

Ghid de construire a colectoarelor solare gravitaționale pentru apă caldă

Introducere

► În condițiile creșterii continue a cererii pe piața energetică, totodată ținând cont de necesitatea protecției mediului, valorificarea energiei solare constituie un imperativ. Fiind o resursă inepuizabilă și accesibilă aproape oriunde pe suprafața Terrei, energia solară teoretic ar putea îndești absolut toate necesitățile umane. În practică însă problema este mult mai complexă decât pare la prima vedere.

În primul rând trebuie să conștientizăm faptul, că oamenii au nevoie de mai multe forme de energie cum ar fi cea electrică, termică, mecanică sau chimică, însă în mai puțină măsură de forma în care energia solară ajunge pe pământ – radiația solară. Așadar pentru a fi pe deplin utilă energia radiației solare trebuie transformată în alte forme. Aceasta inevitabil implică pierderi, uneori considerabile.

Dilema cu care se confruntă orice practician la alegerea sistemului solar, ține de mai mulți factori decisivi. Pe lângă eficiență, se ia în considerație tipul energiei necesare (electrică, termică, mecanică, chimică etc.), complexitatea tehnologică, menținerea și deservirea sistemului și, nu în ultimul rând, prețul.

Din multitudinea tipurilor de colectoare solare, de la cele plate până la tuburile cu vid și concentratoarele solare, noi am ales un model accesibil ca preț, simplu ca tehnologie și suficient de eficace pentru îndeștularea necesităților menajere.

Figura 1.
Colectorul solar,
privire generală



Panoul solar cu termosifon

► Panoul solar cu termosifon este unul pasiv, care funcționează după principiul gravitațional, nu necesită sisteme electronice de control, nici sisteme de propulsie cu pompe, supape etc. Sistemul funcționează absolut autonom și nu e necesară intervenția omului în timpul operării.

Principiul termosifonului este unul simplu. Se știe că la temperaturi diferite lichidele au densitate diferită și, respectiv, greutate diferită. Fluidele calde, care sunt și mai ușoare, vor tinde să circule pe verticală în sus, iar acele reci invers, în jos. În panoul solar cu termosifon circuitul este construit în așa mod, încât să favorizeze mișcarea continuă a lichidului purtător de căldură în direcția dorită.

În figura 2 prezentăm o schemă simplificată a principiului termosifonului, utilizat în panourile solare. Vă atenționăm: pentru ca deplasarea lichidului să se realizeze, urmează a fi eliminate orice bariere, care ar împiedica mișcarea firească a acestuia în direcția corespunzătoare. De aceea întotdeauna se va evita înclinația inversă a canalelor de circulație.

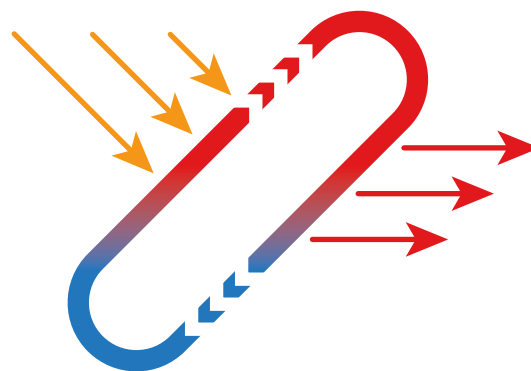


Figura 2. Principiul termosifonului

Schema generală

În general un sistem de încălzire a apei cu ajutorul radiației solare are trei componente principale (fig.3):

- Un colector. Funcția acestuia este de a capta radiația solară și de a o transmite sub formă de căldură agentului termic.
- Un rezervor pentru căldura colectată. Deoarece căldura este utilizată în mod arbitrar, în cantități variabile și timp diferit, după necesitate, căldura este acumulată cu rezervă și depozitată pentru utilizare ulterioară.
- Un sistem de conducte prin care circulă agentul termic de la colector spre rezervor, precum și apa caldă de la rezervor spre consumator.

De la bun început vom menționa că în acest compendiu vom examina două modele de colectoare cu termosifon: unul cu și altul fără schimbător de căldură (fig.4). Deosebirea esențială este în faptul că în primul circuitul agentului termic e separat de fluxul apei destinate pentru consum, pe când în cel de-al doilea agentul termic și apa pentru consum formează un circuit comun, adică însăși apa pe care o vom consuma servește în același timp drept agent termic. Dacă sistemul solar va fi utilizat pe timp de iarnă, când temperaturile în latitudinea noastră pot să cadă mult sub 0°C, e rezonabil să utilizăm un agent termic rezistent la temperaturile joase: un antigel. Este evident că în acest caz vom evita amestecarea apei destinate pentru consum cu antigelul toxic, deci vom folosi modelul, care ne asigură separarea sigură a ambelor circuite. În parcursul său agentul termic va curge pe un circuit închis de la colector spre rezervor, unde prin intermediul schimbătorului termic va ceda căldura lichidului destinat pentru consum.

Observați, că în schemele ambelor modele amplasarea elementelor principale este, în principiu, aceeași: rezervorul pentru apă fierbinte se află deasupra panoului colector, iar toate conductele sunt îndreptate după direcția fluxului lichidului. Astfel se asigură transferul căldurii absorbite spre punctul cel mai de sus al rezervorului.

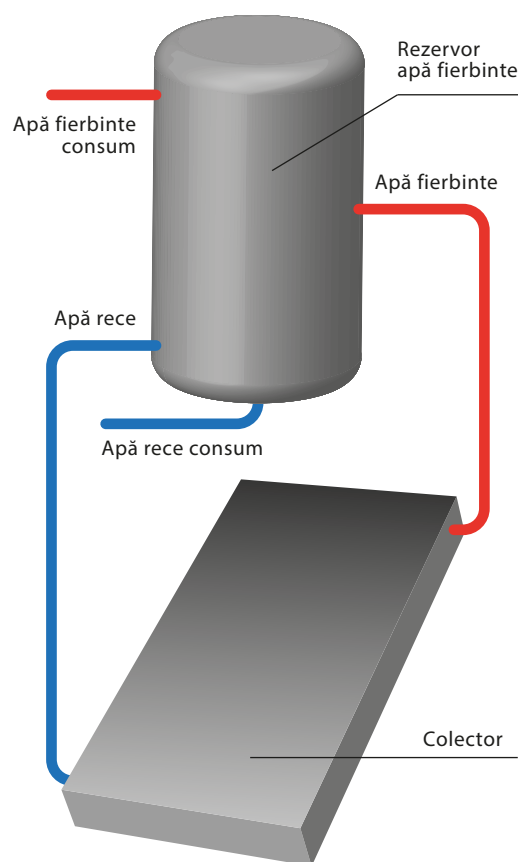


Figura 3. Schema generală a unei instalații solare pentru încălzirea apei menajere

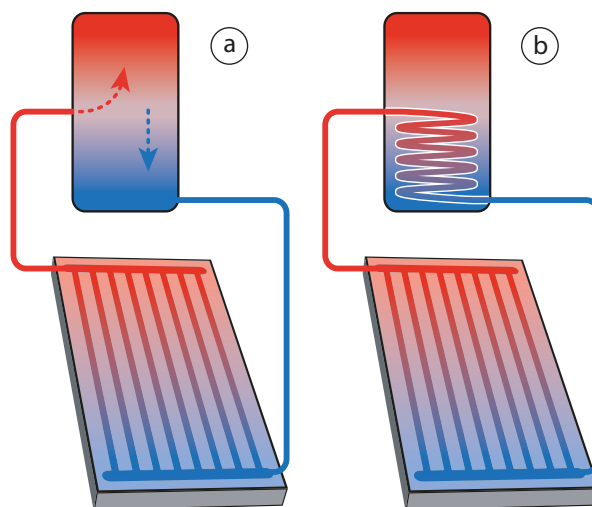


Figura 4. Modelul (a) fără schimbător de căldură; modelul (b) cu schimbător de căldură

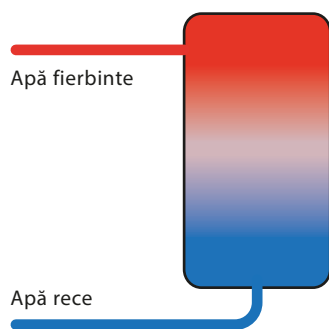


Figura 5. Distribuția gradientului temperaturii în interiorul rezervorului

Cât privește rezervorul, același principiu de distribuție a fracțiilor de apă cu temperaturi diferite pe verticală ne sugerează să ținem cont de gradientul de temperatură pentru a atinge eficiență maximă. Evident că pentru consum vom utiliza cea mai fierbinte fracție (fig.5), adică acel volum de apă, care se află în partea cea mai de sus a rezervorului. Apa rece, care va înlocui volumul consumat, în mod logic, nu trebuie amestecată cu cea fierbinte. De aceea în interiorul rezervorului va intra prin partea de jos.

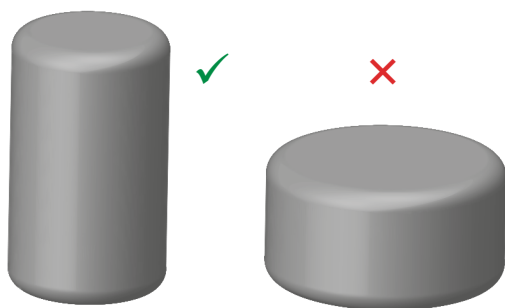


Figura 6. Forma preferabilă a rezervorului este cilindrică alungită

Pentru a stratifica mai eficient temperatura în interiorul rezervorului, este preferabil ca acesta să fie de formă cilindrică, amplasat vertical. Într-un rezervor înalt și îngust zonele cu temperaturi diferite vor fi delimitate mult mai pronunțat, decât în unul scurt și lat (fig.6).

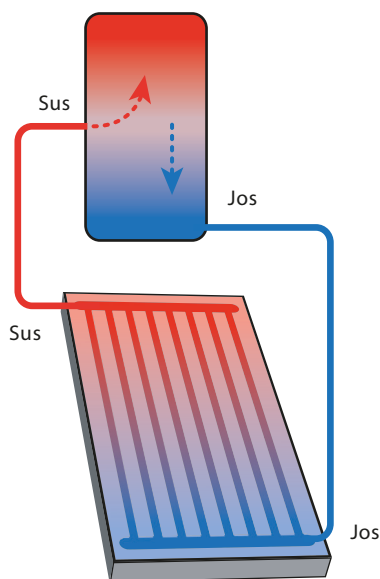


Figura 7. Regula „sus-sus - jos-jos” de conectare a conductelor

Între colector și rezervor se realizează circuitul de colectare. În acest caz, pentru ca lichidul să curgă în direcția convenită la conectare se va respecta o regulă simplă, așa numita regulă „sus-sus – jos-jos”, ceea ce înseamnă că lichidul fierbinte, care iese din partea de sus a absorberului prin conducte, va fi introdus în partea de sus a rezervorului, iar lichidul răcit (după cedarea căldurii), va ieși prin partea de jos a rezervorului și se va reîntoarce în colector respectiv prin partea lui de jos (fig.7).

Vă atenționăm asupra faptului că termosifonul se realizează mai eficient, dacă există diferențe mari de temperatură între diferite zone ale sistemului. Tocmai de aceea, după cum observați din schemele respective, introducerea apei fierbinți, care vine dinspre colector, se va face într-un punct puțin mai jos decât locul cu temperatura cea mai înaltă, cam pe la mijlocul rezervorului.

Construcția colectorului

Părțile componente principale ale colectorului (fig.8) sunt cutia, absorberul și materialul izolat. Principiul de funcționare este următorul: absorberul captează radiația solară, se încălzește și transmite căldura agentului termic, cu care este în contact. Pentru a mări considerabil eficiența absorberului, el se include într-o cutie bine izolată cu capac din sticlă, pe această cale minimizându-se pierderile de energie prin crearea efectului de seră.

CONFECTIONAREA ABSORBERULUI

În modelul nostru absorberul reprezintă o foaie metalică, sudată sau strâns atașată de o rețea de țevi metalice, prin care circulă agentul termic. Funcția absorberului este să capteze cât mai multă energie solară. De aceea e acoperit cu vopsea neagră mată și ocupă practic întreaga suprafață a colectorului.

Mișcarea lichidului prin țevi după principiul termosifonului depinde foarte mult de caracteristicile hidraulice ale țevelor. De aceea este important să se respecte raportul dintre diametrele țevelor longitudinale și cele de la margine, perpendiculare. Pentru o eficiență maximă acest raport este stabilit prin formula:

$$2 * D^2 = n * d^2$$

În care: D și d sunt diametrele țevelor transversale și longitudinale, iar n este numărul țevelor longitudinale (de obicei 8, mai rar 9 la număr). Dacă de exemplu, ați cumpărat țevi longitudinale cu diametrul de intern de 12 mm, atunci pentru a determina diametrul țevelor transversale formula o putem transforma în felul următor:

$$D = d * \sqrt{\frac{n}{2}} = 15 * \sqrt{\frac{8}{2}} = 30 \text{ mm}$$

Așadar diametrul interior al țevelor transversale trebuie să fie nu mai mic de 30 mm.

La sudarea sau alipirea țevelor de suprafața tablei metalice se va ține cont de asigurarea unui contact cât mai mare între ele.

Deschiderile de intrare și ieșire trebuie să fie amplasate cu strictețe în modul indicat în schemă, adică opuse una față de alta. Fluidele tind să circule pe calea cea mai scurt posibilă, de aceea, dacă intrarea și ieșirea se vor afla de aceeași parte a absorberului, agentul termic va circula doar prin primele 3-4 țevi, celelalte rămânând neutilizate (fig.9).

CONFECTIONAREA CUTIEI

În modelul propus cutia se confecționează din lemn. Conform schemei la început construim un cadru din leațuri de lemn masiv, fortificat în interior cu două leațuri mai mici. Foarte important este să păstrați dimensiunile exacte și geometria cu unghiurile de strict 90°. Spatele se acoperă cu placaj, care din interior se căptușește cu material izolat,

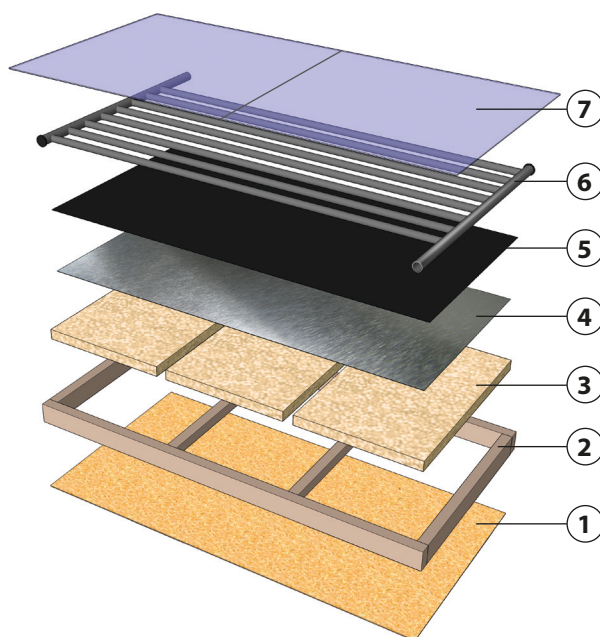


Figura 8. Elementele constructive ale colectorului:
1 - placaj; 2 - cadru de lemn; 3 - material izolat;
4 - folie de aluminiu; 5 - tabla metalică a absorberului; 6 - rețeaua de țevi a absorberului;
7 - capac din sticlă

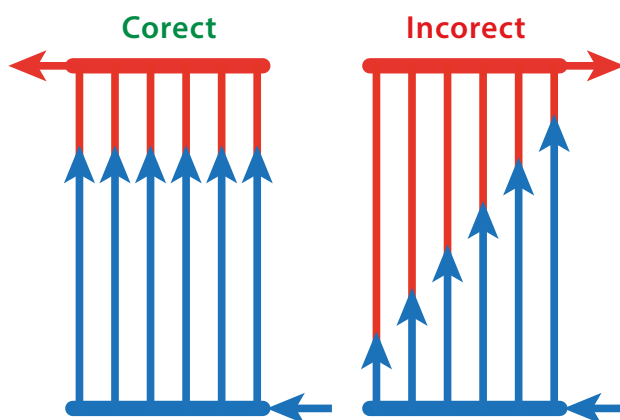


Figura 9. Schema corectă de montare a deschiderilor de intrare și ieșire a rețelei de țevi a absorberului

neapărat unul rezistent la temperaturi înalte.

Peste materialul izolat se așterne un strat de folie de aluminiu, care mărește și mai mult efectul de izolare. Abia după aceasta în cadran se montează absorberul. Deoarece capetele țevelor transversale ies înafara cadranului, în acesta se fac găurile respective din timp.

Întreaga suprafață expusă a cutiei se vopsește cu grund sau vopsea rezistentă la factori externi. Pe marginea din față a cadranului se lipește garnitura.

Colectorul se acoperă peste garnitură cu două sticle de câte 1000 x 1000 mm. Iată de ce la confecționarea cadranului este importantă acuratețea dimensionării. Sticla se fixează cu ajutorul colțarilor.

Construcția rezervorului

Rezervorul se utilizează pentru acumularea și depozitarea căldurii colectate pe parcursul zilei. Volumul acestuia se calculează în raport de suprafața de absorbție a colectorului, care este de aproximativ 75-100 L la un metru pătrat de absorber. În mod normal, un sistem capabil să îndeplinească necesitățile zilnice ale unei familii are un rezervor cu capacitatea de 150-200 L, respectiv 2 m² de absorber.

Apa fierbinte, care se acumulează în partea de sus a rezervorului, este consumată periodic, fiind instantaneu suplinită cu apă rece. Frațiunile caldă și rece ocupă

părțile proximale de sus și de jos a rezervorului, spațiul dintre ele fiind un gradient de temperatură. Pentru a evita amestecarea fracțiilor cu temperaturi diferite, apa rece va fi introdusă întotdeauna prin partea de jos a rezervorului. Respectiv apa fierbinte va fi scoasă din partea de sus. Este rezonabil ca rezervorul să fie de formă cilindrică, cu înălțimea mai mare decât diametrul bazelor (fig.6). Rezervorul poate avea și formă dreptunghiulară, însă mai recomandată este forma cilindrică, deoarece este mai rezistentă la presiune și mai eficientă din punct de vedere al conservării căldurii.

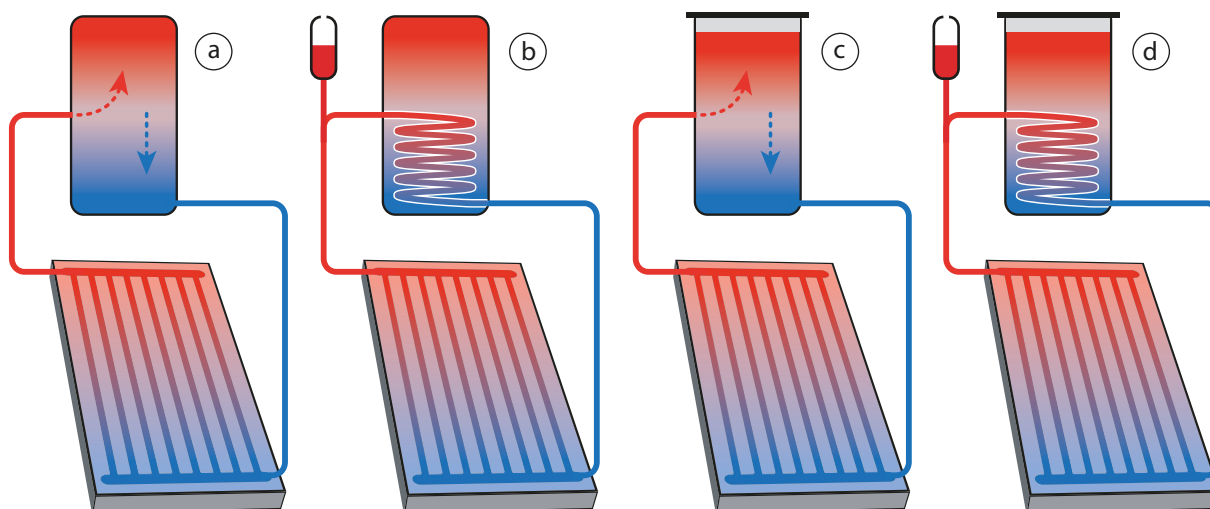


Figura 10. Modelele (a) și (b) reprezintă rezervoare închise, cu presiune; modelele (c) și (d) rezervoare deschise. Sistemele cu schimbător de căldură (b și d) sunt înzestrate cu vas de expansiune

Pentru ambele variante, fie acel cu circuit închis, fie cu circuit deschis al agentului termic, există două posibilități de alimentare a rezervorului cu apă de consum (fig.10): sub presiune și deschise.

În primul caz rezervorul va fi unul închis ermetic, mecanic sau prin sudura, astfel încât presiunea din interior va fi egală cu presiunea hidrostatică din sistemul de aprovizionare cu apă. Evident că în acest caz pereții rezervorului trebuie să fie suficient de rezistenți la astfel de presiune. Dacă în sistemul dumneavoastră de aprovizionare presiunea este exagerat de mare sau variază în limite mari pe parcursul zilei, atunci se recomandă montarea unui reductor de presiune.

Modelele rezervoarelor deschise nu sunt afectate de presiunea apei din sistem, de aceea pot fi confecționate din materiale mai puțin rezistente mecanic. Însă aceasta nu înseamnă că sunt mai simple în construcție. Problema e că nivelul apei din rezervor trebuie să fie menținut la o limită constantă, pentru a evita scurgerile de apă peste margini. Cu ajutorul unei supape cu plută, care este utilizată de obicei în mecanismele de scurgere automată la vasele de vecu (fig.11). Aceasta este plasată în interiorul rezervorului la țeava

care suplinește cu apă rece, iar plută, care are menirea să închidă sau să deschidă supapa, este agățată cu ajutorul unei coarde de prelungire astfel încât să asigure umplerea dar nu revărsarea apei în rezervor.

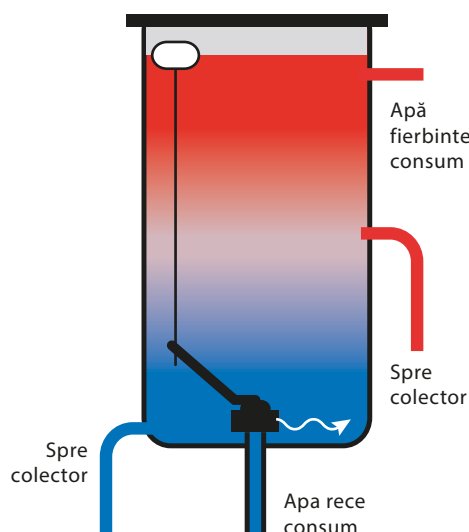


Figura 11. Schema amplasării supapei în rezervorul deschis

Construcția schimbătorului de căldură

Funcția principală a schimbătorului de căldură este de a asigura transmiterea energiei termice de la un mediu la altul, în cazul nostru de la agentul termic din circuitul mic al colectorului la apa pentru consum. Creșterea eficienței transferului termic poate fi realizată atât prin utilizarea materialelor cu conductivitate termică înaltă, cât și prin mărirea (extinderea) suprafeței de contact a schimbătorului de căldură cu fluidul care primește căldura.

În modelele noastre, drept schimbător de căldură se va utiliza o țevă metalică sau din alte materiale termoconductibile, care este răsucită în formă de spirală. Fiind compactă ca structură, această spirală asigură totodată o suprafață mare de contact.

Din punct de vedere al coeficientului de transfer termic, țevile de cupru sunt dintre cele mai recomandate pentru construirea schimbătorului de căldură. Acestea se îndoie ușor și își păstrează bine forma. Însă pe lângă aceste avantaje vădite ale cuprului, totuși nu e de neglijat prețul exagerat de înalt în raport cu eficiența pe care o poate oferi. În plus, cuprul este sensibil la corodare, mai ales dacă intră în contact cu alte metale. Țevile de tip *Pexal* sunt o

alternativă de compromis pentru situațiile când sunteți limitat în buget. Unicul avantaj este că aceste țevi pot fi ușor îndoite și își păstrează în mod sigur forma. Conductibilitatea termică mică le face totuși să fie printre cele mai puțin eficiente. Țevile *PEX*, care se utilizează la încălzirea pardoselii, sunt termoconductoare mai eficiente, totodată la fel de ieftine, însă au și ele un neajuns: sunt mai puțin flexibile și foarte elastice. Sunt foarte greu de răsucit și de fixat în formă de spirală de diametru mic. Aveți nevoie de o carcasă rigidă și cleme de fixare care să mențină forma dorită a spiralei de *PEX*.

DIMENSIUNI ȘI PROPOȚII RECOMANDATE

A fost calculat că pentru un rezervor de 150-200 L țevile cu diametrul de 16 mm trebuie să fie între limitele de 6-8 m lungime. Astfel răsucită în 6-8 spire, spirala va avea diametrul de aproximativ 30-35 cm și va încăpea potrivit de bine în rezervor. Înălțimea spiralei trebuie să fie nu mai mare decât jumătate din înălțimea rezervorului. Schimbătorul de căldură va fi montat în partea de jos, spira de jos și mufa de ieșire fiind amplasate la distanța de aproximativ 10 cm de la fundul rezervorului.

Vasul de expansiune

Sub influența temperaturilor înalte într-un sistem hidraulic închis, precum este circuitul închis al colectoarelor cu schimbător de căldură (fig.10b și 10d), presiunea lichidului fluctuează în limite mari. Pentru a le proteja de expansiunea termică sistemele închise se echipează cu vase de expansiune. Acestea amortizează șocul de presiune prin mărirea volumului total al sistemului și preluarea dilatării agentului termic.

Există mai multe tipuri și modele comerciale de vase de expansiune. În modelele noastre pot fi utilizate vase artisanale, care sunt simple în realizare, accesibile ca preț, dar, în același timp, și eficiente. Orice vas închis de plastic sau de metal, care este

rigid și rezistă la temperaturi înalte, se potrivește în calitate de vas de expansiune. Pentru un colector tipic, al cărui volum al agentului termic este de 7-10 L, volumul minim al vasului de expansiune trebuie să fie nu mai mic de 2-3 L. Totuși pentru siguranță maximală este bine să fie supradimensionată capacitatea acestuia până la volumul de 4-5 L, astfel asigurându-se o rezervă de volum tampon. Deoarece vasul de expansiune artisanal este unul de tip deschis, pe suprafața cea mai de sus a vasului se face o gaură mică cu rol de supapă de suprapresiune.

Vasul de expansiune se montează în locul cel mai înalt al circuitului colectorului în proximitatea locului de intrare a conductei fierbinți în rezervor (fig.1).

Amplasarea și montarea colectorului solar

La etapa planificării, unul dintre lucrurile fundamentale de care trebuie să Țineți cont este oportunitatea amplasării colectorului în funcție de topografia locului, precum și de specificul construcțiilor ingerești existente. Ideea construirii unui colector solar propriu poate fi lesne zădărnicită de unele condiții eventual nefavorabile, precum imposibilitatea sau dificultatea orientării colectorului spre soare, distanța inadmisibil de lungă între elementele-cheie, precum și de lipsa sursei de apă.

EXPUNEREA COLECTORULUI SOLAR FAȚĂ DE SOARE

Colectorul solar nu va funcționa sau va funcționa ineficient dacă nu va fi utilizat întreg potențialul iradierii solare. Scopul nostru este să amplasăm colectorul în așa fel, încât acesta să capteze cât mai multă energie solară pe parcursul zilei. De aceea, având în vedere că amiaza solară este orientată strict spre sud (fig.12), evident că și colectorul va fi orientat cu fața spre sud. Înclinarea sub un unghi de 45° va asigura

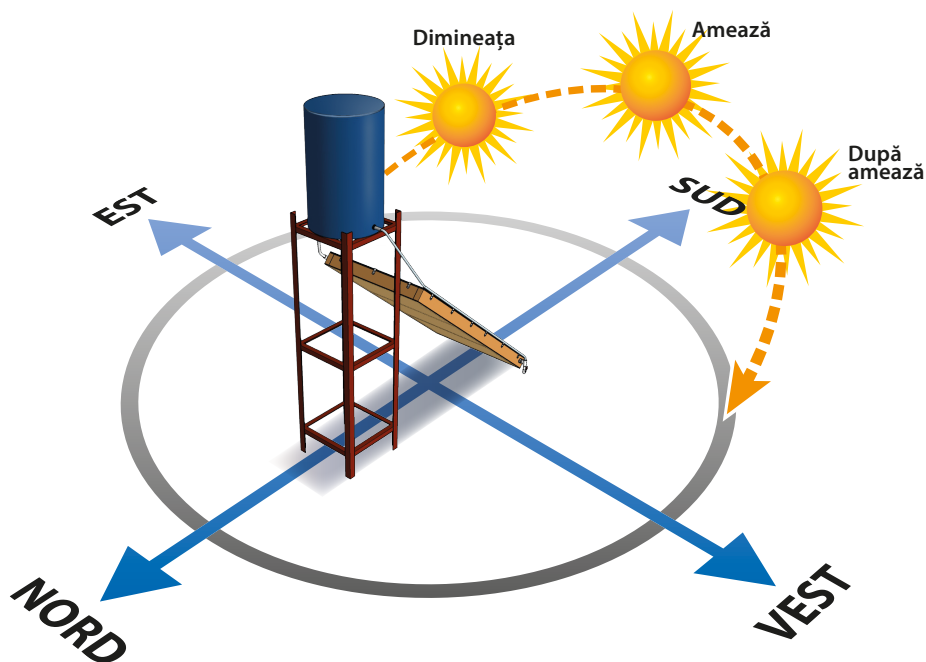


Figura 12. Schema expunerii colectorului solar în raport cu amiază solară

iradierea maximă în orele amiezii, când razele solare vor cădea pe suprafața absorberului sub unghi perpendicular. La modul practic, suprafața acoperișului care stă cu fața spre sud este opțiunea cea mai preferabilă. Un factor important în asigurarea iradierii maxim eficiente a colectorului este evitarea obstrucționării captării razelor solare. De aceea se va alege un loc însorit, ferit de umbră pe tot parcursul zilei.

AMPLASAREA COLECTORULUI ÎN RAPORT CU REZERVORUL

Pentru funcționarea eficientă a sistemului, rezervorul trebuie să fie amplasat mai sus decât colectorul. Acest imperativ implică aparent unele incomodități, dat fiind faptul că întreaga instalație va fi una destul de înaltă. În funcție de specificul locului ales pentru montarea colectorului, există mai multe

oportunități și strategii de amplasare a elementelor sistemului. În figura 13 observați că în unele cazuri colectorul și rezervorul sunt amplasate pe un suport propriu, pe când în alte cazuri în calitate de suport sunt utilizate elemente constructive existente, de exemplu acoperișul casei. Este evident că amplasarea rezervorului de stocare în interiorul unei clădiri, de exemplu în podul unei case, prezintă un șir de avantaje. Cel mai important este că rezervorul este ferit de fluctuația și acțiunea agresivă a condițiilor meteo din exterior.



Figura 13. Exemple de amplasare a instalației solare

GLOSAR

Absorber

(ori *Element absorbant*) Piesă din construcția colectorului solar care reține o parte din energia radiată de soare, o transformă în energie termică și o transmite agentului termic. Pentru o eficiență mai mare, absorberul se acoperă cu vopsea spectral-selectivă (absorbție înaltă, emisie joasă).

Agent termic

Fluid utilizat pentru a acumula, a transporta și a ceda căldura într-o instalație termică.

Amiaza solară

Acea perioadă din zi când soarele ajunge la cel mai înalt punct de pe cer. Acel moment împarte orele de lumină ale zilei exact în jumătate. A nu se confunda amiaza solară cu amiaza dată de oră.

Colector solar

(ori *Panou solar termic*) Instalație ce captează energia conținută în razele solare și o transformă în energie termică.

Convecție naturală

Efect fizic de propulsare naturală a fluidului, bazat pe diferența dintre greutatea specifică a fluidului cald și cel rece.

Etanșare

Închidere ermetică pentru a nu permite pătrunderea sau ieșirea fluidului (în colectorul solar a aerului fierbinte).

Înclinare

În contextul colectoarelor solare înclinarea este unghiul pe care un panou solar îl face cu orizontul. Înclinarea ideală pentru o locație va însemna că panourile de acolo vor absorbi cât mai mult din lumina soarelui.

Rezervor de stocare

Un vas sub presiune sau fără presiune, izolat termic, care depozitează apa încălzită pentru consumul ulterior.

Termosifon

Efect fizic, în care circulația fluidului într-un circuit închis se realizează prin convecție naturală, fără nevoia de a utiliza vreo pompă mecanică.

Vas de expansiune

Dispozitiv conceput pentru reglarea și amortizarea presiunii agentului termic într-o instalație hidrolică solară.