



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

STUDIU COMPARATIV AL CAPTATORILOR SOLARI CU SUPRAFEȚE PLANE ȘI SFERICE PRIN PRISMA EFICIENȚEI CONVERSIEI ENERGIEI SOLARE ÎN ENERGIE TERMICĂ

Ferenc GĂSPĂR, Victor ROȘ

COMPARATIVE STUDY OF FLAT AND SPHERICAL SOLAR COLLECTORS REGARDING THE EFFICIENCY CONVERSION OF SOLAR ENERGY IN THERMAL ENERGY

The paper makes a comparative analysis of the conversion efficiency of flat plate solar collectors and spherical solar collectors. The main structural and functional characteristics of flat plate and spherical collectors are presented. In the final part of the paper recommendations on possible use of spherical solar collectors are proposed.

Keywords: solar collector plane, spherical solar collector, output, convert radiation, solar

Cuvinte cheie: captator solar plan, captator solar sferic, randament, conversia radiației, energie solară

1. Introducere

Creșterea randamentului de conversie a energiei solare în energie termică la captatori solari presupune captarea eficientă a radiației solare. Se știe că, o suprafață normală la direcția radiației solare primește cea mai mare cantitate de energie solară. Folosirea de sisteme de urmărire a Soarelui presupune automatizare și costuri ridicate care nu sunt justificate în cazul sistemelor solare termice pe

scară mică. Captatorii solari cei mai deși utilizați pentru conversia energiei solare în energie termică au o structură plană cu montare fixă pe un acoperiș, cu o orientare și înclinare determinată în funcție de caracteristicile geografice ale locației. Acești captatorii plani nu permit urmărirea Soarelui pentru creșterea eficienței conversiei, din această cauză randamentul maxim se obține numai pentru un interval de timp scurt pe parcursul unei zile. Executarea unui captator cu suprafață sferică prezintă anumite probleme tehnice, în schimb are unele avantaje legate de captarea radiației solare. Utilizarea de suprafețe sferice la captatorii solari are avantajul că în unele cazuri radiația solară captată de aceste suprafețe este mai mare ca și în cazul captatorilor plani cu o suprafață echivalentă. O sferă are tot timpul aceeași suprafață expusă la radiație solară, deci nu necesită orientare și urmărirea Soarelui, în schimb o suprafață plană este normală la direcția radiației numai într-un interval scurt de timp pe parcursul zilei.

2. Caracteristici constructive și funcționale ale captatorilor solari cu suprafețe plane și sferice

Un captator solar plan este arătat în figura 1. Radiația solară trece prin sticlă și vine în contact cu suprafața absorbantă, cu proprietăți fizice specifice, o mare parte din energie fiind absorbită și transferată agentului termic din conducte, pentru a fi transportat spre folosire sau conservare. Placa absorbantă este izolată termic, cu excepția feței, pentru a reduce pierderile de căldură. Conductele care transportă agentul termic sunt lipite și sudate de placa absorbantă sau pot fi integrate ca parte componentă a plăcii absorbante. Conductele sunt conectate la ambele capete de două conducte comune de diametru mai mare, de obicei orizontale.

Placa transparentă este utilizată pentru reducerea pierderilor de căldură prin convecție de la placa absorbantă. Totodată reduce și pierderile de radiații din captator, sticla fiind transparentă pentru radiațiile de lungime mică primite de la soare, dar este opacă pentru radiațiile termice emise de placa absorbantă (efectul de seră).

Captatorul trebuie orientat direct către ecuator, cu fața către sud în emisfera nordică și către nord în emisfera sudică. Unghiul de înclinare optim al captatorului este egal cu latitudinea zonei, cu variații de $10 - 15^{\circ}$, depinzând de aplicație.

Captatorii solari au rolul de a absorbi cât mai multe radiații solare, de a transmite căldura convertită din radiații la lichidul termic cu pierderi minime de căldură către atmosferă. Pentru a maximiza

colectarea de energie, placa absorbantă a captatorului trebuie să aibă un strat de înveliș cu proprietăți de absorbție ridicată a radiației (lungimi de unde mici) și emisie scăzută pentru lungimi de unde mari. Un astfel de strat de înveliș de pe placa absorbantă se numește suprafață selectivă. Capacitatea de absorbție a suprafeței selective pentru radiații cu lungimi de unde mici depinde de natura și culoarea stratului, respectiv de unghiul de incidență. De obicei se utilizează culoarea neagră dar și alte culori precum mov, albastru închis.

Aceste suprafețe selective cu absorbție ridicată (α) și emisie scăzută (ϵ) pentru lungimi de unde mari, se pot obține prin tratamente chimice sau electrolitice.

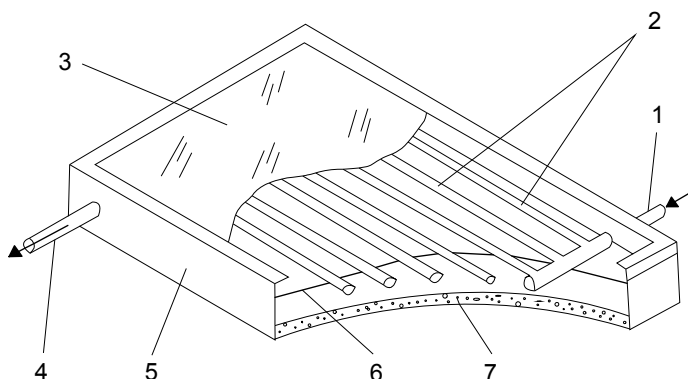


Fig. 1 Construcția unui captator solar plan: 1, 2, 4 – conductă de apă, 3 – sticlă, 5 – cadru, 6 – placă absorbantă, 7 – izolație termică

Ca și componentă captatorii solari cu suprafață spațială, figura 2, au aceleași elemente ca și captatorii cu suprafețe plane, dar diferă în mod special prin forma constructivă. De exemplu, o sferă prezintă avantajul că nu trebuie orientată niciodată după direcția Soarelui. O suprafață efectivă a sferei este tot timpul sub incidența radiațiilor directe, iar toată suprafața sferei poate fi sub incidența radiațiilor difuze. Sunt situații în care spațiul nu permite montarea de captatori cu suprafața plană. O sferă permite și montarea unui rezervor în interiorul ei, ca urmare se câștigă spațiu. Acestea sunt câteva avantaje ale utilizării suprafeței sferice la captatorii solari.

Datorită provocărilor tehnice de realizare a colectoarelor solari cu suprafețe tehnice s-au efectuat cercetări insuficiente care să ateste avantajele și dezavantajele de folosire a acestora. Folosind un motor

de căutare pe internet pentru termenul „plate solar collector” (echivalent „captator solar plan”) s-au obținut aproximativ 2.530.000 de rezultate în 0,25 de secunde, iar pentru termenul „spherical solar collector” (echivalent „captator solar sferic”) s-au obținut aproximativ 7.920 de rezultate în 0,06 secunde. Câteva brevete [24], [25], [26], [27] și chiar diferiți colectori solari cu suprafețe spațiale aflați în comerț [28], [29] argumentează interesul pentru cercetarea și studierea colectoarelor de acest tip.

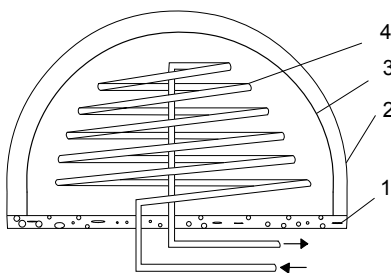


Fig. 2 Construcția unui captator solar cu suprafață spațială: 1 – suport, 2 – sticlă semisferică, 3 – placă absorbantă semisferică, 4 – conducta de apă

3. Analiza comparativă a randamentului de conversie a radiației solare în energie termică la captatori cu suprafețe plane și suprafețe spațiale

Pentru un colector solar cu suprafață cilindrică cu axa în poziție orizontală [12] s-a obținut un randament teoretic de 62 % iar cel practic de 46 %. Colectorul era format dintr-un cilindru transparent (înveliș) la exterior de diametru de 450 mm, un cilindru interior (diametru de 250 mm) având pe suprafața exterioară un absorbant selectiv, axul colectorului era o conductă prin care se introducea apă. Colectorul era izolat la capete și se rotea în jurul axului pentru a reduce pierderile de căldură prin convecție între înveliș și cilindrul absorbant. Pentru creșterea eficienței sau utilizat oglinzi parabolice pentru concentrarea radiației solare pe suprafața colectorului.

Pentru un alt tip de colector solar cu suprafață semisferică [2] s-a obținut un randament maxim de 81,9 %. Acest colector era format din două suprafețe semisferice metalice de 1 mm grosime, cel exterior vopsit în negru, având diametru de 900 mm - cel exterior respectiv 897 mm - cel interior, astfel încât între suprafețe era un spațiu de 3 mm prin care circula lichidul termic. Interiorul colectorului era umplut cu cărămidă iar colectorul era închis într-un spațiu transparent. În urma

măsurătorilor s-a constatat că temperatura lichidului ajungea și până la 95 °C.

Calculul teoretic al randamentului colectorilor solari cu suprafețe spațiale presupune determinarea cantității de radiație absorbită de suprafața respectivă. Pentru determinarea radiației absorbite de o suprafață sferică și semisferică s-au elaborat mai multe metode de calcul [3], [13], [15], [16], [17], [18] și s-a constatat că aceste suprafețe prezintă avantajul că pe parcursul unei zile o suprafață mai mare este expusă la radiații. Totodată pe parcursul unui an un captator solar sferic echivalent ca suprafață cu un captator plan absoarbe mai multă radiație solară.

S-au realizat și analize comparative între un colector semisferic și colector cu tuburi vidate [15], [16], [17] dar în acest caz randamentul colectorului semisferic a fost inferior colectorului cu tuburi vidate pentru că nu a fost folosit un material absorbant al radiației cu înveliș selectiv față de panoul cu tuburi vidate. Într-o comparație realistă dintre un colector solar sferic și plan realizate din același material și cu aceeași suprafață efectivă [13] s-a obținut un randament evident mai bun la colectorul sferic, în unele situații cu mai mult de 20 %.

Cercetări teoretice și experimentale privind determinarea randamentului și a eficienței colectorilor solari plani s-au realizat și în țară [20]. S-a studiat un sistem format din colectori solari cu tuburi vidate în urma măsurătorilor a fost determinat un randament mediu de 67 %.

În urma studiului bibliografic [1], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [14], [20], [21], [22], [23] privind randamentul captatorilor solari cu suprafață plană s-a trasat curba de variație a acestora în figura 3. Triunghiul hașurat reprezintă domeniul de variația a randamentului la captatorii cu suprafețe spațiale studiați și cercetați în bibliografia de specialitate. În urma cercetărilor bibliografice, s-a observat că randamentul maxim obținut este de aproape 80 % în condițiile în care captatorii au fost testați numai pe perioada verii specific temperaturilor ridicate și iradiațiilor ridicate. Se impun și cercetări pe perioada de iarnă când pierderile de căldură din colector sunt mai semnificative. Utilizarea de materiale absorbante cu proprietăți selective și izolarea corespunzătoare a captatorilor prezintă în continuare motive de cercetare.

4. Concluzii și recomandări

■ Utilizarea suprafețelor sferice la captatorii solari prezintă următoarele avantaje: nu necesită urmărirea Soarelui, în orice moment

al zilei și în orice perioadă a anului aceeași suprafață efectivă a sferei este expusă constant radiațiilor solare directe.

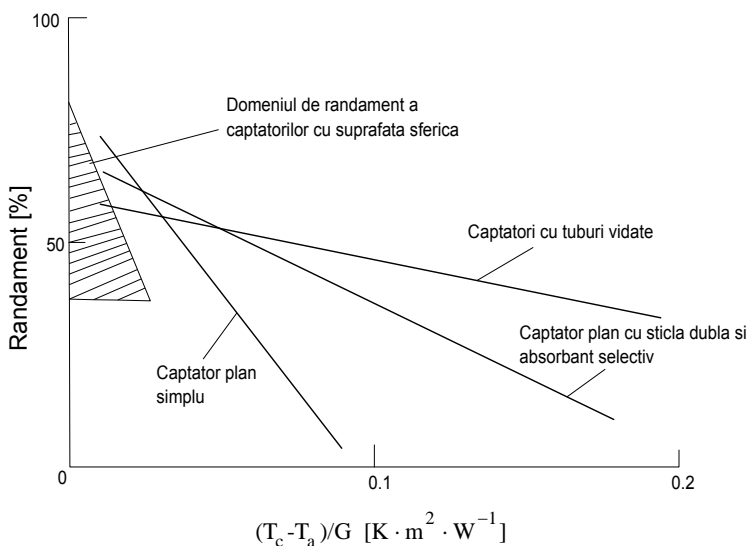


Fig. 3 Variația curbei randamentului la diferite tipuri de captatori solari (G - este radiația incidentă pe suprafața colectorului în $[W / m^2]$, iar T_c și T_a sunt temperatura din colector respectiv temperatura mediului ambiant în $[K]$)

- În orice moment al zilei toată suprafața sferică este sub incidența radiațiilor indirecte; având volumul cel mai mare raportat la aria suprafeței – în interiorul sferei se poate monta un rezervor de apă; forma sferică asigură o stabilitate ridicată în condiții de vânt.

- Ca și dezavantaje ar fi execuția tehnică destul de dificilă iar radiația directă este normală pe suprafața sferei teoretic doar într-un punct.

- Utilizarea captatorilor solari cu suprafețe sferice se recomandă la încălzirea apei pentru uz menaj, piscine, scopuri agricole, în locuri unde spațiul nu permite instalarea de captatori cu suprafețe plane. În anumite cazuri, montarea captatoarelor pe acoperișul înclinat al casei nu este practică, din cauza orientării neprielnice. Pe o suprafață orizontală se recomandă montarea de captatori solari cu

suprafață sferică, în acest caz suprafața umbrită din spatele colectorului fiind mai mică decât în cazul captatorilor plani.

NOTĂ: Aceasta lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul "Studii doctorale în științe inginerești în scopul dezvoltării societății bazate pe cunoaștere - SIDOC", contract: POSDRU/88/1.5/S/60078, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Archie, W.C., *Principles of Energy Conversion*, 2nd ed., McGraw-Hill, ISBN 0-07-014892-9, 1991.
- [2] Abdulhadi, M., Ghorayeb, F., *A Self-tractable Solar Collector*. International Journal of Sustainable Energy, Vol. 25, No. 2, June 2006, pag. 63-78.
- [3] Authier, B., et al. *Optical Simulation for Fixed Spherical Solar Collector*. Applied Optics, Vol. 18, Issue 18, 1997, pag. 3081-3089.
- [4] Gaswami, D. Yogi, Kreith, F., *Energy Conversion*, CRC Press, ISBN 978-1-4200-4431-7, 2008.
- [5] Dănescu, Al., Bucurenciu, S., Petrescu, St., *Utilizarea energiei solare*, Editura tehnică, București, 1980.
- [6] Duffie, J., *Solar Engineering of Thermal Processes*, Second Edition, A Wiley-Interscience Publication, New York, 1980.
- [7] Gyurcsovics, L., *A napenergia hasznosítása az epület gepszetben*, Muszaki Konzvkiado, Budapest, 1982.
- [8] Kalogirou, S., *Solar Energy Engineering - Processes and Systems*, Academic Press, Hardbound, 2009.
- [9] Kaltschmit, M. et all. - *Renewable Energy - Technology, Economics and Environment*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2007.
- [10] Mugur, B., *Energii Regenerabile*, Editura UT Pres, Cluj Napoca, 2007, ISBN: 978-973-662-350-9.
- [11] McGraw-Hill, *Series in mechanical engineering*, International Edition, ISBN 0-07-100991-4, 1991.
- [12] Jeroen van Luijtelaer, Bsc. *The rotating solar boiler*. Master Thesis, Delft University of Technology, 2006.
- [13] Oztekin, B., *Experimental investigation of a spherical solar collector*, Master Thesis, Middle East Technical University, Ankar, 2006.
- [14] Ursula Eicker, *Solar technologies for buldings*, Wiley, Chichester, 2003.
- [15] Pelece, I., Ilijins, U., Ziemelis, Ė., Ziemelis, I., *Theoretical calculation of energy received by semi-spherical solar collector*. Proceedings of the International Scientific Conference "Engineering of Agricultural Technologies": proceedings, Lithuanian University of Agriculture, 2008, vol. 6, pag. 263-269.
- [16] Pelece, I., *Semi-spherical solar collector for water heating*. Engineering For Rural Development, 2010.

- [17] Pelece, I., Ziemelis, I., Iljins, U., *Surface Temperature Investigations of Semi-spherical Solar Collector*. Rural Development 2009, Biosystem Engineering and Environment, Vol. 4, Book 2, 2009, pag. 370-373.
- [18] Samanta, B., Rajab, Al Balushi, K., *Estimation of Incident Radiation on a Novel Spherical Solar Collector*. Renewable Energy, Vol. 14, Issues 1-4, 1998, pag. 241-247.
- [19] Senthilkumar, S., Perumal, K., *Optical and thermal performance of a three-dimensional compound parabolic concentrator for spherical absorber*. Sadhana, Vol. 34, Part 3, June 2009, pag. 369-380, India.
- [20] Shepherd, W., Shepherd, D.W., *Energy Studies*, Second Edition, Imperial College Press, London, 2003.
- [21] Silaghi Diana, *Cercetări teoretice și experimentale privind posibilitățile de valorificare a energiei solare ca sursă nepoluantă*, Teză de doctorat, Editura Politehnica, Timișoara, 2008.
- [22] Twidell, J., Weir, T., *Renewable Energy Resources*, E&FN Spon, London, UK, 1990.
- [23] Quaschnig, V., *Understanding Renewable Energy Systems*, Earthscan Press, UK, 2005.
- [24] * * * *Brevet colector solar semisferic*, <http://www.freepatentsonline.com/2213894.pdf>, accesat Noiembrie 2009.
- [25] * * * *Brevet colector solar semisferic*, www.freepatentsonline.com/4344418.pdf, accesat Noiembrie 2009.
- [26] * * * *Brevet colector solar sferic*, <http://www.sumobrain.com/patents/wipo/Solar-water-heater/WO1985001790A1.pdf>, accesat Noiembrie 2009.
- [27] * * * *Brevet colector solar sferic*, <http://www.sumobrain.com/patents/wipo/Improved-spherical-solar-collector/WO2008095876A1.pdf>, accesat Ianuarie 2011.
- [28] * * * *Colector solar semisferic în comerț*, http://www.alibaba.com/product-free/107613267/BUBBLESUN_SOLAR_PANEL.html, accesat Ianuarie 2010.
- [29] * * * *Colector solar sferic în comerț*, www.giacomoserci.it/fr/panneaux-solaires.htm, accesat Iulie 2010.

Drd.Ing. Ferenc GĂSPĂR
 Universitatea Tehnică din Cluj Napoca,
 Facultatea de Mecanică
 e-mail: ferigaspar@yahoo.com
 Prof.Dr.Ing. Victor ROȘ
 Universitatea Tehnică din Cluj Napoca,
 Facultatea de Mecanică
 e-mail: vctrros@yahoo.com