

U.07 – Acqua calda sanitaria



**STIMA DEI FABBISOGNI
PER ACQUA CALDA SANITARIA**

FABBISOGNO TERMICO

(UNI/TS 11300-2:2008)

L'energia termica $Q_{h,W}$ [J oppure Wh] richiesta per riscaldare una quantità di acqua alla temperatura desiderata è data dalla relazione:

$$Q_{h,W} = \rho_W \cdot c_W \cdot V_W \cdot (T_{W,er} - T_{W,0}) \cdot G_W$$

ove

ρ_W massa volumica dell'acqua [1 kg/L \equiv 1000 kg/m³]

c_W calore specifico dell'acqua
[convenzionalmente pari a 4183 J/(kg°C) \equiv 1.162 Wh/(kg°C)]

V_W volume di acqua calda sanitaria richiesto durante il periodo di calcolo [L/G]

$T_{W,er}$ temperatura di erogazione [°C]

$T_{W,0}$ temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria [°C]

G_W numero dei giorni del periodo di calcolo [G]

TEMPERATURE DI EROGAZIONE E DI INGRESSO

$$Q_{h,W} = \rho_W \cdot c_W \cdot V_W \cdot (T_{W,er} - T_{W,0}) \cdot G_W$$

Al volume di acqua calda sanitaria richiesto sono attribuite convenzionalmente:

- temperatura di erogazione $T_{W,er} = 40^\circ\text{C}$
- temperatura di ingresso $T_{W,0} = 15^\circ\text{C}$

Di conseguenza, il salto termico di riferimento ai fini del calcolo del fabbisogno di energia termica utile vale:

$$(T_{W,er} - T_{W,0}) = 25 \text{ K}$$

Qualora siano resi pubblici dall'ente erogatore dell'acqua potabile di rete o dall'Amministrazione Comunale dati mensili di temperatura dell'acqua di alimentazione in relazione alla zona climatica e alla fonte di prelievo (acqua superficiale, acqua di pozzo, ecc.) si devono utilizzare tali dati ai fini del calcolo indicandone l'origine. Ciò determina fabbisogni mensili di energia diversi a parità di litri erogati e dovrà essere indicato nella relazione tecnica.

Ai fini di valutazioni per certificazione energetica
si considerano i valori convenzionali di riferimento.

FABBISOGNO VOLUMICO GIORNALIERO

I valori di fabbisogno di acqua calda sanitaria sono riferiti a dati medi giornalieri.

Il fabbisogno volumetrico giornaliero V_W [L/G] è dato dalla relazione:

$$V_W = a \cdot N_u$$

ove

a fabbisogno giornaliero specifico [L/(G-unità di riferimento)]

N_u parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio [unità di riferimento]

FABBISOGNO VOLUMICO GIORNALIERO – ABITAZIONI

Nel caso di abitazioni il valore N_u è il valore della superficie utile dell'abitazione S_u [m²]. Il valore di a [L/(G·m²)] si ricava dal prospetto. I valori di fabbisogno annuo sono riferiti a $G_W = 365$ giorni/anno di utilizzo.

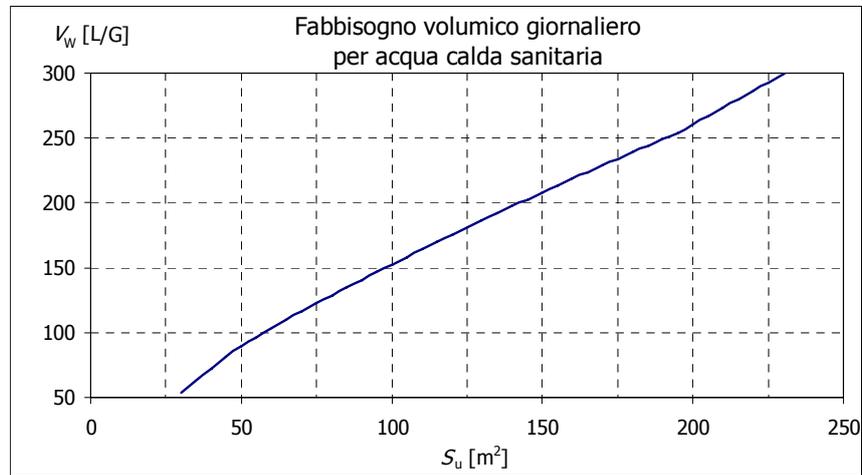
$$V_W = a \cdot S_u$$

$$Q_{h,W} = \rho_W \cdot c_W \cdot V_W \cdot (T_{W,er} - T_{W,0}) \cdot 365$$

Fabbisogni	Calcolo in base al valore di S_u per unità immobiliare [m ²]			Valore medio riferito a $S_u = 80$ m ²
	≤50	51-200	>200	
a	1,8	$4,514 \times S_u^{-0,2356}$	1,3	1,6
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [Wh/G m ²]	52,3	$131,22 \times S_u^{-0,2356}$	37,7	46,7
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [kWh/m ² anno]	19,09	$47,9 \times S_u^{-0,2356}$	13,8	17,05

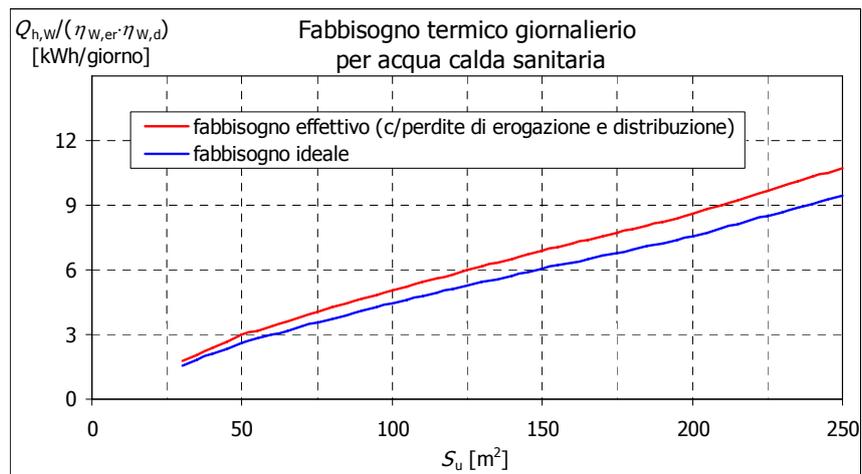
FABBISOGNO VOLUMICO GIORNALIERO – ABITAZIONI

(UNI/TS 11300-2:2008)



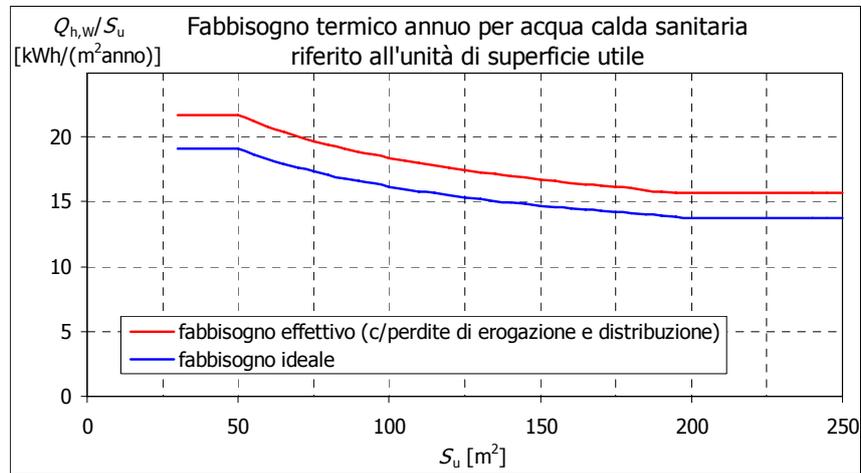
FABBISOGNO VOLUMICO GIORNALIERO – ABITAZIONI

(UNI/TS 11300-2:2008)



FABBISOGNO TERMICO ANNUALE – ABITAZIONI

(UNI/TS 11300-2:2008)



REG. EMILIA ROMAGNA – CLASSIFICAZIONE ENERGETICA

(Delibera A.L. n. 156/2008, Allegato 9)

Tab. 12.1 Classi di prestazione energetica: edifici di classe E.1 esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme (kWh/m²anno).

A⁺	$EP_{tot} \text{ inf } 25$
A	$EP_{tot} \text{ inf } 40$
B	$40 < EP_{tot} < 60$
C	$60 < EP_{tot} < 90$
D	$90 < EP_{tot} < 130$
E	$130 < EP_{tot} < 170$
F	$170 < EP_{tot} < 210$
G	$EP_{tot} > 210$

$$EP_{tot} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

PRODUZIONE A.C.S. DA FONTI RINNOVABILI

(Delibera A.L. n. 156/2008, Requisito 6.6)

Al fine limitare i consumi di energia primaria non rinnovabile e di contribuire alla limitazione delle emissioni inquinanti e climalteranti è **obbligatorio l'utilizzo di fonti rinnovabili** per la produzione di energia termica ed elettrica.

[...]

A) Produzione di energia termica da FER

L'impianto di produzione di energia termica deve essere progettato e realizzato in modo da **coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria con l'utilizzo delle predette fonti di energia rinnovabile**. Tale limite è ridotto al 20% per gli edifici situati nei centri storici ai sensi dell'art. A-7 della L.R. n. 20/00.

Il significativo impatto sul fabbisogno complessivo di energia primaria, la relativa regolarità dei carichi termici durante l'anno e i vincoli nazionali e regionali rendono altresì interessante, per il soddisfacimento del fabbisogno energetico per produzione di a.c.s., l'utilizzo di tipologie di impianto a rinnovabili e assimilate (biomasse, cogenerazione, ecc.) alternative agli impianti a pannelli solari termici

FABBISOGNO VOLUMICO GIORNALIERO – ALTRI USI

Tipo di attività	a	N_u
Hotel senza lavanderia		Numero di letti e numero giorni mese
1 stella	40 l/G letto	
2 stelle	50 l/G letto	
3 stelle	60 l/G letto	
4 stelle	70 l/G letto	
Hotel con lavanderia		Numero di letti e numero giorni mese
1 stella	50 l/G letto	
2 stelle	60 l/G letto	
3 stelle	70 l/G letto	
4 stelle	80 l/G letto	
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28 l/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
Attività ospedaliera day hospital	10 l/G letto	Numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento e lavanderia	90 l/G letto	Numero di letti
Scuole	-	
Scuole materne e asili nido	15 l/G	Numero di bambini
Attività sportive/palestre	100 l/G	Per doccia installata
Uffici	0,2	l/m ² G
Negozi	-	
Ristoranti	10 l/G	Numero di ospiti per numero di pasti
Catering e self service	4 l/G	Numero di ospiti per numero di pasti

La determinazione dei fabbisogni di acqua calda sanitaria deve essere effettuata **su base mensile** tenendo conto del consumo giornaliero e del **numero di giorni/mese di occupazione**.

$$V_W = a \cdot N_u$$

LIMITAZIONI AI FABBISOGNI DI IMPIANTO PER A.C.S.

(Delibera A.L. n. 156/2008, Allegato 3)

Destinazione d'uso	Unità di misura	Per edifici situati in centri storici EP _{acs}	Per tutti gli altri edifici EP _{acs}
Attività ricettive (annuali)	per ogni posto letto	544,00	340,00
Attività ricettive (stagionali)	per ogni posto letto e n. [°] giorni	1,60	1,00
Altre attività ricettiva	per ogni posto letto e n. [°] giorni	0,72	0,45
Ospedali (con pernottamento e lavanderia)	per ogni posto letto	820,80	513,00
Ospedali (day hospital)	per ogni posto letto	91,20	57,00
Scuole	per ogni alunno	91,20	57,00
Attività sportive	per ogni doccia	912,00	570,00
Uffici	per ogni addetto	182,40	114,00
Negozi e grande distribuzione	per ogni addetto	182,40	114,00
Ristoranti e self services	per ogni posto pasto	36,48	22,80

Tab. B.2 Valore limite dell'indice di prestazione energetica EP_{acs} in kWh/unità di misura/anno² per le altre tipologie di edifici.

IMPIANTI TERMICI: PERDITE E RENDIMENTI

Sottosistemi degli **impianti di riscaldamento**:

- sottosistema di emissione
- sottosistema di regolazione dell'emissione di calore in ambiente
- sottosistema di distribuzione
- eventuale sottosistema di accumulo
- sottosistema di generazione

Sottosistemi degli **impianti di acqua calda sanitaria**:

- sottosistema di erogazione
- sottosistema di distribuzione
- eventuale sottosistema di accumulo
- sottosistema di generazione

Per la **determinazione delle perdite dei sottosistemi** sono previsti due metodi (descritti nella UNI/TS 11300-2):

- calcolo mediante **metodi analitici**
- calcolo sulla base di **prospetti contenenti dati precalcolati** in funzione della tipologia del sottosistema

A.C.S.: RENDIMENTO E PERDITE DI EROGAZIONE

(UNI/TS 11300-2:2008)

Per il rendimento di erogazione si assume:

$$\eta_{W,er} = 0.95$$

Non si considerano fabbisogni di energia elettrica. Le perdite di erogazione $Q_{l,W,er}$ [J oppure kWh] si considerano **tutte non recuperabili** e possono essere valutate tramite la relazione:

$$Q_{h,W} + Q_{l,W,er} = Q_{h,W} / \eta_{W,er}$$

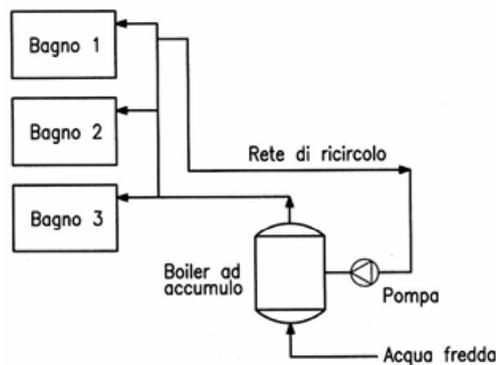
ovvero

$$Q_{l,W,er} = Q_{h,W} \cdot \frac{1 - \eta_{W,er}}{\eta_{W,er}}$$

In caso di presenza di dispositivi in grado di erogare automaticamente acqua calda alla temperatura prefissata e per il tempo prefissato, il valore delle perdite può essere ridotto in base ai dati forniti dal produttore.

A.C.S.: RENDIMENTO E PERDITE DI DISTRIBUZIONE

In presenza di ricircolo, le perdite di distribuzione si calcolano in maniera dettagliata. Ai fini della UNI/TS 11300-2, nel caso siano previste o installate pompe di ricircolo, si considerano solo i fabbisogni elettrici e non il relativo recupero termico.



A.C.S.: RENDIMENTO E PERDITE DI DISTRIBUZIONE

In assenza di ricircolo, le perdite di distribuzione $Q_{l,W,d}$ sono proporzionali al fabbisogno di energia termica utile, aumentato delle perdite di erogazione, mediante un coefficiente di perdita $f_{l,W,d}$:

$$Q_{l,W,d} = \frac{Q_{h,W}}{\eta_{W,er}} \cdot f_{l,W,d} \equiv (Q_{h,W} + Q_{l,W,er}) \cdot f_{l,W,d}$$

Tipologia del sistema	Coefficiente di perdita $f_{l,W,d}$	Coefficiente di recupero $f_{rh,W,d}$
Sistemi installati prima dell'entrata in vigore della legge 373/1976	0.12	0.5
Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/1976	0.08	0.5

Le perdite di distribuzione recuperate per riscaldamento $Q_{rh,W,d}$ costituiscono una frazione delle perdite di distribuzione, resa dal coefficiente di recupero $f_{rh,W,d}$:

$$Q_{rh,W,d} = Q_{l,W,d} \cdot f_{rh,W,d}$$

A.C.S.: RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE EQUIVALENTE

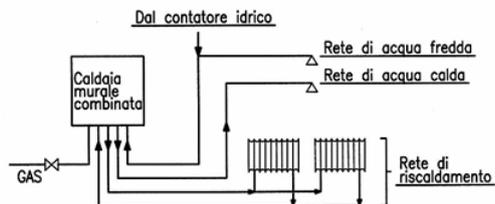
$$Q_{l,W,d} = \frac{Q_{h,W}}{\eta_{W,er}} \cdot f_{l,W,d} \equiv (Q_{h,W} + Q_{l,W,er}) \cdot f_{l,W,d}$$

Dalla relazione per il calcolo delle perdite di distribuzione si può altresì desumere, trascurando i recuperi, un rendimento di distribuzione equivalente:

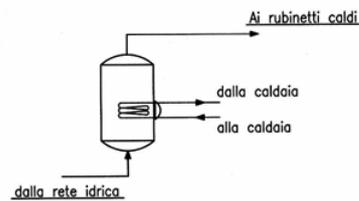
$$\eta_{W,d} \equiv \frac{Q_{h,W} + Q_{l,W,er}}{Q_{h,W} + Q_{l,W,er} + Q_{l,W,d}} = \frac{1}{1 + f_{l,W,d}}$$

A.C.S.: PRODUZIONE DIRETTA ED ACCUMULO

Produzione diretta (o rapida)



Produzione ad accumulo



A.C.S.: SISTEMA DI ACCUMULO E PERDITE

L'impianto di acqua calda sanitaria può essere dotato di un serbatoio di accumulo.

Se il serbatoio è all'interno del generatore di calore, le perdite di accumulo sono comprese nelle perdite di produzione del generatore.

Se il serbatoio è all'esterno del generatore di calore, è a questo collegato mediante tubazioni e pompa di circolazione. Le dispersioni sono costituite da:

- perdite del serbatoio
- perdite del circuito di collegamento generatore/serbatoio

A.C.S.: PERDITE DI ACCUMULO DEL SERBATOIO

Le **perdite di accumulo** $Q_{l,w,s}$ [J oppure Wh] si calcolano mediante la formula:

$$Q_{l,w,s} = \frac{S_s}{d_s} \cdot (T_s - T_a) \cdot t_s \cdot \lambda_s \equiv U_s \cdot S_s \cdot (T_s - T_a) \cdot t_s$$

ove

- S_s superficie esterna dell'accumulo [m²]
- d_s spessore dello strato isolante [m]
- T_s temperatura media nell'accumulo [°C]
- T_a temperatura ambiente del locale di installazione dell'accumulo [°C]
- t_s durata del periodo considerato [s oppure h]
- λ_s conduttività dello strato isolante [W/(m·K)]
- $U_s = \lambda_s / d_s$ trasmittanza delle pareti del serbatoio [W/(m²K)]

Qualora sia disponibile il valore della dispersione termica dell'apparecchio k_{boll} [W/K] dichiarato dal costruttore, le perdite sono calcolate con la formula:

$$Q_{l,w,s} = k_{\text{boll}} \cdot (T_s - T_a) \cdot t_s$$

Nel caso di apparecchi elettrici, il valore delle perdite nominali (statiche) è dichiarato dal costruttore secondo la CEI EN 60379.

A.C.S.: PERDITE DI ACCUMULO DEL CIRCUITO PRIMARIO

Per le **perdite del circuito primario di collegamento serbatoio/generatore di calore** si considerano i seguenti casi:

- Distanza serbatoio/generatore ≤ 5 m, tubazioni di collegamento isolate:
⇒ Le perdite per la distribuzione si considerano trascurabili
- Distanza serbatoio/generatore ≤ 5 m, tubazioni di collegamento non isolate:
⇒ Le perdite per la distribuzione vanno calcolate analiticamente (secondo UNI/TS 11300-2 App. A)
- Distanza tra serbatoio e generatore > 5 m:
⇒ Le perdite per la distribuzione vanno calcolate analiticamente (secondo UNI/TS 11300-2 App. A)

A.C.S.: RENDIMENTO DI GENERAZIONE

La produzione di acqua calda sanitaria può essere realizzata:

- 1) con impianto di produzione dedicato con proprio generatore di calore
- 2) con impianto misto riscaldamento/acqua calda sanitaria
- 3) con scaldacqua autonomi

Nel caso di produzione acqua calda sanitaria separata dal riscaldamento (punto 1 e punto 3) si può avere:

- a) impianto centralizzato di produzione di acqua calda sanitaria, a servizio di più unità immobiliari
⇒ calcolo rendimento come per generazione in impianti di riscaldamento
- b) impianto autonomo di produzione per singola unità immobiliare
⇒ rendimento di generazione certificato del prodotto, se disponibile, oppure dati da un apposito prospetto

A.C.S.: RENDIMENTO DI GENERAZIONE

Tipo di apparecchio	Versione	Rendimento istantaneo (%)	Rendimento stagionale (%)
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	45
	Tipo B senza pilota	85	77
	Tipo C senza pilota	88	80
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	40
	Tipo B senza pilota	85	72
	Tipo C senza pilota	88	75
Bollitore elettrico ad accumulo	-	95	75**
Bollitori ad accumulo a fuoco diretto	A camera aperta	84	70
	A condensazione	98	90

* I dati di rendimento riportati possono essere utilizzati in mancanza di dati forniti dal costruttore dell'apparecchio.
 ** Ai fini del calcolo dell'energia primaria, il fabbisogno di energia deve essere considerato tra i fabbisogni elettrici, applicando il relativo fattore di conversione.
 Nota I rendimenti forniti dal prospetto tengono già conto, per gli apparecchi ad accumulo, della perdita di accumulo, valutata pari a circa il 10%.

A.C.S.: RENDIMENTO DI GENERAZIONE

Nel caso di **impianto misto riscaldamento/acqua calda sanitaria** (punto 1) si può avere:

- c) **produzione combinata di energia termica** per riscaldamento e di acqua calda per usi igienico-sanitari con **unico generatore che alimenta uno scambiatore** con o senza accumulo per la produzione di acqua calda sanitaria
- d) **produzione con generatore combinato riscaldamento/acqua calda sanitaria**

In entrambi i casi c) e d) si calcola il rendimento di generazione suddividendo l'anno in due periodi:

- (i) **periodo di riscaldamento** nel quale i fabbisogni per acqua calda sanitaria si sommano ai fabbisogni di riscaldamento
⇒ calcolo rendimento **come per generazione in impianti di riscaldamento**
- (ii) **periodo di sola produzione di acqua calda sanitaria** nel quale il fattore di carico è determinato dai soli fabbisogni per acqua calda sanitaria
⇒ **rendimento di generazione certificato del prodotto**, se disponibile, oppure dati da **prospetto** come per caso b)

A.C.S.: FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA

Nel periodo di calcolo prefissato il **fabbisogno di energia primaria** $Q_{p,W}$ per la produzione di acqua calda sanitaria è dato dalla relazione:

$$Q_{p,W} = Q_{c,W} \cdot f_p + Q_{aux,W} \cdot f_{p,el}$$

ove

- $Q_{c,W}$ fabbisogno energetico ottenuto dal combustibile utilizzato
- f_p fattore di conversione in energia primaria del combustibile
- $Q_{aux,W}$ fabbisogno degli ausiliari elettrici dell'impianto per produzione a.c.s.
- $f_{p,el}$ fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica (come comunicato dall'AEEG, 2.17 al 2008)

RENDIMENTI DI GENERAZIONE E GLOBALE DI IMPIANTO

Nel caso di **sistemi dedicati** alla produzione di acqua calda sanitaria (oppure durante il **funzionamento estivo di sistemi combinati** riscaldamento/a.c.s.), il **rendimento di generazione** $\eta_{gn,W}$ è dato dalla relazione:

$$\eta_{W,gn} = \frac{Q_{h,W} + Q_{l,W,er} + Q_{l,W,d} + Q_{l,W,s}}{Q_{p,W}}$$

Nel caso di **sistemi dedicati** alla produzione di acqua calda sanitaria (oppure durante il **funzionamento estivo di sistemi combinati** riscaldamento/a.c.s.), il **rendimento globale del sistema acqua calda sanitaria** è dato dalla relazione:

$$\eta_{W,g} = \frac{Q_{h,W}}{Q_{p,W}}$$

Nel caso di **sistemi combinati** il rendimento globale è dato dalla relazione:

$$\eta_{H,W,g} = \frac{Q_{h,H} + Q_{h,W}}{Q_{p,H,W}}$$

CALCOLO DEI RENDIMENTI: QUADRO DI SINTESI

Metodi di calcolo dei rendimenti

	Valutazioni di calcolo		
	A1	A2	A3
Fabbisogni di acqua calda	Valori da prospetto 12 e da prospetto 13 in tutti i casi.		
Erogazione	$\eta_{er} = 0,95$		
Distribuzione	Secondo metodi di calcolo analitici (vedere appendice A) salvo il caso di generatori di calore e relative canalizzazioni installati nell'ambiente riscaldato. Le perdite del circuito primario si calcolano secondo il punto 6.9.4.		
Accumulo	Si trascurano nel caso di valutazione per intero edificio privo di impianto centralizzato per acqua calda sanitaria (valutazione basata su boiler per unità immobiliare). Qualora sia disponibile il valore della dispersione termica dell'apparecchio dichiarato dal costruttore, le perdite sono calcolate con la formula (31). In tutti gli altri casi calcolo secondo formula (30).		
Generazione	Valori del prospetto 31 per gli scaldacqua. Negli altri casi calcolo con i metodi dell'appendice B.		
Rendimento medio globale stagionale	Nel caso di valutazione per intero edificio, privo di impianto centralizzato di acqua calda sanitaria, si assume un valore convenzionale di rendimento medio globale stagionale pari a 0,7.		

A.C.S.: VALUTAZIONE DEI FABBISOGNI (UNI 9182:1987)

<i>Edilizia residenziale</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Abitazioni di tipo popolare [L/giorno/persona]		40	50
Abitazioni di tipo medio [L/giorno/persona]		70	80
Abitazioni di tipo di lusso [L/giorno/persona]		150	200
Lavatrice* [L/lavaggio]		20	
Lavastoviglie* [L/lavaggio]		20	
<i>Edilizia alberghiera</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Camere con vasca [L/giorno/persona]		180	200
Camere con doccia [L/giorno/persona]		130	
Camere c/lavabo e bidet [L/giorno/persona]		60	
<i>Altri usi</i>			
Uffici [L/giorno/persona]		15	200
Ospedali e cliniche [L/pasto]		130	150

*valori tipici, $T_{V,er} = 40^{\circ}\text{C}$

A.C.S.: VALUTAZIONE DEI FABBISOGNI (UNI 10339:1995)

Classificazione degli edifici per categorie	n_s
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI	
- abitazioni civili: soggiorni, camere letto	0,04
- collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi: • soggiorni	0,20
• sale riunioni	0,60
• dormitori	0,10
• camere letto	0,05
- alberghi, pensioni: • ingresso, soggiorni	0,20
• sale conferenze (piccole)	0,60
• camere letto	0,05
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI	
• uffici singoli	0,06
• uffici open space	0,12
• locali riunione	0,60
• centri elaborazione dati	0,08
OSPEDALI, CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI	
• degenze (2-3 letti)	0,08
• corsie	0,12
• camere sterili e infettive	0,08
• visita medica	0,05
• soggiorni, terapie fisiche	0,20

Indici di affollamento convenzionali n_s
[persone/m²]
(numero di persone presenti, ai fini
Progettuali, per unità di superficie
calpestabile)

A.C.S.: VALUTAZIONE DEI FABBISOGNI

($T_{W,er} = 45^{\circ}\text{C}$)

<i>Edilizia residenziale</i>	<i>valore</i>
Comfort basso [L/giorno/persona]	35
Comfort medio [L/giorno/persona]	50
Comfort elevato [L/giorno/persona]	75
Lavatrice* [L/lavaggio], 1 lavaggio/giorno	20
Lavastoviglie* [L/lavaggio], 1 lavaggio/giorno	20
<i>Edilizia alberghiera</i>	<i>valore</i>
Ostello [L/giorno/persona]	35
Standard semplice [L/giorno/persona]	40
Standard alto [L/giorno/persona]	50
Standard molto alto [L/giorno/persona]	80
Preparazione pasti [L/pasto]	15

Fonte: Impianti solari termici - Manuale per la progettazione e costruzione, a cura di Thomas Pauschinge (Ambiente Italia).

A.C.S.: VALUTAZIONE DEI FABBISOGNI (SINTESI)

($T_{W,er} = 40\div 45^{\circ}\text{C}$ oppure anche $48\pm 5^{\circ}\text{C}$)

<i>Appartamento $S_u=100\text{ m}^2$, famiglia di 4 persone</i>	<i>Fabbisogno unitario</i>	<i>Fabbisogno totale</i>
Fabbisogno personale (comfort medio)	40÷80	160÷320
Lavatrice* [L/lavaggio]	20	20
Lavastoviglie* [L/lavaggio]	20	20
Fabbisogno totale appartamento [L/giorno]		160÷360

<i>Struttura alberghiera c/ristorante, in media 40 ospiti</i>	<i>Fabbisogno unitario</i>	<i>Fabbisogno totale</i>
Fabbisogno personale (comfort alto)	50÷130	2000÷5200
Preparazione pasti (uno al giorno)	15	600
Fabbisogno totale struttura [L/giorno]		2600÷5800

(il massimo fabbisogno si ha tipicamente tra maggio e agosto)

PANNELLI SOLARI TERMICI OPZIONI IMPIANTISTICHE

FUNZIONE DELL'IMPIANTO SOLARE TERMICO: OPZIONI

Produzione di acqua calda sanitaria

- Metodo di dimensionamento (in funzione della copertura dei fabbisogni): procedure semplificate, UNI 8477-2:1985 (f-chart), UNI EN 15316-4-3:2008
- Complessità impiantistica: moderata
- Modifiche alle terminazioni: solitamente non necessarie

Integrazione del riscaldamento invernale

- Metodo di dimensionamento (in funzione della copertura dei fabbisogni): UNI 8477-2:1985 (f-chart), UNI EN 15316-4-3:2008 o altre procedure equivalenti
- Complessità impiantistica: elevata
- Modifiche alle terminazioni: solitamente necessarie (installazione pannelli radianti)

OPZIONE 1: PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

Gli impianti solari termici sono in Italia quasi sempre compatibili con soluzioni che prevedano un loro utilizzo per produrre acqua calda sanitaria, arrivando anche a garantire quote significative del fabbisogno annuale.

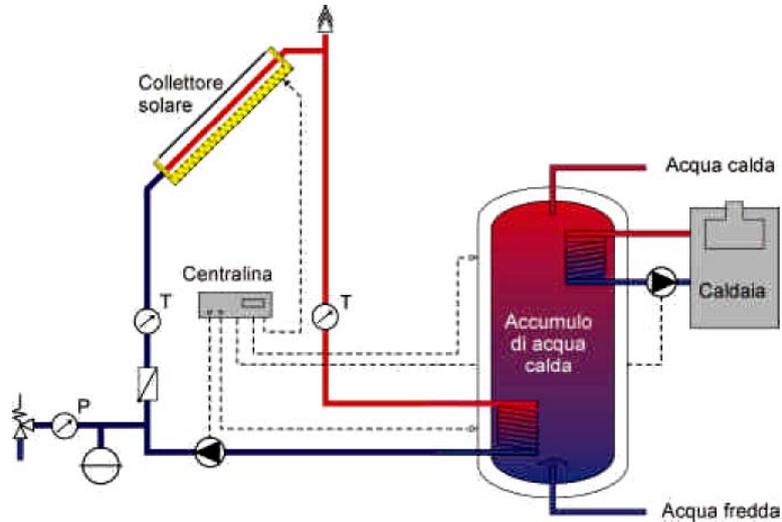
Sono previsti obblighi (e incentivi) connessi alla installazione di impianti solari dimensionati in modo tale da soddisfare il fabbisogno di energia termica durante il periodo in cui è spento l'impianto di riscaldamento.

OPZIONE 1: PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

Si può assumere che:

- in Emilia-Romagna il fabbisogno energetico annuo per la produzione di acqua sanitaria necessaria ad una famiglia di 3÷4 persone (circa 2000÷3000 kWh/anno) può essere soddisfatto per oltre il 50% installando un sistema di 3÷4 metri quadrati del costo stimato di circa 3000÷4000 euro
- il risparmio atteso è di circa 100 euro/anno, ma cresce sensibilmente se con l'acqua solare si alimentano lavastoviglie e/o lavatrice, fino a raddoppiare nei casi in cui lo scaldabagno dell'abitazione è di tipo elettrico.

OPZIONE 1: ARCHITETTURA TIPICA DELL'IMPIANTO



Fonte: Impianti solari termici - Manuale per la progettazione e costruzione, a cura di Thomas Pausching (Ambiente Italia).

OPZIONE 2: INTEGRAZIONE DEL RISCALDAMENTO

Gli impianti solari termici per il riscaldamento sono non del tutto indicati in zone come l'Emilia.

In queste aree, a clima continentale, il fabbisogno energetico per riscaldamento raggiunge notevoli picchi durante la fase centrale della stagione invernale, quando le temperature esterne sono rigide e l'irraggiamento più scarso.

Le inevitabili dispersioni legate all'elevata differenza di temperatura tra acqua riscaldata nei pannelli e ambiente esterno possono essere contenute solo adottando collettori solari sottovuoto.

OPZIONE 2: INTEGRAZIONE DEL RISCALDAMENTO

I **collettori solari sottovuoto** consentono di produrre in ogni caso acqua calda, ma a temperature di esercizio (max 40÷50°C) **compatibili soltanto con soluzioni impiantistiche a pannelli radianti**, che sono installabili in abitazioni caratterizzate da un buon isolamento dell'involucro.

Sono invece **inefficaci se l'impianto termico è a radiatori**. Le elevate temperature di esercizio di questi ultimi limitano le potenzialità dei dispositivi solari ad una funzione ausiliaria del tradizionale impianto termico.

OPZIONE 2: INTEGRAZIONE DEL RISCALDAMENTO

Si può assumere che:

- Per ogni 100 m² quadrati di abitazione sia necessaria una estensione di almeno 6-7 m² di collettori solari sotto vuoto
- E' sempre opportuno prevedere un serbatoio di grande capacità (2000 L) per l'accumulo dell'acqua calda prodotta

Il **costo di impianto** (impiantistica di corredo compresa) si attesta sui **1000 euro per ogni metro quadro di pannello solare**.

Il risparmio è quantificabile nei termini del:

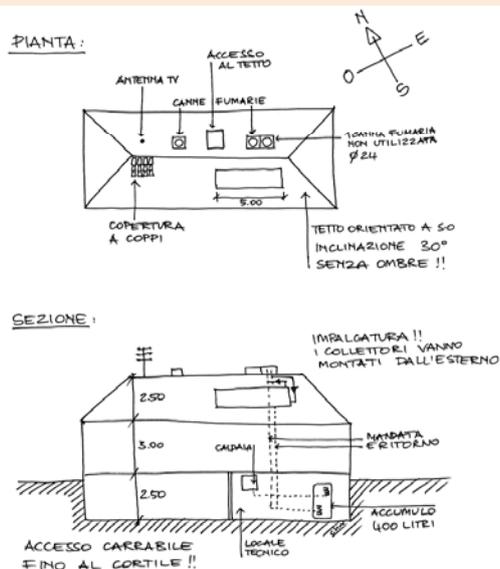
- 60% delle spese per il riscaldamento se si ha un impianto termico a pannelli radianti
- 20% delle spese per il riscaldamento se si ha un impianto termico a radiatori

VERIFICHE PRELIMINARI

Al fine della verifica di fattibilità di un impianto a pannelli solari, è opportuno effettuare una serie di **verifiche preliminari**, relative a:

- Esistenza di **vincoli della soprintendenza** o di altri enti
- **Disponibilità di superfici** per l'installazione dei collettori solari (in copertura e/o al suolo)
- **Orientamento delle superfici** disponibili
- Presenza di **ombreggiamenti** (alberi, altri edifici, ecc.)
- Per le installazioni in copertura, portate e altre **caratteristiche strutturali di tetti e solai**, nonché loro **accessibilità** per le operazioni di installazione e di successiva manutenzione
- Disponibilità di **spazi e portate per l'installazione di un serbatoio di accumulo**, nonché **accessibilità** degli spazi stessi per le operazioni di **installazione**
- Tipologia dell'**impianto** pre-esistente per la produzione dell'acqua calda sanitaria e/o per la climatizzazione invernale ed eventuali problematiche di integrazione

RILIEVO SUL CAMPO



Un passo preparatorio alla verifica di fattibilità e alla successiva progettazione di un impianto a pannelli solari termici è l'esecuzione di un **rilevo** della sede dell'intervento.

MODALITA' DI INSTALLAZIONE DEI COLLETTORI



su struttura
portante



appoggiati al tetto



integrati in falda

VALUTAZIONI PRELIMINARI

Va contestualmente effettuata una **stima dei fabbisogni** (di acqua calda sanitaria e/o di energia termica per riscaldamento), al fine di effettuare un dimensionamento di massima dell'impianto e, in particolare, di valutare l'estensione dei collettori ed il volume del serbatoio di accumulo.

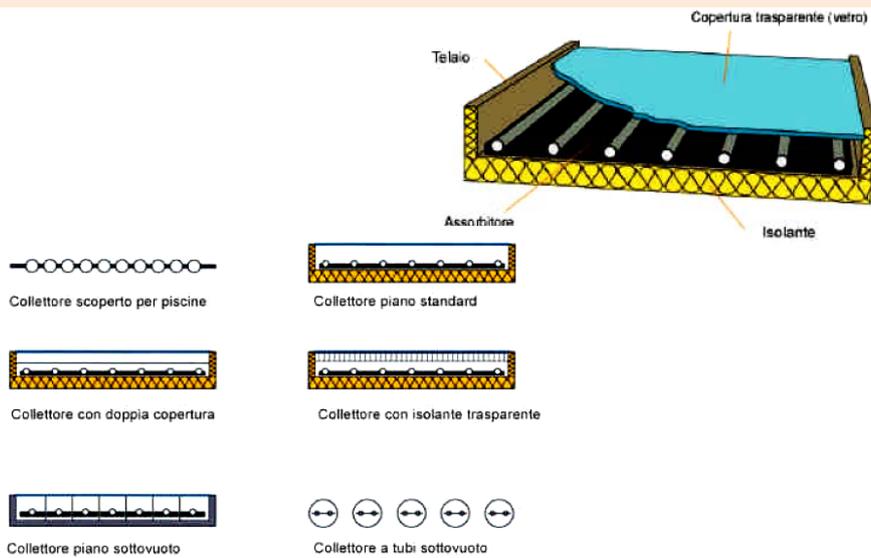
La stima può essere effettuata a partire dai **consumi effettivi**, ove siano disponibili dati specifici (bollette, letture contatori, ecc.).

In alternativa, si possono stimare i **consumi convenzionali**, facendo riferimento alla UNI/TS 11300-2 (oppure alla precedente UNI 9182, o ancora ad altri dati riportati in letteratura).

Per la stima del **fabbisogno energetico per riscaldamento invernale** si fa riferimento alla UNI/TS 11300-1/2 e alle altre norme tecniche ivi richiamate, calcolando le dispersioni dell'involucro per trasmissione e ventilazione ridotte degli apporti gratuiti, nonché i rendimenti dell'impianto termoidraulico.

PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE TERMICO

SUPERFICIE CAPTANTE: TIPOLOGIE



SUPERFICIE CAPTANTE: DEFINIZIONI



Superficie di assorbimento: area irradiata dell'assorbitore
 Superficie di apertura: area attraverso cui può entrare la radiazione solare
 Superficie lorda: relativa alle dimensioni esterne dei pannelli

SUPERFICIE CAPTANTE: DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA

Un dimensionamento preliminare di massima dei collettori solari per acqua calda sanitaria può essere effettuato sulla base di valori tabulati, relativi a situazioni ideali (orientazione sud, inclinazione $\approx 30^\circ$) e copertura del fabbisogno energetico completa nei mesi estivi, pari al 50-80% su base annuale.

Zona (Italia)	Superficie pannelli [m ² /(50 L/giorno)]*
Nord	1.2*
Centro	1.0
Sud	0.8

(*ridurre a 2/3 per pannelli sottovuoto)

Il fabbisogno va eventualmente incrementato per compensare le dispersioni associate alla rete di distribuzione, ove rilevanti. Queste dipendono dalle caratteristiche dell'impianto (estensione delle tubature, isolamento termico, presenza di ricircolo, ecc.).

SUPERFICIE CAPTANTE: DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA

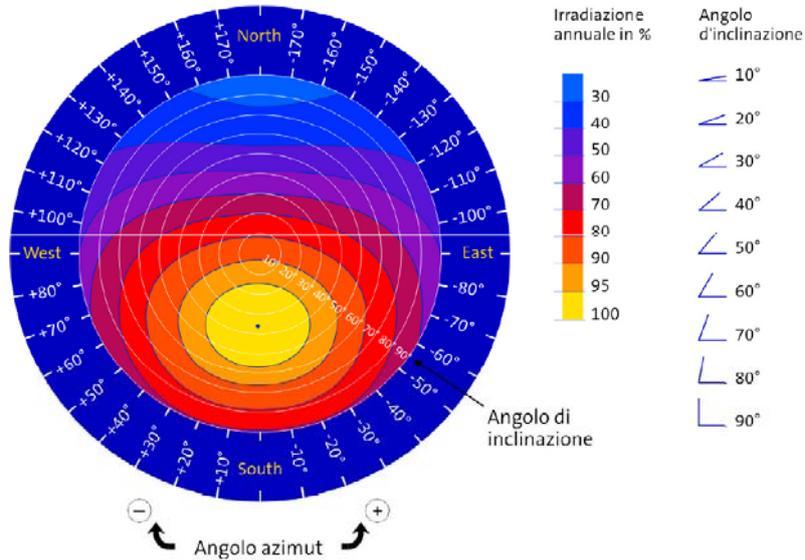
<i>Appartamento, famiglia di 4 persone, fabbisogno 160÷360 L/giorno</i>		
<i>Zona (Italia)</i>	<i>Superficie unitaria [m²/(50 L/giorno)]</i>	<i>Superficie totale teorica [m²]</i>
Nord	1.2	≈ 3.8÷8.6
Centro	1.0	≈ 3.2÷7.2
Sud	0.8	≈ 2.6÷5.8

<i>Struttura alberghiera c/ristorante, in media 40 ospiti, 4200 L/giorno</i>		
<i>Zona (Italia)</i>	<i>Superficie unitaria [m²/(50 L/giorno)]</i>	<i>Superficie totale teorica [m²] (*sottovuoto)</i>
Nord	1.2	≈ 67* ÷ 101
Centro	1.0	≈ 56* ÷ 84
Sud	0.8	≈ 45* ÷ 67

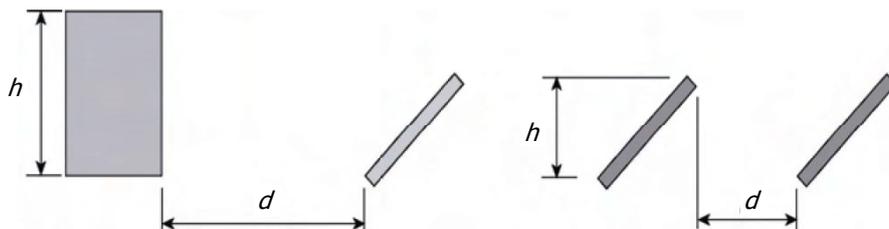
COEFFICIENTE CORRETTIVO PER L'ORIENTAZIONE

<i>Orientamento</i>	<i>Inclinazione (sull'orizzontale)</i>						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0° (<i>sud</i>)	0.89	0.97	1.00	0.99	0.93	0.83	0.69
15°	0.89	0.96	1.00	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	0.90	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° (<i>est, ovest</i>)	0.89	0.88	0.87	0.83	0.78	0.71	0.62

COEFFICIENTE CORRETTIVO PER L'ORIENTAZIONE



OMBREGGIAMENTI



La **distanza minima** d tra ostacoli e collettori, o tra collettori in schiere parallele, al fine di evitare ombreggiamenti, si valuta mediante la formula:

$$d \approx h \cdot c > h \cdot \tan(\delta + L)$$

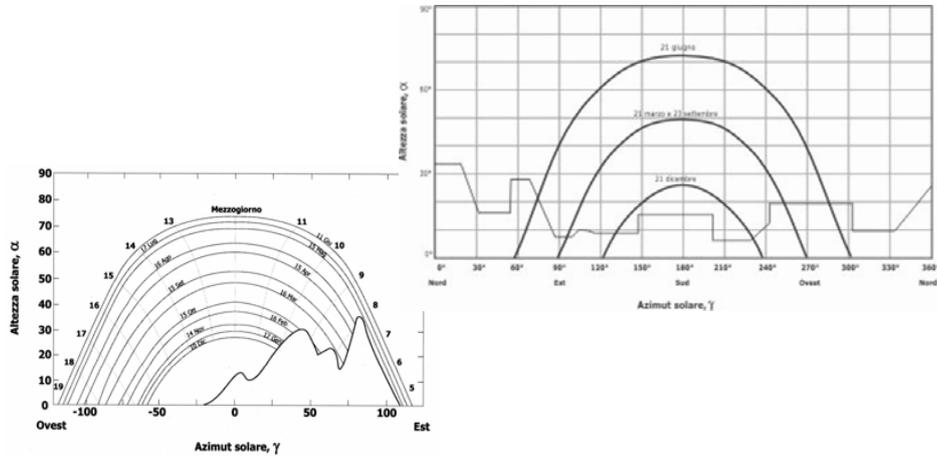
ove

h altezza dell'ostacolo

δ declinazione solare [$\approx 23.5^\circ$]

L (latitudine)	36°	38°	40°	42°	44°	46°
c	2.14	2.36	2.60	2.90	3.27	3.73

OMBREGGIAMENTI



Gli ombreggiamenti dovuti a edifici, alberi o rilievi possono essere eventualmente previsti mediante **diagrammi delle traiettorie solari**, sui quali si riporta il profilo angolare degli ostacoli (rilevabile con bussola e clinometro).

SERBATOIO DI ACCUMULO

È necessario per disaccoppiare la produzione di energia termica (che segue il ciclo solare ed è massima nella parte centrale della giornata) dal suo consumo (che solitamente ha un andamento diverso, ad esempio concentrato al mattino e alla sera).

In linea di massima, per un accumulo su base giornaliera servono **50-60 L di volume serbatoio per metro quadro di superficie di apertura del collettore**.

Negli impianti in cui i collettori solari arrivano a fornire, ad esempio nella stagione invernale, solo il pre-riscaldamento dell'acqua calda sanitaria, il riscaldamento finale è attuato da un **riscaldatore ausiliario** (ad es. a elettroresistenza o a bruciatore). In tal caso, può essere opportuno sdoppiare il serbatoio di accumulo e realizzare un volume ad alta temperatura con capacità limitata (circa 20 L/persona), al fine di ridurre le dispersioni.

SERBATOIO DI ACCUMULO: DIMENSIONAMENTO

<i>Appartamento, famiglia di 4 persone, fabbisogno 160÷360 L/giorno</i>		
<i>Zona (Italia)</i>	<i>Superficie totale pannelli [m²]</i>	<i>Volume accumulo minimo [L]</i>
Nord	≈ 3.8÷8.6	≈ 200÷400
Centro	≈ 3.2÷7.2	≈ 150÷300
Sud	≈ 2.6÷5.8	≈ 120÷200

<i>Struttura alberghiera c/ristorante, in media 40 ospiti, 4200 L/giorno</i>		
<i>Zona (Italia)</i>	<i>Superficie totale pannelli [m²]</i>	<i>Volume accumulo minimo [L]</i>
Nord	≈ 101	≈ 5000÷6000
Centro	≈ 84	≈ 4000÷5000
Sud	≈ 67	≈ 3000÷4000

SERBATOIO DI ACCUMULO: ISOLAMENTO E DISPERSIONI

Il serbatoio va posizionato in modo da **minimizzare lo sviluppo delle tubazioni** e, quindi, le dispersioni. Se posizionato sulla soletta di un piano, è necessario verificarne prima la portata e, eventualmente, appoggiare travi sotto al serbatoio per distribuire il carico.

Poiché il serbatoio si trova stabilmente ad una temperatura maggiore di quella dell'ambiente in cui è installato, dovrebbe essere dotato di un **adeguato livello di isolamento** (spessore > 8÷10 cm per materiali isolanti ordinari). Se l'isolamento è posto in opera in un secondo tempo, occorre prevederne gli ingombri e lo spazio di manovra per la posa.

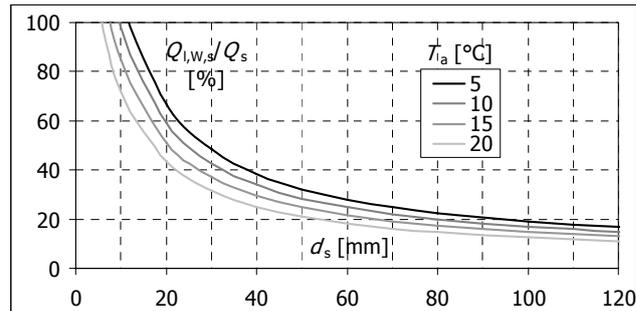
Inoltre, è fondamentale la **corretta realizzazione** dell'isolamento:

- L'isolante deve ricoprire tutta la superficie esterna, senza fughe, specialmente nella parte più alta (a maggiore temperatura)
- L'isolante delle tubazioni deve raccordarsi con continuità all'isolante del serbatoio e ricoprire anche le flangie
- 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.

SERBATOIO DI ACCUMULO: ISOLAMENTO E DISPERSIONI

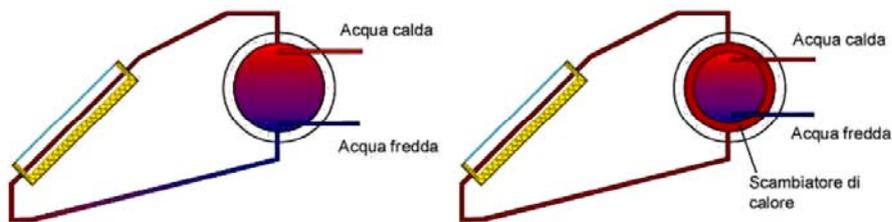
Volume serbatoio $V_s = 200 \text{ L} \approx V_w$ (fabbisogno volumetrico giornaliero)
 $\lambda_s = 0.040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (conduttività termica isolante)
 $T_s \approx T_{w,er} = 48^\circ\text{C}$ (temperatura di accumulo)
 $T_{w,0} = 15^\circ\text{C}$ (temperatura di rete)
 $T_a = 5 \div 20^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente di installazione)

d_s spessore di isolante [mm]
 $Q_{l,w,s}$ dispersioni giornaliere del serbatoio [kWh]
 Q_s contenuto di energia del serbatoio [kWh]



$$Q_s = \rho_w \cdot c_w \cdot V_s \cdot (T_s - T_{w,0}) \approx Q_{h,w} = 7.7 \text{ kWh}$$

IMPIANTI A CIRCOLAZIONE NATURALE



Impianto a un circuito

Impianto a doppio circuito

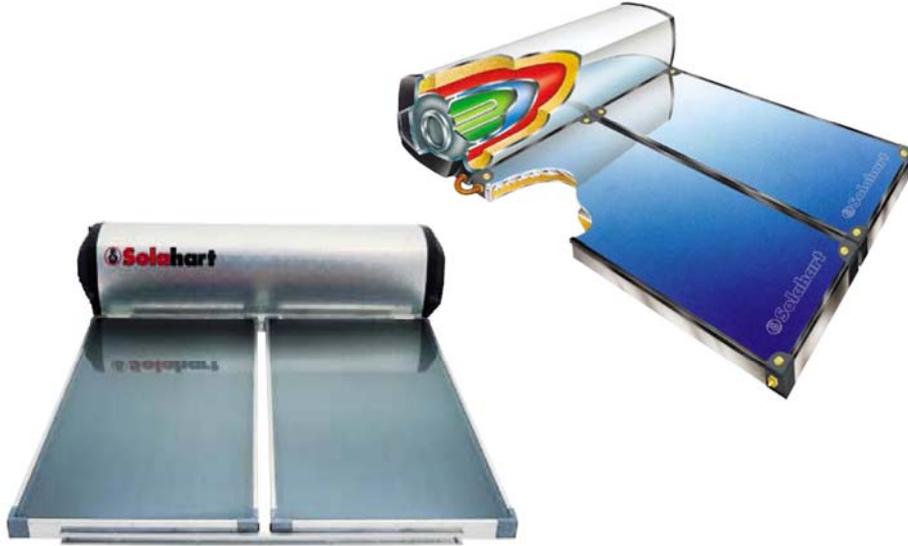
Tipo:

- impianto a **circolazione naturale** con accumulo, senza ("a un circuito" o "a circuito aperto") oppure con ("a doppio circuito" o a "circuito chiuso") scambiatore integrato

Funzione:

- produzione acqua calda sanitaria

IMPIANTI A CIRCOLAZIONE NATURALE



U.07 – Acqua calda sanitaria

IMP. A CIRCOLAZIONE NATURALE: FORZA IDROMOTRICICE

In un impianto a circolazione naturale (o a termosifone), la forza idromotrice che rende possibile la circolazione, Δp [Pa], si può stimare tramite la formula:

$$\Delta p = (\rho_F - \rho_C) \cdot g \cdot \Delta H$$

ove

ρ_F densità fluido più freddo [kg/m³]

ρ_C densità fluido più caldo [kg/m³]

g accelerazione di gravità [9.81 m/s²]

ΔH dislivello nel sistema [m]

Negli impianti a circuito aperto si può anche introdurre una pompa ausiliaria, che entra in funzione solo qualora la temperatura esterna scenda sotto 0°C e si abbia rischio di formazione di ghiaccio.

Se si hanno frequentemente e per periodi prolungati temperature molto rigide, si può prevedere una valvola di drenaggio che elimini acqua dal circuito e vi richiami dalla rete idrica altra acqua a maggiore temperatura (solitamente >10°C).

U.07 – Acqua calda sanitaria

FLUIDO TERMOMETTORE

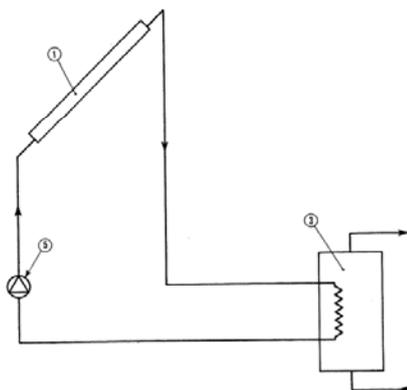
In impianti a circuito aperto (o a un circuito) il fluido termovettore è l'acqua potabile destinata ad essere riscaldata.

Tuttavia, per evitare fenomeni di corrosione, è spesso opportuno aggiungere al fluido termovettore appositi inibitori. Inoltre, per evitare depositi calcarei nelle tubazioni, è opportuno depurare il fluido.

In presenza di rischio gelo, nel circuito primario si introduce una miscela di acqua e propilenglicolo atossico o altri antigelo equivalenti, con concentrazione dipendente dalla temperatura minima ambiente prevista (inferiore di 10°C alla temperatura di progetto dell'impianto di riscaldamento invernale). Alla miscela vanno aggiunti anche gli inibitori della corrosione.

Dovendo attuare le azioni sopra indicate, è chiaramente necessario realizzare un impianto a circuito chiuso (o a due circuiti), separando la linea che attraversa il collettore (circuito primario, chiuso) da quella dell'acqua calda sanitaria (circuito secondario, aperto) e collegandole termicamente tramite uno scambiatore di calore intermedio, esterno oppure integrato nell'accumulo.

IMPIANTI A CIRCOLAZIONE FORZATA CON ACCUMULO



- ① Collettore solare
- ② Scambiatore ad accumulo
- ③ Circolatore impianto solare

Tipo:

- a circolazione forzata con accumulo (serbatoio con scambiatore integrato)

Funzione:

- produzione acqua calda sanitaria

FLUIDO TERMOVETTORE: REQUISITI

Proprietà richieste al fluido vettore:

- elevata capacità termica volumica, prodotto di densità e calore specifico $\rho \cdot c$ [$J/(m^3 \cdot ^\circ C)$], in modo da poter utilizzare tubazioni e serbatoi di dimensioni ridotte
- basso punto di congelamento
- stabilità e inerzia chimica fino a temperature di almeno $100^\circ C$ e durezza contenuta per limitare le deposizioni di calcare
- assenza di azioni corrosive lungo le pareti del circuito
- bassa viscosità al fine di minimizzare le perdite di carico

In generale, sono commercialmente disponibili fluidi pre-miscelati con le prestazioni richieste.

FLUIDO TERMOVETTORE: SPECIFICHE

Product description

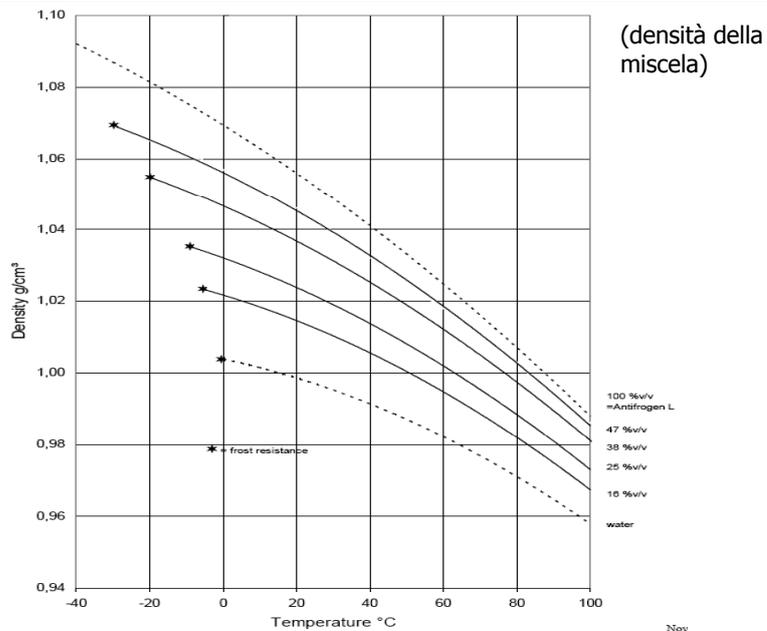
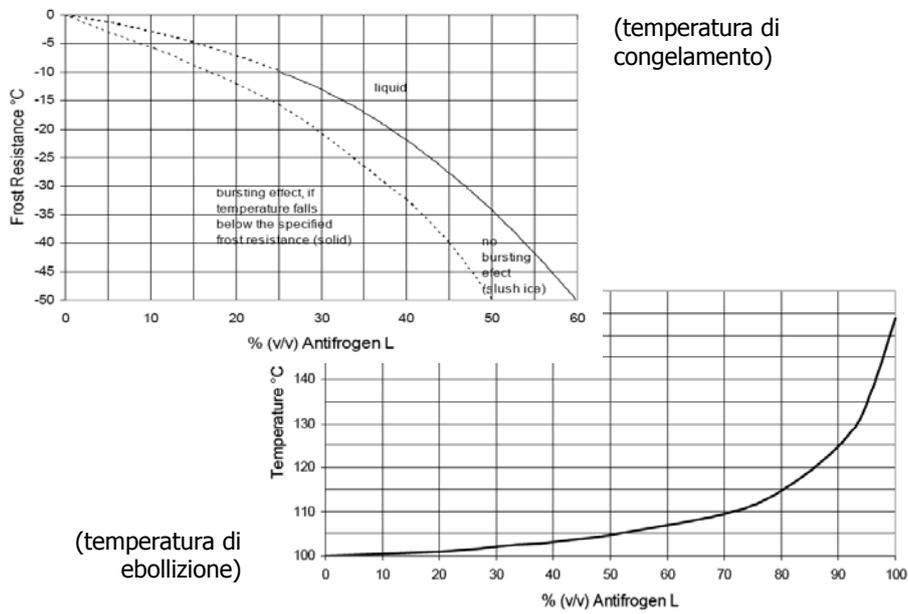
Antifrogen L is a clear liquid, tinted light blue, for use as a cooling brine and heat transfer medium in solar heating and heat pump systems and in the food industry, e.g. in breweries, dairies, ice-cream factories, cold stores and fish processing factories.

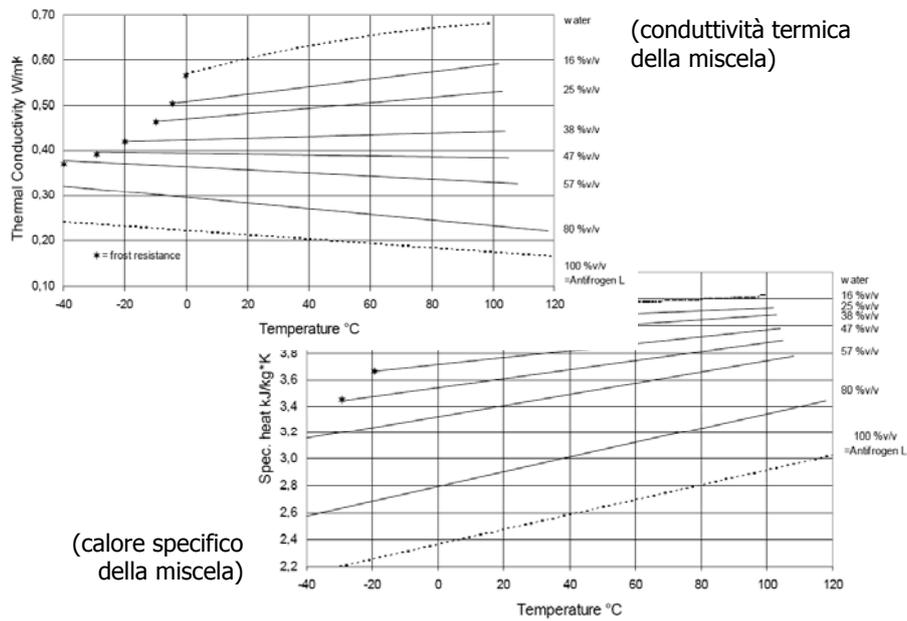
The product is inhibited without the use of nitrites, amines and phosphates.

- Based on 1,2-propylene glycol and anticorrosion additives
- Minimal usage concentration: 25 % v/v ($-10^\circ C$)
- Permanent usage temperatures: approx. -25 to $+150^\circ C$
- Suitability of plastics/elastomers → page 3/4

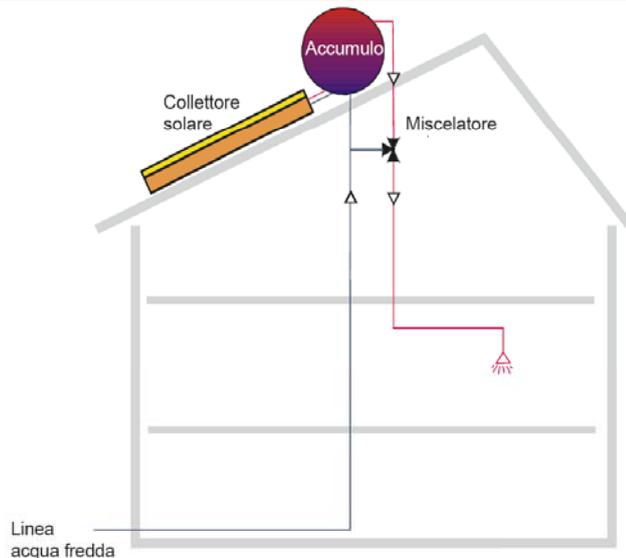
Technical data

Density at $20^\circ C$ (DIN 51757)	g/cm^3	about 1.055
Refractive index n_D at $20^\circ C$ (DIN 51423, Part 2)		about 1.436
pH value (1:2 mixture with water) (DIN 51369)		7 – 9
Reserve alkalinity (ASTM D 1121)	ml c (HCl) 0,1 m	min. 12
Boiling point at 1013 mbar (ASTM D 1120)	$^\circ C$	about 170
Pour point (DIN 51583)	$^\circ C$	about -50
Kinematic viscosity at $20^\circ C$ (DIN 51582)	mm^2/s	about 72
Surface tension at $20^\circ C$ (1:2 mixture with water) (ASTM D 1331)	mN/m	47
Specific heat at $20^\circ C$	$kJ/kg \cdot K$	2.5
Thermal conductivity at $20^\circ C$	$W/m \cdot K$	0.21
Specific electrical conductivity at $20^\circ C$ (1:2 mixture with water)	$\mu S/cm$	about 2800





IMPIANTI A CIRCOLAZIONE NATURALE: LAYOUT



Negli impianti a circolazione naturale l'accumulo deve necessariamente situarsi a quota più elevata dei collettori.

Il miscelatore, indispensabile se

$$T_s > 65^\circ\text{C},$$

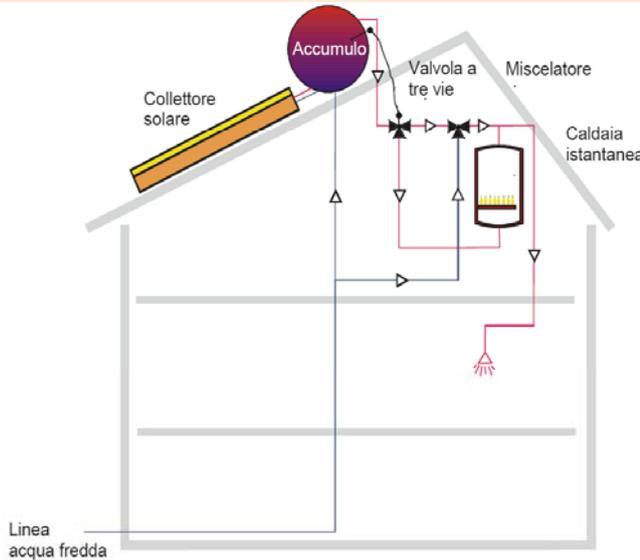
entra in funzione se

$$T_s > T_{W,er}$$

(ad es. 45°C).

Va prevista una valvola di non ritorno alla mandata di acqua fredda al miscelatore.

IMPIANTI A CIRCOLAZIONE NATURALE: INTEGRAZIONE



La caldaia istantanea (a gas o anche elettrica) entra in funzione quando

$$T_s < T_{W,er}$$

e il flusso è deviato dalla valvola a tre vie.

Regolazione: su $T_{W,er}$ e portata $V'_W (\Leftrightarrow \Delta\rho)$.

In alternativa, solo per usi sporadici, si può prevedere un riscaldatore (elettrico) integrato nell'accumulo.

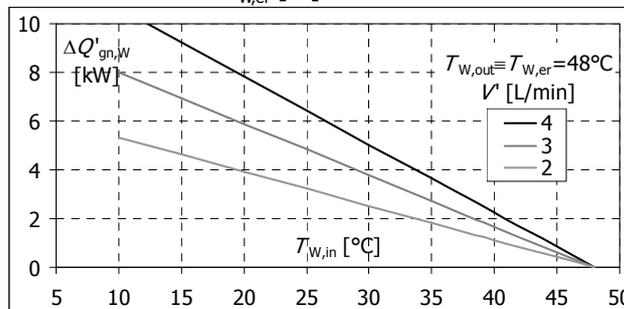
CALDAIA ISTANTANEA: POTENZA DI INTEGRAZIONE

La potenza termica da integrare vale [in W]:

$$\Delta Q'_{gn,W} = \rho_W \cdot c_W \cdot V'_W \cdot (T_{W,out} - T_{W,in})$$

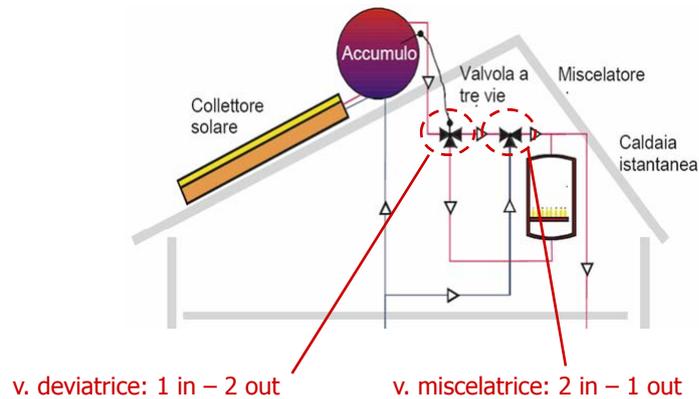
ove

- ρ_W densità [$\cong 1000 \text{ kg/m}^3$]
- c_W calore specifico [$\cong 4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$]
- V'_W portata in volume [m^3/s]
- $T_{W,in}$ temperatura in ingresso alla caldaia [$^{\circ}\text{C}$]
- $T_{W,out}$ temperatura alle utenze $\equiv T_{W,er}$ [$^{\circ}\text{C}$]



VALVOLE A TRE VIE

Permettono la combinazione di due flussi in uno, prendendo in questo caso il nome di **valvole miscelatrici** (con temperatura in uscita funzione delle proporzioni delle due portate in entrata), oppure la separazione di due flussi, in questo caso prendendo il nome di **valvole deviatrici**.



TUBAZIONI

Vengono generalmente impiegati **tubi lisci in rame**, oppure **tubi corrugati in acciaio inossidabile**.

Nei circuiti aperti si impiegano tubazioni in rame, onde **evitare incrostazioni**. Sempre per evitare incrostazioni, è fondamentale non aver deformazioni che possano costituire sedi preferenziali di formazione del calcare.

I tubi in rame presentano una notevole **dilatazione** in lunghezza, fino a 13 mm su 10 m per un'escursione di temperatura di 80°C, e quindi dovrebbero sempre poter scorrere liberamente sui loro sostegni di fissaggio.

TUBAZIONI

Non vanno utilizzati contemporaneamente tubi in rame e in acciaio per evitare l'innescare di fenomeni di corrosione galvanica, oppure sono necessari la messa a terra del circuito e l'inserimento di giunti dielettrici tra materiali diversi.

Un **anodo sacrificale anticorrosione** va in generale previsto, solitamente inserito nel serbatoio di accumulo.

Non vanno usati **mai materiali zincati** se si usa una miscela acqua/glicolo.

Le tubazioni devono resistere a escursioni di temperatura comprese tra -20°C e +200°C, nonché alle pressioni massime di esercizio e alle eventuali azioni chimiche causate dal fluido termovettore.

TUBAZIONI: DIMENSIONAMENTO SEZIONI

Per impianti non complessi, è possibile dimensionare le tubazioni con approcci semplificati:

- la portata di fluido vettore deve essere pari a 30÷40 L/h per metro quadro di collettore
- Il diametro dei tubi in rame può essere valutato sulla base della portata

Portata [L/h]	Diametro esterno [mm] x Spessore [mm]
< 240	16 x 1
240 ÷ 410	18 x 1
410 ÷ 570	22 x 1
570 ÷ 880	28 x 1.5
880 ÷ 1450	35 x 1.5

- il corretto bilanciamento di rami in parallelo del circuito richiede che questi abbiano stessa lunghezza, diametro e materiale, nonché stesse irregolarità in numero e tipo, ovvero stesse perdite di carico.

TUBAZIONI: DIMENSIONAMENTO ISOLANTE

Lo spessore minimo della calza isolante delle tubazioni è prescritto dal D.P.R. 412/1993, Allegato B, Tabella 1 (indicativamente, spessore \geq diametro)

λ a 40°C [W/(m°C)]	D (diametro esterno tubazione) [mm]					
	D<20	20<D<39	40<D<59	60<D<79	80<D<99	D>100
0.030	13	19	26	33	37	40
0.032	14	21	29	36	40	44
0.034	15	23	31	39	44	48
0.036	17	25	34	43	47	52
0.038	18	28	37	46	51	56
0.040	20	30	40	50	55	60
0.042	22	32	43	54	59	64
0.044	24	35	46	58	83	69
0.046	26	38	50	62	68	74
0.048	28	41	54	66	72	79
0.050	30	44	58	71	77	84

TUBAZIONI: ISOLANTE

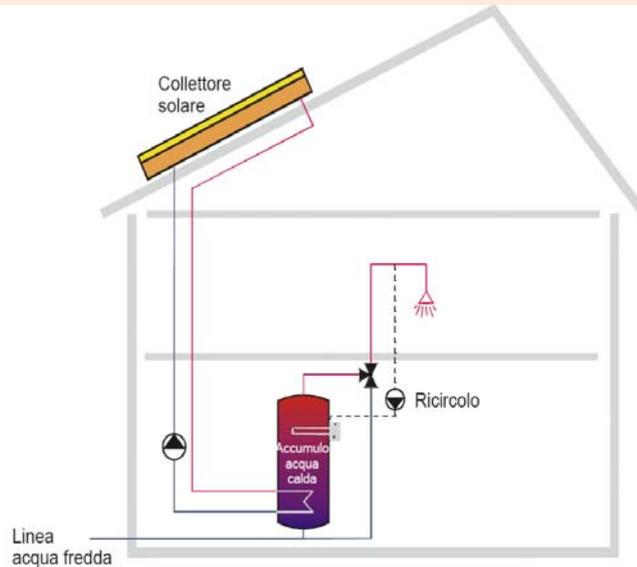
Il materiale isolante deve reggere le stesse temperature massime sopportate dalle tubazioni, fino a 200°C.

Al fine di minimizzare le dispersioni, l'isolamento deve essere il più possibile continuo, senza fughe alle giunzioni, e dovrebbe ricoprire anche gomiti, raccordi, collettori e ogni superficie che possa essere riscaldata dal fluido vettore.

Non vanno coperte dall'isolante le pompe e i collegamenti al vano di espansione, nonché i collegamenti diretti ad ogni organo che possa essere danneggiato dai surriscaldamenti.

In caso di passaggi dei tubi all'esterno del fabbricato, l'isolamento deve essere protetto dall'azione degli agenti atmosferici, dei raggi ultravioletti, degli uccelli e dei roditori. A tal scopo, si possono proteggere le tubazioni con copritubi o profili in lamiera zincata, alluminio o rame.

IMPIANTI A CIRCOLAZIONE FORZATA: LAYOUT



La pompa è attivata da un regolatore differenziale quando la temperatura T_c nel collettore è maggiore che nel serbatoio:

$$T_c > T_s$$

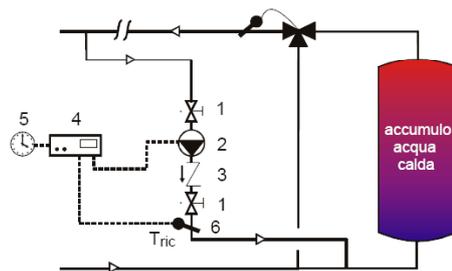
Il miscelatore entra in funzione quando

$$T_s > T_{W,er}$$

Si può prevedere un riscaldatore elettrico integrato (in alto) nel serbatoio, gestito da termostato e timer.

Può essere previsto un circuito di ricircolo.

CIRCUITO DI RICIRCOLO



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

Ha lo scopo di rendere immediatamente disponibile alle utenze acqua calda sanitaria alla temperatura desiderata, evitando così sprechi idrici.

Tuttavia, se le linee di mandata e ricircolo sono male isolate, si hanno dispersioni di energia anche superiori a quelle associate al normale consumo di acqua calda sanitaria.

La pompa di ricircolo va asservita ad un timer e ad un regolatore termostatico che limiti la temperatura di ritorno al serbatoio.

CIRCUITO DI RICIRCOLO: ISOLAMENTO E DISPERSIONI

Assumendo che le tubazioni corrano solo in tramezze interne (con spessore $Z_{\text{muratura}}=8\div 12$ cm), le dispersioni (sfavorevoli per il comfort estivo) valgono:

$$Q_{l,W,\text{ricircolo}} [\text{kWh}] \approx \frac{(T_W - T_a)}{\frac{\ln \left[\frac{8 \cdot Z_{\text{muratura}}}{\pi \cdot (D_{\text{tubazione}} + 2 \cdot d_{\text{isolante}})} \right]}{\lambda_{\text{muratura}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot L_{\text{ricircolo}}} + \frac{\ln \left[1 + \frac{2 \cdot d_{\text{isolante}}}{D_{\text{tubazione}}} \right]}{\lambda_{\text{muratura}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot L_{\text{ricircolo}}} \cdot \frac{\Delta t_{\text{on}}}{1000}}$$

con

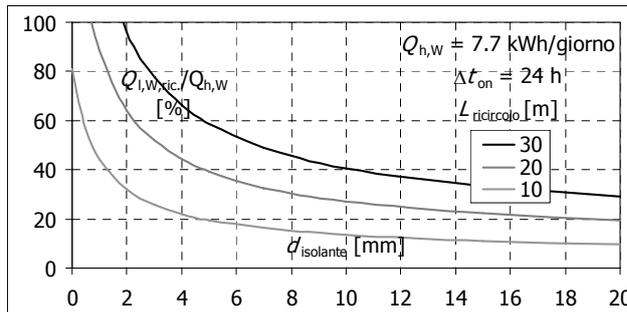
$$T_W = 48^\circ\text{C}$$

$$T_a = 27^\circ\text{C}$$

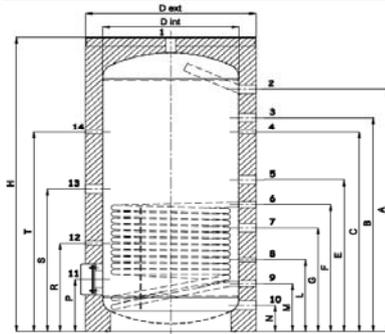
$$\lambda_{\text{muratura}} \cong 0.5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$\lambda_{\text{isolante}} \cong 0.04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

(lavoro di pompaggio non compreso)



SERBATOIO CON SCAMBIATORE INTEGRATO



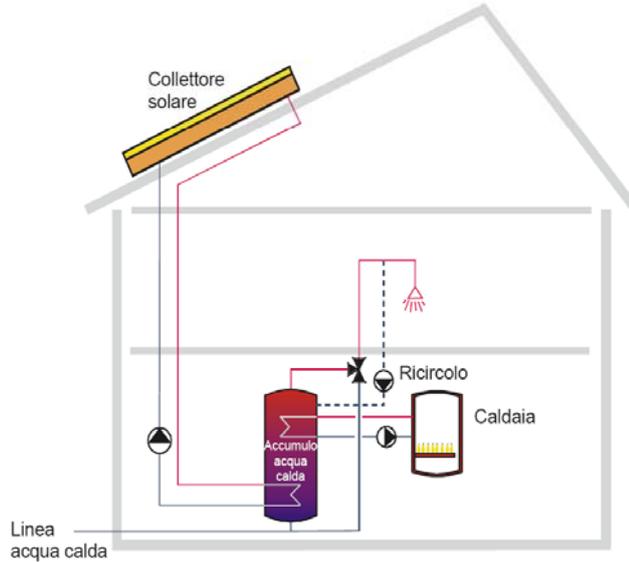
Negli impianti a due circuiti con circolazione forzata asserviti ad un numero ridotto di unità abitative si utilizzano scambiatori di calore a tubi lisci integrati nel serbatoio.

La superficie dello scambiatore di calore dovrebbe essere circa $0.4 \text{ m}^2/\text{m}^2$ di superficie di apertura del collettore.

Negli impianti di grande potenza si impiegano scambiatori di calore esterni, a piastre oppure a fascio tubiero.

tipo		TS-SP 500	TS-SP 800	TS-SP 1000	TS-SP 1500
Contenuto totale	litri	500	800	1000	1500
Press. mass. nel boiler	bar	3,0	3,0	3,0	3,0
Temp. mass. scambiatore	$^\circ\text{C}$	95	95	95	95
Press. mass. scambiatore	bar	10,0	10,0	10,0	10,0
Temp. mass. scambiatore	$^\circ\text{C}$	110	110	110	110
Superficie scambiatore	m^2	2,3	2,8	3,0	3,7
Altezza	mm	1720	1910	2090	2220
Diametro esterno	mm	850	990	990	1200
Diametro interno	mm	650	790	790	1000
Peso (senza isolamento)	kg	110	150	170	230

IMPIANTI A CIRCOLAZIONE FORZATA: INTEGRAZIONE

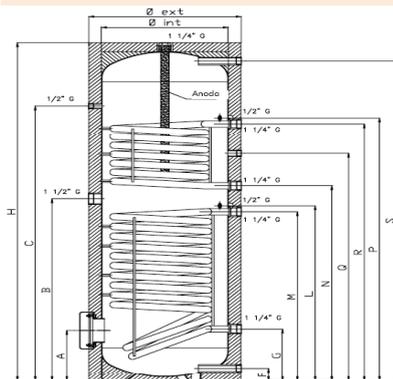


In alternativa al riscaldatore elettrico integrato, si può prevedere un riscaldatore a gas esterno, sempre gestito da termostato e timer.

Regolazione: su portata $V'_w (\Leftrightarrow \Delta p)$ e/o $T_{w,er}$

Si utilizza un serbatoio con due scambiatori integrati.

SERBatoio CON DUE SCAMBIATORI INTEGRATI

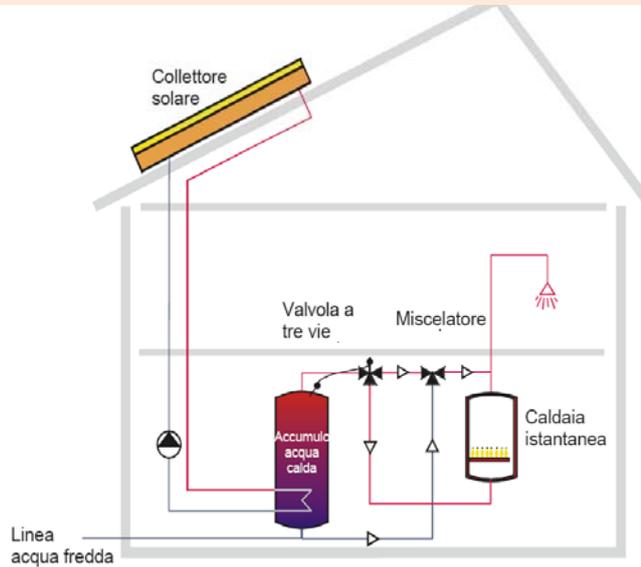


Per effetto della stratificazione termica, è sufficiente tenere alla temperatura di utilizzo $T_{w,er}$ solo la parte alta del serbatoio, limitando così le dispersioni verso l'ambiente.

Si può controllare il volume della zona ad alta temperatura (circa 20 L/persona) attraverso la posizione in altezza in cui si innesta nel serbatoio la sonda termostatica che pilota la pompa del circuito ausiliario tra serbatoio e caldaia.

tipo		TS-S 300	TS-S 400	TS-S 500	TS-S 750	TS-S 1000
Contenuto netto totale	litri	300	400	500	750	1000
Peso (senza isolamento)	kg	130	165	185	290	320
Press. mass. nel boiler	bar	6-10	10,0	10,0	10,0	10,0
Temp. mass. nel boiler	°C	95	95	95	95	95
Superficie scambiatore superiore	m ²	0,9	0,9	0,9	2,5	2,5
Superficie scambiatore inferiore	m ²	1,7	1,9	1,9	2,5	2,5
Altezza	mm	1720	1720	1805	1850	2100
Diametro esterno	mm	600	710	760	940	940
Diametro interno	mm	500	600	650	800	800

IMPIANTI A CIRCOLAZIONE FORZATA: CALDAIA ISTANTANEA



Per ridurre le dispersioni dell'accumulo, si può utilizzare una **caldaia istantanea** (a gas o anche elettrica).

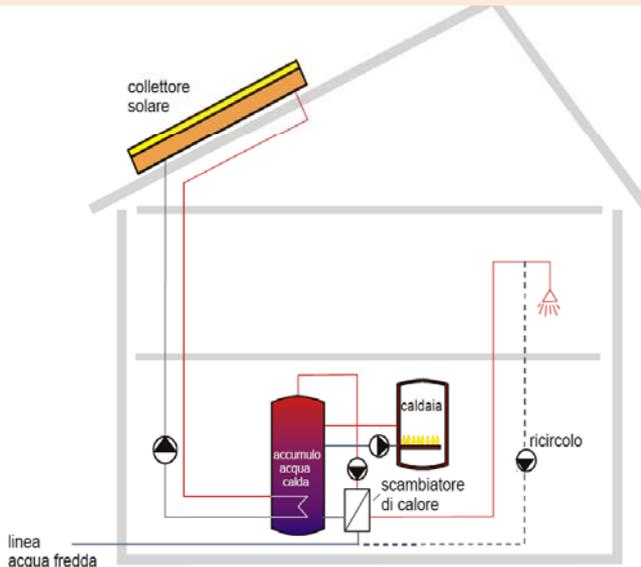
La caldaia istantanea entra in funzione quando

$$T_s < T_{W,er}$$

e il flusso in uscita dall'accumulo viene deviato da una valvola a tre vie.

Regolazione: su V''_w ($\Leftrightarrow \Delta p$) e $T_{W,er}$

IMPIANTI A CIRCOLAZIONE FORZATA: SCAMBIATORE



Per grandi volumi ($V_s > 1000$ L), si introduce uno **scambiatore intermedio**.

Al serbatoio non sono così richieste caratteristiche idonee a contenere **acqua potabile**.

La pompa del circuito intermedio va regolata in modo da avere la $T_{W,er}$ desiderata (ad es. 45°C).

POMPA DI CIRCOLAZIONE

La pompa di circolazione del circuito primario deve essere scelta con cura, al fine di garantire la portata ottimale.

Se la **portata è troppo bassa**, si possono generare elevati incrementi di temperatura all'interno del collettore, riducendone quindi il rendimento.

Se la **portata è troppo alta**, si ha un inutile dispendio di energia.

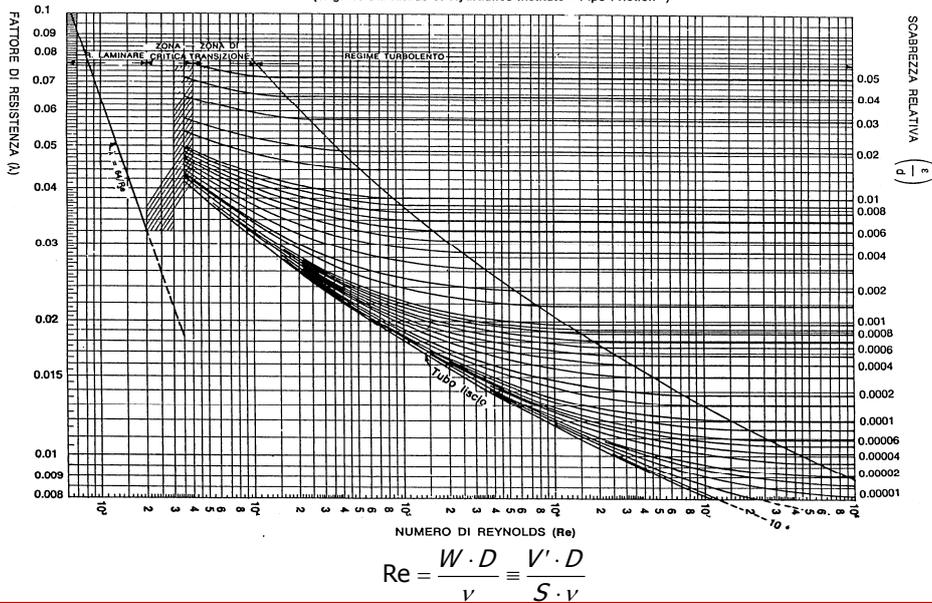
Nei piccoli impianti (superficie di apertura dei collettori <10÷12 m², sviluppo tubazioni <50 m) si possono utilizzare piccole pompe da riscaldamento a tre posizioni.

Negli impianti più grandi è necessario un corretto accoppiamento pompa-circuito, che richiede il calcolo dettagliato delle perdite di pressione in funzione dei componenti (fluido termovettore, tubazioni, collettori, raccordi, valvole, ecc.) e la scelta di una pompa adeguata.

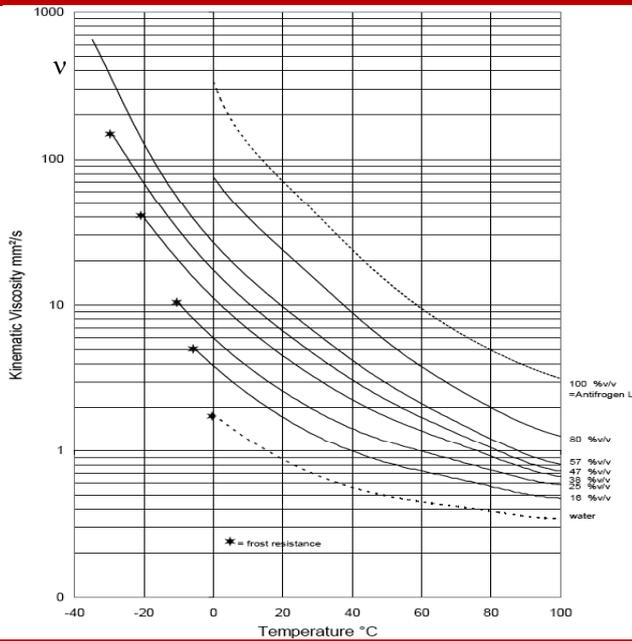
Per un impianto con circuito semplice ad anello, la **perdita di carico** che la pompa deve bilanciare vale:

$$\Delta p = \sum_i \Delta p_i \cong \sum_i \left[\rho_i \cdot \left(\lambda_i \cdot \frac{L_i}{D_i} + \sum_j K_{i,j} \right) \cdot \left(\frac{V'}{A_i} \right)^2 \right]$$

FATTORE DI RESISTENZA λ
(origine: Standards of Hydraulics Institute « Pipe Friction »)



TERMOTECNICA E IMPIANTI – A.A. 2011-2012



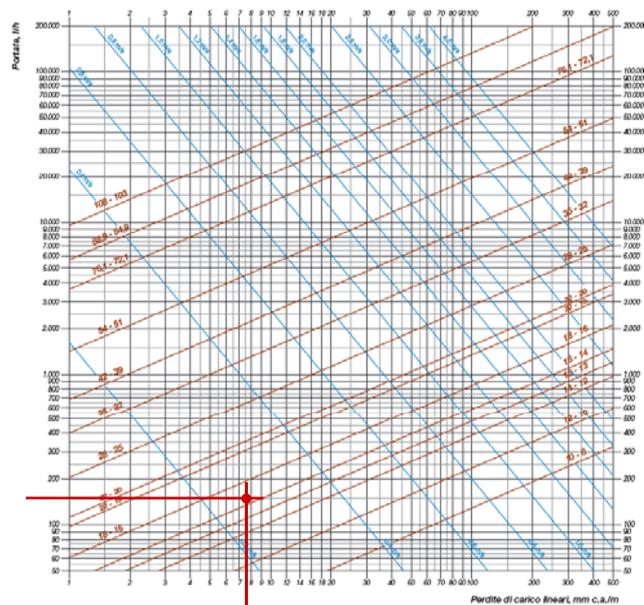
$$Re = \frac{W \cdot D}{\nu} \equiv \frac{V' \cdot D}{S \cdot \nu}$$

U.07 – Acqua calda sanitaria

87/130

TERMOTECNICA E IMPIANTI – A.A. 2011-2012

Perdite di carico continue TUBI IN RAME - Temperatura acqua = 50°C

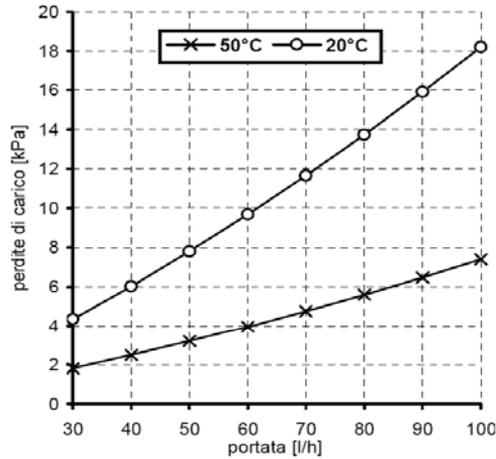


PERDITE DI CARICO

U.07 – Acqua calda sanitaria

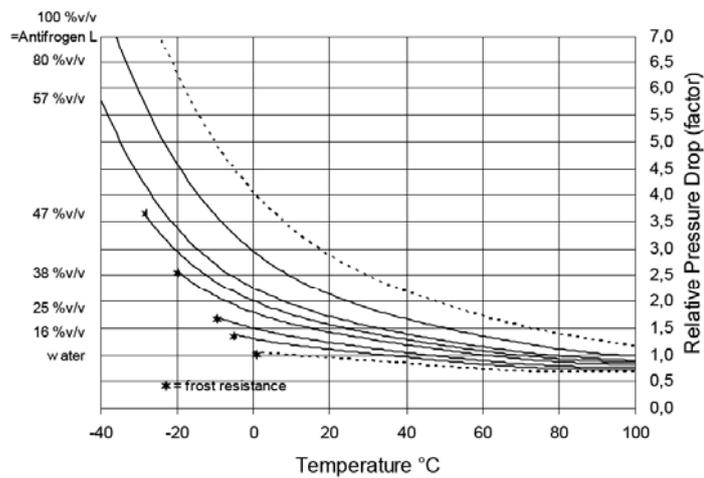
88/130

PERDITE DI CARICO NEL COLLETTORE SOLARE



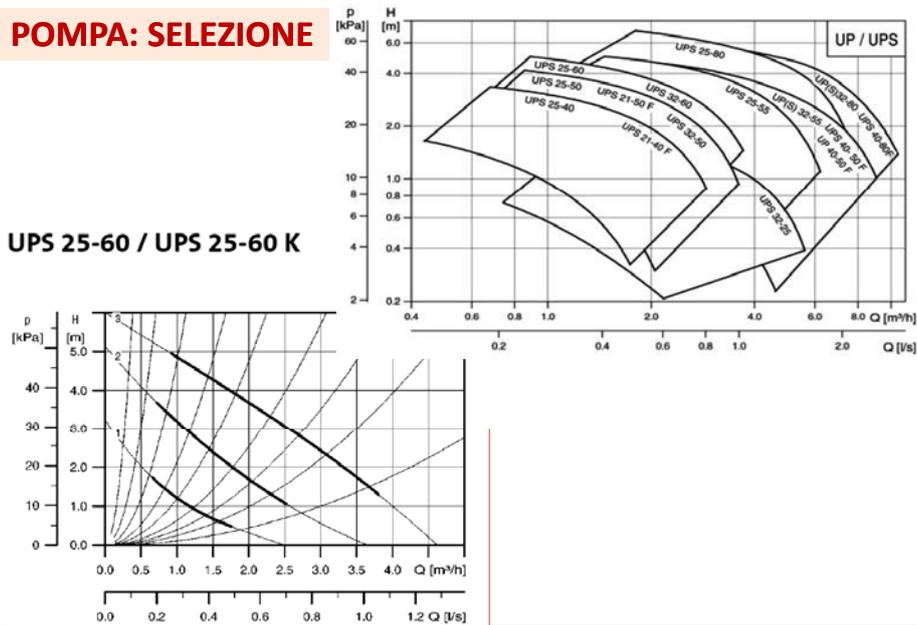
CORREZIONE PERDITE: MISCELE ACQUA/GLICOLO

Relative Pressure Drop
of Antifrogen L-water mixtures in comparison with water (+10°C) in turbulent flow



POMPA: SELEZIONE

UPS 25-60 / UPS 25-60 K



VASO DI ESPANSIONE: PRESSIONI

Il dimensionamento impreciso del **vaso di espansione** e/o l'errata impostazione delle **pressioni di esercizio** sono una frequente causa di malfunzionamento negli impianti solari.

In estate, un dimensionamento inadeguato può portare, a seguito una fermata dell'impianto per surriscaldamento (dell'acqua nell'accumulo), alla perdita di fluido termovettore, impedendo così all'impianto di rientrare automaticamente in funzione.

La **pressione iniziale** p_1 è la pressione relativa che si deve ottenere durante il riempimento del circuito a freddo, ovvero a pompe spente e carico solare nullo (di notte).

$$p_1 = \min(2 \text{ bar}, \rho \cdot g \cdot \Delta H + 0.5 \text{ bar})$$

ove

ρ densità del fluido termovettore

g accelerazione di gravità

ΔH dislivello tra punto più alto del circuito e sede del vaso di espansione

VASO DI ESPANSIONE: PRESSIONI

Qualora la pressione di rete sia superiore alla pressione iniziale desiderata, in impianti a circuito aperto (o comunque se la pressione è superiore a 3÷3.5 bar) è necessario inserire una **valvola di riduzione** delle pressioni.

Il valore consigliato della **pressione iniziale**, per impianti con $\Delta H < 15$ m, è:

$$p_1 = 2 \text{ bar}$$

La **pressione finale** p_F è la pressione relativa teorica che non si deve mai superare. Si calcola sulla tenuta a pressione delle componenti (per esempio dei collettori), ma non dovrebbe mai superare 5.5 bar.

Il valore consigliato, se le componenti lo permettono, è:

$$p_F = 5 \text{ bar}$$

VASO DI ESPANSIONE: PRESSIONI

La **pressione predefinita** del vaso d'espansione, p_{VE} (solitamente prestabilita o regolabile), dovrebbe essere 0.3÷0.5 bar inferiore a p_1 , in modo che anche a freddo la membrana del vaso sia leggermente in tensione.

Il valore consigliato, per $p_1=2$ bar, è

$$p_{VE} = 1.5 \text{ bar}$$

La **pressione d'intervento** della valvola di sicurezza p_{VS} , solitamente integrata nel vaso di espansione, dovrebbe essere almeno 0.5 bar superiore alla pressione finale p_F , in modo che la valvola non entri mai in gioco per un impianto ben realizzato.

Il valore consigliato, se le componenti lo permettono, è:

$$p_{VS} = 6 \text{ bar}$$

Per evitare logoramenti della membrana del vaso di espansione, il cosiddetto **fattore di pressione** D_f non deve superare un valore di 0.5.

$$D_f = \frac{p_F - p_1}{p_F + 1} < 0.5$$

VASO DI ESPANSIONE: VOLUMI

Il volume del vaso di espansione va calcolato sulla base del **volume di fluido termovettore contenuto nel circuito solare**, V_{FI} , dato dalla somma di:

- volume di fluido contenuto nel collettore, V_C
- volume di fluido contenuto nelle tubazioni
- volume di fluido contenuto nello scambiatore di calore (eventuale)
- volume di fluido contenuto in altre componenti

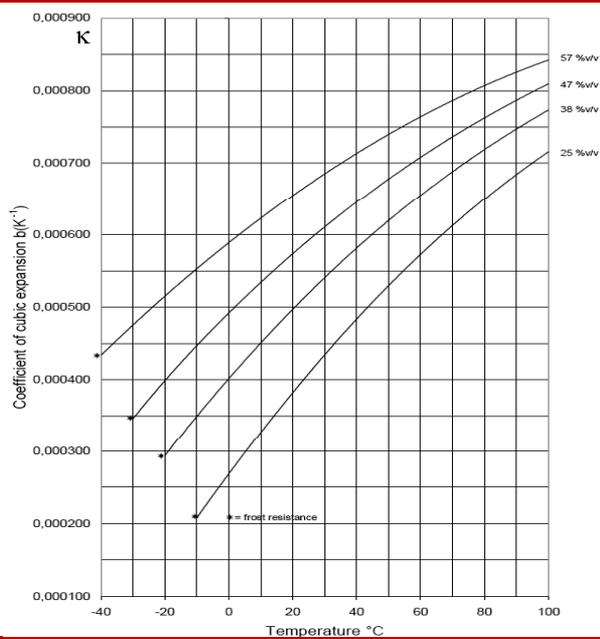
La **massima dilatazione** del fluido termovettore ΔV può essere valutata con la seguente relazione semplificata:

$$\Delta V = e \cdot V_{FI}$$

ove

$e \approx 0.045$ per acqua, $e \approx 0.07$ per miscele acqua/glicole

Valutazioni più precise sono possibili sulla base del **coefficiente di dilatazione cubica** κ [K^{-1}] del fluido termovettore.



$$\Delta V = V_{FI} \cdot \kappa \cdot \Delta T$$

VASO DI ESPANSIONE: VOLUMI

Il **volume utile** V_U del vaso di espansione va calcolato, con tolleranza al 10%, in modo che il vaso possa recepire:

- tutto l'incremento di volume ΔV del fluido termovettore nel circuito
- tutto il volume di fluido nei collettori V_C (assumendo cioè che nei collettori si abbia surriscaldamento e formazione di vapore)

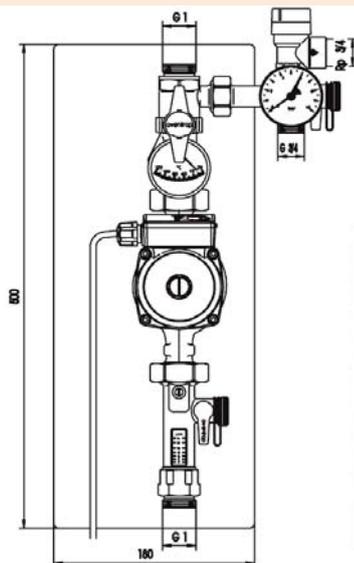
$$V_U = (\Delta V + V_C) \cdot 1.1$$

Il **volume nominale** V_N del vaso di espansione da installare si ottiene infine dividendo il volume utile per il fattore di pressione:

$$V_N = V_U \cdot \frac{p_F + 1}{p_F - p_1}$$

Sup. collettore [m ²]	$p_1 = 1.5$ bar	$p_1 = 2.5$ bar
5	12 L	18 L
7.5	18 L	25 L
10	25 L	35 L
15	35 L	50 L

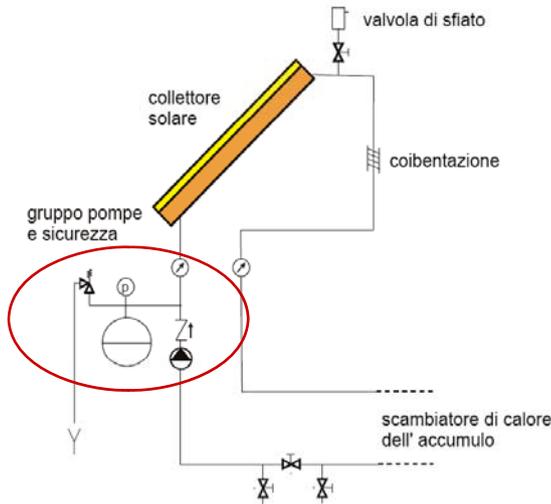
GRUPPO POMPE E SICUREZZA



Pompa, valvola di sicurezza, valvola di non ritorno e connessione al vaso di espansione sono disponibili come gruppo premontato (**gruppo pompe e sicurezza**), da installare sulla linea di ritorno al collettore (più fredda).



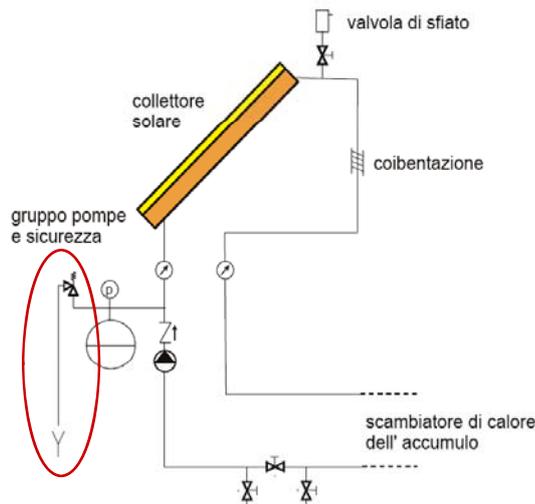
GRUPPO POMPE E SICUREZZA



Il vaso di espansione va comunque collegato al gruppo pompe e sicurezza mediante una linea non coibentata. Inoltre, vaso di espansione e valvola di sicurezza vanno installati senza interruzioni tra loro.

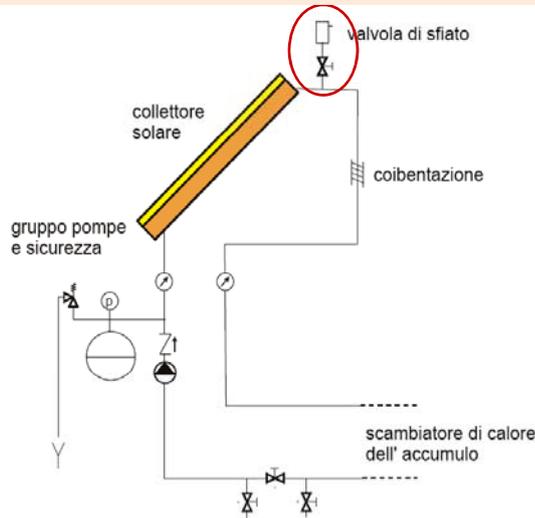
La connessione del vaso di espansione deve guardare verso l'alto, in modo da proteggere la membrana da surriscaldamenti del fluido vettore.

GRUPPO POMPE E SICUREZZA



Dall'uscita della valvola di sicurezza bisogna derivare un tubo a un recipiente (anche una tanica), che possa contenere almeno la quantità completa di fluido presente nel collettore solare.

VALVOLA DI SFIATO



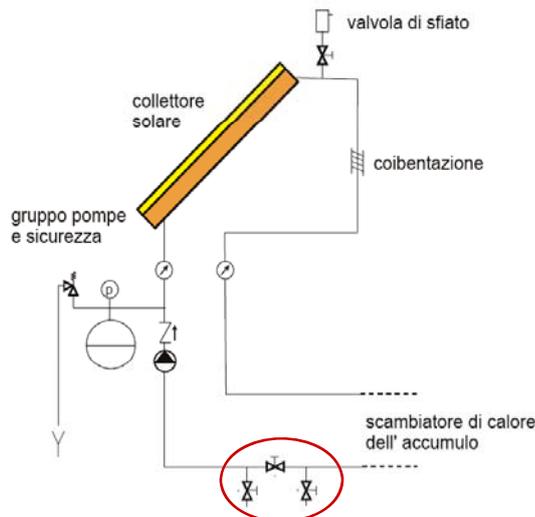
Nel punto più alto del circuito solare, solitamente all'uscita della mandata del collettore, va installata, in sito facilmente accessibile, una **valvola di sfiato**.

La valvola, ad azionamento manuale oppure automatico (va in questo caso dotata di rubinetto di intercettazione, normalmente chiuso), serve a sfiatare il vapore che può formarsi nei collettori.

Deve reggere temperature fino a 200°C.

Altre valvole di sfiato vanno installate ovunque possano formarsi bolle di vapore.

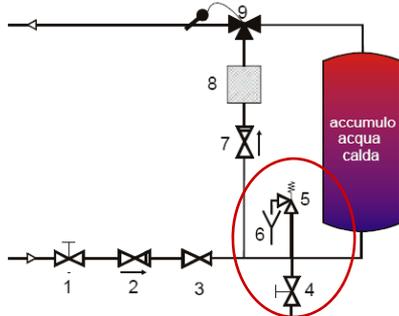
RIEMPIMENTO E SVUOTAMENTO DEL CIRCUITO SOLARE



Il circuito solare viene riempito e svuotato tramite **rubinetti di riempimento e scarico**.

Si possono eventualmente posizionare altri rubinetti in punti (bassi) del circuito che altrimenti non si riuscirebbe a svuotare.

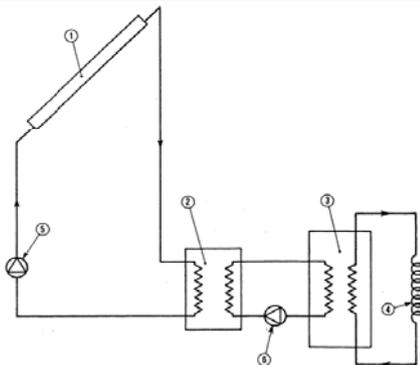
CIRCUITO ACQUA CALDA SANITARIA



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

Valvola di sicurezza, rubinetti di intercettazione e scarico, nonché valvole di non ritorno (per impedire la circolazione naturale) e di riduzione della pressione (di rete, se eccessiva) vanno previste anche sul circuito dell'acqua calda sanitaria di impianti a due circuiti.

IMP.TI A CIRC.NE FORZATA: ARCHITETTURE COMPLESSE



- | |
|---------------------------------------|
| ① Collettore solare |
| ② Scambiatore intermedio |
| ③ Scambiatore ad accumulo |
| ④ Utilizzatore impianto riscaldamento |
| ⑤ Circolatore impianto solare |
| ⑥ Circolatore impianto secondario |

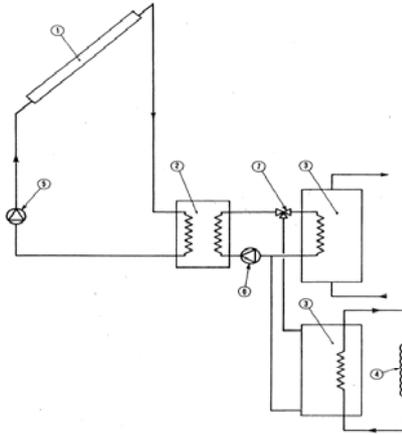
Tipo:

- circolazione forzata con scambiatore intermedio e accumulo

Funzione:

- integrazione riscaldamento invernale

IMP.TI A CIRC.NE FORZATA: ARCHITETTURE COMPLESSE



- ① Collettore solare
- ② Scambiatore intermedio
- ③ Scambiatore ad accumulo
- ④ Utilizzatore impianto riscaldamento
- ⑤ Circolatore impianto solare
- ⑥ Circolatore impianto secondario
- ⑦ Valvola miscelatrice

Tipo:

- circolazione forzata con scambiatore intermedio e accumulo

Funzione:

- produzione acqua calda sanitaria
- integrazione riscaldamento invernale

VALUTAZIONI ENERGETICHE

METODO “f-chart”

È un metodo di calcolo per la stima degli apporti termici utili medi mensili provenienti da impianti solari utilizzando collettori piani a fluido e ad aria per il riscaldamento di ambienti e/o per la produzione di acqua sanitaria.

Il metodo è basato sul procedimento di calcolo f-chart proposto da Duffie, Beckman e Klein, ottenuto dall'applicazione di un modello di simulazione complesso, preventivamente verificato per via sperimentale, ad un numero rilevante di impianti solari.

Il metodo è stato inizialmente recepito, con applicabilità a collettori piani a fluido e ad aria, dalla norma UNI 8477-2:1985.

Una versione aggiornata del metodo è stata recentemente introdotta dalla norma UNI EN 15316-4-3:2008.

METODO “f-chart”

La frazione $f_{sol,m}$ del carico termico mensile $Q_{sol,us,m}$ coperta all'impianto solare è valutata (per impianti ad acqua) mediante la relazione:

$$f_{sol,m} = a \cdot Y + b \cdot X + c \cdot Y^2 + d \cdot X^2 + e \cdot Y^3 + f \cdot X^3$$

Fattori di correlazione	Tipo di sistema	
	Ad accumulo	Diretto (pannelli radianti)
a	1.029	0.863
b	-0.065	-0.147
c	-0.245	-0.263
d	0.0018	0.008
e	0.0215	0.029
f	0	0.025

$$f_{sol,m} = \frac{Q_{sol,out,m}}{Q_{sol,us,m}}$$

METODO “f-chart”

Il termine adimensionale X , assimilabile ad un rapporto tra dispersioni termiche e carico termico, si valuta tramite la relazione:

$$X = \frac{A \cdot U_{loop} \cdot \eta_{loop} \cdot (\theta_{ref} - \theta_{e,m}) \cdot f_{st} \cdot t_m}{Q_{sol,us,m} \cdot 1000}$$

ove

A superficie di apertura dei collettori solari [m²]

U_{loop} coefficiente di dispersione del circuito collettori [W/(m²K)]

η_{loop} fattore correttivo dell'efficienza del circuito collettori per tenere conto della presenza di uno scambiatore di calore [-]

θ_{ref} temperatura di riferimento, dipendente da applicazione e tipo di accumulo: $\theta_{ref} = 100^\circ\text{C}$ in combinazione con impianti di riscaldamento

$\theta_{ref} = 11.6 + 1.18 \cdot \theta_{W,er} + 3.86 \cdot \theta_{W,0} - 1.32 \cdot \theta_{e,m}$ [°C] per produzione a.c.s.

$\theta_{e,m}$ temperatura esterna media mensile, da UNI 10349:1994 [°C]

f_{st} fattore correttivo relativo alla capacità dell'accumulo [-]

t_m durata del mese [h]

$Q_{sol,us,m}$ carico termico mensile [kWh]

Prospetto VI – Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna

N°	Sigla Provincia	Località	Altitudine m	GEN. °C	FEB. °C	MAR. °C	APR. °C	MAG. °C	GIU. °C	LUG. °C	AGO. °C	SET. °C	OTT. °C	NOV. °C	DIC. °C
1	AG	Agrigento	230	10,4	10,8	12,7	15,6	19,4	24,1	26,9	28,5	24,0	19,9	15,9	12,2
2	AL	Alessandria	95	0,0	2,8	8,1	13,1	17,3	22,0	24,7	23,6	19,9	13,1	6,9	1,9
3	AN	Ancona	16	6,3	7,1	9,9	13,4	17,0	21,8	24,4	24,1	21,3	16,5	12,1	7,8
4	AO	Aosta	583	-0,3	2,6	6,7	11,0	14,7	18,7	20,5	19,4	15,9	10,3	4,8	0,8
5	AP	Ascoli Piceno	154	5,5	6,6	9,5	13,3	17,2	21,7	24,4	24,3	21,1	15,8	10,9	7,0
6	AQ	L'Aquila	714	2,0	3,6	7,1	11,4	15,0	19,1	22,0	21,8	18,6	13,1	8,2	3,8
7	AR	Arezzo	246	5,1	5,9	9,2	12,6	16,4	20,9	24,0	23,4	20,3	15,0	10,2	6,1
8	AT	Asti	123	-0,4	2,7	7,9	13,0	17,0	21,6	24,2	22,9	18,9	12,7	6,1	1,3
9	AV	Avellino	348	5,5	6,5	8,8	12,4	16,0	20,3	23,1	22,6	19,6	14,8	10,4	6,8
10	BA	Bari	5	8,6	9,2	11,1	14,2	18,0	22,3	24,7	24,5	22,0	17,9	14,0	10,2
11	BG	Bergamo	249	3,1	4,9	8,9	13,3	17,0	21,3	23,7	23,2	19,9	14,2	8,6	4,5
12	BL	Belluno	383	0,1	2,3	6,8	11,2	14,9	18,9	21,2	20,8	17,7	12,4	6,5	1,7
13	BN	Benevento	135	6,8	7,7	10,3	13,7	17,5	22,1	24,8	24,3	21,4	16,5	12,1	8,0
14	BO	Bologna	54	2,1	4,6	9,4	14,2	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2	14,9	8,7	4,0
15	BR	Brindisi	15	9,3	9,6	11,4	14,2	18,0	22,0	24,5	24,5	22,1	18,3	14,4	10,9
16	BS	Brescia	149	1,5	4,2	9,3	13,5	17,7	22,0	24,4	23,7	19,9	14,0	7,8	3,5
17	BZ	Boziano	262	1,2	4,2	9,0	13,4	16,9	21,0	22,7	22,0	18,8	12,9	6,7	2,2
18	CA	Cagliari	4	10,3	10,8	12,8	15,1	18,4	22,9	25,5	25,5	23,3	19,4	15,5	11,7
19	CB	Campobasso	701	3,7	4,8	7,3	11,1	14,8	19,6	22,5	22,2	18,9	13,5	9,0	5,0
20	CE	Caserta	68	8,7	9,4	12,0	15,3	19,1	23,5	26,2	26,1	23,0	18,2	13,9	10,3
21	CH	Chieti	330	5,8	6,8	9,6	13,5	17,2	22,0	24,7	24,3	21,2	15,9	11,3	7,2
22	CL	Caltanissetta	568	7,2	7,8	9,9	13,1	17,3	22,5	25,7	25,2	22,1	17,3	12,8	8,9
23	CN	Cuneo	534	1,1	2,9	6,9	11,3	14,8	19,4	21,9	21,0	17,7	11,7	6,2	2,5
24	CO	Como	201	2,9	5,0	8,8	12,7	16,7	21,1	23,6	23,1	19,6	13,7	8,4	4,4
25	CR	Cremona	45	0,7	3,3	8,4	13,3	17,4	21,9	24,3	23,4	19,7	13,4	7,2	2,5
26	CS	Cosenza	238	8,1	8,8	11,3	14,4	18,1	23,1	26,0	25,8	22,7	17,8	13,4	9,4
27	CT	Catania	7	10,7	11,2	12,9	15,5	19,1	23,5	26,5	26,5	24,1	19,9	15,9	12,3
28	CZ	Catanzaro	320	8,3	8,7	10,4	13,4	17,0	21,7	24,4	24,8	22,3	17,9	13,7	10,1
29	EN	Enna	931	4,5	5,1	7,1	10,7	14,9	20,6	23,9	23,2	19,9	14,5	9,8	6,4
30	FE	Ferrara	9	1,4	3,3	7,8	12,8	17,3	21,6	23,9	23,5	20,1	14,0	8,2	3,2
31	FG	Foggia	76	6,4	7,3	10,0	13,8	17,9	23,2	26,0	25,5	22,1	16,9	12,2	7,9
32	FI	Firenze	40	5,3	6,5	9,9	13,8	17,8	22,2	25,0	24,3	20,9	15,3	10,2	6,3
33	FO	Forlì	34	3,0	4,6	9,0	13,7	17,8	22,6	25,3	24,8	21,1	15,1	9,3	4,4
34	FR	Frosinone	291	5,8	6,2	8,0	11,0	15,2	18,5	21,5	20,9	18,8	13,4	9,2	5,0
35	GE	Genova	19	7,9	8,9	11,6	14,7	17,8	21,9	24,5	24,6	22,3	17,1	12,9	9,3
36	GO	Gorizia	84	4,7	5,6	8,2	11,9	16,7	19,9	22,0	22,2	18,6	13,2	9,2	4,7
37	GR	Grosseto	10	6,8	8,1	10,3	13,2	17,1	21,2	24,1	23,9	21,3	16,4	11,7	8,1

(segue prospetto)

METODO “f-chart”

Il coefficiente di dispersione del circuito collettori è dato dalla relazione:

$$U_{loop} = a_1 + a_2 \cdot 40 + \frac{U_{loop,p}}{A}$$

ove

a_1 coefficiente di dispersione termica del primo ordine

a_2 coefficiente di dispersione termica del secondo ordine

A superficie di apertura dei collettori solari [m²]

$U_{loop,p}$ coefficiente globale di dispersione di tutte le tubazioni del circuito collettori [W/(m²K)], da calcolare analiticamente sulla base delle caratteristiche dell'impianto oppure tramite la relazione

$$U_{loop,p} = 5 + 0.5 \cdot A$$

Il coefficiente di dispersione dei soli collettori (senza cioè le tubazioni di raccordo) è dato dalla relazione:

$$(U_{loop})_{s/p} = a_1 + a_2 \cdot 40$$

EFFICIENZA DEI COLLETTORI

L'efficienza dei collettori è generalmente espressa in funzione della differenza di temperatura ridotta:

$$\eta = \eta_0 + a_1 \cdot T_m^* + a_2 \cdot (T_m^*)^2$$

$$T_m^* = \frac{T_m - T_a}{G^*}$$

ove

η_0 efficienza dei collettori in assenza di dispersioni termiche [-]

T_m temperatura media del fluido termovettore nei collettori [°C o K]

T_a temperatura ambiente [°C o K]

G^* irradianza solare emisferica globale [W/m²]

Valori tipici:

$$\eta_0 = 0.8$$

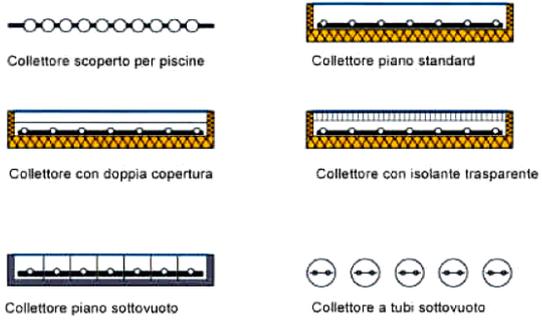
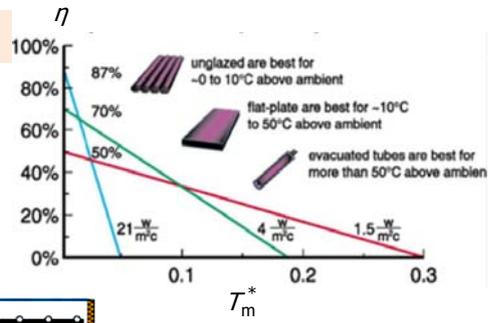
$$a_1 = 1.8 \text{ W/(m}^2\text{K)} \text{ per coll. sottovuoto}$$

$$= 3.5 \text{ W/(m}^2\text{K)} \text{ per coll. vetrati}$$

$$= 15 \text{ W/(m}^2\text{K)} \text{ per coll. scoperti}$$

$$a_2 = 0$$

EFFICIENZA DEI COLLETTORI



$$\eta = \eta_0 + a_1 \cdot T_m^* + a_2 \cdot (T_m^*)^2$$

$$T_m^* = \frac{T_m - T_a}{G^*}$$

SPF Solartechnik
Profiling
Rapperswil

Solar Collector Factsheet: SPF-Nr. C382



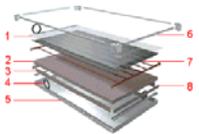
Modello Solahart M
Tipo Collettore piano
Produttore Solahart Industries PTY Ltd
Indirizzo Vismovenweg 12
—
NL-5708 JV Helmond
Telefono +31 (0)53 10 48 90
Fax —
E-Mail rob@solahart-europe.com
Internet www.solahart.com.au
Distribuzione CH,DE,AT,GB,CB

Controllo potenza EN 12975
 Controllo qualità EN 12975

Dimensioni	Altre informazioni
Lunghezza totale	1.038 m
Larghezza totale	1.025 m
Peso a vuoto con vetro	32 kg
Liquido contenuto	1.90 l
Superficie dell'apertura	1.856 m ²
Superficie assorbitore	1.816 m ²
Superficie lorda	1.986 m ²
Portata minima	36 l/h
Portata consigliata	75 l/h
Portata massima	225 l/h
Massima pressione operativa	15 bar
Temperatura di stagnazione (Ta = 30°C, G = 1000 W/m ²)	177 °C

Tipi di montaggio	Ulteriori dati
<input checked="" type="checkbox"/> Costruzione su tetto piano	<input type="checkbox"/> Formato del modulo variabile
<input checked="" type="checkbox"/> Montaggio integrato nel tetto inclinato	<input type="checkbox"/> Copertura cambiabile
<input checked="" type="checkbox"/> Montaggio su tetto inclinato	<input type="checkbox"/> Raccordo idraulico
<input checked="" type="checkbox"/> Montaggio su facciata	Solahart sealing cone

Struttura



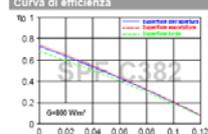
Lista degli elementi e Legenda

- Copertura
- Isolamento termico
- Isolamento termico
- Nastro adesivo sigillante
- Cassa
- Listello per il vetro, alluminio
- Assorbitore
- Barra per il condensato

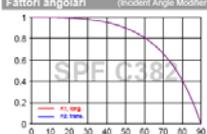
Institut für Solartechnik SPF, HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Obereisenstrasse 10, CH-8640 Rapperswil, Switzerland
30.07.04 www.solarenergy.ch Pagina 1 di 2

SPF Solartechnik
Profiling
Rapperswil

Curva di efficienza



Fattori angolari (Incident Angle Modifier)



Riferimento	Apertura	Assorbitore	Lordo
η_0	0.730	0.748	0.682
a_1 [W/(m ² K)]	4.61	4.71	4.30
a_2 [W/(m ² K ²)]	0.0082	0.0084	0.0077

Liquido di prova: acqua-glicolo 33,3 %, portata: 80 l/h

Capacità termica: C 12,5 kJ/K

Impianto (Clima: Svizzera centrale, orientamento del collettore: sud, acqua fredda 10°C, acqua calda 50°C)

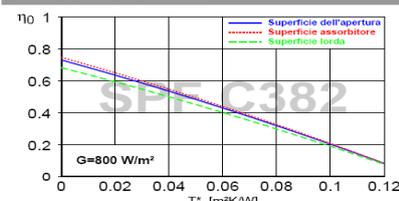
Breve descrizione del sistema (simulazione con Polysun)	Superficie richiesta**	Rendimento solare**
Acqua calda sanitaria Fss = 60% (*) Bollitore 450 l, inclinazione del collettore 45° Fabbisogno quotidiano di energia 10 kWh (4-6 persone) Fabbisogno energetico del sistema di riferimento: 4'200 kWh/anno	6.41 m ²	396 kWh/m ²
Preriscaldamento ACS Fss = 25% (*) 2 bollitori 1'500 l + 2'500 l, inclinazione del collettore 30° Acqua calda sanitaria 10'000 l/giorno (200 persone) Perdite di calore quotidiane (ricircolo & bollitore) 60 kWh Fabbisogno energetico del sistema di riferimento: 19'700 kWh/anno	77.6 m ²	619 kWh/m ²
Riscaldamento ambiente Fss = 25% (*) Serbatoio combinato 1'200 l, inclinazione del collettore 45° Fabbisogno quotidiano di energia 10 kWh (4-6 persone) Edificio 200 m ² , costruzione intermedia forte, ben isolata Fabbisogno potenza di riscaldamento 5.8 kW (temperatura esterna -8°C) Fabbisogni energetici di riscaldamento 12'140 kWh/anno Fabbisogno energetico del sistema di riferimento: 16'340 kWh/anno	22.9 m ²	234 kWh/m ²

*) Fractional solar savings: l'azione dell'energia finale che si risparmia grazie all'impianto solare rispetto ad un sistema di riferimento.
)** Il fabbisogno in superficie e il rendimento solare sono definiti in rapporto alla superficie di apertura.

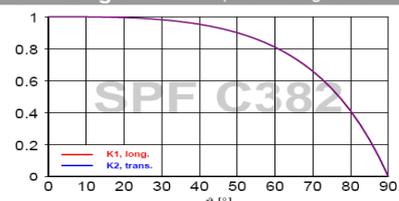
Institut für Solartechnik SPF, HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Obereisenstrasse 10, CH-8640 Rapperswil, Switzerland
30.07.04 www.solarenergy.ch Pagina 2 di 2

TERMOTECNICA E IMPIANTI – A.A. 2011-2012

Curva di efficienza



Fattori angolari (Incident Angle Modifier)



Riferimento	Apertura	Assorbitore	Lordo
η_0	0.730	0.746	0.682
a_1 [W/(m ² K)]	4.61	4.71	4.30
a_2 [W/(m ² K ²)]	0.0082	0.0084	0.0077

Liquido di prova: acqua-glicolo 33,3 %, portata: 80 l/h

Capacità termica: C 12,5 kJ/K

Impianto (Clima: Svizzera centrale, orientamento del collettore: sud, acqua fredda 10°C, acqua calda 50°C)

Breve descrizione del sistema (simulazione con Polysun)	Superficie richiesta**	Rendimento solare**
Acqua calda sanitaria Fss = 60% (*) Bollitore 450 l, inclinazione del collettore 45° Fabbisogno quotidiano di energia 10 kWh (4-6 persone) Fabbisogno energetico del sistema di riferimento: 4'200 kWh/anno	6.41 m ²	396 kWh/m ²
Preriscaldamento ACS Fss = 25% (*) 2 bollitori 1'500 l + 2'500 l, inclinazione del collettore 30° Acqua calda sanitaria 10'000 l/giorno (200 persone) Perdite di calore quotidiane (ricircolo & bollitore) 60 kWh Fabbisogno energetico del sistema di riferimento: 19'700 kWh/anno	77.6 m ²	619 kWh/m ²
Riscaldamento ambiente Fss = 25% (*) Serbatoio combinato 1'200 l, inclinazione del collettore 45° Fabbisogno quotidiano di energia 10 kWh (4-6 persone) Edificio 200 m ² , costruzione intermedia forte, ben isolata Fabbisogno potenza di riscaldamento 5.8 kW (temperatura esterna -8°C) Fabbisogni energetici di riscaldamento 12'140 kWh/anno Fabbisogno energetico del sistema di riferimento: 16'340 kWh/anno	22.9 m ²	234 kWh/m ²

U.07 – Acqua calda sanitaria **116/130**

EFFICIENZA DEI COLLETTORI

Il **fattore correttivo** dell'efficienza del circuito collettori per tenere conto della presenza eventuale di uno **scambiatore di calore** è dato dalla relazione:

$$\eta_{loop} = 1 - \frac{\eta_0 \cdot A \cdot a_1}{(U_{st})_{hx}} \quad (\text{valore tipico } \eta_{loop} = 0.9)$$

ove

- η_0 efficienza dei collettori in assenza di dispersioni termiche [-]
- A superficie di apertura dei collettori solari [m²]
- a_1 coefficiente di dispersione termica del primo ordine
- $(U_{st})_{hx}$ coefficiente di scambio termico (U·A) dello scambiatore di calore [W/K]

Il **fattore correttivo relativo alla capacità dell'accumulo** è dato dalla relazione:

$$f_{st} = \left(\frac{V_{ref}}{V_{sol}} \right)^{0.25}$$

ove

- V_{ref} volume di riferimento (75 L per m² di superficie collettori) [L]
- V_{sol} volume effettivo del serbatoio di accumulo [L]

EFFICIENZA DEI COLLETTORI

Il **termine adimensionale Y**, assimilabile ad un **rapporto tra calore erogato e carico termico**, si valuta tramite la relazione:

$$Y = \frac{A \cdot IAM \cdot \eta_0 \cdot \eta_{loop} \cdot I_m \cdot t_m}{Q_{sol,us,m} \cdot 1000}$$

ove

- A superficie di apertura dei collettori solari [m²]
- IAM incidence angle modifier, fattore correttivo dipendente dal tipo di collettore
 - = 1.00 per collettori scoperti
 - = 0.94 per collettori piani vetrati
 - = 0.97 per collettori sottovuoto con assorbitore piano
 - = 1.00 per collettori sottovuoto con assorbitore circolare
- η_0 efficienza dei collettori in assenza di dispersioni termiche [-]
- η_{loop} fattore correttivo dell'efficienza del circuito collettori per tenere conto della presenza di uno scambiatore di calore [-]
- I_m irradianza solare media giornaliera sul piano del collettore [W/m²]
- t_m durata del mese [h]
- $Q_{sol,us,m}$ carico termico mensile [kWh]

Prospetto VIII — Irradiazione solare giornaliera media mensile diretta H_{dh} e diffusa H_{bh} sul piano orizzontale

N°	GENNAIO		FEBBRAIO		MARZO		APRILE		MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE		NOVEMBRE		DICEMBRE	
	H_{dh} MJ/m ²	H_{bh} MJ/m ²																						
1	3,4	5,4	4,2	8,3	5,3	11,6	6,2	16,0	6,3	20,6	6,0	23,5	5,4	24,2	4,8	22,2	4,9	16,0	4,3	10,3	3,5	6,6	3,0	5,2
2	2,4	2,3	3,5	4,0	5,1	6,5	6,7	9,1	7,9	10,6	8,4	12,1	7,7	14,9	7,0	11,0	5,8	7,8	4,0	4,5	2,7	2,6	2,1	2,1
3	2,5	1,8	3,7	3,9	5,2	6,9	6,6	11,7	7,4	15,7	7,9	16,2	6,9	19,1	6,4	15,6	5,4	10,6	4,1	6,4	2,8	2,7	2,3	1,8
4	2,4	2,9	3,4	4,6	4,9	7,2	6,7	9,0	7,9	10,3	8,4	11,5	8,0	13,0	7,1	10,4	5,8	7,6	3,9	4,8	2,6	3,5	2,1	2,7
5	2,8	2,6	3,8	4,4	5,3	7,3	6,8	10,4	7,8	13,0	8,0	15,7	7,1	18,5	6,3	16,0	5,5	10,8	4,2	6,2	3,0	3,4	2,5	2,3
6	2,8	3,2	3,8	4,6	5,3	6,7	6,9	7,9	8,0	11,3	8,4	12,7	7,7	15,9	7,0	13,1	5,7	10,0	4,2	6,4	3,0	3,4	2,5	2,6
7	2,6	2,5	3,7	3,9	5,2	6,0	6,9	8,2	8,0	11,2	8,2	14,0	7,7	15,4	7,0	12,2	5,6	9,3	4,2	5,2	2,9	2,9	2,3	1,8
8	2,5	2,7	3,5	4,4	5,1	6,9	6,7	9,6	7,9	10,7	8,4	12,2	7,8	14,7	7,1	10,7	5,6	7,5	4,0	5,1	2,7	2,9	2,1	2,7
9	2,9	2,5	4,0	4,4	5,5	7,2	6,8	11,3	7,6	14,7	7,8	16,9	6,6	20,3	6,0	17,9	5,4	12,3	4,3	7,7	3,2	3,8	2,6	2,3
10	3,0	3,6	3,9	6,2	5,3	9,2	6,3	14,3	6,8	16,5	6,7	21,3	5,9	22,7	5,4	19,8	5,0	14,0	4,0	9,2	3,1	4,9	2,7	3,0
11	2,3	1,9	3,4	3,5	5,0	6,3	6,7	8,9	7,9	11,2	8,4	12,2	7,8	14,6	6,9	11,9	5,5	8,5	3,9	5,2	2,6	2,1	2,1	1,8
12	2,3	2,0	3,4	4,1	4,9	7,0	6,7	8,6	7,9	11,4	8,4	12,1	7,9	14,0	7,0	10,8	5,5	8,4	3,8	5,3	2,5	2,3	2,0	1,9
13	2,9	2,8	4,0	4,7	5,5	7,4	6,9	10,3	7,8	13,1	7,8	16,8	6,8	19,6	6,3	16,6	5,7	10,7	4,3	6,8	3,2	3,4	2,6	2,3
14	2,5	2,0	3,6	4,3	5,1	7,0	6,6	10,7	7,7	13,3	8,0	15,6	7,1	18,5	6,6	14,4	5,4	10,0	4,0	5,9	2,7	2,6	2,2	1,9
15	3,0	4,0	4,0	5,3	5,4	8,7	6,6	13,0	7,4	16,1	7,1	19,9	6,4	21,0	6,0	17,9	5,3	13,1	4,1	8,9	3,2	4,7	2,7	3,2
16	2,4	2,2	3,5	4,3	5,0	7,4	6,7	9,4	7,8	12,6	8,2	14,3	7,4	17,0	6,7	13,5	5,4	9,3	3,9	5,3	2,6	2,7	2,1	2,2
17	2,3	2,2	3,3	4,9	4,9	7,8	6,6	9,9	7,8	12,5	8,4	12,9	7,8	14,7	6,9	11,6	5,4	8,8	3,8	5,5	2,5	2,6	2,0	1,9
18	3,2	4,1	4,2	5,6	5,5	8,9	6,9	11,6	7,6	14,9	7,7	17,3	6,5	20,8	6,2	17,7	5,7	11,9	4,5	7,7	3,4	4,7	2,9	3,5
19	2,9	3,3	3,9	5,6	5,4	8,1	6,7	12,0	7,4	16,1	7,6	17,7	6,9	19,6	6,2	16,9	5,4	12,0	4,2	7,8	3,1	4,2	2,6	3,0
20	2,9	3,9	3,9	5,8	5,3	9,2	6,6	12,8	7,3	16,5	7,0	20,1	6,2	21,6	5,9	18,3	5,2	13,1	4,0	8,9	3,1	4,7	2,6	3,3
21	2,8	3,1	3,9	4,9	5,3	7,8	6,6	12,1	7,3	16,0	7,8	17,0	6,8	19,6	6,4	16,1	5,3	11,8	4,0	7,8	3,0	3,8	2,5	2,6
22	3,3	5,7	4,2	7,7	5,5	10,5	6,6	14,2	6,9	18,6	6,6	21,6	6,1	22,1	5,6	19,8	5,4	14,1	4,5	9,3	3,4	6,6	3,0	5,0
23	2,5	3,0	3,6	4,5	5,2	6,3	6,8	7,8	8,0	8,4	8,5	10,1	8,1	12,2	7,2	8,8	5,7	6,7	4,1	4,6	2,6	3,1	2,2	2,8
24	2,4	2,2	3,4	3,4	5,0	6,1	6,7	8,9	7,9	10,2	8,4	12,1	7,9	14,2	7,0	11,0	5,6	7,5	3,9	5,1	2,6	2,3	2,1	1,9
25	2,3	1,6	3,5	3,3	5,1	6,4	6,7	10,1	7,8	12,7	8,0	15,8	7,2	17,8	6,7	13,5	5,5	8,8	4,0	4,4	2,6	1,9	2,0	1,3
26	3,2	4,5	4,9	7,9	4,9	12,4	6,2	15,6	6,8	18,9	6,0	23,6	5,8	23,1	5,2	20,8	4,9	15,1	4,3	8,6	3,2	6,2	2,8	4,9
27	3,3	5,7	4,2	7,7	5,5	10,5	6,6	14,1	6,9	18,6	6,6	21,6	6,1	22,1	5,6	19,8	5,4	14,1	4,5	9,2	3,4	6,6	3,0	5,0
28	3,2	4,1	4,1	7,1	5,7	7,1	6,9	12,0	7,5	15,6	7,1	19,8	6,5	20,9	5,8	19,6	5,9	10,9	4,5	8,0	3,5	4,4	2,9	3,6
29	3,3	5,6	4,2	7,7	5,5	10,6	6,5	14,6	6,8	18,9	6,5	22,1	6,0	22,6	5,4	20,5	5,3	14,5	4,5	9,4	3,4	6,7	3,0	4,9
30	2,5	2,1	3,6	4,1	5,2	5,7	6,7	10,7	7,7	13,4	8,2	14,2	7,5	16,4	7,0	12,2	5,4	10,2	3,9	6,8	2,7	2,0	2,1	1,3
31	2,9	3,5	3,9	5,8	5,3	8,6	6,5	13,0	7,3	16,5	7,5	18,2	6,8	19,8	6,2	17,0	5,3	12,5	4,1	8,4	3,1	4,6	2,6	3,1
32	2,6	2,7	3,7	4,5	5,2	7,0	6,7	10,7	7,6	14,3	7,9	16,2	7,0	18,6	6,5	15,2	5,3	11,0	4,0	6,9	2,9	3,2	2,3	2,3
33	2,5	2,3	3,6	4,3	5,1	7,5	6,6	11,1	7,5	14,7	7,7	17,6	6,7	19,9	6,3	15,9	5,2	11,4	4,0	6,3	2,8	2,7	2,2	1,9
34	2,9	3,6	3,9	5,3	5,3	8,5	6,7	10,7	7,7	13,2	7,6	17,0	6,9	19,0	6,4	15,9	5,4	11,8	4,2	7,4	3,1	4,3	2,5	3,1
35	2,5	2,8	3,6	4,6	5,1	7,4	6,7	10,2	7,8	12,8	8,2	14,5	7,4	17,4	6,8	13,7	5,5	9,9	4,0	6,8	2,8	3,0	2,2	2,7

(segue prospetto)

Atlante italiano della radiazione solare - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti Aiuto

http://www.solaritaly.enea.it/CalcRggmmIncl/Calcola1.php

Atlante italiano della radiaz...

Atlante italiano della radiazione solare

Home Chi siamo Archivio Calcoli Previsioni Contatto

Home > Calcoli > Rggmm su superficie inclinata

Radiazione solare globale giornaliera media mensile su superficie inclinata
Media quinquennale 1995-1999

Input per il calcolo:

Leggere prima le brevi **istruzioni** per l'immissione dei dati.
C'è anche la pagina delle **definizioni** delle grandezze coinvolte nel calcolo

Posizione della località:
 Latitudine (esempio: 42°02'36"): Longitudine (esempio: 12°18'28"):

Angoli che definiscono la posizione della superficie ricevente:
 Azimut (esempio: -10°00'00"):
 Inclinazione rispetto al piano orizzontale (esempio: 30°00'00"):

Modello per il calcolo della frazione della radiazione diffusa rispetto alla globale:

ENEA-SOLTERM
 UNI 8477
 Iqbal

Coefficiente di riflessione del suolo (0-1; esempio: 0.25):

Unità di misura per la R.g.g.m.m.:

Effettuare il calcolo per:

Completato

RADIAZIONE SOLARE GIORNALIERA MEDIA MENSILE

(ENEA, Atlante italiano della radiazione solare)

Il calcolo della radiazione solare globale giornaliera media mensile (Rggmm), su superficie inclinata è effettuato in corrispondenza di una **località assegnata** e con riferimento ad una superficie con **orientazione assegnata** (inclinazione e azimuth).

E' possibile richiedere il calcolo per un solo mese oppure il profilo per tutti e dodici i mesi dell'anno.

E' possibile tener conto dell'eventuale presenza di ostacoli (ombreggiamenti dovuti a manufatti vicini, configurazioni particolari del suolo ecc.) che intercettano i raggi diretti sole-superficie.

La procedura si attiene a quanto prescritto dalla norma **UNI 8477-1:1983** recante istruzioni per il "Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta". Tuttavia, il dato della Rggmm su piano orizzontale, che occorre conoscere preventivamente per poter effettuare il calcolo, non è preso dalla Norma UNI 10349, che lo riporta per i soli capoluoghi provinciali, bensì estratto dalle mappe ricavate dall'ENEA a partire dalle **immagini satellitari di copertura nuvolosa** acquisite dall'ente europeo EUMETSAT. Le mappe utilizzate per il calcolo sono relative alla media quinquennale 1995-1999.

Atlante italiano della radiazione solare - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti ?

http://www.solaritaly.enea.it/CalcRggmmIncl/Calc03.php

Più visitati Come iniziare Ultime notizie

Archivio on line
Calcoli
Previsioni
Documentazione
Strumenti
Collegamenti utili
Informazioni sul sito
Contatto

Radiazione solare globale giornaliera media mensile su superficie inclinata

Media quinquennale 1995-1999

Dati di input:

- Latitudine: 44°29'00"; longitudine: 11°20'00"
- Azimut: 0°00'00"
- Inclinazione rispetto al piano orizzontale: 30°00'00"
- Modello per il calcolo della frazione della radiazione diffusa rispetto alla globale: ENEA-SOLTERM
- Coefficiente di riflessione del suolo: 0.25
- Unità di misura: MJ/m2
- Calcolo per tutti i mesi

Risultato:

Mese	Ostacolo	Rggmm su sup. incl.	Errore
Gennaio	presente tutto il giorno	2.69	MJ/m2
Febbraio	dalle 6h 00'00 0" alle 12h 00'00 0"	8.82	MJ/m2
Marzo	dalle 8h 00'00 0" alle 10h 00'00 0"	14.82	MJ/m2
Aprile	assente	18.72	MJ/m2
Maggio	assente	20.77	MJ/m2
Giugno	assente	21.75	MJ/m2
Luglio	assente	22.21	MJ/m2
Agosto	assente	19.89	MJ/m2
Settembre	assente	17.42	MJ/m2
Ottobre	assente	13.20	MJ/m2
Novembre	dalle 8h 00'00 0" alle 10h 00'00 0"	8.34	MJ/m2
Dicembre	dalle 6h 00'00 0" alle 12h 00'00 0"	4.92	MJ/m2

Radiazione globale annua sulla superficie inclinata: 5290 MJ/m2
(anno convenzionale di 365.25 giorni)

Scarica il file dei risultati in una delle due versioni:

- formato csv con la **virgola** come separatore decimale
- formato csv con il **punto** come separatore decimale

Completato

FABBISOGNI ELETTRICI

Il **fabbisogno degli ausiliari elettrici** dell'impianto solare (pompe di circolazione) è nullo in caso di impianto a circolazione naturale, altrimenti è dato dalla relazione:

$$W_{\text{sol,aux,m}} = \frac{P_{\text{aux,nom}} \cdot t_{\text{aux,m}}}{1000}$$

ove

$W_{\text{sol,aux,m}}$ energia assorbita nel periodo (mese di calcolo) [kWh]

$P_{\text{aux,nom}}$ potenza elettrica assorbita nominale [W]

$t_{\text{aux,m}}$ tempo di funzionamento mensile della pompa [h]

In condizioni di funzionamento tipiche, la **potenza elettrica assorbita nominale** è data dalla relazione:

$$W_{\text{sol,aux,m}} = 25 + 2 \cdot A$$

ove A [m²] è la superficie di apertura dei collettori.

Il **tempo totale annuo di funzionamento** degli ausiliari elettrici è pari a 2000 h. La frazione percentuale di tale tempo da attribuire ad ogni mese è pari al rapporto tra irradiazione solare nel mese e irradiazione solare annuale.

**VALUTAZIONI
ECONOMICHE**

IMPIANTI SOLARI TERMICI: COSTI COMPONENTISTICA

articolo	q.tà	costo / u.tà	totale	
1	pannello solare completo (mq)	4	€ 125.00	€ 500.00
2	gruppo pompe e sicurezza	1	€ 200.00	€ 200.00
3	disareatore	1	€ 20.00	€ 20.00
4	staffa e attacco vaso d'espansione	1	€ 25.00	€ 25.00
5	vaso espansione solare 35 l	1	€ 40.00	€ 40.00
6	miscelatore termostatico	1	€ 35.00	€ 35.00
7a	centralina ESR 21	1	€ 90.00	€ 90.00
7b	centralina UVR 61		€ 145.00	€ 0.00
8	tubo in rame 22 mm (m)	10	€ 7.00	€ 70.00
9	isolante 22 x 19 mm (m)	10	€ 3.00	€ 30.00
10	glicole antigelo (kg)	10	€ 1.65	€ 16.50
11a	bollitore 200 litri doppio serpentino	1	€ 450.00	€ 450.00
11b	bollitore 300 litri doppio serpentino		€ 525.00	€ 0.00
11c	bollitore 400 litri doppio serpentino		€ 670.00	€ 0.00
11d	bollitore 500 litri combinato		€ 1,000.00	€ 0.00
12a	bollitore 150 litri orizzontale (per circ naturale)		€ 405.00	
12b	bollitore 200 litri orizzontale (per circ naturale)		€ 420.00	
12c	bollitore 300 litri orizzontale (per circ naturale)		€ 500.00	
13	vaso espansione sanitario 12 l	1	€ 20.00	€ 20.00
14	vaso d'espansione termico 35 l		€ 40.00	€ 0.00
15	impianto collegamento serbatoio	1	€ 130.00	€ 130.00
16a	scossaline pannello lamiera tdm	1	€ 63.25	€ 63.25
16b	scossaline pannello rame		€ 253.00	€ 0.00
17	trasporto	1	€ 200.00	€ 200.00
18	manodopera	2	€ 30.00	€ 60.00
totale parziale				€ 1,949.75

U.07 – Acqua calda sanitaria

125/130

IMPIANTI SOLARI TERMICI: COSTI COMPONENTISTICA

Costi di un impianto solare		Quantità	Prezzo in Euro
Circuito solare			
Collettori (25€ / m ²)	5 m ²		1250
Accessori (set di montaggio, protezione anti fulmine, valvola di sfogo)			150
Gruppo pompa e sicurezza			250
Vaso d'espansione			50
Protezione antigelo			40
Tubo di rame incl. fissaggio e coibentazione (10 €/m)	20 m		200
Serbatoio e accessori			
Serbatoio incl. coibentazione e scambiatore di calore	300 l		800
Miscelatore			70
Controllo/gestione impianto			
Centralina incl. sensori e cavi			150
Altro			
Pezzi vari, materiale di consumo			200
Totale materiali			3160

U.07 – Acqua calda sanitaria

126/130

IMPIANTI SOLARI TERMICI: COSTI COMPLESSIVI

	Quantità	Prezzo in Euro
Progettazione e documentazione		60
Trasporto		0
Montaggio		
Circuito solare	16 h	320
Serbatoio	7 h	140
Ausiliare	4 h	80
Impianto elettrico	4 h	80
Messa in opera, istruzione	2 h	80
Totale mano d'opera		760
Totale materiali		3160
Totale mano d'opera		760
Totale (escl. IVA)		3920
Aliquota IVA		10%
IVA		392
Totale (incl. IVA)		4312

VALORE ATTUALIZZATO NETTO

Il **VAN – Valore Attuale Netto** (in inglese *NPV* - Net Present Value), è una metodologia tramite la quale si calcola il valore di una **serie attesa di flussi di cassa attualizzati sulla base del costo medio ponderato del capitale**.

Ignora i costi sommersi (i costi già sostenuti o da sostenere a prescindere dall'effettuazione dell'investimento) e presuppone l'esistenza del mercato perfetto, in cui gli investitori hanno libero accesso a un mercato finanziario efficiente in modo da poter calcolare il costo del capitale.

Il **VAN** si calcola mediante la formula:

$$VAN(N) = -C_0 + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

ove

C_0 uscita di cassa iniziale [€]

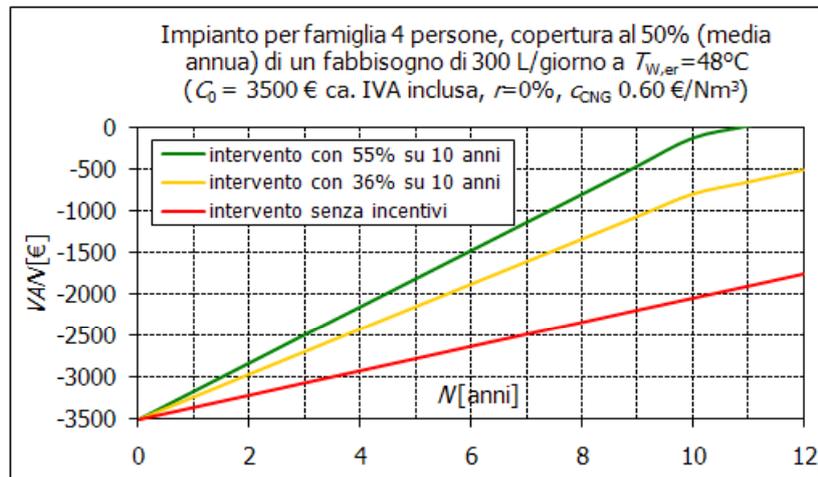
C_n flusso di cassa netto alla n-esima scadenza, inclusi i risparmi prodotti dall'investimento [€]

n indice della n-esima scadenza \equiv numero scadenze intercorse dall'uscita di cassa iniziale [anno]

N numero totale scadenze considerate [anni]

r costo medio ponderato del capitale [%]

IMPIANTO SOLARE TERMICO: VAN (FABBISOGNI NOTI)



IMPIANTO SOLARE TERMICO: VAN (UNI/TS 11300-2)

