

Captarea energiei solare.

Utilizarea „căldurii” primite de la soare are o istorie foarte veche a cărui început este concretizat în încălzirea apei. În numeroase țări, în special tropicale, se practică în mod curent încălzirea apei direct de la soare prin utilizarea unui rezervor vopsit în culoare neagră. Suprafața neagră absoarbe radiația solară cu transformarea radiației cu lungime de undă scurtă de la soare în radiație termică a cărei lungime de undă este mai mare. Căldura astfel obținută este dirijată spre aer sau apă, care apoi pot fi folosite pentru încălzirea unor incinte, clădiri, sau pentru producerea apei calde necesare unei game foarte largi de aplicații. În unele țări ca Japonia S.U.A., Australia, Israel, etc., deși nu au o climă excesiv de caldă se practică încălzirea apei direct de la soare, fiind în funcțiune, în prezent pentru încălzirea apei, milioane de rezervoare în diverse variante necesare consumului casnic și al piscinelor.

Utilizarea energiei termice solare nu este limitată numai la producerea apei calde. La expoziția universală de la Paris din anul 1890 a fost prezentată o mașină cu abur produs prin concentrarea radiațiilor solare și care era folosită pentru tipărirea ziarului numit „Le Soleil”.

În prezent energia termică solară se folosește pentru uscarea unor materiale, în gospodărie, distilarea apelor sărate, sterilizare și chiar refrigerare. Partea cea mai importantă a instalației care transformă energia termică solară într-o altă formă utilă de energie este *captatorul solar*. Deseori termenul de captator solar este utilizat pentru desemnarea *colectorului heliotermic* al cărui scop primar este convertirea energiei solare în căldură. Din această cauză, dacă nu se face o altă specificare, vom folosi termenul în această accepție. În principiu, captatoarele solare termice se bazează pe „efectul de seră” în funcționarea lor. Radiațiile solare traversează în mod obișnuit un panou de sticlă sau din material plastic transparent și sunt reținute de o suprafață absorbantă. Căldura înmagazinată de materialul absorbant este reținută de pereții din material izolator termic, de obicei sticlă. Această căldură poate fi utilizată prin intermediul unui fluid purtător de căldură, aer sau apă, figura 3.8.

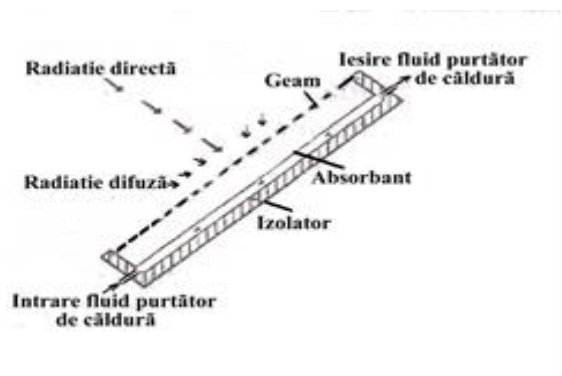


Figura 3.8. Principiul de bază al captatoarelor solare

Astfel de captatori utilizează energia solară pentru încălzirea, în general, a apei până aproape de 100° C fără concentrarea radiațiilor solare. Pentru a obține temperaturi mai ridicate la agentul termic, se poate concentra radiația solară sau diminua pierderile termice ale captatorului solar. Pentru concentrarea radiațiilor solare se

folosesc suprafețe reflectante care focalizează radiația către suprafața absorbantă. Acest sistem de concentrare a radiațiilor solare este din ce în ce mai folosit, mai ales pentru apa necesară uzului casnic. Pentru reducerea pierderilor termice se practică următoarele metode:

- limitarea pierderilor directe cu prin intermediul unui vitraj (efect de seră)
- reducerea pierderilor prin conducție (îmbunătățirea izolației termice)
- reducerea pierderilor prin convecție între absorbant și vitraj
- reducerea pierderilor prin radiație

Captarea fără concentrarea radiației.

Captatoarele fără concentrarea radiației au o suprafață de absorbție a energiei termice egală cu suprafața care interceptează radiația solară și prezintă o serie de avantaje:

- utilizează atât radiația solară directă cât și radiația difuză
- nu necesită orientarea precisă spre soare
- au o construcție mai simplă decât captatoarele cu concentrarea radiației
- implică o construcție ușoară
- domeniul de utilizare al acestor captatoare este cel al temperaturilor moderate, de aproximativ

100°C.

Cele mai importante aplicații ale acestui tip de captator sunt: încălzirea apei menajere, încălzirea apei pentru piscine, încălzirea locuințelor, conservarea produselor alimentare prin uscare, distilarea termică a apelor sărate, epurarea apelor pe cale termică, conservarea produselor alimentare și medicamentelor prin refrigerare solară termică, condiționarea aerului, producerea termodinamică a energiei motrice, încălzirea apei necesară diverselor procese industriale.

După forma suprafeței absorbante, captatoarele fără concentrarea radiației pot fi plane, cilindrice, semicilindrice, etc., dintre care cele mai folosite sunt cele plane.

În principiu un captator plan tipic se compune din următoarele părți:

- un acoperiș transparent pentru radiațiile solare, compus eventual din mai multe elemente, denumite generic cu termenul de sticlă sau plăci transparente, care au rolul de a reduce pierderile de căldură prin convecție și radiație către mediul ambiant
- absorbant sau placă neagră unde se realizează conversia energiei solare în căldură
- un circuit purtător de căldură
- o izolație termică laterală și la bază
- o structură de legătură modulară sau integrată (carcasă).

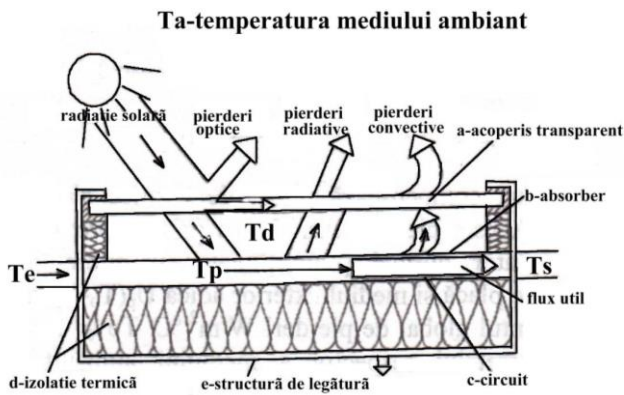


Figura 3.9. Schema unui captator solar plan standard și bilanțul energetic simplificat

Placa absorbantă și conductele pentru fluidul purtător de căldură se pot confecționa din metal (Cu, Al, oțel de grosimi 0.2 - 1,5 mm) material plastic sau cauciuc, geamurile din sticlă sau material plastic. Izolația se realizează din spume poliuretanică și vată de sticlă iar carcasa se poate confecționa din lemn, material plastic sau metal.

În esență funcționarea captatorului solar plan se bazează pe încălzirea suprafeței absorbante sub acțiunea radiației solare directe și/sau difuze. Căldura este transmisă fluidului aflat în contact termic direct sau indirect cu suprafața absorbantă iar apoi, prin circulația acestui fluid, căldura este transportată la alte elemente ale instalației în care este integrat captatorul. Drept fluid purtător de căldură se folosește în mod curent apa sau aerul.

Sunt utilizate o mare varietate de captatoare solare în special plane, toate având însă același principiu de funcționare prezentat anterior. În figurile 3.9 - 3.11. sunt prezentate câteva tipuri de captatoare plane.

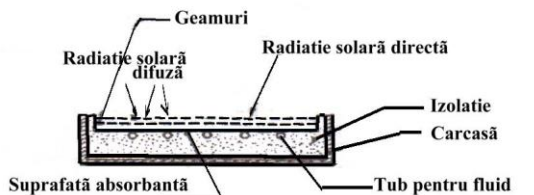


Figura 3.9. Captator solar plan tip placă - tub

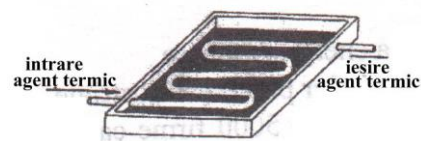


Figura 3.10. Captator solar plan cu tub serpentină.

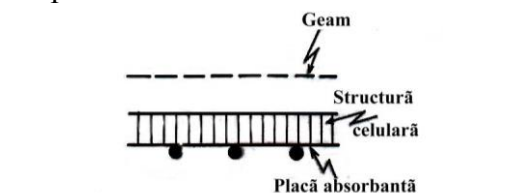
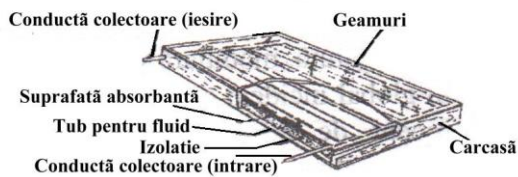


Figura 3.11. Captator plan cu structură celulară.

O măsură a performanței unui captator solar o constituie randamentul captatorului definit prin raportul dintre căldura utilă obținută într-o perioadă oarecare de timp și energia solară incidentă pe suprafața captatorului în aceeași perioadă de timp.

Pe această placă se realizează un flux termic pe m^2 egal cu:

$r_{\text{plac\u0103}} = (\alpha\tau)G$ unde G = iradian\u0219a, α - coeficient de absorb\u021bie al pl\u0103cii iar τ - parametru ce caracterizeaz\u0103 transmisia solar\u0103.

Acest flux compenseaz\u0103 pierderile termice ale pl\u0103cii c\u0103tre exterior, care \u00eentr-o prim\u0103 aproxima\u021bie, sunt, pentru un captator normal, propor\u021bionale cu diferen\u0219a de temperatur\u0103 \u00eenre plac\u0103 \u0219i mediul exterior adic\u0103: $U_p(T_p-T_a)$ unde U_p este coeficientul global de pierderi $W m^{-2} \text{ }^\circ C^{-1}$ iar T_p \u0219i T_a sunt temperatura peretelui respectiv a mediului ambiant. U_p variaz\u0103 de la 1 la 30 $W m^{-2} \text{ }^\circ C^{-1}$ \u0219i este de 7-8 $W m^{-2} \text{ }^\circ C^{-1}$ pentru un colector standard fabricat artizanal foarte corect.

Soldul este fluxul util φ_u folosit \u00een perioada de demarare \u0219i de sf\u0103r\u0219it pentru modificarea temperaturii de ansamblu a colectorului \u0219i \u00een condi\u021bii normale pentru re\u00een\u0219alzirea fluidului circuitului termopurt\u0103tor, ap\u0103 sau aer, \u00een general, ap\u0103-glicol \u00een regiunile reci sau un fluid termic cu compozi\u021bie special\u0103 \u00een unele aplica\u021bii industriale.

Fluxul util se ob\u021bine cu u\u0219urin\u0219a aplic\u00e2nd formula Hottel-Whiller-Bliss:

$$\varphi_u = (\alpha\tau)G - U_p(T_p-T_a)$$

iar randamentul se calculeaz\u0103 cu rela\u021bia:

$$\eta = \varphi_u/G = (\alpha\tau) - U_p(T_p-T_a)/G$$

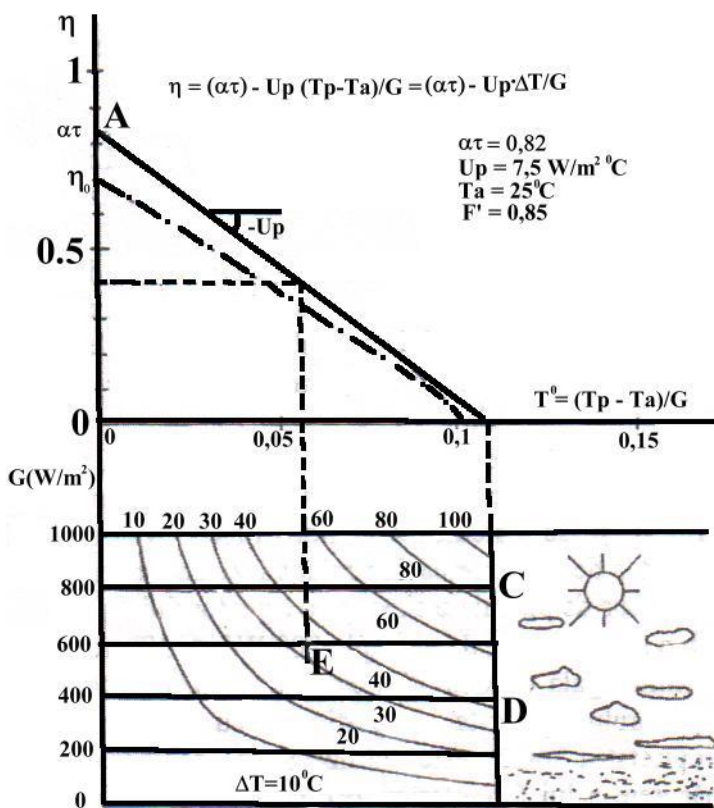


Figura 3.12. Performan\u021bele unui captator plan.

sc\u0103derea randamentului este cu at\u00e2t mai rapid\u0103 cu c\u00e2t U_p este mai mare; not\u0103m c\u0103 U_p este de natur\u0103 esen\u021bialmente termic\u0103 \u0219i se calculeaz\u0103 apriori func\u021bie de materialele utilizate, de dispunerea lor relativ\u0103 \u0219i de dimensiuni sau altfel spus de planul de execu\u021bie al captatorului.

Aceast\u0103 rela\u021bie este reprezentat\u0103 grafic \u00een figura 3.12. \u0219i permite determinarea temperaturii atinse de absorbant \u00een raport cu exteriorul. Abscisa $(T_p-T_a)/G$ se noteaz\u0103 cu T^x , nota\u021bie aleas\u0103 neinspirat pentru c\u0103 se poate crede c\u0103 este vorba de o m\u0103rime redus\u0103 c\u0103ci se exprim\u0103 \u00een $^\circ C m^2 W^{-1}$.

Figura 3.12. prezint\u0103 performan\u021bele unui captator \u0219i ilustreaz\u0103 principalele caracteristici de func\u021bionare ale colectoarelor solare plane. Este necesar s\u0103 specific\u0103m urm\u0103toarele:

- radia\u021biile sunt utilizate \u00een totalitate, iar \u00een raportul difuz/global, care depinde de tipul zonei climaterice, nu are influen\u0219\u0103.
- randamentul maxim \u00een punctul A, $(\alpha\tau)$ nu depinde dec\u0103t de caracteristicile optice de

- sub o radiație dată, spre exemplu 800 W m^{-2} , ΔT are o valoare maximă egală cu $G(\alpha\tau)/U_p$ care nu depinde decât de felul captatorului și este proporțional cu G ; aceasta este proprietatea care este utilizată în echipamente, de măsurare a lui G (solarimetre); pentru $G=800 \text{ W m}^{-2}$ se citește din grafic $\Delta T_{\max}=87^\circ\text{C}$ (punct C) când temperatura absorbantului este de 112°C . Menționăm că în acest caz randamentul este nul.
- dacă utilizarea impune o valoare minimă ΔT , de exemplu 30°C pentru apa caldă sanitară, există o valoare minimală a insolației necesare, de exemplu 275 W m^{-2} pentru punctul D. Dacă se impune un randament de 40% adică 536 W m^{-2} care este necesar (punctul E), se reduc considerabil orelor efective de funcționare în cursul unei zile.
- în apropierea randamentului, curba reală se aplatizează ușor și temperaturile maxime sunt ușor reduse, așa cum se observă din grafic.
- performanțele captatorilor plani depin deci foarte mult de temperatura de utilizare și de insolație disponibilă.

Parametri de bază ai unui captator solar plan sunt: α , τ și U_p . Ei se pot calcula în conformitate cu concepțiile privind captatorul.

a. Transmisia energiei solare, τ .

Pe lângă o transparență bună materialul ales trebuie să reziste la:

- eforturi mecanice, ploi, înghețuri.
- la temperaturi până la 80°C
- degradări fotochimice, în principal radiațiilor UV.

Materialul optim trebuie să aibă $0,8 < \tau < 0,92$, să fie din sticlă plexiglas, policarbonat, polietilenă de grosime mică.

b. Absorbția plăcii, α .

Materialul trebuie să fie opac, mat (suprafața neagră), cu $\alpha=0,9-0,95$, în mod excepțional $0,98$. Un tratament de suprafață (acoperire electrochimică, etc) permite a se păstra o valoare pentru α superioară de $0,9$ limitând emisiile de radiații infraroșii la $0,1-0,15$. Acest tip de absorbator se numește selectiv și nu poate fi obținut decât industrial.

c. Coeficientul global de pierderi, U_p .

Figura 3.12. arată că pierderile termice ale captatorului către exterior sunt rezultatul multiplelor transferuri prin conducție, convecție și radiații. Toate aceste transferuri sunt calculabile.

Captatori plani cu lichid pot fi:

- fără vitraj (geam) la care suprafața absorbantă este direct expusă radiațiilor solare, însă pierderile termice sunt mari; se recomandă pentru încălzirea la temperatură mai mică în special pentru apa piscinelor, apă pentru duș, apă sanitară, etc.
- cu simplu sau dublu vitraj, figura 3.13; se utilizează efectul de seră pentru producerea apei calde până la temperatura de 60°C mai mult decât cea ambientă.

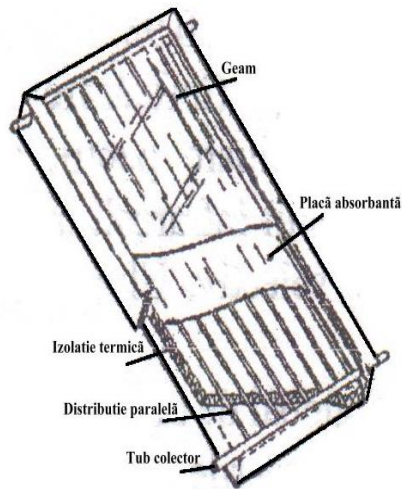


Figura 3.13. Captator plan cu simplu vitraj

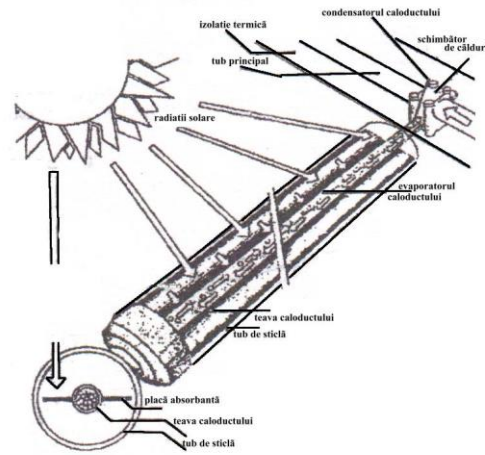


Figura 3.14. Captator plan cu tuburi sub vid

- captatori performanți de tip tuburi sub vid, figura 3.14. Izolația termică absolută realizată prin vid (efectul buteliei Thermos) favorizează alegerea captatorilor plani pentru realizarea temperaturilor cu 80°C mai mult decât cea ambiantă. Mai mult chiar, vidul protejează captatorul de îmbătrânire.

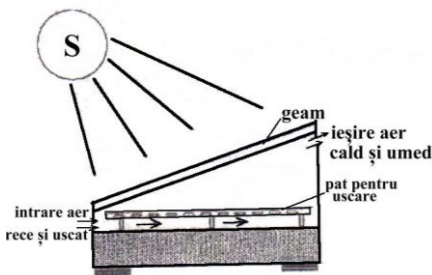


Figura 3.15. Captator plan cu aer

O aplicație des utilizată a captatoarelor solare o reprezintă captatorul plan cu aer, figura 3.15 este format dintr-un vitraj oblic care are rolul de acoperiș expus la soare și care acoperă o incintă prin care circulă aerul care se încălzește și antrenează umiditatea din materialul expus pentru a fi uscat. Este utilizat cel mai des la uscarea materialului lemnos sau la deshidratarea unor substanțe higroscopice.

În figura 3.16. sunt prezentate performanțele medii ale

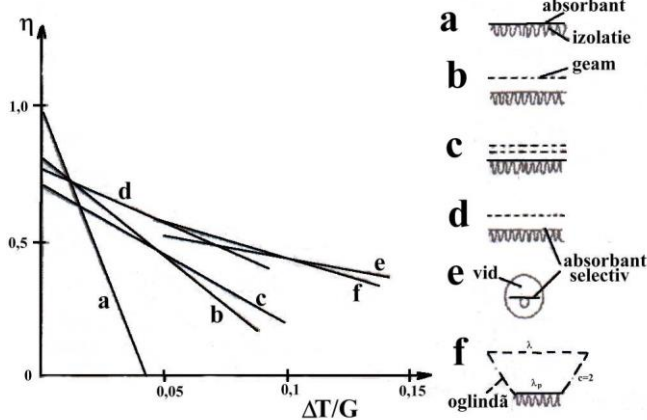


Figura 3.16. Performanțele medii ale principalelor tipuri de captatoare.

a) captatorul cel mai simplu (a) este format dintr-un absorbant fără acoperiș. Se folosește pentru obținerea de temperaturi joase, sub 30°, ($\alpha\tau$) = $\alpha \approx 0,95$, $U_p \approx 15-30 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

b) captatorul standard cu suprafață neagră și geam de sticlă. Sticla are proprietatea de a fi transparentă la radiațiile solare și este qvasi-opacă la radiațiile termice infraroșii și pentru ansamblu absorbant-sticlă, apare o reducere a pierderilor pentru aceste radiații cunoscută sub denumirea de efect de seră; ($\alpha\tau$) = 0,75-0,85, $U_p \approx 6 - 8 \text{ m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

c) folosirea unui acoperiș transparent multiplu (două sticle, o sticlă și un film interior de polietilenă) reduce randamentul optic și pierderile; $(\alpha\tau) = 0,65 - 0,75$, $U_p \approx 4 - 6 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

d) utilizarea unui absorbant selectiv conduce la un factor de 5 – 7 al pierderilor radiative de către sticlă, pierderile convective și prin conducție, traversând izolantul, devin preponderente; $(\alpha\tau) = 0,70 - 0,85$, $U_p \approx 3 - 5 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

e) pierderile convective între placă și sticlă nu pot fi eliminate decât realizând un vid avansat ($10^{-3} - 10^{-4}$ torr și se obține astfel un captator sub vid. Rezistența mecanică la presiunea atmosferică exterioară implică, fără complicații deosebite, adaptarea unei structuri tubulare foarte defavorabile proprietăților optice în care : $(\alpha\tau) = 0,50 - 0,70$, $U_p \approx 1 - 2 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

f) captatoarele cu concentrare mică se obțin prin încorporarea la unul din captatoarele anterioare a unui sistem optic staționar capabil de a intercepta global radiațiile incidente pe o suprafață și de a le retrimite pe un absorbant cu o suprafață mai mică. Performanțele acestui tip de captator sunt mai bune decât cele ale captatorului sub vid. Raportul între suprafața care reflectă radiația și suprafața absorbantului se numește concentrație. În figura 3.16, f, se prezintă un sistem care oglinzi laterale permițând o concentrare egală cu doi.

În funcție de mișcarea aparentă a soarelui pe cer și de perdeaua de nori orice sistem prezentat în figura 3.16. funcționează eficient după câteva ore de expunere la soare.

Circuitul purtătorului de căldură

Căldura solară ρ_u este acumulată în stratul superficial al plăcii și se transferă circuitului purtătorului de căldură, caracterizat prin:

- natura fluidului: apă, apă cu etilenglicol (antigel), aer, etc.
- debitul masic al purtătorului de căldură pe unitatea de suprafață a captatorului
- căldura specifică a fluidului c_f [$\text{J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$] temperatura de intrare, T_i și de ieșire T_f , cu $T_m = (T_i - T_f)/2$.

Temperatura fluidului purtător de căldură nu este aceeași cu a plăcii instalației sau aparatului solar alimentată de către captator în scopul încălzirii apei, uscare, răcire, habitat, etc.

Relația H-B-W: $\eta = \rho_u/G = (\alpha\tau) - [U_p(T_p - T_a)]/G$ pe care am prezentat-o anterior, poate fi scrisă în funcție de T_m sub forma:

$$\eta(T_m) = F' [(\alpha\tau)G - U_p(T_m - T_a)]/G$$

$$\eta(T_m) = \eta_0 - U_m(T_m - T_a)/G$$

Exprimat în funcție de temperatura de utilizare T_m , randamentul la valoarea maximă și coeficientul global de pierderi se reduce la factorul F' , denumit coeficient de irigare (*Heat Removal Factor* în literatura de limbă engleză) și care are o valoare subunitară cu atât mai mică cu cât este mai redusă căldura solară acumulată prin absorbție și dificil de a fi transferată prin conducție/convecție de către fluid. Acesta este un coeficient pur termic, calculabil în funcțiile de condițiile de utilizare.

În această situație trebuie să diferențiem captatoarele de apă (apă, apă cu etilenglicol, etc.) de captatoarele cu aer datorită diferențelor tehnice dintre care cel mai important este rezistența la eforturile de presiune pentru

captatoarele cu apă și transferul de căldură prin convecție între un gaz și un perete care este între 10 și 100 de ori mai puțin eficient decât în cazul unui lichid.

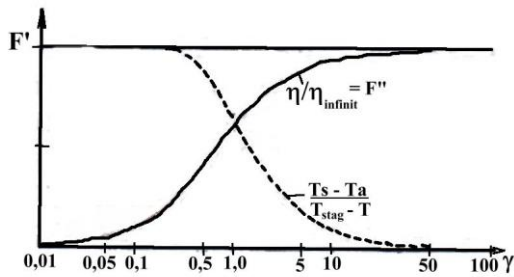


Figura 3.17. Influența debitului fluidului purtător de căldură.

- tipul absorbantului prin F'
- fluid prin c_f
- debitul raportat la suprafață prin q_m/A

În figura 3.17. se prezintă evoluția lui F' funcție de γ într-un grafic semilogaritm și se constată următoarele:

- pentru $\gamma > 10$, reducerea randamentului este limitată la câteva procente. Aceste condiții sunt verificate în normele U.E. sau ASHRAE; de exemplu $q_m = 70 \text{ kg h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ pentru colectoare de apă. Creșterea temperaturii este maxim de ordinul a 10°C .
- pentru debite foarte mici, începând cu $\gamma < 2$ randamentul descrește foarte rapid.

În unele instalații solare, la care uscarea se face prin circulație naturală, temperatura de intrare este cea ambiantă, iar în figura 3.17. se prezintă dependența creșterii temperaturii obținute ($T_s - T_a$) de valoarea maximă a lui γ . Se constată că obținerea unei încălziri relativ mai mare de 20°C , practic cu 20°C peste temperatura de intrare, este fizic incompatibil cu obținerea unui randament bun. Instalațiile necesită o temperatură moderată sau ridicată (încălzire apă, uscarea, etc.) dispunând de o buclă de recirculare, naturală sau forțată. Dacă fluidul transportor de căldură este aerul, c_f este mic ceea ce explică rezultatele slabe ale instalațiilor de uscarea cu o singură trecere. Diversele variante de captatori plani permit conversia energiei solare în căldură utilă într-un domeniu de temperatură de la mediul ambiant la $180\text{-}200^\circ\text{C}$.

Caracterizarea captatorilor solari

Captatorul solar trebuie să fie ușor, să aibă o mică inerție termică, să permită transferul rapid al energiei captate către utilizare, fără pierderi datorate timpului mare de preîncălzire a unei mari mase termice. Captatorul se caracterizează prin randamentul η care se definește ca:

$$\eta = \frac{\text{puterea termică furnizată de captator}}{\text{intensitatea solară incidentă în planul captatorului}}$$

Acest randament este exprimat în funcție de raportul $(\Delta T/G)$ în $^\circ\text{C m}^2 \text{ W}^{-1}$ unde:

- ΔT diferența de temperatură ($^\circ\text{C}$) pe care o are fluidul purtător de căldură care intră în captatorul solar și temperatura exterioară.

Raportat la un colector cu temperatură uniformă (irigare perfectă, debit finit) al cărui randament η este dat de relația: $\eta = \rho_u/G$ sau reprezentat grafic în figura 3.17., colectorului cu aer i se micșorează performanțele, caracterizate prin factorul F' , în funcție de parametrul adimensional γ definit prin:

$$\gamma = \frac{q_m}{A} \cdot \frac{F_r}{F' U_p} = \frac{q_m}{A} \cdot \frac{c_f}{U_m}$$

Care depinde de: - tipul captatorului prin U_p

- G radiația globală incidentă în planul captatorului (W m^{-2})

Adesea se folosește relația:

$$\eta = A - B(\Delta T/G) \text{ unde}$$

- A caracterizează capacitatea optică a captatorului

- B caracterizează pierderile termice ale captatorului

Performanțele captatorilor depind de tipul lor și de condițiile de utilizare (ΔT , G) și debitul fluidului purtător de căldură. De exemplu, la o temperatură ambiantă joasă și având un purtător de căldură foarte cald, pierderile termice sunt foarte ridicate și randamentul mic. Sub o foarte mare insolație acumularea căldurii este mare în raport cu pierderile și captatorul este capabil de a produce energie la temperatură înaltă. În practică această curbă a randamentului nu este utilă decât pentru a compara captatorii sau pentru a face o simulare sau o dimensionare pe calculator.

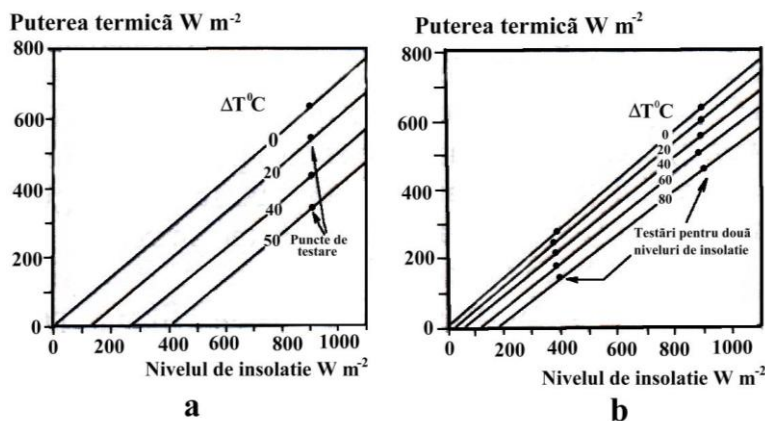


Figura 3.18. Capacități termice ale captatorilor plan (a) și sub vid (b).

stratului superficial cât mai mare posibil. Calitățile de bază ale unei suprafețe absorbante sunt:

- înaltă absorbție solară, 0,95 sau „neagră”
- stabilitate fizică și chimică
- ușoară putere reflectorizantă, aspect „mat”

Această suprafață poate fi obținută în diferite moduri. Ea poate fi fabricată, cel mai adesea, din materiale plastice negre stabile la UV, și acoperită cu un strat superficial de vopsea neagră sau cu un strat de oxizi metalici prin depuneri electrochimice. O caracteristică a suprafeței absorbante este *emisivitatea*. În scopul evitării pierderilor prin reemisia radiațiilor infraroșii, emisivitatea superficială trebuie să fie cât mai mică. Prin termenul de „suprafață selectivă” se înțelege suprafața absorbantă care, mai mult decât transformarea energiei solare în căldură, are particularitatea de a emite o foarte mică parte din energie prin radiații infraroșii în gama de temperatură tipică de operare a captatorului (90°C). Este vorba deci de suprafața care reduce pierderile de energie ale captatorului și care poate produce mai multă energie la o temperatură mai mare când absorbția este mai mare.

O altă reprezentare mai direct perceptibilă a randamentului este puterea furnizată de către captator în funcție de nivelul insolației pentru diferite temperaturi ale fluidului purtător de căldură, figura 3.18.

Suprafața absorbantă a captatorilor

Suprafața absorbantă permite transformarea radiației solare în căldură. Pentru a absorbe maximum de energie solară, această suprafață trebuie să aibă un coeficient de absorbție a

Încălzirea cu căldură solară

Încălzitorul solar cu apă, figura 3.20. permite producerea apei calde cu

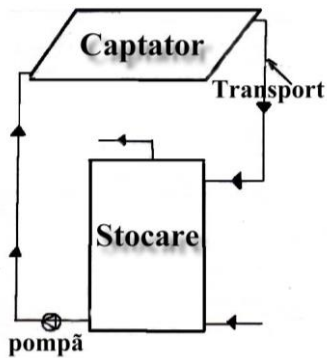


Figura 3.20. Încălzitor solar de apă.

ajutorul radiațiilor solare. Există mai multe variante de încălzitoare solare care furnizează apă caldă pentru uz casnic, uz colectiv sau comercial (dispensare medicale, abatoare, spălătorii, etc.) și pentru sterilizare apei contaminate. Încălzitorul solar de apă este format din:

- captator solar, care transformă radiația solară în căldură cu ajutorul absorbantului prin care circulă lichid.
- circuitul de transfer, care permite recuperarea căldurii de la absorbant și transportul către utilizarea imediată sau un rezervor de stocare unde energia

termică este acumulată pentru utilizări ulterioare.

- rezervor de stocare, care permite acumularea apei calde produse pentru utilizări ulterioare perioadei de insolare; este posibil să se ajute încălzirea cu un sistem suplimentar care să funcționeze în timpul cât cerul este înnourat sau pe timp de noapte.

Cele mai importante tipuri de încălzitoare solare de apă sunt:

- captator de stocare integrat
- sistem termosifon
- captator cu buclă direct în circuit
- încălzitor de apă cu circulație forțată cu schimbător de căldură

Captator de stocare integrat

Captatorul de stocare integrat, figura 3.21. este format dintr-un rezervor care este integrat la un captator solar.

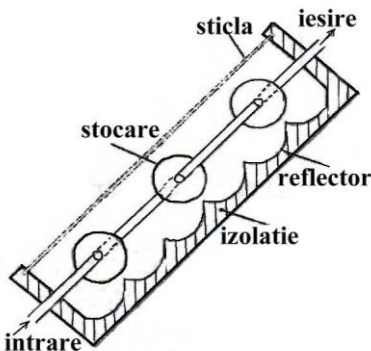


Figura 3.21. Captator cu stocare integrată.

El poate fi, de exemplu, un cilindru gros, negru introdus într-o cutie solară. Se mai poate folosi ca rezervor un absorbant, însă în acest caz nu mai este nevoie de circuit de transfer. Avantajele acestui tip de captator sunt:

- montajul este simplu și în general, se reduce la racordarea apei calde către utilizator
- sistemul este foarte simplu și foarte fiabil

Dezavantajele constau în:

- rezervorul de stocare face parte din captator, ceea ce crește considerabil greutatea ansamblului fiind dificil de montat pe un acoperiș
- eficacitatea absorbantului se diminuează când temperatura apei crește

- rezervorul nu poate fi izolat și în consecință sunt pierderi importante în perioadele de neinsolație (noaptea sau la cer acoperit)
- acest tip de încălzitor de apă nu poate fi utilizat în perioada de îngheț

Sistemul termosifon

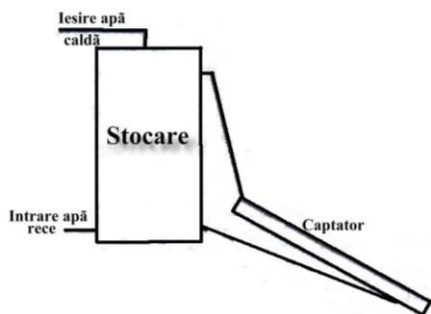


Figura 3.22. Sistem termosifon

În principiu acest sistem permite recircularea apei calde produse de absorbtor direct într-un rezervor plasat deasupra captatorului, figura 3.22. Creșterea temperaturii apei în absorbtor, care este mai ușoară, permite să se ridice, ceea ce determină o circulație naturală a fluidului în bucla solară cu un debit de aproximativ $1,5 \text{ L min}^{-1}$. Avantajele sistemului sunt următoarele:

- sistemul nu necesită nici un mecanism de pompare
- are o mare fiabilitate
- este foarte simplu și sigur de exploatat
- controlul natural al temperaturilor în rezervor permite recuperarea rapidă a cantităților mici de apă caldă
- este posibilă favorizarea unui efect ușor de termosifonare inversă pentru asigurarea protecției în zonele de risc în cazul înghețului de scurtă durată

Dezavantajele principale ale sistemului termosifon sunt:

- configurațiile racordurilor și montarea necesită o atenție deosebită pentru a facilita circulația apei în bucla termosifonului
- rezervorul de stocare este instalat deasupra captatorului și ansamblul este foarte greu și în consecință dificil de montat pe un acoperiș ușor
- rezervorul este cel mai adesea montat în exterior și necesită izolație termică suplimentară, care să reziste condițiilor atmosferice nefavorabile, pentru menținerea temperaturii apei calde în perioadele de neinsolație, ceea ce mărește prețul de cost
- durata de funcționare a unui astfel de sistem este redusă.

Captator cu buclă directă în circuit forțat

În principiu apa încălzită de captatorul solar este direct adusă în rezervorul de stocare cu ajutorul unei pompe de recirculare de putere mică de aproximativ 1 W m^2 , figura 3.23. Această pompă poate fi alimentată de un circuit electric separat sau un modul fotovoltaic. Este necesar a se ajusta debitul în funcție de capacitatea instalației.

Avantajele constau în:

- simplitatea racordurilor și o instalare ușoară
- rezervorul de stocare poate fi plasat într-un loc ușor de instalat și numai captatorul se montează pe acoperiș
- posibilitatea de a utiliza un vas de apă caldă standard, fără izolație suplimentară sau din material rezistent la coroziunea atmosferică sau ciclului îngheț-dezghet

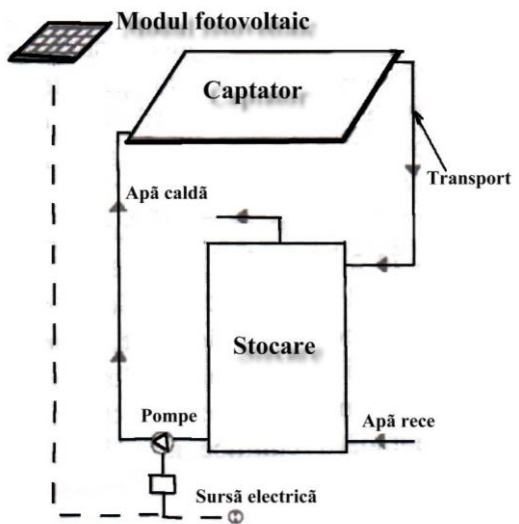


Figura 3.23. Sistem cu buclă directă și pompare autonomă.

- evitarea unei structuri suplimentare pentru suportarea la înălțime a vasului de apă caldă care să contribuie la eficiența economică a termosifonului

- utilizarea unui modul fotovoltaic permite o autoreglare a pompării funcție de insolare și evitarea racordării pompei la circuitul electric al clădirii

Dezavantajele constau în:

- tehnologia este mai complicată decât la sistemul termosifon
- pompa și controlul este dificil și pot determina întreruperi ale sistemului

- utilizarea apei rezervorului direct în captator poate cauza probleme de îngheț în zonele reci, captatorul necesitând golirea totală în perioadele reci și deci un consum suplimentar de apă.