

MANUAL DIDACTIC

Principii generale de calcul si alegere



INDICE

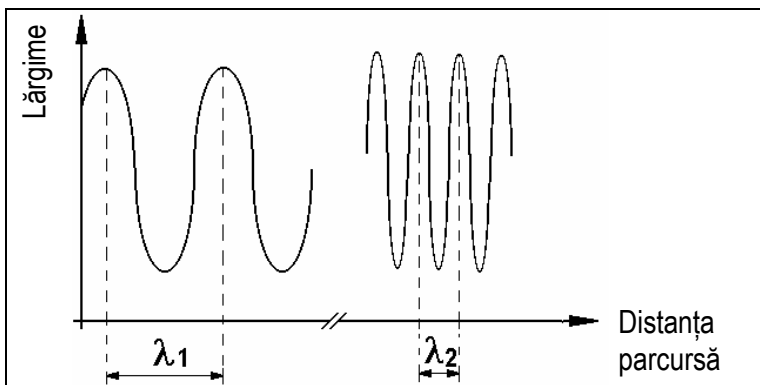
1	INTRODUCERE	0
2	NOȚIUNI DE TEORIE: LUMINA SOLARĂ ȘI ENERGIA	0
3	ABSORBȚIA (CAPTAREA) LUMINII SOLARE DE CĂTRE SUPRAFEȚE	0
4	COLECTOR SOLAR	0
4.1	ÎNCLINAȚIA COLECTOARELOR.....	0
	ANUALĂ.....	0
4.2	VALORI ALE ENERGIEI SOLARE INCIDENTE	0
5	EFICIENȚA UNUI PANOU SOLAR	0
5.1	CURBA DE RANDAMENT COLECTOR SOLAR STANDARD	0
6	INSTALAȚII CU COLECTOARE SOLARE	0
6.1	PROTECȚIE ANTI – ÎNGHEȚ	0
6.2	INSTALAȚIE CU CIRCULAȚIE NATURALĂ	0
6.3	CONECTĂRI ÎN SERIE ȘI ÎN PARALEL.....	0
6.4	CONECTAREA CU CENTRALE MURALE	0
6.5	AERISIREA INSTALAȚIEI CU CIRCULAȚIE NATURALĂ	0
6.6	DIMENSIONAREA INSTALAȚIEI CU CIRCULAȚIE NATURALĂ (INSTALAȚII MICI CASNICE)	0
6.7	INSTALAȚIE CU CIRCULAȚIE FORȚATĂ	0
6.8	AERISIRE INSTALAȚIE CU CIRCULAȚIE FORȚATĂ.....	0
6.9	VAS DE EXPANSIUNE.....	0
6.10	POMPA	0
7	INDICAȚII „DE MAXIMĂ” PENTRU INSTALARE	0
7.1	ETAȘEIZARE (IZOLARE)	0
7.2	RACORDĂRILE CIRCUITULUI SANITAR (DE APĂ MENAJERĂ)	0
7.3	RACORDĂRILE CIRCUITULUI COLECTOR	0
8	PUNEREA INSTALAȚIEI ÎN FUNCȚIUNE	0
9	ÎNTREȚINEREA (REVIZIA) ȘI IDENTIFICAREA DEFECȚIUNILOR	0
10	APENDICE TEORETIC: CALCULUL EFICIENȚEI UNUI PANOU SOLAR	0

1 Introducere

Panourile solare sunt echipamente care permit transformarea energiei solare radiante în energie termică, adică permit, prin expunerea razelor solare pe aceste panouri, creșterea temperaturii unui fluid (în general apă), din care, la rândul său, este posibilă obținerea energiei pentru încălzirea utilizatorilor cum ar fi, de exemplu, boilerelor, etc.

2 Noțiuni de teorie: lumina solară și energia

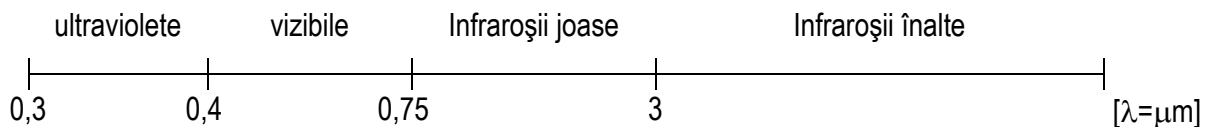
Lumina solară este alcătuită dintr-un fascicul de unde electromagnetice, care nu au o traiectorie rectilinie în timp, dar se propagă tocmai prin „unde” de energie: aceste unde prezintă niște “răsturnări (loviri)”, distanța între aceste “răsturnări” se numește “lungimea unde” λ .



unda 1 lungimea de undă λ_1 mai mică față de λ_2 a unde 2

Lungimea de undă și frecvența sunt invers proporționale, aceasta înseamnă că unda 1 va avea o frecvență mai mică decât unda 2.

Aceste lungimi de undă sunt clasificate în grupuri, în funcție de “mărimea” lor, adică în funcție de distanța dintre ele – unele față de altele -: această clasificare alcătuiește “spectrul electromagnetic”:



Lumina soarelui, alcătuită din acest „fascicul” de unde electromagnetice, transportă o cantitate de energie E pe suprafața unui corp expus la soare; lungimile de undă λ caracteristice luminii solare sunt cuprinse între 0,3 și 3.

Această cantitate de energie E reprezintă radiația globală incidentă pe o suprafață orizontală, care la rândul său este constituită din radiația directă (care vine perpendicular de la soare) plus radiația difuză (care vine din toate direcțiile cerului, și reprezintă radiația solară “deviată” de la traseul său direct și care ajunge pe suprafața orizontală a corpului).

Suprafața unui corp, la rândul său, va putea:

- Să absoarbă aceste radiații solare cu un procent α al energiei inițiale E ;
- Să transmită aceste radiații solare cu un procent τ al energiei inițiale E ;
- Să reflecte aceste radiații solare cu un procent ρ al energiei inițiale E .

Evident, suma radiațiilor absorbite / transmise / reflectate trebuie să fie egală cu radiația incidentă originală, deci trebuie să îndeplinească relația

$$\alpha + \tau + \rho = 100\%$$

De asemenea trebuie ținut cont de faptul că acești coeficienți $\alpha / \tau / \rho$ sunt variabili în funcție de caracteristicile lungimii de undă λ .

3 Absorbția (captarea) luminii solare de către suprafețe

Vom vedea ce se întâmplă atunci când radiația solară întâlnește suprafața unui geam pus pe o suprafață opacă

Energia solară E (măsurată în W/m^2), este:

- în parte absorbită de geam, în cantitate $E_a = \alpha E$;
- în parte transmisă de geam, în cantitate $E_t = \tau E$;
- în parte reflectată de geam, în cantitate $E_r = \rho E$.

De reținut este faptul că geamurile (sticlele) cu cât sunt mai de preț (cristale) cu atât mai mult transmit energia solară fără să o absoarbă ($\alpha = 0$), în timp ce, în general, coeficientul de transmitere τ este de 95%.

Suprafața opacă, la rândul său, reflectă și absoarbe energia ce trece prin geam într-o cantitate procentuală caracteristică materialului din care este făcută suprafața.

Cantitatea de energie la rândul său reflectată de suprafața opacă va fi egală cu energia solară transmisă de geam (adică $E_t = \tau E$), pentru coeficientul de absorbție caracteristic suprafeței opace (denumită ABSORBITOR), și pe care o vom numi ρ_0 .

Cantitatea de energie la rândul său absorbită de suprafața opacă va fi egală cu energia solară transmisă de geam (adică $E_t = \tau E$), pentru coeficientul de transmisie caracteristic suprafeței opace, și pe care o vom numi α_0 .

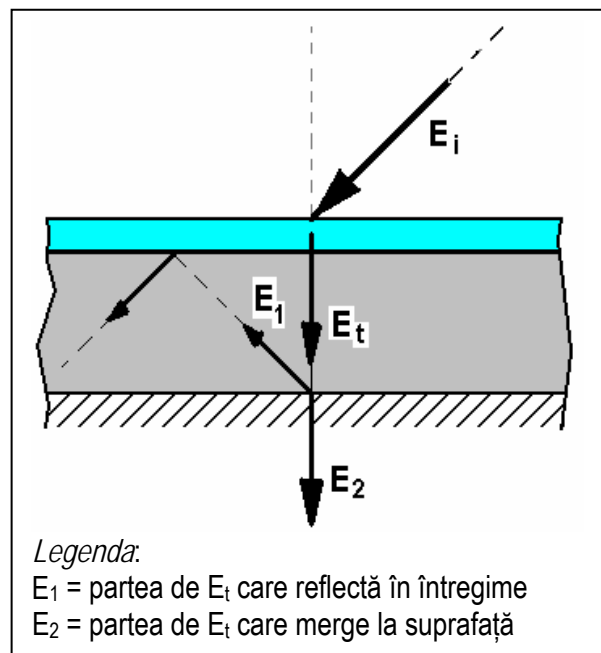
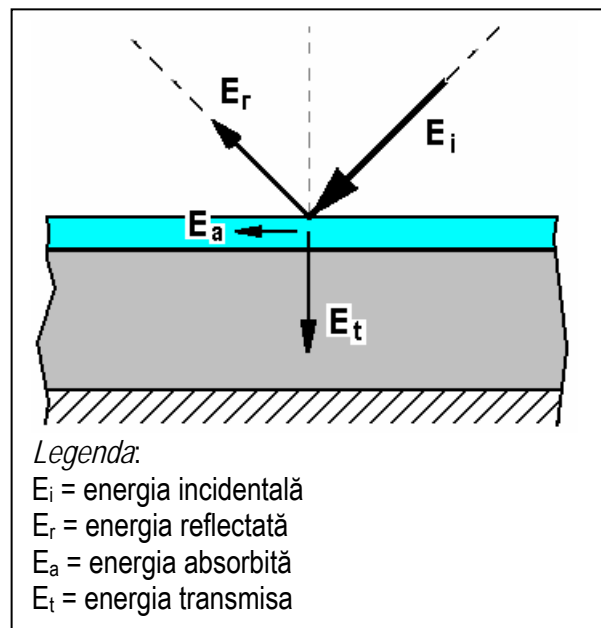
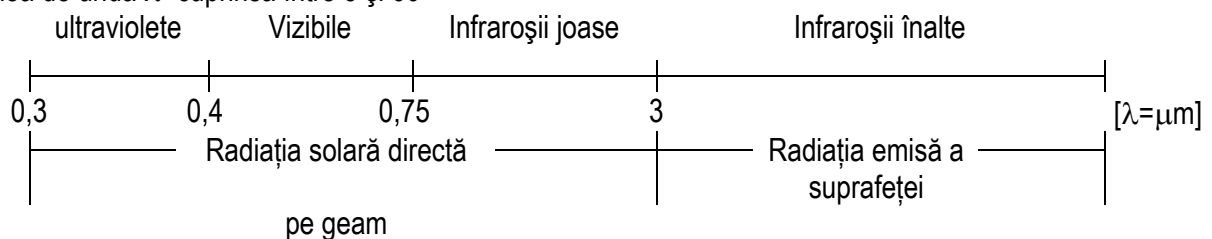
Din cauza reflexiei și a absorbției energiei solare cedată de geam, temperatura suprafeței opace va crește, deci suprafața va începe să emită radiații de natură diversă de cele care intră, adică cu o lungime de undă diferită:

Radiația solară directă pe geam

Lungimea de undă λ cuprinsă între 0,3 și 3

Radiația emisă de la suprafața opacă

Lungimea de undă λ cuprinsă între 3 și 60

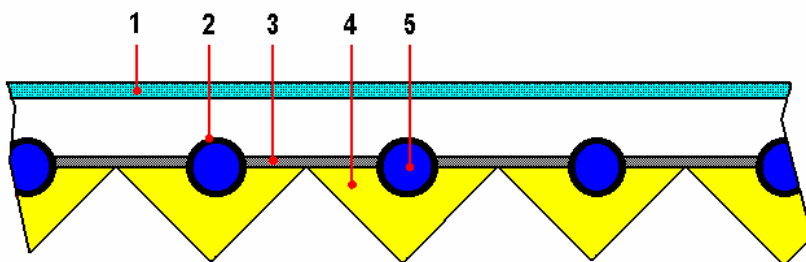


Geamul la rândul său nu va lăsa să treacă aceste ultime radiații solare emise de la suprafața opacă (caracterizate de lungimea de undă λ cuprinsă între 3 și 60), deoarece coeficientul său de transmisie τ va fi egal cu zero pentru lungimile de undă ale radiațiilor emise de la suprafața opacă.

Astfel, se va crea un "efect de seră" în interiorul panoului, deoarece radiațiile emise de la suprafețele opace sunt reflectate de geam și apoi absorbite.

4 Colector solar

Dacă ne gândim să poziționăm tuburile, cu partea interioară a fluidului termo - vector, în locul suprafeței opace, putem utiliza această modalitate pentru a ceda energia solară unui fluid, ducând la creșterea temperaturii acestuia: s-a creat astfel un colector solar.



Legenda:

1. geam
2. tub
3. placă metalică
4. izolator termic
5. fluid termo - vector

Ansamblul suprafață opacă alcătuit din tub (prin care curge fluidul) și placa care conține acest tub constituie un schimbător de căldură, energia care pătrunde în placă se transmite tubului, care la rândul său cedează energia fluidului termo - vector.

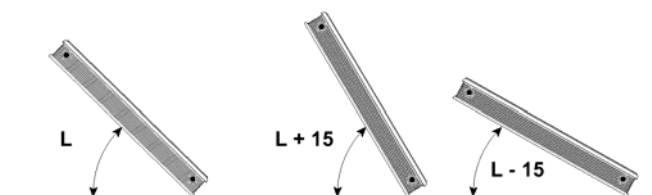
Energia solară E în mod experimental are valoarea de $1,4 \text{ kW/m}^2$, dar această valoare e valabilă pe suprafața externă atmosferei, trebuie luate în considerare și pierderile date de latitudine, de anotimp și de starea vremii, care împreună duc la diminuarea acestei energii.

4.1 Înclinația colectoarelor

În ceea ce privește înclinația colectoarelor, aceasta este raportată la anotimpul de utilizare și anume:

- Utilizare pe timp de iarnă: înclinație = latitudine localitate $L + 15^\circ$ (se exploatează cât mai mult radiația solară cu soarele jos pe orizont);
- Utilizare pe timp de vară: înclinație = latitudine localitate $L - 15^\circ$ (se exploatează cât mai mult radiația solară cu soarele sus pe orizont);
- Utilizare continuă pe timp de vară + pe timp de iarnă: înclinație = latitudine localitate

În general înclinația razelor solare este egală cu 60° pe timp de iarnă și cu 30° pe timp de vară (valoare care poate fi considerată ca înclinație medie optimă), oricum, din tabelul următor putem scoate valoarea exactă a înclinației colectoarelor:



ORAȘ	Înclinare de utilizare ANUALĂ (Latitudine L)	Înclinare de utilizare pe timp de VARĂ
Bolzano	46°	31°
Milano	45°	30°
Bologna	44°	29°
Firenze	44°	29°
Perugia	43°	28°
Roma	42°	27°
Napoli	41°	26°
Cagliari	39°	24°
Reggio Calabria	38°	23°
Catania	37°	22°

4.2 Valori ale energiei solare incidente

Valoarea energiei solare incidente este stabilită de normele UNI 10349, și este un parametru fundamental pentru calcularea atât a randamentului cât și a cantității de energie pe care colectorul o dă fluidului.

Din tabelul următor putem releva unele valori ale energiei solare (radiația directă + difuză) în diferite provincii ale Italiei, pentru o înclinare ORIZONTALĂ.

Energia solară E împărțită pe localități și pe luni [kWh/ m² zi] / Înclinare orizontală la SUD

Localitate /lună	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sept	Oct	Noi	Dec	Media
Bolzano	1,2	2,3	3,5	4,6	5,6	5,9	6,2	5,1	3,9	2,6	1,4	1,1	3,6
Milano	1	1,9	3,2	4,6	5,5	6,2	6,7	5,4	3,9	2,3	1,2	0,9	3,6
Bologna	1,2	2,2	3,4	4,8	5,8	6,5	7,1	5,8	4,3	2,7	1,5	1,1	3,9
Firenze	1,5	2,3	3,4	4,8	6,1	6,7	7,1	6,1	4,5	3	1,7	1,3	4
Perugia	1,5	2,2	3,4	4,6	6	6,5	7,1	6	4,5	3,2	1,7	1,3	4
Roma	1,7	2,5	3,8	5,2	6,5	7,1	7,5	6,5	4,9	3,4	2	1,5	4,4
Napoli	1,9	2,7	3,9	5,3	6,6	7,3	7,5	6,6	4,9	3,5	2	1,6	4,5
Cagliari	2	2,7	4	5,1	6,2	7	7,6	6,6	4,9	3,4	2,2	1,8	4,4
R.Calabria	2,1	3,2	4,1	5,7	6,9	7,7	7,6	6,9	5,3	3,5	2,5	1,9	4,8
Catania	2,5	3,3	4,4	5,7	7,1	7,8	7,8	7	5,4	3,8	2,8	2,2	5

N.B. pentru o instalare optimă UTILIZARE ANUALĂ sau UTILIZARE PE TIMP DE VARĂ orientarea colectorului va fi spre SUD și înclinarea va trebui să fie egală cu valorile de mai sus: valorile energiilor solare E_i vor fi corecte în funcție de datele din tabelul următor:

Localitate	Utilizare	Factor Multiplicativ de E (orientare spre EST sau VEST)	Factor Multiplicativ de E (orientare spre SUD)
NORD ITALIA	ANUALĂ	0,6	0,7
NORD ITALIA	VARĂ	0,8	0,87
SUD ITALIA	ANUALĂ	0,7	0,76
SUD ITALIA	VARĂ	0,8	0,9

5 eficiența unui panou solar

Eficiența unui panou solar poate fi definită ca și: cantitatea puterii utile luată (extrasă) de la colector față de puterea radiației solare incidentă pe colector, în unitatea de timp:

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_i}$$

Legenda:

- η = eficiență
- Q_u = Putere utilă ce se poate obține de la colector
- Q_i = Putere solară incidentă pe colector

S-a observat că placa receptoare a unui colector solar absoarbe doar o parte din puterea (capacitatea) dată de radiația solară incidentă, aceasta din cauza:

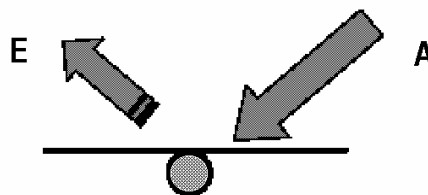
- dispersiilor de energie cauzate de reflectările suprafețelor transparente;
- dispersiilor de energie cauzate de părțile neabsorbante de energie, deoarece nu sunt lovite (pătrunse) de radiația solară;
- dispersiilor de energie cauzate de pulberi care, depunându-se pe suprafața transparentă, împiedică transmisia acesteia.

Puterea (capacitatea) utilă Q_u ce se poate obține de la colector, care va servi la creșterea temperaturii sistemului, nu va fi egală cu Puterea (capacitatea) absorbită Q_a deoarece parțial este pierdută prin dispersiile de energie mai sus descrise; în plus va exista și o dispersie de energie prin transmisia căldurii către exteriorul panoului (capacitate pierdută pe care o vom numi Q_c).

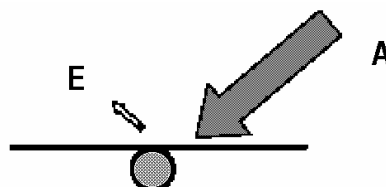
În caz contrar eficiența unui colector crește odată cu:

- creșterea puterii (capacității) absorbite Q_a (dată de reducerea, ce se poate obține în faza de proiect, a dispersiilor de energie de reflectare / pulbere / etc.);
- creșterea puterii radiației solare E (factor dependent de parametrii geografici și climatici cum ar fi orientarea / înclinarea / etc.);
- creșterea ariei colectorului (ce se poate obține în faza de proiect);
- diminuarea puterii (capacității) pierdute Q_c (ce se poate obține în faza de proiect).

În schema următoare vom vedea că în colectorul solar MTS standard, energia solară transmisă E_t (**indicată cu A**) poate fi de 93%, în timp ce partea de putere E_1 primită dar nereținută (care în orice caz contribuie parțial la încălzire deoarece se reflectă în întregime) poate fi de 50/60%



În schimb în schema următoare, reprezentarea colectorului solar MTS TOP, absorbitorul are o putere de absorbție mai mare, deci energia solară transmisă E_t (**indicată cu A**) poate fi de 95%, în timp ce partea de putere E_1 primită dar nereținută scade până la 5%: aceasta pentru că placa absorbantă din cupru este tratată la suprafață cu "TINOX".



Placa absorbantă din cupru, care “captează” energia solară și o transmite conductelor prin care trece apa, este elementul fundamental pentru creșterea eficienței colectorului solar.

Eficiența unui colector poate fi determinată procentual de o diagramă, unde se poate determina aceeași rezultată dată fiind valoarea parametrului “salt termic ΔT / energie solară E ”.

Saltul termic ΔT este egal cu diferența

$$\Delta T = (T_{\text{medie placă}} - T_{\text{aer ambient}})$$

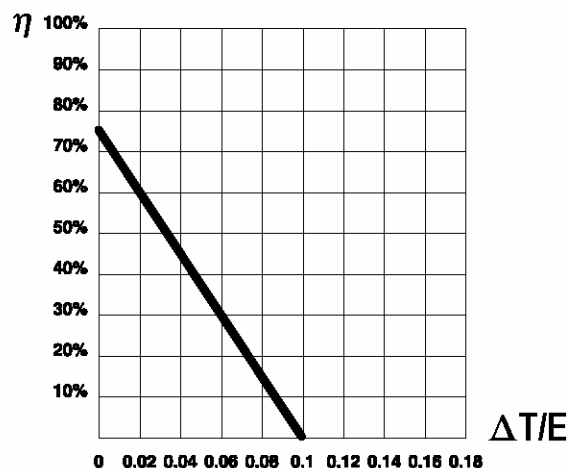
unde $T_{\text{medie placă}}$ poate fi aproximată la valoarea

$$T_{\text{medie placă}} = \frac{T_{\text{intrare fluid}} + T_{\text{ieșire fluid}}}{2}$$

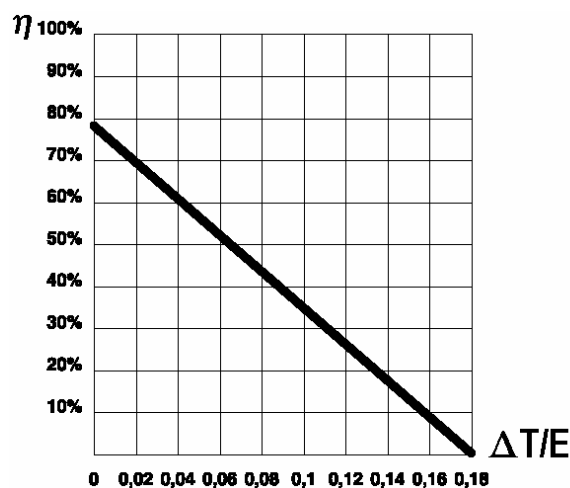
și este dependentă de tipul de absorbție, de cantitatea de energie solară radiantă în acel moment (și deci de localitatea și de perioada de expunere).

O astfel de valoare de “input” pentru determinarea randamentului η (rezultată din diagrame), este deci o valoare “instantanee” (adică diferită de la un moment la altul), o valoare medie de calcul experimental al $T_{\text{medie placă}}$ pentru o localitate din centrul Italiei, în mijlocul anotimpului, la miezul zilei, poate fi egală cu 50°C . Oricum, dacă nu ar fi posibilă determinarea prin calcule a parametrului “salt termic ΔT / energie solară E ”, de obicei se ia valoarea de randament maxim η rezultată din diagrame.

5.1 Curba de randament colector solar standard



Curba de randament colector solar TOP



De exemplu, dacă dorim să calculăm eficiența panoului nostru amplasat la Milano și care funcționează pe toată perioada anului, vom avea următoarele date:

$T_{\text{aer ambient}} = 13,8 \text{ }^\circ\text{C}$ (temperatura medie anuală)

$T_{\text{medie placă}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

$\Delta T = (T_{\text{medie placă}} - T_{\text{aer ambient}}) = 36,2 \text{ }^\circ\text{C}$

$E = 2,5 \text{ kWh/m}^2 \text{ zi}$ (valoarea medie anuală – vezi tabelele anterioare)

Ore de funcționare / zi medie = 8 h/ zi

Panouri prezente = 1 cu suprafața utilă absorbantă de $1,8 \text{ m}^2$ (din datele de pe placa de timbru a panoului)

$$\Delta T / E = \frac{36,2 [^\circ\text{C}] \times 8 \left[\frac{h}{\text{giorno}} \right]}{(2,5 \times 1.000) \left[\frac{\text{Wh}}{\text{hm}^2 \text{ giorno}} \right] \times 1,8 [m^2]} = 0,06 \left[\frac{^\circ\text{C}}{\text{Wh}} \right]$$

Consultând diagramele de mai sus, în cazul colectorului solar standard, vom avea o eficiență instantanee η de circa 30% și în cazul colectorului solar TOP, vom avea o eficiență instantanee η de circa 55%.

6 Instalații cu colectoare solare

Instalația cea mai simplă poate fi gândită ca un panou care poate băga apa într-un boiler de acumulare în următoarele moduri:

- Pe cale naturală (instalație numită “cu circulație naturală”), care exploatează principiul fizic conform căruia “...fluide de temperaturi diferite au o densitate diferită”, rezultând de aici o circulație de flux fără mijloace mecanice; dar care oricum trebuie să îndeplinească condiția ca temperatura apei la ieșirea de la colector să fie mai mare decât temperatura apei din rezervor. Fluidul încălzit cedează căldură boilerului și ajunge în punctul cel mai de jos al circuitului colectorului: deci este necesar ca boilerul să fie la un nivel mai ridicat decât colectorul.
- Pe cale mecanică printr-o pompă (instalație numită “cu circulație forțată”), care în general este controlată (comandată) de un panou de comanda și control care arată temperaturile fluidului din boiler și din colectoare și face pompa să pornească atunci când temperatura la ieșirea din colector este mai mare decât cea din boiler.

În ambele cazuri este posibilă instalarea unei rezistențe electrice care poate “integra” energia solară și poate încălzi boilerul în perioadele când radiația solară este scăzută (printr-un termostat montat în boiler și setat la temperatura dorită).

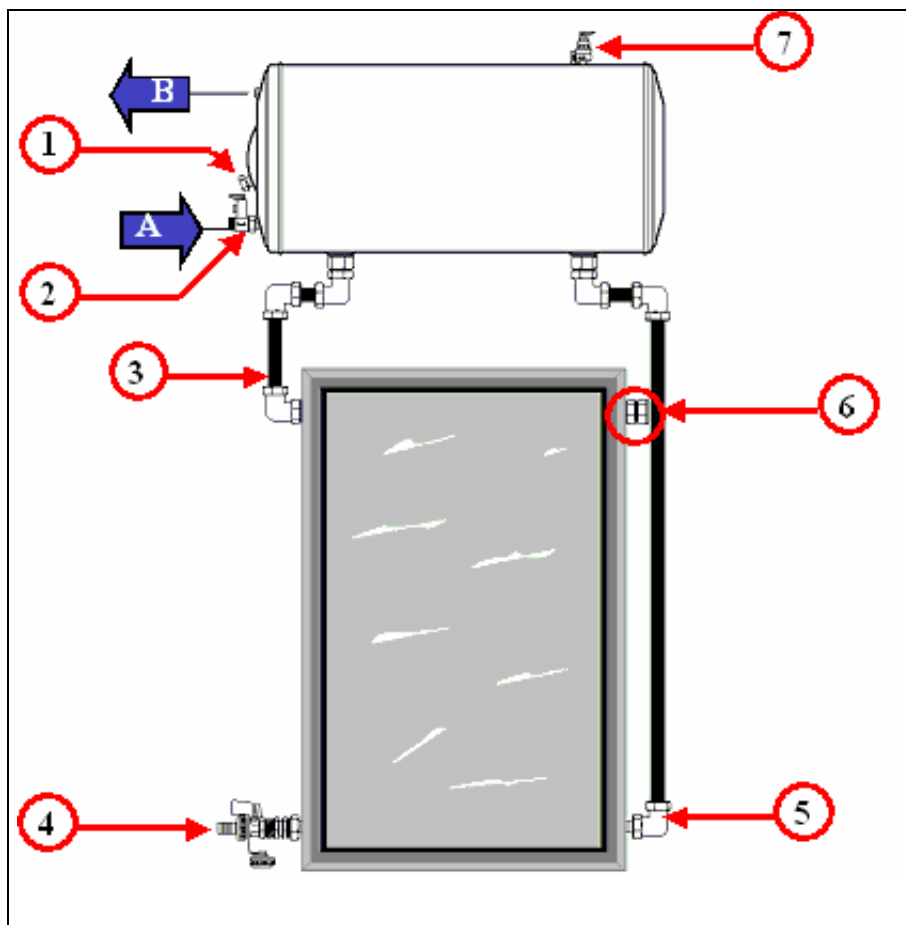
În schemele de dimensionare este important să se țină seama de faptul că temperatura apei ce se poate obține de la colector trebuie să fie de circa $40 \text{ }^\circ\text{C}$, în plus trebuie evaluat numărul panourilor ce trebuie instalate.

6.1 Protecție anti – îngheț (antigel)

Este necesar să se umple circuitul cu o soluție de apă /glicol pentru a avea protecția necesară împotriva înghețului, prin încărcarea cu pompa sau prin gravitație: procentul minim ($T_{\text{externă}} = - 5 \text{ }^\circ\text{C}$) va fi de 15% glicol / 85% apă, o dată cu scăderea temperaturii acest % de glicol va trebui mărit .

6.2 Instalație cu circulație naturală

Vom vedea o schema de maximă pentru un colector solar conectat la un boiler: boilerul trebuie să fie mereu situat la un nivel mai înalt decât cel al colectorului. Pentru a evita supraîncălzirea la utilizare se recomandă instalarea unui mixer (amestecător) în partea de jos a rezervorului între tur și retur apă menajeră.



Legenda:

- A) Intrare apă menajeră
- B) Apă caldă menajeră (pentru utilizare)
- 1) Suport sondă
- 2) Supapă siguranță boiler
- 3) Tur boiler
- 4) Robinet de umplere / evacuare (golire) colector (la golire deschideți supapa de siguranță circuit colector)
- 5) Retur Boiler (servește pentru efectuarea conectării la mai multe colectoare in serie)
- 6) Racord cu dop pentru efectuarea conectării la mai multe colectoare in serie
- 7) Supapă siguranță circuit Colector (1,5bar)

6.3 Conectări în serie și în paralel

Se poate efectua conectarea mai multor colectori în serie când numărul colectoarelor începe de la 2 până la 7: pentru un număr mai mare de 8 colectori se recomandă conectarea în grupuri de câte 4.

Diametrul tuburilor, recomandat: 18 mm (de la 2 la 4 colectori) / 22 mm (de la 5 la 7 colectori).

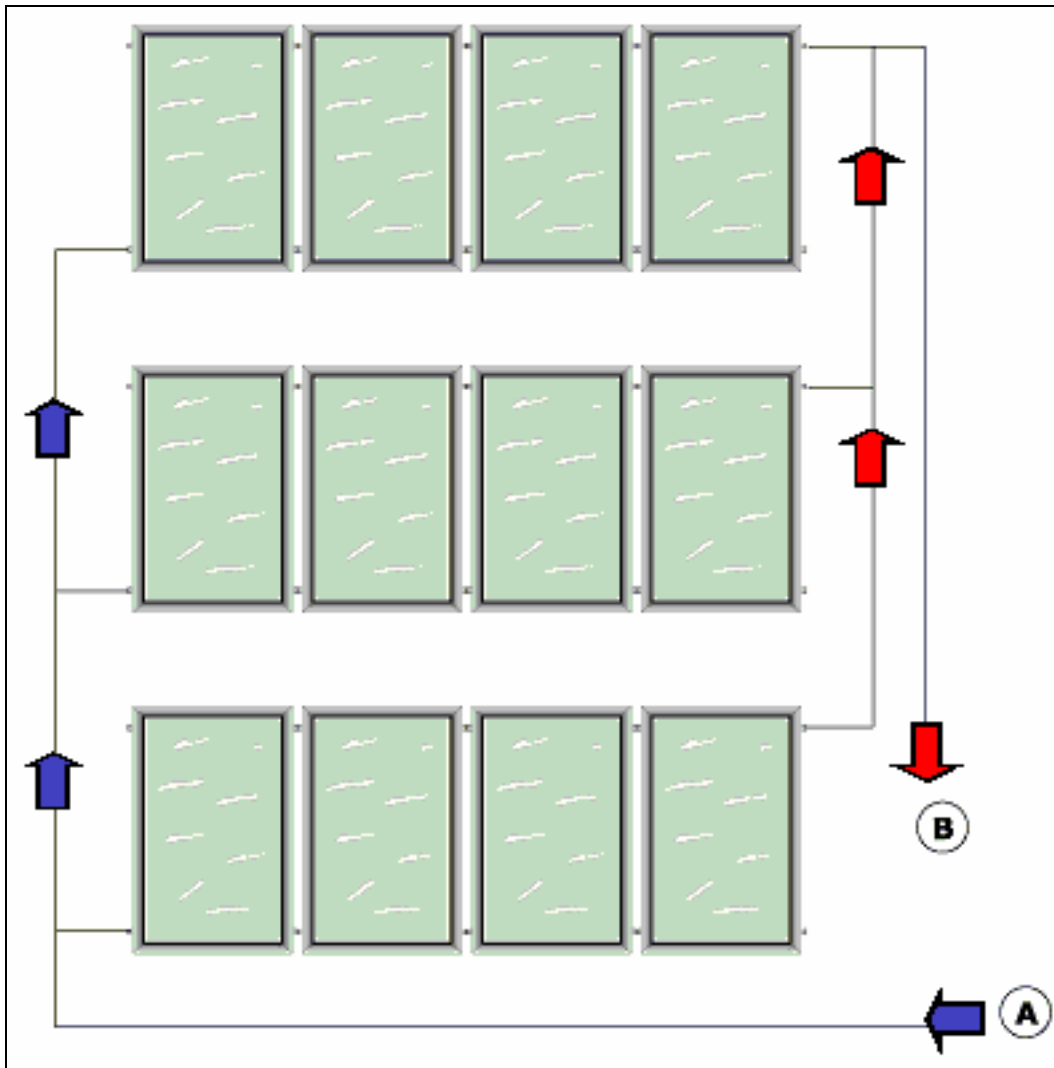
Conectarea în serie se recomandă atunci când se cere o capacitate limitată și o temperatură ridicată a apei menajere la utilizare.



Legenda:

- A) Retur Boiler (Apă rece)
- B) Tur Boiler (Apă Caldă)

Conectarea în paralel se recomandă atunci când trebuie să se utilizeze o capacitate mare la o temperatură medie a apei menajere: trebuie să se țină mereu cont de faptul că intrarea apei reci trebuie să treacă prin toate colectoarele în același mod.

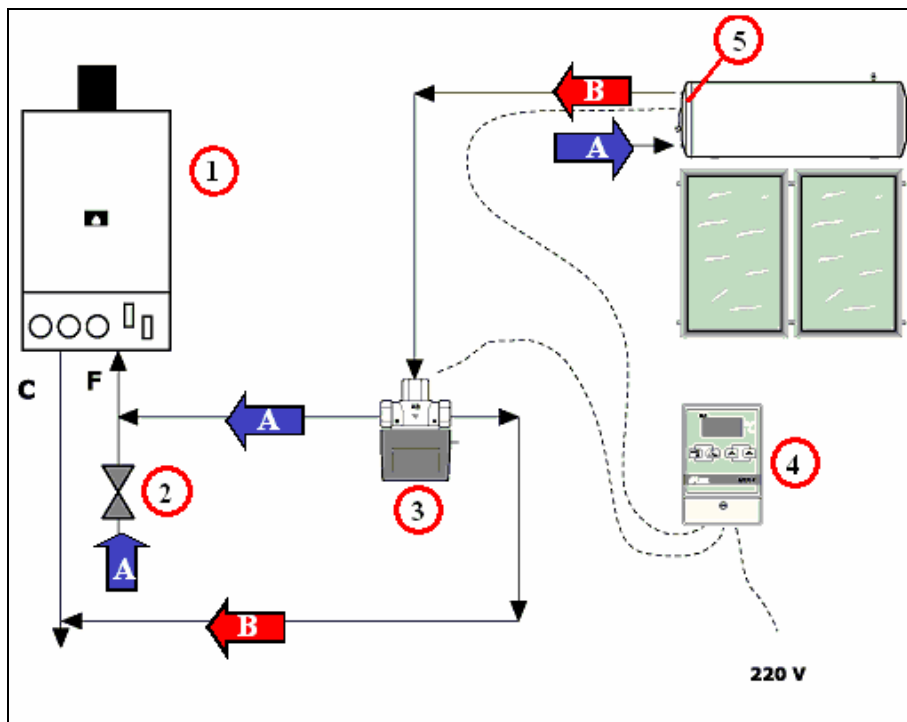


Legenda:

- A) Retur Boiler (Apă rece)
- B) Tur Boiler (Apă Caldă)

6.4 Conectarea cu centrale murale

Dacă sonda de temperatură apă menajeră din interiorul boilerului sesizează o temperatură mai mică decât cea nominală dorită (selectată în termostat), valva cu trei căi se deschide și trimite apa la centrala instantanee.



Legenda:

- A) Apă rece
- B) Apă caldă
- 1) Centrală termică cu producere a.c.m. instantaneu
- 2) Valvă închisă
- 3) Comandă valvă cu 3 căi
- 4) Termometru, termostat digital de control temperatura și comandă valvă cu 3 căi.
- 5) Sonda boiler

6.5 Aerisirea instalației cu circulație naturală

La instalația cu circulație naturală este necesară efectuarea unei aerisiri corecte a circuitului. Pentru această operațiune nu este suficient ca, în faza de umplere la rece a circuitului, să iasă tot aerul de la supapa de siguranță a circuitului colector, ci pentru siguranță trebuie să se efectueze o umplere completă (la instalația în regim de lucru).

6.6 Dimensionarea instalației cu circulație naturală (instalații mici casnice)

Vom evalua, pentru diferitele tipologii de instalații cu circulație naturală, propunerile din catalogul de la MTS, datele pentru o primă dimensionare rapidă și "de maximă" (imediat), apoi eventual efectuând calculele exacte de verificare. De exemplu setăm calculul pentru o instalație solară 150/1 TOP:

A) Date de pornire colector (din catalog):

- un colector solar TOP MTS
- Suprafață absorbantă utilă 1,8 m²
- Capacitate pe panou 100 lt/h

B) Date de Proiect

- Localitate: Roma – $T_{\text{aer ambient media anuală}} = 15,9^{\circ}\text{C}$ (se poate lua din tabele UNI)
- Număr de ore/ zi media de funcționare panou = 8 h/ zi
- Persoane: 4

Salt termic mediu boiler $\Delta T = 35^{\circ}\text{C}$

C) Formule de calcul dimensionare "de maximă"

Acumulare utilizator (acumulare) = 50 Lt / de persoana zi

Acumulare necesară la boiler [Lt/zi] = Necesari utilizator * N° persoane

Număr panouri = 1 panou la fiecare 100 litri Acumulare la boiler

Necesar energetic la Boiler = Necesari boiler * Salt termic

D) Desfășurare Calcule dimensionare "de maximă"

Acumulare necesară la boiler = (50 Lt / persoana zi) * 4 (persoane) = 200 Lt/ zi

Număr panouri = 2

Necesar energetic la Boiler = 200 Lt/ zi * 35°C (ΔT) = 7.000 kCal/ zi = 8,14 kWh/ zi

E) Alegerea Boilerului "de maximă"

Din datele reieșite din dimensionarea "de maximă", și anume:

Acumulare necesară = 200 Lt/ zi

Necesar energetic necesari la Boiler = 8,14 kWh/ zi

Vom proceda la alegerea din catalog a boilerului cel mai adecvat, adică care să îndeplinească cel mai bine condițiile dimensionării de maximă: alegem un boiler MTS CNA1R

DATE DE PE PLACA DE TIMBRU

Producție apă în continuu (la $\Delta T = 35$) = 457 lt/h

Putere (capacitate) max. ce poate fi absorbită de boiler (la $\Delta T = 35$) = 18,6 kW

Verificarea "de maximă" este pozitivă

F) Verificare proiect "de maximă" și calcule ingineresti

Mai întâi fixăm saltul termic între colector și boiler ΔT .

Saltul termic ΔT este egal cu diferența

$$\Delta T = (T_{\text{medie placă}} - T_{\text{aer ambient}})$$

unde $T_{\text{medie placă}}$ poate fi aproximată la valoarea

$$T_{\text{medie placă}} = \frac{T_{\text{intrare fluid}} + T_{\text{ieșire fluid}}}{2} = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 50^{\circ}\text{C} - 15,9^{\circ}\text{C} = 34,1^{\circ}\text{C}$$

Din tabelul de mai sus "Energia solară E distribuită pe localități și pe luni" se determină cantitatea de energie E în kWh/ m² zi ținând cont de faptul că utilizarea va fi anuală și orientarea panoului va fi spre SUD.

$$E = 3,34 \text{ kWh/ m}^2 \text{ zi.}$$

Acum putem calcula valoarea de "input" pentru a determina randamentul relativ din diagramele "Curba de randament colector solar standard":

$$\Delta T / E = \frac{34,1[^\circ\text{C}] \times 8[h / \text{giorno}]}{3,34 \times 1.000 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2 \text{giorno}} \right]} = 0,08[^\circ\text{Cm}^2 / \text{W}]$$

Cu această valoare de input obținem din diagrama pentru un colector MTS TOP un randament η de circa **45%**

Acum putem determina cantitatea medie Q pe care colectorul o dă ca disponibilă:

$$Q = \eta \times E \times S = 0,45 \times 3,34 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{giorno}} \right] \times 1,8[m^2 / \text{pannello}] = 2,7 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{giornopannello}} \right]$$

Numărul panourilor va fi dat de un astfel de necesar împărțit la cantitatea medie de căldură Q pe care o dă colectorul:

$$N^\circ \text{pannelli} = \frac{\text{Fabbisogno}}{Q} = \frac{8,14}{2,7} = 3 \text{pannelli}$$

Acum vom determina alegerea boilerului adecvat: va trebui să calculăm volumul V_b al boilerului care poate:

- Verificarea 1: să primească cantitatea de energie Q pe care o dă colectorul;
- Verificarea 2: să furnizeze cantitatea de apă menajeră necesară pentru consumul zilnic cerut V (cu ΔT de 35°C), verificând dacă $V_b > V$.

Deci:

- Verificarea 1

$$\text{Cantitatea de căldură Q pe care o dă colectorul} = 2,7 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{giornopannello}} \right] \times 3 [\text{panourij}] = 8,1 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{giorno}} \right]$$

Puterea max. absorbită (la $\Delta T = 35$) = 18,6 kW

- Verificarea 2

Vom calcula consumul zilnic cerut V

$$V = C_{\text{apă menajeră}} \times C_c \times H$$

Cu:

$C_{\text{apă menajeră}}$ = consum zilnic necesar apă menajeră [litri / zi]

Tip de Alimentare	Consum Zilnic [lt]	Consum Zilnic la $\Delta T = 35$ [lt]
Cada de baie	150	107
Duș	50	36
Lavoar (igiena personală)	10	7

Lavoar (curățenie în casă)	30	21
----------------------------	----	----

C_c = coeficient de simultaneitate (în funcție de numărul de utilizatori)

Număr utilizatori	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coeficient C_c	1,15	0,86	0,73	0,65	0,60	0,56	0,53	0,50	0,48	0,47

H = ore de vârf cu max. cerere apă caldă (locuințe, hotel $H=2$, centre sportive $H=1$, restaurante $H=3$)

Pentru calculul nostru cantitatea de apă menajeră V necesară cererii de consum zilnic va fi:

$$V = (150+10+30) [lt] \times 0,73 \times 2 = 277 \text{ lt.}$$

volumul V_b al boilerului poate fi ales din calculul următor:

$$V_b = (\text{producție apă boiler în primele } 10' \text{ cu } \Delta T \text{ de } 35^\circ\text{C}) + H \times (\text{producție apă boiler în continuu cu } \Delta T \text{ de } 35^\circ\text{C})$$

Raportându-ne la datele de pe placa de timbru a boilerului putem efectua următorul calcul

$$V_b = (218 \text{ lt}) + 2 \times (457 \text{ lt/h}) = 1132 \text{ lt}$$

Deci am verificat dacă $V_b > V$, deci boilerul ales MTS CNA1R îndeplinește condițiile cererii de consum zilnic de la utilizatori.

6.7 Instalație cu circulație forțată

La instalațiile cu circulație forțată, un panou electronic de comanda și control prin sondele corespunzătoare relevă:

- $\Delta T = T_{\text{partea de sus panou fluid}} - T_{\text{boiler sanitar la centrul schimbătorului}}$, între temperatura de ieșire apă colector (în partea de sus a panoului la ieșirea apei calde – sonda 3) și temperatura apei în interiorul boilerului (sonda 9);
- temperatura de ieșire apă menajeră și eventuala comutare a valvei cu trei căi la circuitul de încălzire (sonda 8).

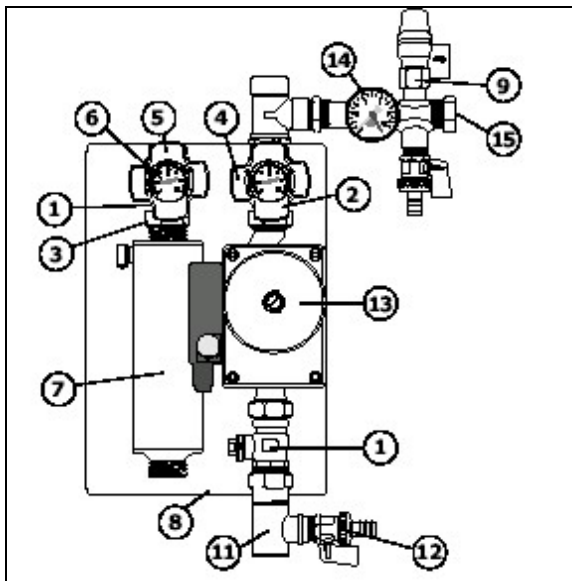
Panoul electronic dă confirmarea de pornire a pompei sau nu (linia 7) confruntând ΔT panou /boiler, când căldura produsă cu ajutorul colectorului nu este suficientă: pompa pornește când temperatura fluidului plus ΔT prestabilită depășește temperatura în interiorul boilerului.

Această confruntare de temperaturi poate fi reglată într-un câmp de selecție de la 5 / 10 / 15 / 20 °C, adică putem face pompa să pornească cu o valoare ΔT prestabilită și deci putem varia puterea furnizată la boiler în funcție de diferitele exigențe.

Valoarea ΔT recomandabilă este de 5 – 10 °C, astfel încât să se stabilească un echilibru între cantitatea de apă ce trebuie ținută la temperatura (care nu trebuie să fie excesivă) și exigențele de confort ale utilizatorului. Când termostatul boilerului (sonda 8) sesizează că temperatura apei menajere este insuficientă, comandă valva cu trei căi (poziția 12) care comută trimiterea apei menajere în circuitul centralei (poziția 14 și 15).

Atenție: Dimensionarea numărului și poziției colectoarelor este aceeași ca și cea de la instalațiile cu circulație naturală, se schimbă proiectul nivelului de amplasare.

De exemplu, să vedem componentele principale ale unei instalații solare 150/1 TOP cu circulație forțată:



Legenda:

1. valva cu sfera;
2. valva cu sfera anti-retur (montata pe tur)
3. ștuț ;
4. valva închidere retur panouri
5. valva închidere tur apă caldă din panouri către boiler;
6. termometru temperatura;
7. dezaerator;
8. izolație PPE;
9. supapa de siguranță 6 bar;
11. racord pompa;
12. robinet umplere /golire
13. Pompa circulație solară
14. manometru
15. racord filet 3/4 pentru vas expansiune

6.9 Vas de expansiune

La instalațiile cu circulație forțată trebuie să se efectueze o dimensionare corectă a vasului de expansiune, valorile recomandabile sunt:

12 / 15 litri = până la un nr. de 3 colectori

18 litri = până la un nr. de 6 colectori

24 litri = până la până la 13 panouri.

Dacă ar fi necesar un calcul exact al volumului nominal al vasului de expansiune, această valoare ar putea fi calculată cu ajutorul formulei:

$$V = \frac{e \times C}{1 - \frac{P_i}{P_f}}$$

unde:

V = capacitatea vasului;

C = conținutul de apă în instalație = Conținut colector (2 lt)+ Conținut țevi (de calculat) + Conținut serpentine (spirale) / spații boiler (CNA1R = 17 lt. – CNA2R = 22 lt);

e = coeficient de expansiune (egal cu 0,049 pentru temperaturile atinse în colectori până la 110°C);

P_i = presiune de încărcare instalație (1,5 bar);

P_f = presiune de evacuare supapa de siguranță (8 bar).

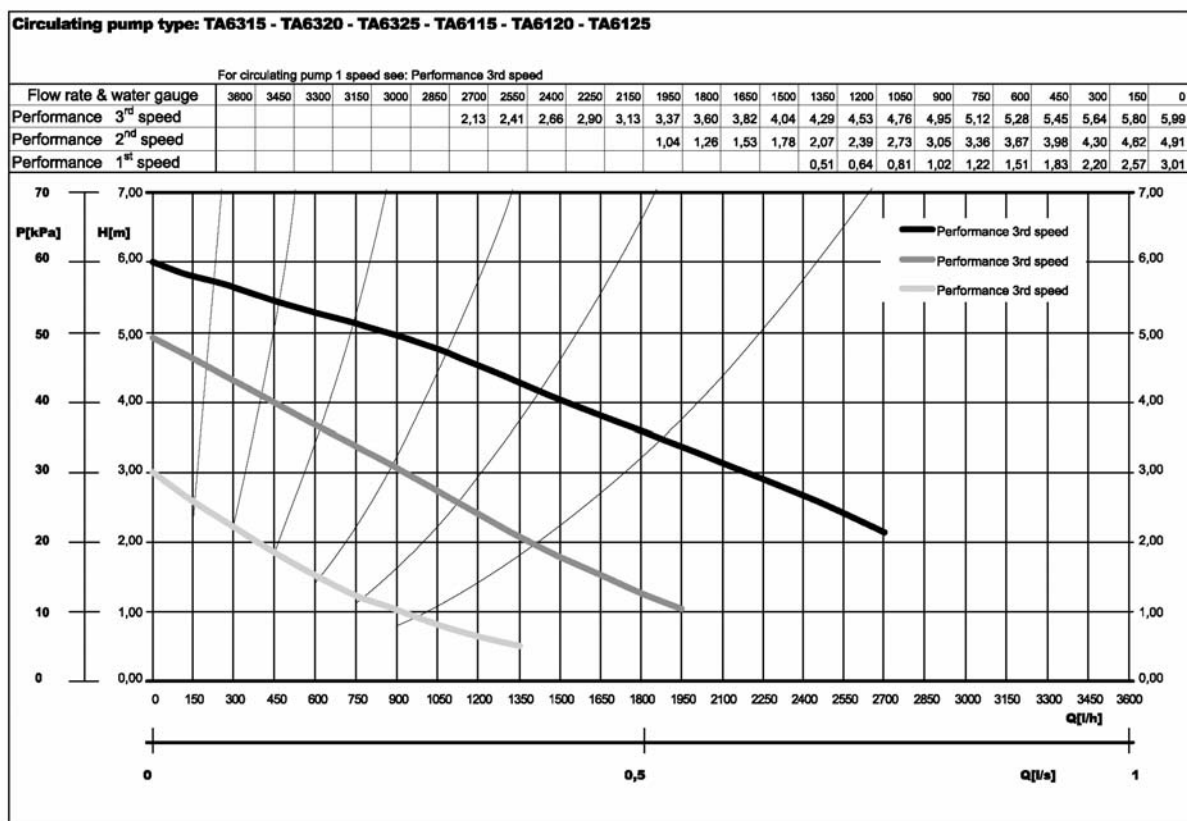
6.10 Pompa

În continuare este prezentată diagrama debit / sarcina a pompei instalată pe grupul de instalatie MTS.

Pentru o dimensionare corectă trebuie să se țină seama de capacitatea unui panou care este de circa 100 lt/h: astfel va putea fi setată viteza corectă a pompei de recirculare în funcție de capacitatea rezultată.

Va trebui să se ia în considerație următoarele:

- Dacă se alege un nivel scăzut de turatie a pompei, consumul electric va fi mai mic, dar există riscul ca în interiorul circuitului să apară mari pierderi (scăpări) termice rezultând astfel randamente mici;
- Dacă se alege un nivel ridicat de turatie a pompei, consumul electric ar putea fi în mod inutil mare



7 Indicații „de maximă” pentru instalare

7.1 Etanșezare (izolare)

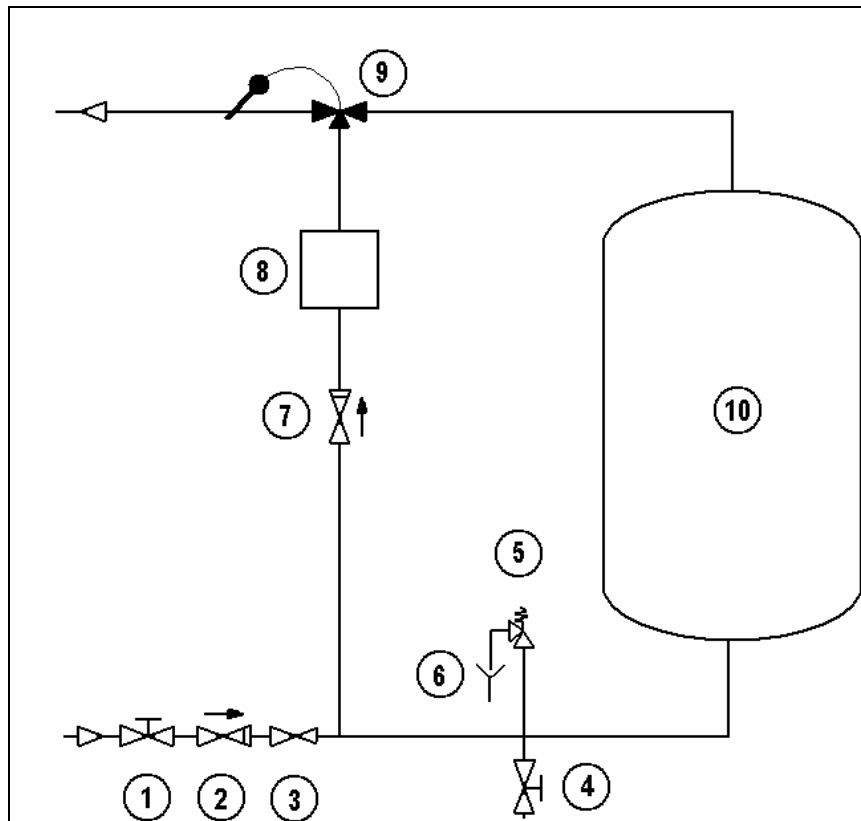
În afara izolării boilerului, toate țevile circuitului sunt etanșezate cu un strat izolant de cel puțin 8 cm grosime; este foarte important să nu fie întreruptă această izolare în diferitele racorduri și totodată să nu se izoleze linia de conectare dintre vasul de expansiune și colector.

7.2 Racordările circuitului sanitar (de apă menajeră)

La intrarea apă menajeră, după valva de umplere (1), și înainte de valva mixer (amestecătoare) (9) este necesar să se instaleze o valvă antiretur (7) (pentru a evita producerea (pornirea) unei circulații naturale) și o valvă de reglare a presiunii (3) (doar dacă presiunea circuitului sanitar este mai mare de 8 bar, valoare care corespunde în mod normal presiunii de exercițiu a boilerului (10)).

De asemenea, în partea de sus a valvei mixer (9), se recomandă instalarea unui filtru împotriva eventualelor murdării prezente în instalație (8).

Supapa de siguranță (5) poate fi deja prevăzută (montată) la modelele de boiler solar MTS (și racordată la un robinet de evacuare (4): în timpul încălzirii este normal să se scurgă o mică cantitate de apă, de aceea trebuie să se monteze un colector de condens. (6).



7.3 Racordările circuitului colector

Trebuie racordată pompa, vasul de expansiune, valva antiretur (grupul (3)) pe linia de retur a colectorului (1); nu trebuie să existe întreruperi între colector și vasul de expansiune / supapa de siguranță.

De asemenea, se recomandă racordarea vasului de expansiune în partea de sus, în așa fel încât să se protejeze membrana de eventualele supraîncălziri ale fluidului.

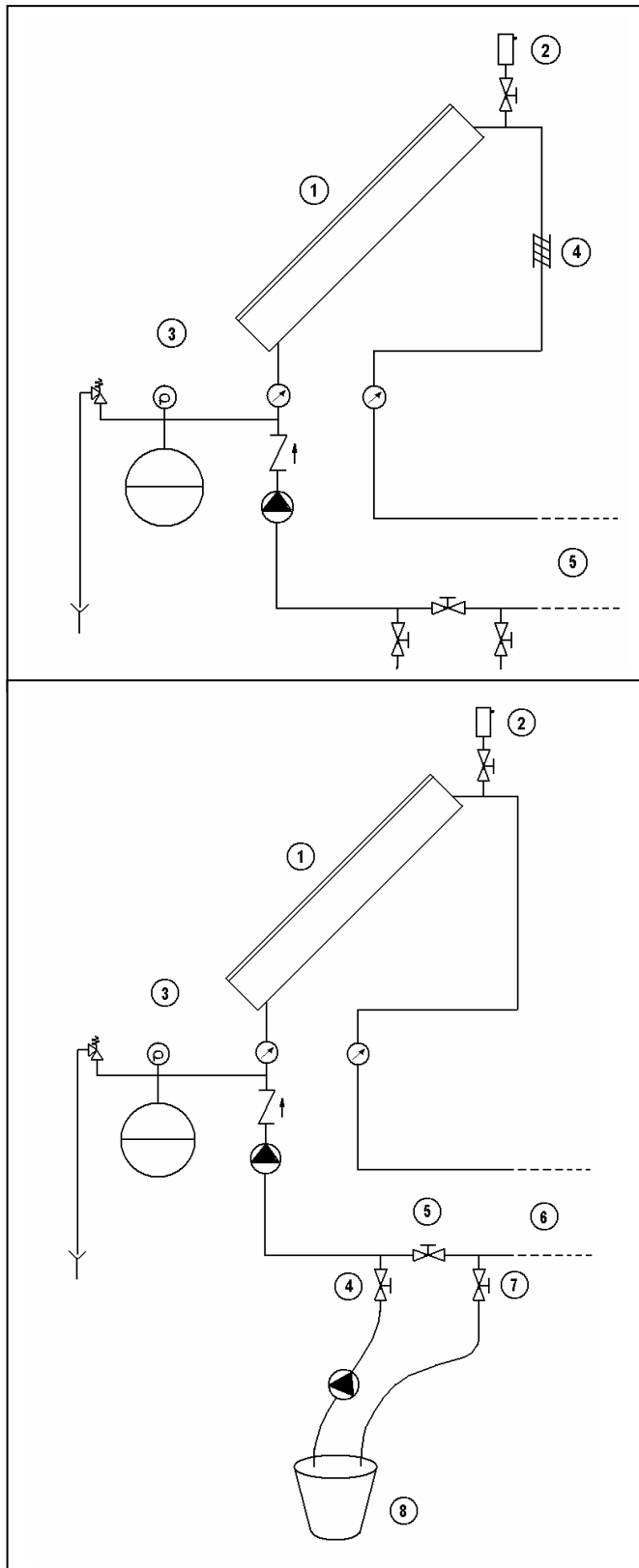
Ventilul (valva dezaeratoare (2)) va fi înfiletat în punctul cel mai de sus al circuitului colectorului, la ieșirea țurului colectorului, etanșeizând țevile cu racorduri (4).

În schimb, robinetele de umplere a circuitului colectorului trebuie să fie instalate în punctul cel mai de jos al circuitului colectorului.

8 Punerea instalației în funcțiune

O dată efectuată instalarea, trebuie să se efectueze următorii pași pentru o corectă punere în funcțiune a instalației:

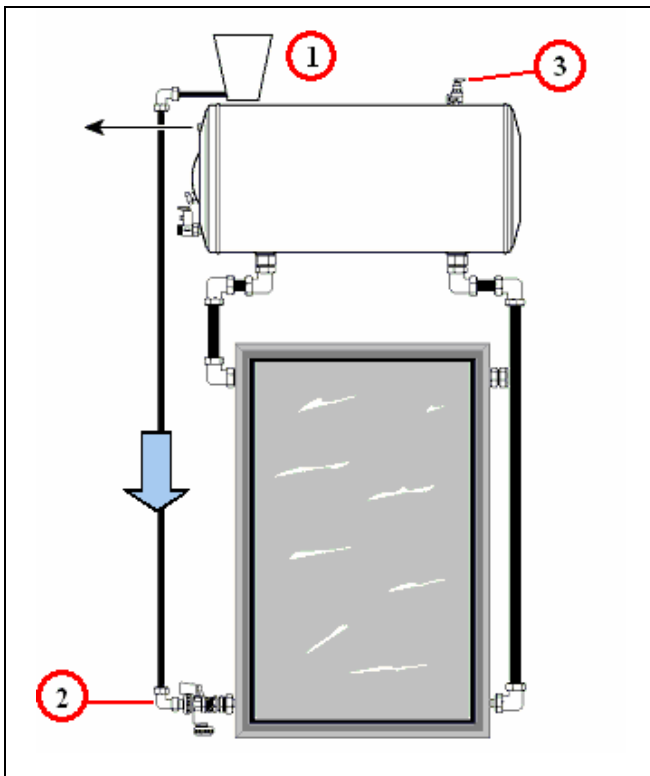
- 1- Curățarea circuitului: înainte de umplerea circuitului cu amestec de apă /glicol este necesară efectuarea unei umpleri cu apă a circuitului colectorului și apoi o golire (după ce verificarea etanșeității a avut un rezultat pozitiv); vor fi utilizate robinetele corespunzătoare poziționate în punctul cel mai de jos al circuitului colectorului.
- 2- Controlul etanșeității: se va efectua (la rece) înainte de umplerea circuitului cu amestec de apă /glicol, servindu-vă de umplerea circuitului pentru curățare. Se va face să crească presiunea circuitului, se scoate aerul rămas de la valva dezaeratoare și verificați cu grijă țevile și racordurile: este bine să nu efectuați astfel de operații dacă există riscul de îngheț. Dacă se dorește efectuarea acestui control mai rapid, se poate utiliza aer comprimat, verificând înainte să nu existe căderi de presiune și verificând toate legăturile și racordurile cu apă și săpun.
- 3- Umplerea circuitului (**CIRCULAȚIE FORȚATĂ**): verificați înainte dacă este corectă presiunea de pre – încărcare a vasului de expansiune (de la 1,5 la 2,5 bar). Prima operațiune va fi aceea de închidere a valvei de umplere (5) și apoi deschideți robinetele (4) și (7), apoi se va putea efectua umplere cu ajutorul pompei până ce fluidul va începe să curgă, mai întâi pe la ventil (2), și apoi de la robinet (7). Apoi, o dată închis acest robinet, va trebui să se continue umplerea instalației până când presiunea internă va ajunge la cel puțin 1,5 / 2 bar (presiunea de exercițiu a colectorului la rece). Închideți apoi robinetul (4), și deschideți valva de umplere (5). O verificare ulterioară a umplerii corecte poate fi făcută la rece (dimineața) verificând presiunea circuitului.



4- Umplerea circuitului (**CIRCULAȚIE NATURALĂ**)

Deschideți supapa de siguranță amplasată deasupra boilerului; Umpleți cu soluție de apă și glicol (în proporție calculată în funcție de temperaturile externe) în modul "cu gravitație" (rezervorul de soluție situat deasupra boilerului în punctul cel mai înalt al circuitului), racordând tubul de încărcare la robinetul de umplere al instalației.

Umplerea instalației se va face în mod natural până când supapa de siguranță va începe să picure: după aceasta, închideți supapa de siguranță și robinetele pentru a termina încărcarea (umplerea).



Legenda:

- 1) Soluție apă / glicol
- 2) Robinet umplere instalație
- 3) Supapa de siguranță

- 5- Scoaterea aerului din circuit : o dată umplut corect circuitul, instalația trebuie setată pe regim de funcționare și trebuie să se scoată aerul de la valva dezaeratoare, această operațiune va trebui repetată de mai multe ori , în mai multe zile pentru a fi siguri că a fost scos tot aerul (vezi și capitolul precedent).
- 6- Umpleți circuitul boilerului: după ce ați efectuat operațiunile descrise mai sus, deschideți robinetul de umplere intrare apă rece și umpleți boilerul până când de la un robinet de utilizare nu mai iese apă.

9 Întreținerea (revizia) și identificarea defecțiunilor

Pentru o funcționare corectă a instalației în regim, trebuie să se efectueze periodic unele verificări la:

- 1- Presiunea instalației: verificați dacă rămâne constantă în timpul funcționării ;
- 2- Diferența de temperatură dintre tur și retur circuit colector (instalații cu circulație forțată): aveți grijă ca în zilele cu insolație puternică să nu depășească 60, în caz contrar acționați asupra dispozitivului de reglare a pompei pentru a-i mări turatia ;
- 3- Funcționare pompă: aveți grijă ca pompa să intre în funcțiune la trecerea noapte /zi (prezența radiațiilor solare) și să se oprească la trecerea inversă;
- 4- Zgomote în interiorul instalației: verificați eliminarea aerului prezent în interiorul circuitului;
- 5- Murdărie pe geamurile colectorului: efectuați curățarea în fiecare an, cu regularitate;
- 6- Concentrație antigel: verificați concentrația % de glicol din soluție la fiecare 2 ani;
- 7- Aciditatea soluției antigel: dacă PH-ul unei astfel de soluții ar ajunge să fie < 6,6 (ușoară aciditate), schimbați amestecul apă /glicol
- 8- Anod anti - coroziune în boiler: verificați periodic integritatea acestuia

Vom prezenta o serie de anomalii mai comune și cauzele posibile

LISTĂ ANOMALII		CAUZE POSIBILE
1	Pierdere de presiune în circuitul colectorului	<ul style="list-style-type: none"> - Pierdere apă în circuit din cauza spargerilor racordurilor /țevilor /etc. sau din cauza înghețului - Pierdere anormală de fluid de la supapa de siguranță
2	Pierdere anormală de fluid de la supapa de siguranță	<ul style="list-style-type: none"> - Presiune greșită de pre – încărcare în vasul de expansiune - Dimensionare greșită a capacității circuitului - Defecțiune valvă
3	Nefuncționare pompă (circulație forțată)	<ul style="list-style-type: none"> - Lipsă tensiune de rețea - Pornire sonda boiler prin atingerea temperaturii - intreruperea sondei boilerului - intreruperea sondei temperatura colector
4	Fluidul cald nu vine de la colector dar Pompa este în funcțiune (circulație forțată)	<ul style="list-style-type: none"> - Valva de interceptare și /sau valva antiretur închise - Prezența aerului în circuitul colector - Formarea de vapori în circuitul colector (întârziere pornire pompă sau debit insuficient) - Prea multă murdărie pe geamul colectorului
5	Întârziere aprindere pompă (circulație forțată)	<ul style="list-style-type: none"> - sonda temperatura colector intreruptă - setări greșite la panoul electronic
6	Răcire excesivă a boilerului	<ul style="list-style-type: none"> - izolare tuburi incorectă /insuficientă - valva antiretur defectă (mereu deschisă /pornire circulație naturală în rețea) - pompa de recirculare mereu în funcțiune

10 apendice teoretic: calculul eficienței unui panou solar

Eficiența unui panou solar este definită ca:

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_i}$$

Legenda:

- η = eficiență (randament)
- Q_u = Putere utilă ce se poate obține de la colector
- Q_i = Putere solară incidentă pe colector

Puterea solară incidente pe colector Q_i poate fi definită ca rezultată a puterii radiației solare incidente E pe o arie a suprafeței transparente A_{st} :

$$Q_i = E A_{st}$$

Puterea (capacitatea) utilă ce se poate obține de la colector Q_u , care va servi la creșterea temperaturii sistemului, nu este egală cu Puterea absorbită Q_a deoarece în parte este pierdută prin dispersii de energie; în plus va fi și o dispersie de energie pentru transmisia căldurii către exteriorul panoului (puterea (capacitatea) pierdută pe care o vom numi Q_c).

Puterea utilă ce se poate obține de la colector Q_u = Putere absorbită Q_a – putere pierdută Q_c

Deci eficiența η va putea fi definită ca

$$\eta = \frac{Q_a - Q_c}{Q_i} = K_i - \frac{Q_c}{E \times A_{st}}$$

Legenda:

- η = Putere absorbită
- Q_c = Putere pierdută
- Q_i = Putere solară incidentă pe colector
- K_i = Coeficient de schimb termic al colectorului

Cu K_i (**caracteristic colectorului**) care este raportul între Puterea absorbită Q_a și Puterea solară incidentă pe colector Q_i (care la rândul său este alcătuită din puterea radiației unitare solare I multiplicând aria colectorului A_{st}).

Eficiența unui colector poate fi văzută procentual într-o diagramă, în care se poate determina aceeași rezultată având în vedere raportul dintre puterea (capacitatea) pierdută Q_c și Puterea (capacitatea) solară incidentă pe colector Q_i :

$$\frac{Q_c}{Q_i} = \frac{U \times \Delta T}{E}$$

Legenda:

- Q_c = Putere (capacitate) pierdută
- Q_i = Putere solară incidentă pe colector
- U = Coeficient de schimb termic al colectorului
- ΔT = Diferența de temperatura ($T_{\text{medie placă}} - T_{\text{aer ambient}}$);
- E = Puterea radiației solare.

Deci formula mai sus descrisă, reprezentată în diagramele de mai jos, se transformă în:

$$\eta = K_i - \frac{U \times (T_{\text{media_placra}} - T_{\text{aria_ambiente}})}{E} [W^\circ C / m^2]$$

Oricum, aceste diagrame reprezintă evoluția randamentului η în funcție de parametru "salt termic ΔT / energia solară E ", și permit să obținem cu ușurință randamentul panoului, cunoscându-se saltul