	320 kg	345 kg
8-20 m	130 km/h	180 kg	90 kg	470 kg	430 kg
20-100 m	150 km/h	280 kg	150 kg	624 kg	525 kg

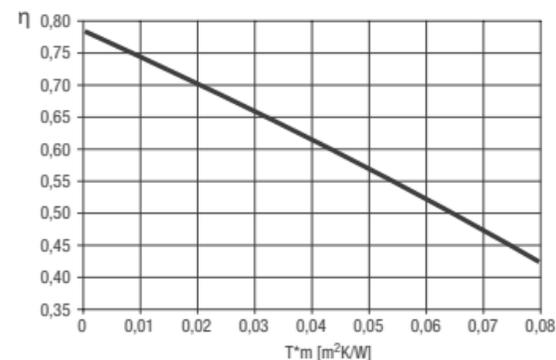
Massimo carico ammissibile sulla superficie del collettore assicurato a norma: 1500 Pa

Diametro tubi di collegamento con portata specifica di 30 litri/m²h

	2 - 4	6 - 12	14 - 20
Superficie totale (m ²)			
Diametro rame (mm)	10 - 12	14	18
Diametro acciaio	3/8" - 1/2"	1/2"	3/4"

Curve efficienza

Rendimento ottico all'assorbitore (η ₀)	Coefficienti di dispersione termica dell'assorbitore		IAM (50°)	Rendimento del collettore (η _{col})
	a1 W/(m ² K)	a2 W/(m ² K ²)		
0,787 ⁽¹⁾	4,10 ⁽¹⁾	0,0084 ⁽¹⁾	0,96 ⁽¹⁾	0,607 ⁽²⁾



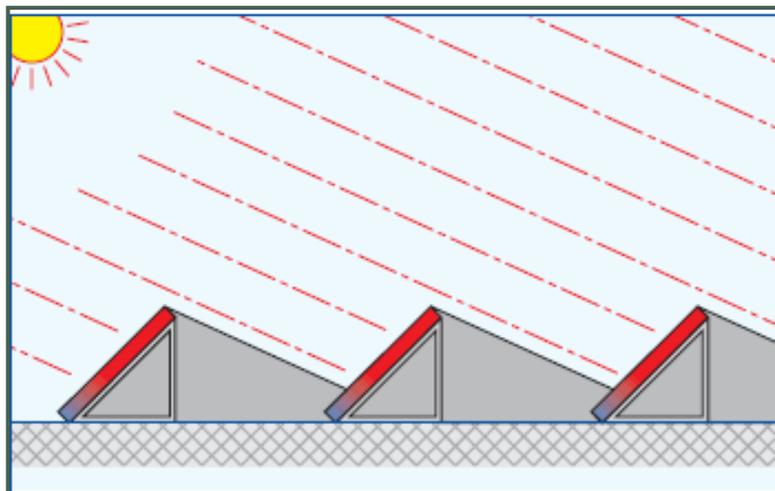
(1) Test secondo EN 12975 riferito a miscela acqua-glicole al 33,3%, portata di 160 litri/ora e irraggiamento G = 800 W/m².

$$T_m = (T_{\text{collettore ingresso}} + T_{\text{collettore uscita}}) / 2$$

$$T^*_m = (T_m - T_{\text{ambiente}}) / G$$

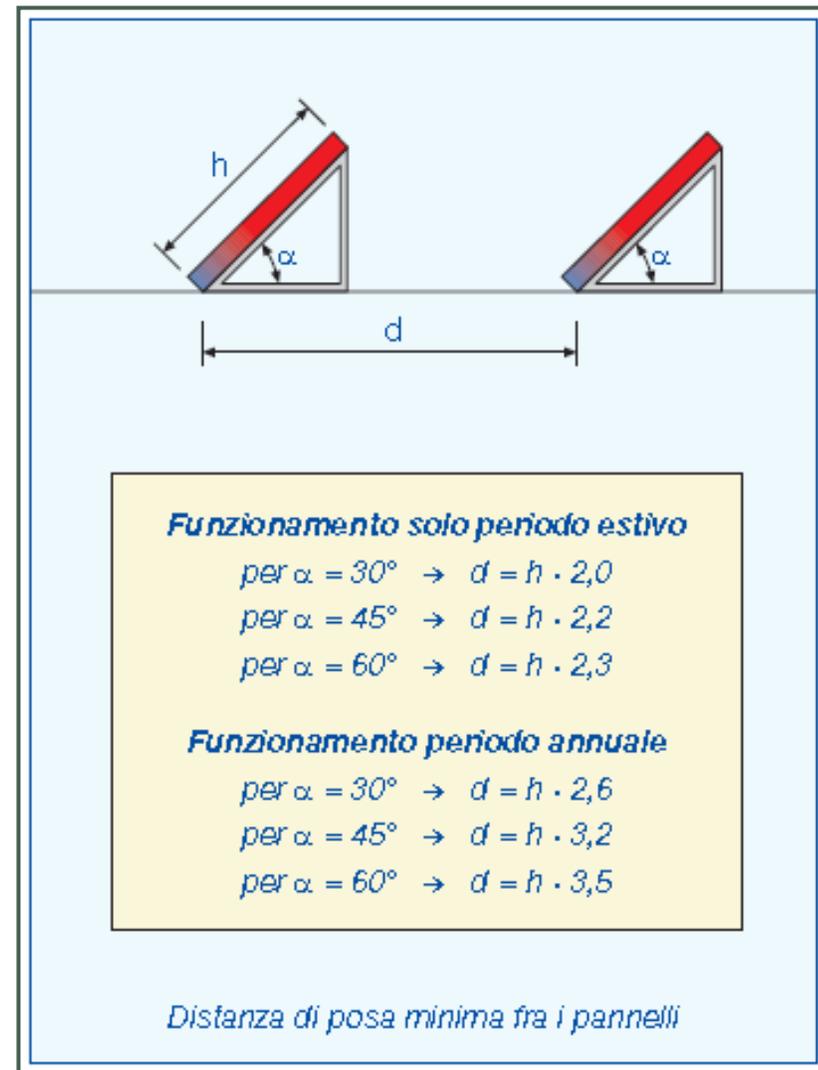
(2) Calcolato con una differenza di temperatura di 40 K tra il collettore solare e l'aria ambiente circostante, con un irraggiamento solare globale, riferito all'area di apertura, di 1000 W/m².

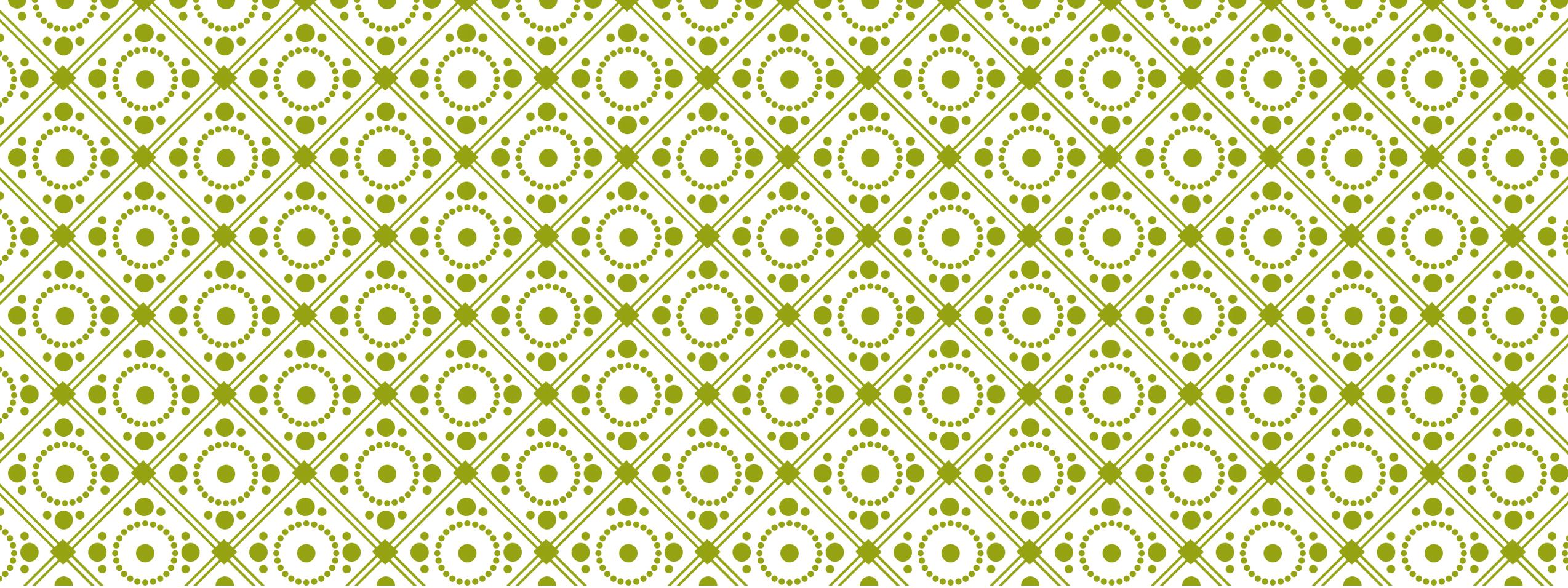
POSIZIONAMENTO DEI COLLETTORI



$\alpha = 20\div 40^\circ$ per impianti a funzionamento estivo
 $\alpha = 50\div 65^\circ$ per impianti a funzionamento invernale
 $\alpha = 40\div 60^\circ$ per impianti a funzionamento annuo

I pannelli vanno installati in maniera tale da evitare l'ombreggiamento reciproco.





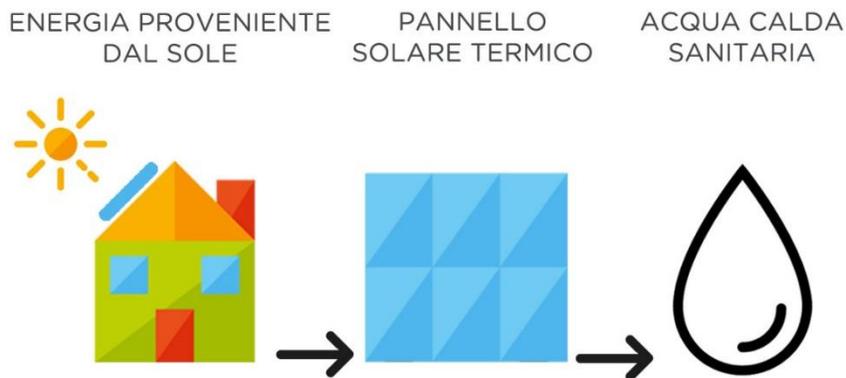
DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO A COLLETTORI SOLARI



DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO SOLARE

Un impianto solare viene dimensionato in funzione dell'irraggiamento solare del luogo e del suo fabbisogno termico. Per determinare le dimensioni ottimali, quindi, ci si basa su esigenze di:

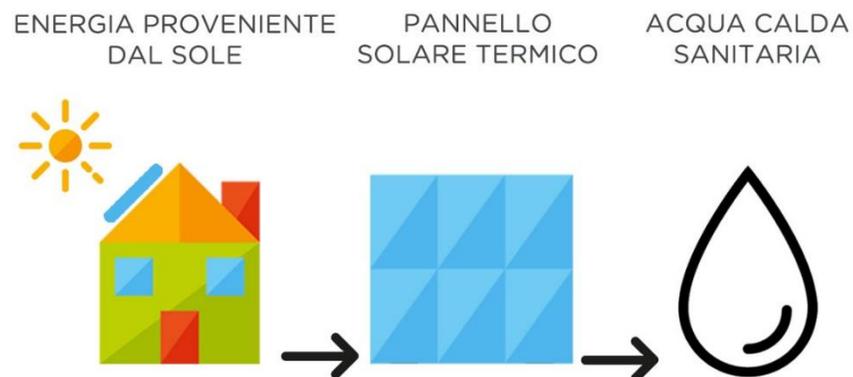
- ☐ soddisfacimento del carico
- ☐ minimizzazione del costo di gestione e di ammortamento dell'impianto



DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO SOLARE

Sono quattro le grandezze di base che servono a dimensionare gli impianti a pannelli solari:

1. la superficie dei pannelli,
2. la potenza specifica di progetto,
3. il salto termico del fluido vettore,
4. il volume dei serbatoi d'accumulo.



DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO SOLARE

Per determinare in modo coerente e rigoroso il valore di questa grandezza si dovrebbe procedere nel seguente modo:

1. ipotizzare più soluzioni con superfici dei pannelli variabili: ad esempio, in grado di coprire il 20, 40, 60 e 80% del fabbisogno termico totale richiesto;
2. determinare i costi di realizzazione e di manutenzione degli impianti in base alle soluzioni ipotizzate;
3. quantificare, sempre per tali soluzioni, i risparmi di combustibile ottenibili e i relativi benefici economici su base annua;
4. confrontare fra loro i costi e i benefici economici di cui sopra al fine di determinare i tempi di ammortamento delle diverse soluzioni;
5. scegliere infine, in funzione di tali valori, la soluzione ritenuta più conveniente.



DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO SOLARE

FABBISOGNO GIORNALIERO
DI ACQUA CALDA A 45°C

Abitazioni civili

Comfort elevato	75 l/persona/giorno
Comfort medio	50 l/persona/giorno
Comfort basso	35 l/persona/giorno
Lavatrice	20 l/(1 lavaggio giorno)
Lavastoviglie	20 l/(1 lavaggio giorno)

Pensioni e Agriturismo

Livello elevato	75 l/persona/giorno
Livello medio	50 l/persona/giorno

Hotel e Ristoranti

Comfort elevato	75 l/persona/giorno
Comfort medio	50 l/persona/giorno
Comfort basso	35 l/persona/giorno

Servizio cucina

Servizio medio	10 l(giorno/pasto)
Servizio elevato	15 l(giorno/pasto)

SUPERFICI NETTE PANNELLI PIANI
CORRELATE AL FABBISOGNO GIORNALIERO
DI ACQUA CALDA A 45°C

Italia Nord	1,2 m ²	per fabbisogno	50 l/giorno
Italia Centro	1,0 m ²	" "	" "
Italia Sud	0,8 m ²	" "	" "

Nota:

Per pannelli a tubi sotto vuoto, le superfici sopra riportate possono essere ridotte del 20%.

Produzione di ACS

Consumi di ACS a 45°C in ambito
residenziale



DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO SOLARE

EDIFICI AD USO ABITATIVO SUPERFICI NETTE PANNELLI PIANI

Impianti di piccole dimensioni

Italia Nord 0,90 ÷ 0,70 m² ogni 10 m² sup. abitata

Italia Centro 0,75 ÷ 0,60 m² " " " "

Italia Sud 0,65 ÷ 0,50 m² " " " "

Impianti medio-grandi

Italia Nord 0,75 ÷ 0,60 m² ogni 10 m² sup. abitata

Italia Centro 0,60 ÷ 0,50 m² " " " "

Italia Sud 0,50 ÷ 0,40 m² " " " "

Nota:

Per pannelli a tubi sotto vuoto, le superfici sopra riportate possono essere ridotte del 20%.

Produzione di acqua calda per riscaldamento

Per impianti combinati in edifici ad uso abitativo termicamente ben isolati e riscaldati con sistemi a bassa temperatura, si può far riferimento alla tabella, dove le superfici dei pannelli sono date in funzione della superficie abitata.

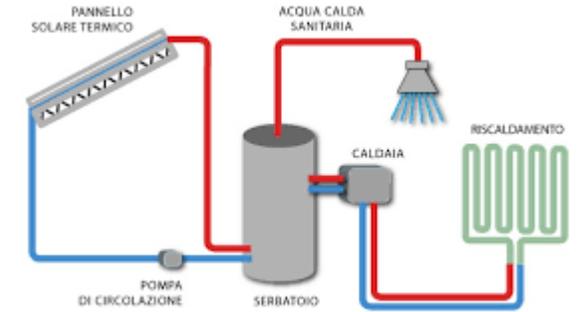
Per impianti combinati in edifici ad uso comune (Ospedali, Case di riposo, Scuole, Case dello studente, Hotel, Pensioni, Alberghi, Uffici, ecc.) la superficie dei pannelli può essere determinata considerando tassi di copertura del fabbisogno termico totale variabili dal 20 al 30%.

RISCALDAMENTO PISCINE SUPERFICI NETTE PANNELLI PIANI

Piscine esterne 0,60 ÷ 0,40 m² ogni m² sup. piscina

Piscine coperte 0,40 ÷ 0,30 m² ogni m² sup. piscina

METODO F-CHART



Consente di determinare l'aliquota mensile f di fabbisogno (E) soddisfatta dall'impianto solare, in funzione di due parametri X ed Y , indicativi rispettivamente delle perdite e degli apporti di calore sul collettore:

$$X = \frac{A \cdot S \cdot U \cdot (100 - t_a) \cdot 24 \cdot n_g}{1000 \cdot E}$$

$$Y = \frac{A \cdot S \cdot (\tau\alpha) \cdot I_\beta}{E}$$

- ❖ A è un fattore di qualità del collettore e dello scambiatore di calore;
- ❖ S è la superficie captante al netto dell'intelaiatura e dei supporti [m^2];
- ❖ U è la trasmittanza del collettore [$W/m^2\text{°C}$];
- ❖ t_a è la temperatura dell'aria [°C];
- ❖ $\tau\alpha$ è il prodotto tra i coefficienti di trasmissione ed assorbimento;
- ❖ I_β è la radiazione solare media mensile incidente [$Wh/m^2\text{day}$]

FABBISOGNO DI ENERGIA PER ACS

Il fabbisogno mensile di energia per il riscaldamento dell'acqua sanitaria è dato da

$$E = \frac{(c_p \times l \times p \times \Delta T \times n_g)}{860}$$

- E è il fabbisogno mensile di energia per ACS [kWh]
- C_p è il calore specifico dell'acqua (1 kcal/kg°C)
- l è il consumo d'acqua al giorno (l/famiglia)
- p è il numero di persone
- ΔT è il salto termico tra l'acqua calda e l'acqua di rete
- n_g è il numero dei giorni del mese

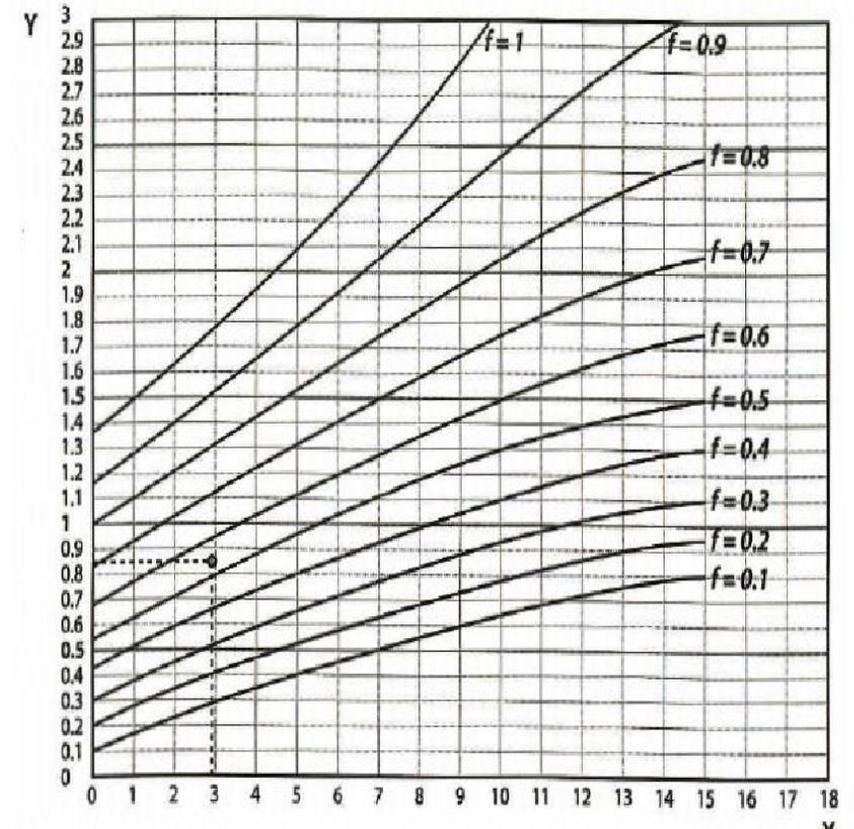
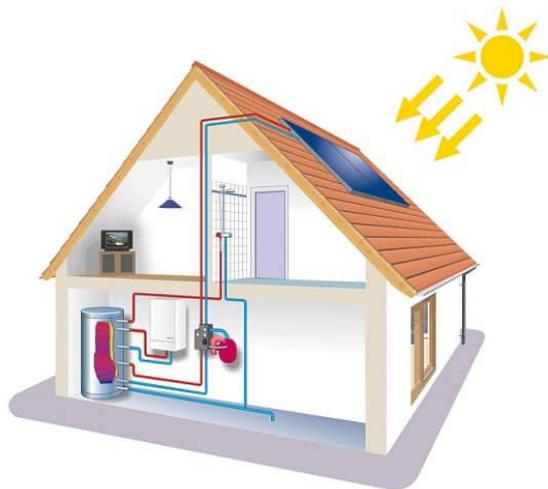


FRAZIONE SOLARE MENSILE

La frazione solare mensile è individuata in funzione di X ed Y utilizzando appositi diagrammi.

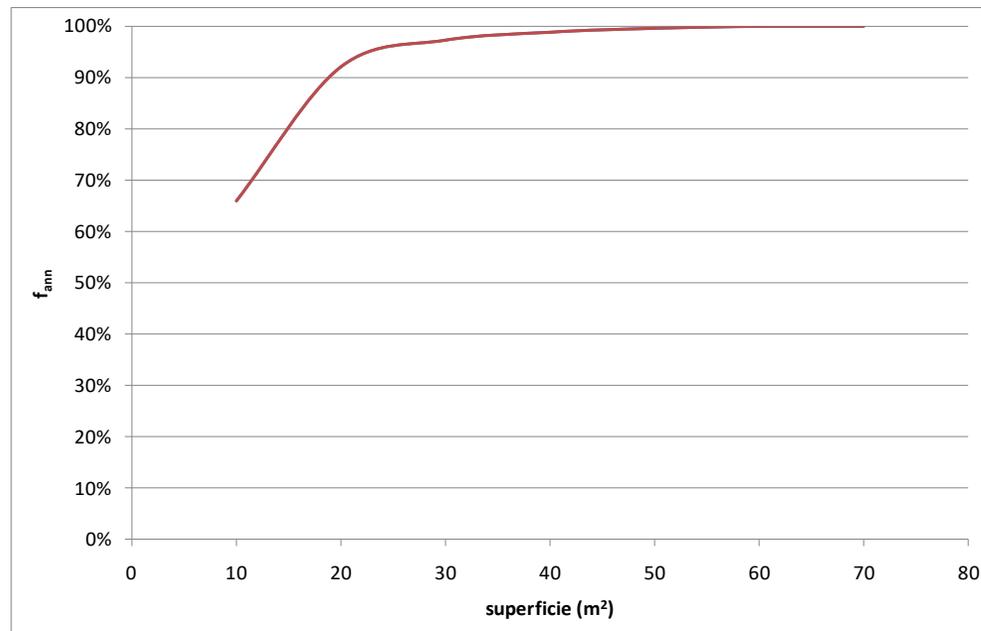
Il suo valore può anche ottenersi analiticamente:

$$f = 1.029 Y - 0.065 X - 0.245 Y^2 - 0.0018 X^2 - 0.0215 Y^3$$



GRADO DI COPERTURA ANNUALE

A partire dalla frazione mensile coperta dal sistema solare si può calcolare il grado di copertura annuale (rapporto tra l'energia fornita annualmente dal sistema solare e il fabbisogno complessivo annuale dell'edificio)



$$f_{ann} = \frac{\sum_{i=1}^{12} f_i \cdot E_i}{\sum_{i=1}^{12} E_i}$$

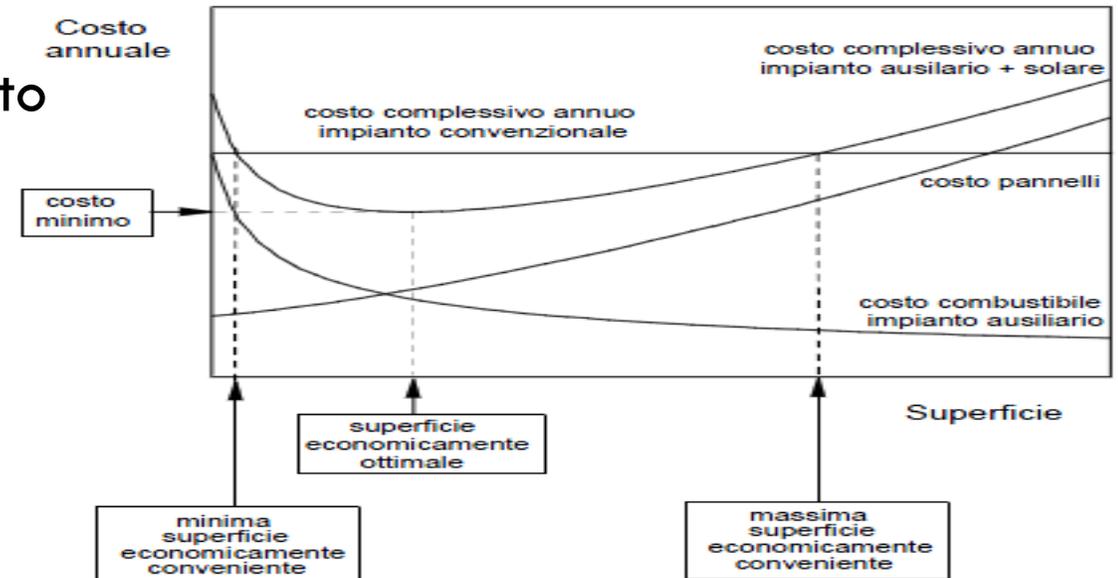
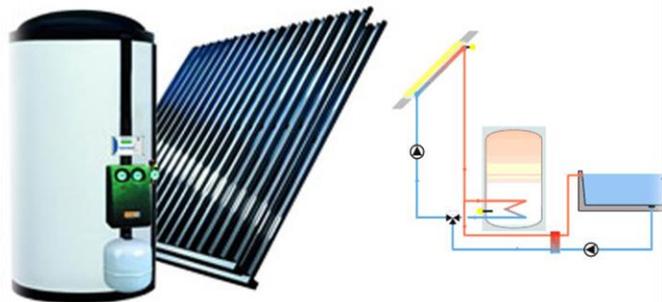


DETERMINAZIONE DELLA SUPERFICIE OTTIMALE

Il costo dell'impianto integrato (convenzionale + solare) varia al variare della superficie dei collettori. Al suo crescere:

- aumenta il costo dei pannelli
- diminuisce il costo del combustibile dell'impianto ausiliario.

Esiste una superficie che rende minimo il costo totale dell'impianto.



PERMESSI PER L'INSTALLAZIONE DI FONTI RINNOVABILI



Gli interventi di installazione di impianti solari termici sono considerati attività ad edilizia libera e non richiedono permessi o comunicazioni da parte dell'interessato all'amministrazione comunale.

Solo su edifici soggetti a vincolo storico-artistico-paesaggistico è necessario presentare la SCIA al comune della propria città e una Comunicazione alla Soprintendenza ai Beni Culturali e Architettonici o all'Ente competente per quel vincolo.

Se entro 60 giorni dalla data di dichiarazione non si ricevono comunicazioni contrarie all'inizio dei lavori, avrete automaticamente il via libera per l'installazione dell'impianto.

INCENTIVI PER L'INSTALLAZIONE DI COLLETTORI SOLARI

Attualmente è possibile usufruire di due diverse forme di sostegno:

- incentivi previsti dal D.M. 16 febbraio 2016 (*Conto Termico 2.0*)
- agevolazioni fiscali per il risparmio energetico (*Ecobonus*).



INCENTIVI PER L'INSTALLAZIONE DI COLLETTORI SOLARI: CONTO TERMICO 2.0

Il Conto Termico è rivolto ad interventi per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili e per l'incremento dell'efficienza energetica.

E' gestito dal GSE (*Gestore Servizi Energetici*), responsabile della gestione del meccanismo di incentivazione, che restituisce entro 90 giorni dalla data di accettazione della scheda contratto fino al 65% della spesa sostenuta, direttamente con bonifico sul c/c dell'acquirente.

Gli interventi incentivati sono diversi, tra cui:

- sostituzione di scaldacqua elettrici con sistemi a pompe di calore
- installazione di collettori solari termici



INCENTIVI PER L'INSTALLAZIONE DI COLLETTORI SOLARI: DETRAZIONI FISCALI

Le agevolazioni fiscali per il risparmio energetico consistono in detrazioni fiscali per gli interventi di efficienza energetica che consentono di detrarre il 65% della spesa, dividendo il bonus sui 10 anni successivi all'installazione.



SOLAR COOLING

Un'ulteriore possibilità è sfruttare l'energia termica generata nel collettore solare per la produzione del freddo, utilizzando macchine frigorifere ad assorbimento.

Per l'alimentazione sono necessarie temperature dell'ordine degli 80-90°C.

