

# **Analiza energetica privind dimensionarea si evaluarea performantelor energetice ale instalatiilor utilizand captatoarele solare termice**

Energy analysis regarding the dimensioning and evaluation of the energy performance of the installations using solar thermal collectors

Florin IORDACHE

Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti  
Facultatea de Inginerie a Instalatiilor  
Bdul. Pache Protopopescu, 66, Romania  
*fliord@yahoo.com*

**Rezumat.** In cadrul lucrarii se stabileste o relatie de evaluare a gradului de acoperire energetica a necesarului de caldura pentru incalzirea spatiilor sau prepararea a apei calde. In cadru acestei relatii se identifica o serie de 3 parametrii de configurare energetica a sistemului consumator – instalatie solara dar si un indicator energetic climatic important in special din punct de vedere al locatiei de amplasare a consumatorului. Se ofera astfel posibilitatea de a se pune in balanta atat influentele parametrilor de configurare constructiva ai sistemului cat si indicatorul energetic climatic in vederea optimizarii sistemului sursa functie de locatie de amplasare a consumatorului.

**Cuvinte cheie:** captatoare solare termice, incalzire

**Abstract.** In the paper a relationship is established for assessing the degree of energy coverage of the heat demand for space heating or the preparation of hot water. Within this relationship we identify a series of 3 parameters of the energy configuration of the consumer - solar installation and also an important climatic energy indicator especially in terms of the location of the consumer location. This provides the possibility of balancing both the influences of the constructive configuration parameters of the system and the climatic energy indicator in order to optimize the source system according to the location of the consumer's location.

**Keywords:** solar thermal collectors, heating

## **1. Introducere**

Utilizarea energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde este la ora actuala o solutie din ce in ce mai des abordata pentru a realiza economie de energie provenita din surse neregenerabile. Structura sistemelor neconventionale termice de utilizare a energiei solare este destul de bine pusa la punct, acestea continand si sursa de rezerva. Problemele de interes in acest domeniu la ora actuala sunt dimensionarea corespunzatoare a acestor sisteme si evaluarea performantelor

energetice ale acestora. Lucrarea de fata are ca obiectiv tocmai discutarea procedurii de evaluare a performantelor energetice a unei astfel de sistem hibrid de utilizare a energiei solare cu consecinte directe privind optimizarea acestor sisteme.

1. Structura sistemelor neconventionale de utilizare a energiei solare

- Schema pentru incalzirea spatiilor

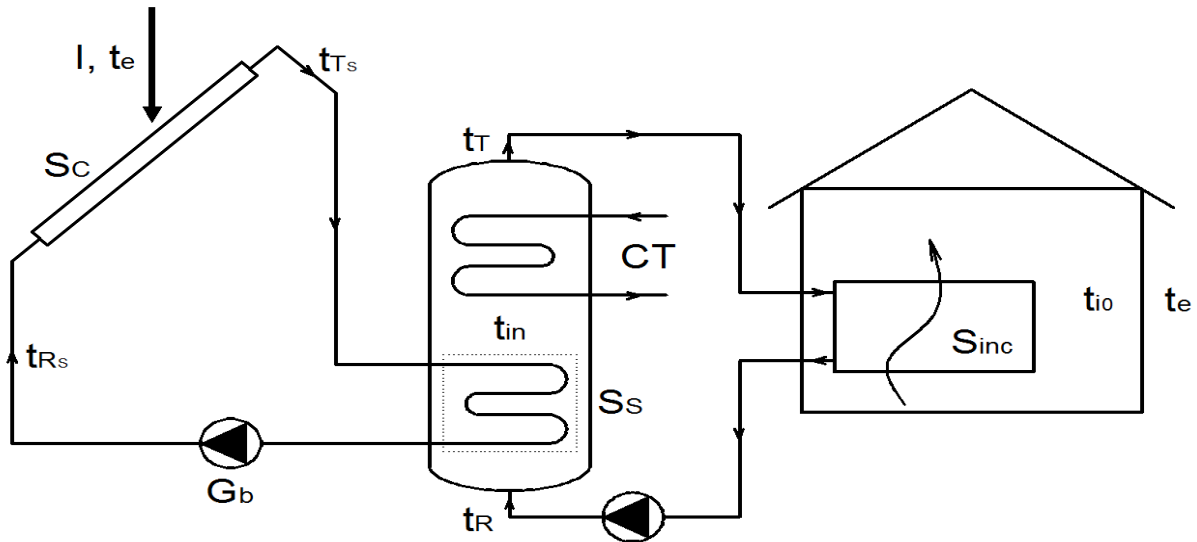


Fig. 1 – Schema instalatie solara pentru incalzirea spatiilor unei cladiri

- Schema pentru prepararea apei calde de consum

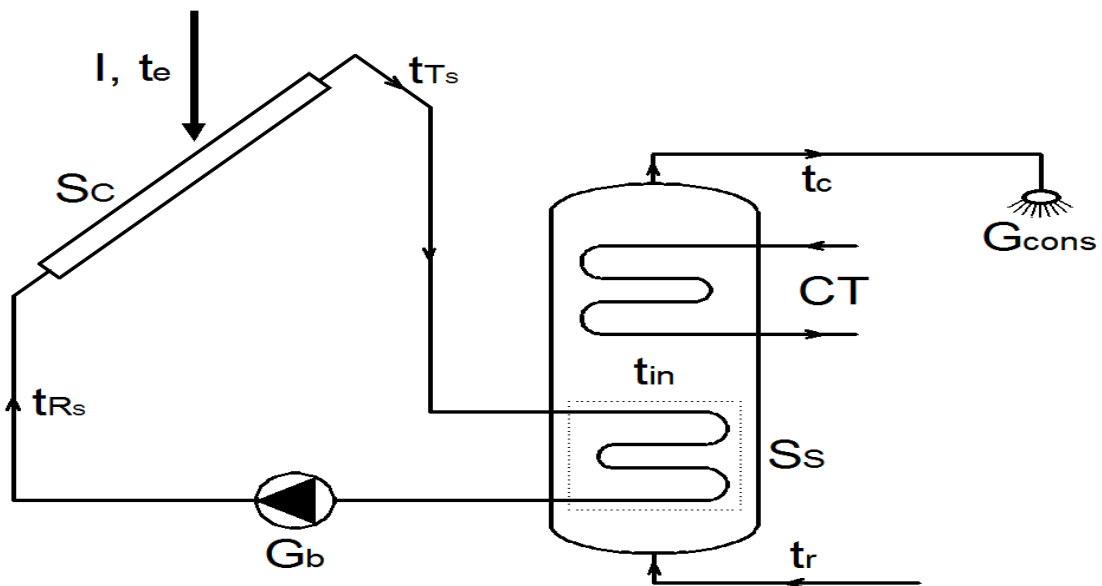


Fig. 2 – Schema instalatie solara pentru prepararea apei calde de consum

Analiza energetica privind dimensionarea si evaluarea performantelor energetice ale instalatiilor utilizand captatoarele solare termice

In vederea evaluarii performantelor energetice ale acestor sisteme trebuie trecute in revista in primul rand marimile echipamentelor din cadrul componentelor sistemului existent si a parametrilor termici si hidraulici implicati:  $S_C$ ,  $k_C$ ,  $H$ ,  $G_{CONS}$ ,  $V$ ,  $t_{T0}/t_{R0}$ ,  $t_{i0}$ ,  $t_{e0}$ ,  $t_e$ ,  $I$ ,  $t_r/t_c$ .

Indicatorii energetici urmariti sunt : Randamentul de Captare – RND =  $\eta_{BC}$  Si Gradul de Acoperire Energetica –  $G_{AET}$ ;

## 2. Stabilirea relatiei referitoare la acoperirea energetica a instalatiilor solare

Stabilirea relatiilor utilizate in cadrul analizei energetice se bazeaza pe metodologia de utilizarea a energiei solare elaborate in cadrul Metodologiei de evaluare a performantelor energetice a cladirilor Mc001 din 2019, sectiunea referitoare la implementarea surselor regenerabile de energie. Se prezinta in continuare pe scurt relatiile importante din Mc001-2019 utilizate in cadrul lucrarii de fata. Astfel, pentru incalzirea spatiilor :

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

Unde :

$$F_R^{BC} = \left( \frac{1}{F_R^B} + \frac{1}{F_R^C} \right)^{-1} \quad (2)$$

$$F_R^B = \frac{1.163 \cdot G_C / S_C \cdot (1 - E_{CS})}{k_C} \quad (3)$$

$$F_R^C = 2 \cdot \frac{H / S_C \cdot \frac{t_{i0} - t_{e0}}{t_{T0} - t_{R0}}}{k_C} \quad (4)$$

$$F_{INC} = \frac{t_{R0} - t_{e0}}{t_{i0} - t_{e0}} \quad (5)$$

Si :

$$E_{CS} = \frac{E_C \cdot (1 - E_S) + E_S \cdot (1 - E_C)}{1 - E_C \cdot E_S} \quad (6)$$

$$E_C = \exp\left(-\frac{F \cdot k_C}{1.163 \cdot G_C / S_C}\right) \quad (7)$$

$$E_s = \exp\left(-\frac{F \cdot k_c}{1.163 \cdot G_c / S_c} \cdot \frac{k_s}{F \cdot k_c} \cdot \frac{S_s}{S_c}\right)$$

$$E_s = E_c^{\left(\frac{k_s \cdot S_s}{F \cdot k_c \cdot S_c}\right)} \quad (8)$$

Iar :

$$\beta_{REF} = \frac{t_{i0} - t_e}{f_s \cdot I} \quad (9)$$

Se remarca faptul ca parametrul  $\beta_{REF}$  este o sinteza a factorilor climatici aferenti localitatii in care se gaseste cladirea cu instalatia solara continand si temperatura interioara din spatiile incalzite si putem sa conferim lui  $\beta_{REF}$  calitatea de indicator energetic climatic al localitatii consumatorului.

Gradul de acoperire energetica este definit ca fiind :

$$G_{AET} = \frac{P_{CP}}{P_{CONS}} \quad (10)$$

Unde :

$$P_{CONS} = H \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (11)$$

$$P_{CP} = S_c \cdot I \cdot \eta_{BC} \cdot f_u \quad (12)$$

Rezulta:

$$G_{AET} = \frac{P_{CP}}{P_{CONS}} = \frac{S_c \cdot I \cdot \eta_{BC} \cdot f_u}{H \cdot (t_{i0} - t_e)}$$

$$G_{AET} = \frac{f_u}{f_s} \cdot \frac{\eta_{BC}}{H/S_c \cdot \frac{(t_{i0} - t_e)}{f_s \cdot I}} \quad (13)$$

Rezulta in final pentru gradul de acoperire energetica expresia :

$$G_{AET} = \frac{f_u}{f_s} \cdot F_R^{BC} \cdot \frac{k_c}{H/S_c} \cdot \left( \frac{(\alpha \cdot \tau)}{k_c} \cdot \frac{1}{\beta_{REF}} - F_{INC} \right) \quad (14)$$

Se remarca faptul ca atat in expresia randamentului de captare a energiei solare (1) cat si in expresia gradului de acoperire energetica (14) apar 2 seturi de parametrii si anume:

- Parametrii de configurare:  $k_c$ ,  $H/S_c$  si  $t_{T0}/t_{R0}/t_{i0}$ . Aici trebuie sa mentionam faptul ca parametrul  $H$  se refera la instalatia de incalzire a consumatorului si atunci il

Analiza energetica privind dimensionarea si evaluarea performantelor energetice ale instalatiilor utilizand captatoarele solare termice

putem denumi  $H_{INC}$ , dar se poate referi si la instalatia de preparare a apei calde a consumatorului si atunci il putem denumi  $H_{ACC}$ , avand expresia :

$$H_{ACC} = 1.163 \cdot G_{CONS} \quad (15)$$

In cazul prepararii apei calde expresia randamentului si gradului de acoperire energetica este usor modificata, forma efectiva fiind :

$$\eta_{BC} = F_R^{BC} \cdot [(\alpha \cdot \tau) - k_C \cdot \beta_{REF}] \quad (16)$$

$$\beta_{REF} = \frac{t_r - t_e}{f_s \cdot I} \quad (17)$$

$$G_{AET} = \frac{f_u}{f_s} \cdot F_R^{BC} \cdot \frac{k_C}{H_{ACC}/S_C} \cdot \left[ \frac{(\alpha \cdot \tau)}{k_C} \cdot \frac{1}{\beta_{REF}} - 1 \right] \frac{(t_r - t_e)}{(t_c - t_r)} \quad (18)$$

Iar parametrul  $F_R^C$  se stabileste cu :

$$F_R^C = 2 \cdot \frac{H_{ACC}/S_C}{k_C} \quad (19)$$

- Parametrii climatici:  $\beta_{REF}$  ( $t_r$ ,  $t_e$ ,  $I$ ); (mentionam faptul ca valoarea intensitatii radiatiei solare este obtinuta prin medierea pe cele 24 de ore ale zilei)

### 3. Analiza energetica asupra parametrilor de configurare si climatici

Analiza prezentata in continuare se va referi doar la cazul consumatorului de tip incalzirea spatiilor, pentru consumatorul de tip preparare apei calde analiza fiind asemanatoare.

In ceea ce priveste parametrii de configurare ai instalatiei de utilizare a energiei solare se remarca pentru coeficientul global de transfer termic al captatorilor solari un domeniu de valori cuprins in intervalul  $2 \div 4$   $W/m^2.K$  motiv pentru care analiza s-a efectuat pentru valorile 2, 3 si 4.

Al doilea parametru de configurare foarte important este raportul  $H/S_C$ . Pentru acesta au rezultat valori in domeniu  $5 \div 25$   $W/m^2.K$  in cazul consumatorului pe parte de incalzirea spatiilor si in domeniul  $2 \div 12$   $W/m^2.K$  in cazul consumatorului pe parte de preparare a apei calde. Din acest motiv s-au investigat concret valorile 5, 15 si 25 la incalzire.

Al treilea parametru de configurare important este setul temperaturilor nominale ale agentului termic prin instalatia de incalzire  $t_{T0}/t_{R0}$  sau a temperaturilor nominale de preparare a apei calde  $t_{c0}/t_{r0}$ . Analiza efectuata in aceasta etapa s-a referit numai la instalatia de incalzire a spatiilor consumatorului, valorile considerate fiind  $t_{T0}/t_{R0} = 50/30$ ;

În ceea ce privește parametrul climatic s-au investigat cupluri de valori de temperatură exterioară cu intensități de radiație solară și anume: pentru temperatura exterioară  $t_e = -5, 0, +5^\circ \text{C}$ , iar pentru intensitatea radiației solare  $I = 100, 150$  și  $200 \text{ W/m}^2$ . Au rezultat în acest fel pentru indicatorul energetic climatic  $\beta_{REF}$  un domeniu de valori între  $0,015$  și  $0,065 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

Testele efectuate în vederea analizei vizând parametrii de configurare ai instalațiilor consumatorului s-au realizat la setul de parametri climatici  $t_e = 3^\circ \text{C}$  și  $I = 190 \text{ W/m}^2$ , indicatorii de performanță energetică rezultați fiind randamentul instalației de captare și utilizare a radiației solare (RND) și gradul de acoperire energetică

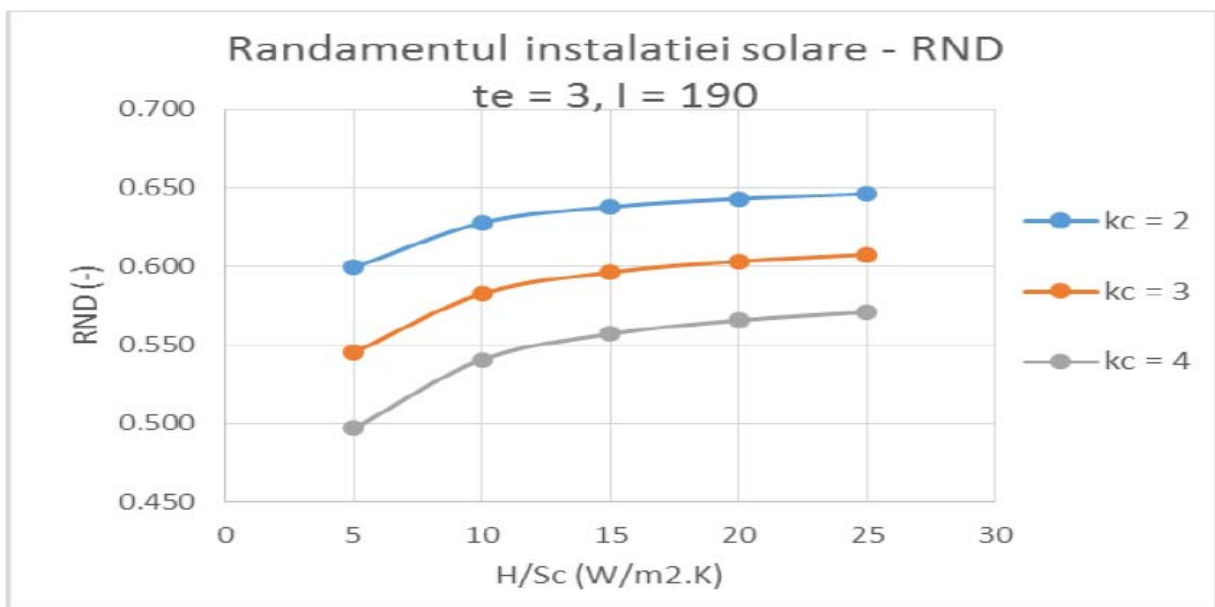


Fig. 3 – Influența tipului captatorilor solari și a mărimei suprafeței de captare asupra randamentului de captare

Din fig. 3 se observă că tipul captatorilor solari caracterizați prin coeficientul global de transfer termic al acestora influențează direct randamentul de captare, în timp ce raportul  $H/SC$  are o influență mai scăzută.

Analiza energetica privind dimensionarea si evaluarea performantelor energetice ale instalatiilor utilizand captatoarele solare termice

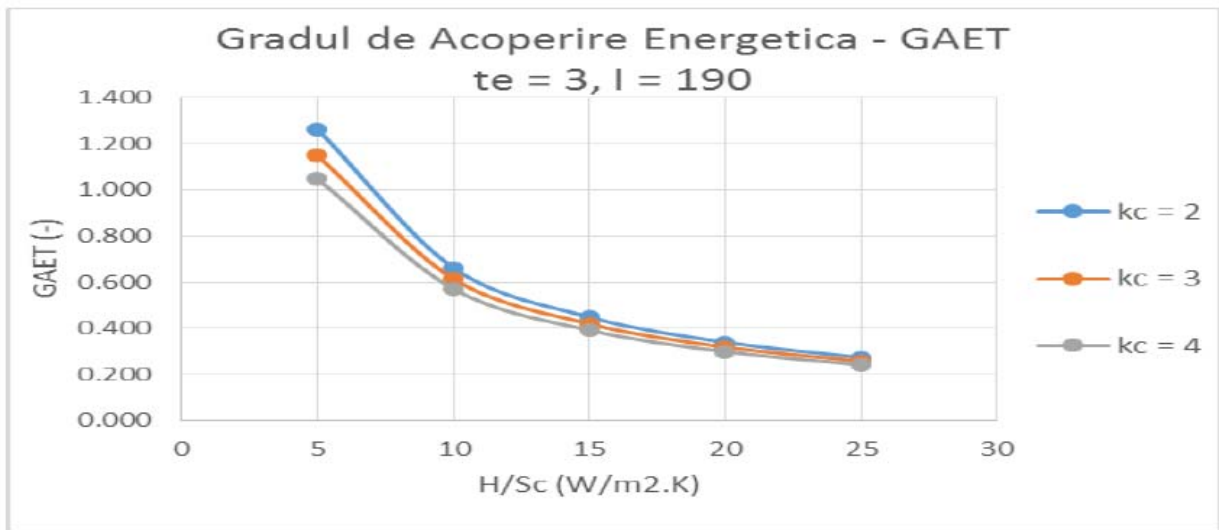


Fig. 4 – Influenta tipului captatorilor solari si a marimii suprafetei de captare asupra gradului de acoperire energetica

Se observa din fig. 4 ca o influenta sensibil mai apreciabila o are marimea suprafetei de captare solara decat tipul captatorilor solari. Acest lucru este destul de evident in cazul suprafetelor de captare mai scazute.

In continuare s-a urmarit evidentierea influentei parametrilor climatici asupra performantelor energetice ale sistemului. Astfel s-a considerat o configurare data pentru sistem, reprezentata prin  $kc = 3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ,  $H/SC = 15 \text{ W/m}^2.\text{K}$  si  $t_{T0}/t_{R0} = 50/30^\circ \text{C}$ .

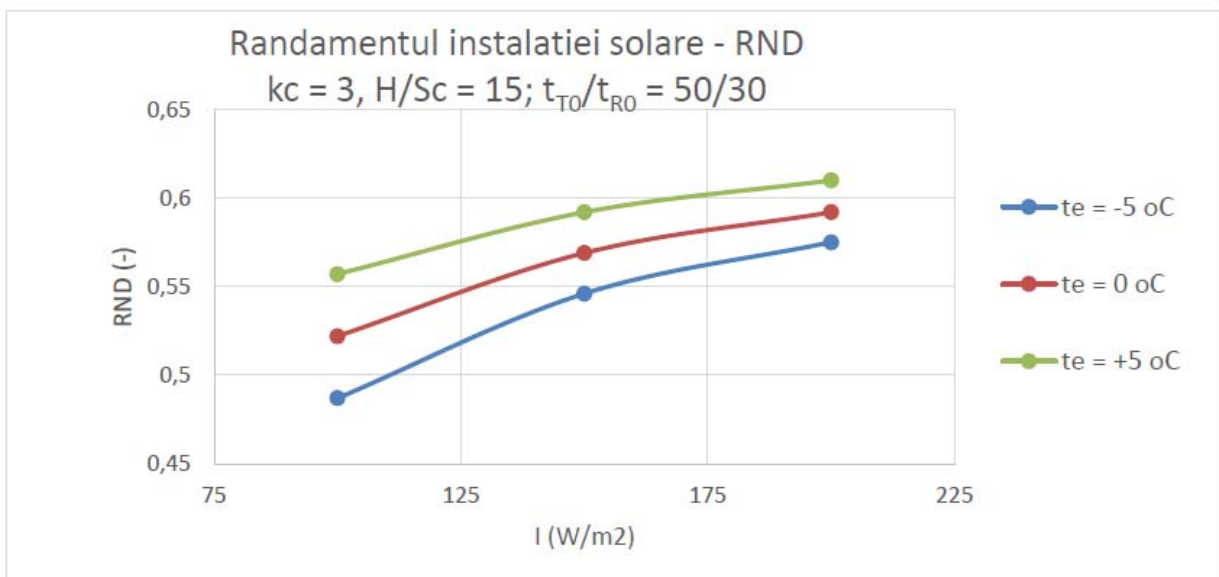


Fig. 5 – Dependenta randamentului instalatiei solare de parametrii climatici

Din fig. 5 se observa, dupa cum este si normal, faptul ca atat cresterea intensitatii radiatiei solare cat si cresterea temperaturii exterioare conduc la cresterea randamentului de captare

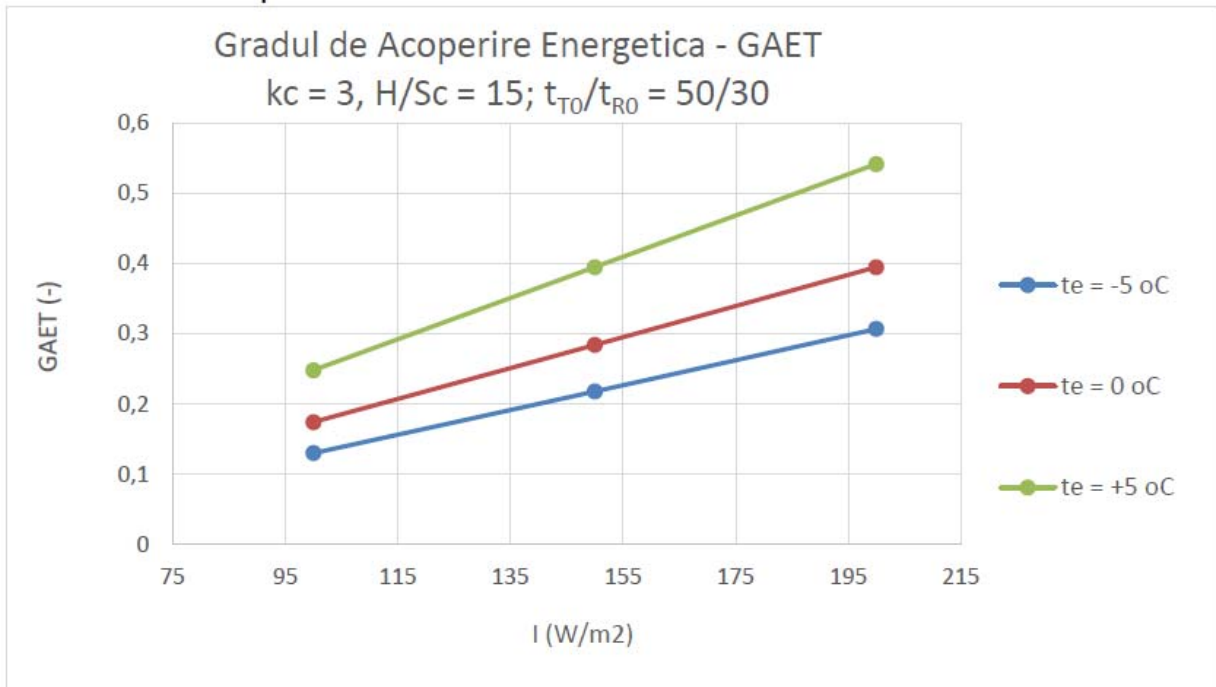


Fig. 6 – Dependenta gradului de acoperire energetica de parametrii climatici

Din fig. 6 se observa, deasemenea dupa cum este si normal, faptul ca atat cresterea intensitatii radiatiei solare cat si cresterea temperaturii exterioare conduc la cresterea gradului de acoperire energetica.

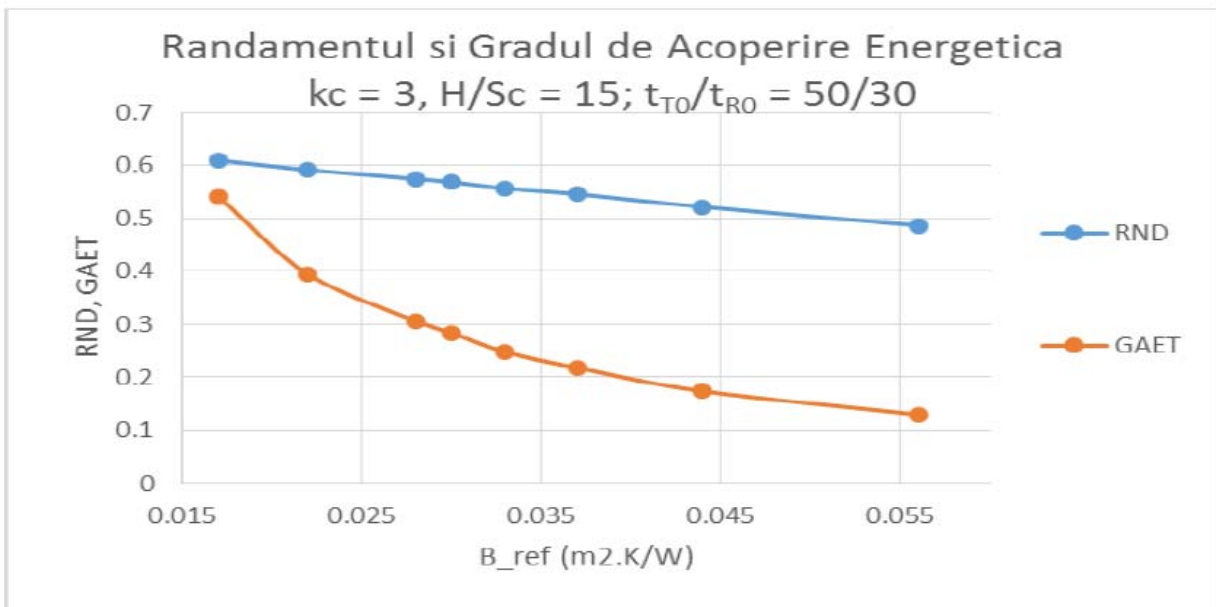


Fig. 7 – Dependenta randamentului si gradului de acoperire energetica de indicatorul energetic climatic  $\beta_{REF}(t_{i0}, t_e, I)$

Din fig. 7 se observa ca indicatorul energetic climatic este sensibil mai influent asupra gradului de acoperire energetica decat asupra randamentului de captare.



#### 4. Concluzii

O prima concluzie importanta care rezulta din lucrare consta in posibilitatea identificarii unui indicator energetic climatic pe baza caruia sa poata fi evaluate practic si direct consecintele asupra gradului de acoperire energetica si asupra randamentului de captare solara.

O a doua concluzie importanta consta in faptul ca este posibil de a se pune in balanta atat influentele parametrilor de configurare constructiva a sistemului cat si indicatorul energetic climatic.

Rezulta destul de clar si procedura practica de lucru care trebuie aplicata :

- Se identifica indicatorul energetic climatic al localitatii in care este amplasata cladirea -  $\beta_{REF}$ ;

- Se identifica parametrii nominali de temperatura ai agentului termic din instalatia de incalzire a cladirii -  $t_{T0}/t_{R0}$ ;

- Se particularizeaza expresia gradului de acoperire energetica pentru cazul efectiv analizat si rezulta in consecinta gradul de acoperire energetica ca o functie de 2 parametrii constructivi si anume tipul captatorilor solari utilizati ( $k_C$ ) si suprafata de captare ( $S_C$ );

- Pe baza unui calcul economic de audit energetic rezulta perechea celor 2 parametrii care trebuie adoptata;

In concluzie se poate identifica pe baza unui studiu de auditare energetica solutia optima de configurare a sistemului si a pretentiilor privind gradul de acoperire energetica, astfel incat durata de recuperare a investitiilor facute in instalatia solara sa rezulte cat mai scazuta.

#### Lista de Notatii

$t_{i0}$  – temperatura interioara normata in spatiile incalzite, °C;

$t_{e0}$  – temperatura exterioara de calcul, °C;

$t_{T0}$  – temperatura de calcul agent termic la intrarea in instalatia de incalzire (°C);

$t_{R0}$  – temperatura de calcul agent termic la iesirea din instalatia de incalzire (°C);

$t_c$  – temperatura de preparare apei calde de consum, °C;

$t_r$  – temperatura apei reci utilizate la prepararea apei calde de consum, °C;

$t_e$  – temperatura exterioara medie lunara sau anuala, °C;

$I$  – intensitatea radiatiei solare medie lunara sau anuala, ( $W/m^2$ );

$k_C$  – coeficientul global de transfer termic al suprafetei de captare solara, ( $W/m^2.K$ );

$k_S$  – coeficientul global de transfer termic - schimbator de caldura imersat, ( $W/m^2.K$ );

$S_C$  – suprafata de captare a energiei solare,  $m^2$ ;

$S_S$  – suprafata schimbatorului de caldura imersat,  $m^2$ ;  
 $G_C$  – debitul de agent termic vehiculat in bucla solara, l/h;  
 $G_{CONS}$  – debitul orar mediu zilnic de apa calda al consumatorului, l/h;  
 $H$  – capacitatea de transfer termic aferenta cladirii deservite, W/K;  
 $P_{CP}$  – puterea termica captata, W;  
 $P_{CONS}$  – puterea termica necesara la consumator, W;  
 $F'$  – factor de corectie functie de constructia captatorului solar, -;  
 $\alpha$  - coeficientul de absorbtie al placii captatorului solar, -;  
 $\tau$  - coeficientul de transparenta al suprafetei superioare a captatorului solar, -;  
 $f_U$  – factor de utilizare a volumului de acumulare, -;  
 $f_S$  – factor de insorire mediu lunar, -;  
 $R_{ND} = \eta_{BC}$  – randamentul instalatiei solare, -;  
 $G_{AET}$  – gradul de acoperire energetica termic, -;

## **Bibliografie**

- [1] – Metodologia de evaluare a performantelor energetice ale cladirilor – Mc001-2019 – Sectiunea surse regenerabile (Utilizarea Energiei Solare);  
[2] – Florin Iordache – Comportamentul dinamic al echipamentelor și sistemelor termice (ediția 3-a) – editura Matrixrom, București, 2008;  
[3] – Florin Iordache – Energetica echipamentelor si sistemelor termice din instalatii, editura Conspress, Bucuresti, 2010;