

# Optimizarea sistemelor de utilizarea a energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde in cladiri

Optimizing systems for the use of solar energy for space heating and hot water preparation in buildings

Drd. ing. Mugurel Talpiga<sup>1</sup>, Drd. ing. Eugen Mandric<sup>2</sup>,  
Prof. dr. Ing. Florin Iordache<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti  
Facultatea de Inginerie a Instalatiilor  
Bdul. Pache Protopopescu, 66, Romania  
*fliord@yahoo.com*

**Abstract.** *Aim of this paper is energetic study of solar equipments used in heating and daily hot water of residential and commercial buildings. Identified most important unconventional system parameters have direct influence of the energetic performances. Hydraulic drawings of the system are presented and obtained results will be graphically plotted for heating and daily hot water preparation. Auxiliary source contain a classical thermal heating unit which provide necessary accumulated heat inside heat exchanger for heating thermal agent or daily hot water.*

**Cuvinte cheie:** energia solara, apa calda

**Rezumat.** *Lucrarea are ca obiectiv o analiza energetica asupra instalatiilor de utilizare a energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde pentru cladirile rezidentiale sau nerezidentiale. Sunt identificati parametrii importanti ai sistemului neconventional care au consecinte determinante asupra performantelor energetice. Se prezinta schemele constructive ale sistemelor neconventionale iar rezultatele obtinute se prezinta grafic in mod distinct atat pentru cazul utilizarii la incalzirea spatiilor cladirii cat si pentru prepararea apei calde. Sursa de rezerva este constituita de o centrala termica care alimenteaza dupa caz schimbatorul de caldura cu acumulare de incalzire a agentului termic sau de preparare a apei calde.*

**Keywords:** *solar energy, hot water*

## 1. Introducere

Asa cum este binecunoscut, utilizarea energiei solare pentru incalzirea spatiilor unei cladiri si pentru prepararea apei calde reprezinta astazi o solutie des adoptata pentru reducerea consumului de energie bazata pe combustibili fosili. De curand a fost

completata metodologia de evaluare a performantelor energetice ale cladirilor cu cateva capitole referitoare la utilizarea surselor regenerabile. Unul din capitole se refera la procedura de evaluare a performantelor energetice rezultate in urma utilizarii unei componente de tip bucla solara pentru preincalzirea agentului termic din instalatia de incalzire a cladirii sau/si de prepararea a apei calde de consum.

In cadrul lucrarii de fata se face o analiza energetica asupra performantelor sistemului neconventional termic de utilizare a energiei solare pentru incalzirea spatiilor cladirii si a prepararii apei calde de consum. Se cauta in primul rand identificarea parametrilor cu influenta dominanta asupra performantelor energetice si se analizeaza consecintele acestora.

## 2. Descrierea sistemului si a procedurii de evaluare a performantelor energetice

De la inceput trebuie mentionat faptul ca sistemul analizat este un sistem hibrid, avand ca sursa un cuplu compus din bucla solara si o sursa clasica, o centrala termica cuplata la schimbatorul de caldura cu acumulare la care este cuplata si suprafata de captare a energiei solare. In fig. 1 se prezinta o schema simplificata a sistemului in care consumatorul este instalatia de incalzire centrala a cladirii, iar in fig. 2 este schema simplificata a sistemului in care consumatorul este instalatia de alimentare cu apa calda.

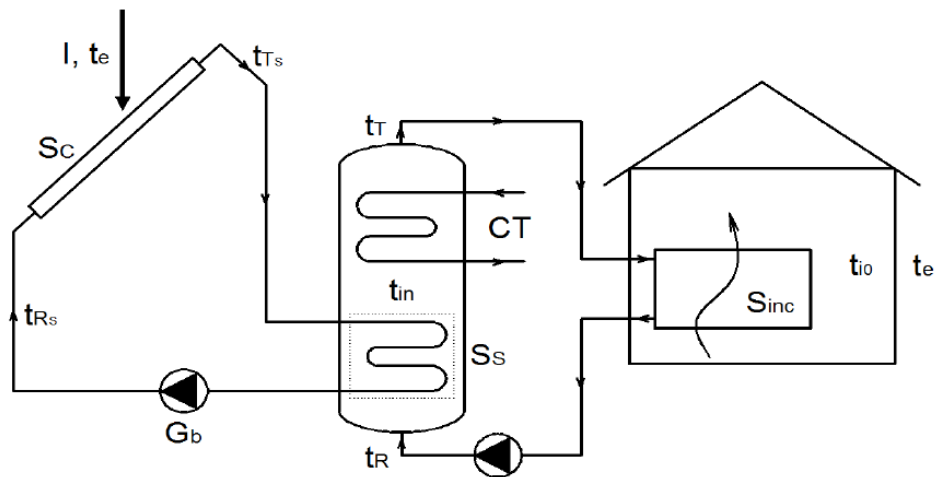


Fig. 1

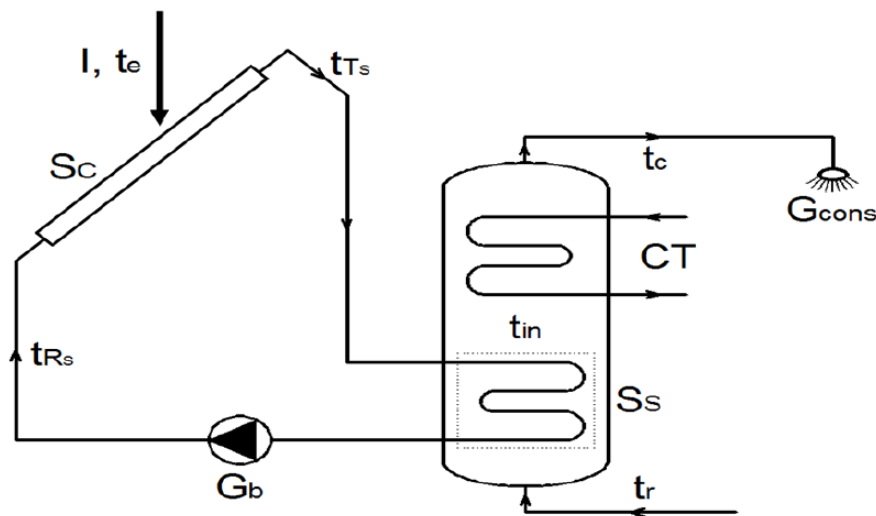


Fig. 2

O prima etapa din cadrul procedurii de evaluare a performantelor energetice oferite de bucla solara o reprezinta etapa de prelevare a datelor de configurare a sistemului termic neconventional de captare si livrare a energiei solare. Se inregistreaza datele constructive privind suprafata de captare a energiei solare (marime, orientare, parametrii fizici aferenti tipului de captatoare), date constructive privind schimbatorul de caldura cu acumulare cuplat la suprafata de captare (suprafata schimbator de caldura, volum de acumulare), date functionale – debitul de agent termic vehiculat in bucla de captare, precum si date privind cladirea deservita si instalatia de incalzire centrala a acesteia si de preparare a apei calde. O categorie de date importante este reprezentata de datele climatice aferente locatiei de amplasare a cladirii si ne referim aici la temperatura exterioara medie lunara si la intensitatea radiatiei solare medie lunara.

A doua etapa se refera la evaluarea parametrilor intermediari de lucru. Ne referim aici la evaluarea modulelor termice (forma exponentiala a numarului de unitati termice) aferenti suprafetei de captare solara ( $E_C$ ), schimbatorului de caldura al buclei solare ( $E_S$ ) si ansamblului buclei solare ( $E_{CS}$ ). Tot aici se stabileste factorul de corectie ( $F_{R^{BC}}$ ) necesar a fi aplicat in cadrul evaluarii randamentului buclei solare ( $\eta_{CC}$ ) si gradului de acoperire energetica oferit de aceasta ( $G_{AET}$ ). Acest factor de corectie se evalueaza in functie de factorul de corectie aferent buclei solare ( $F_{R^B}$ ) si un factor de corectie aferent ansamblului sistemului – bucla solara cuplata la instalatia de incalzire centrala sau respectiv la instalatia de apa calda a consumatorului ( $F_{R^C}$ ). In cadrul procedurii de evaluare a randamentului de lucru a componentei solare avand ca si consumator instalatia de incalzire centrala a cladirii mai apare un factor de corectie aferent strict modului de dimensionare a acestei instalatii ( $F_{INC}$ ). Cei doi indicatori energetici mentionati si factorii de corectie prezentati sunt marimi adimensionale. Tot in etapa a doua se evalueaza si un factor de utilizare a energiei solare captate ( $f_u$ ).

A treia etapa din cadrul procedurii, se refera la evaluarea efectiva a randamentului de captare a energiei solare si a gradului de acoperire energetica oferit

consumatorului. Tot in cadrul acestei etape se calculeaza si puterile si energiile lunare captate de sistemul neconventional, incidente pe suprafata de captare solara si necesare consumatorului deservit si la nivelul intregului an.

In cadrul lucrarii ne vom referi efectiv la cei doi indicatori energetici mentionati, care in cazul alimentarii instalatiei de incalzire centrala a consumatorului au forma:

- Randamentul buclei solare de captare :

$$\eta_{CC} = F_R^{BC} \cdot [(\alpha \cdot \tau) - k_C \cdot F_{INC} \cdot \beta_{REF}] \quad (1)$$

- Gradul de acoperire energetica termica :

$$G_{AET} = f_u \cdot F_R^{BC} \cdot \frac{(\alpha \cdot \tau)/k_C - F_{INC} \cdot \beta_{REF}}{\beta_{REF} \cdot H/(k_C \cdot S_C)} \quad (2)$$

iar, in cazul alimentarii instalatiei de preparare a apei calde :

- Randamentul buclei solare de captare :

$$\eta_{CC} = F_R^{BC} \cdot [(\alpha \cdot \tau) - k_C \cdot \beta_{REF}] \quad (3)$$

- Gradul de acoperire energetica termica :

$$G_{AET} = \frac{P_{CP}}{P_{CONS}} = \frac{f_u \cdot F_R^{BC} \cdot (\alpha \cdot \tau/k_C - \beta_{REF}) \cdot I}{1,163 \cdot G_{CONS}/(k_C \cdot S_C) \cdot (t_c - t_r)} \quad (4)$$

In relatiile (1)...(4) apare parametrul  $\beta_{REF}$  care cuprinde sintetic 3 date externe si anume: temperatura interioara (in cazul alimentarii instalatiei de incalzire centrala) sau temperatura apei reci (in cazul alimentarii instalatiei de apa calda), temperatura exterioara si intensitatea radiatie solare ca elemente climatice si ambientale externe sistemului hibrid – cladire, in ansamblul sau.

Observand structura celor doi indicatori energetici prezentati in relatiile (1) si (2) referitoare la instalatia de incalzire a consumatorului s-au apreciat ca influenti asupra performantelor energetice ale sistemului neconventional urmatorii parametrii :

- $k_C$  – coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare utilizate;
- $H/(k_C \cdot S_C)$  – raportul intre capacitatea de transfer termic a cladirii si cea a suprafetei de captare solara;
- $t_{TO}/t_{RO}$  – grupul temperaturilor nominale (de calcul) ale agentului termic utilizate la dimensionarea instalatiei de incalzire centrala a consumatorului;
- parametrii climatici lunari, reprezentativi pentru localitatea in care este amplasata cladirea – intensitatea radiatie solare (I) si temperatura exterioara ( $t_e$ );

Optimizarea sistemelor de utilizarea a energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde in cladiri

In ceea ce priveste instalatia de alimentare cu apa calda, la fel, observand structura celor doi indicatori energetici prezentati in relatiile (3) si (4) s-au apreciat ca influenti asupra performantelor energetice ale sistemului neconventional urmatorii parametrii :

- $k_C$  – coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare utilizate;
- $1,163 \cdot G_{CONS} / (k_C \cdot S_C)$  – raportul intre capacitatea de transfer termic a instalatiei de prepararea a apei calde aferente cladirii si cea a suprafetei de captare solara;
- $t_r/t_c$  – grupul temperaturilor de calcul pentru apa calda consumata;
- parametrii climatici lunari, reprezentativi pentru localitatea in care este amplasata cladirea – intensitatea radiatie solare ( $I$ ) si temperatura exterioara ( $t_e$ );

In fiecare din situatii s-a definit si un coeficient de performanta energetica a sistemului neconventional in ansamblu ( $COP_{sys}$ ) prin raportarea consumului energetic anual la consumul anual de combustibil fosil. S-a considerat ca centrala termica utilizata ca sursa de rezerva lucreaza cu un randament de 90%.

### 3. Prezentarea rezultatelor analizei energetice

Pentru coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare utilizate ( $k_C$ ), s-au considerat valorile: 2, 3 si 4  $W/m^2.K$ . Valoarea cea mai mica corespunde unor captatoare solare performante iar valoarea cea mai mare unor captatoare solare slab performante.

Pentru raportul intre capacitatea de transfer termic a cladirii si cea a suprafetei de captare solara ( $H/(k_C \cdot S_C)$ ), s-au considerat valorile 0,4, 1,0 si 1,6. Acest raport reflecta gradul in care capacitatea de transfer termic a cladirii este acoperita mai mult sau mai putin cu o capacitate de transfer termic aferenta suprafetei de captare.

Pentru raportul intre capacitatea de transfer termic a instalatiei de preparare a apei calde a cladirii si cea a suprafetei de captare solara ( $1,163 \cdot G_{CONS} / (k_C \cdot S_C)$ ), s-au considerat tot valorile 0,4, 1,0 si 1,6. Acest raport reflecta gradul in care capacitatea de transfer termic a instalatiei de alimentare cu apa calda este acoperita mai mult sau mai putin cu o capacitate de transfer termic aferenta suprafetei de captare.

Setul temperaturilor de calcul utilizate la dimensionarea instalatiei de incalzire centrala a consumatorului a fost considerat de asemenea in 3 variante si anume: 90/70, 70/50 si 50/30°C. Prima varianta mentionata corespunde unei suprafete a instalatiei de incalzire mai reduse, iar ultima varianta corespunde unei suprafete a instalatiei de incalzire sensibil mai mari favorabila utilizarii energiei solare.

Setul temperaturilor de calcul utilizate la dimensionarea instalatiei de incalzire centrala a consumatorului poate si el fi considerat de asemenea in mai multe variante si anume:  $t_c/t_r = 65/15$ ,  $55/15$  si  $45/15$ °C. Prima varianta mentionata corespunde unor cerinte de apa calda pentru spalatul vaselor, iar a treia varianta corespunde unor cerinte de apa calda numai pentru spalatul corpului. In prezentul material se analizeaza numai varianta medie  $t_c/t_r = 55/15$ °C.

Parametrii climatici (intensitatea radiatie solare si temperatura exterioara) au fost considerate distinct pentru cele 5 zone ale Romaniei pentru incalzire. Valorile de temperatura exterioara sunt insa seturile de temperaturi exterioare medii lunare aferente celor 5 zone.

a. Cazul utilizatorului tip instalatie de incalzire centrala

In fig. 3 se prezinta dependenta celor 3 indicatori energetici mentionati functie de  $k_C$  pentru zona climatica 2. Raportul  $H/(k_C \cdot S_C)$  s-a considerat avand valoarea 1 iar setul temperaturilor de calcul ale agentului termic este  $t_{T0}/t_{R0} = 50/30^\circ\text{C}$ . Randamentul de captare si gradul de acoperire energetica trebuie citite pe scara din stanga iar coeficientul de performanta al sistemului in ansamblu trebuie citit pe scara din dreapta.

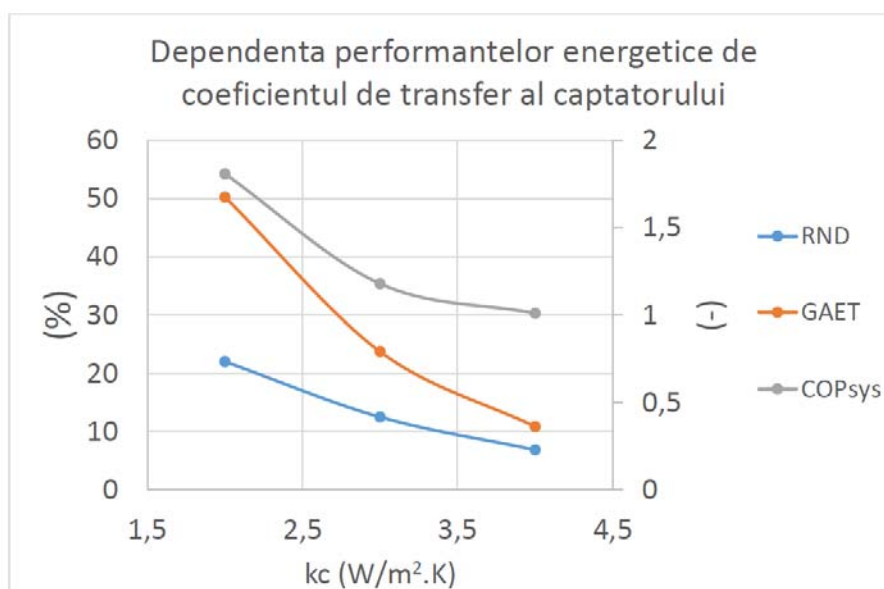


Fig. 3

Din fig. 3 se observa cum cresterea coeficientului  $k_C$  conduce la scaderea performantelor energetice exprimate prin toti cei 3 indicatori: randament, grad acoperire energetica si coeficient de performanta energetica sistem. Rezulta de aici ca pentru incalzirea spatiilor trebuie in general utilizate captatoare solare de calitate, caracterizate de valori scazute ale coeficientului  $k_C$ .

In fig. 4 se prezinta dependenta celor 3 indicatori energetici mentionati functie de raportul  $H/(k_C \cdot S_C)$  pentru zona climatica 2. Coeficientul global de transfer termic  $k_C$  al suprafetei de captare a fost considerat pe valoarea 3 W/m<sup>2</sup>.K, iar setul temperaturilor de calcul ale agentului termic este  $t_{T0}/t_{R0} = 50/30^\circ\text{C}$ .

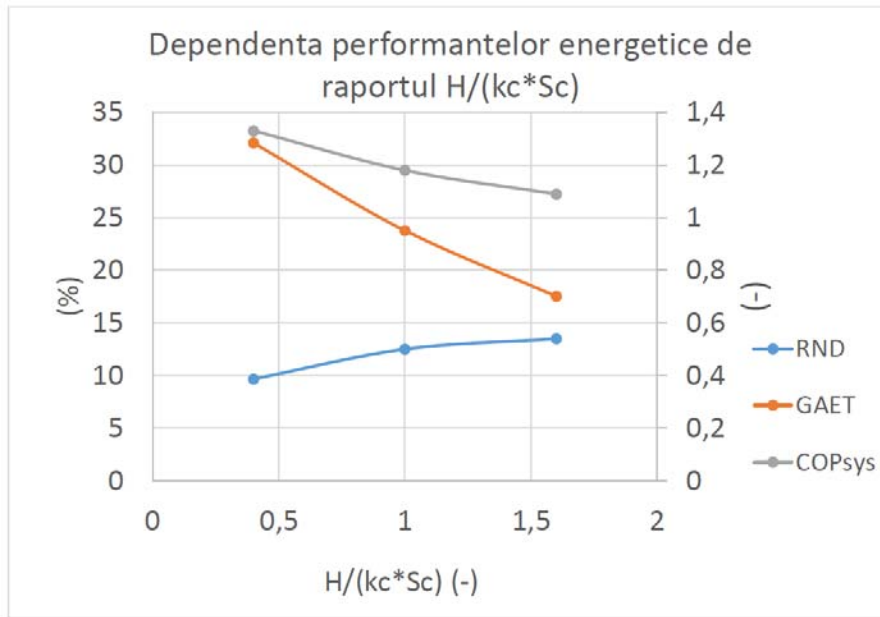


Fig. 4

Se observa ca gradul de acoperire energetica si coeficientul de performanta al sistemului scad odata cu cresterea raportului  $H/(k_c \cdot S_c)$ , in timp ce randamentul de captare creste.

In fig. 5 se prezinta dependenta celor 3 indicatori energetici mentionati functie de setul temperaturilor de calcul pentru instalatia de incalzire centrala a cladirii, pentru zona climatica 2. Coeficientul global de transfer termic  $k_c$  al suprafetei de captare a fost considerat pe valoarea  $3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , iar raportul  $H/(k_c \cdot S_c)$  s-a considerat avand valoarea 1.

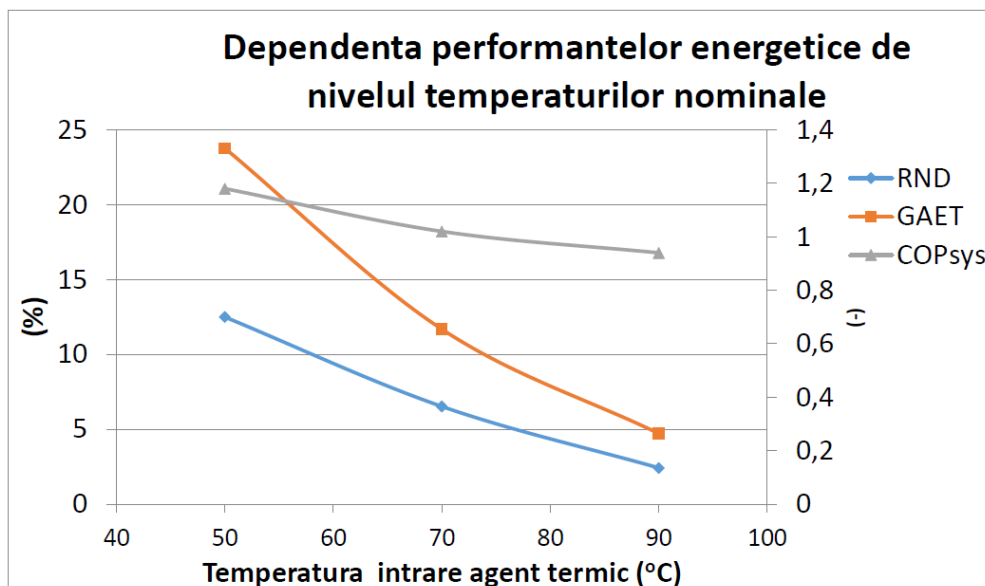


Fig. 5

Din fig. 5 se observa ca daca instalatia de incalzire centrala a fost dimensionata la un set de temperaturi ale agentului termic mai ridicat atunci aceasta conduce la scaderea tuturor celor 3 indicatori de performanta energetica.

In fig. 6 se prezinta o analiza efectuata dupa localitatea in care se gaseste amplasata cladirea. Coeficientul global de transfer termic al suprafetei de captare  $k_C$  s-a considerat avand valoarea 3, raportul  $H/(k_C \cdot S_C) = 1$  si  $t_{T0}/t_{R0} = 50/30^\circ\text{C}$ .

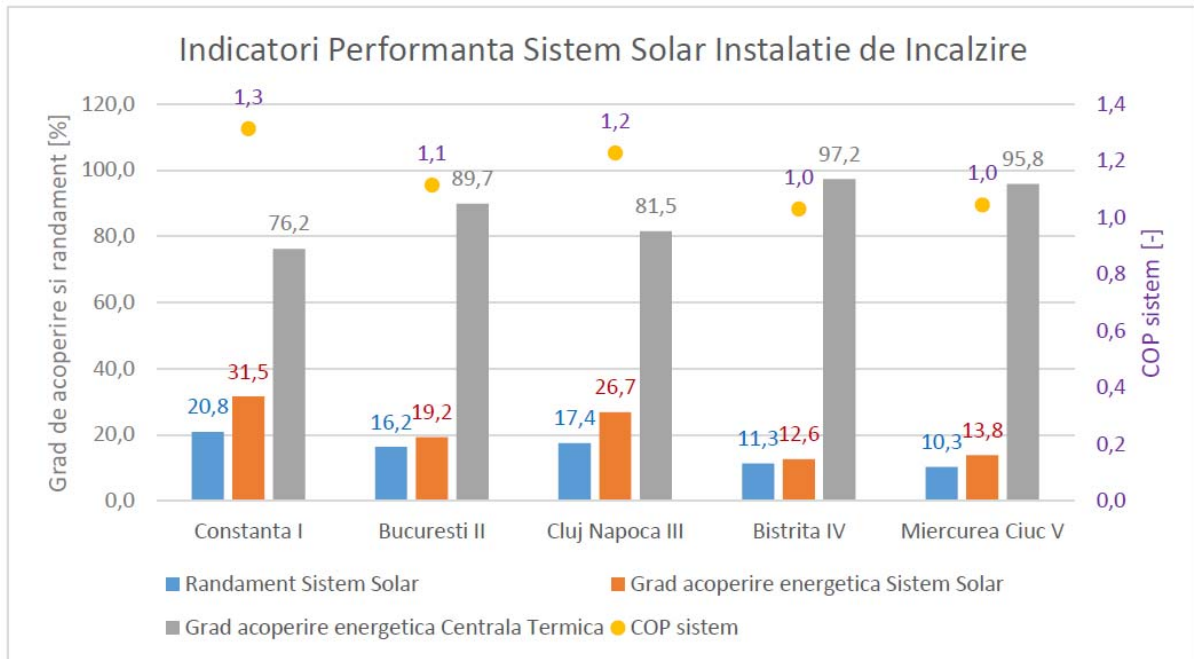


Fig. 6

Se observa cum zona I (Constanta) este cea mai profitabila energetic, conducand la performantele cele mai ridicate ale celor trei indicatori mentionati.

#### b. Cazul utilizatorului tip instalatie de alimentare cu apa calda

In fig. 6 se prezinta dependenta celor 3 indicatori energetici mentionati functie de  $k_C$  pentru zona climatica 2. Raportul  $1,163 \cdot G_{CONS}/(k_C \cdot S_C)$  s-a considerat avand valoarea 1 iar setul temperaturilor de calcul ale agentului termic este  $t_c/t_r = 55/15^\circ\text{C}$ . Randamentul de captare si gradul de acoperire energetica trebuie citite pe scara din stanga iar coeficientul de performanta al sistemului in ansamblu trebuie citit pe scara din dreapta.



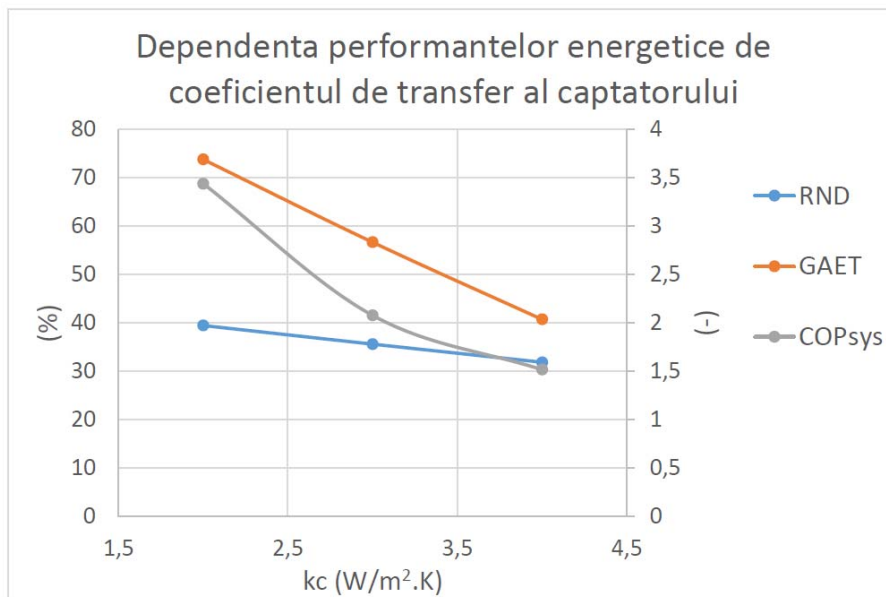


Fig. 7

Din fig. 7 se observa cum cresterea coeficientului  $k_c$  conduce la scaderea performantelor energetice exprimate prin toti cei 3 indicatori: randament, grad acoperire energetica si coeficient de performanta energetica sistem. Rezulta de aici ca pentru prepararea apei calde trebuie in general utilizate captatoare solare de calitate, caracterizate de valori scazute ale coeficientului  $k_c$ .

In fig. 8 se prezinta dependenta celor 3 indicatori energetici mentionati functie de raportul  $1,163 \cdot G_{CONS} / (k_c \cdot S_c)$  pentru zona climatica 2. Coeficientul global de transfer termic  $k_c$  al suprafetei de captare a fost considerat pe valoarea 3 W/m<sup>2</sup>.K, iar setul temperaturilor de calcul ale agentului termic este  $t_c/t_r = 55/15^\circ\text{C}$ .

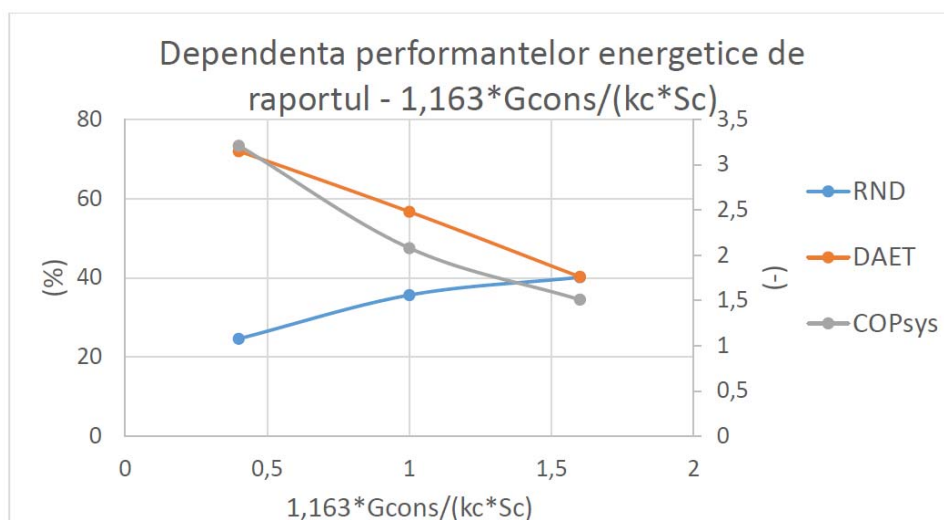


Fig. 8

Se observa ca gradul de acoperire energetica si coeficientul de performanta al sistemului scad odata cu cresterea raportului  $1,163 \cdot G_{\text{CONS}} / (k_c \cdot S_c)$ , in timp ce randamentul de captare creste.

In fig. 9 se prezinta o analiza efectuata dupa localitatea in care se gaseste amplasata cladirea. Coeficientul global de transfer termic al suprafetei de captare  $k_c$  s-a considerat avand valoarea 3, raportul  $1,163 \cdot G_{\text{CONS}} / (k_c \cdot S_c) = 1$  si  $t_c / t_r = 55 / 15$  °C.

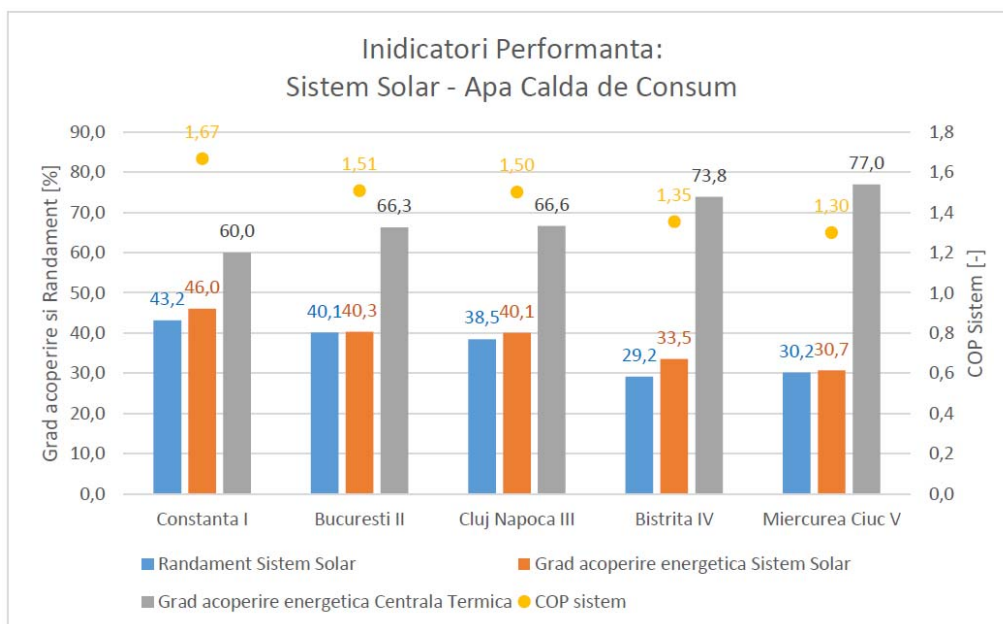


Fig. 9

Se observa cum zona I (Constanta) este cea mai profitabila energetic, conducand la performantele cele mai ridicate ale celor trei indicatori mentionati.

#### 4. Concluzii

O prima remarca se poate face daca se analizeaza comparativ figurile 4 si 8 in care parametrul de analiza este raportul intre capacitatea de transfer a consumatorului si cea a suprafetei de captare. In cazul prepararii apei calde indicatorii energetici sunt net superiori fata de cazul instalatiei de incalzire ceea ce conduce la concluzia ca in cazul instalatiei de incalzire raportul  $H / (k_c \cdot S_c)$  ar trebui sa ia valori intr-un domeniu cu valori mai scazute.

Analiza efectuata asupra celor trei indicatori de performanta energetica este general valabila pentru sistemele neconventionale hibride de utilizare a energiei solare pentru incalzirea cladirilor.

Rezultatul calitativ al analizei prezentate poate capata un aspect cantitativ concret daca se introduce valoarea efectiva a suprafetei de captare solara. Se obtine cantitatea lunara si sezoniera de energie captata, iar daca se introduce si capacitatea de

Optimizarea sistemelor de utilizare a energiei solare pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde în clădiri transfer termic a clădirii deservite se obține cantitatea efectivă de energie termică lunară și sezonieră salvată.

Investițiile făcute în componenta neconvențională pot fi puse în balanță cu beneficiile economice obținute, rezultând varianta optimă de implementare a unui astfel de sistem neconvențional de utilizare a energiei solare cu sursă de rezervă.

## Lista de Notatii

$\alpha$  - coeficientul de absorbție al plăcii captatorului, -;  
 $\tau$  - coeficientul de transparență al elementului vitrat al captatorului, -;  
 $S_c$  – suprafața totală a captatoarelor solare utilizate de sistem,  $m^2$ ;  
 $k_C$  – coeficientul global de transfer termic al captatorilor solari,  $W/m^2.K$ ;  
 $t_{T0}$  – temperatura nominală a agentului termic la intrarea în instalația de încălzire centrală a consumatorului,  $^{\circ}C$ ;  
 $t_{R0}$  – temperatura nominală a agentului termic la ieșirea din instalația de încălzire centrală a consumatorului,  $^{\circ}C$ ;  
 $t_{em}$  – temperaturi exterioare medii lunare,  $^{\circ}C$ ;  
 $I$  – intensitatea globală a radiației solare pe planul suprafeței de captare,  $W/m^2$ ;  
 $E_C$  – modulul termic al suprafeței de captare, -;  
 $E_S$  - modulul termic al schimbătorului de căldură al buclei solare, -;  
 $E_{CS}$  – modulul termic al buclei de captare solară, -;  
 $F_R^B$  – factor de corecție a fluxului termic captat de bucla solară, -;  
 $F_R^C$  – factor de corecție al fluxului termic captat datorat consumatorului, -;  
 $H$  – transmitanța clădirii,  $W/K$ ;  
 $G_{CONS}$  – debitul orar mediu zilnic de consum de apă caldă,  $l/h$ ;  
 $F_R^{BC}$  – factor de corecție a fluxului termic captat de sistemul compus din bucla solară și consumator, -;  
 $\beta_{REF}$  – parametrul termic sintetic la care este supus ansamblul compus din bucla solară de captare și consumator,  $m^2.K/W$ ;  
 $\eta_{CC}$  – randamentul buclei de captare solară, -;  
 $f_u$  – factorul de utilizare al energiei captate, -;  
 $G_{AET}$  – gradul de acoperire energetică termic al buclei solare, -;  
 $F_{INC}$  – factor adimensional de corecție, aferent instalației de încălzire a clădirii -

## Bibliografie

1. Metodologia de evaluare a performanțelor energetice ale sistemelor neconvenționale de utilizare a energiei solare în clădiri - Sisteme solar termice din cadrul Mc001 revizuire – 2018;
2. Utilizarea energiei solare pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum. Evaluarea performanțelor energetice – Florin Iordache, Mugurel Talpiga, Eugen Mandric – Revista Romana de Inginerie Civila, volumul 9 (2018), nr 2, editura MatrixRom;