

ENERGIA SOLARĂ

1. Argumente în favoarea utilizării energiei solare

În condițiile actuale, în care problematica energetică câștigă în importanță, iar protecția mediului a devenit o cerință a societății, s-au intensificat și eforturile pentru dezvoltarea tehnologiilor de valorificare a energiilor neconvenționale (solare, eoliene, geotermale etc.).

Dezvoltarea și perfecționarea tehnologiilor de captare și valorificare a radiației solare rămâne un subiect de actualitate, datorită avantajelor pe care energia solară le oferă:

- Soarele este o sursă de energie nepoluantă și practic inepuizabilă, - la scara omenirii - estimându-se o durată a existenței radiației sale de cel puțin 4 bilioane de ani; Soarele emite în spațiu o cantitate mare de energie, din care Pământul primește anual circa $2,8 \times 10^{21}$ kJ; are un potențial energetic uriaș, astfel încât dacă s-ar acoperi a mia parte din suprafața Pământului cu captatori având un randament de 5%, s-ar obține anual circa 60 miliarde de MWh; este o sursă de energie dispersă, fapt ce permite utilizarea ei prin conversie în alte forme de energie, direct la locul de consum, eliminându-se astfel transportul la distanță;
- energia solară poate fi transformată în alte forme de energie – termică, electrică, mecanică sau chimică, cu ajutorul captatoarelor. Forma, tipul și mărimea acestor instalații/dispozitive de conversie a energiei solare depinde de energia nou creată și pot fi executate în variante constructive simple sau mai complexe, obținându-se performanțe corespunzătoare tehnologiilor folosite.

Pe plan mondial, preocupările pentru valorificarea energiei solare sunt reprezentate de obiective ca: stațiile de pompare din Senegal, Mali, Volta Superioară sau Niger; farul din Shanghai; desalinizarea apei în Sudan și Orientul Mijlociu; avioane solare, automobile autonome care utilizează panouri solare și chiar centrale solare spațiale.

În România, preocupările în domeniul energiei solare au culminat în anul 1979, prin implementarea pe scară largă a diferitelor aplicații de utilizare a energiei solare, ca de exemplu: sisteme de preparare a apei calde de consum pentru clădiri de locuit – Timișoara fiind primul oraș în care, un întreg cartier "Zona Soarelui" a fost prevăzut cu acest gen de instalații - hoteluri de pe litoralul Mării Negre; sisteme de apă caldă pentru agricultură sau industrie etc. După un declin datorat tehnologiilor greoaie, a costurilor ridicate pentru materiale, exploatare și întreținere, în prezent, activitatea în domeniul energiei solare cunoaște un reviriment datorită noilor descoperiri tehnice și tehnologice. Câteva exemple de sisteme pentru valorificarea energiei solare, sunt reprezentate de:

- sistemele pentru prepararea apei calde de consum la clădiri de locuit și hoteluri (Beta și Gama din Costinești, pe litoralul românesc)
- în localitatea Pleși județul Alba, funcționează o centrală cu energie solară și eoliană, constând în 8 module fotovoltaice de 53 W fiecare și o turbină eoliană de 1000W, pentru utilități casnice;

- în localitatea Surducel județul Bihor, funcționează o centrală cu energie solară și eoliană, cu în 8 module fotovoltaice de 53 W fiecare și o turbină eoliană de 3000W, pentru utilități gospodărești.

România dispune de un potențial important de energie solară datorită amplasamentului geografic și condițiilor climatice favorabile. Zonele cu flux energetic solar important (1450 – 1600 kWh/m² pe an), sunt: Dobrogea, Delta Dunării și Litoralul Mării Negre. Zonele ce dispun de fluxuri energetice solare medii anuale cuprinse între 1350 - 1450 kWh/m² pe an sunt: Câmpia Română, Câmpia de Vest, Banat și o parte din podișurile Transilvaniei și Moldovei.

Harta radiației solare în România este redată în figura 1.

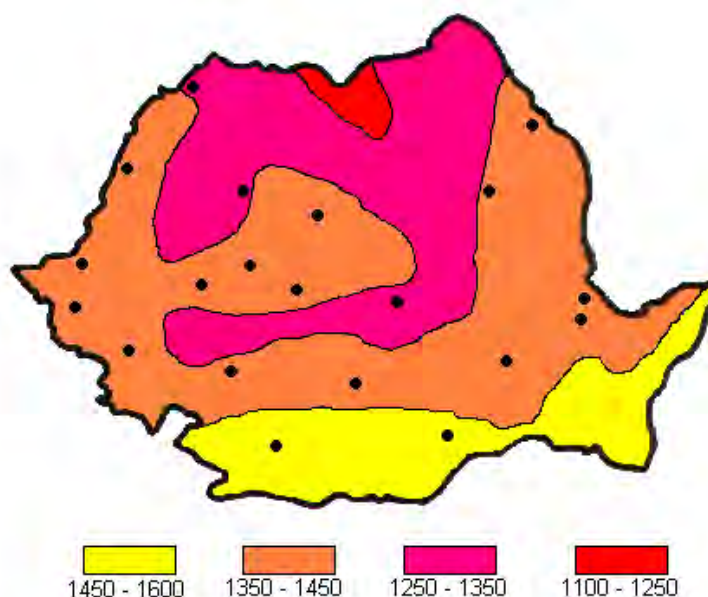


Figura 1 Harta radiației solare în România

Radiația solară

Soarele este o sferă cu raza de 695.000 km, având o densitate medie de 1400 kg/m³, iar masa lui reprezintă 99,85% din masa totală a sistemului solar. Elementele care predomină în masa Soarelui sunt hidrogenul și heliul. În interiorul Soarelui au loc reacții nucleare: hidrogenul se transformă în heliu eliberând 4 milioane de tone energie – masă pe secundă. Ca urmare a acestor reacții temperatura lui din interior atinge valori de 20×10^6 K, iar la suprafață, temperatura este de circa 5.762 K.

Din punct de vedere energetic, partea cea mai importantă a energiei solare din afara atmosferei se găsește în intervalul spectral 0,20 – 3,0μm. În acest interval, este emisă aproximativ 97% din energia totală, iar diferența de 3 % este emisă în banda de emisie cuprinsă între 10^{-10} și 10^3 m.

Radiația solară la suprafața Pământului

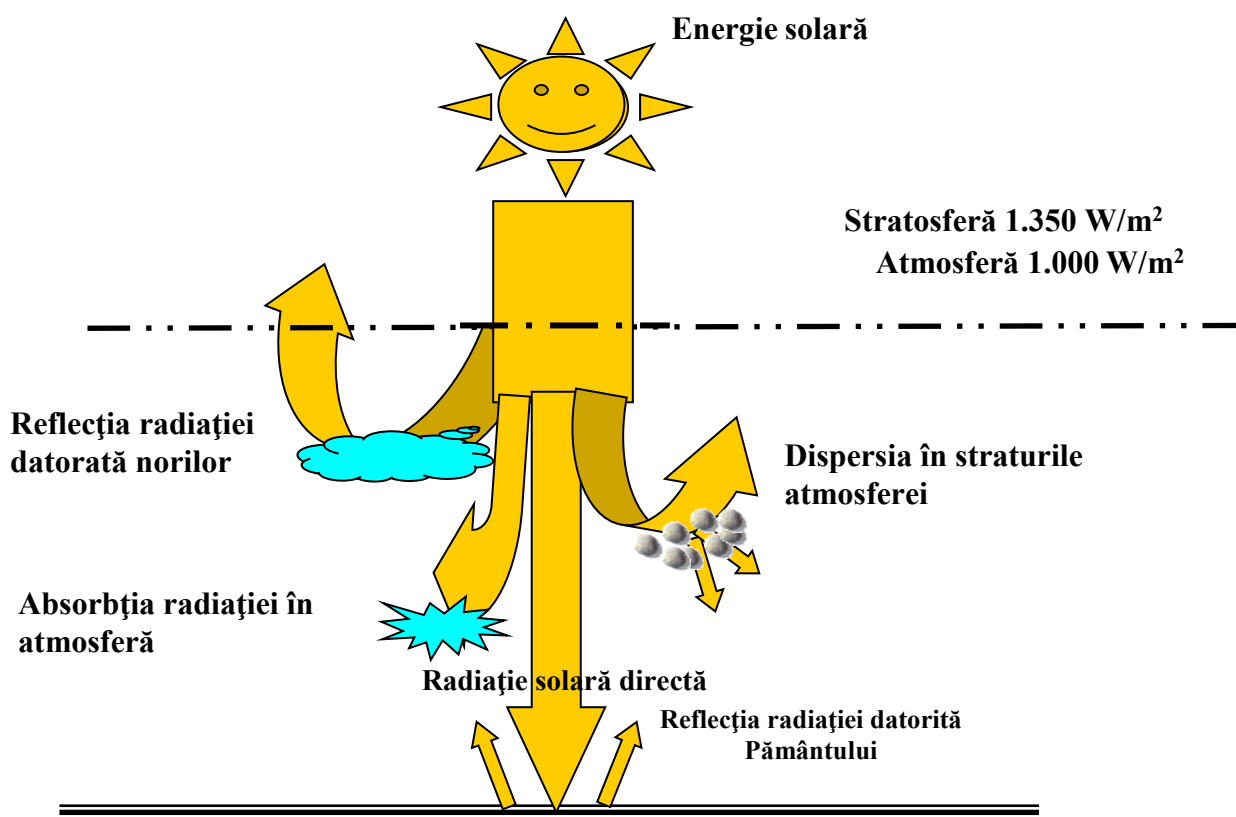
Constanta solară (sau radiația directă) reprezintă energia termică ce este primită pe o suprafață normală (plasată perpendicular pe direcția razelor solare) situată la limita atmosferei terestre. Valoarea constantei solare C_s este de 1,355 kW/ m². Această valoare se modifică datorită variației periodice a distanței Pământ – Soare și datorită fenomenelor solare

Fluxul integral de energie radiantă care vine de la Soare spre Pământ este variabil, în funcție de variația distanței Pământ – Soare. Distanța medie Pământ - Soare este de aprox.149 milioane km, iar traiectoria Pământului în jurul Soarelui este o ușoară

elipsă excentrică; această distanță se modifică periodic odată cu solstițiul de vară, respectiv solstițiul de iarnă.

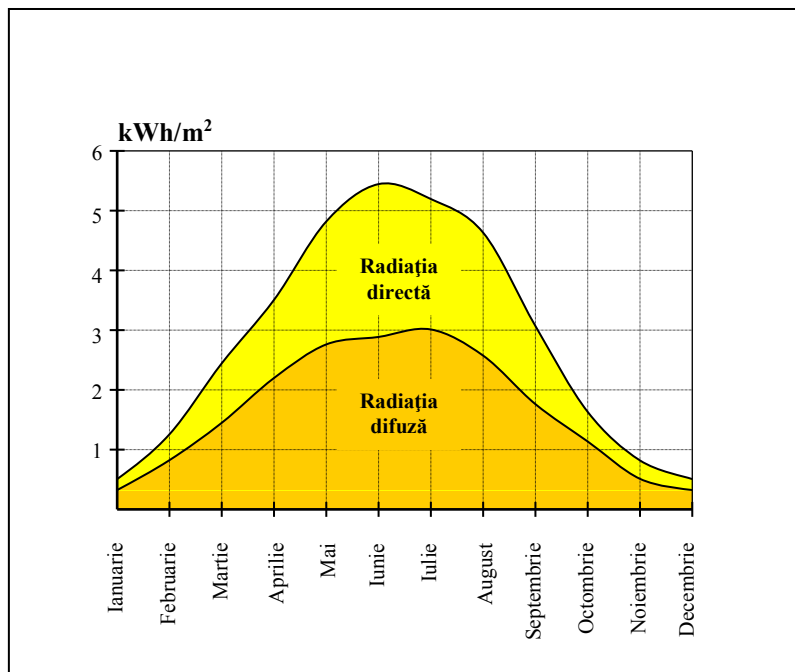
Fluxul de energie radiat de Soare care ajunge la suprafața Pământului este mai mic decât constanta solară, deoarece, în drumul ei, radiația solară străbătând masa atmosferică (peste 8 km) este redusă ca urmare a reținerilor sau a disipării energiei. Sunt reținute astfel razele X, γ , și o parte din razele ultraviolete. Vaporii de apă și bioxidul de carbon existent în atmosferă contribuie la reținerea radiației solare. Atmosfera modifică intensitatea, distribuția spectrală și distribuția spațială a radiației solare prin două mecanisme: absorbție și difuzie. Radiația absorbită este în general transformată în căldură, iar radiația difuză este retrimisă în toate direcțiile în atmosferă. Prin aceste procese, atmosfera se încălzește și produce o radiație cu lungime de undă mare, denumită radiație atmosferică. Prin reflecția datorată moleculelor de aer, radiația este împrăștiată difuz (difuzie Rayleigh), formându-se radiația bolții cerești.

Figura 2. Disiparea radiației solare în atmosferă



Radiația globală I_G primită de la Soare, de o suprafață orizontală la nivelul solului pentru o zi senină, se compune din suma radiației directe și radiația difuză. Radiația solară directă depinde de orientarea suprafeței receptoare. Radiația difuză poate fi considerată aceeași, indiferent de orientarea suprafeței receptoare, chiar dacă în realitate există mici diferențe. În figura 3 reprezintă proporția radiației difuze din radiația globală.

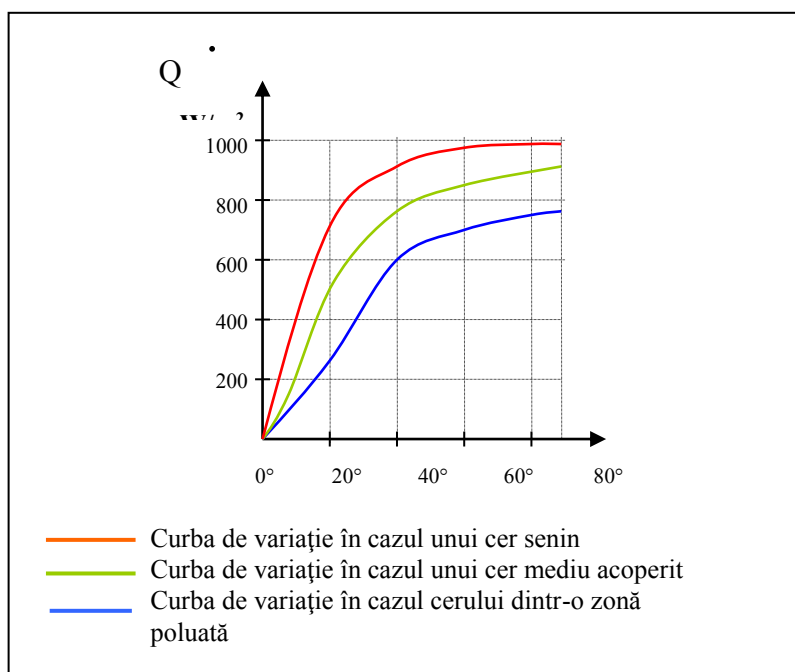
Figura 3. Radiația globală și radiația difuză



Radiația solară este influențată de modificarea unghiului de înălțime a soarelui, a înclinării axei Pământului, de modificarea distanței Pământ – Soare precum și de latitudinea geografică .

În figura 4 este reprezentată variația radiației solare în funcție de înălțimea Soarelui h (unghiul direcției razelor solare cu planul orizontal) și diferite situații atmosferice .

Figura 4.
Variația radiației solare în funcție de înălțimea Soarelui și diferite situații atmosferice



Date meteorologice necesare stabilirii potențialului de energie solară la suprafața Pământului

Factorii meteorologici care au o influență importantă asupra radiației solare la suprafața Pământului sunt: transparența atmosferei, nebulozitatea, felul și poziția norilor.

Relația dintre factorii meteorologici și radiația solară este monitorizată de Institutul Național de Hidrologie și Meteorologie, lunar și pentru fiecare anotimp în diferite zone ale țării. În tabele/hărți se centralizează statistic datele despre: durata efectivă de strălucire a Soarelui; numărul mediu de zile însorite; distribuția densității zilnice; intensitatea radiației solare și alte caracteristici ale radiației solare.

Pentru problemele legate de utilizarea energiei solare, sunt necesare două date meteorologice importante: *intensitatea de radiație* și *durata de insolație*. Pe baza acestor valori și a datelor referitoare la radiația solară totală și directă pe cer senin, precum și a radiației pe o suprafață normală la bază, (vezi tabelul 1) se pot calcula intensitățile radiației solare efective pe diferite suprafețe.

Densitățile puterii radiante solare globale medii (W/m^2) pe o suprafață orizontală în București

Tabelul 1

Ora	Felul cerului	Lunile anului											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
6	S	-	-	23	72	142	184	142	69	20	-	-	-
	A	-	-	15	34	84	105	75	36	14	-	-	-
9	S	130	258	384	560	655	680	655	541	365	190	116	89
	A	65	123	191	280	378	337	380	291	182	93	65	25
12	S	280	420	639	799	881	905	681	775	611	416	296	140
	A	145	215	318	405	535	462	528	503	377	243	162	68
15	S	132	260	384	560	655	680	655	541	365	190	115	85
	A	68	130	183	296	330	342	335	295	188	101	63	24
18	S	-	-	23	72	142	184	142	69	20	-	-	-
	A	-	-	6	32	70	89	68	32	10	-	-	-

(A = cer acoperit, nebulozitate 8 – 10; S = cer senin; nebulozitate 0 – 3)

Durata de strălucire a Soarelui, indică perioada de timp din zi, lună și an în care acesta a strălucit pe bolta cerească. Reprezintă elementul principal de caracterizare a gradului de însorire al unui punct sau zone de pe glob.

În tabelele 2 și 3 sunt centralizate durata medie orară, respectiv sumele medii orare de strălucire a Soarelui pentru câteva localități.

Durata medie orară d, de strălucire a soarelui la ora 12 (11,30 – 12,30) Tabelul 2

Localitatea	Durata medie orară la ora 12, în luna:											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
București - Basarabi	0,39	0,39	0,49	0,61	0,62	0,71	0,79	0,82	0,77	0,68	0,46	0,36
Constanța	0,39	0,37	0,48	0,58	0,67	0,78	0,82	0,85	0,80	0,68	0,46	0,35
Cluj - Cetățuie	0,42	0,47	0,58	0,51	0,61	0,5	0,61	0,63	0,71	0,6	0,32	0,31
Iași	0,37	0,36	0,47	0,56	0,64	0,72	0,75	0,79	0,71	0,59	0,33	0,32
Timișoara	0,36	0,4	0,57	0,57	0,66	0,68	0,75	0,77	0,71	0,65	0,39	0,37

Sumele medii orare ale duratei de strălucire a Soarelui**Tabelul 3**

Localitatea	Sumele medii lunare (h/lună), în luna:											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
București - Basarabi	76,6	79,8	125	183	252,2	296,6	317,8	293,4	227,3	178,1	98,7	67,5
Constanța	78,6	80,7	131,2	182,4	254,6	307,3	330,1	310,2	243,1	182,7	106	70,9
Cluj - Cetățuie	83,7	104,2	168,9	169,2	219,7	238,8	236,1	222,6	201,1	162,1	65,8	62
Iași	71,1	73,3	127,2	173,9	229,0	259,1	272,2	264,8	205,0	154,3	71,4	55,0
Timișoara	75,5	88,6	156,9	184,8	240,3	263,6	297,3	276,4	216	175,3	83,9	53,6

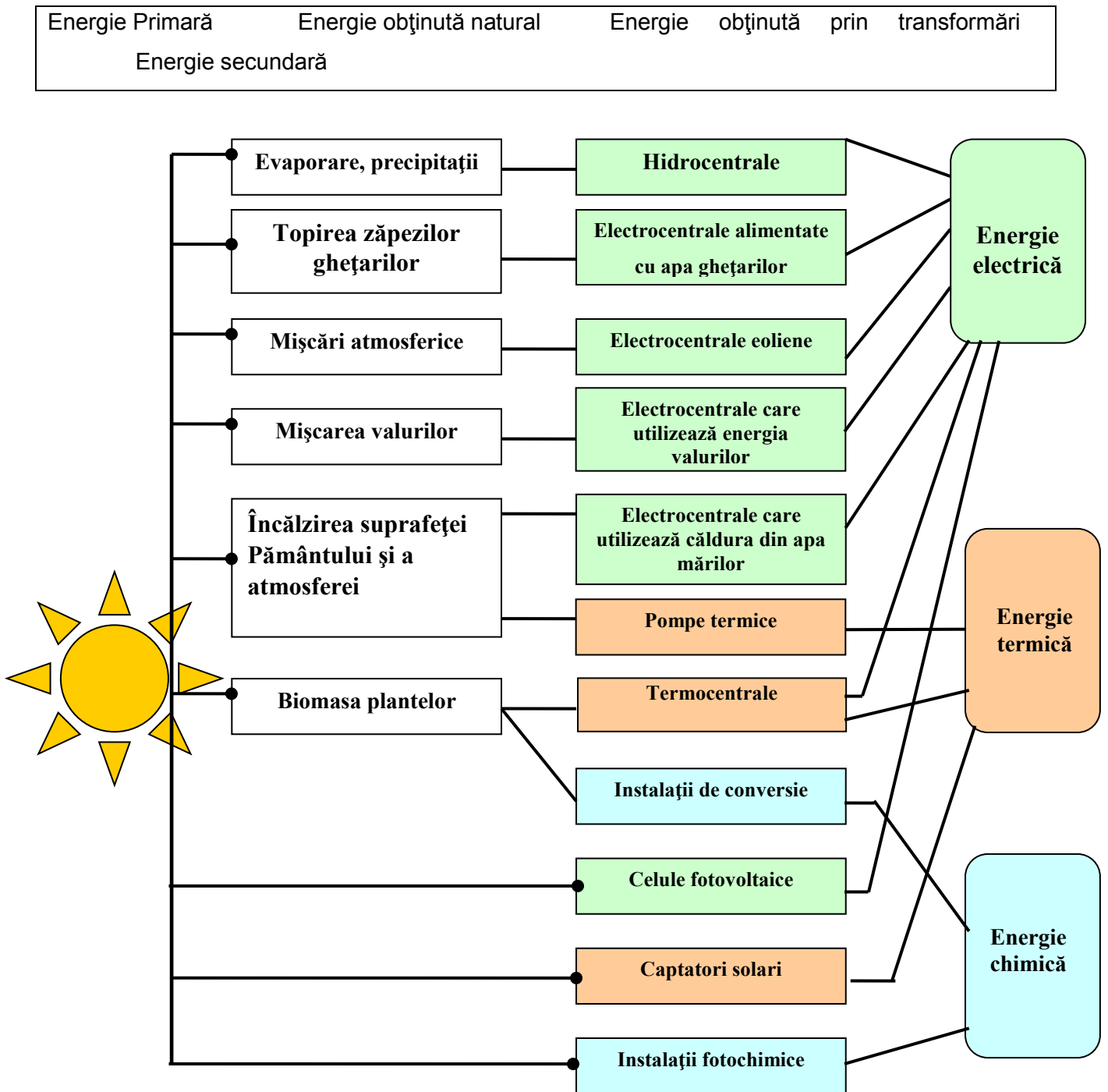
Conversia energiei solare în alte forme de energie

Energia solară se poate utiliza în diferite forme, problema de bază constând în găsirea unor căi cât mai simple și eficiente pentru conversia acesteia în alte forme de energie.

- *Energia fototermică*: utilizată în aplicații industriale, încălzirea clădirilor, prepararea apei calde de consum, uscarea materialelor, distilarea apei etc.
- *Energia fotomecanică*: prezintă importanță în energetica spațială, unde conversia bazată pe presiunea luminii este folosită la zborurile navelor cosmice;
- *Energia fotoelectrică*: cu aplicații în energetica solară terestră și în energetica spațială
- *Energia fotochimică*: utilizată direct prin excitații luminoase ale moleculelor unui corp, sau indirect prin intermediul plantelor sau a transformării produselor de dejecție a animalelor.

În figura 5 sunt reprezentate schematic posibilitățile de utilizare a energiilor neconvenționale.

Figura 5. Posibilitățile de utilizare a energiei solare



Utilizarea energiei solare sub formă de energie termică nu poate fi separată de problema stocării acestei energii, de aceea, partea a II a lucrării va face referire la tipurile și caracteristicile diferitelor tipuri de captatoare utilizate.

2. Aplicații ale sistemelor solare în instalațiile pentru construcții

2.1. Componente ale sistemului

Energia solară este care ajunge pe pământ este intermitentă și variabilă, de aceea conversia și utilizarea acesteia implică probleme complexe legate de construcția și amplasamentul captatorilor, de integrarea sistemului solar în instalație, precum și de automatizare a sistemului.

O instalație de conversie a energiei solare în energie termică, cu aplicații în instalațiile pentru construcții este prevăzută în general cu următorul echipament (vezi figura 6).

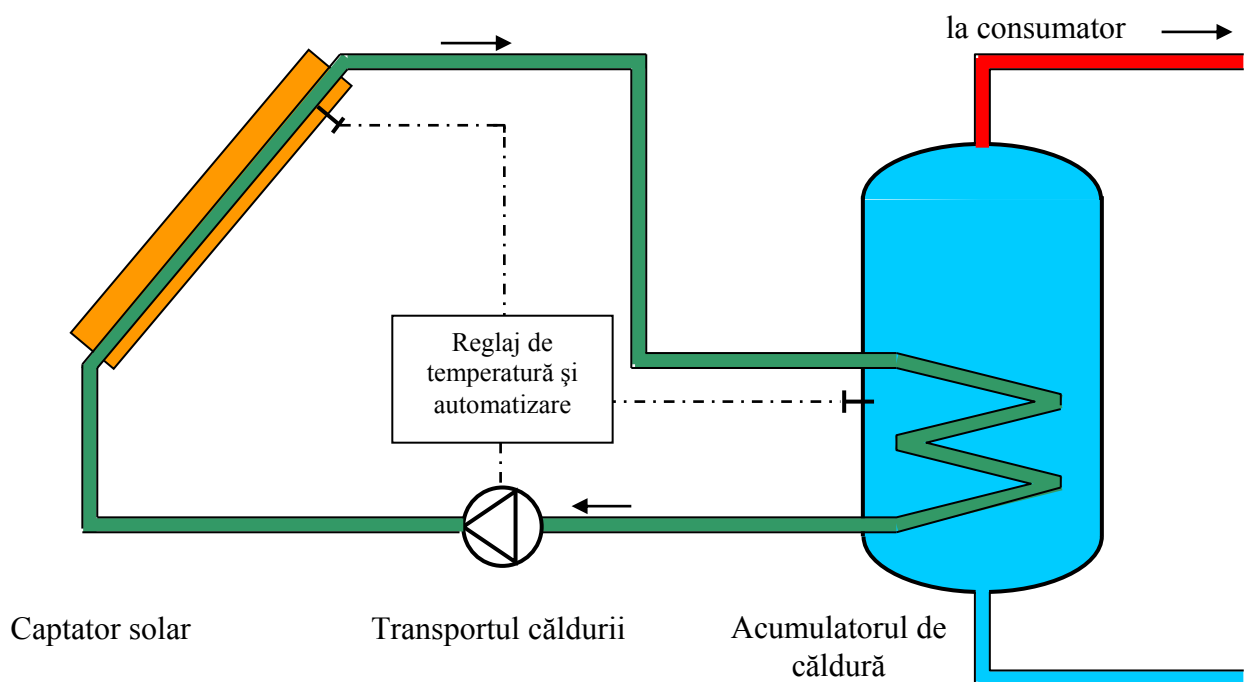


Figura 6. Schemă de principiu a unui sistem solar

- captatorul solar;
- dispozitive de stocare a căldurii solare;
- rețea de conducte pentru transportul și distribuția căldurii solare la consumator (circuit solar)
- elementele de automatizare a întregului proces de producere, stocare, transport și distribuție a căldurii solare;
- aparatură și dispozitive de siguranță și control.

În ultimii ani au fost mult mediatizate noi tehnici de utilizare a energiei solare (prin materiale documentare pliante, etc.), acestea fiind prezentate chiar ca soluții tehnice spectaculoase. De multe ori însă, datorită folosirii unei terminologii necorespunzătoare, au apărut confuzii. Considerăm necesară o menționare a termenilor importanți folosiți în sistemele cu transformare a energiei solare în căldură.

a. Sistemele solare active: cuprind instalațiile tehnologice special construite pentru captarea, stocarea (acumularea) și transportul energiei obținute din radiația solară.

b. Sisteme solare pasive: cuprind măsurile constructive de amplasare, orientare și alegere a materialelor de construcție, astfel încât construcția (clădirea) în sine, să se comporte ca un captator solar, fără a fi folosite mijloace tehnice pentru captarea, transportul și stocarea energiei termice. Pentru a obține un efect corespunzător se prevăd măsuri și soluții tehnice încă din faza de proiectare a clădirii, pentru folosirea optimă a radiației solare.

c. Captatorii solari: reprezintă instalațiile folosite pentru transformarea radiației solare în energie termică. Forma, tipul sau mărimea acestora depinde de energia nou creată; sunt executate din diferite materiale și tehnologii specifice pentru domeniul temperaturilor joase ($< 100^{\circ}\text{C}$), sau pentru temperaturi înalte.

Captatorul solar, are rolul de a transforma radiația solară în energie termică și de a o ceda mediului de transport (agentului termic apă, aer, sau altul) și trebuie amplasat astfel încât eficiența captării radiației solare să fie maximă (vezi figura 7).

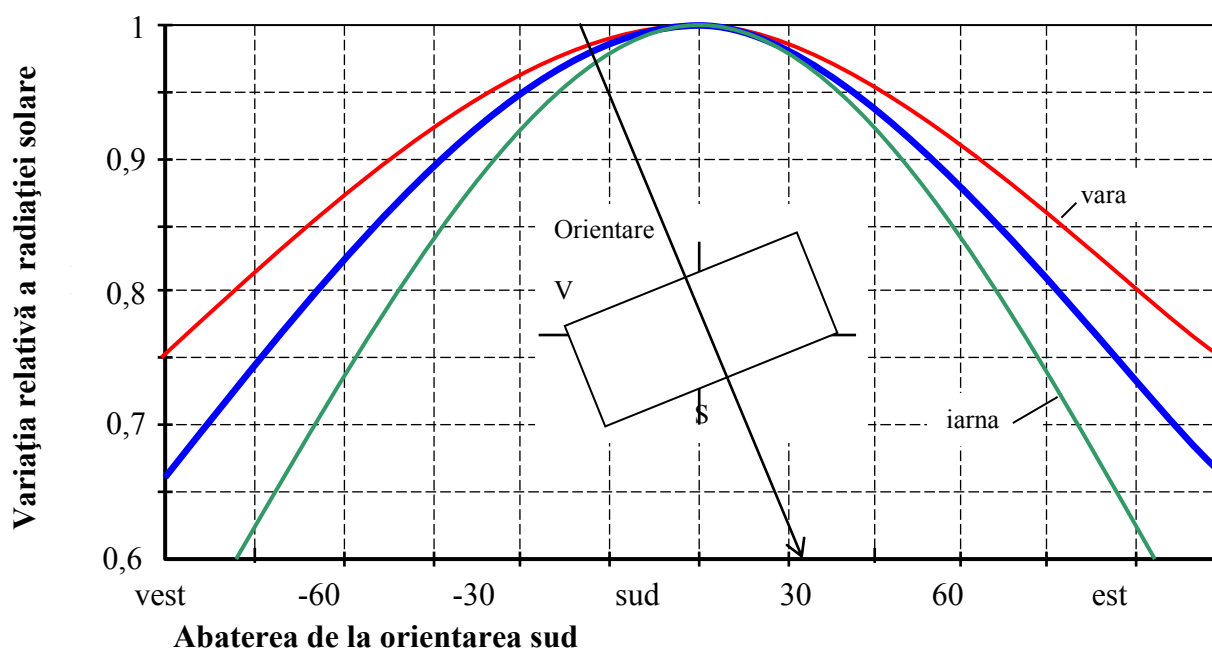


Figura 7. Variația relativă a radiației solare în funcție de abaterea de la orientarea sud

Fiind elemente exterioare ale instalației solare, captatorii trebuie să îndeplinească pe lângă condițiile de eficiență a captării radiației solare și condițiile de rezistență și stabilitate a construcțiilor (vânt, încărcare cu zăpadă etc.), dar și de estetică a construcțiilor.

Se menționează două tipuri de captatori:

- *captatorul fără concentrarea radiației solare:* un dispozitiv simplu, care captează pe o suprafață - de obicei plană și fixă - radiațiile solare directe și difuze, le absoarbe și le transformă în căldură, suprafața absorbantă fiind egală cu suprafața care interceptează radiațiile solare;

- *captatorul cu concentrarea radiației solare*: are o construcție mai complexă, datorată faptului că urmărește mișcarea aparentă a Soarelui. Suprafața de captare are forme diverse, bazate pe reflexie și refracție pentru a mări cât mai mult densitatea fluxului de radiație.

d. Dispozitivul de stocare a căldurii solare (acumulatorul): reprezintă o parte importantă a sistemului solar deoarece între aportul de radiație solară și necesarul de căldură există diferențe, ca de exemplu: variația orară a consumului de apă caldă de menajeră, sau variația necesarului de căldură pentru încălzire.

Acumulatorul are rolul de a compensa variațiile naturale ale radiației solare și drept urmare variațiile de energie termică cedată de către captatorul solar mediului de transport. Acumulatorul stochează energia termică în momentul când nu există consum sau consumul este redus și o pune la dispoziția consumatorului când radiația solară este redusă sau minimă. Pentru sistemele solare care încălzesc apa de piscină, acumulatorul este de fapt bazinul cu apă (piscina), la prepararea apei calde de menajere acumulatorul poate fi un boiler bine izolat termic, iar la sistemele solare pentru încălzire acumulatorul poate fi realizat sub forma unui recipient deschis izolat termic corespunzător.

Stocarea energiei termice ce s-a obținut din energia solară se poate face în diverse forme, alegerea modului de stocare depinde de natura procesului care se urmărește în instalația solară. De exemplu, pentru stocarea căldurii se pot folosi fluide ca apa sau aerul.

e. Circuitul solar: are rolul de a transporta energia termică preluată de captatorul solar la acumulatorul de energie termică sau la consumator. Transportul energiei termice în circuitul solar se realizează prin intermediul unui agent termic (aer, apă sau alte lichide). În sistemul din figura 1 agentul termic preia căldura din captatorul solar și o cedează acumulatorului. Sistemele solare care folosesc apa ca agent termic sunt alcătuite din conducte, armături, pompe de circulație, echipament de măsură, siguranță și automatizare.

Sisteme de utilizare a instalațiilor solare:

- instalații pentru prepararea apei calde menajere;
- instalații pentru încălzire;
- instalații pentru încălzirea apei din piscine;
- instalații de răcire;
- instalații solare de uscare;
- instalații solare de desalinizare etc.

Ca și la alte echipamente tehnice și în cazul sistemelor solare, sunt mai puțin amintite dezavantajele acestora.

Este simplu de înțeles că, folosind sistemul solar se poate menține mai ușor temperatura apei din piscine la 25°C în sezonul de vară, decât prepararea apei calde de consum în sezonul de iarnă, la temperatura de 45°C sau asigurarea necesarului de căldură pentru încălzire. Din păcate, atunci când necesarul de căldură pentru încălzire sau prepararea apei calde de consum este mai mare, iarna, radiația solară este scăzută și nu se poate obține calitatea necesară a agentului termic (temperatură și debitul de agent termic necesar).

Chiar dacă aceste sisteme solare constituie instalații relativ simple, pentru a asigura o eficiență optimă dimensionarea acestor sisteme trebuie să țină seama de variația radiației solare și variația necesarului de energie termică.

În continuare vor fi prezentate sistemele de captare a energiei solare în cadrul instalațiilor pentru construcții; cele mai importante aplicații în domeniul utilizării energiei solare sunt:

- prepararea apei calde menajere vara și preîncălzirea apei reci pentru prepararea apei calde – toamna – iarna - primăvara
- încălzirea apei din piscine vara
- încălzirea încăperilor în anotimpul rece

2.2. Instalații solare pentru prepararea apei calde menajere

Aceste sisteme corespunzător dimensionate pot asigura ca soluție unică, alimentarea clădirilor de locuit cu apă caldă menajeră la temperatura de 45°C în sezonul de vară. În lunile martie – aprilie și septembrie – octombrie sistemul poate prelua însă doar o parte din sarcina termică necesară producerii apei calde menajere. Soluțiile tehnice pentru acest sistem sunt reprezentate de instalații cu circulație naturală și instalații cu circulația forțată (la acest tip fiind prevăzută o pompă de circulație pe circuitul agentului termic). Pentru asigurarea nevoilor de consum instalația solară este prevăzută, de obicei, cu boiler în care este preparată și acumulată apa caldă menajeră (vezi figura 8).

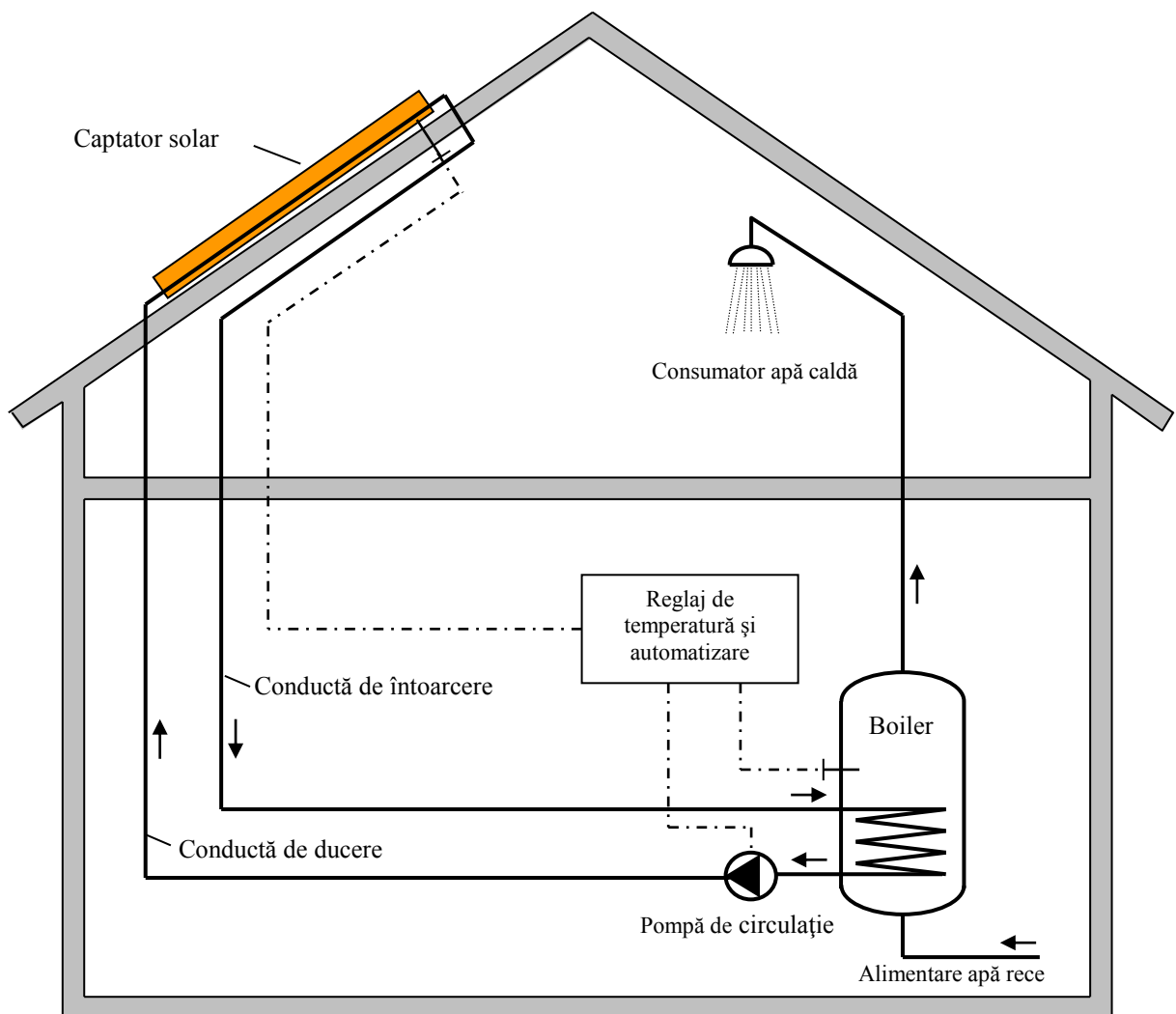


Figura 8. Sistem solar pentru prepararea apei calde menajere

Pentru a se putea prepara apa caldă menajeră la temperatura de 45°C, considerând temperatura apei reci de 10°C, temperatura apei trebuie ridicată cu 35°C; pentru acesta, suprafața absorbantă a captatorului solar trebuie să ajungă la temperatura de 50° - 70°C spre a putea transfera căldura agentului termic și apoi apei calde de consum cu o eficiență acceptabilă.

Aceste temperaturi ridicate în captatori și în conductele de transport ale agentului termic presupun măsuri de izolare termică corespunzătoare pentru reducerea pierderilor de căldură.

Captatorii solari pentru sistemele solare de preparare a apei calde menajere sunt de regulă captatori plani montați în cutii bine izolate termic în care suprafața neagră absorbantă se găsește sub una sau două rânduri de sticlă, sau alt material transparent. Ca și componentă a sistemului solar, acești captatori sunt montați pe acoperișul clădirilor.

Sistemele de preparare a apei calde de consum rămân în funcțiune și în sezonul rece pentru că pot asigura chiar și în zilele de iarnă însorite o cantitate de căldură pentru prepararea apei calde de consum. La amplasarea sistemului în zone unde apare pericol de îngheț, pentru protejarea captatorului solar este necesar să se folosească agent termic în amestec cu glicol și separarea obligatorie a circuitului de agent termic față de apa caldă de consum din rezervorul de acumulare (serpentină montată în boiler).

Din practică se cunoaște că pentru un consum de 50l/om zi este necesară o suprafață a captatorului de aproximativ 1,5 m² și se poate acoperi în perioada de vară necesarul de apă caldă menajeră în proporție de 90 – 100%.

În funcție de mărimea sistemului solar realizat pentru prepararea apei calde menajere și de soluția constructivă adoptată, se pot obține 300 – 500 kWh/ m² an.

Dezvoltarea tehnicii în domeniul energiei solare în ultimii 20 –25 ani, a generat apariția unei game diversificate de sisteme solare pentru prepararea apei calde de consum - acestea incluzând captatorul, acumulatorul, automatizarea – și vor fi prezentate în articolul următor.

2.3. Încălzirea apei din piscine

Încălzirea apei din piscinele descoperite ridică cele mai mici probleme tehnice deoarece sunt folosite doar în sezonul de vară, iar temperatura apei din piscină poate fi ușor adusă și menținută la temperatura de 23 - 26°C.

Dacă scade radiația solară (nori, ploaie), va scădea și temperatura apei din piscină dar și gradul de folosire al acesteia. Ridicarea temperaturii apei din piscină cu 5 - 10°C, se poate realiza cu captatori solari simpli orientați spre sud. Aceștia sunt prevăzuți cu serpentine realizate din furtun negru sau membrane din mase plastice sau cauciuc prevăzute cu canale pentru apă.

Acumulatorul este, în această situație, piscina (bazinul de apă). Volumul mare de acumulare are drept rezultat scăderea mică a temperaturii apei pe perioada de noapte sau în zilele neînsorite. Prin acoperirea piscinei pe timp de noapte se pot reduce semnificativ pierderile de căldură ale apei din piscină (vezi figura 9).

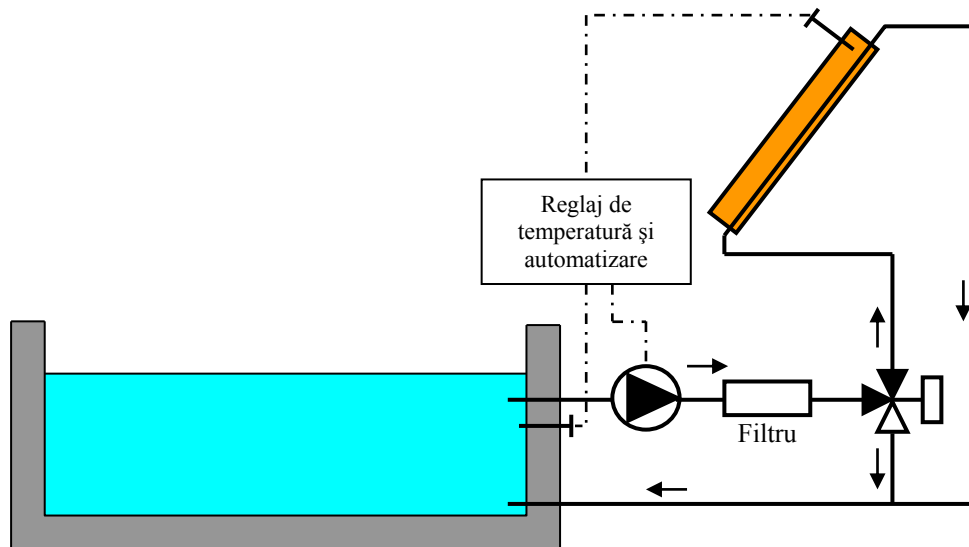


Figura 9. Sistem solar pentru încălzirea apei din piscină

Datorită folosirii sistemului de încălzire doar în lunile de vară nu există pericol de îngheț deci nu este necesară introducerea antigelului în circuitul captatorului solar. Pentru fiecare metru pătrat de piscină cu o adâncime normală sunt necesari 0,5 – 0,7 m² de captator solar. Debitul de apă prin captatorul solar trebuie să fie constant și relativ mare, circulația acestuia fiind asigurată de o pompă de circulație, astfel încât să se obțină o creștere de temperatură de maxim 8°C în captatorul solar.

În aceste condiții, captatorii solari pot capta anual 250 – 300 kWh/m², adică pot folosi 25 – 30% din radiația solară medie anuală considerată de 1000 kWh/m² pe an.

2.4. Instalații solare pentru încălzire

Comparativ cu sistemele solare pentru prepararea apei calde menajere, instalațiile solare pentru încălzire sunt folosite mai puțin în practică datorită faptului că cererea de energie termică – mare pe timp de iarnă - nu corespunde cu disponibilul de energie solară în această perioadă.

Astfel, în perioada rece a anului, valoarea necesarului de căldură pentru încălzire crește odată cu scăderea temperaturii exterioare, în timp ce aporturile de căldură solară sunt mai mici și scad odată cu scurtarea timpului de strălucire a Soarelui pe bolta cerească. Aceasta înseamnă că necesarul de căldură corespunde minimului de energie solară disponibilă și ca atare se impun anumite condiții tehnice atât clădirii cât și instalației.

Astfel, se impune o anumită arhitectură a clădirii, o izolare termică suplimentară a construcției, orientarea captatorilor spre sud, precum și prevederea unor surse auxiliare de căldură.

Aceste sisteme pot fi asociate cu alte forme de energie – eoliană sau geotermală – sau utilizează sisteme combinate cu pompe de căldură.

Se folosesc două categorii de sisteme solare de încălzire: sistemul pasiv și sistemul activ. Aceste sisteme au reprezentat și reprezintă subiectul unor programe de cercetare aplicative în multe țări (SUA, Franța, Danemarca, Germania, România etc).

Datorită faptului că sursa de energie solară are o durată diurnă limitată, în timp ce clădirea trebuie încălzită permanent, ambele sisteme (pasiv și activ) sunt prevăzute cu o unitate de stocare a căldurii provenite din radiația solară.

a) Instalații solare de încălzire pasivă

Aceste sisteme au performanțe ridicate, de aceea există în lume foarte multe clădiri încălzite pasiv. Elementele principale sunt reprezentate de captatoarele pasive care au rolul de a capta, stoca și distribui energia solară. Acestea sunt înglobate în pereții exteriori vitrați și orientați spre sud.

Aportul energiei solare se realizează atât prin intermediul captatoarelor integrate în elementele de construcții masive care delimitează încăperea cât și prin intermediul suprafețelor vitrate.

Pentru clădirile dotate cu acest sistem de încălzire, temperatura interioară de confort se realizează cu ajutorul unei surse clasice de căldură, dar sistemul de încălzire pasiv contribuie într-o măsură importantă la reducerea consumului de combustibili necesar încălzirii clădirii.

b) Instalații solare de încălzire activă

Au performanțe energetice mai ridicate decât cele ale sistemului pasiv de încălzire, dar datorită costurilor de investiție ridicate sunt folosite mai puțin. Aceste sisteme sunt prevăzute cu sistem de circulare a agentului termic purtător de căldură între captator, rezervorul de stocare și suprafețele de încălzire. O caracteristică a acestor sisteme o reprezintă temperatura fluidului purtător de căldură, care are un potențial termic redus (mai mic sau egal cu 50°C), ceea ce impune utilizarea și a unei surse clasice de căldură.

2.5. Concluzii

Sistemele solare implementate în instalațiile pentru clădiri au performanțe energetice ridicate, rezultând economii considerabile ale consumurilor de combustibili și reprezintă o sursă economică și, foarte important, nepoluantă de energie.

Este important însă ca la alegerea soluției tehnice să se țină seama de caracteristicile climatice ale zonei și particularitățile construcției și totodată se impune o analiză economică

(cheltuieli de întreținere, exploatare, amortizare a investiției) a sistemului ales.

Evitarea valorificării potențialului termic al energiei solare este un "lux" pe care nu ni-l mai putem permite mult timp.

3. Principiul de funcționare al captatorului plan

În continuare, ne propunem să prezentăm caracteristicile de funcționare ale captatorilor solari, termenii tehnici utilizați, împreună cu relațiile de calcul pentru dimensionarea captatorilor.

În prezent, în tehnica instalațiilor solare de încălzire a clădirilor și prepararea apei calde menajere, se folosesc o mare diversitate de captatori solari, producătorii oferind datele tehnice ale acestora. Funcționarea captatorului solar poate fi mai simplu explicată considerând un captator plan - (vezi figura 10), unde:

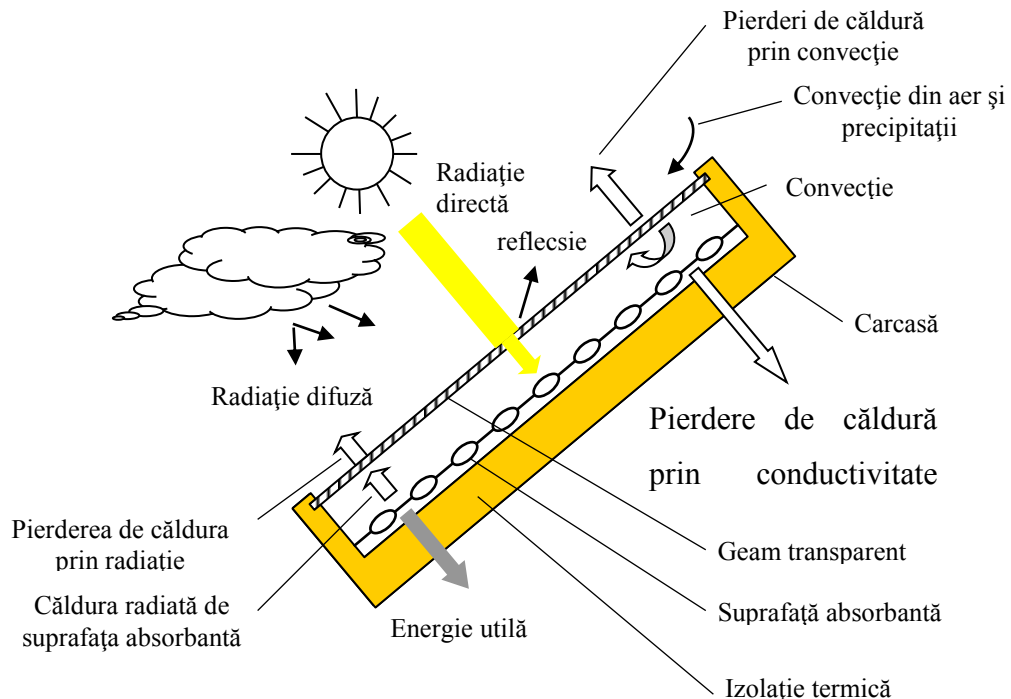


Fig. 10. Principiul funcțional al captatorului plan

- pe o suprafață vopsită în negru (suprafața absorbantă) cade radiația solară directă și difuză. Radiația solară este transformată în căldură și suprafața de absorbție se încălzește;
- pentru a putea transfera căldura obținută către consumatorul de căldură, este folosit un agent termic (apă, aer) care în contact cu suprafața absorbantă, preia căldura și o transportă spre consumatori. De regulă, în sau pe suprafața de absorbție sunt fixate conducte sau sunt realizate canale prin care circulă agentul termic;
- pentru a reduce pierderile de căldură înspre mediul ambiant suprafața absorbantă este amplasată de regulă, într-o carcasă bine izolată din punct de vedere termic, fiind prevăzută doar pe partea frontală cu o suprafață transparentă care să permită trecerea radiației solare (un geam).

“Inima” oricărui sistem solar este suprafața absorbantă - de exemplu tablă din cupru vopsită în negru. Suprafața neagră de absorbție transformă radiația solară directă sau difuză în căldură, în proporție de 85 – 98% - în funcție de construcția sistemului.

Dacă captatorul este izolat termic corespunzător, cea mai mare parte din căldura preluată de suprafața de absorbție este transferată agentului termic și astfel suprafața de absorbție este răcită.

Ca agenți termici se folosesc de obicei lichide cu capacități bune de înmagazinare și transport a căldurii (căldură specifică mare), cum sunt apa sau amestecuri apă – antigel.

Spre exemplu, dacă suprafața de absorbție este o tablă din cupru (cuprul având conductibilitate termică ridicată) se poate lipi pe această tablă o serpentină - realizată din țevă de cupru - prin care este circulat (gravitațional sau forțat) agentul termic care transportă căldura la consumator sau acumulator.

Ca toate procesele de transformare, transfer de căldură și transport al căldurii și în cazul captatorilor solari apar pierderi de căldură. Acest lucru înseamnă că nu

toată căldura captată de suprafața de absorbție se poate transfera spre consumatori.

Pierderile de căldură care apar și de care trebuie să se țină seama sunt:

- pierderile de căldură prin radiație: toate corpurile, în acest caz - suprafețele de absorbție - care au o temperatură mai ridicată decât cea a mediului în care sunt amplasate, cedează căldura prin radiație (în infraroșu cu lungime de undă mare) spre mediul înconjurător;
- pierderile de căldură prin convecție: aerul de deasupra suprafeței de absorbție se încălzește , se ridică transportând o parte din căldura absorbită;
- pierderile de căldură prin conducție: prin izolația termică a carcasei suprafeței absorbante , prin conductele care leagă captatorul se pierde o cantitate de căldură care este cedată mediului înconjurător.

Pentru a reduce pierderile de căldură, suprafața absorbantă a unui captator plan este montată

într-o carcasă închisă pe toate laturile (pentru a împiedica convecția), izolată termic pe părțile laterale și sub suprafața de absorbție (pentru a reduce pierderile de căldură prin radiație și conducție).

Doar pe fața captatorului, care este orientată spre soare, carcasa este închisă cu un material transparent (geam de sticlă). Materialul transparent trebuie să permită trecerea radiației solare și să rețină cât mai mult din radiația suprafeței de absorbție (efectul de seră).

3.1. Pierderi de căldură, caracteristicile captatorului solar, randamentul captatorului solar

În vederea aprecierii performanțelor tehnice ale diferitelor variante constructive de captatori solari, considerăm necesară sistematizarea și evidențierea relațiilor matematice pentru diferitele mărimi ce intervin în transferul de căldură și pierderile de căldură.

Pierderi “optice”

Datorită reflecției radiației solare pe suprafața transparentă, precum și datorită absorbției radiației solare în masa materialului transparent, o parte din radiația solară nu ajunge la suprafața absorbantă. Dacă pierderile de căldură prin reflexia radiației solare sunt dependente de unghiul sub care cade radiația solară (la unghiuri mai mari de 45° pierderile de căldură cresc simțitor) pierderile de căldură prin absorbția în materialul transparent, se pot aprecia mai exact prin factorul de transmisie τ .

Pentru un singur strat de sticlă, 85 – 95 % din radiația solară traversează sticla și ajunge la suprafața de absorbție (în funcție de tipul de sticlă) adică, $\tau = 0,85 – 0,95$.

În tabelul 4 este dată valoarea coeficientului de transmisie τ pentru câteva materiale transparente care pot fi folosite în construcția captatorilor solari.

Tabelul 4.

Material	Grosime mm	Temperatura maximă admisă °C	Transferul de energie directă/difuză %	Factor de transmisie τ direct/difuz
Sticlă cu conținut de fier	4	160	85/80	81/74
Sticlă solară (săracă în fier)	4	200	89/83	87/80
Plăci duble din policarbonat	8 - 16	140	80/83	77/83

Pentru ca suprafața absorbantă să preia cât mai mult din radiația solară și să o transforme în energie termică, ea trebuie să fie caracterizată de un factor de absorbție α cât mai mare - sau să fie acoperită cu un strat de material cu factor de absorbție cât mai mare.

De exemplu, un email negru pentru metale are factorul de absorbție $\alpha = 0,9$ și acest lucru înseamnă că 90% din radiația solară care ajunge pe suprafața absorbantă este transformată în căldură.

Factorul optic A_0 reprezintă procentul din intensitatea radiației solare S care este transformată în căldură pe suprafața absorbantă și se calculează cu relația (1)

$$A_0 = \tau \cdot \alpha \quad (1)$$

unde: A_0 - factor optic
 τ - factor de transmisie
 α - factor de absorbție

Dacă radiația solară cade sub un unghi mai mic de 45° pe colector, se pot neglija pierderile prin reflexie.[1]

Căldura absorbită Q_a se poate determina dacă se apreciază intensitatea radiației solare S , conform relației (2) sau (3).

$$Q_a = A_0 \cdot S \quad (2)$$

unde: S - intensitatea radiației solare

$$Q_a = \tau \cdot \alpha \cdot S \quad (3)$$

Q_a - căldura produsă în suprafața de absorbție

Pierderile termice

Cantitatea de căldură captată de către suprafața de absorbție are drept efect ridicarea temperaturii acesteia la valoarea θ_a , temperatură mai mare decât temperatura mediului exterior θ_e . Datorită acestei diferențe de temperatură apar pierderile de căldură prin radiație și conducție termică.

Se consideră că, agentul termic vehiculat prin captatorul solar va avea aproximativ temperatura suprafeței de absorbție, adică θ_a . În realitate, însă, căldura preluată de agentul termic este mai mică decât cea captată.

Mărimea pierderilor de căldură (pierderi termice) este în strânsă legătură cu caracteristicile constructive ale captatorului solar și diferența de temperatură $\Delta\theta$ dintre mediul exterior și cea a suprafeței absorbante. (schematic sunt ilustrate în figura 11).

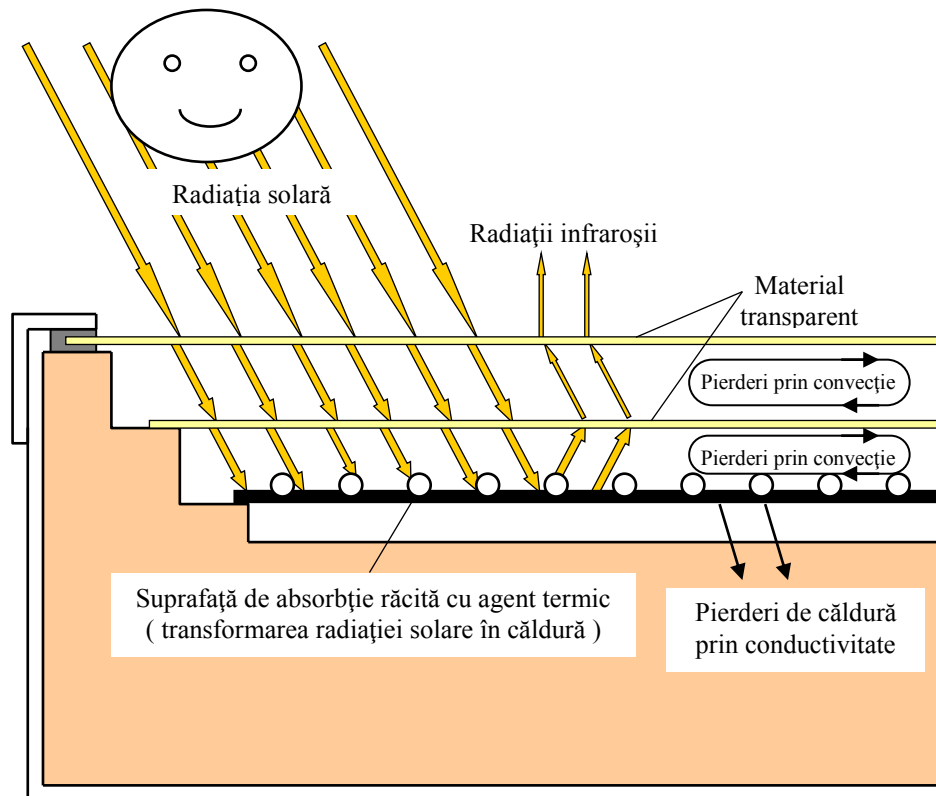


Fig. 11. Reprezentarea schematică a pierderilor de căldură ale captatorului plan

Cu cât este mai mare temperatura suprafeței de absorbție și drept urmare mai mare diferența de temperatură, cu atât mai mare este pierderea de căldură, denumită în acest caz, pierdere termică.

Pierdere termică unitară q_t se poate aprecia cu relația (4), unde k este coeficientul global de transmisie a căldurii pentru un captator plan.

$$q_t = k \cdot (\theta_a - \theta_e) \quad (4)$$

unde: q_t - pierderile de căldură ale captatorului solar, în W/m^2

k - coeficient global de transmisie a căldurii pentru un captator plan în

W/m^2K

θ_a - temperatura medie a suprafeței absorbante, în $^{\circ}C$

θ_e - temperatura mediului exterior, în $^{\circ}C$

La captatorii plani, pereții laterali și peretele de sub suprafața absorbantă sunt bine izolați termic cu o izolație de grosime corespunzătoare, partea "slabă" – cu pierderi de căldură mari - este reprezentată tocmai de suprafața transparentă de pe fața captatorului solar.

Captatorii plani moderni, folosesc drept suprafață transparentă două straturi transparente, unul de sticlă și unul din folie transparentă în interior. Această variantă constructivă împreună cu emailurile speciale folosite pentru acoperirea suprafeței absorbante, permite realizarea de captatori cu un coeficient global de transmisie a căldurii ridicat; $k = 2,5 - 3,8 W/m^2 K$.

Căldura utilă produsă de captator Q_u este căldura pe care acesta o transferă agentului termic vehiculat și reprezintă de fapt, diferența dintre căldura produsă de către suprafața absorbantă și pierderile termice din captator, adică:

$$Q_u = Q_a - q_t \quad (5)$$

$$\text{sau, } \tau \cdot \alpha \cdot S - k(\theta_a - \theta_e) \quad (6)$$

În relațiile de mai sus sunt neglijate căldura specifică a captatorului, pierderile de căldură prin transportul agentului termic și modificarea unghiului sub care cade radiația solară.

Deci, pentru a calcula căldura utilă obținută din captatorul solar, sunt necesare următoarele mărimi:

- factorul de transmisie τ ;
- factorul de absorbție α ;
- coeficientul global de transmisie a căldurii pentru captatorul plan k (W/ m² K).

Dacă se cunosc aceste caracteristici ale captatorului, (de obicei date de producătorii de captatori solari), se poate determina pentru o anumită intensitate a radiației solare și o anumită temperatură a suprafeței absorbante, căldura utilă care se poate obține de la captatorul solar.

Randamentul captatorului solar este definit ca fiind raportul dintre energia utilă obținută și intensitatea radiației solare, relațiile (7) sau (8).

$$\eta = \frac{Q_u}{S} \quad (7)$$

$$\text{sau } \eta = \frac{\tau \cdot \alpha \cdot S - k \cdot (\theta_a - \theta_e)}{S} \quad (8)$$

În practică, pentru a trasa caracteristica unui captator se folosește un grafic în care pe ordonată este randamentul captatorului iar pe abscisă diferența de temperatură dintre agentul termic și mediul ambiant pentru o intensitate a radiației solare date (vezi figura 12).

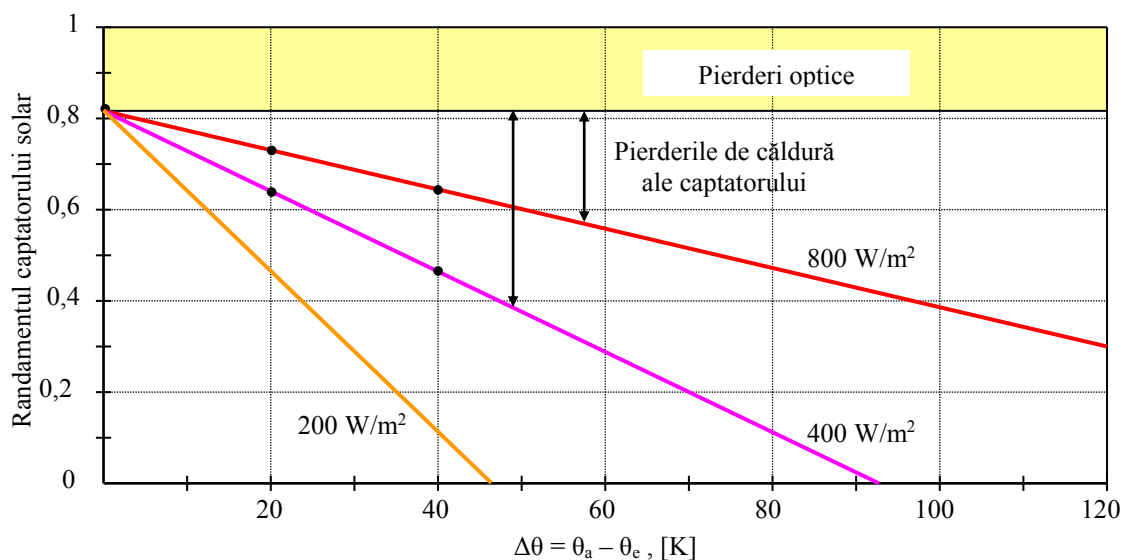


Fig. 12. Variația randamentului cu diferența de temperatură

Cu cât crește diferența de temperatură $\Delta\theta$ adică crește temperatura agentului termic cu atât cresc pierderile termice și scade randamentul colectorului.

Dacă intensitatea radiației solare scade, creșterea de temperatură a agentului termic are un efect și mai mare de scădere a randamentului captatorului – dacă izolația termică nu este corespunzătoare.

Pentru a reduce pierderile de căldură și a crește randamentul captatorilor solari, sistemul trebuie astfel dimensionat și construit încât agentul termic preparat să aibă parametri reduși, dar în limita eficacității energetice a sistemului.

Temperatura agentului termic în captator

Rămâne de stabilit la ce temperatură ajunge suprafața absorbantă în practică. Temperatura acesteia este în mod direct influențată și de temperatura agentului termic care o traversează și preia căldura.

Deoarece căldura pe care o preia agentul termic este egală cu căldura utilă produsă de captatorul solar, egalând cele două relații (6) și (9), rezultă ecuația captatorului - relația (10) :

$$Q_t = \dot{m} \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad (9)$$

$$\dot{m} \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_1) = \tau \cdot \alpha \cdot S \cdot k (\theta_a - \theta_e) \quad (10)$$

unde: Q_t – căldura preluată de către agentul termic

\dot{m} - debitul masic de agent termic

c – căldura specifică a agentului termic

θ_1 - temperatura agentului termic la intrarea în captator

θ_2 - temperatura agentului termic la ieșirea din captator

Din ipoteza că temperatura suprafeței absorbante este media dintre temperatura de intrare și temperatura de ieșire din captator a agentului termic, rezultă:

$$\theta_a = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad (11)$$

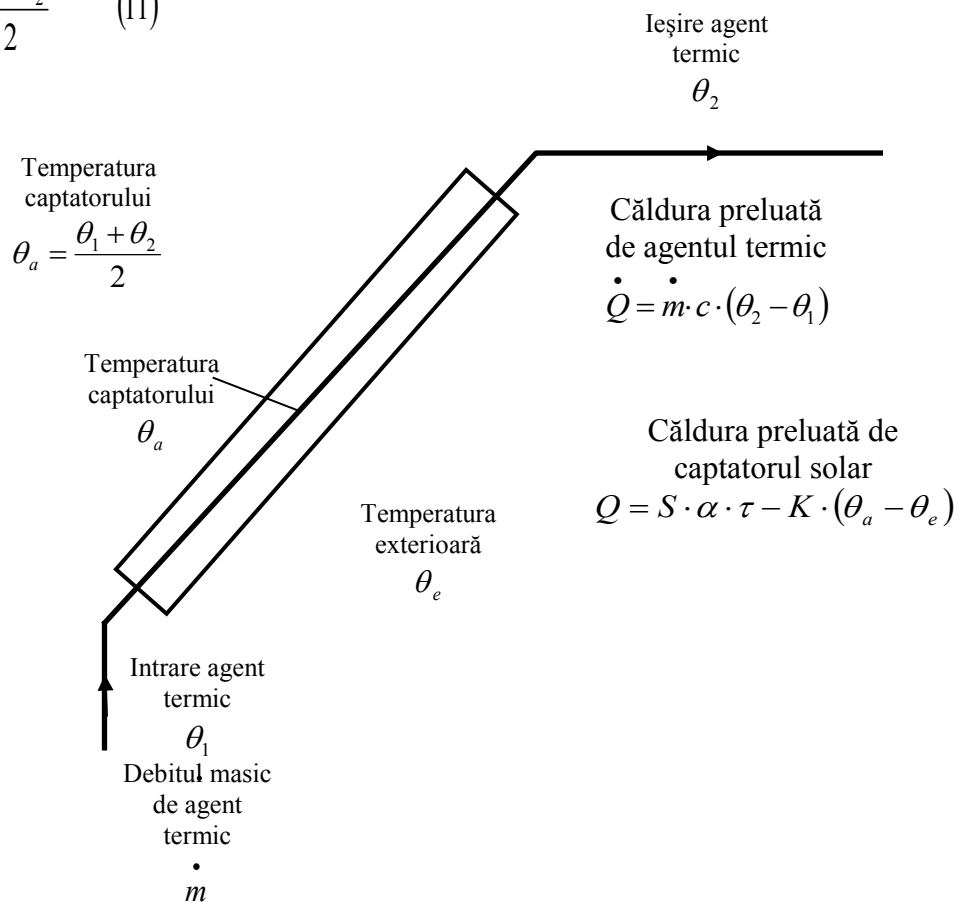


Fig. 13. Schema de bilanț energetic

Debitul masic de agent termic se poate determina dacă se cunoaște căldura utilă și diferența de temperatură $\Delta\theta$,

$$\dot{m} = \frac{Q_u}{c \cdot \Delta\theta_a} \quad (12)$$

$$\Delta\theta_a = \theta_2 - \theta_1 \quad (13)$$

Diferențe de temperaturi mai mici între temperatura de intrare și de ieșire a agentului termic din colector presupun debite masice mari care traversează captatorul, iar dacă debitul masic este scăzut, rezultă diferențe mari de temperatură între intrarea și ieșirea din colector și drept urmare, o temperatură medie în colector mai mare.

La debit masic constant, o intensitate a radiației solare mai scăzută conduce la diferențe de temperatură mai mici între intrarea și ieșirea agentului termic din captator.

Din măsurători practice [1] pentru diferite forme de captatori solari s-a constatat că la diferențe mari între temperatura din captator și temperatura mediului – mai ales la captatorii cu randament ridicat – cresc pierderile de căldură după o curbă exponențială.

Pentru a ține cont de această influență, în relația matematică de determinare a pierderilor de căldură, se ține seama de pătratul diferenței de temperatură.[1].

$$\eta = \tau \cdot \alpha - \frac{k_0 \cdot \Delta\theta}{S} - \frac{k_1 \cdot \Delta\theta^2}{S} \quad (14)$$

în care, k_0 și k_1 sunt coeficienții care exprimă pierderile de căldură.

În figura 14 este prezentată [1] variația randamentului pentru două tipuri de captatori, în funcție de parametrul redus x :

$$x = \frac{\Delta\theta}{S} \quad (15)$$

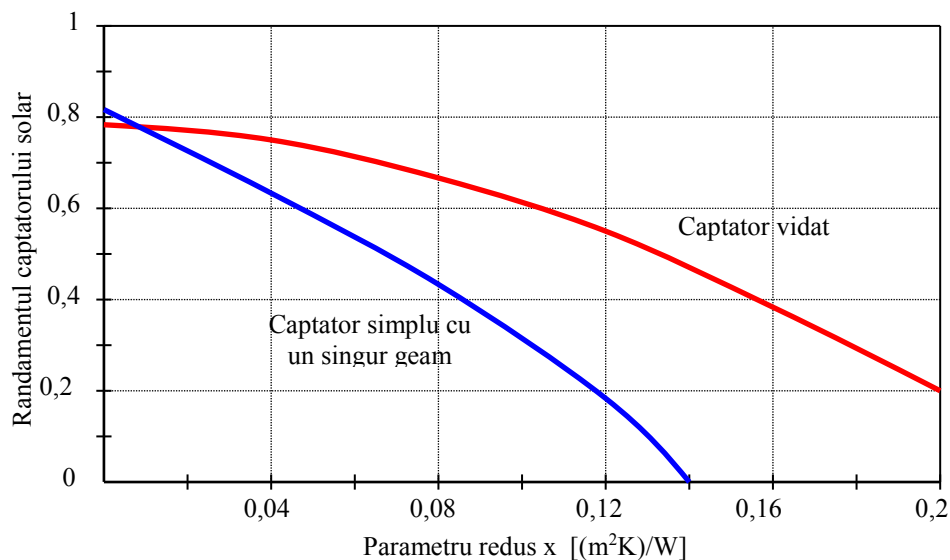


Fig. 14. Randamentul captatorilor solari

Temperatura din captatorul solar la debit masic nul de agent termic (funcționare în gol)

În funcție de tipul constructiv al captatorului solar în funcționarea normală, suprafața absorbantă ajunge la temperaturi între 30° și 90° C.

Dacă căldura produsă de suprafața absorbantă nu este preluată de agentul termic (pompa de circulație oprită sau defectă), temperatura suprafeței absorbante crește până la valoarea θ_{\max} când pierderile de căldură ale captatorului solar vor fi egale cu căldura preluată din radiația solară.

În aceste condiții se pot atinge temperaturi între 140° și 250°C în captatorul solar. Cu cât captatorul solar are pierderi de căldură mai mici, cu atât temperaturile vor fi mai mari.

Pentru un anumit captator temperatura la debit masic nul se poate determina cu relația (14).

$$\theta_{\max} = \frac{S_{\max} \cdot A_0}{k} \quad (16)$$

Această temperatură impune condiții asupra materialelor care sunt folosite la construcția captatorului solar dar și la alegerea agentului termic și protecția la suprapresiune pentru circuitul de agent termic.

Pentru a exemplifica utilizarea relațiilor de calcul, se consideră un captator plan pentru care determinăm căldura utilă, debitul de agent termic, randamentul și temperatura maximă a agentului termic.

Se consideră că radiația solară este perpendiculară pe suprafața absorbantă, iar intensitatea radiației solare este $1000\text{W}/\text{m}^2$, factorul de transmisie $\tau = 0,85$ și factorul de absorbție $\alpha = 0,90$

Pentru ca suprafața absorbantă să preia cât mai mult din radiația solară și să o transforme în energie termică, trebuie să aibă un factor de absorbție α cât mai mare sau să fie acoperit cu un strat de material cu factor de absorbție α cât mai mare. Un strat de email negru pentru metale, are un factor de absorbție $\alpha = 0,90$ și vom lua în calcul această valoare pentru captatorul experimental.

Acest lucru înseamnă că 90% din radiația solară care ajunge pe suprafața absorbantă este transformată în căldură.

Conform datelor din exemplul considerat:

- Factorul optic este:

$$A_0 = 0,85 \cdot 0,9 = 0,765$$

- Căldura produsă în suprafața de absorbție va fi:

$$Q_a = 0,765 \cdot 1000 = 765 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Se fac ipotezele:

- $k = 3 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}$, ceea ce înseamnă că la o diferență de temperatură de 1 K, o suprafață de 1 m^2 de captator pierde 3 W căldură;
- temperatura exterioară $\theta_e = 20^{\circ} \text{ C}$;
- temperatură medie a suprafeței absorbante de $\theta_a = 40^{\circ} \text{ C}$;

- Căldura pierdută de captatorul solar este:

$$q_t = 3 \cdot (40 - 20) = 60 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

- Căldura utilă produsă este:

$$Q_u = 765 - 60 = 705 \frac{W}{m^2}$$

- Randamentul captatorului plan este:

$$\eta = \frac{705}{1000} = 0,705 \quad (\eta = 70,5\%)$$

Dacă pentru captatorul ales în exemplul de calcul, considerăm o temperatură a agentului termic de 60° C, randamentul scade de la 70,5% la 64,5 %.

Astfel, energia utilă livrată, scade de la 705 W/m² la 645 W/m² datorită creșterii pierderilor de căldură.

Dacă intensitatea radiației solare scade la 800 W/m² scade randamentul captatorului:

$$\eta = \frac{552}{800} = 0,69 \quad (\eta = 69\%)$$

În continuare se consideră că agentul termic este încălzit de la valoarea θ_1 la θ_2 cu 10K, la traversarea colectorului.

- Debitul masic de agent termic este:

$$\dot{m} = \frac{705}{1,16 \cdot 10} = 60,8 \frac{Kg}{h}$$

Cu alte cuvinte, temperatura considerată ca medie pentru suprafața absorbantă de 40°C se obține dacă aceasta este traversată de 61 kg/h agent termic, care intră în colector cu 35° C și iese din colector cu 45°C.

Temperatura maximă a agentului termic în captatorul solar va fi:

$$\theta_{\max} = \frac{1000 \cdot 0,765}{3} = 255^\circ C$$

Concluzii finale:

Captatorul este o instalație tehnică caracterizată în funcționare de un randament global, de care trebuie să se țină seama în dimensionarea și alegerea acestuia.

Pentru calculele de utilizare a energiei solare prin captatorul solar plan, producătorii de echipamente oferă metodologia de calcul necesară proiectantului, având în considerare principiile tehnice și constructive ale echipamentelor.

.4. Soluții tehnice pentru realizarea instalațiilor solare

Descrierea instalațiilor solare:

Instalațiile solare cuprind - la modul general - trei părți principale:

- a) **sursa de producere a căldurii – captatorul solar.**
Este elementul care transformă radiația solară în căldură. Căldura obținută este proporțională cu mărimea și randamentul captatorilor folosiți;
- b) **transportul și stocarea căldurii** – sistem alcătuit din conductele de transport a apei calde, pompa de circulație, sistemele de automatizare și reglare a funcționării;
- c) **consumatorul de căldură**, la care, în funcție de tipul instalației, căldura poate fi cedată apei reci pentru prepararea apei calde menajere, apei din piscină pentru a ridica temperatura acesteia sau agentului termic din instalația de încălzire.

În funcție de soluțiile tehnice adoptate, instalațiile solare se pot clasifica după următoarele criterii:

a) *după modul în care este transportată căldura de la captatorul solar la consumator, instalațiile sunt:*

- fără transportul căldurii – captator solar cu acumulator;
- cu circulație gravitațională;
- cu circulație forțată.

b) *după modul în care se face transferul termic de la captatorul de căldură la consumator, sistemele pot fi:*

- fără schimbător de căldură;
- cu schimbător de căldură montat în acumulator;
- cu schimbător de căldură montat în exteriorul acumulatorului.

c) *după presiunea din sistemul de producere și transport al căldurii:*

- sisteme deschise – (circuit deschis);
- sisteme închise – (circuit închis);

4.1. Instalații solare fără transportul căldurii – captator solar cu acumulator

Acest sistem reprezintă varianta cea mai simplă, deoarece apa este încălzită direct în captatorul solar și nu există sistem de conducte special construit pentru transportul apei încălzite până la rezervorul de acumulare.

Cel mai simplu captator solar cu acumulare poate fi constituit dintr-un furtun negru de lungime mai mare, montat pe un perete sau acoperiș orientat spre sud și având capătul racordat la un robinet de apă. Această soluție constructivă simplă și ieftină poate asigura în zilele însorite apa caldă necesară pentru un duș dar durata de viață este scurtă datorită îmbătrânirii materialului din care este confecționat furtunul, iar temperatura apei calde obținute este insuficientă în zilele mai puțin însorite, cantitatea de apă caldă fiind dependentă de lungimea furtunului.

Captatorii solari cu acumulare moderni sunt realizați sub forma unor rezervoare de acumulare cu o suprafață mare expusă radiației solare ca în figura 14 sau cu concentrarea radiației solare spre suprafața absorbantă care este izolată termic cu un material izolator transparent, așa cum se vede în figura 15.

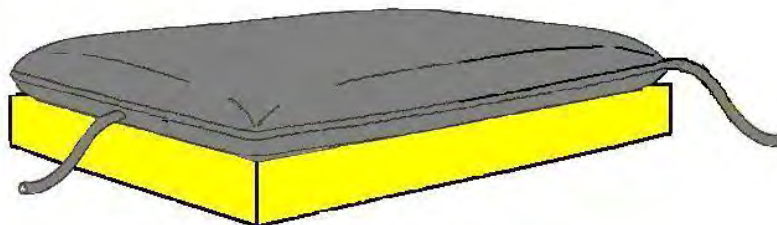


Figura 14. Captator solar cu acumulare

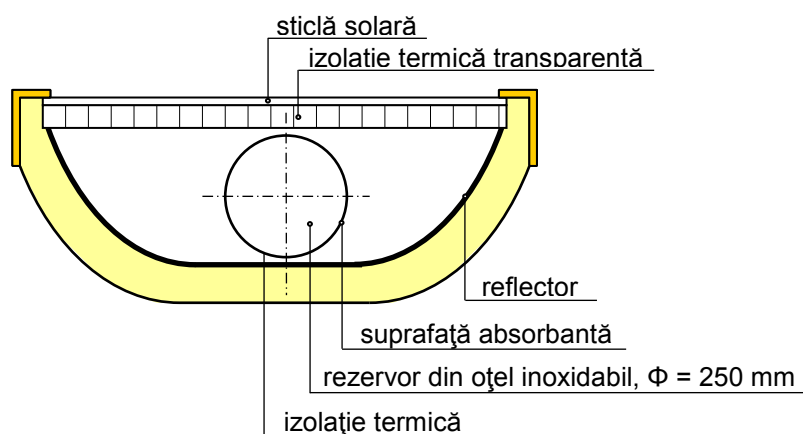


Figura 15. Captator solar cu acumulare

Dacă avantajele acestei forme de producere a căldurii sunt evidente (construcție simplă, robustă și prețuri scăzute) trebuie să menționăm și posibilele dezavantaje:

- pentru a obține temperaturi suficiente ale apei este necesară o intensitate mare a radiației solare;
- apa rămâne caldă în captatorul solar un timp mai scurt decât dacă ar fi acumulată într-un boiler convențional izolat termic;
- sistemul trebuie golit în întregime de apă în sezonul rece (există pericolul de îngheț).

4.2. Instalații solare cu circulație gravitațională

Funcționarea acestor instalații utilizează principiul circulației gravitaționale a agentului termic - cunoscut și folosit la instalațiile de încălzire centrală vechi ce folosesc ca agent termic apa caldă - adică, apa care este încălzită în cazan își mărește volumul și drept urmare scade greutatea specifică a acesteia (termosifonul). Astfel, devenind

mai ușoară, apa încălzită urcă în conducta de distribuție a agentului termic pătrunde în corpurile de încălzire unde cedează căldura.

În cazul instalațiilor solare, agentul termic încălzit în captatorul solar urcă și parcurge drumul până la rezervorul de acumulare montat deasupra captatorului solar, iar după cedarea căldurii în rezervorul de acumulare coboară prin conducta de întoarcere (datorită greutateii specifice mai mari) la captatorul solar (vezi figura 16).

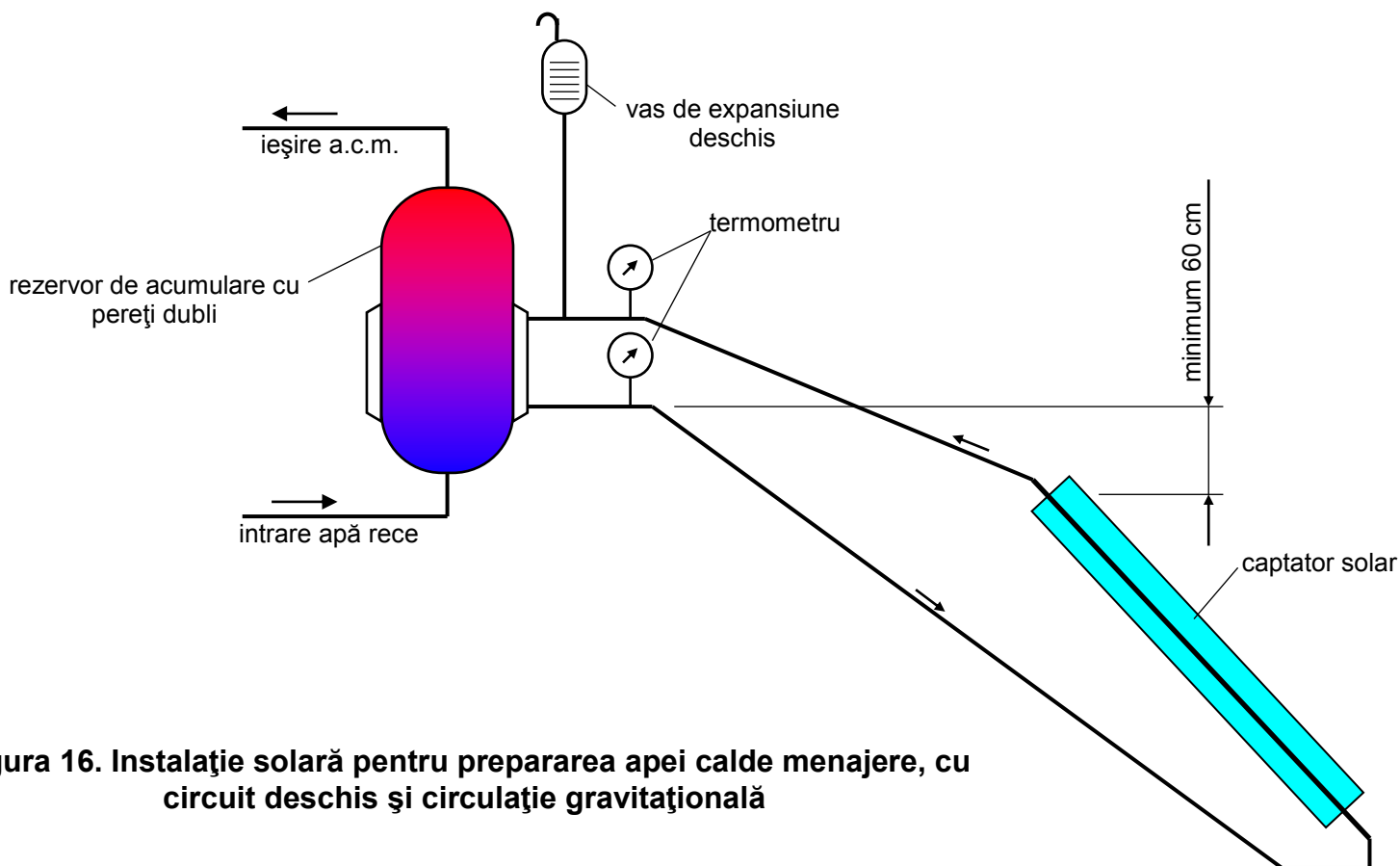


Figura 16. Instalație solară pentru prepararea apei calde menajere, cu circuit deschis și circulație gravitațională

Circulația agentului termic este cu atât mai intensă cu cât crește intensitatea radiației solare captate adică, cu creșterea diferenței de temperatură a agentului termic din captator și rezervorul de acumulare. În felul acesta circulația agentului termic și cedarea de căldură se autoreglează fără a fi necesare alte sisteme de reglare sau control.

Această variantă constructivă simplă este adoptată acolo unde se construiesc instalații solare mici, sau unde lipsește sursa de tensiune pentru alimentarea pompei de circulație și a sistemului de automatizare și control.

Pentru o funcționare corespunzătoare a sistemului este necesară respectarea unor condiții de amplasare și montare:

- rezervorul de acumulare trebuie să fie montat cu 0,6 – 1m deasupra captatorului solar pentru realizarea unei circulații gravitaționale corespunzătoare precum și pentru a evita circulația inversă atunci când agentul termic din rezervorul de acumulare este mai cald decât agentul termic din panoul solar (spre exemplu în timpul nopții);
- conductele de legătură dintre captatorul solar și rezervorul de acumulare trebuie să fie verticale sau cu pantă ascendentă înspre rezervorul de acumulare.

- se vor evita traseele lungi de conducte orizontale;
- pentru a avea pierderi de presiune mici în conducte acestea vor avea diametre mai mari decât în cazul sistemelor solare cu circulație forțată și traseele se vor realiza cât mai scurte posibil.

În cazul în care aceste condiții nu pot fi respectate se recomandă realizarea sistemului cu circulație forțată.

4.3. Instalații solare cu circulație forțată

Prin montarea unei pompe de circulație cu funcționare controlată între captatorul solar și rezervorul de acumulare (figura 17) se realizează o circulație forțată a agentului termic și se elimină condițiile de montare amintite la instalațiile cu circulație gravitațională.

Dacă pompa de circulație a fost aleasă corespunzător (înălțimea de pompare, debitul pompat și randamentul pompei) se poate realiza o circulație corespunzătoare folosind conducte de diametre mici, astfel încât creșterea de temperatură în captatorul solar să fie de 5-10K, asigurând captatorului un randament cât mai mare.

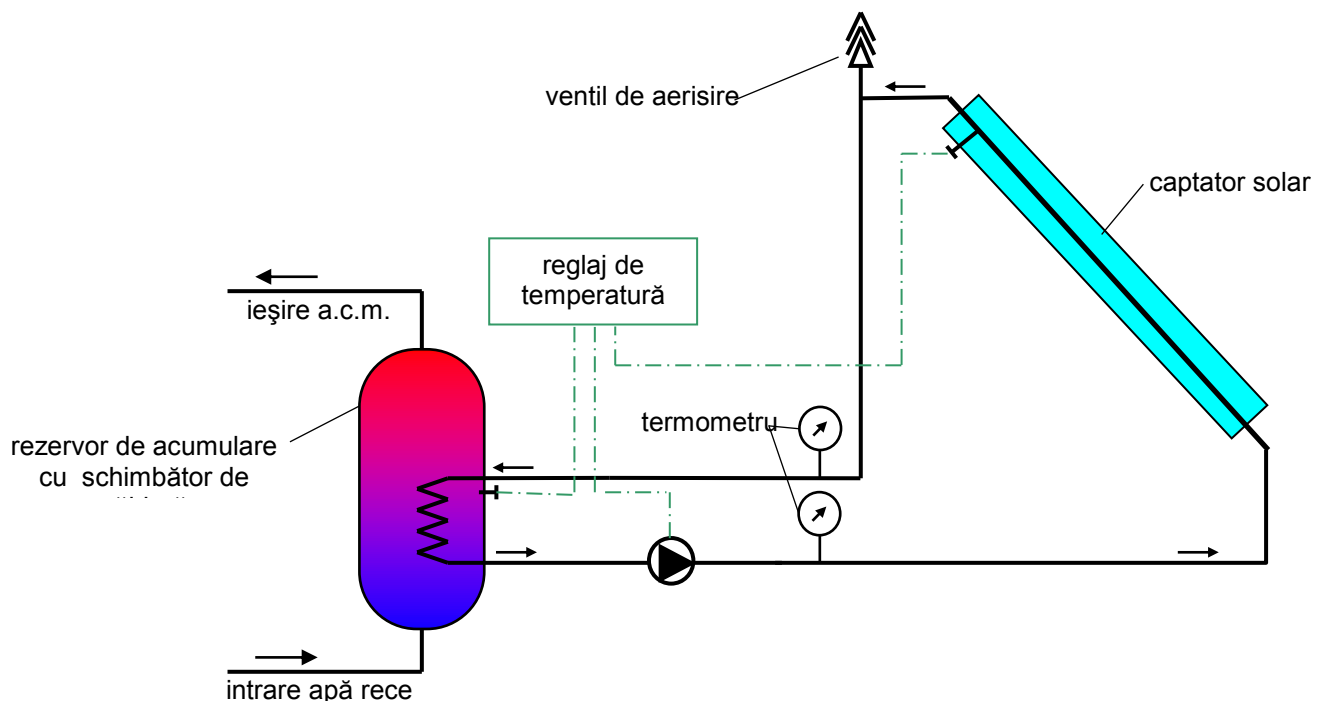


Figura 17. Instalație solară pentru prepararea apei calde menajere

Un termostat diferențial sesizează temperatura apei în colector și în rezervorul de acumulare, și pompa de circulație va porni atunci când transferul termic este eficient, adică atunci când diferența de temperatură dintre captatorul solar și rezervorul de acumulare este mai mare decât o valoare stabilită. Sistemele de automatizare mai complexe pot să cuprindă și alte funcții, ca de exemplu limitarea superioară a temperaturii apei calde menajere sau stocarea apei calde în două rezervoare de acumulare.

Datorită avantajelor pe care le prezintă sistemul cu circulație forțată a agentului termic este folosit chiar și la instalațiile solare mici iar sistemele mai mari sunt practic toate realizate în varianta cu circulație forțată. Chiar și acolo unde nu există sursă de curent electric se poate monta o pompă de circulație și sistem de automatizare alimentate de la un mic panou de celule fotovoltaice sau de la un generator de curent.

Transferul termic și construcția circuitelor

Soluția tehnică – sistem închis sau sistem deschis – urmărește asigurarea unui transfer termic eficient, însoțit de o circulație avantajoasă.

În cazul în care transferul termic se realizează clasic - fără schimbător de căldură - captatorul solar și rezervorul de acumulare sunt în legătură directă, iar agentul termic care circulă prin acestea este, de fapt, consumatorul de căldură (de exemplu, apa din piscină care trebuie încălzită, apa rece care trebuie încălzită pentru a se obține apă caldă menajeră sau agentul termic din instalația de încălzire, așa cum se vede în figura 18 și figura 19).

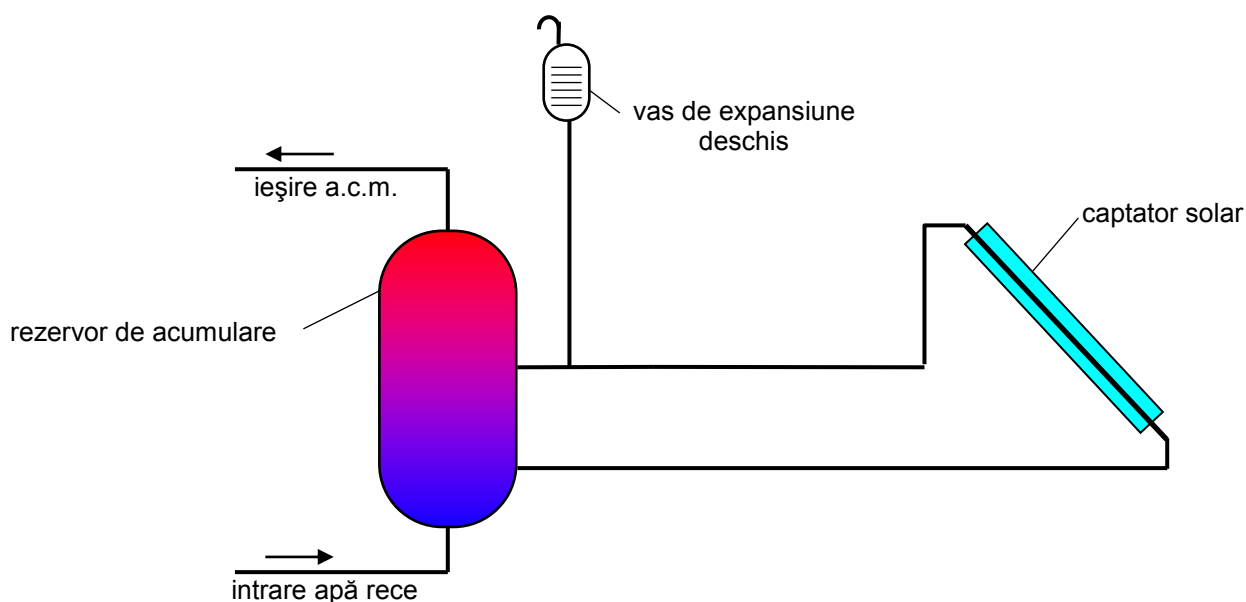


Figura 18. Instalație solară pentru prepararea apei calde menajere cu circuit deschis și rezervor de acumulare

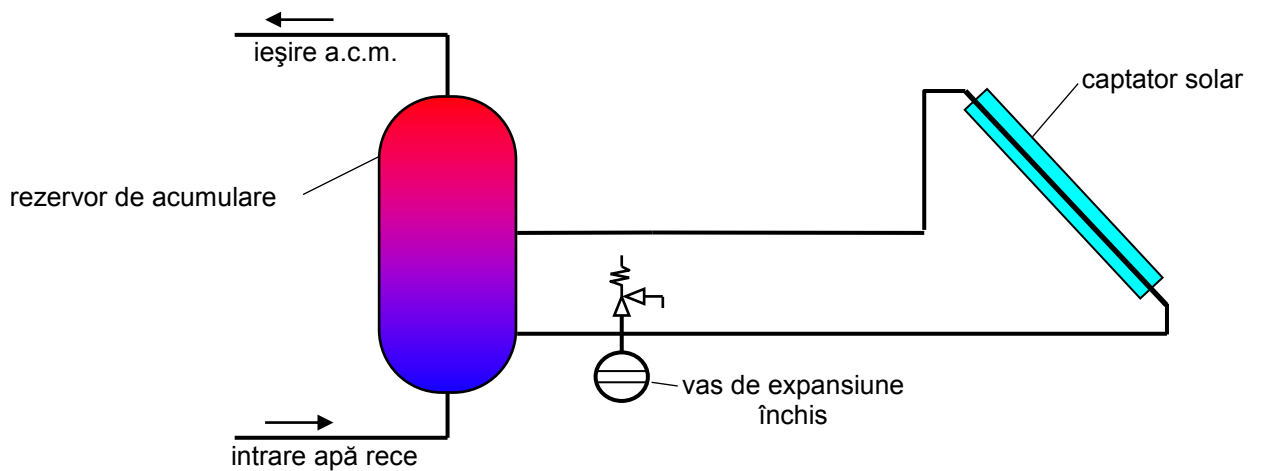


Figura 19. Instalație solară pentru prepararea apei calde menajere cu circuit închis și rezervor de acumulare

Prin introducerea unui schimbător de căldură în rezervor se realizează o separare hidraulică a circuitului de agent termic din captatorul solar de circuitul hidraulic al consumatorului de căldură. În felul acesta se poate folosi în circuitul captatorului solar un agent termic cu temperatura de îngheț coborâtă (amestec de apă cu antigel) și circuitul poate să rămână încărcat și iarna chiar dacă temperatura exterioară coboară mult (vezi figura 20 și figura 21).

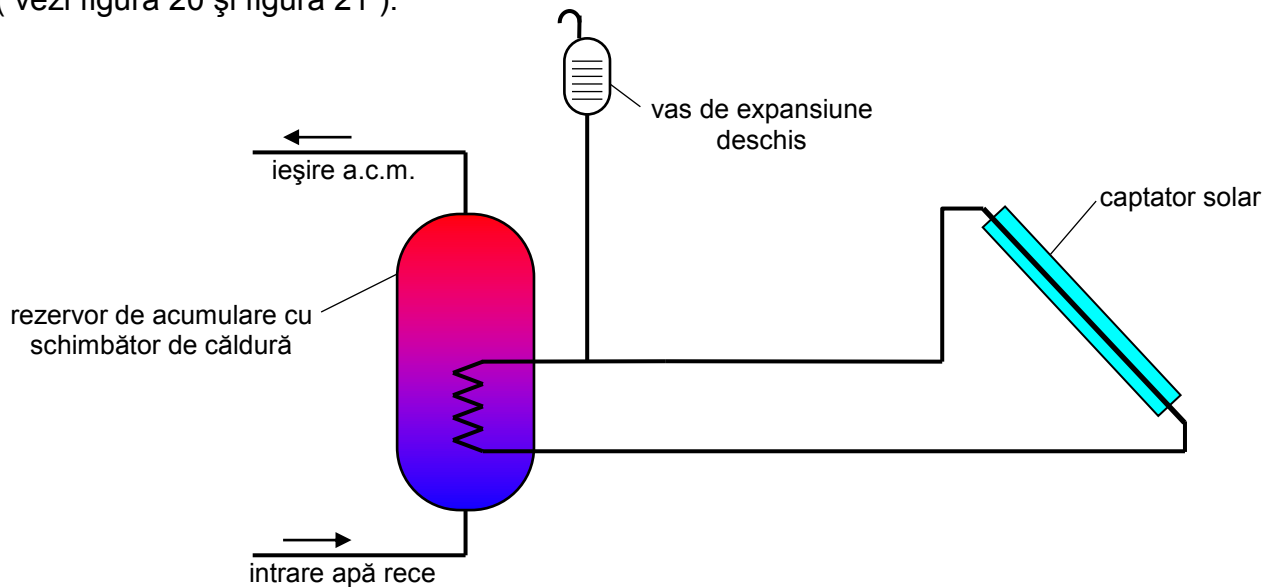


Figura 20. Instalație solară pentru prepararea apei calde menajere cu rezervor de acumulare și schimbător de căldură, circuit deschis

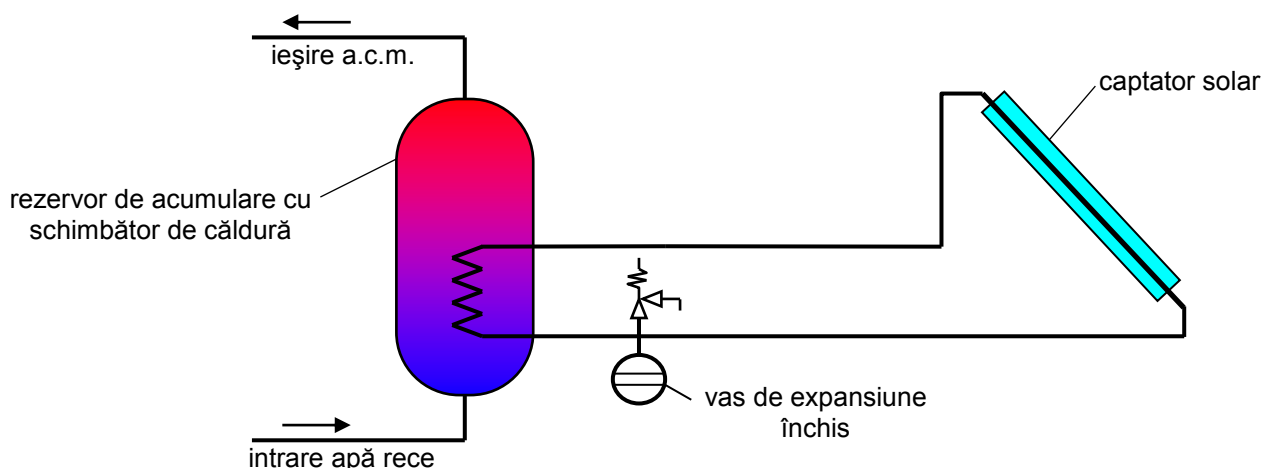


Figura 21. Instalație solară pentru prepararea apei calde menajere cu rezervor de acumulare și schimbător de căldură, circuit închis

Poziția schimbătorului de căldură poate fi în interiorul rezervorului de acumulare sau în exterior și se alege în funcție de puterea termică ce trebuie transferată; la puteri termice mari este mai economic schimbătorul de căldură exterior. [1]

Dacă instalația solară este construită ca sistem deschis (figurile 18 și 20) este necesară montarea unui vas de expansiune deschis în punctul cel mai înalt al instalației pentru a prelua variațiile de volum ale fluidului din circuitul captatorului solar la modificarea temperaturii. Drept urmare, presiunea în circuit este relativ mică, dată doar de înălțimea coloanei de fluid din vasul de expansiune deschis.

- Instalațiile solare construite ca sistem închis (figurile 19 și 21) sunt sisteme sub presiune prevăzute cu un vas de expansiune închis pentru a prelua dilatările fluidului din instalație și cu o supapă/ventil de siguranță pentru a limita presiunea din instalație.

Pentru instalațiile solare de preparare a apei calde menajere în zona Europei centrale s-au impus sistemele închise cu schimbător de căldură (separare hidraulică a circuitelor). [1]

Sistemele fără schimbător de căldură se pot folosi pe tot parcursul anului doar în țările din sudul Europei (unde, în plus, nu există pericol de îngheț în sezonul rece și nu trebuie golită instalația).

În Europa Centrală se folosesc doar în sezonul cald, pentru instalații simple de preparare a apei calde menajere sau/și instalații de încălzire a apei din piscine.

Motivul pentru care sistemele deschise nu se mai construiesc aproape deloc ar fi:

1. - cazul fără schimbător de căldură: – vasul de expansiune trebuie amplasat la înălțime mare (uneori dificil de realizat) pentru a asigura presiunea de utilizare a apei calde de consum;

2. - cazul cu schimbător de căldură: – circuitul captatorului solar pierde cantități mari de agent termic prin evaporarea (în vasul de expansiune deschis) impunând o verificare și întreținere frecventă;
3. - sistemele deschise permit accesul oxigenului în instalație și apare o coroziune mai accentuată decât în cazul sistemelor închise.

Exemple de instalații solare

Prezentăm în continuare schematic, variante constructive folosite în practică pentru instalațiile solare cu circuit închis și schimbător de căldură.

1. Varianta standard pentru o instalație solară de preparare a apei calde menajere este prezentată în figura 22. Soluția este cea mai simplă și ieftină variantă de sistem cu circulație forțată și de cea foarte des întâlnită. Pompa de circulație vehiculează agentul termic între captatorul solar și schimbătorul de căldură din boiler (serpentină), atunci când temperatura agentului termic în captatorul solar este mai mare decât temperatura apei calde menajere din boiler.

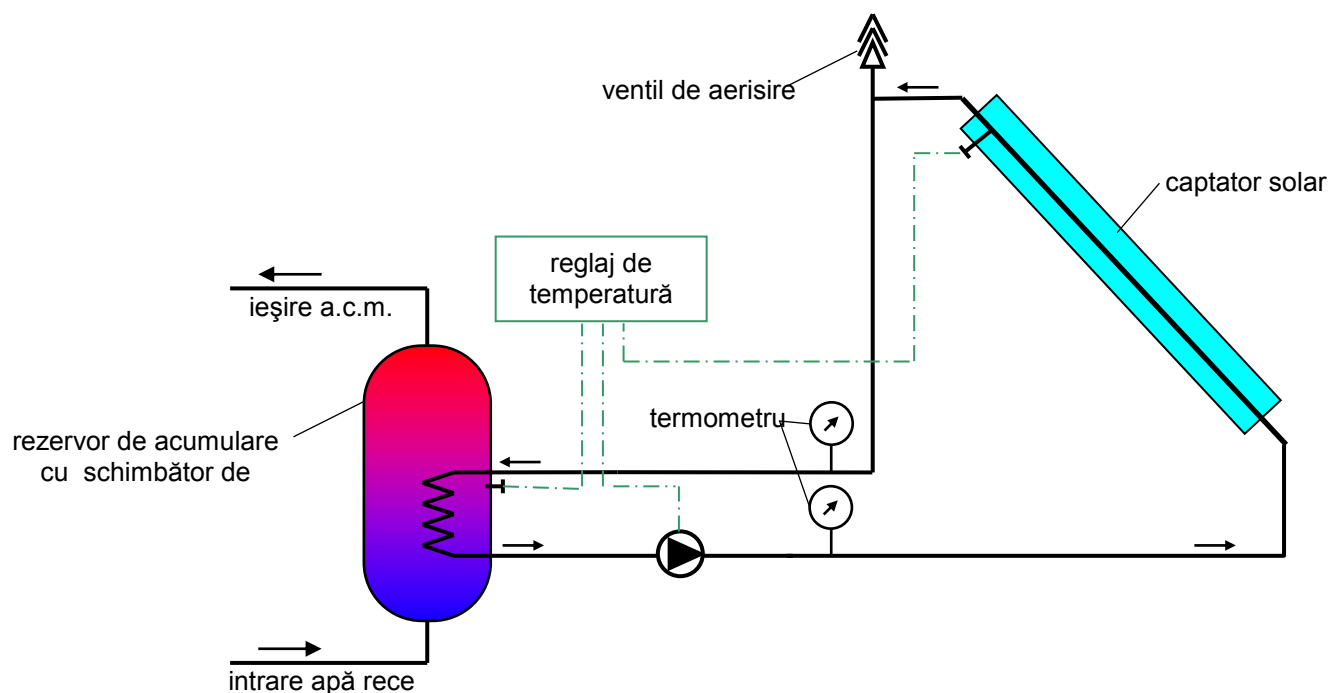


Figura 22. Instalație solară cu circuit închis și rezervor de acumulare cu schimbător de căldură

2. În figura 23 este prezentată o instalație asemănătoare cu cea anterioară, dar suplimentar a fost montată o vană cu trei căi în circuitul de agent termic al captatorului solar pentru a putea împiedica circulația agentului termic prin serpentina boilerului în intervalele de timp când agentul termic din captatorul solar are temperatura mai mică decât temperatura apei calde menajere din boiler.

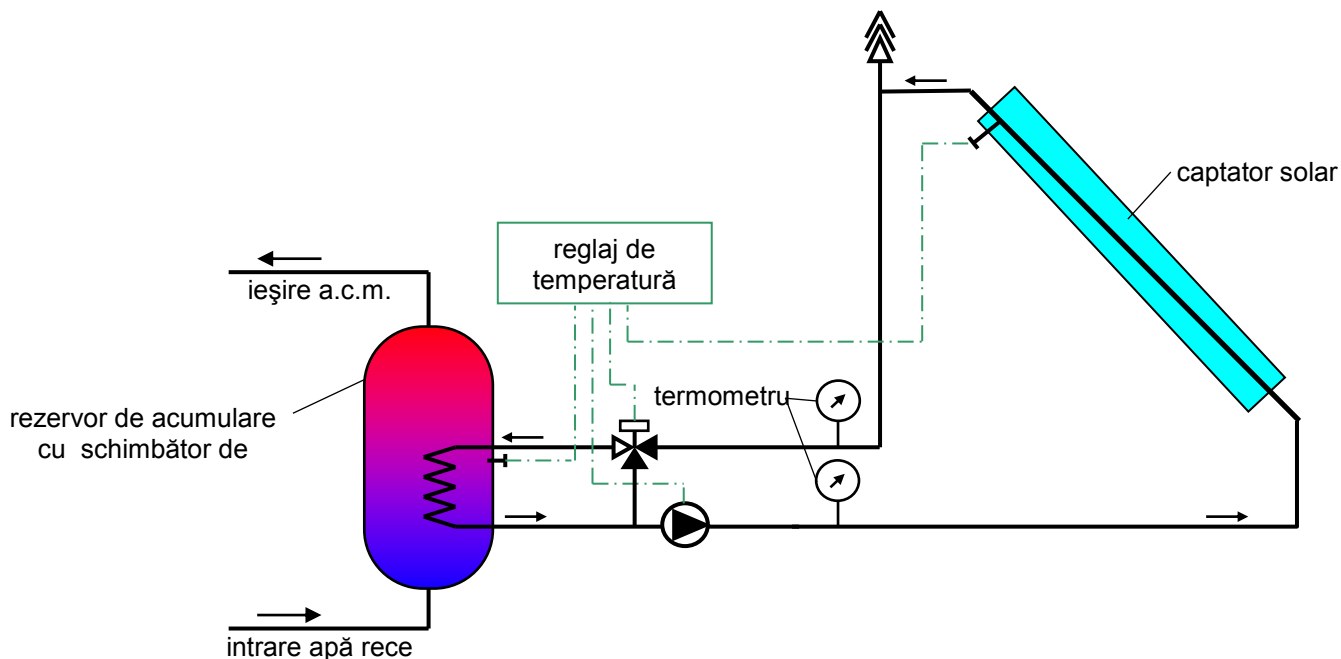


Figura 23. Instalație solară pentru prepararea apei calde menajere cu circuit închis și rezervor de acumulare cu schimbător de căldură – varianta cu vană de separare a circuitelor

3. Pentru instalațiile de mărime medie și mare se poate folosi un schimbător de căldură exterior rezervoarelor de acumulare a apei calde menajere, sistem care presupune însă montarea unei pompe de circulație separate pentru vehicularea apei calde menajere prin schimbătorul de căldură, după cum este reprezentat în figura 24.

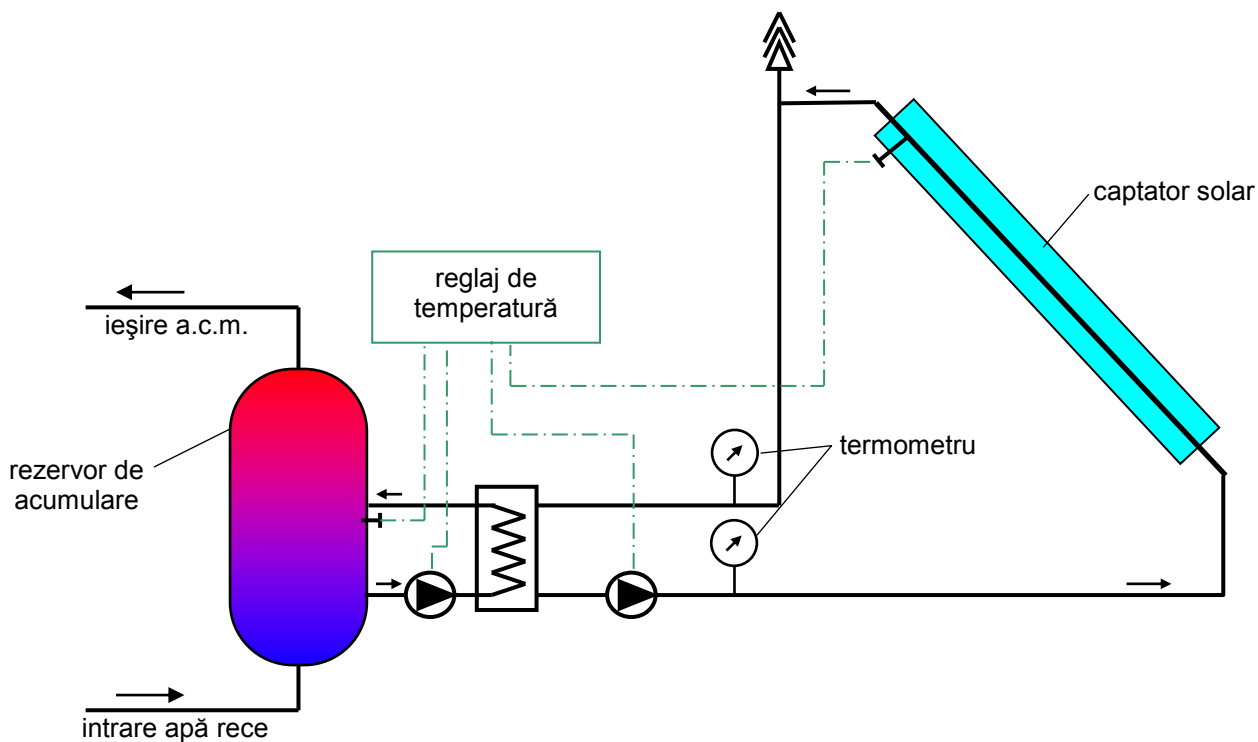


Figura 24. Instalație solară închisă și circulație forțată cu schimbător de căldură exterior rezervorului de acumulare

4. Dacă există condiții de amplasare corespunzătoare/avantajoasă se poate realiza sistemul cu circulație gravitațională a agentului termic între captatorul solar și serpentina rezervorului de acumulare a apei calde menajere, conform schemei din figura 25.

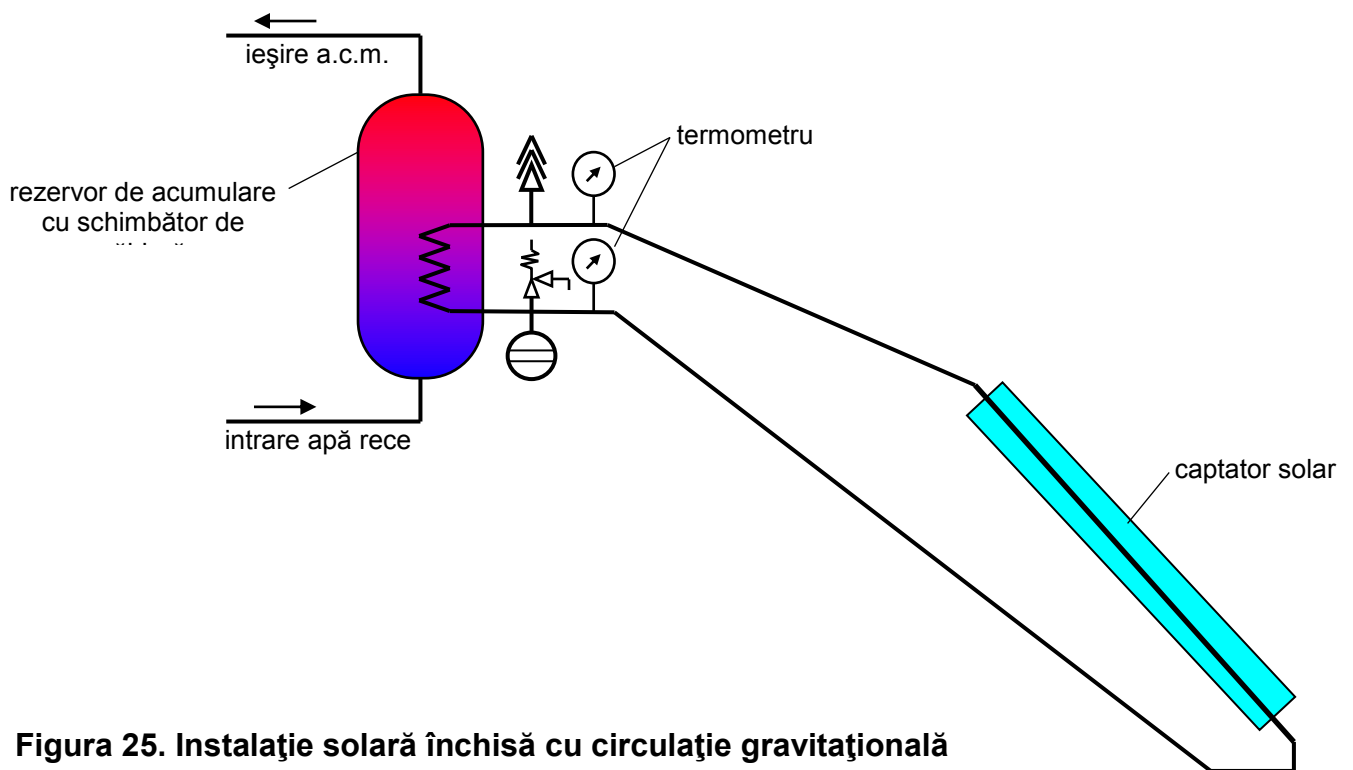


Figura 25. Instalație solară închisă cu circulație gravitațională și rezervor de acumulare cu schimbător de căldură

5. Pentru instalațiile mijlocii și mari se utilizează două rezervoare de acumulare de volume mai mici în locul unui de volum mare, iar pentru a controla încălzirea apei în cele două rezervoare de acumulare se folosește o vană cu trei căi (acționată funcție de temperaturile agentului termic și a apei din rezervoare) – vezi figura 26 – ceea ce constituie o soluție avantajoasă din punct de vedere funcțional (consumuri variabile). Rezervoarele de acumulare pot fi ambele pentru prepararea apei calde menajere sau unul pentru prepararea apei calde menajere și unul pentru încălzirea (sau preîncălzirea) agentului termic din instalația de încălzire.

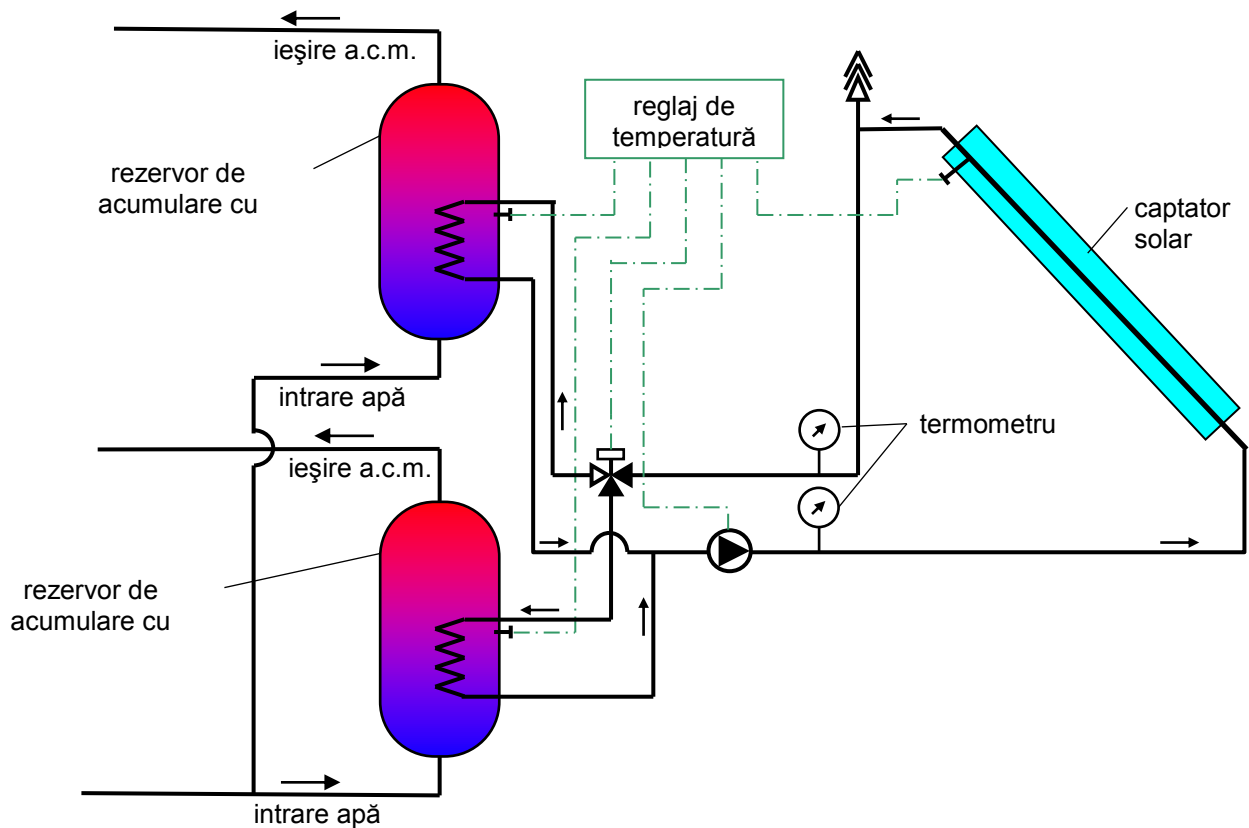


Figura 26. Instalație solară cu circuit închis și două rezervoare de acumulare re cu schimbător de căldură

6. O altă variantă constructivă o reprezintă folosirea captatorului solar atât pentru prepararea apei calde menajere cât și pentru încălzirea apei din piscină prin intermediul unui schimbător de căldură după cum este reprezentat în figura 27.

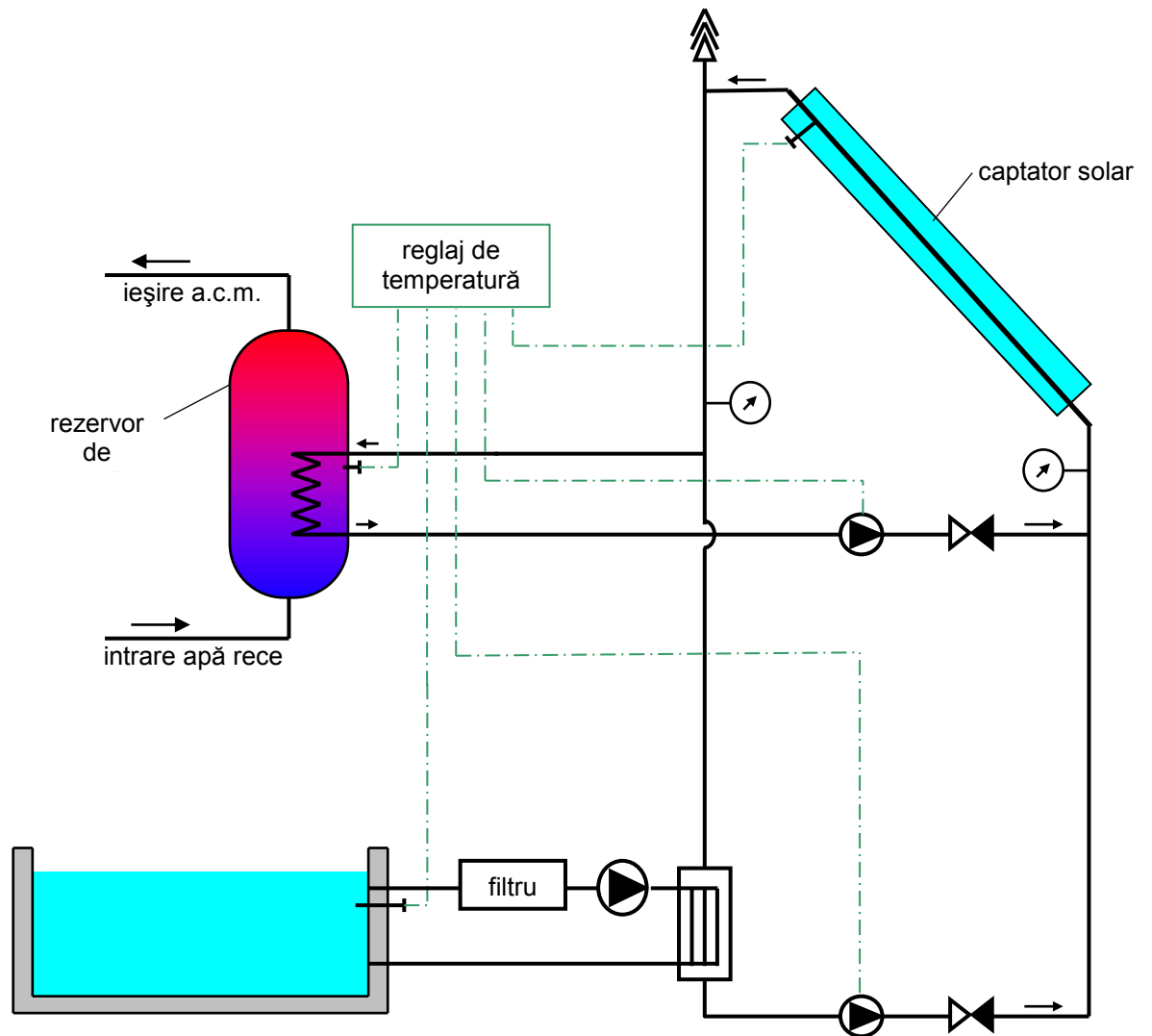


Figura 27. Instalație solară pentru prepararea apei calde menajere și încălzirea apei din piscină

7. Figura 28 prezintă situația utilizării energiei solare obținute prin intermediul captatorilor solari eficienți, într-o schemă complexă, pentru încălzire centrală și prepararea apei calde menajere.

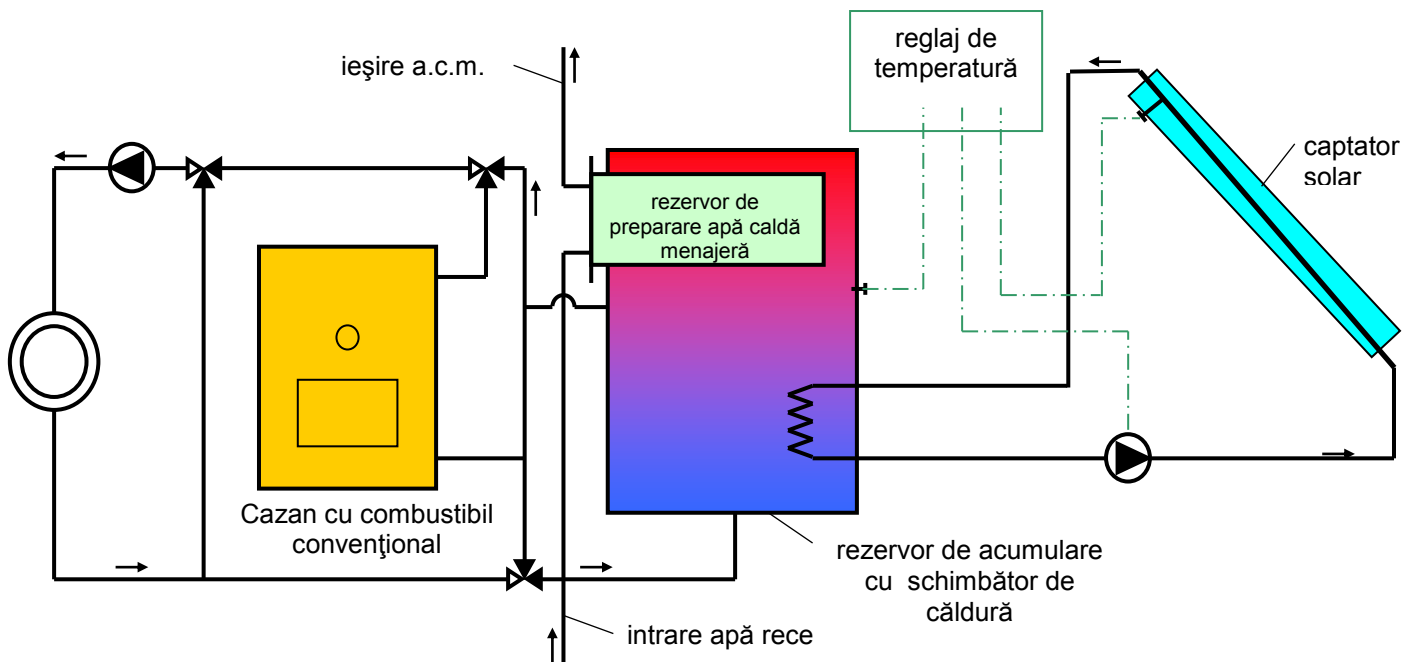


Figura 28. Instalație solară pentru prepararea agentului termic de încălzire și prepararea apei calde menajere

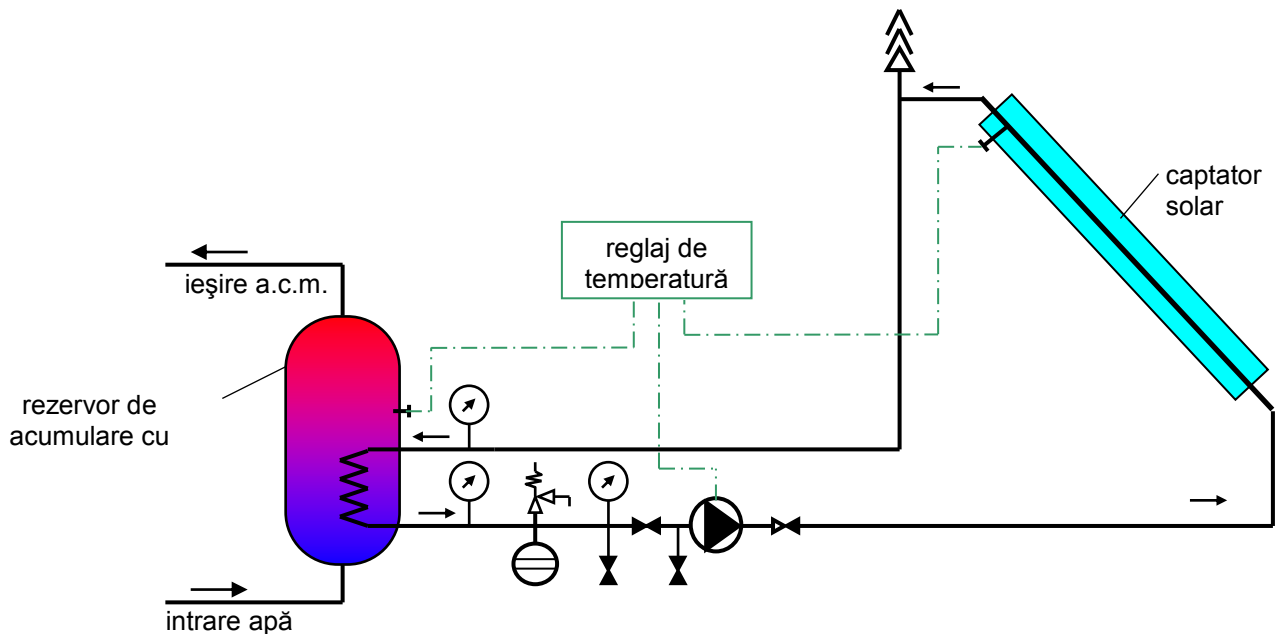


Figura 29. Echiparea cu armături a instalațiilor solare cu circuit închis

Observație: Circuitul închis de agent termic dintre captatorul solar și schimbătorul de căldură prin intermediul căruia este cedată căldura trebuie să cuprindă un minimum de armături de siguranță, măsurare și control (figura 29) ca orice sistem închis cu circulație forțată în care este vehiculat fluid cu temperatură variabilă.

Prin cele prezentate se evidențiază multiplele posibilități de realizare a instalațiilor solare, atât soluții tehnice mai simple cât și mai complexe din punct de vedere al construcției și automatizării. La alegerea sistemului se vor lua în considerare atât scopul în care se dorește utilizarea sistemului, condițiile locale, cât și aspectele tehnico – economice.

Bibliografie:

1. Heinz Ladener – Solaranlagen, Editura Ökobuch 1993
2. Goetzberger A; Wittwer V; Sonnenenergie – Thermische Nutzung. B.G.Teubner Verlag, Stuttgart, 1989
3. AIIR – Manualul de Instalații, volumul "I", Editura Artecno București 2002
4. M.Ilina; C. Bandrabur; N.Oancea – Energii neconvenționale utilizate în instalațiile în construcții, Editura Tehnică București 1987

Ing. Gheza Kelemen

**Fundația Româno - Germană
de Pregătire și Perfecționare Profesională
în Domeniul Construcțiilor - Timișoara**