

Analiza performanței energetice a unei instalații solare de preparare a apei calde de consum în diverse condiții de utilizare

Analysis of the energy performance of a thermal solar system for DHW production, under different operating conditions

Răzvan Popescu¹, Lelia Popescu², Andrei Damian³

¹ Universitatea Tehnică de Construcții București
B-dul Lacul Tei nr.122-124, sector 2, București, Romania
E-mail: razvan22@yahoo.com

² Universitatea Tehnică de Construcții București
B-dul Lacul Tei nr.122-124, sector 2, București, Romania
E-mail: lelialetitia@yahoo.com

³ Universitatea Tehnică de Construcții București
B-dul Lacul Tei nr.122-124, sector 2, București, Romania
E-mail: adamian7@yahoo.com

Rezumat. În lucrarea de față se prezintă un studiu parametric aplicat unei instalații de preparare a apei calde de consum ce deservește o clădire de tip hotel situată în România. Studiul urmărește evidențierea anumitor factori de influență precum: climatul local, tipul de panou, tipul de profil de consum, orientarea cardinală a panourilor solare sau înclinarea acestora față de orizontală, asupra performanței energetice a instalației. Metoda de analiză este numerică, în regim dinamic și face apel la simulări pe un an de zile, realizate cu ajutorul programului de calcul SimSol. Rezultatele obținute, în termeni de factori de acoperire solară, permit câteva recomandări practice privind dimensionarea acestor sisteme pentru diferite tipuri de clădiri.

Cuvinte cheie: panouri solare, factor de acoperire solară, profil de consum apă caldă

Abstract. In the present paper is presented a parametric study regarding the operation of a solar thermal system for DHW preparation, equipping a small hotel located in Romania. The study main goal is to outline the influence that several parameters, such as: local climate, solar panel type, solar panels orientation and slope, could have on the system energy performance. The method of analysis is numerical one, it is made under dynamic operational conditions, and it is performed by using the software SimSol, especially designed for the simulation of solar thermal installations. The results obtained by numerical simulations over one-year period could mean to practical recommendations regarding the design of this type of systems for different buildings.

Key words: solar panels, solar cover factor, DHW consumption

1. Introducere

Unul dintre obiectivele actuale majore ale Uniunii Europene este reducerea cu 20%, până în 2020, a emisiilor de gaze cu efect de seră (GES), în condițiile creșterii producției de energie din surse regenerabile tot cu un procent de 20% [1].

În prezent, pe plan mondial, energia consumată în sectorul rezidențial depășește cu peste 40% energia totală consumată în sectorul construcțiilor, pentru utilități precum: încălzire, preparare apă caldă de consum, climatizare și iluminat. În viitor, se preconizează ca aportul energetic adus de sursele de energie regenerabile să crească procentual semnificativ, înlocuind astfel, contribuția energetică adusă de combustibilii fosili, în contextul epuizării continue a acestor resurse la nivel mondial.

Prezentul articol tratează oportunitatea utilizării energiei solare, ca parte integrantă a ansamblului surselor de energie regenerabile disponibile pe Glob, pentru prepararea apei calde de consum (a.c.c.), în diferite condiții climatice de utilizare. Sunt realizate câteva studii parametrice cu scopul evidențierii factorilor semnificativi de influență asupra performanței unei instalații de producere a a.c.c. dotată cu panouri solare.

În România, există la ora actuală date certe privind distribuția gradului de însorire a teritoriului național în patru zone distincte, după cum este prezentat în figura 1. Din acest motiv, apare justificată încercarea de a compara aceeași instalație cu panouri solare, din punct de vedere a performanței sale energetice, plasând-o în zone climatice diferite din punct de vedere al intensității radiației solare. În plus, este analizată tehnologia de preparare a a.c.c. relativ la tipul de panou solar utilizat (plan sau cu tuburi vidate), cunoscând modul diferit de captare a energiei solare al acestora.

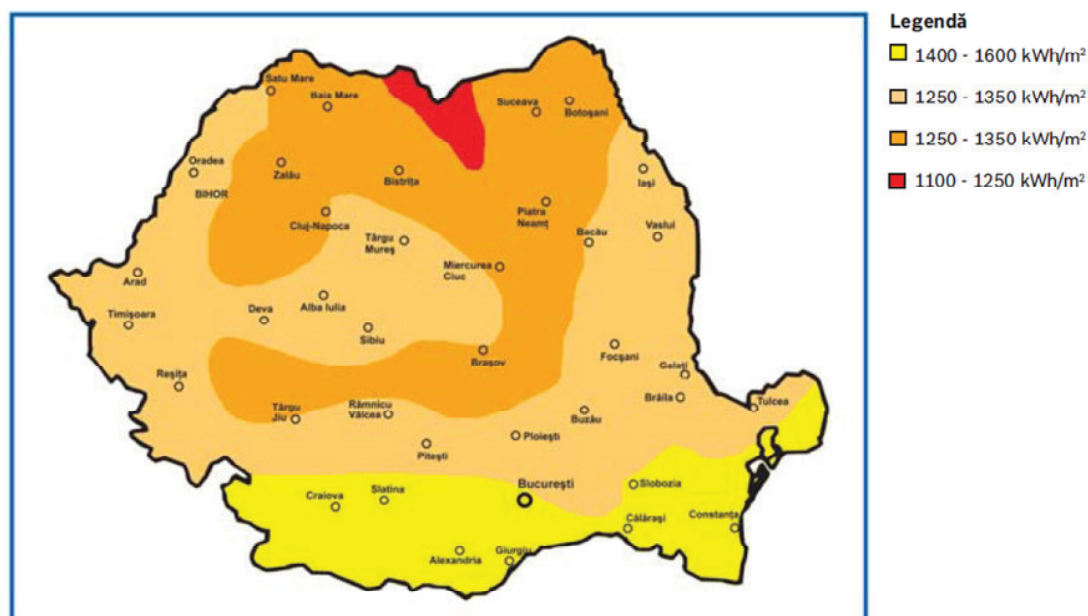


Figura 1: Repartiția intensității radiației solare pe teritoriul României

În prezent, captarea energiei solare se realizează cu două categorii de panouri solare, diferite prin modul de conversie în alte forme de energie [2] :

- Panouri solare "termice", care convertesc radiația solară absorbită în energie termică, cu ajutorul unui debit circulant de apă caldă, și
- Panouri solare "fotovoltaice" (abrev.PV) [3], ce convertesc energia solară captată în energie electrică, utilizată în diverse scopuri casnice sau, la puteri electrice mari, de ordinul sutelor de kW, în scopuri industriale

Din punct de vedere al performanței energetice, s-a demonstrat că panourile solare termice prezintă randamente de conversie apropiate de 80%, mult superioare panourilor PV, motiv pentru care volumul de comercializare al sistemelor aferente "solarului termic" este mult superior celui corespunzător "solarului fotovoltaic". Acest fenomen este amplificat de costul mai redus al panourilor solare termice față de modulele fotovoltaice, la caracteristici de conversie energetică apropiate.

Scopul principal al utilizării de panouri solare termice este prepararea apei calde de consum (a.c.c.) pentru nevoi menajere curente în sectorul rezidențial sau ne-rezidențial (spălat, gătit) și, mai rar, pentru consumuri tehnologice, în sectorul industrial. Oportunitatea implementării acestor sisteme este dependentă de intensitatea și durata anuală de persistență a radiației solare în locul geografic respectiv, la nivel european fiind favorizate țările mediteraneene cu grad de însorire ridicat și relativ uniform. Odată cu apariția panourilor solare cu tuburi vidate, care captează radiație solară directă și difuză cu eficiențe ridicate, aria geografică de utilizare a panourilor solare termice s-a extins foarte mult, iar țări precum Austria și Germania, au devenit exemple de implementare a sistemelor solare termice pe diferite tipuri de clădiri.

În cazul clădirilor cu grad ridicat de izolare termică, se pot utiliza sisteme "hibride" cu panouri solare termice, la care apă caldă preparată la 50-60 °C poate fi destinată atât consumului menajer (a.c.c.), cât și pentru necesități de încălzire, prin introducerea în rezervorul de acumulare (boiler) a unei serpentine suplimentare pentru circuitul de încălzire. Acest lucru presupune dimensionarea instalației de încălzire interioare (corpuri de încălzire, planșeu radiant) în concordanță cu temperaturi mai reduse ale agentului încălzitor pe circuitul-tur (40-45 °C), în raport cu cele obținute la centralele termice clasice (80-90 °C).

Aplicațiile sistemelor cu panouri solare termice devin și mai interesante în cazul "climatizării solare", atunci când energia solară captată este dirijată către o mașină frigorifică cu absorbție (chiller cu absorbție). Această soluție de producere a frigului este mult mai ecologică în raport cu cele bazate pe compresia mecanică, prin reducerea semnificativă a emisiilor de CO₂ în atmosferă, însă utilizarea sa este limitată datorită costului ridicat al acestor echipamente. În prezent, la nivel european există doar aproximativ 50 de instalații de climatizare funcționale bazate pe energia solară [4], [5], [6], [7].

Recent, odată cu intrarea în vigoare a Directivei 31/2010 a Consiliului European, privind creșterea performanței energetice a clădirilor la orizontul anilor 2020, cu mărirea aportului din surse de energie regenerabile, a apărut tot mai interesantă integrarea energiei solare în clădiri noi, pentru aducerea acestora cât mai aproape de

conceptele de "casă pasivă", "clădire zero-energie" sau chiar "clădire cu energie pozitivă", la care energia anuală produsă din surse regenerabile depășește ca valoare energia consumată pentru utilități (încălzire, apă caldă de consum, iluminat, ventilare și climatizare). Aceste concepte necesită în mod obligatoriu implementarea tehnologiilor performante de producere a apei calde pentru nevoi menajere și încălzire, prin utilizarea energiei solare [8], [9]. Se poate concluziona că domeniul "solarului termic" trece în mod gradual, de la etapa de "Opțional" la cea de "Obligatoriu", în contextul proiectării, la nivelul anului 2020, doar a clădirilor cu atributul "aproape zero-energie" sau nZEB (nearly Zero Energy Buildings).

2. Descrierea metodei de analiză

Metoda de analiză abordată în prezenta lucrare este eminent numerică, și face apel la utilizarea unui program de calcul cu licență gratuită (SimSol), descărcabil de pe internet. Acest program are în componența sa câteva sisteme de preparare a apei calde de consum ce utilizează panouri solare termice, ale căror componente (module) pot fi configurate de utilizator prin intermediul unei interfețe grafice sugestive (fig.2). Aceste componente reproduc destul de fidel schema tehnologică a funcționării sistemelor cu panouri solare termice, bazată pe circuitul panourilor (panouri solare-pompă de circulație-primar schimbător de căldură în plăci/boiler) sau pe circuitul apei calde de consum (secundar schimbător de căldură-boiler-consumatori-pompă de reirculare-vană cu trei căi). La modulul de panou solar este conectat un modul "Meteo", care preia dintr-un fișier de date meteo pre-definit (din baza de date internă a SimSol) valorile de temperatură exterioră și radiație solară necesare simulării instalației într-o anumită locație geografică.

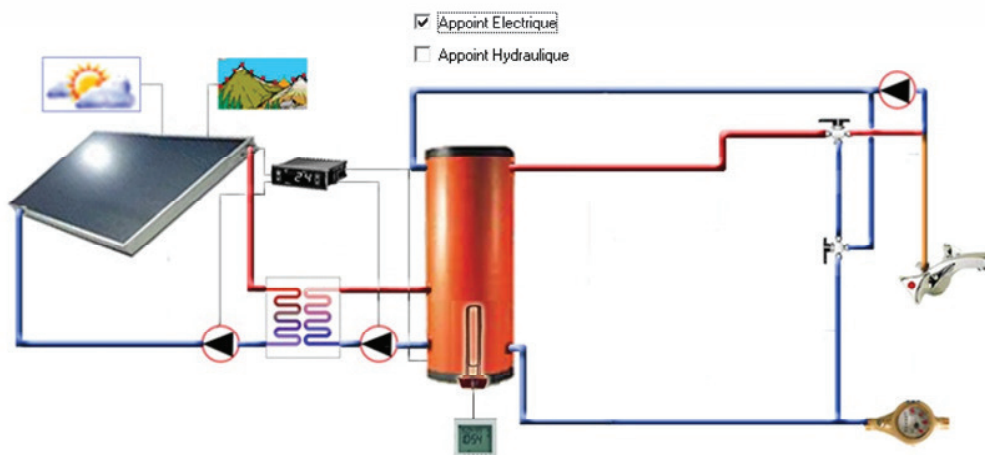


Fig.2: Reprezentarea în SimSol a unei instalații solare de preparare a a.c.c. cu boiler bivalent, schimbător de căldură intermediar și pompă de recirculare

Datele de ieșire ale programului de simulare a funcționării instalației cu panouri solare termice sunt:

Analiza performanței energetice a unei instalații solare de preparare a apei calde de consum în diverse condiții de utilizare

- Factorul anual de acoperire solară a necesităților pentru prepararea a.c.c.;
- Consumurile energetice anuale ale echipamentelor auxiliare (rezistență electrică boiler, pompe de circulație, consum de gaz natural în cazul aportului suplimentar de energie la boiler de la o centrală termică);
- Nivelurile de temperatură ale apei atinse pe înălțimea boilerului (stratificarea termică verticală în boiler)

În urma simulării pe un an de zile, se obțin pentru mărimile de ieșire mai sus enunțate, câte 12 valori globale, aferente celor 12 luni ale anului, oferind astfel o imagine concretă asupra variației performanței energetice a sistemului în funcție de sezon și de intensitatea radiației solare incidente asupra panourilor.

Programul de calcul SimSol permite introducerea unor date foarte variate privind consumul de a.c.c. în funcție de destinația și modul de utilizare al clădirii. Profilurile de consum "zilnic" și "anual" diferă foarte mult în funcție de acești factori și influențează în mod semnificativ consumurile de energie auxiliare ale sistemului. În studiul de caz prezentat în cadrul prezentului articol, s-au utilizat, pentru o clădire cu destinația hotel/pensiune, două profiluri de consum anuale de tip: "constant" și "hotelier" și respectiv, un profil de consum zilnic de tip "european" (fig.3).

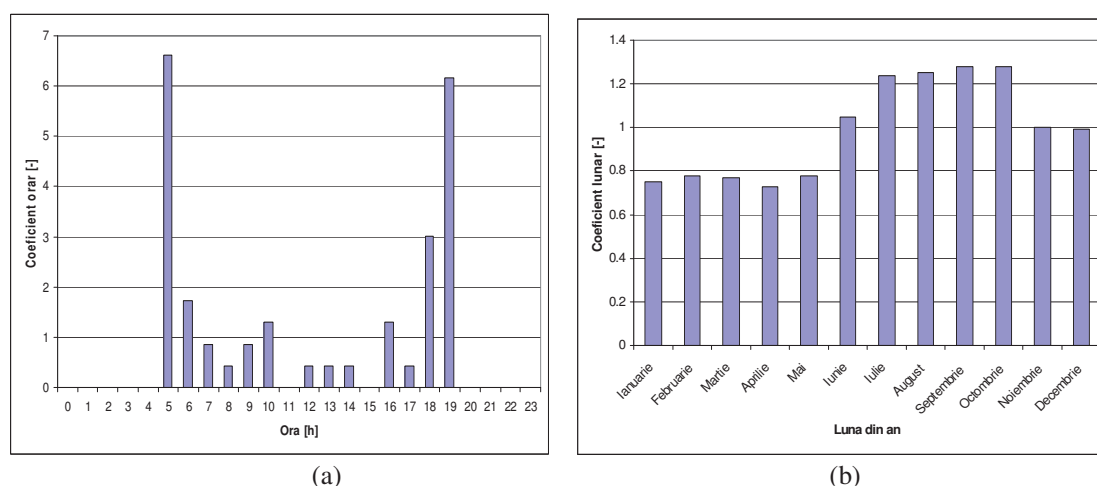


Fig.3: Profilurile de consum de a.c.c. utilizate în studiile de caz: a) zilnic și b) anual

3. Studii de caz și rezultate obținute

Simulările numerice privind performanța energetică a instalațiilor de preparare a a.c.c. cu panouri solare termice, ce fac obiectul prezentului articol, au fost realizate pentru situația unei clădiri reale, de tip hotel/pensiune, amplasat în zona Deltei Dunării. Această clădire este compusă din trei module de cazare și un restaurant, iar instalația de încălzire și producere a apei calde este amplasată la subsolul tehnic. Panourile solare utilizate în simulări sunt de două tipuri: cu tuburi vidate (tip tub termic de înaltă performanță), și respectiv plane, ambele având o suprafață totală de captare de 15 m².

Datele meteo utilizate în simulări, pentru situația reală, sunt cele aferente municipiului Galați (zona climatică III), orașul cel mai apropiat de locul geografic al clădirii analizate. În vederea comparării influenței climei asupra randamentului energetic al instalației, s-au realizat, pentru aceeași clădire și același sistem, și simulări pentru orașele Constanța (zona climatică I), București (zona climatică II) și Brașov (zona climatică III). Fișierele meteo pentru aceste localități au fost create de către autori și introduse în baza de date meteo a SimSol, în vederea unor comparații cât mai apropiate de realitate.

În figura 4 sunt reprezentate valorile anuale ale: factorului de acoperire solară (a) și, respectiv, energiei incidente și utile (b), pentru două tipuri diferite de panouri solare: cu tuburi vidate și plane, și pentru cele patru orașe mai sus menționate, aparținând celor 4 zone climatice diferite de pe teritoriul României.

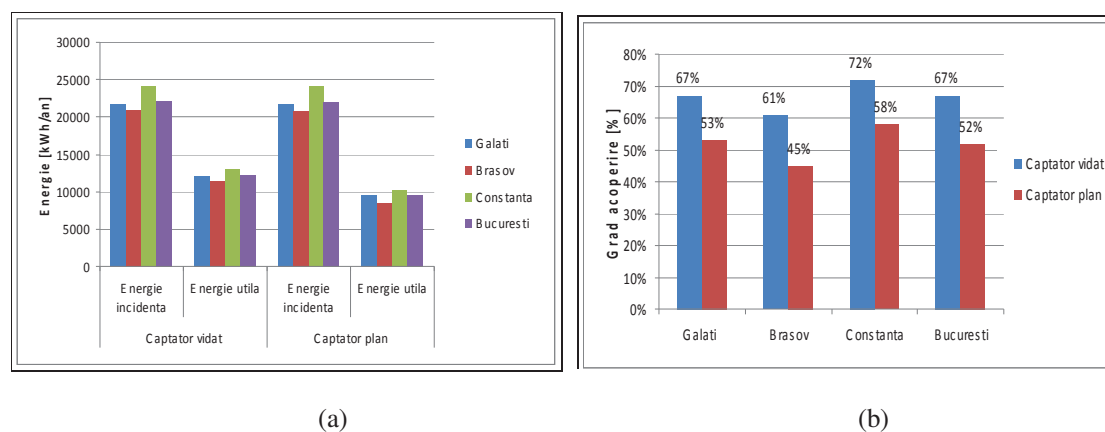


Fig.4: Factorul anual de acoperire solară (a) și energia anuală incidentă/utilă (b) obținute în urma simulărilor cu două tipuri de panouri solare și pentru patru zone climatice

Se pot remarca, din figura 4, valorile mai mari ale factorului de acoperire solară și energiei utile captate de panourile solare cu tuburi vidate, în raport cu captatoarele plane. Acest fenomen se datorează în mod direct tehnologiei de captare a radiației solare, mult mai performantă în cazul tuburilor vidate. Diferențele relative între factorii de acoperire solară corespunzătorii celor două tipuri de panouri se situează între 14% (Galați și Constanța) și 16% (Brașov). În ceea ce privește valorile absolute ale factorilor de acoperire solară obținute în urma simulărilor, cea mai ridicată se obține în cazul orașului Constanța, pentru captatorul cu tuburi vidate (72%), iar cea mai scăzută pentru cazul orașului Brașov, pentru captatorul plan (45%), situații ce corespund cu situațiile extreme de însorire, combinate cu performanțele de captare ale celor două tipuri de panouri.

Ținând cont de costul important al panourilor cu tuburi vidate în raport cu cel al panourilor plane, dar și de diferențele reduse între factorii de acoperire solară obținuți pentru cele două tipuri de captatoare (13-15%), pentru fiecare oraș analizat, rezultă că, pentru aplicația studiată, nu este indicată implementarea unor panouri cu

tuburi vidate, datorită timpului mai lung de amortizare a investiției inițiale, în contextul unor debite de a.c.c. relativ reduse.

În figura 5 sunt reprezentați factorii anuali de acoperire solară pentru cele două profiluri de consum a a.c.c. considerate: constant și hotelier și pentru patru unghiuri diferite de înclinare a panourilor solare cu tuburi vidate: 0, 30, 45, 60 și 90°. Se poate observa că tipul profilului de consum nu are, în cazul considerat, o influență importantă asupra factorului de acoperire solară, însă unghiul de înclinare este un factor de influență semnificativ. Astfel, unghiul de înclinare optim obținut este de 45°, însă diferența între 30° și 45° este foarte redusă. De obicei, în practica curentă de proiectare a instalațiilor solare termice, unghiul de înclinare a panourilor solare se consideră numeric egal cu latitudinea geografică a localității unde se proiectează instalația.

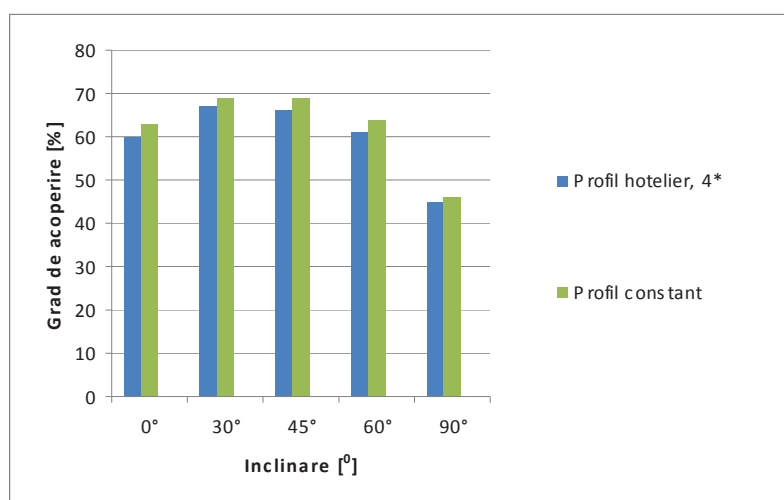


Fig.5: Factorul anual de acoperire solară obținut în urma simulărilor cu două tipuri de profil de consum al a.c.c. și pentru patru unghiuri de înclinare față de orizontală a panourilor solare

În figura 6 este reprezentată variația factorului anual de acoperire solară, pentru cazul sistemului cu panouri plane, în funcție de volumul boilerului de acumulare (fig.6a) și, respectiv, de orientarea cardinală a panourilor solare (fig.6b), fiind considerate toate orientările cardinale posibile, mai puțin Nordul. Volumul boilerului a fost variat în plaja de valori 500 litri – 5000 litri, căutându-se volumul optim al vasului de acumulare a apei calde pentru un sistem de producere a a.c.c. a-priori cunoscut, din punct de vedere al debitului de apă caldă ce trebuie preparat și al suprafeței de captare a energiei solare.

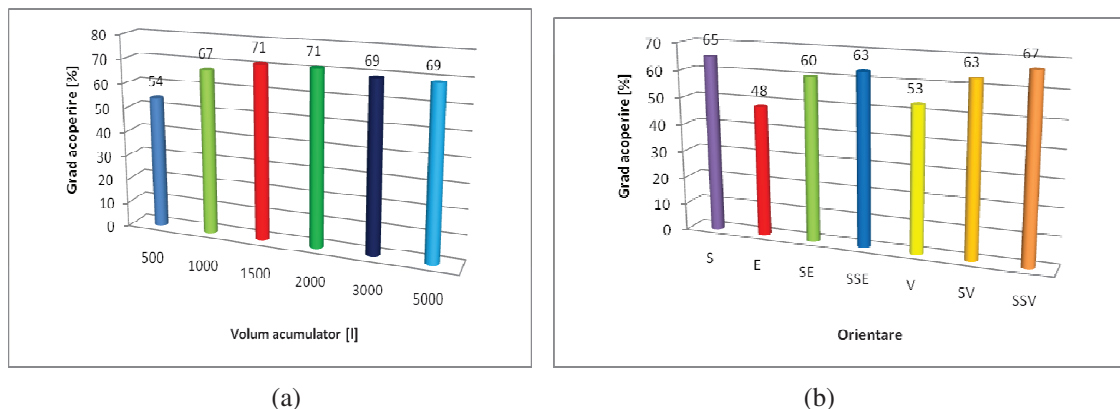


Fig.6: Factorul anual de acoperire solară obținut în urma simulărilor cu mai multe capacități ale boilerului de acumulare a a.c.c. (a) și pentru șapte orientări cardinale ale panourilor solare (b)

Se poate observa din figura 6a că factorul de acoperire solară crește odată cu mărirea volumului boilerului în intervalul 500-200 litri și scade apoi, în intervalul 2500-5000 litri, datorită creșterii pierderilor energetice prin mantaua boilerului, direct proporțională cu suprafața exterioară a acestuia. În cazul studiat, alegerea unui boiler de acumulare cu volumul de 1000 litri pare un bun compromis, ținând cont de investiția inițială mult mai redusă în raport cu boilerul de 2000 litri (având factorul de acoperire maxim), combinată cu o scădere nesemnificativă a factorului anual de acoperire solară (67% față de 71%). În ceea ce privește influența orientării cardinale a panourilor, se poate remarca (fig. 6b) un maxim al factorului de acoperire solară pentru orientările Sud (S) și Sud-Sud-Vest (SSV), cele mai avantajate din punct de vedere al intensității și duratei de persistență a radiației solare.

În finalul lucrării prezentăm influența obstacolelor exterioare clădirii, cu rol de umbră a acesteia, asupra factorului de acoperire solară al sistemului analizat. În acest scop, cu ajutorul SimSol, am putut configura mai multe obstacole adiacente clădirii, după cum urmează:

- O clădire cu 3 etaje, având înălțimea totală $h_{tot}=17$ m,
- O pădure, cu înălțimea totală $h_{tot}=70$ m și, respectiv,
- Un munte cu înălțimea totală $h_{tot}=1000$ m

Rezultatele obținute denotă o reducere a factorului de acoperire solară în situația umbririi clădirii, de la valoarea de 67% (fără nicio umbră, caz de referință) la valoarea de 30% (un munte ca obstacol). Această observație ne conduce la ideea de a studia atent peisajul în care este amplasată o clădire pe care se dorește implementarea unui sistem ce utilizează panouri solare.

4. Concluzii

În cadrul articolului a fost realizat un studiu parametric privind oportunitatea implementării unor sisteme de preparare a apei calde de consum ce utilizează panouri solare termice, în condițiile climatice din România. Studiile de caz, realizate cu ajutorul programului de calcul SimSol, au evidențiat următoarele aspecte :

Analiza performanței energetice a unei instalații solare de preparare a apei calde de consum în diverse condiții de utilizare

- Captatoarele cu tuburi vidate prezintă eficiențe energetice superioare în raport cu captatoarele plane, însă, datorită costului lor ridicat, nu se justifică decât pentru aplicații care necesită prepararea unor debite foarte mari de apă caldă pentru consum menajer și eventual, încălzire;
- Unghiul optim de înclinare față de orizontală al panourilor solare termice poate fi cuprins între 30° și 45°, alegându-se de obicei o valoare egală numeric cu latitudinea geografică a locului considerat;
- Volumul optim al rezervorului de acumulare (boilerului) se alege de la caz la caz, în funcție de suprafața panourilor și de debitul de apă caldă ce trebuie preparat, ținând cont de faptul că, peste o anumită valoare, nu se justifică investiția într-un echipament de volum prea mare, comparativ cu câștigurile energetice aduse instalației;
- Orientările cardinale optime ale panourilor solare sunt Sud și Sud-Sud-Vest
- Eventualele obstacole prezente în vecinătatea clădirii echipate cu panouri solare pot reduce semnificativ energia solară utilă captată de acestea și, implicit, factorul anual de acoperire solară

Toate aceste observații pot fi utile proiectanților de instalații solare termice, în vederea optimizării costului de investiție și exploatare a acestora. Acest tip de analiză poate fi extins și în cazuri mai complexe de instalații solare, ca de exemplu cele utilizate la încălzirea piscinelor de mari dimensiuni sau chiar pentru aplicații de tip ”climatizare solară”.

Referințe

- [1] Memo: EU energy security and solidarity action plan: 2nd strategic energy review, reference online : <http://ec.europa.eu/energy/strategies/2008>.
- [2] Clean energy project analysis. Solar water heating – Retscreen International, site online: www.retscreen.ca
- [3] Photovoltaic systems – Viessmann Co, site online: www.viessmann.com
- [4] Reference online : <http://www.actu-environnement.com/ae/news/tecsol-climatisation-solaire-installations-techniques-10729.php4>
- [5] Kim D.S., Infante Ferreira C.A. - Solar absorption cooling. 1st progress report – Delft University of Technology, 2003
- [6] Kim D.S., Infante Ferreira C.A. - Air-cooled solar absorption air conditioning. Final Report -Delft University of Technology, 2005
- [7] Kelemen G., Ursa D. – Alternative energetique. Principe de fonctionnement du capteur plan, Rev. Tehnica instalatiilor nr. 1/2004
- [8] Nazif G. and Altan H., Zero energy house design for cyprus: enhancing energy efficiency with vernacular techniques, Proceedings of Building Simulation 2013 conference, August 2013, pp. 2978-2984.
- [9] Pagliano L. and Zangheri P., Design of nearly zero energy buildings coupled with an earth to air heat exchanger in mediterranean climate: development of an analytic model and validation against a monitored case study, Proceedings of Building Simulation 2013 conference, August 2013, pp. 3705-3711.