

# ANALIZA PERFORMANTELOR ENERGETICE ȘI DE MEDIU ALE UNUI CAPTATOR SOLAR PE ÎNTREAGA DURATĂ DE VIAȚĂ A ACESTUIA ÎN CONDIȚII CLIMATICE SPECIFICE ROMÂNIEI

**Horia PETRAN**

CS III, dr. ing, INCĐ URBAN-INCERC, Secția Performanțe energetice și de mediu ale construcțiilor durabile, e-mail: hp@incerc2004.ro

**Mihai-Lucian RADU**

ACS, ing, INCĐ URBAN-INCERC, Secția Performanțe energetice și de mediu ale construcțiilor durabile, e-mail: rmi hailucian@incerc2004.ro

**Abstract.** The paper has as main objective the energy and environmental performances analysis of a solar thermal collector for domestic hot water, during its entire life cycle, in the specific climatic conditions of Romania.

An energy analysis taking into account the energy flows which appear during all phases of the life cycle is presented, taking into consideration the energy obtained by the solar collector and the energy consumed during production process, transport, installation, maintenance, disposal. These processes generally consume energy produced in a classical way, from fossil fuels, so different pollutants are generated. Under these circumstances it's interesting to observe if the studied equipment is a truly ecological one, managing to produce sufficient energy to counterbalance energy consumption and pollutants release production processes, normal use and disposal.

The analysis is performed using available data at European level considering the production of solar thermal collectors. The energy produced by the system is computed based on climatic data for Bucharest (outdoor temperature and solar radiation).

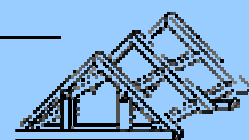
**Key words:** Life cycle assessment, Renewable energy, Solar thermal collector

## 1. Introducere

Este cunoscut faptul că sectorul clădirilor este responsabil pentru aproximativ 40% din consumul de energie total din Uniunea Europeană, acest procent fiind în continuă creștere. Astfel, reducerea acestui consum și utilizarea energiei din surse regenerabile

în cadrul dădirilor constituie măsuri importante necesare reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră și dependenței energetice a Uniunii Europene.

Toate produsele și serviciile au un impact asupra mediului pe parcursul duratei de



viață. Țările europene s-au concentrat asupra acestui aspect luând în considerare performanțele de mediu a produselor/serviciilor ca un punct foarte important al programelor europene care vizează mediul înconjurător. Cu alte cuvinte, problemele de mediu globale pot fi atenuate numai în condițiile în care se reduc consumurile de energie și de materii prime pentru fabricarea unei unități de produs.

Printre echipamentele ce permit utilizarea energiei din surse regenerabile se numără și captatoarele solare termice, utilizate în special în cadrul clădirilor de locuit și social culturale pentru prepararea apei calde de consum. Acestea realizează conversia dintre energia solară captată și energia termică transferată fluidului de lucru.

Captatoarele solare sunt prezentate în general ca "surse curate" ignorându-se consumul energetic și impactul asupra mediului al procesului de producție al acestora, precum și al altor procese legate de funcționarea eficientă a acestor echipamente.

## 2. Analiza energetică a ciclului de viață a produsului

Dorința de a înăspri reglementările în domeniul protecției mediului a fost confirmată în „documentul verde al Politicii Integrate de Produs (PIP)” (Commission of the European Communities, 2001). Odată cu introducerea pe piață a unui produs, există puține acțiuni care mai pot fi întreprinse pentru a-i îmbunătăți caracteristicile de mediu. Abordarea PIP urmărește reducerea impactului de mediu pe ansamblul ciclului de viață al produsului începând chiar cu proiectarea acestuia. În plus promovarea în achizițiile publice a produselor ecologice ar trebui să stimuleze producătorii în investigarea

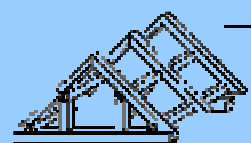
impactului de mediu al produselor și în diseminarea informațiilor legate de mediu într-un format științific precum declarația de mediu a produsului (DMP). Pentru ca Politica Integrată de Produs să fie eficientă, gândirea în ansamblu a efectelor energetice și de mediu a unui produs trebuie să fie luată în considerare foarte serios de către producător.

Evaluarea pe întreaga durată de viață este instrumentul cel mai bun, disponibil la momentul actual, pentru caracterizarea impactului asupra mediului al unui produs. Pentru a se obține date corecte este necesar ca datele de intrare să fie preluate urmărindu-se proceduri standardizate, detaliate în familia de standarde ISO 14040, care reprezintă o metodologie acceptată pe scară largă.

Pe baza acestor standarde, un grup de cercetători de la Departamentul de Cercetări Energetice și de Mediu (DREAM) din cadrul Universității din Palermo au realizat un studiu de caz ce are în vedere analiza performanțelor energetice și de mediu pe întreaga durată de viață a unui captator solar (Ardente *et al*, 2005a, 2005b).

În studiul menționat datele privitoare la fazele de producție, instalare și mentenanță au fost colectate în mod direct apelând la un producător italian. Datele privitoare la materiile prime și la sursele de energie au fost considerate, în general, ca valori medii înregistrate în Italia, iar când acest lucru nu a fost posibil s-au utilizat date din alte țări europene.

Sistemul studiat este are ca element de conversie a energiei solare un captator solar termic cu o suprafață totală de 2,13 m<sup>2</sup> (2,005 x 1,165 x 0,910 m). Sistemul



este compus din trei componente principale:

- Captatorul solar (care include corpul captatorului, placa absorbantă și conductele prin care circulă agentul termic);
- Rezervorul de acumulare (care include schimbătorul de căldură, mantaua acestuia, rezistența electrică și conductele interioare);
- Suportul exterior (utilizat pentru a fixa sistemul pe acoperișul clădirii).

Captatorul este un dispozitiv solar pasiv. Rezervorul de acumulare se racordează la suprafața absorbantă, constituind împreună o singură unitate, iar circulația agentului termic se desfășoară natural. Astfel circuitul intern al captatorului nu necesită pompe și deci nu există consum de energie pentru vehicularea fluidului de lucru. Acest tip de captator este recomandat în special pentru locuințe mici, cu un necesar de apă caldă menajeră mic sau mediu.

Rezervorul și captatorul se pot instala direct pe acoperișuri cu pantă, însă de regulă producătorul furnizează un suport metalic opțional care permite instalarea și pe acoperișuri de tip terasă.

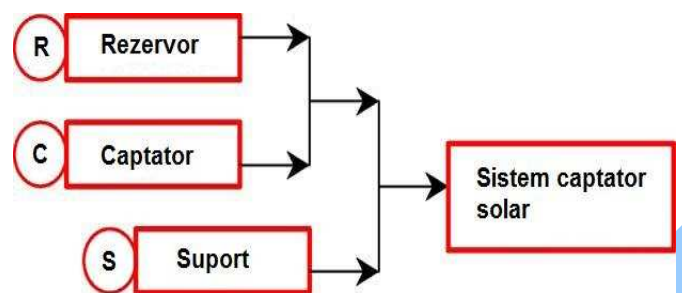
Această situație fiind frecvent întâlnită, în sistemul analizat a fost inclus și suportul exterior.

Au fost analizate următoarele etape ale ciclului de viață al captatoarelor solare: producerea și distribuția energiei și a materiilor prime, procesul de producție a captatorului, instalarea, mentenanța, procesarea deșeurilor și transportul necesar pentru fiecare din aceste etape.

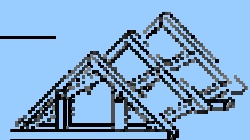
Datele privitoare la procesul de producție au fost prelevate printr-o analiză amănunțită în teren. Procesul de producție constă în principal în prelucrări de părți metalice și asamblarea lor împreună cu alte piese produse în exterior (de obicei componente metalice sau plastice mici, auxiliare). Principalele trei componente (captatorul, rezervorul de acumulare și suportul) sunt produse diferit, apoi sunt ambalate și păstrate în depozite (Fig. 2). În continuare, alte companii se ocupă de vânzarea, transportul și instalarea sistemelor solare la utilizatorii finali.



**Fig. 1.** Captator solar termic cu rezervor de acumulare și suport de prindere



**Fig. 2** Fluxul tehnologic de producere a sistemului captator solar



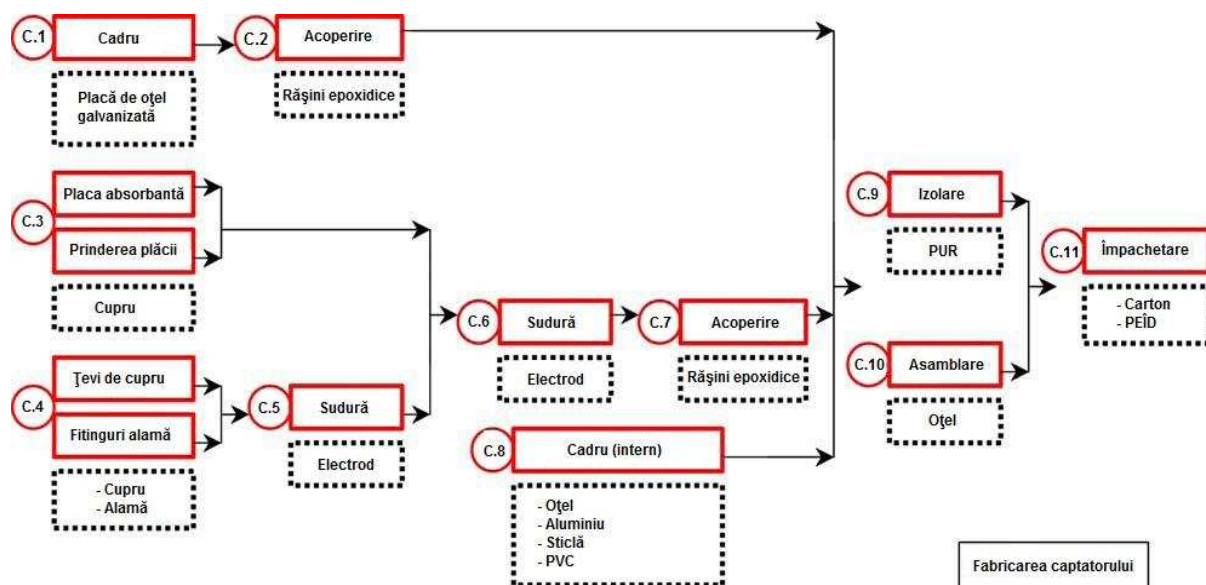


Fig. 3. Fluxul tehnologic de producere a captatorului solar

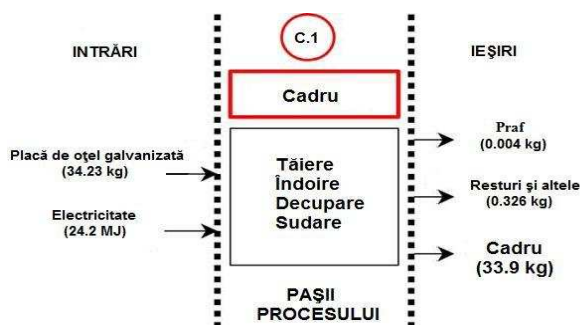


Fig. 4. Detaliu de fabricare a cadrului captatorului solar

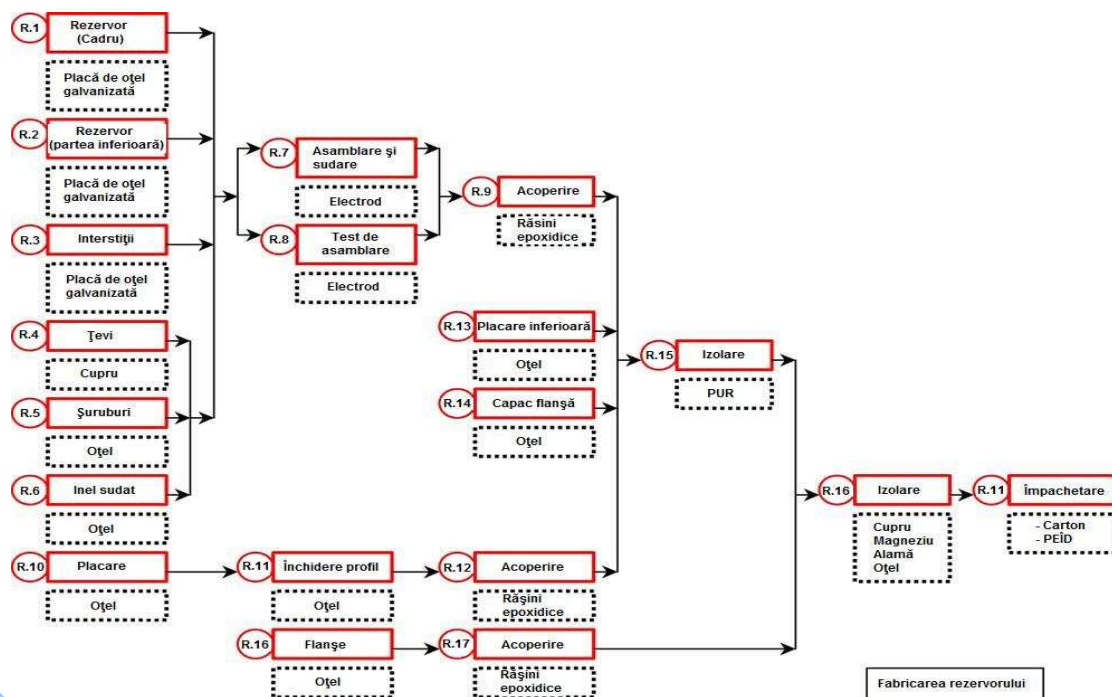
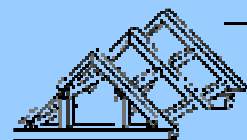


Fig. 5. Fluxul tehnologic de producere a rezervorului de acumulare





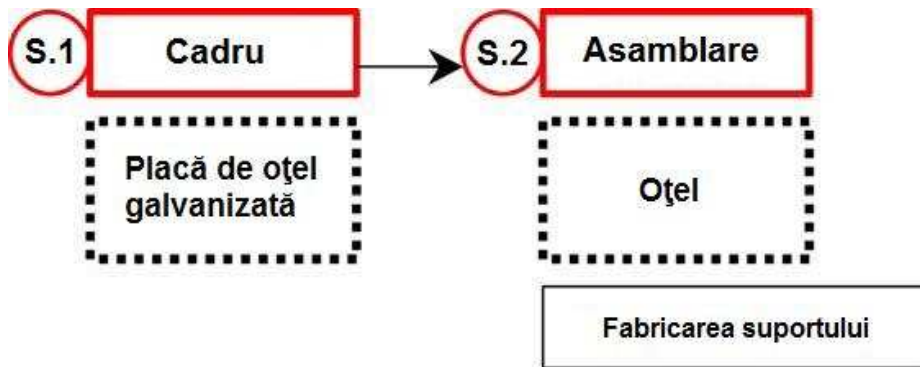


Fig. 6. Fluxul tehnologic de producție a suportului

Conform datelor furnizate de către producători se presupune că durata de viață a sistemului este de 15 ani. În această perioadă de timp, în lipsa unor deteriorări posibile datorate unor acțiuni mecanice (cum ar fi spargerea vitrajului), sistemul nu necesită o întreținere frecventă. Ciclul obișnuit constă dintr-o verificare o dată la 4-5 ani (în total 2-3 verificări pe durata de viață).

În ceea ce privește mentenanța, principalele ipoteze sunt:

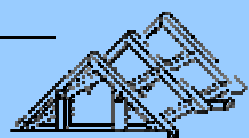
- Este nevoie de 2-3 operațiuni de mentenanță pe durata de viață a produsului;
- Distanța totală parcursă de tehnicieni este de 80 km, cu autoturism diesel;
- Fiecare operațiune include înlocuirea următoarelor componente:
  - protecțiile din PVC,
  - materialul de etanșare,
  - anodul de magneziu,
  - rezistența electrică,
  - agentul termic (50% apă, 50% propilen-glicol).

Fabricarea sistemului presupune producerea de deșeuri totalizând 4,4 kg, cu excepția ambalajelor. Compania producătoare predă mai departe deșeurile companiei de salubritate specializată, care se ocupă de procesarea lor ulterioară.

### 3. Consumul global de energie

În ceea ce privește consumul global de energie se pot evidenția următoarele:

- Consumul global de energie primară este 11,5 GJ<sub>Prim</sub>. Consumul de energie directă este de doar 11%, iar cel de energie înglobată de 89%.
- Energia consumată pentru producție (542,6 MJ<sub>Prim</sub> electrici) reprezintă mai puțin de 5% din consumul global. Această valoare demonstrează influența scăzută a procesului de fabricație în bilanțul energetic global.
- Consumul de energie (directă și indirectă) aferent rezervorului de acumulare este de aproximativ 4,4 GJ<sub>Prim</sub> (38,6% din total). Producerea captatorului presupune un consum de energie asemănător (3,7 GJ<sub>Prim</sub> 32% din total), în timp ce pentru suport se consumă mai puțin (în jur de 1,1 GJ<sub>Prim</sub>).
- Procesele de instalare și de procesare a deșeurilor au o incidență scăzută, impactul acestora fiind datorat în principal transportului. În cazul instalării trebuie precizat faptul că suportul este utilizat doar pentru acoperișuri tip terasă. Dacă suportul este considerat ca făcând parte din procesul de instalare, contribuția acestuia în consumul global de energie va fi de 11,5%.



- Necesarul de energie al celorlalte componente (rezistența din cupru și conductele din polietilenă de înaltă densitate) este mic, de doar 0,2 GJ<sub>Prim</sub> (0,9% din total). Ambalajul are o influență mai mare (0,6 GJ<sub>Prim</sub> și 2,5% din total).
- Menținerea presupune un consum semnificativ de energie (în jur de 11,5% din total). Acest procent oarecum ridicat este explicat prin utilizarea consumabilelor (în special înlocuirea agentului termic).
- Propilen-glicolul este un fluid derivat din petrol ce presupune un consum primar de 77,4 MJ<sub>Prim</sub>/kg. În plus, acest fluid este utilizat în cantitate mare în captator (cca. 19 kg pe toată durata de viață). În mod corespunzător, acest fluid are o mare incidență asupra rezultatelor energetice (aprox. 13% din consumul global).
- Transportul presupune consumul a 700 MJ<sub>Prim</sub> (6,1% din total).
- Consumul de energie care poate fi recuperată ulterior prin arderea materialelor după expirarea duratei de viață este de aproximativ 13% din consumul energetic global. În jur de 60% este datorat utilizării propilen-glicolului; acest fluid este amestecat cu apă pentru obținerea agentului termic și în general este evacuat către rețeaua de canalizare fără vreun proces special de tratare.
- În cadrul întregului ciclu de viață a produsului se degajă 657 kg CO<sub>2</sub>.

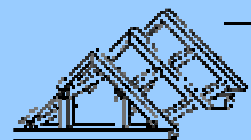
#### 4. Determinarea cantității de energie captate de sistem în condițiile climatice din România

Calculul cantității de energie captate se face ținând cont de următoarele ipoteze de calcul:

- Captatorul solar se consideră montat în Municipiul București, astfel că se vor considera intensitățile radiației

solare și temperaturile exterioare aferente acestei localități, exprimate în medii lunare pentru fiecare oră de soare. Captatorul este orientat spre Sud, la un unghi de 45° față de orizontală.

- Valorile indicilor de performanță energetică a captatorului solar analizat sunt valori medii pentru captatoarele solare plane existente pe piața autohtonă, respectiv randamentul optic ( $\eta_0$ ) este egal cu 0,80, eficiența termică a plăcii absorbante ( $F'$ ) este egală cu 0,89 iar coeficientul global de transfer termic către exterior ( $k_{\Sigma}$ ) este egal cu 3 W/(m<sup>2</sup>\*K).
- Debitul de agent termic prin captatorul solar este de 0,02 kg/(s\*m<sup>2</sup>), respectiv de 153 kg/h, având în vedere faptul că aria deschiderii captatorului este de 2,13 m<sup>2</sup>.
- Cantitatea de energie captată în decursul unei zile și stocată în rezervorul de acumulare este consumată integral în decursul unei zile, temperatura apei în rezervor ajungând astfel la valoarea inițială.
- Modelul de calcul utilizat ia în considerare caracteristicile optice și termice ale captatorului, volumul rezervorului de acumulare, variația orară a parametrilor dimatici ca valori medii lunare pe durata de însorire, temperatura apei reci (Ardente *et al*, 2005; Contract PN 09, 2011; Duffie, 1992; Iordache, 2008).
- În aceste condiții, au rezultat următoarele valori ale cantității de energie captate și a cantității de CO<sub>2</sub> economisite, comparativ cu cazul în care pentru prepararea apei calde de consum s-ar fi utilizat combustibili convenționali (de exemplu termoficare).
- Rezultatele sunt prezentate numeric în **tabelul 1** și reprezentate grafic în **Fig. 7 și 8**.



Tabelul 1. Energia captată și economia de CO<sub>2</sub>

luna	Energie captată	Economie CO <sub>2</sub>
[-]	[kWh]	[kg]
ianuarie	18,610	6,51
februarie	24,537	8,59
martie	28,113	9,84
aprilie	50,830	17,79
mai	74,298	26,00
iunie	77,871	27,25
iulie	82,696	28,94
august	79,472	27,82
septembrie	67,797	23,73
octombrie	42,722	14,95
noiembrie	19,213	6,72
decembrie	15,623	5,47
Total	581,781	203,62

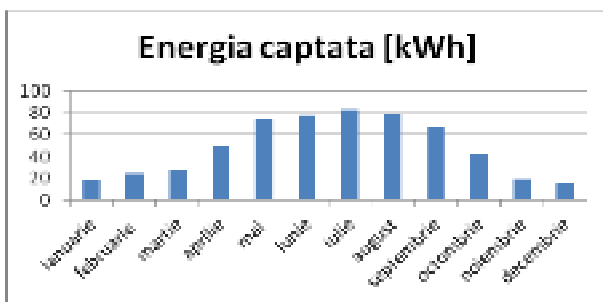


Fig. 7. Reprezentarea grafică a cantității lunare de energie captată de captatorul solar

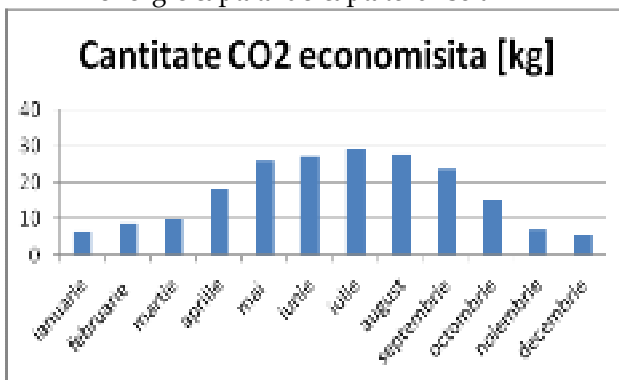


Fig. 8. Reprezentarea grafică a cantității lunare de dioxid de carbon economisită

### 5. Perioada de recuperare a consumului de energie și a emisiilor de CO<sub>2</sub>

Perioada de recuperare a consumului de energie poate fi definită ca perioada de timp necesară sistemului solar termic pentru a capta o cantitate de energie echivalentă celei utilizate pentru realizarea sa (în valori de energii primare):

$$E_{PT} = \frac{LCA_{\text{energie}}}{E_{\text{utilă}} - E_{\text{consum}}}$$

unde:

$LCA_{\text{energie}}$  - consumul de energia primară în timpul tuturor etapelor ciclurilor de viață (GJ);  
 $E_{\text{utilă}}$  - producție anuală utilă de energie (GJ/an);  
 $E_{\text{consum}}$  - consumul de energie pentru utilizarea sistemului de captare a energiei solare (GJ / an).

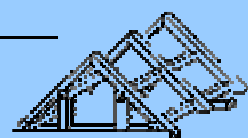
În cazul sistemelor pasive, circulația agentului termic se realizează natural și deci  $E_{\text{consum}}$  are valoare nulă. Consumul de energie utilă este estimat la 581,781 kWh / an. Perioada de recuperare este în acest caz de aproximativ 5 ani și 6 luni. Această valoare demonstrează viabilitatea acestei tehnologii, având în vedere că durata de viață a captatoarelor solare este de cca. 15-20 ani.

Cunoscându-se consumul de energie utilă, s-a calculat și reducerea emisiilor poluante ( $EM_{S-i}$ ). Acest parametru reprezintă emisiile pe care sistemul auxiliar le-ar genera pentru a produce aceeași energie. Valoarea  $EM_S$  depinde de tipul dispozitivului de încălzire auxiliară utilizat.

Impactul global pe toată durata de viață și reducerea emisiilor sunt rezumate de un parametru sintetic denumit perioada de recuperare a emisiilor ( $EM_{PT-i}$ ). Acesta se definește ca durata de timp după care reducerea emisiilor generată de utilizarea sistemului de captare a energiei solare devine egală cu emisiile generate în urma producerii acestuia. Se poate calcula valoarea acestui parametru pentru fiecare poluant în parte cu relația următoare:

$$EM_{PT-i} = \frac{EM_i}{EM_{S-i} - EM_{\text{consum } i}}$$

$EM_i$  - emisiile globale ale unui poluant „i” legate de producție, asamblare, transport, mentenanță și procesare deșeuri (kg);



$EM_{S-i}$  – reducerea emisiilor anuale ale unui poluant „i” (GJ pe an);

$EM_{C_{consum-i}}$  – emisiile anuale de poluant „i” legate de utilizarea sistemului captator solar.

Valoarea  $EM_{C_{consum-i}}$  este dată de consumul de energie convențională (în special energie electrică, pentru pompare) necesară funcționării sistemului. Pentru sistemele pasive  $EM_{C_{consum-i}}$  are valoare nulă. Perioada de recuperare a consumului de  $CO_2$  este de aproximativ 3 ani și 2 luni.

### Concluzii

Informațiile colectate în cadrul analizei proceselor de producție, instalare, mentenanță, transport și procesare a deșeurilor pot fi un bun punct de plecare pentru îmbunătățirea performanțelor de mediu ale produsului. Analiza pe întreaga durată de viață reprezintă un element de bază în proiectarea ecologică, dar în final trebuie considerate și aspecte precum costul, durata de viață și performanțele energetice ale produsului.

Cu privire la unitatea funcțională analizată, consumul de energie primară estimat este de 11,5 GJ, dar energia utilizată în mod direct în cadrul procesului de producție și instalare reprezintă doar 5% din consumul total, iar 6% este consumată pe transport în timpul diferitelor etape ale ciclului de viață, restul reprezentând consumul de energie pentru producerea materiilor prime necesare. Aceste rezultate dovedesc faptul că necesarul de energie directă este mai mic decât necesarul de energie indirectă și prin urmare considerarea sau neglijarea anumitor materiale poate duce la erori semnificative. De exemplu neconsiderarea suportului de fixare a captatorului conduce la o scădere cu 10% a consumului de energie. În plus, mentenanța poate însemna un consum crescut de energie

datorită schimbării consumabilelor. Emisiile indirecte reprezintă 80-90% din totalul emisiilor și sunt influențate sensibil de materialele considerate, iar emisiile directe legate de transport au o incidență de 10-15% în timp ce emisiile de poluanți către apă și sol sunt reduse.

Captatoarele solare se dovedesc a fi sisteme viabile de utilizare a energiei din surse regenerabile în contextul climatic din România, perioada de recuperare a energiei consumate fiind cu mult sub durata de viață estimată a echipamentelor. Din punct de vedere al emisiilor de  $CO_2$ , perioada de recuperare este și mai redusă, pentru un captator solar cu performanțe termice medii fiind de aproximativ 3,2 ani.

Perioada scurtă (în raport cu durata de viață) de amortizare din punct de vedere energetic și al emisiilor de poluanți demonstrează caracterul ecologic al acestor echipamente.

### BIBLIOGRAFIE

- Commission of the European Communities. (2001) *Green paper on integrated product policy*, COM, 68 Final
- Ardente F, Beccali G, Cellura M, Lo Brano V. (2005) *Life cycle assessment of a solar thermal collector*. *Renewable Energy* 30: 1031-1054
- Ardente F, Beccali G, Cellura M, Lo Brano V. (2005) *Life cycle assessment of a solar thermal collector: sensitivity analysis, energy and environmental balances*. *Renewable Energy* 30: 109-130
- Contract PN 09 – 14 03 02 (2011) *Performanțe energetice și funcționale ale echipamentelor și sistemelor de captare, conversie și utilizare termică a energiei solare în România*.
- Duffie, J., Beckman, W. (1992) – *Solar Engineering of thermal processes*, Second edition, John Wiley & Sons.
- Iordache F, (2008) *Comportamentul dinamic al echipamentelor și sistemelor termice* – ediția a III-a, Editura Matrix

