



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI  
ȘI PROTECȚIEI SOCIALE  
AMPOSDRU



Fondul Social European  
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
CERCETĂRII  
TINERETULUI  
ȘI SPORTULUI

OIPOSDRU



GALATIENSIS

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI**

**UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI**

**Facultatea de Mecanică**

**REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT**

**STUDIUL SOLUȚIILOR DE REALIZARE A  
INDEPENDENȚEI ENERGETICE A UNEI LOCUINȚE**

Doctorand: ing. Cătălin-Bogdan MOCANU

Conducător științific: prof. dr. ing. Tănase PANAIT

**GALAȚI**

**2012**



ROMÂNIA  
UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS”  
DIN GALAȚI



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
CERCETĂRII  
TINERETULUI  
ȘI SPORTULUI

C9131 / 20.09.2012

C ă t r e

Universitatea “ Dunărea de Jos “ din Galați vă face cunoscut că în data de \_\_\_\_\_, ora \_\_\_\_\_, în \_\_\_\_\_, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată: **“STUDIUL SOLUȚIILOR DE REALIZARE A INDEPENDENȚEI ENERGETICE A UNEI LOCUINȚE”**, elaborată de domnul/doamna **MOCANU CĂTĂLIN-BOGDAN**, în vederea conferirii titlului științific de doctor în Domeniul de doctorat - **Inginerie mecanică**.

Comisia de doctorat are următoarea componență :

- 1. Președinte:** Prof.univ.dr.ing. Elena SCUTELNICU  
*Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați*
- 2. Conducător de doctorat:** Prof.univ.dr.ing. Tănase PANAIT  
*Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați*
- 3. Referent oficial:** Prof.univ.dr.ing. Gheorghe DUMITRAȘCU  
*Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași*
- 4. Referent oficial:** Prof.univ.dr.ing. Tudor SAJIN  
*Universitatea “Vasile Alecsandri” din Bacău*
- 5. Referent oficial:** Conf.univ.dr.ing. Krisztina UZUNEANU  
*Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați*

Cu această ocazie vă transmitem rezumatul tezei de doctorat și vă invităm să participați la susținerea publică. În cazul în care doriți să faceți eventuale aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării, vă rugăm să le transmiteți în scris pe adresa Universității, str. Domnească nr. 47, 800008 - Galați, Fax - 0236 / 461353.

Prof.univ.dr.ing. **Julian Gabriel BÎRSAN**

## Cuprins

<b>CAPITOLUL I Introducere.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITOLUL II Stadiul actual al utilizării energiei solare.....</b>	<b>6</b>
2.1.Aspecte generale privind energia solară.....	6
2.2.Principii ale utilizării energiei solare .....	6
2.2.1.Geometria solară.....	6
2.2.2.Radiația solară .....	7
<b>CAPITOLUL III Analiza metodelor de alimentare cu energie solară a locuințelor .....</b>	<b>9</b>
3.1.Tipuri de colectoare solare .....	9
3.2.Parametrii care influențează eficiența instalațiilor solare .....	11
<b>CAPITOLUL IV Calculul fracției solare cu ajutorul unui colector solar .....</b>	<b>12</b>
4.1.Metoda f-Chart .....	12
4.1.1.Calculul sarcinii termice pentru colectorul solar plan .....	12
4.1.2.Influența capacității de stocare a apei în colector .....	13
4.1.3.Influența temperaturii de utilizare a apei .....	14
4.1.4.Influența temperaturii mediului ambiant .....	14
4.2.Fracția solară .....	14
4.3.Concluzii .....	16
<b>CAPITOLUL V Studiul unui concentrator solar cu modul Seebeck .....</b>	<b>17</b>
5.1.Dimensionare .....	17
5.1.1.Construcția și funcționarea modulului Seebeck .....	17
5.1.2.Rezistența termică.....	19
5.2. Rezultate.....	20

5.3.Concluzii .....	23
<b>CAPITOLUL VI Parametrii structurali și de performanță energetică a locuinței .....</b>	<b>24</b>
6.1.Clima în Județul Galați.....	24
6.2.Bilanțul termic al unei încăperi încălzite.....	25
6.3.Necesarul de căldură pentru încălzire .....	25
6.4.Structura și amplasamentul locuinței .....	27
6.5.Izolarea termică a pereților plani.....	29
6.5.1.Perețe plan neomogen mărginit de două fluide cu temperaturi cunoscute .....	29
6.5.2. Determinarea temperaturilor pe suprafețele laterale și pe suprafețele de contact ale peretelui în cazul montării izolației .....	29
6.5.3. Determinarea temperaturilor pe suprafețele laterale și pe suprafețele de contact ale peretelui în cazul peretelui neizolat .....	30
6.5.4.Temperaturile pe suprafețele laterale și pe suprafețele de contact ale peretelui neizolat .....	30
6.6.Date privind consumul de apă caldă menajeră.....	31
6.7.Date privind consumul de energie electrică .....	32
6.8.Concluzii .....	34
<b>CAPITOLUL VII Regimurile de funcționare ale instalațiilor solare utilizate pentru locuință.....</b>	<b>35</b>
7.1.Instalațiile solare pentru acoperirea necesarului de căldură și apă caldă menajeră .....	35
7.1.2.Analiza energetică a sistemului termic .....	36
7.2.Instalațiile solare pentru acoperirea necesarului de energie electrică pentru locuință .....	39
7.2.1.Analiza energetică a sistemului electric .....	39
7.3.Concluzii .....	41
<b>CAPITOLUL VIII Concluzii finale și contribuții personale .....</b>	<b>42</b>
<b>Bibliografie selectivă.....</b>	<b>44</b>
<b>Lista lucrărilor publicate .....</b>	<b>46</b>

## CAPITOLUL I Introducere

Creșterea populației pe globul Pământesc, ce a determinat o dezvoltare tehnologică a întregii societăți umane din ultimul secol, a condus la consumuri tot mai ridicate de energie, la o dependență acută a consumului de combustibili fosili, produselor derivate din aceștia, a căror sursă este pe cale de epuizare.

Oamenii de știință au studiat în amănunt efectele schimbării globale și au încercat să găsească noi soluții pentru reducerea poluării, obținerea de noi surse de energie, respectiv de căldură și preparare apă caldă menajeră, precum și metode de înlocuire a combustibililor fosili (petrol, cărbune, gaz natural) cu combustibili alternativi. Pentru acestea, soluția găsită este utilizarea energiilor regenerabile. Cele mai utilizate surse de energie regenerabilă sunt: energia solară, energia geotermală, energia eoliană, energia hidrolică și energia provenită din biomasă.

*Energia solară* poate fi convertită direct în electricitate sau în căldură. Pentru aceasta se utilizează elemente fotovoltaice, sau panouri solare de captare a căldurii. Un interes ridicat prezintă tehnologiile electrotermice solare, care pot produce simultan atât electricitate cât și căldură.

*Energia geotermală* produsă de apele termale este o sursă de energie electrică și calorică, care prin aplicarea de tehnologii avansate conduce la obținerea de costuri a energiei electrice obținute, aproximativ egale cu costurile energiei electrice generate în centrale nucleare.

*Energia eoliană* este o sursă nepoluantă, inepuizabilă și regenerabilă de energie, disponibilă practic pretutindeni, fiind gratuită datorită faptului că nu necesită o extracție primară și poate fi convertită direct în energie electrică.

*Energia hidrolică* reprezentată de energia apelor de suprafață (râurilor, mărilor și oceanelor) este o sursă de energie regenerabilă, inepuizabilă sau reînnoibilă obținută în hidrocentrale care transformă energia potențială și cinetică a apei în energie electrică.

*Biomasa* sursa regenerabilă, dată de componentul biodegradabil vegetal al naturii, format din deșeuri solide orășenești, reziduri industriale, agricole și forestiere, este una dintre resursele cele mai abundente, populare și universale. Ea este o sursă de energie inepuizabilă ce poate fi utilizată pentru generarea energiei termice, energiei electrice și a combustibililor pentru automobile.

Scopul principal al prezentării lucrării este „Studiul soluțiilor de realizare a independenței energetice a unei locuințe”.

Prin prezenta teză se urmărește studierea principalelor sisteme de valorificare a resurselor regenerabile ce utilizează energia solară și anume:

- *sistem hibrid pentru producerea de apă caldă și electricitate, cu ajutorul energiei solare;*
- *sistem pentru producerea de energie termică, utilizând energia solară;*
- *sisteme de generare energie electrică cu celule fotovoltaice.*

Realizarea obiectivului propus presupune stabilirea următorilor pași ce trebuie urmați cu strictețe:

- *stadiul actual al utilizării energiei solare;*
- *determinarea condițiilor climatice aferente zonei alese;*
- *studierea diferitelor tipuri de colectoare, respectiv panouri solare existente;*
- *calcularea fracției solare pentru locația aleasă;*
- *determinarea parametrilor structurali și de performanță energetică a locuinței adoptate pentru studiu;*
- *stabilirea cantitativă și calitativă a energiilor necesare locuinței studiate;*
- *alegerea, conceperea instalațiilor de alimentare cu energie solară și parametrii de performanță ai acestora, pentru acoperirea necesarului de electricitate, căldură și preparare apă caldă menajeră (patru persoane), pentru o locuință;*
- *dimensionarea și calcularea proceselor ce au loc în instalațiile utilizate.*

Importanța tezei constă în prezentarea unor metode de utilizare a energiei solare în obținerea de electricitate, căldură și preparare apă caldă menajeră pentru o locuință amplasată în orașul Galați.

Teza de doctorat este structurată în 8 capitole în componența cărora se regăsesc și referințe bibliografice din literatura de specialitate:

- **Capitolul I: Introducere** prezintă scopul și obiectivele cercetării, definind tipuri de energii regenerabile, cu principalele sisteme de valorificare a acestora, precum și o prezentare succintă a capitolelor aferente tezei.
- **Capitolul II: Stadiul actual al utilizării energiei solare** cuprinde noțiuni fundamentale cu privire la energia solară, parametrii ce influențează intensitatea radiației solare, date cu referire la distribuția teritorială a energiei solare pe teritoriul României. Sunt deasemeni prezentate posibilitățile de conversie a energiei solare în alte forme de energie.
- **Capitolul III: Analiza metodelor de alimentare cu energie solară a locuințelor** prezintă o clasificare a tipurilor de colectoare existente, tipuri de centrale solare, instalații solare de preparare apă calde menajere, căldură pentru încălzirea locuinței pe timpul iernii, precum și tipuri de instalații utilizate pentru producere de energie electrică.
- **Capitolul IV: Calculul fracției solare cu ajutorul unui colector solar** tratează transferul de căldură pentru un colector solar plan în ansamblul lui și pe fiecare element component în parte, calculând sarcina termică și fracția solară pentru condițiile atmosferice din județul Galați.
- **Capitolul V: Studiul unui concentrator solar cu modul Seebeck** cuprinde un scurt istoric privind termoelectricitatea și studiul unui tip nou de concentrator solar prevăzut cu modul Seebeck, instalație hibridă concepută pentru obținerea de electricitate, de căldură și preparare apă caldă menajeră pentru o locuință. Dimensionarea elementelor concentratorului solar a fost gândită pentru o intensitate medie a radiației solare de  $750\text{W/m}^2$  și s-au avut în vedere informații privind clima din Portugalia, această cercetare concretizându-se la Universitatea din Minho. Pentru concentrarea energiei solare au fost preferate lentilele Fresnel, iar pentru producerea de energie electrică și termică a fost ales un modul Seebeck. Utilizând datele obținute în urma cercetării realizate în Portugalia, având ca profesor îndrumător pe domnul Jorge Martins, s-a adaptat acest tip nou de sistem hibrid, condițiilor climaterice ale orașului Galați, realizându-se o independență energetică și termică parțială a locuinței studiate.
- **Capitolul VI: Parametrii structurali și de performanță energetică a locuinței** prezintă detaliat breviarul de calcul:
  - al necesarului de căldură pentru încălzirea unei locuințe compusă din: o cameră de zi, o bucatărie, două dormitoare, un hol și o baie;
  - al rezistențelor termice specifice elementelor de construcție opace;
  - al necesarului total de apă caldă menajeră pentru o familie formată din patru membri;
  - al necesarului total de energie electrică, în funcție de anotimpuri, zi și oră din zi.S-a prezentat creșterea performanțelor energetice a locuinței prin izolația termică, s-au dimensionat și ales instalațiile ce utilizează energia solară pentru producerea de energie termică și electrică, ținându-se cont de factorii climatici specifici orașului Galați, pentru care s-a realizat studiul.
- **Capitolul VII: Regimurile de funcționare ale instalațiilor solare utilizate pentru locuință** cuprinde prezentarea și dimensionarea unui colector solar plan și a panourilor solare pentru locuința aleasă. S-a realizat deasemeni o analiza energetică a acestor instalații în funcție de necesarul de energie (atât termică cât și electrică) pentru locuință, pe timpul anului.
- **Capitolul VIII: Concluzii finale și contribuții personale**, prezintă o sinteză a concluziilor generale stabilite prin parcurgerea etapelor temei de cercetare, urmată de prezentarea contribuțiilor personale aduse prin finalizarea tezei.

## CAPITOLUL II Stadiul actual al utilizării energiei solare

### 2.1.Aspecte generale privind energia solară

Istoria energiei solare este fascinantă, având o dezvoltare rapidă. Energia solară este una dintre cele mai răspândite resurse de pe suprafața globului pământesc, utilizată la producerea de căldură prin metode de conversie pasivă sau activă și la producerea de energie electrică prin sisteme fotovoltaice.

Pământul la fel ca și celelalte planete primește din spațiu energie sub formă de radiație electromagnetică, în timp ce de la Soare primește radiația solară, din care 51% este absorbită de suprafața Pământului și a oceanelor ( $6.33 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$ ), 6% este pierdută în spațiu, fiind reflectată de atmosferă, 20% reflectată de nori, 4% reflectată de suprafața Pământului, 16% absorbită de atmosferă și 3% absorbită de nori, după cum se observă în figura 2.1. [1].

După cum se observă din diagramă, radiația solară este retransmisă de suprafața Pământului în atmosferă către nori sau către spațiul cosmic, fie prin convecție, fie prin căldură latentă de evaporare a apei din mări, oceane și de pe suprafețe de sol umede, ori este reflectată către spațiu. Cercetări privind dispersia energiei solare în spațiu au fost făcute de MacCracken și Luther în 1985 [2], Kielhl și Trenberth în 1997 [3].

Se estimează că radiația solară interceptată de Pământ pe o perioadă de zece zile este echivalentă cu toată energia folosită de omenire într-un an. Suprafața Soarelui emite energie electromagnetică sub formă de fotoni și neutroni. Fluxul total de energie radiantă a soarelui este de  $3,83 \cdot 10^{26} \text{ W}$ . Pământul primește numai o parte din această energie, circa  $1,73 \cdot 10^{17} \text{ W}$  [4].

### 2.2.Principii ale utilizării energiei solare

#### 2.2.1.Geometria solară

Poziția soarelui variază pe tot parcursul anului în funcție de ziua din an. Variația poziției Soare-Pământ pe parcursul unei zile, se datorează mișcării de rotație a Pământului în jurul Soarelui și în jurul axei sale.

Axa de rotație a Pământului este înclinată cu 23.5 grade față de planul orbitei acesteia. Din acest motiv în emisfera nordică pentru latitudini mai mari de 23.5 (Tropicul Racului) soarele nu ajunge la zenit. În figura 2.1. sunt prezentate trei traectorii zilnice ale Soarelui la trei înălțimi diferite în decursul anului.

Pentru a cuantifica poziția soarelui se utilizează următoarele coordonate solare (Figura 2.2.) [12]:

- azimut ( $a$ ) - unghiul dintre planul vertical format de Soare și direcția Sud;
- înălțime ( $h$ ) - unghiul dintre direcția razelor soarelui și planul orizontal
- zenit ( $\theta$ ) - unghiul format de verticala locației cu direcția razei soarelui.

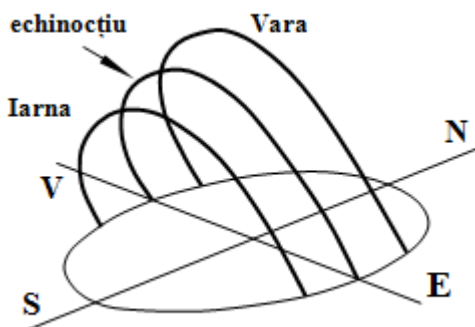


Figura 2.1.Trajectoriile date de solstițiul și echinocțiul Soarelui

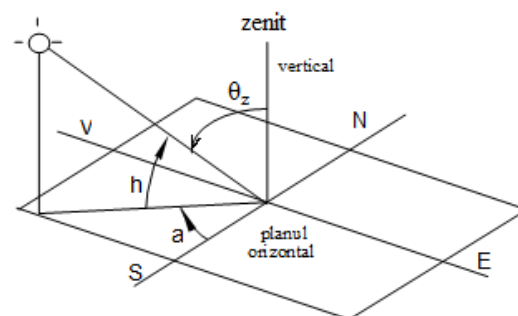


Figura. 2.2.Coordonate solare utilizate în cuantificarea poziției soarelui

Localizarea soarelui pe bolta cerească prin direcția unui vector față de un plan de pe suprafața Pământului, a fost prezentată de către Pinazo [32]

### 2.2.2. Radiația solară

Spectrul solar conține în cea mai mare parte radiații vizibile, radiații infraroșii (radiațiile ce au lungimi de undă mare) și radiații ultraviolete (radiațiile ce au lungimi de undă mică) după cum se observă în figura 2.3.

Distribuția spectrală a radiației solare reprezintă puterea pe unitatea de suprafață în intervalul de lungimi de undă  $\lambda$  și  $(\lambda+1)$   $\mu\text{m}$ . Soarele este format din gaze fierbinți cu un diametru de  $1,39 \cdot 10^9$  m și se află la  $1,5 \cdot 10^{11}$  m de Pământ. Soarele are temperatura absolută de 5777 K [34].

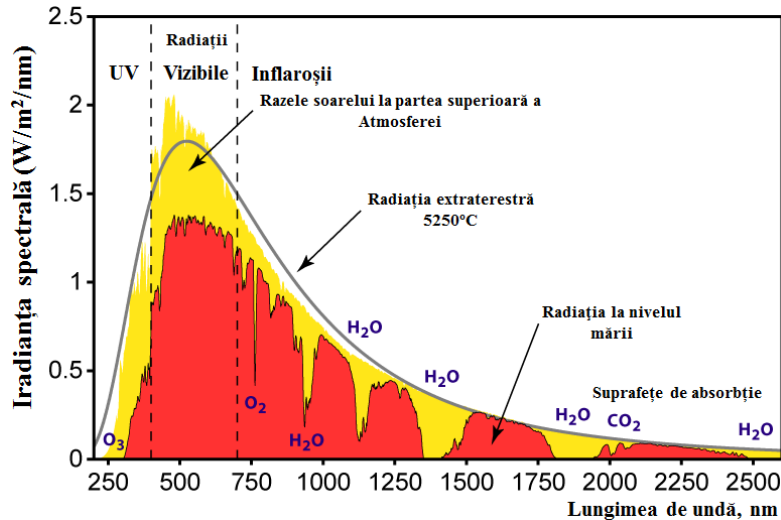


Figura 2.3. Spectrul solar [35]

În această figură putem observa spectrul radiației solare atât în partea superioară a atmosferei cât și la nivelul mării. Acesta a fost realizat cu ajutorul datelor obținute din ASTM E-490 (standard de referință privind spectrul de frecvențe extraterestră cu masă de aer zero iluminare) [35].

Modelarea proceselor de transmitere a căldurii de la Soare la suprafața Pământului se bazează pe relațiile ce caracterizează transferul prin radiație termică între două corpuri. Astfel, căldura transferată între două corpuri este dată de relația 2.1.

$$Q = \sigma \alpha F A (T_2^4 - T_1^4) [kJ] \quad (2.1)$$

Unde:  $\sigma$  - constanta lui Stefan-Boltzman ( $= 5,67 \times 10^{-8} (W/m^2 \cdot K^4)$ ),  $\alpha$  - coeficientul de absorbție a suprafeței de captare, F - factorul de formă între captator și emitent, A - aria de captare [ $m^2$ ], T - temperatura absolută a soarelui ( $T_{\text{soare}} = 5777$  K) [25]

Radiația care atinge suprafața Pământului, se împarte în:

- radiație directă, care ajunge direct pe pământ prin raze perpendiculare;
- radiație difuză, este dispersată de nori și de alte particole din atmosferă.

Valoarea radiației globale, atunci când cerul este senin poate fi calculată cu ajutorul unor relații specifice [36, 37] după cum urmează.

Bazele teoretice ale radiației atmosferice implică o gamă largă de concepte fizice și metode matematice.

Radiația care ajunge în atmosferă de-a lungul anului, se calculează cu relația 2.2 [38],[39].

$$G_{ON} = G_{sc} (1 + 0,033 \cdot \cos(360 \cdot n / 365)) [W/m^2] \quad (2.2)$$



Unde:  $G_{ON}$  - radiația solară instantanee formată la limita superioară a atmosferei terestre,  $G_{SC}$  - constanta solară ( $=1367 \text{ W/m}^2$ ) [40],  $n$  - ziua din an.

Pentru o suprafață orizontală radiația directă este calculată cu relația 2.3.

$$G_{Dh} = G_{ON} \cdot \tau_b \cdot \cos \theta_z \quad [\text{W/m}^2] \quad (2.3)$$

Unde:  $\theta_z$  – unghiul făcut de razele soarelui cu planul vertical al locației.

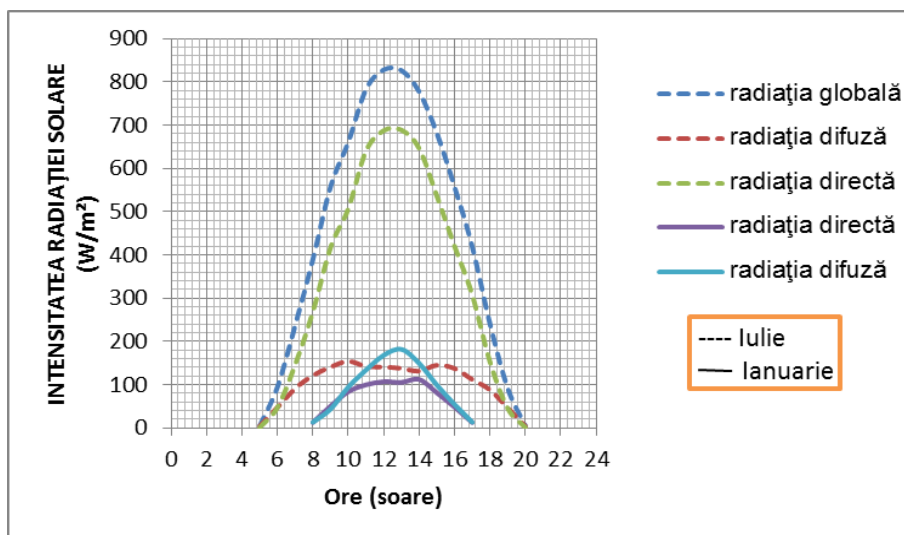
Radiația difuză în aceleași condiții meteorologice, cu cer senin se calculează cu relația 2.4.

$$G_d = G_{SC} \cdot \cos \theta_z (0,271 - 0,294 \cdot \tau_b) \quad [\text{W/m}^2] \quad (2.4)$$

*Radiația solară globală* este suma dintre radiația directă și radiația difuză (relația 2.5). (datorată aerului atmosferic și norilor) și ea se compune în principal din lungimi de undă între 0.3 micrometri și 3 micrometri.

$$G_G = G_D + G_d \quad [\text{W/m}^2] \quad (2.5)$$

Utilizând formulele de mai sus, am calculat și reprezentat grafic cu ajutorul programului Excel, variația radiației directe și radiației difuze pentru lunile ianuarie, iulie pentru orașul Galați (figura 2.4.).



**Figura 2.4. Variația intensității radiației solare medii, radiația directă difuză și globală pe suprafața orizontală (Galați)**

În figura de mai sus se observă variația în ore pe zi, a radiației directe, respectiv difuze, în lunile ianuarie, iulie. S-au ales aceste două luni pentru a observa variația intensității radiației pe timp de iarnă, respectiv vară. După cum se observă în luna ianuarie avem radiație directă și radiație difuză de la ora 8:00, până la ora 17:00, iar în luna iulie avem radiație directă și radiație difuză de la ora 5:00 până la ora 20:00.

## CAPITOLUL III Analiza metodelor de alimentare cu energie solară a locuințelor

### 3.1. Tipuri de colectoare solare

Colectorul solar este o instalație ce captează energia radiației solare și o transformă în energie termică. Această energie este transferată fluidului de lucru (apa sau după caz aerul), fluid utilizat la încălzirea clădirilor prin transfer termic, la încălzirea apei menajere, în instalații pentru uscarea lemnului și a produselor agricole. Colectoarele funcționează pe principiul serei, captând căldura sub învelitoarea din sticlă. Rama panourilor solare confecționată din fibră de sticlă, reduce semnificativ greutatea acestora.

Colectorii solari pot fi de două tipuri:

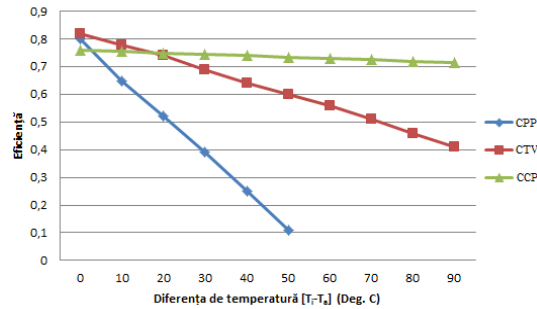
- colectori staționari fără concentrarea radiației solare din care se disting colectorul plan plat și colectorul cu tuburi vidate;
- colectori ce concentrează radiația solară, având formă concavă dirijând radiația solară către o suprafață receptoare.

Există o varietate de colectoare de diferite forme și dimensiuni după cum se disting în tabelul 3.1., [37] [44].

*Tabel 3.1. Tipul de colectori solari [37]*

Mod de funcționare	Tipul colectorului	Tipul absorberului	Raportul de concentrare	Temperatura în (°C)
Staționar	Colector plan plat (CPP)	Plat	1	30-80
	Colector cu tuburi vidate (CTV)	Plat	1	50-200
	Colector parabolic compus (CPC)	Tubular	1-5	60-240
5-15			60-300	
Urmărirea soarelui după o axă	Reflector liniar Fresnel (RLF)	Tubular	10-40	60-250
	Colector cilindro-parabolic (CCP)	Tubular	10-85	60-400
	Urmărirea soarelui după două axe	Reflector farfurie parabolică (FFR)	Punct	600-2000
Colector cu câmp de heliostate (CCH)		Punct	300-1500	150-2000

În aplicațiile uzuale se folosesc colectoarele plane și colectoare cu tuburi vidate. În figura 3.1. s-a reprezentat grafic eficiența colectorului plan plat (CPP), colectorului cu tuburi vidate (CTV) și a colectorului cilindro parabolic (CCP) pentru o radiație solară de intensitate de  $500\text{W/m}^2$  [45].



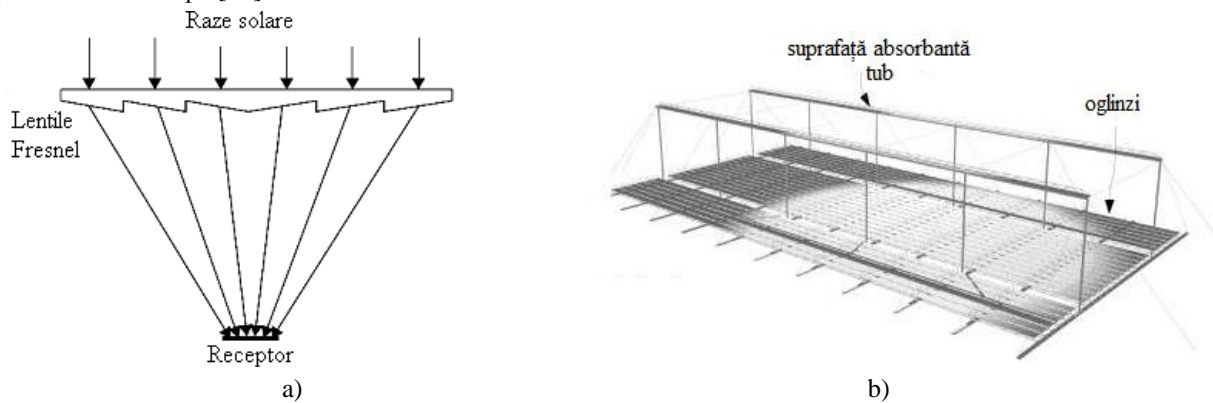
**Figura 3.1. Eficiența a trei tipuri de colectoare la o intensitate a radiației solare de 500/m<sup>2</sup> [45]**

Din graficele de mai sus se observă că cea mai bună eficiență o au colectoarele cilindro parabolice (CCP) și colectoarele cu tuburi vidate (CTV).

**Colectoare solare Fresnel** sunt de două tipuri: colectoare cu lentile Fresnel și colectoare cu reflectoare liniare Fresnel. Aceste două tipuri de colectoare sunt prezentate în figura 3.2 a,b.

Colectoarele cu lentile Fresnel sunt formate din material plastic, care concentrează și dirijează razele solare către o suprafață receptoare (figura 3.2 a).

Colectoare cu reflectoare liniare Fresnel sunt formate din serii de oglinzi paralele ce concentrează lumina pe un receptor liniar poziționat la 8 m de acestea (figura 3.2 b). Suprafața absorbantă este de fapt o serie de tuburi (țevi) prin care circulă apa [46].

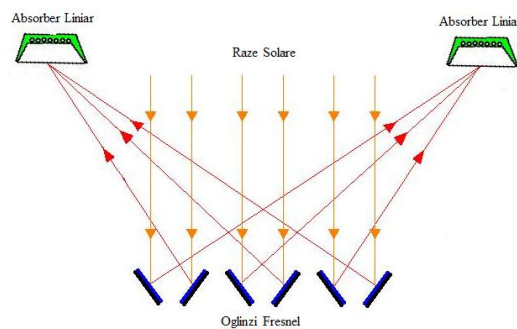


**Figura 3.2. Colectoare solare Fresnel**

a) Cu lentile Fresnel

b) Cu reflectoare liniare Fresnel

Aceste tipuri de colectoare pot fi montate pe un teren plat și concentrează intensitatea radiației solare pe un receptor fix liniar.



**Figura 3.3. Distribuția energiei solare la colectoare cu reflectoare liniare Fresnel**

Oglizile plane se rotesc în jurul axei longitudinale pentru a se orienta una câte una, astfel încât reflecția razelor soarelui să fie dirijate în direcția tubului absorbant. În anul 2004 o astfel de instalație solară cu reflector liniar Fresnel a fost testată lângă o centrală termică de cărbune din Australia, experiment realizat de Universitatea New South Wales din Sidney. Aceasta instalație produce aproximativ 15 MWh energie, pentru încălzirea apei de alimentare a centralei Lidell/Hunter Valley și contribuie la economisirea de combustibili fosili și este formată dintr-un modul cu 12 oglinzi, ce acoperă o suprafață de cca 1350 m<sup>2</sup> și concentrează radiația solară pe o conductă absorbantă aflată la o distanță de 10 m deasupra lor [47].

### 3.2. Parametrii care influențează eficiența instalațiilor solare

Factori ce influențează eficiența instalațiilor solare:

- factorii climatici care influențează în mod concret parametrii de funcționare;
- intensitatea radiației solare incidente;
- pierderile de căldură prin radiație, convecție, conducție, reprezentând un factor important de care trebuie să se țină cont în dimensionarea și alegerea sistemelor termice (colectoare solare), cât și în alegerea sistemelor fotovoltaice (panouri solare).

Astfel pentru a reduce pierderile de căldură din instalație, pe suprafața absorbantă a colectoarelor se montează o carcasă izolată termic, atât pe părțile laterale cât și sub suprafața de absorbție.

Un alt parametru important ce influențează funcționarea unui colector solar, este unghiul de înclinare al colectorului față de sistemul solar. În funcție de aceasta colectoarele captează mai multă sau mai puțină energie. Mai nou s-au realizat colectoare care se orientează după radiația solară [55, 56, 57].

În procesul de conversie a radiației solare în forme de utilizare a energiei, apar numeroase interacțiuni între radiația solară și diversele materiale ale elementelor componente ale instalației de conversie. Astfel randamentul colectoarelor solare este influențat de o multitudine de factori constructivi și funcționali.

Un alt parametru care influențează eficiența colectoarelor solare pe timpul iernii sunt substanțele anti-congelante [58], utilizate în interiorul colectoarelor solare, având rol de protecție pentru instalația astfel încât fluidul de lucru să nu înghețe.

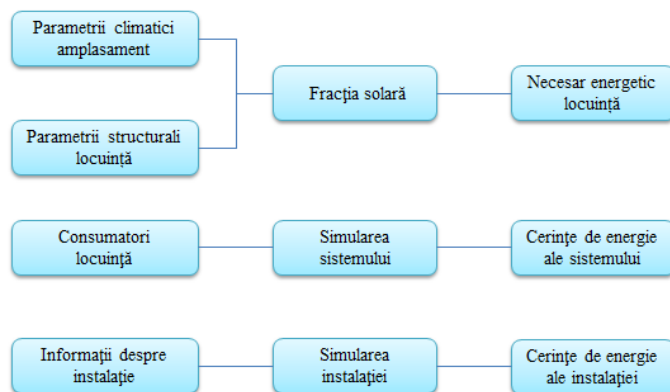
Eficiența celulelor fotovoltaice depinde de doi parametri:

- intensitatea radiației solare incidente pe suprafața celulei;
- eficiența procesului de conversie a energiei radiației solare în energie utilizabilă.

În prezent, construcțiile de celule fotovoltaice au eficiențe în jurul valorii de 15%, ceea ce reprezintă o valoare destul de scăzută. Din acest motiv, panourile fotovoltaice sunt amplasate preponderent în zone caracterizate prin radiație solară intensă. Cu toate acestea, țări ca Germania, Austria, reprezintă exemple de utilizare pe scară largă a acestei tehnologii, în ciuda faptului că acestea nu sunt favorizate din punct de vedere al intensității radiației solare.

## CAPITOLUL IV Calculul fracției solare cu ajutorul unui colector solar

Pașii urmați în dimensionarea și alegerea instalațiilor solare, pentru producere de energie electrică, energie calorică și preparare apă caldă menajeră, s-au reprezentat schematic în figura 4.1.



**Figura 4.1. Concept de bază al simulării consumului energetic al unei locuințe**

Acest capitol tratează calculul fracției solare pentru un colector solar plan aferent unei instalații casnice pentru preparare apă caldă menajeră și pentru încălzirea locuinței, situate în orașul Galați.

### 4.1. Metoda f-Chart

Această metodă a fost dezvoltată pentru calcularea suprafeței de captare și pentru contribuția termică a instalațiilor solare termice cu apă sau cu aer pentru încălzirea locuinței.

În acest capitol calculul fracției solare a fost realizat pentru un colector solar plan ce utilizează ca agent termic apa și care are următoarele dimensiuni.

**Tabel 4.1. Parametrii colectorului solar plan**

Colectorul solar plan		
<b>Înclinare</b>	45	°
<b><math>\eta_0</math></b>	0.74	-
<b>V rezervor</b>	200	L
<b>K</b>	4	W/m <sup>2</sup> K
<b>A</b>	4	m <sup>2</sup>

Estimarea producției energetice pentru o instalație solară utilizată pentru încălzirea apei menajere reprezintă un proces în care intervin factori multipli. O parte din acești factori sunt definiți de condițiile meteorologice ale amplasamentului ales (temperatură, radiația solară.), alții de necesarul energetic al locuinței (cantitatea de apă consumată, timpul necesar consumului, temperatura apei la intrare în instalație, temperatura dorită pentru apa caldă menajeră) și de caracteristicile instalației alese (caracteristica materialelor utilizate pentru încălzirea apei, regimuri de curgere a fluidului, schema hidraulică).

#### 4.1.1. Calculul sarcinii termice pentru colectorul solar plan

Pentru a calcula suprafața de captare a energiei solare a unui colector solar plan, trebuie să realizăm o estimare a sarcinii termice zilnice, calculată în funcție de consumurile de apă menajeră, conform normativelor în vigoare, pe număr de utilizatori.

Sarcina termică zilnică ( $Q_{CT}$  în kJ/zi) se calculează cu relația 4.1.

$$Q_{CT} = V \rho c_p (T_{util} - T_{retea}) \text{ [kJ]} \quad (4.1)$$

Unde: V – volumul de apă consumat pe zi de locatari (=50 l/persoană/zi),  $\rho$  – densitatea apei (=1 kg/l),  $c_p$  – căldura specifică a apei (=4.187kJ/kg·K),  $T_{util}$  – temperatura de utilizare a agentului termic (50°C)  $T_{retea}$  – temperatura agentului de la rețeaua de alimentare (vezi anexa1).

Metoda f-Chart se bazează pe calculul fracției solare lunare (f). Această fracție solară, reprezintă raportul între energie solară și necesarul de căldură (relația 4.2).

$$f = Q_{sol} / Q_{CT} \quad (4.2)$$

Metoda a fost dezvoltată pentru a ajunge la un model numeric de modelare a sistemelor termice solare (colectoare solare).

Pentru locuința aleasă, în figura 4.2. este reprezentată grafic distribuția consumului de apă caldă menajeră pe parcursul a 24 de ore (o zi).

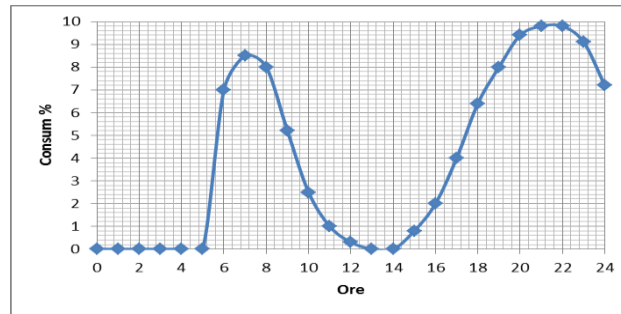


Figura 4.2. Distribuția consumului de apă caldă menajeră pentru locuință [63]

Pentru calculul fracției solare f s-au utilizat două variabile, X calculată cu relația 4.3 și Y calculată cu relația 4.4, reprezentând pierderile respectiv câștigurile termice în colector.

$$X_0 = \frac{\text{pierderi termice în colector}}{\text{sarcina termica}} = 86,4 \frac{K(100 - T_{amb})A}{Q_{CT}} \quad (4.3)$$

$$Y = \frac{\text{castiguri în colector}}{\text{sarcina termica}} = 3,6 \frac{I \eta_0 A}{Q_{CT}} \quad (4.4)$$

Unde: k – luat din tabelul 4.6.(W/m<sup>2</sup>·K),  $T_{amb}$  – temperatura mediului ambiant în medie pe lună, tabel 4.6. (K), A – aria colectoarelor (m<sup>2</sup>),  $Q_{CT}$  – sarcina termică (KJ/zi), I – radiația globală (W·h/m<sup>2</sup>·zi),  $\eta_0$  – randamentul optic al colectorului solar (=0.74).

#### 4.1.2. Influența capacității de stocare a apei în colector

Metoda f-Chart se aplică pentru volume de stocare a apei în colector (termo-acumulatori) de minim 75 l/m<sup>2</sup> de colector, iar pentru volume de depozitare cuprinse între 75 și 300 l/m<sup>2</sup> (AR pe L/m<sup>2</sup> de colector) se calculează coeficientul  $C_1$  cu relația 4.5.(pierderile termice din colector).

$$C_1 = \left( \frac{AR}{75} \right)^{-0,25} \quad \text{pentru} \quad 75 < AR < 300 \quad (4.5)$$

Unde: AR – volumul zilnic de apă pe metru pătrat de colector. O capacitate de depozitare mai mică presupune ca apa din termo-acumulator să se încălzească mai repede.

#### 4.1.3. Influența temperaturii de utilizare a apei

Când temperatura de utilizare a apei este foarte mare, vor exista pierderi mari în instalație. Pentru aceste pierderi se calculează factorul  $C_2$ , factor ce este afectat de trei temperaturi (exprimate în °C), temperatura mediului ambiant, temperatura apei utilizate, temperatura de la rețeaua de alimentare și se calculează cu relația 4.6.

$$C_2 = \frac{11,6 + 1,18T_{util} + 3,86T_{retea} - 2,32T_{amb}}{100 - T_{amb}} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (4.6)$$

#### 4.1.4. Influența temperaturii mediului ambiant

Este necesar a se cunoaște temperatura medie a mediului ambiant pentru fiecare lună în parte, pentru a utiliza instalația corespunzătoare. Valorile temperaturii exterioare a aerului sunt prezentate în tabelul 4.2. și sunt utilizate în calcularea factorului  $X_0$ .

Tabel 4.2. Temperatura medie lunară pentru diverse orașe din România

Orașe	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Constanța	1	2	5.5	10.5	16	20.5	23	23	19	13.5	7.5	3
Galați	-1.7	-0.6	5	11.1	16.7	20	21.7	21.7	17.8	11.7	5	0.6
București	-1.5	0	5	11	17	20.5	22.5	22	17	11	4.5	-0.5
Iași	-3.5	-2	3	10.5	16	19	20.5	20	16	10	4.5	-1
Miercurea-Ciuc	-6.5	-6	0	6.5	12	15	16.5	16	11.5	6	-0.5	-4.5
Satu Mare	-2	1	6	10.5	16	18.5	20.5	20	15.5	10	4	-0.5
Timișoara	-0.5	1	6	11.5	17	19.5	22	21.5	17	11.5	5.5	1

Temperaturile medii lunare, au fost furnizate de programul RETScreen4 în data de 1.09.2011.

#### 4.2. Frația solară

Variabila X ce reprezintă pierderile termice în colector și se calculează cu relația:

$$X = X_0 \times C_1 \times C_2 \quad (4.7)$$

Întrucât valorile coeficienților X și Y s-au determinat pentru valorile medii lunare, rezultă că și fracția solară va avea o valoare lunară, care se determină cu relația:

$$f_{lunar} = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 \quad (4.8)$$

De reținut că valoarea fracției solare trebuie să fie subunitară, iar în lunile pentru care fracția solară este supraunitară, în relația de calcul a fracției solare anuale, pentru acestea se recomandă o valoare unitară a fracției solare lunare ( $f=1$ ).

Fracția anuală se calculează cu relația:

$$f_{anual} = \frac{\sum_{lunar} (f_{luna} \times Q_{CT\ luna})}{\sum_{lunar} Q_{CT\ luna}} \quad (4.9)$$

Dimensionarea colectorului solar trebuie făcut astfel încât să se realizeze o fracție solară unitară pentru lunile cu o mai mare expunere la soare (iunie, iulie august și septembrie), pentru a se putea asigura cerința de energie a locuinței numai cu ajutorul energiei solare.

## Studiul soluțiilor de realizare a independenței energetice a unei locuințe

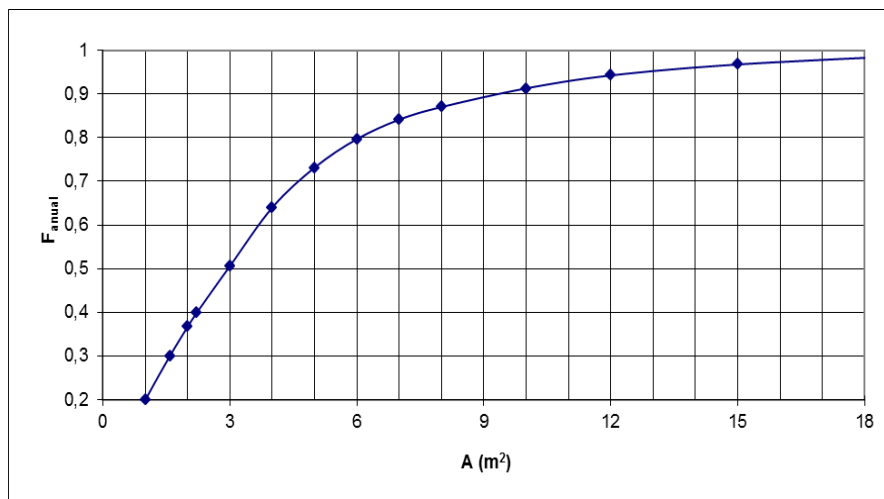
În urma calculelor efectuate în excel, conform modelului matematic realizat în acest capitol, a rezultat fracția solară pentru orașul Galați prezentată în tabelul 4.3.

**Tabel 4.3. Calculul fracției solare pentru orașul Galați**

Luna	Nzi	T <sub>amb</sub>	T <sub>rețea</sub>	G kWh/m <sup>2</sup> /zi	Q <sub>CT</sub> kwh/lună	X <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	X	Y	f <sub>util</sub>	Q <sub>CT</sub>	f·Q <sub>CT</sub>
Ian	31	-1,7	10	1,47	416,43	2,544	1,11	1,11	3,132	0,272	0,097	15,86407778	40,45
Feb	28	-0,6	12	2,31	354,64	2,649	1,11	1,18	3,447	0,450	0,251	13,61240222	88,99
Mar	31	5	13	3,44	380,74	2,569	1,11	1,15	3,267	0,688	0,465	14,67427194	177,17
Apr	30	11,1	15	4,94	345,43	2,541	1,11	1,16	3,250	1,045	0,720	13,43329167	248,70
Mai	31	16,7	17,5	5,94	327,20	2,564	1,11	1,19	3,387	1,353	0,888	12,88956319	290,46
Iun	30	20	18	6,69	310,88	2,501	1,11	1,17	3,241	1,548	0,985	12,28186667	306,30
Iul	31	21,7	19	6,56	309,35	2,527	1,11	1,20	3,343	1,567	0,990	12,29466028	306,18
Aug	31	21,7	20	5,75	297,45	2,611	1,11	1,24	3,597	1,419	0,914	11,89805833	271,87
Sep	30	17,8	18	4,39	321,25	2,570	1,11	1,20	3,418	1,016	0,700	12,69126222	224,78
Oct	31	11,7	15	2,97	356,94	2,524	1,11	1,15	3,206	0,628	0,424	13,88106806	151,49
Nov	30	5	13	1,64	368,46	2,569	1,11	1,15	3,267	0,328	0,147	14,20090833	54,18
Dec	31	0,6	12	1,19	392,64	2,617	1,11	1,16	3,366	0,232	0,043	15,07087389	16,86

$$Q_{CT \text{ anual}} = 162.792 \quad f_{\text{anual}} = 46.044$$





**Figura 4.3. Variația anuală a fracției solare în funcție de aria totală de captare a energiei solare a colectorului solar plan**

Pentru preparare apă caldă menajeră și pentru încălzirea locuinței se obține pentru un metru pătrat de colector o fracție solară anuală maximă de 0.99 pentru luna iulie. Prin această metodă se va obține o fracție solară anuală de aproximativ 46.044%. Valorile mai ridicate ale fracției solare se pot observa în figura 4.3, pe zona de curbă mai puțin înclinată.

Am concretizat acest studiu prin publicarea unei lucrări într-o revistă indexată BDI (B+), în care am determinat fracția solară pentru același tip de colector, dar pentru condiții climatice ale orașului Braganca din Portugalia [64]. S-a obținut o fracție solară de 56.73%.

### 4.3. Concluzii

Prin calculul fracției solare putem estima dacă locația aleasă pentru instalația solară, este eficientă din punct de vedere energetic (preparare apă caldă menajeră, încălzire locuință). Prin calculele efectuate anterior, a rezultat o fracție solară anuală de 46.044%, pentru locația din orașul Galați (România) și o fracție solară anuală de 56.73% pentru locația din orașul Braganca (Portugalia), ceea ce a condus la concluzia că ambele locații sunt eficiente din punct de vedere energetic, deci utilizarea colectoarelor solare pentru preparare apă caldă (pentru încălzire locuință și apă caldă menajeră) funcționează la un randament ridicat.

## CAPITOLUL V Studiul unui concentrator solar cu modul Seebeck

În perioada mai – noiembrie 2011, în cadrul proiectului POSDRU-EFICIENT din care fac parte, am efectuat un stagiul de cercetare la Universitatea do Minho, Portugalia.

Stagiul s-a concretizat printr-o cercetare realizată în colaborare cu doctorandul Joaquim Carlos Freitas de la Universitatea din Minho, Guimaraes, Portugalia, sub îndrumarea profesorului Jorge Martins. Scopul acestui studiu a fost obținerea de electricitate cât și de căldură pentru o locuință cu ajutorul unui dispozitiv hibrid, bazat pe un concentrator prevăzut cu un modul Seebeck. Acest proiect s-a materializat prin publicarea a doua lucrări în volumul unor conferințe indexate ISI, o lucrare fiind publicată într-un jurnal internațional [88] și cea de-a doua lucrare publicată într-o conferință internațională [86].

### 5.1.Dimensionare

#### 5.1.1.Construcția și funcționarea modului Seebeck

Scopul acestui proiect este de a realiza și a simula în programul excel un sistem hibrid, pentru obținerea de electricitate cât și de căldură pentru o locuință. Pentru concentrarea energiei solare au fost preferate lentilele Fresnel în detrimentul lentilelor parabolice, deoarece prezintă o soluție economică bună și sunt eficiente în orice condiții atmosferice. Pentru producerea de energie electrică a fost ales un modul Seebeck prezentat în figura 5.1.

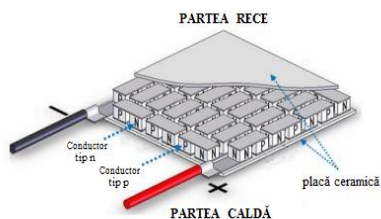


Figura 5.1.Modulul Seebeck

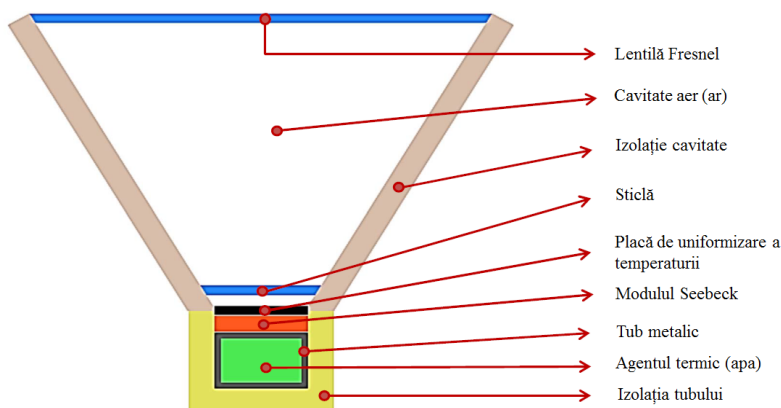


Figura 5.2.Componentele concentratorului solar [86]

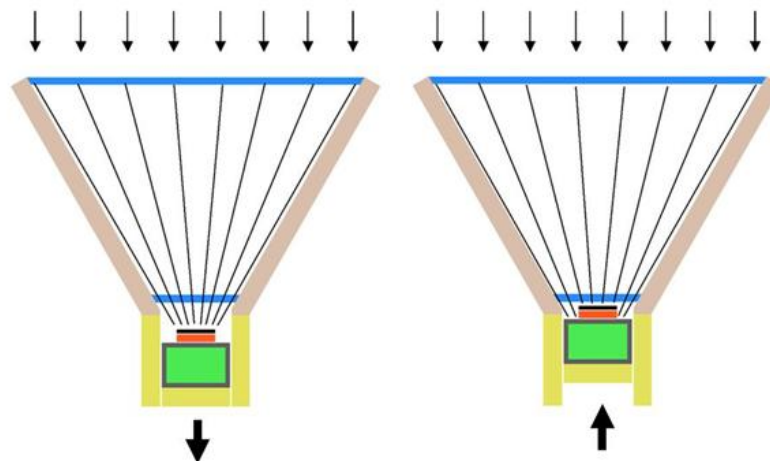
Lentilele Fresnel au fost inventate de către fizicianul francez Augustine Fresnel în anul 1822. Acesta a descoperitorul fenomenului de polarizare a luminii precum și lentilele biconcave. Inițial lentilele Fresnel au fost folosite la faruri maritime având rolul de semnalizare pentru ambarcațiuni. Acestea pot fi realizate dintr-un material plastic, cum ar fi lentilele din acrilic (PMMA), ori din policarbonat (PC) [87].

Configurația din figura 5.2., reprezintă o lentilă Fresnel care concentrează energia solară la o țintă opacă formată dintr-o placă de aliaj de aluminiu, acoperită cu vopsea neagră cu emisivitate scăzută. Deasupra țintei se află un geam de sticlă având rolul de a mări intensitatea radiației solare. Energia calorică concentrată pe placă trece prin modul, unde este transformată în energie electrică și ulterior aceasta este disipată în apă. Pentru a minimaliza pierderile de căldură, elementele componente ale concentratorului sunt izolate termic, atât în jurul cavității de aer cât și în zona tubului.

În perioadele în care radiația solară este de intensitate ridicată se poate combina nevoia de răcire a modului Seebeck cu producerea de apă caldă. Astfel sub modulul Seebeck (partea caldă) este montat un rezervor metalic ce conține ca agent termic apa. În momentul la care concentrarea radiației solare pe modul este scăzută, se utilizează

ghidaje controlate electronic ce deplasează astfel pe verticală sistemul (placă, modul Seebeck, tub metalic) după cum se observă în figura 5.4. Dezavantajul acestei soluții este nevoia de un servomotor și de ghidaje cu șine pentru punerea lui în aplicare. În acest tip de concentrator cu modul Seebeck procesul de transfer termic este mult mai eficient decât procesul de conversie a energiei electrice, astfel algoritmul de control prioritar este utilizat pentru încălzirea apei.

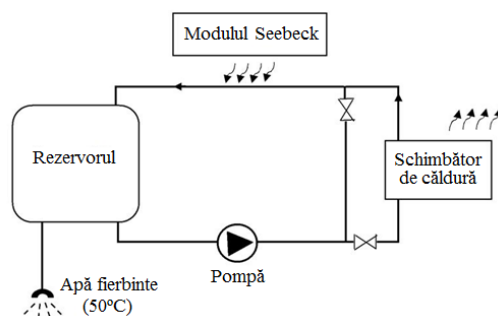
Cu o configurare simplă deja prezentată în figura 5.2., asociată cu sistemul de deviere menționat în figura 5.3. și fără alte mecanisme, este perfect posibil ca un bun compromis între eficiența modului și apa de încălzire, să se realizeze încălzirea la o temperatură de aproximativ 50°C. Este imperativ să se răcească modulul, deoarece este posibil să se producă fluxuri mari de apă fierbinte de 0,0010 m<sup>3</sup>/s care sunt mai mult decât suficient în raport cu nevoile de apă caldă a locuinței.



**Figura 5.3. Deplasarea sistemului pentru obținerea unei concentrări cât mai bune (cu deschidere de conjunctură) [86]**

După cum s-a menționat deja în orele din zi sau în momentul în care incidența solară a sistemului este puternică, în funcție de poziția soarelui (azimut) trebuie să se răspundă cu înclinarea suficientă a concentratorului, astfel încât modulul să nu depășească temperatura maximă permisă de fabricant.

Oricare dintre soluțiile prezentate necesită suplimentar un sistem cu un rezervor de apă și cu un circuit pentru fluid. O modalitate în a realiza acest lucru, ar fi cu propria apă de consum, prin care să se transfere căldură din modul în rezervor, până când apa din modul să ajungă la o temperatură de aproximativ 50°C. Lucru realizabil prin cuplarea modulului printr-o supapă la un schimbător de căldură cu rolul de producere de apă fierbinte. Acest lucru s-ar întâmpla atunci când este nevoie de apă fierbinte (figura 5.4.).

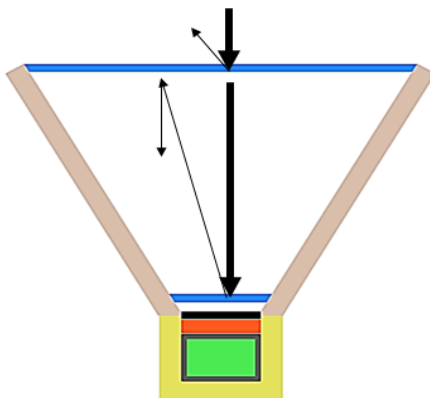


**Figura 5.4. Instalația pentru apă caldă menajeră [86]**

Pompa recirculă agentul termic (apa) prin circuitul concentratorului solar atunci când temperatura agentului termic de la returul colectorului solar este mai mare decât temperatura apei din rezervorul de stocare.

Concentratorul va fi dimensionat cu scopul final de a ști ce cantitate de energie electrică și termică poate fi produsă în funcție de suprafața de captare a radiației solare. Efectul reflectivității pe sticlă (care este de aproximativ

5%, înainte de a fi reflectat de lentilă) a fost neglijat în calculul dimensionării concentratorului solar. După cum putem observa în figura 5.5. radiația solară care trece prin lentila Fresnel este reflectată de sticlă către lentilă și în sens invers într-o buclă infinită. A fost deasemenea neglijată în calcul încălzirea lentilei și a sticlei datorită absorbivității materialelor componente, deoarece diferența de temperatură care ar implica acest lucru nu este foarte mare.

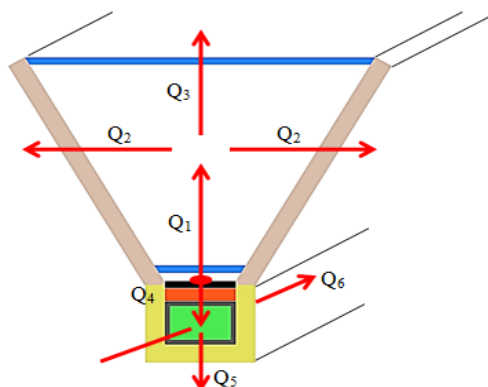


*Figura 5.5.Schema de reflectivitate lentilă și sticlă [88]*

Lentila Fresnel este construită din PMMA (material plastic din acrilic) și poate avea o mare varietate de dimensiuni în funcție de distanța de concentrare a radiației solare a locației alese [89].

### 5.1.2.Rezistența termică

Începând cu partea vopsită în negru până la partea superioară a plăcii țintă, pentru o sursă de căldură unde se concentrează energia solară (după ce s-a realizat calculul pierderilor datorate coeficientului de transmisie dintre lentilă și sticlă) și fără a se ține cont de pierderi din părțile laterale ale plăcii izolate termic, fluxul caloric are două căi posibile prezentate în figura 5.9.,  $Q_1$  și respectiv  $Q_4$ . O dată cu fluxul de căldură  $Q_1$  se poate infiltra din lateral flux de caldură, iar ulterior prin izolarea termică  $Q_2$  sau prin partea superioara a lentilei Fresnel un flux  $Q_3$ . Fluxul  $Q_4$ , are deasemenea două alternative, una prin trecerea fluxului de căldură a fluidului prin pereții laterali ai rezervorului  $Q_6$  sau poate ieși liber prin pereții tubului sau prin izolație  $Q_5$ .



*Figura 5.6.Schema de transmitere a fluxurilor termice în concentratorul solar [88].*

Indicat în figura 5.6. acest raționament este asociat cu un circuit electric pentru a simula transferul de căldură în concentrator.

Pentru a cunoaște valoarea totală a pierderilor a fost efectuat un calcul pentru fiecare rezistență termică în parte, reprezentate schematic în figura 5.7., precum și în situația în care se efectuează o analogie cu rezistențe a unui circuit electric. Pentru a facilita punerea în aplicare a calculului, debitul de apă a fost transformat într-o rezistență termică.

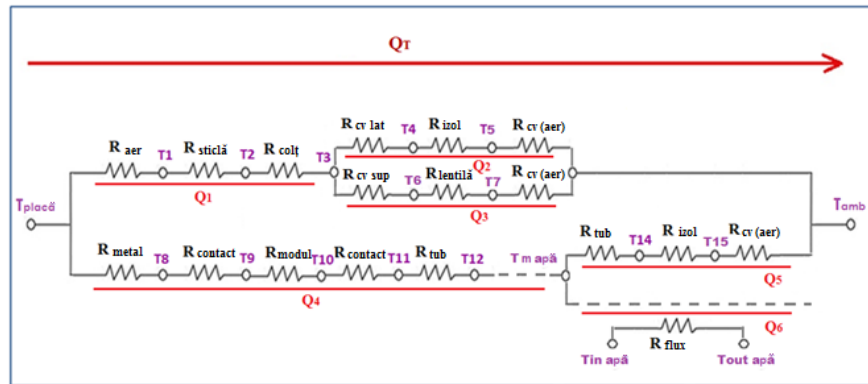


Figura 5.7. Diagrama de rezistențe în concentratorul solar

În prima etapă s-a calculat rezistențele  $R$ , după care cunoscând aceste valori se calculează valorile lui  $Q$  și mai târziu, cu valoarea rezistenței și puterii sunt calculate temperaturile.

Transferul de căldură între sticlă și lentilă pe de altă parte prin cavitatea (mare) are loc prin convecție, după cum este ilustrat în figura 5.8.

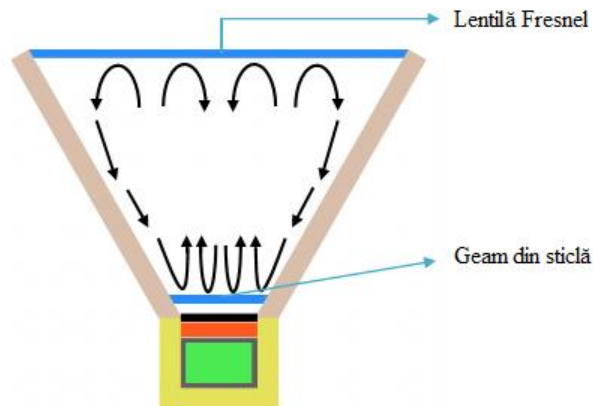


Figura 5.8. Transferul de căldură în cavitatea dintre sticlă și lentila Fresnel [69].

În acest studiu numărul Rayleigh dat de relația deja prezentată mai sus;  $R_a > 1708$ , ceea ce înseamnă că pornind de la această valoare există curenți de convecție semnificativi.

Convecția între sticlă și interiorul cavității poate fi considerată o convecție pe o suprafață încălzită de jos în sus.

## 5.2. Rezultate

Calculul fluxului de căldură s-a determinat pentru 16 module Seebeck de dimensiuni  $0.062 \times 0.062 - 0.0063m$ ; o lentilă Fresnel de dimensiuni  $5.0 \times 1.0 - 0.003m$ , pentru o temperatură exterioară a aerului de  $20^\circ C$  pentru care obținem o temperatură interioară a fluidului de  $41^\circ C$ .

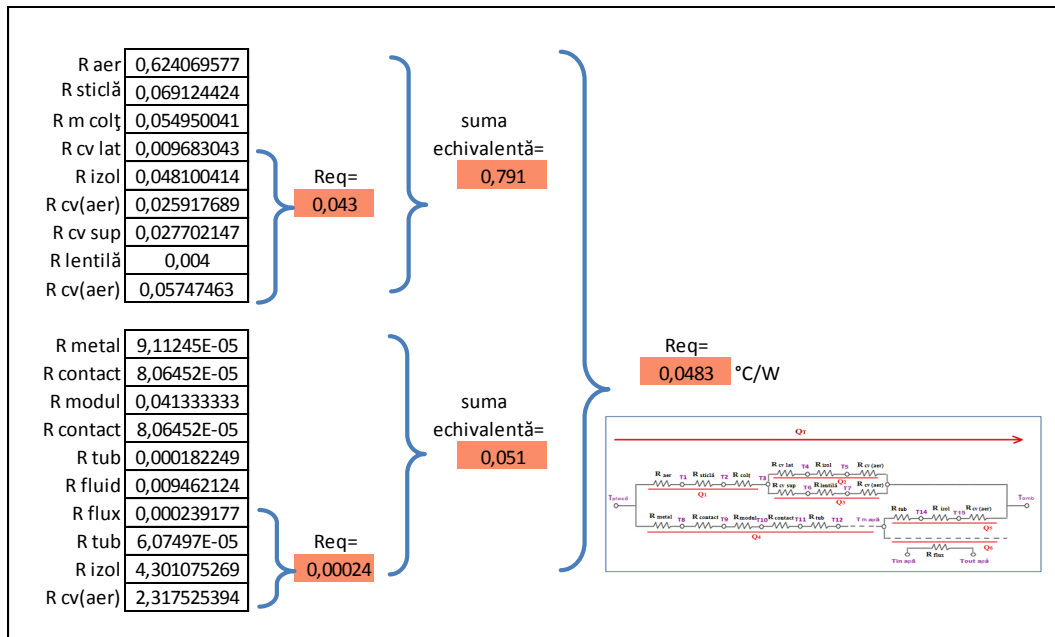
În tabelul 5.1. s-au obținut unele valori cu ajutorul programului Excel. Au fost introduse toate proprietățile inerente ale fluidelor și materialelor, aceste proprietăți fiind amplasate în celule de culoare verde.

Tabel 5.1. Parametrii de intrare obținuți în Excel

Lațime mod. Seebek	Dist focal (f)	Rad. sol medie
0,062 (m)	5,000 (m)	750 (W/m <sup>2</sup> )
Lung. lentilă Fresnel	Dist. modul (f*)	Concentrația
5,00 (m)	4,938 (m)	80,645
Temp. Modul	Eficiența modulului	
171,85 (°C)	5,03 %	
N° de module (m linear)	Flux	
16,129	1,00 (l/s) = 0,0010 (m <sup>3</sup> /s)	

În tabelul 5.2. sunt prezentate valorile calculate pentru rezistențele termice ale instalației.

Tabel 5.2. Calculul rezistențelor obținute în Excel



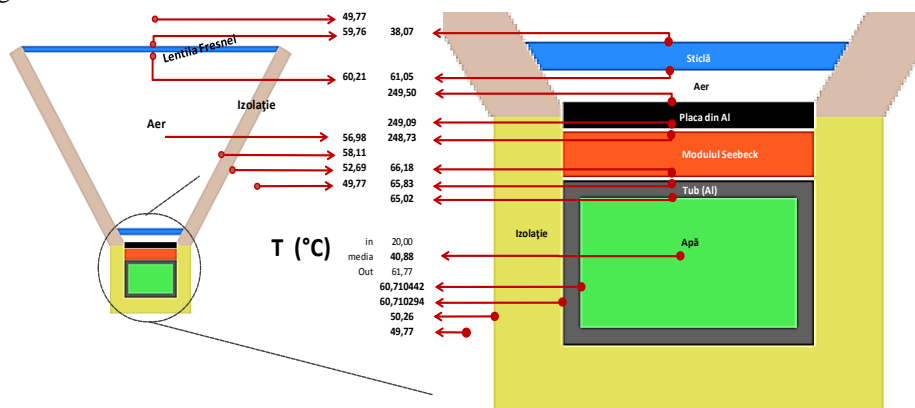
În urma calculului a rezultat o rezistență echivalentă pentru tot sistemul de 0.0483 °C/W.

Determinarea căldurilor Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, Q<sub>4</sub>, Q<sub>5</sub> și Q<sub>6</sub> în [W], s-a realizat folosind programul Excel. Valorile căldurilor disipate obținute în funcție de rezistențele calculate anterior, sunt prezentate în tabelul 5.3.

Tabel 5.3. Căldura disipată, calculată în foaia Excel

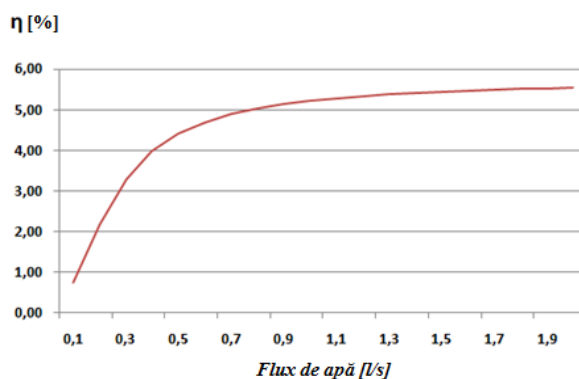
<b>Q(total)=</b>	4746,831444 W
<b>Q 1=</b>	330,4813 W
<b>Q 2=</b>	111,5110 W
<b>Q 3=</b>	218,9702 W
<b>Q 4=</b>	4416,3502 W
<b>Q 5=</b>	2,4296 W
<b>Q 6=</b>	4413,9205 W

În foaia Excel s-au trecut intuitiv temperaturile calculate în puncte considerate de interes pentru proiect și reproduse în figura 5.9.



**Figura 5.9. Temperaturi în foaia Excel [88].**

Tabelul 5.1. prezintă caracteristicile tehnice pentru modulul Seebeck: tensiune, putere, eficiență și date oferite furnizorul modulului. [90]. Cu ajutorul acestor date, conform consumului de energie electrică și apă caldă, putem estima ușor zona de implementare, în funcție de unitatea de concentrare solară. Spre exemplu, pentru o familie compusă din patru membri, a cărui consum de energie electrică pe timp de vară impune o putere medie de 0.5 kW, ar fi necesară o lentilă Fresnel cu o suprafață de aproximativ 8 m<sup>2</sup>. Evident în această situație ar fi necesar un sistem suplimentar care să nu diminueze conexiunea la rețea, care să dispună de energie care să nu fie consumată și care să fie utilizată, pentru a satisface consumul maxim de energie din orele de vârf. Fluxul de apă caldă generat la o temperatură de ≈ 51°C, ar fi de aproximativ 2.9 l/s. Astfel cu aceste sisteme se pot obține temperaturi ridicate pentru fluxul de apă, de 150°C sau mai mult, în detrimentul eficienței producerii de energie electrică. Pentru ca sistemul să producă 35 kW energie electrică (ceea ce reprezintă un necesar minim) și un flux de apă fierbinte de aproximativ 20 l/s, la o temperatură de aproximativ 51°C, este necesar ca lentila Fresnel să aibă o suprafață de aproximativ 16 m<sup>2</sup>. Prin disiparea de căldură în modul, realizată prin răcire, fluidul (apă) are funcția de a menține temperatura scăzută la partea rece a modulului. Funcție de fluxul de apă, randamentul modulului crește foarte rapid tinzând către o valoare constantă, ce nu mai este influențat de fluxul de fluid, așa cum se vede în figura 5.10.



**Figura 5.10. Influența debitului de apă asupra randamentului de producere de energie electrică [86]**

În graficele din figura 5.11. se pot observa relația dintre variabile și anume: debit, temperatura apei la ieșire, energia produsă de concentrator, energia consumată pentru pompare și eficiența modulului.

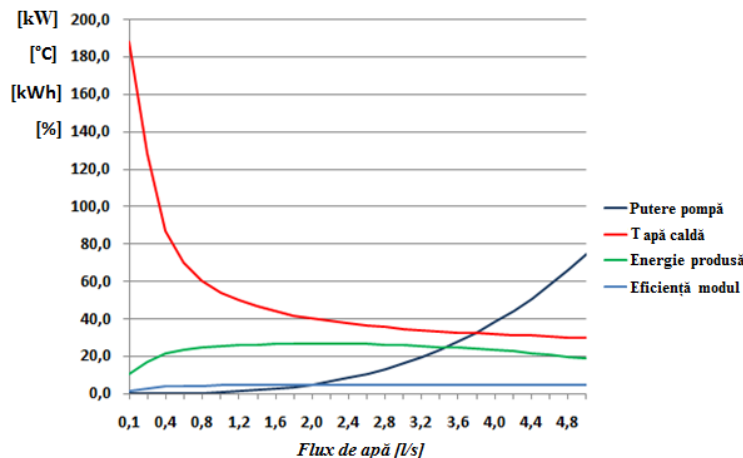


Figura 5.11. Variație putere, temperatură, energie, eficiență modul funcție de flux de apă [86]

Se observă că o dată cu creșterea fluxului de apă, temperatura de ieșire a fluidului scade, în timp ce energie consumată pentru pompă crește.

Energia produsă de concentrator crește rapid până la o anumită valoare, lucru ce se datorează răcirii suprafeței reci a modului, o dată cu creșterea fluxului de apă. Apoi temperatura fluxului de apă se stabilizează la o anumită valoare, (apa iese la o temperatură egală cu temperatura de intrare) și nu răcește partea rece a modului mai mult de aceasta. În cazul în care fluxul continuă să crească, pierderile pentru pompare vor crește exponențial și acest lucru justifică reducerea liniei verzi, pentru energia produsă. Evident, eficiența modului nu este afectată de pierderile la pompare, asta se observându-se din grafic prin linia albastră, care tinde să fie orizontală.

### 5.3. Concluzii

Pentru a se obține o eficiență rezonabilă a modului Seebeck, cu o incidență solară medie (de  $750 \text{ W/m}^2$ ), există pericolul ca în orele de intensitate mare, modulul să depășească temperatura admisibilă. Pentru a atenua acest efect, fluxul de apă ar trebui să fie foarte mare, ceea ce presupune o viteză mare de curgere a fluidului. Cum pierderile de presiune cresc exponențial cu viteza fluidului, consumul de energie pentru pompare nu poate fi justificat prin câștigul în eficiență. O soluție în rezolvarea acestei probleme ar putea fi respingerea razelor solare de către modul, printr-o înclinare a concentratorului, după cum este descris în capitolul V (subcapitolul 5.2.2), sau printr-o deplasare a sistemului (placă, modul, rezervor), pe verticală. Pentru obținerea unei concentrări cât mai bune (prin coborârea modului cu țintă fixă), o soluție ar fi conectarea unui schimbător de căldură în instalație printr-o supapă, atunci când este nevoie de apă fierbinte de  $50^\circ\text{C}$ , sau și mai mare, lucru indicat în figura 5.3. Cu toate acestea, această soluție necesită un schimbător de căldură și alte accesorii pentru concentrator, ceea ce conduce la creșterea costului instalației.

Pentru o mai mare rentabilitate, modulul trebuie să aibă un flux de fluid cu viteză mare, iar în același timp acesta să fie un bun disipator de căldură. Cum pierderile de sarcină sunt direct proporționale cu pătratul vitezei fluidului, compromisul între aceste două variabile, așa și consumul de energie pentru pompă și randament ridicat al instalației (de 70% în prezent) sunt direct proporționale. Astfel acest sistem poate fi destul de atractiv într-un context posibil, cum ar fi nevoi mai mari de apă caldă și nevoi mai mici de energie electrică.

Cel mai probabil în anii următori se vor dezvolta astfel de proiecte și se vor găsi materiale mult mai eficiente din punct de vedere termic, pentru aceste tipuri de module Seebeck, care să reziste la temperaturi ridicate și de la care se vor obține o eficiență și un potențial mai bun, crescând eficiența procesului de conversie a energiei radiației solare în energie electrică. În prezent această eficiență a modului Seebeck fiind de numai 5%.



## CAPITOLUL VI Parametrii structurali și de performanță energetică a locuinței

Clădirile reprezintă o pondere importantă a utilizatorilor de energie dintr-o societate, iar consumul lor de energie are implicații sociale, economice și de mediu înconjurător importante.

Determinarea caracteristicilor energetice ale clădirii și a sistemului de construcție necesită calcularea sarcinilor termice ale clădirii și a consumului de energie [98]. Parametrii relevanți pentru simularea consumului energetic al locuinței, sunt prezentați în figura 6.1.

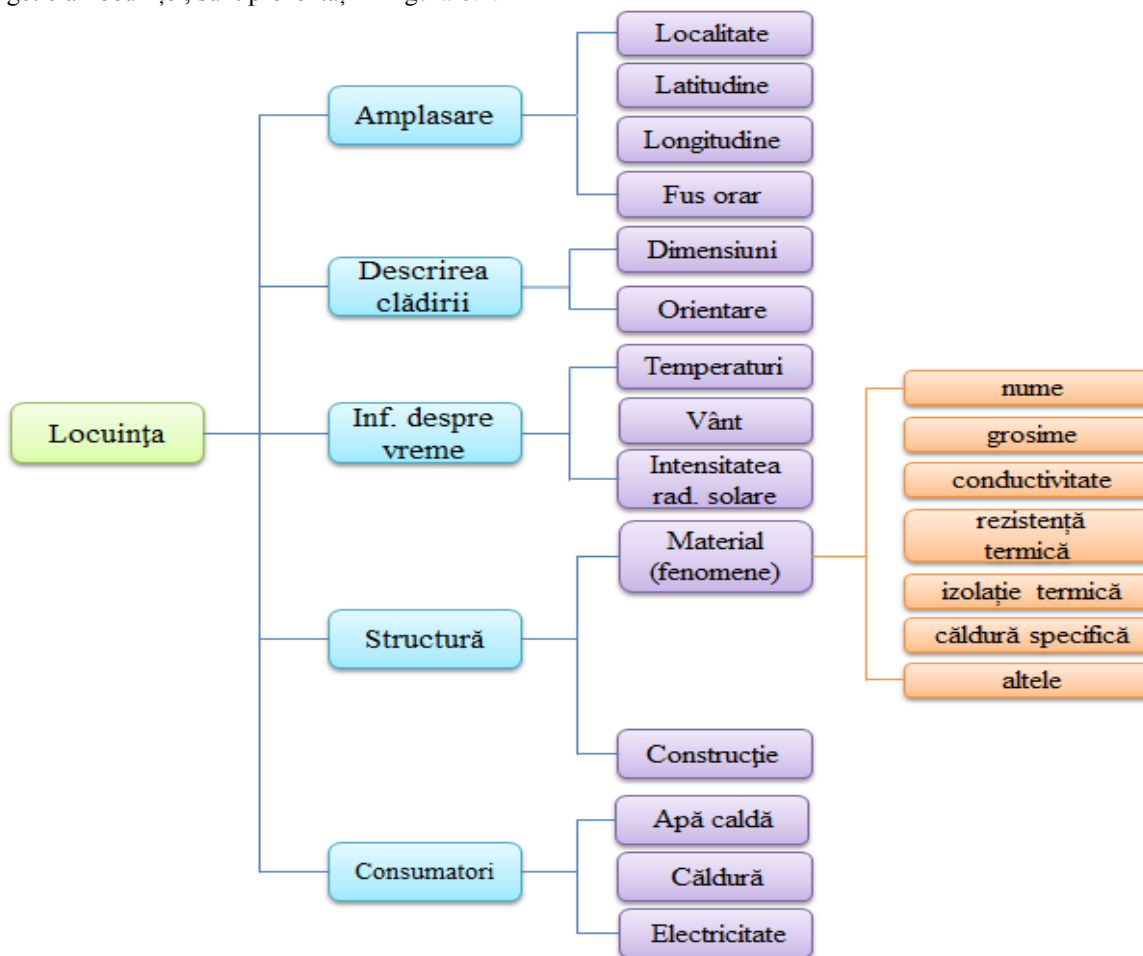


Figura 6.1. Parametrii relevanți pentru simularea consumului energetic

Eficiența energetică a locuinței depinde de amplasamentul acesteia. Trebuie luat în considerare climatul local. În acest capitol am realizat un studiu al caracteristicilor generale, cu privire la parametrii structurali și de performanță energetică a locuinței studiate.

### 6.1. Clima în Județul Galați

Consumul energetic al unei clădiri depinde de factori externi și de factori interni. Factorii externi sunt parametrii climatici caracteristici ai amplasamentului: temperatura aerului, viteza vântului, însorirea, umiditatea aerului. Proiectarea construcțiilor și a instalațiilor aferente se face pe baza unor valori medii statistice ale parametrilor climatici, corespunzătoare unei anumite perioade a anului (zi, lună, sezon de încălzire), valori obținute

în urma unor durate de observare de zeci de ani. Aceste valori convenționale sunt standardizate [99], [100], pentru temperatura aerului și viteza vântului [101], pentru însorire, umiditatea și temperatura aerului etc.).

## 6.2. Bilanțul termic al unei încăperi încălzite

Sistemul de încălzire trebuie să creeze în încăperile clădirii o ambianță care să corespundă condițiilor de confort și cerințelor proceselor tehnologice. Această ambianță depinde de puterea termică a sistemului din încăpere, de modul de amplasare a corpurilor de încălzire, de calitățile de protecție termică a anvelopei, de alte surse de căldură precum și de pierderile de căldură care apar. Bilanțul termic al unei încăperi încălzite este dat de relația:

$$Q_i + Q_{pi} + Q_{tr} = Q_i + Q_d, [W] \quad (6.1)$$

Unde:  $Q_i$  – pierderile de căldură prin conducție termică prin elementele exterioare de construcție,  $Q_{pi}$  – pierderile de căldură corespunzătoare încălzirii aerului pătruns în încăperea respectivă prin neetanșeitățile elementelor respective și prin ventilare naturală, la deschiderea ușilor și a ferestrelor,  $Q_{tr}$  – cantitatea de căldură înmagazinată în elementele de construcție,  $Q_i$  – cantitatea de căldură introdusă de instalația de încălzire,  $Q_d$  – cantitatea de căldură introdusă de degajările interioare de căldură.

## 6.3. Necesarul de căldură pentru încălzire

Calculul necesarului de căldură pleacă de la calculul pierderilor de căldură. Instalațiile din clădiri trebuie să asigure în perioada rece a anului necesarul de căldură pentru încălzire, ventilare și preparat apă caldă de consum.

Metoda de calcul este reglementată prin [100] potrivit căreia, neglijând  $Q_d$ , necesarul de căldură pentru încălzire  $Q_i$  se determină cu relația:

$$Q_i = Q_T \cdot \left( 1 + \sum \frac{A_0 + A_c}{100} \right) + Q_m, [W] \quad (6.3)$$

1.  $Q_T$  – pierderea de căldură prin conducție termică;

$$Q_T = \sum m \cdot S \cdot \frac{(t_i - t_e)}{R_{os}} + Q_s, [W] \quad (6.4)$$

Unde: •  $m$  [kg] – coeficient de masivitate termică a elementelor de construcție exterioare,  $S$  [ $m^2$ ] – aria fiecărui element de construcție,  $t_i$  [ $^{\circ}C$ ] – temperatura interioară (18 $^{\circ}C$ ),  $t_e$  [ $^{\circ}C$ ] – temperatura exterioară încăperii

considerate,  $R_{os}$  [ $\frac{m^2 \cdot grad}{W}$ ] – rezistența specifică a elementului de construcție considerat, ( $m, R_{os}$  → [115]),  $Q_s$  – pierderea de căldură prin sol;

$$Q_s = S_p \cdot \frac{(t_i - t_f)}{R_p} + S_c \cdot \frac{(t_i - t_e)}{R_{bc}}, [W] \quad (6.5)$$

$S_p [m^2]$  - aria cumulată a pardoselii și a pereților aflați la demisol;

$$S_p = a \cdot b + p \cdot h \quad (6.6)$$

Unde:  $a, b [m]$  - dimensiunile încăperii,  $p [m]$  - perimetrul,  $h [m]$  - cota pardoselii sub nivelul solului,  $S_c [m^2]$  - aria unei benzi cu lățimea de 1m situată de-a lungul conturului exterior al suprafeței  $S_p$ ,  $R_p \left[ \frac{m^2 \cdot grd}{W} \right]$  - rezistența termică specifică cumulată a pardoselii și a stratului de pământ cuprins între pardoseală și pânza de apă freatică;

$$R_p = \sum \frac{\delta}{\lambda}, \left[ \frac{m^2 \cdot grd}{W} \right] \quad (6.7)$$

Unde:  $\delta [m]$  - grosimea straturilor luate în considerare,  $\lambda \left[ \frac{W}{m \cdot grd} \right]$  - conductivitatea termică a materialului din care este alcătuit stratul luat în considerare conform [115],  $R_{bc}$  - rezistența termică specifică a benzii de contur la trecerea căldurii prin pardoseală și sol către aerul exterior,  $t_f$  - temperatura apei freactice, considerată 10°C pentru toate zonele climatice ale țării.

2.  $\sum \frac{A_o + A_c}{100} (\%)$  - suma adaosurilor afectate pierderii prin transmisii;

•  $A_o [\%]$  - adaos pentru orientare; se determină în scopul diferențierii necesarului de căldură al încăperilor diferit expuse radiației solare, nu depășește valoarea de  $10 \cdot \frac{m^2 \cdot grd}{W}$ ; rezistența specifică medie se calculează cu relația:

$$R_{OM} = \frac{S_T \cdot (t_i - t_e)}{Q_T}, \left[ \frac{m^2 \cdot grd}{W} \right] \quad 6.8$$

Unde:  $S_T [m^2]$  - aria totală a încăperii (suma tuturor ariilor suprafețelor delimitatoare).

3.  $Q_{in}$  - necesarul de căldură pentru încălzirea aerului infiltrat, de la temperatura exterioară la temperatura interioară; necesarul de căldură pentru încălzirea aerului infiltrat prin neetanșitățile ușilor și ferestrelor și a aerului la deschiderea ușilor, se calculează cu relația:

$$Q_{in} = E \cdot \sum (l \cdot i) \cdot v^{4/3} \cdot (t_i - t_e) + Q_u, [W] \quad (6.9)$$

Unde:  $E$  - factor de corecție cu înălțimea,  $i$  - coeficient de infiltrație prin rosturi,  $l [m]$  - lungimea rosturilor, ușilor și ferestrelor, supuse acțiunii vânturilor; (perimetrul ușilor și ferestrelor),  $v [m/s]$  - viteza de calcul a vântului,  $Q_u [W]$  - necesarul de căldură pentru încălzirea aerului pătruns la deschiderea ușilor exterioare.

#### 6.4. Structura și amplasamentul locuinței

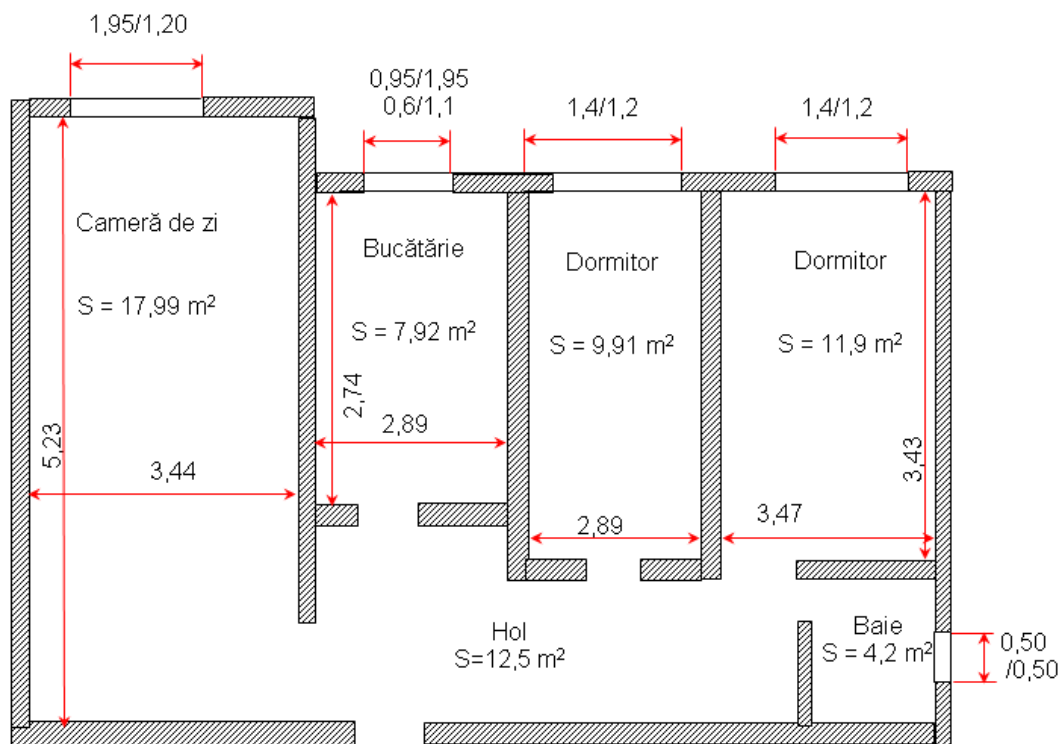
Clădirea este situată în orașul Galați, se află la nivelul solului și are două dormitoare, o baie, o camera de zi, o bucătărie și un hol. Casa a fost construită pentru nevoile unei familii de doua, trei sau patru persoane, având suprafața de 64,42 m<sup>2</sup>.

Pentru alimentarea cu energie electrica a locuinței s-au ales utilizarea de sisteme fotovoltaice (PV), iar pentru alimentarea cu energie termică se vor utiliza colectori solari. Se va mai utiliza în caz de nevoie, un concentrator solar cu modul Seebeck ce utilizează module TEG (generator termo-electric).

Suprafețele efective ale imobilului pe fiecare cameră în parte sunt prezentate în tabelul 6.1.

**Tabel 6.1. Suprafață casă**

Dormitoare	Suprafața [m <sup>2</sup> ]	Înălțime [m]
Holl	12,5	2,6
Baie	4,2	
Bucatarie	7,92	
Dormitor 1	9,91	
Dormitor 2	11,9	
Living room	17,99	
<b>Suprafața totală</b>	<b>64,42 [m<sup>2</sup>]</b>	



**Figura 6.2. Plan amprentă locuință la sol**

Utilizând relațiile precedente s-au efectuat calculele pierderilor de căldură prin transmisie  $Q_T$  și a căldurii necesare pentru încălzirea aerului infiltrat  $Q_{in}$ , rezultând necesarul de căldură pentru încălzirea fiecărei camere  $Q_i^c$  și pentru întreaga locuință  $Q_i$ . Valorile obținute sunt prezentate în tabelul 6.8.

Tabel 6.2. Calculul necesarului de căldură pentru locuință

DENUMIRE	ORIENTARE	LĂTIME (m)	ÎNĂLȚIME (m)	SUPRAFAȚĂ (m <sup>2</sup> )	NUMĂR	DE SCĂZUT (m <sup>2</sup> )	ÎN CALCUL (m <sup>2</sup> )	Ros $\left(\frac{m^2 \cdot grad}{W}\right)$	m	Δt (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
<b>Camera 1:</b>											
PE	V	3,44	2,55	8,772	1	2,34	6,432	0,195	1,05	35	1212,184
PE	N	1,25	2,55	3,187	1	-	3,187	0,165	1	35	676,030
FC	V	1,95	1,20	2,34	1	-	2,34	0,39	1,2	35	252,000
Q <sub>T CAMERA</sub> =2140,214											
<b>Camera 2:</b>											
PE	V	2,89	2,55	7,369	1	1,852	5,517	0,195	1,05	35	1039,742
UE	V	0,95	1,95	1,852	1	0,66	1,192	0,39	1,2	35	128,369
FC	V	0,6	1,1	0,66	1	-	0,66	0,39	1,2	35	71,076
Q <sub>T CAMERA</sub> =1239,187											
<b>Camera 3:</b>											
PE	V	2,89	2,55	7,369	1	1,68	5,689	0,195	1,05	35	1072,157
FC	V	1,4	1,2	1,68	1	-	1,68	0,39	1,2	35	180,923
Q <sub>T CAMERA</sub> =1253,080											
<b>Camera 4:</b>											
PE	V	3,47	2,55	8,848	1	1,68	7,168	0,195	1,05	35	1350,892
PE	N	3,43	2,55	8,746	1	-	8,746	0,165	1	35	1855,212
FC	V	1,4	1,2	1,68	1	-	1,68	0,39	1,2	35	180,923
Q <sub>T CAMERA</sub> =3387,027											
<b>Camera 5:</b>											
PE	N	1,73	2,55	4,411	1	0,25	4,161	0,165	1,05	35	882,636
FC	N	0,5	0,5	0,25	1	-	0,25	0,39	1,2	35	26,923
Q <sub>T CAMERA</sub> = 909,559											

ADAOSURI		FACTOR: $1 + \frac{\sum A}{100}$	Q <sub>T</sub> · $\left(1 + \frac{\sum A}{100}\right)$ (W)	l (m)	i $\left(\frac{W \cdot s^{4/3}}{m^{4/3} \cdot grad}\right)$	$\frac{V^{4/3}}{s^{4/3}}$	E	Q <sub>in</sub> (W)	Q (W)
A <sub>0</sub> (%)	A <sub>c</sub> (%)								
<b>Camera 1:</b>									
0,05	9,6%	1,146	2452,685	7,5	0,093	16	1,07	417,942	2870,627
<b>Camera 2:</b>									
0	7,3%	1,073	1329,647	3,4	0,093	16	1,07	189,467	1519,114
<b>Camera 3:</b>									
0	8,7%	1,087	1362,097	5,2	0,093	16	1,07	289,773	1651,87
<b>Camera 4:</b>									
0,05	13,8%	1,188	4023,756	5,2	0,093	16	1,07	289,773	4313,529
<b>Camera 5:</b>									
0	8,2%	1,082	984,142	2	0,093	16	1,07	111,451	1095,593

Pentru întreaga locuință rezultă:

$$Q_i = \sum Q_i^c = 11448 [W]$$

## 6.5. Izolarea termică a pereților plani

### 6.5.1. Perete plan neomogen mărginit de două fluide cu temperaturi cunoscute

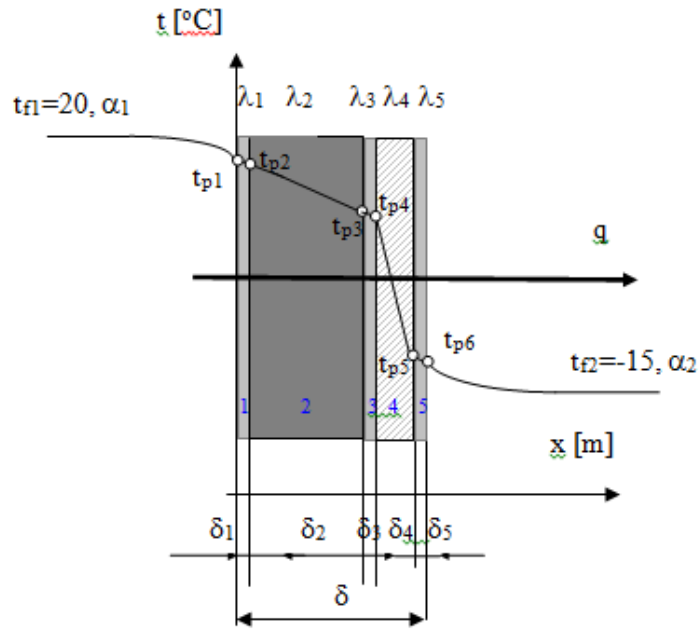


Figura 6.3. Perete plan izolat

### 6.5.2. Determinarea temperaturilor pe suprafețele laterale și pe suprafețele de contact ale peretelui în cazul montării izolației

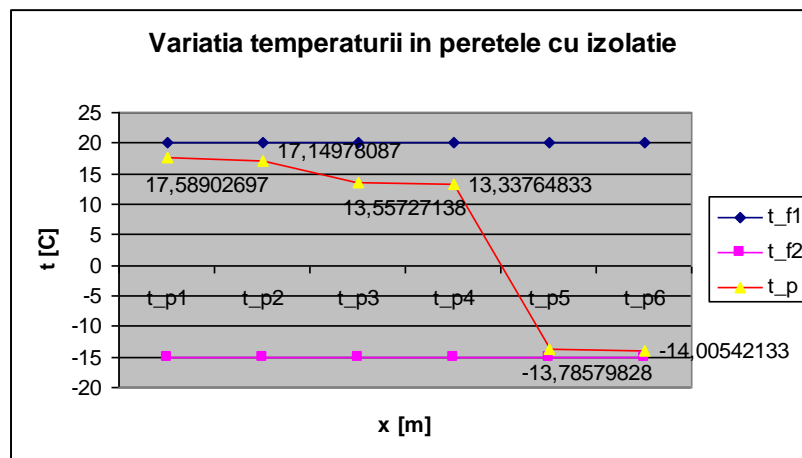


Figura 6.4. Vizualizarea variației temperaturilor pe suprafețele laterale și pe suprafețele de contact ale peretelui în cazul montării izolației la exterior

**6.5.3. Determinarea temperaturilor pe suprafețele laterale și pe suprafețele de contact ale peretelui în cazul peretelui neizolat**

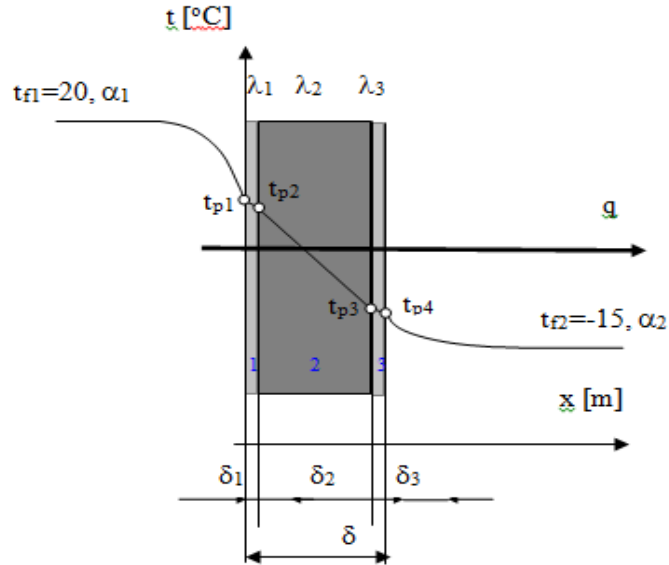


Figura 6.5. Perete plan neizolat

**6.5.4. Temperaturile pe suprafețele laterale și pe suprafețele de contact ale peretelui neizolat**

În acest caz, necesarul de căldură pentru apartamentul studiat se reduce la 9112,52W.

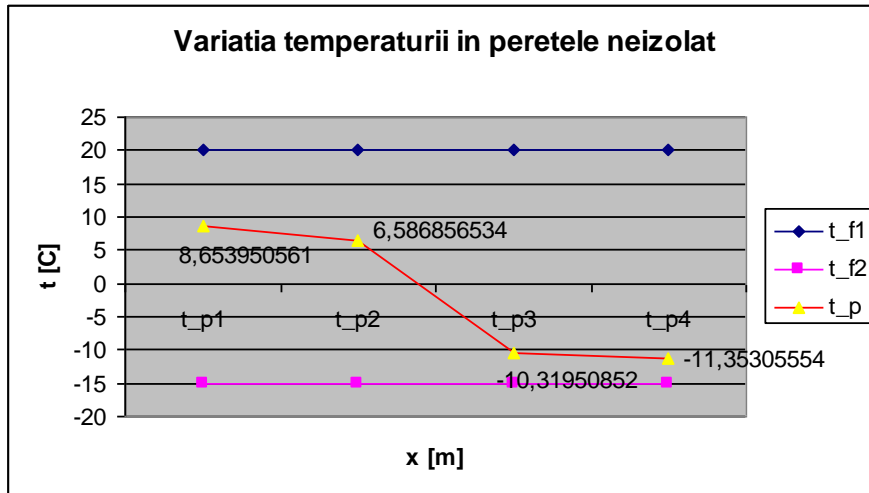


Figura 6.6. Vizualizarea variației temperaturilor pe suprafețele laterale și pe suprafețele de contact ale peretelui neizolat

Am vrut să văd cum variază necesarul de căldură, în cazul în care locuința este izolată sau neizolată termic și am determinat fluxul termic și variația temperaturii în izolație și în perete.

În figura 6.7. a rezultat densitatea de flux termic în cazul unui perete izolat respectiv neizolat termic.

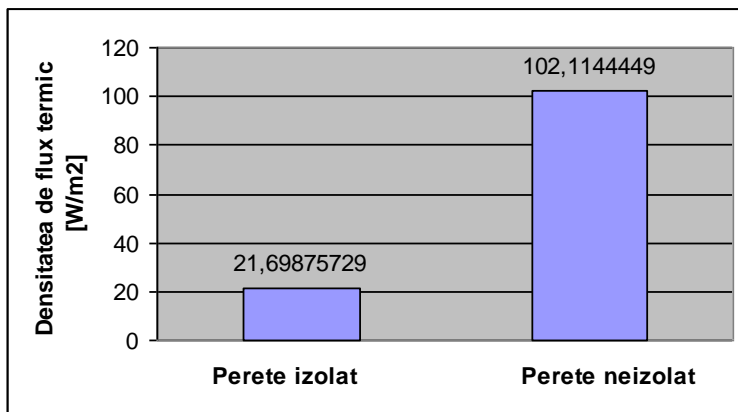


Figura 6.7. Densitatea de flux termic în cazul peretelui izolat respectiv neizolat

După cum se observă, s-a redus de cinci ori fluxul termic pierdut în pereții izolați. Astfel pereții izolați, nu se mai distrug, nu mai îngheață și nu mai este permeabil (nu pătrunde apă).

### 6.6. Date privind consumul de apă caldă menajeră

Distribuția consumului total de apă caldă, exprimată în procente pe parcursul a 24 de ore este prezentată în figura 6.8.

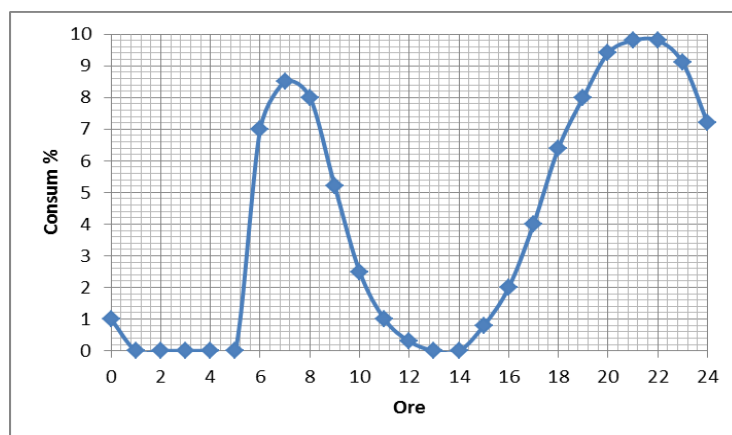


Figura 6.8. Consumul de apă caldă pentru locuință pe parcursul unei zile

În graficul din figura 6.8. se observă un consum ridicat de apă caldă menajeră, între orele: 06:00 – 08:00 și 21:00-22:00.

Tabel 6.3. Distribuția consumului de apă caldă pe parcursul zilei

Ora	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
V(t)	%	1	1	1	8	24,5	32,2	33,5	33,5	36,3	46,7	64,1	83,7	100
	1	2	2	2	16	49	34,4	67	67	72,6	83,4	128,2	167,4	200

În figura 6.9. este prezentat grafic variația lunară a necesarului de căldură pentru apă caldă menajeră pentru locuință.



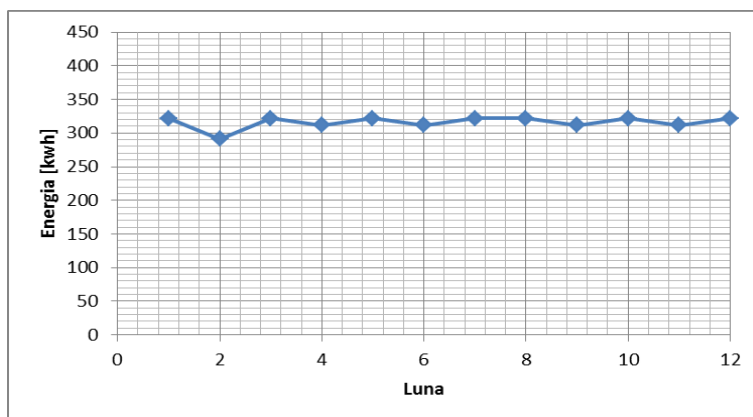


Figura 6.9. Necesarul de căldură pentru consumul de apă caldă menajeră

### 6.7. Date privind consumul de energie electrică

Pentru determinarea consumului de energie s-a utilizat un program ce simulează potențialul de energie electrică pe fiecare cameră a locuinței analizate.

În tabelul 6.4. este prezentat ciclul zilnic pe tip de consum de energie electrică pe timp de iarnă și vară.

Tabel 6.4. Ciclul zilnic al consumului de energie electrică

Tip de consum	Iarnă (oră din zi)	Vară (oră din zi)
consum scăzut	22:00-08:00	22:00-08:00
consum mediu	08:00-09:00; 10:00-18:00; 20:30-22:00	08:00-11:00; 13:00-20:00; 21:00-22:00
consum maxim	09:00-10:00; 18:00-20:30	11:00-13:00; 20:00-21:00

Pentru determinarea consumului de energie electrică s-au considerat echipamentele electrocasnice.

Consumatorii aleși în determinarea consumului total de energie electrică pentru bucătărie, necesar pe cameră/locuință sunt prezentați în figura 6.10. [122].

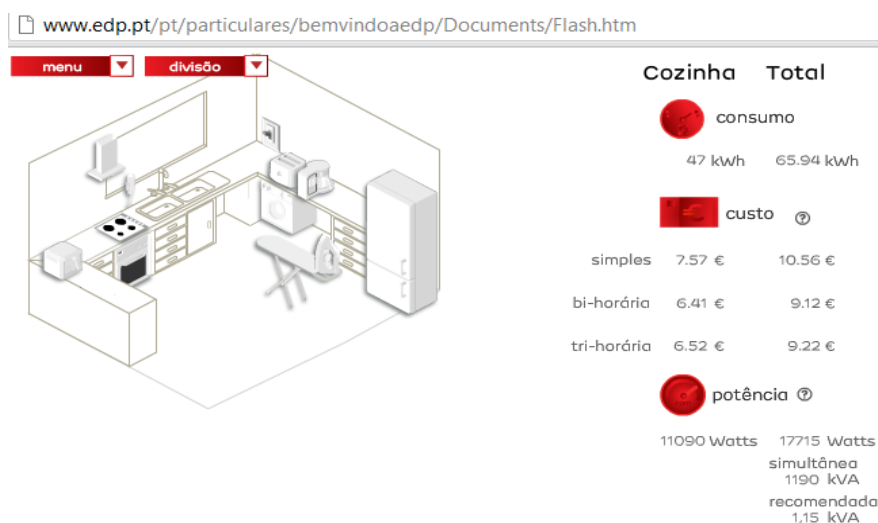
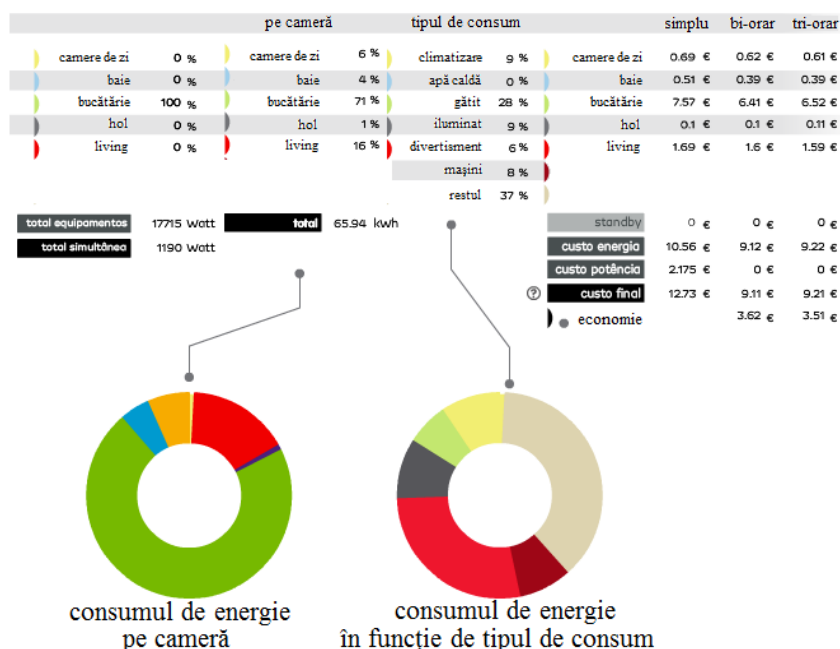


Figura 6.10. Bucătărie

Rezultatele prezentate au fost obținute utilizând programul Edp Renewable [122]. Consumatorii reprezentați în principal prin aparatură electrocasnică, au o putere de 17715 W. Costul energiei electrice variază funcție de modul în care este utilizat. Pentru locuință se utilizează costul simplu. Consumul de energie electrică a locuinței a fost calculat pe fiecare cameră în parte.

În figura 6.11. este reprezentat necesarul de energie electrică și respectiv puterea dată de consumatori pe parcursul unei luni pentru locuința studiată.

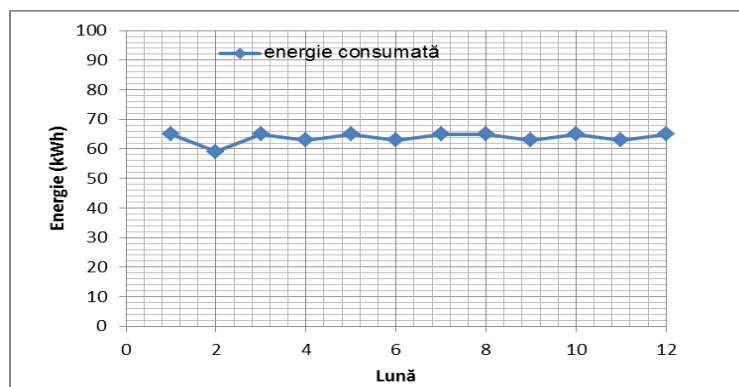


**Figura 6.11. Rezultatele putere, consum, cost în decursul unei luni**

Se observă că necesarul total de electricitate pe parcursul unei luni este de 65.94 kWh.

Consumul de energie electrică este repartizat în procente pe fiecare cameră în parte după cum putem observa în figura 6.11., din care se distinge un consum de 71% pentru bucătărie.

În graficul din figura 6.12. este prezentată variația lunară a energiei electrice necesare locuinței.



**Figura 6.12. Necesarul de energie electrică al locuinței**

Pentru a asigura necesarul de electricitate a locuinței se vor utiliza panouri solare cuplate în serie.

## 6.8. Concluzii

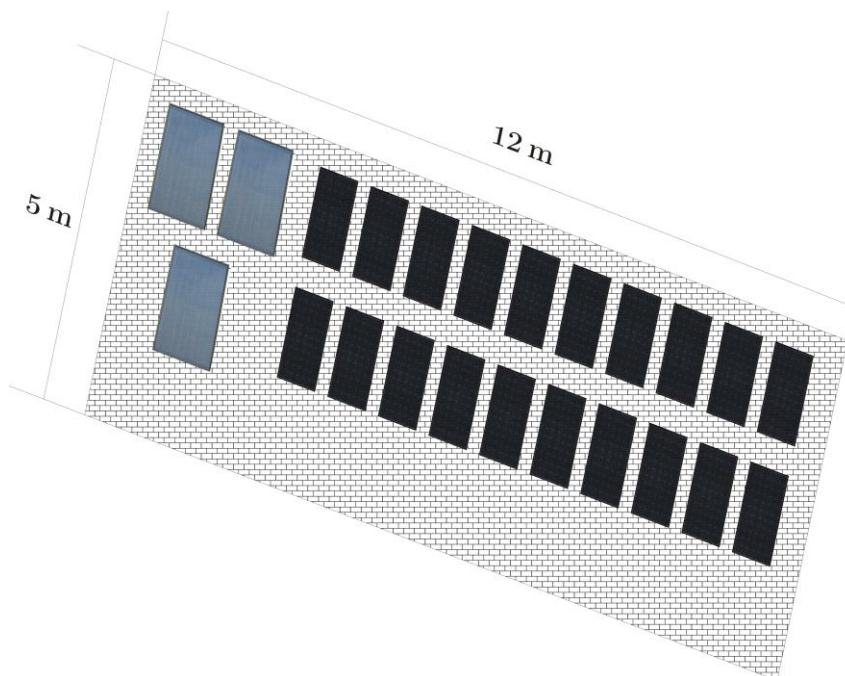
În urma calculelor variației temperaturilor pe suprafețele laterale și pe suprafețele de contact, pentru o temperatură interioară de 20°C și exterioară (temperatura mediului ambiant) de -15 °C, în cazul peretelui izolat sau neizolat termic, a rezultat un flux termic de cinci ori mai mic pentru peretelui izolat termic, ceea ce a conchis că peretele izolat nu se mai distruge, nu îngheață și nu este permeabil datorită izolației și a condus la îmbunătățirea randamentului termic cu peste 12%.

Condițiile climaterice, bilanțul termic, necesarul de căldură pentru încălzire, structura și amplasamentul locuinței, determinarea rezistențelor termice specifice elementelor specifice construcției, izolarea termică a pereților plani, consumul de apă caldă menajeră, respectiv consumul de energie electrică pe perioada anului, au fost determinate pentru alegerea și dimensionarea instalațiilor solare necesare acoperirii acestora nevoi.

## CAPITOLUL VII Regimurile de funcționare ale instalațiilor solare utilizate pentru locuință

La dimensionarea colectoarelor solare și a panourilor solare s-a avut în vedere necesarul de căldură pentru locuință, volumul zilnic de apă caldă menajeră, respectiv consumul mediu de energie electrică pe o perioadă de un an, valori calculate în capitolul VI.

Pentru acoperirea necesarului termic și electric de energie al locuinței, pe suprafața acoperișului ( $60 \text{ m}^2$ ), orientat spre S, în urma calculelor efectuate în capitolul anterior, a rezultat necesitatea montării a trei colectoare cu o suprafață de  $5.85 \text{ m}^2$  și douăzeci de panouri solare (10 module, în două șiruri) cu o suprafață de  $12.6 \text{ m}^2$  (figura 7.1).



*Figura 7.1. Modul de dispunere pe acoperiș a panourilor și colectoarelor solare*

Acoperișul este înclinat la un unghi de  $30^\circ$ .

### 7.1. Instalațiile solare pentru acoperirea necesarului de căldură și apă caldă menajeră

Pentru a realiza necesarul de apă caldă menajeră și apă caldă pentru încălzirea locuinței pe timpul iernii la o temperatură de minim  $45^\circ\text{C}$ , am ales colectorul solar plan prezentat în Figura 7.3. Acest tip de instalație conține un colector solar plan, un schimbător de căldură, un rezervor de stocare și preparare apă caldă, două pompe și o rezistență electrică ce menține apa din rezervorul de stocare pe tot timpul anului la o temperatură de minim  $60^\circ\text{C}$ . Fiecărei pompe i s-a atașat un regulator de temperatură care monitorizează diferența de temperatură a apei din schimbătorul de căldură (colector) și temperatura apei din rezervorul de stocare, determinând, cuplarea/decuplarea unei pompe de recirculare a apei prin colector, respectiv un regulator ce monitorizează diferența de temperatură a apei din rezervorul de stocare și temperatura apei din returul instalației ce deservește locuința. În situația în care temperatura apei din colectorul solar crește cu o valoare determinată față de apă din rezervorul de stocare (de regulă  $4 - 11^\circ\text{C}$ ), regulatorul de temperatură determină pornirea pompei de circulație. Dacă temperatura colectorului solar scade cu  $2 - 5^\circ\text{C}$  sub temperatura apei din rezervorul de stocare, regulatorul oprește pompa. Colectorul solar captează energia solară și încălzește apa ce circulă prin acesta (figura 7.2.). Apa rece de la rețea intră în rezervorul de stocare și preparare apă caldă, prin partea inferioară a acestuia, preia căldura pe la schimbătorul de căldură, după care cu ajutorul unei pompe este trimisă în instalația de consum apă caldă. Temperatura apei în rezervorul de stocare este menținută la o temperatură de  $60^\circ$  pe tot timpul anului cu o rezistență electrică.

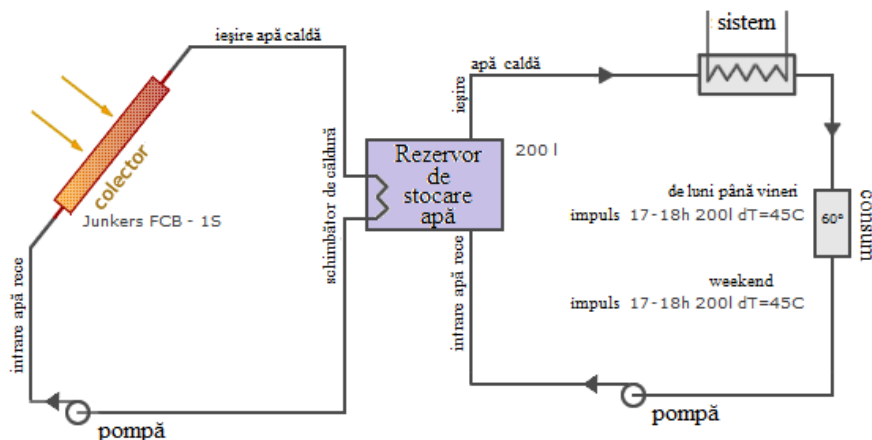


Figura 7.2. Colectorul solar Junkers FCB-15

Pentru a determina eficiența energetică a sistemului am realizat un program numeric în Matlab, care pe baza datelor climatice și al necesarului energetic al locuinței calculate în capitoul anterior, am calculat energia electrică, apa caldă și căldura lunară, produsă de colectoarele respectiv panourile solare precum și energia auxiliară necesară acoperirii sarcinii termice în lunile cu o intensitate a radiației solare reduse. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelele 7.3., 7.5.

### 7.1.2. Analiza energetică a sistemului termic

În tabelul 7.1. este prezentată analiza energetică pentru sistemul termic ce cuprinde trei colectori solari plani.

Tabel 7.1. Analiza energetică pentru sistemul termic

Luna	Nr. Zile	Radiația	Radiația	$E_c$	$E_{nec}$	$E_{aux}$
		orizontală	încălzită	Energia produsă	Energia consumată	Energia auxiliară
		kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh
Ian	31	46	74	116	416	300
Feb	28	65	92	142	354	212
Mar	31	107	130	200	380	180
Apr	30	148	160	241	345	104
Mai	31	184	179	274	327	53
Iun	30	200	188	283	310	27
Iul	31	203	194	298	309	11
Aug	31	178	185	291	297	6
Sep	30	136	160	270	321	51
Oct	31	92	124	218	357	139
Noi	30	49	79	136	368	232
Dec	31	37	64	102	393	291
Anual	365	1445.79	2747	2571	4177	1606

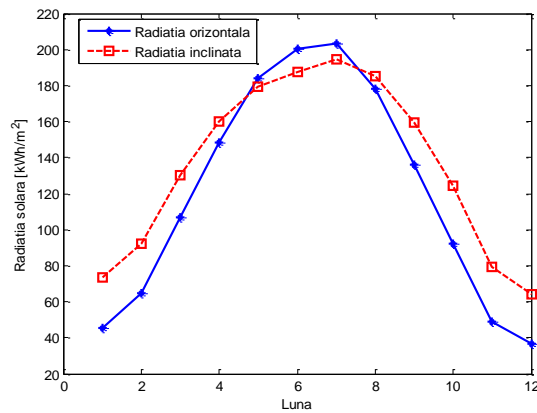
Unde: • Rad. orizontală – energia acumulată (lunar sau anual) pe unitatea de suprafață, colector plan orizontal;

- Rad. înclinată – energia acumulată (lunar sau anual) pe unitatea de suprafață, colector plan înclinat, sub un unghi de 30°;
- $E_c$  – energia produsă (lunar sau anual) de sistemul solar, de trei colectori plani înclinați Junkers FCB - 1S;
- $E_{nec}$  – energia necesară (lunar sau anual) producerii de apă caldă menajeră și încălzirii locuinței;
- $E_{aux}$  – surplusul de energie (lunar sau anual) necesar completării energiei obținute de la colectori solari plani.

Energia necesară producerii de apă caldă menajeră și căldură pentru locuință este egală cu suma dintre energia produsă de sistemul solar și surplusul de energie necesar completării energiei obținute de la colectori (relația 7.1).

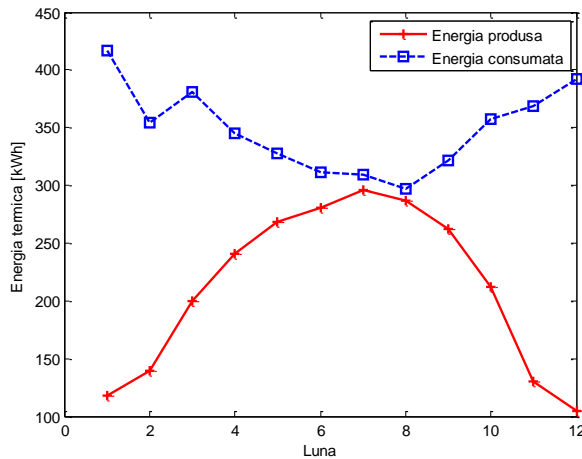
$$E_{nec} = E_c + E_{aux} [kWh] \quad (7.1)$$

Folosind rezultatele obținute în programul Matlab, am reprezentat grafic variația intensității radiației solare pe parcursul unui an, pentru o suprafață orizontală și pentru o suprafață înclinată, pentru un unghi al celor trei colectoare de 30°.



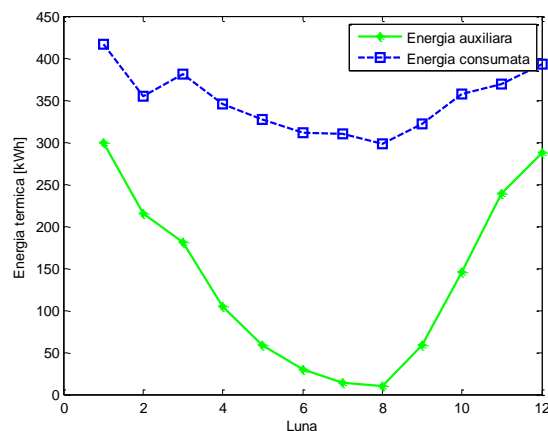
**Figura 7.3. Variația intensității radiației solare pe o suprafață orizontală și pe o suprafață înclinată**

În figura 7.4. este reprezentată variația lunară a energiei produse de sistemul termic și variația lunară a energiei consumate pentru asigurarea necesarului de energie termică a locuinței.



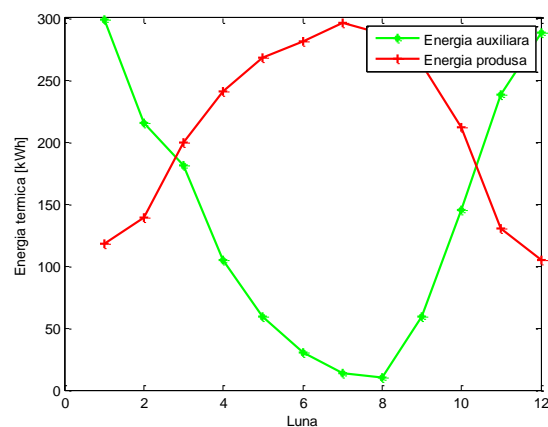
**Figura 7.4. Variația lunară a energiei produse de sistemul termic în raport cu necesarul lunar de energie a locuinței**

În figura 7.5. este reprezentată variația lunară a necesarului de energie termică și variația lunară a consumului auxiliar (din alte surse) pentru asigurarea necesarului termic al locuinței



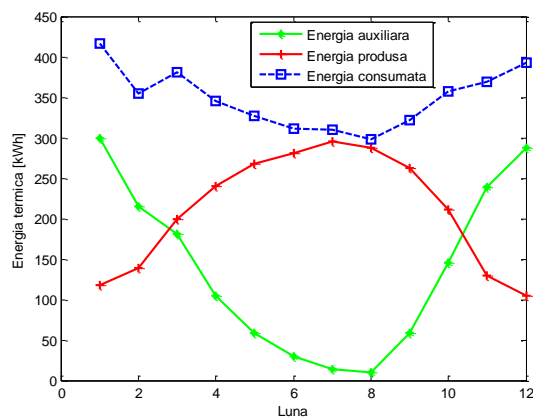
**Figura 7.5. Necesarul lunar de căldură în raport cu consumul auxiliar**

În figura 7.6. este reprezentată grafic variația lunară a căldurii produse de colectoarele solare și variația lunară a consumului auxiliar pentru acoperirea necesarului de energie termică a locuinței.



**Figura 7.6. Necesarul lunar de căldură produsă în raport cu consumul auxiliar**

În figura 7.7. este reprezentat grafic variația lunară a necesarului de energie termică, variația lunară a energiei termice produse de colectoarele solare și variația lunară a consumului auxiliar pentru acoperirea necesarului de energie termică a locuinței.



**Figura 7.7. Necesarul lunar de căldură produsă, raportat la consumul auxiliar și energia consumată**

După cum putem observa din graficele de mai sus, energia necesară producerii de apă caldă menajeră și încălzirii locuinței este acoperită de cei trei colectori solari pentru lunile iulie, august. În lunile de vară se observă că diferența dintre energia consumată și energia produsă de colectoarele solare este foarte mică și se observă că avem nevoie de o cantitate de energie auxiliară mică, pe când în lunile de iarnă cantitatea de energie auxiliară necesară este mai mare.

## 7.2.Instalațiile solare pentru acoperirea necesarului de energie electrică pentru locuință

Pentru a realiza necesarul de energie electrică al locuinței am ales douăzeci de panourile solare Siemens M75S din siliciu monocristalin

### 7.2.1.Analiza energetică a sistemului electric

În tabelul 7.2. sunt prezentate rezultatele analizei energetice, pentru sistemul fotovoltaic ce cuprinde douăzeci de panouri.

*Tabel 7.2.Analiza energetică a sistemului fotovoltaic*

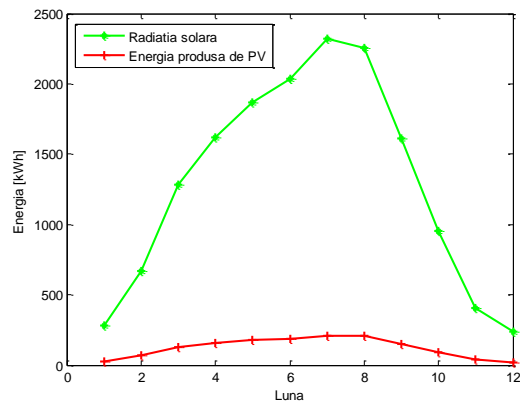
Luna	Nr. Zile	E	E	E	E	E
		(rad. solară)	(PV)	(excedentară)	(auxiliară)	(consumată)
		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Ian	31	285	26	-	52	63
Feb	28	670	66	17	25	57
Mar	31	1282	125	64	22	63
Apr	30	1617	157	81	5	61
Mai	31	1865	177	101	6	63
Iun	30	2035	189	112	2	61
Iul	31	2321	210	130	5	63
Aug	31	2257	205	123	-	63
Sep	30	1612	150	81	12	61
Oct	31	952	91	32	23	63
Noi	30	409	39	2	41	61
Dec	31	236	21	-	58	63
<b>Anual</b>	365	15541	1456	743	245	741

Unde:• E (rad. solar) – intensitatea radiației solare (lunar sau anual) acumulată pe panourile fotovoltaice, înclinate sub un unghi de 36°;

- E (PV) – energia produsă (lunar sau anual) de panourile fotovoltaice;
- E (excedentară) – surplusul de energie (lunar sau anual) produs de panourile solare;
- E (auxiliară) – surplusul de energie (lunar sau anual) necesar completării energiei electrice obținute de la panourile solare;
- E (consumată) – energia electrică necesară (lunar sau anual) locuinței.

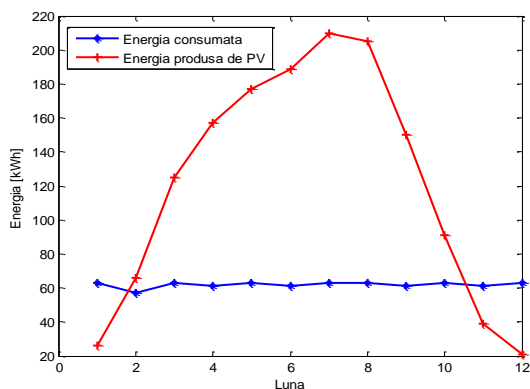
În figura 7.8. este reprezentată grafic variația lunară a energiei electrice produse de panourile solare Siemens și variația lunară a intensității radiației solare.





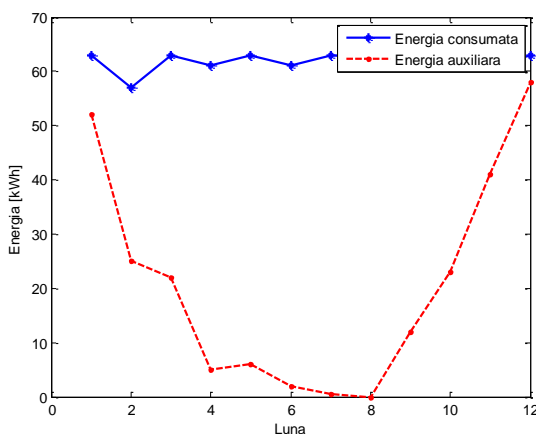
**Figura 7.8. Energia electrică produsă de panourile solare Siemens în raport cu intensitatea radiației solare**

În figura 7.9. este prezentată variația lunară a energiei electrice produse de panourile solare Siemens și variația lunară a necesarului de energie electrică.



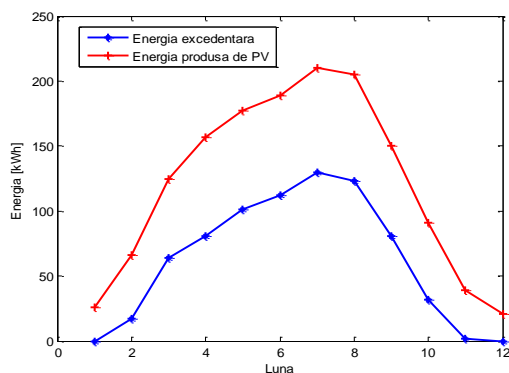
**Figura 7.9. Energia electrică produsă de panourile solare Siemens comparativ cu necesarul de energie electrică pentru locuință**

În figura 7.10. se observă variația lunară a necesarului de energia electrică pentru locuință și variația lunară a consumului auxiliar (din alte surse) pentru asigurarea necesarului electric al locuinței.

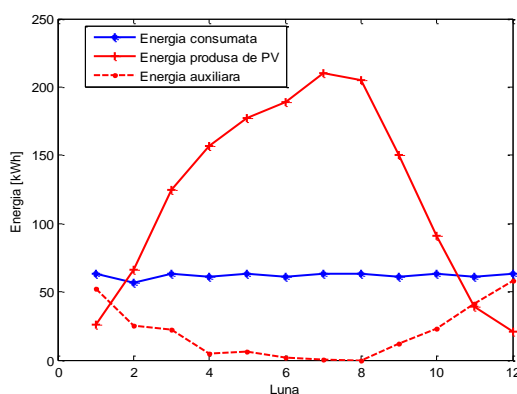


**Figura 7.10. Necesarul de energie electrică pentru locuință în raport cu consumul auxiliar**

În graficele din figura 7.11. se observă variația lunară a energiei electrice și variația lunară a energiei excedentare produse de panourile Siemens.



**Figura 7.11. Energia electrică produsă de panourile solare în raport cu energia excedentară de la panourile Siemens**



**Figura 7.12. Energia produsă de PV în raport cu energia consumată și energia necesară din surse auxiliare**

Se observă că energia produsă de panourile solare în lunile ianuarie, noiembrie și decembrie este sub necesarul de energie electrică pentru locuință, iar în celelalte luni aceasta energie produsă de panouri crește având un excedent, atingând valoarea maximă de 200kWh. În acest caz soluția poate fi conversia energiei electrice excedentare în energie termică. Însă această energie transferată poate acoperi necesarul termic de energie din martie până în septembrie. Pentru lunile octombrie - februarie inclusiv, căldura necesară și neacoperită de instalațiile existente este produsă de un sistem auxiliar utilizând biomasa.

### 7.3. Concluzii

Studiile realizate au condus la concluzia că în perioada martie – octombrie, necesarul total de energie utilizat pentru prepararea apă caldă menajeră, respectiv încălzire locuință, necesar asigurării unui confort pentru patru persoane, este acoperit în proporție de 60% de trei colectoare solare tip Junkers FCB-1S. Restul de până la 100%, din energia necesară, s-a completat folosind excedentul de energie electrică, obținut de la 20 de panouri solare tip Siemens M75S (utilizând aparate de aer condiționat respectiv boilere electrice). Energia necesară și neacoperită prin utilizarea celor două tipuri de sisteme solare, în lunile ianuarie, februarie, noiembrie, decembrie a fost gândită a se produce, folosind un sistem auxiliar de șemineu cu lemne, încastrat, cu cămașă de apă din oțel, cu ușa de protecție tip SAMSON 130 PW. Acest sistem utilizează căldura gazelor arse evacuate prin coșul de fum, pentru producerea de apă caldă menajeră și pentru încălzire. Rezultatele și calculele efectuate în urma simulării modelului ce utilizează cele două tipuri de instalații solare, pot fi valorificate în aplicații practice, pentru locuințe amplasate într-un mediu climatic asemănător celui existent în orașul Galați. Prezentul model de simulare, sursă de energie regenerabilă, inepuizabilă și ieftină, reprezintă o alternativă la producerea de energie ce folosește combustibili fosili și produse derivate ale acestora, cu cost ridicat, a căror sursă este pe cale de epuizare și sunt nocivi atmosferei, contribuind la producerea efectului de seră (fenomen de încălzire globală a Pământului).

## CAPITOLUL VIII Concluzii finale și contribuții personale

### Concluzii finale

Prin realizarea studiului privind independența energetică a unei locuințe amplasată în orașul Galați, ce face obiectul prezentei teze, au rezultat concluziile:

- datorită datelor climaterice de tip temperat continental favorabile, datorate amplasării orașului, energia solară se încadrează în rândul energiilor regenerabile, fiind ușor de utilizat sub formă de energie termică și electrică;

- în urma calculelor efectuate în capitolul IV al prezentei lucrări, s-a obținut o fracție solară anuală de 46.044%, ce a condus la concluzia că locația aleasă pentru studiu, îndeplinește condițiile necesare și suficiente în utilizarea de colectoare solare eficiente din punct de vedere energetic, pentru preparare apă caldă menajeră și încălzire locuință;

- pentru prepararea apei calde menajere, cele mai adecvate sunt instalațiile solare cu colectoare plane înclinate, cu unghi de incidență a colectorului solar cuprins între  $0^\circ$  -  $30^\circ$ ;

- pentru unghiul de incidență al colectorului solar cuprins între  $0^\circ$  -  $30^\circ$ , intensitatea radiației solare incidente ia valori maxime, câștigul energetic anual maxim se realizează fără o modificare periodică a unghiului de incidență al colectorului;

- datele climaterice de tip temperat continental datorate amplasării geografice a României pe globul Pământesc face ca intensitatea radiației solare să fie mare, ceea ce permite utilizarea concentratorului solar cu modul Seebeck, care pe lângă posibilitatea de producere de electricitate produce și apă caldă;

- modulul Seebeck se pretează în momentul actual cu o rentabilitate mai mare în contextul unei nevoi mai mari de producere apă caldă, și unei nevoi mai mici de producere curent electric;

- câștigul utilizării acestui tip de instalație solară, este în principal randamentul modulului Seebeck, care chiar dacă în prezent este de aproximativ 5%, fiind de trei ori mai mic decât randamentul celulelor fotovoltaice care produce numai curent electric, aceste tipuri de instalație produc în același timp și apă caldă cu un randament de aproximativ 70%;

- prin utilizarea noului tip de concentrator solar cu modul Seebeck, se deschid noi orizonturi de cercetare în domeniul materialelor utilizate pentru realizarea elementelor acestui tip de concentrator solar, astfel încât datorită polarizării electrice a materialului solid la interacțiunea cu lumina, să genereze o diferență de potențial mai mare, crescând astfel eficiența în producerea și de energie electrică;

- în capitolul VI s-au efectuat calculele pierderilor de căldură prin transfer termic și a căldurii necesare pentru încălzirea aerului din încăperi, rezultând un necesar de căldură pentru încălzirea fiecărei camere în parte, cât și pentru întreaga locuință  $Q_t = 11448W$ . Deasemeni s-a tratat creșterea performanței energetice a locuinței, prin izolație termică folosind materiale termoizolante pentru elementele de închidere a clădirilor (acoperișul și pereții exteriori), rezultând o reducere a pierderilor de căldură și implicit o reducere a puterii necesare instalației de încălzire;

- în urma calculelor efectuate în cazul peretelui izolat sau neizolat termic, a rezultat un flux termic de cinci ori mai mic pentru peretele izolat, ceea ce a conchis că peretele nu se distruge, nu îngheață și nu este permeabil datorită izolației, studiu în urma căruia a rezultat o îmbunătățire a randamentului termic cu peste 12%;

- în dimensionarea și alegerea instalațiilor solare (colectoare, panouri solare), s-a avut în vedere necesarul de energie termică (apă caldă menajeră și căldură) și electrică a locuinței, ce face obiectul studiului tratat în capitolul VI;

- modelul pentru producere energie termică și electrică de simulare, studiat în capitolul VII, ce conține două tipuri de instalații solare (colectoare solare Junkers FCB - 1S și panourile solare Siemens M75S), poate fi valorificat în aplicații practice, pentru locuințe amplasate într-un mediu climatic asemănător celui existent în orașul Galați. Aceste modele de simulare experimentează eficiența energiei solare, sursă de energie inepuizabilă, regenerabilă și ieftină ca alternativă a energiei rezultate, utilizând combustibili fosili, sursă pe cale de epuizare, cu un cost ridicat și cu o contribuție accentuată la fenomenul de încălzire globală a Pământului.

- sistemele solare (pentru prepararea apei calde menajere, căldură și producere de energie electrică) conduc la economii mai mari de 50% la facturile de energie, iar amortizarea cheltuielilor de investiții se realizează în termen de aproximativ 10 ani. De asemenea statul asigură subvenții pentru instalarea sistemelor solare;

- utilizarea energiei solare prezintă un impact pozitiv asupra mediului, prin reducerea utilizării surselor neregenerabile de energie pentru încălzirea apei, cum ar fi gaz metan, cărbune, energie nucleară, pacură conducând la un aport la încălzirea globală a Pământului.

### Contribuții personale

În concordanță cu obiectivele propuse, prin parcurgerea etapelor prezentei teze de doctorat, am obținut următoarele rezultate și realizări, ce constituie contribuții științifice personale:

- 1.O documentare actualizată în ceea ce privește cercetarea în domeniul energiei solare și anume stadiul actual al acesteia;
- 2.S-au definit și sistematizat noțiuni legate de parametrii radiației solare, care sunt necesari în implementarea sistemelor ce utilizează energia solară. În acest sens s-au prezentat prin definiție, relații de calcul și grafice, variația instantanee medie a radiației globale, a radiației difuze și a radiației directe pe parcursul unei zile (24 ore), considerând ca referință lunile ianuarie, iulie;
- 3.Prezentarea diferitelor tipuri de colectoare respectiv panouri solare existente, în concordanță cu scopul urmărit pentru utilizarea energiei solare în producerea de căldură, apă caldă menajeră și electricitate;
- 4.Un model matematic pentru calcularea fracției solare, exemplificând adaptarea acestuia pentru orașul Galați. La determinarea fracției solare s-au avut în vedere date specifice zonei alese pentru studiu;
- 5.Studiul și dimensionarea unui tip nou de instalație solară și anume Concentrator solar cu modul Seebeck, utilizând programul SolidWorks și programul Excel, o noutate în domeniul sistemelor solare, fiind o sursă autonomă de producere atât de curent electric cât și de apă caldă (energie termică), termoelectricitatea fiind considerată de oamenii de știință ”regele verde” al surselor de obținere a electricității. Cu acest tip de instalație obținerea curentului electric s-a realizat cu modulul Seebeck, cu un randament de aproximativ 5% , în același timp producerea de energie termică realizându-se cu un randament de aproximativ 70%;
- 6.Realizarea unui studiu amănunțit privind caracteristicile generale ale unei locuințe: structura, amplasamentul, bilanțul termic, calculul necesarului de căldură și de electricitate ținând cont de factorii climatici externi;
- 7.Dimensionarea și alegerea unor instalații solare (colectori și panouri solare), pentru producerea de energie electrică, preparare apă caldă pentru consum intern și încălzire, ce acoperă necesarul total de căldură, apă caldă menajeră și electricitate pentru locuința analizată.
- 8.Am realizat un program numeric în Matlab, care pe baza datelor climaterice și a necesarului energetic al locuinței, am determinat numărul de colectoare respectiv panouri solare și am calculat energia lunară produsă de acestea precum și energia auxiliară necesară acoperirii sarcinii termice în lunile cu o intensitate a radiației solare reduse.

## Bibliografie selectivă

- [1] [http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/earth\\_atmosph\\_radiation\\_budget.html](http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/earth_atmosph_radiation_budget.html).
- [2] **MacCracken, M. C., and F. M. Luther.** Detecting the climatic effects of increasing carbon dioxide. U.S. Dep. of Energy, Washington, D.C. : s.n., 1985.
- [3] **Kiehl, J. T. and Trenberth, K. E.** "Earth's Annual Global Mean Energy Budget". Bulletin of the American Meteorological Association 78: 197-208. 1997.
- [4] **Shakouri, Ali.** Renewable Energy Sources Electrical Engineering Department University of California Santa Cruz. October 17, 2007.
- [12] **Gustavsson L., Karlsson A.** Heating detached houses in urban areas. Pages 851-875, 2003.
- [25] **Isidoro Cabanyes,** Proyecto de motor solar, Revista general de electricidad y sus aplicaciones 25 do Agosto 1903.
- [32] **J.M. Pinazo, J. Canada, F. Arago.** Analysis of the incidence angle of beam radiation on CPC. s.l. : Solar energy, Vol. 49, 1992.
- [34] **Anderson, E.** Fundamentals of Solar Energy Conversion. s.l. : Addison-Wesley Publishing Co Reading, MA, 1982.
- [35] Solar Spectra, Air Mass Zero. Available from: <http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am0>, 2007.
- [36] **H. P. Garg, J. Prakash.** Solar Energy. Fundamentals and Applications. 2006
- [37] **Soteris A. Kalogirou.** Solar thermal collectors and applications. Department of Mechanical Engineering, Higher Technical Institute, P.O. Box 20423, Nicosia 2152, Cyprus Received 18 June 2003; accepted 10 February 2004;
- [38] **Duffie, J.A., Beckman, W.A.,** Solar Engineering of Thermal Processes. John Willey & Sons, New York, 1991.
- [39] **Hsieh, J.S.,** Solar Energy Engineering. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1986.
- [40] \*\*\*World Radiation Center [http://www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=world\\_radiation\\_center](http://www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=world_radiation_center)
- [44] **I. Burda, C. Neaga.** Analiza eficienței termice a unor tipuri constructive de captatoare solare destinate încălzirii apei. s.l. : Universitatea Politehnică București, 2010.
- [45] **Mocanu Catalin Bogdan,** Panait Tanase, Teodoru Alexandrina, Tasma Daniela, "The difference between three types of solar collectors: Review", Proceedings of the 8-th international conference on industrial power engineering, pag. 219-224, 14-15 aprilie 2011.
- [46] **W.T. Xie, Y.J. Dai R, Z. Wang.** Numerical and experimental analysis of a point focus solar collector. s.l. : Energy Conversion and Management, 2011. Vol. 52.
- [47] \*\*\*<http://ro.wikipedia.org/>. Centrale solare. [Online]
- [55] Teodoru Alexandrina, Panait Tănase, Uzuneanu Krisztina, Tasma Daniela, **Catalin Mocanu,** "Optimum tilt angle for solar collectors with low concentration ratio", Proceedings of the 8-th international conference on industrial power engineering , pag. 238-243, 14-15 aprilie Bacău 2011.

[56] Alexandrina TEODORU, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Daniela TASMA, **Cătălin MOCANU**, „About Orientation of Solar Collector“, Revista Termotehnica / Thermal Engineering, supliment 2, 3-4 November 2011,

[57] Alexandrina Teodoru, Tanase Panait, Krisztina Uzuneanu, Daniela Tasma, **Catalin Mocanu**, “Setting the optimum angle of solar collectors settlement”, The Annals of University “Dunărea de Jos” of Galati, Fascicle IX – Metallurgy and Materials Science, 2012.

[58] **Luis Roriz, Joao Rosendo, Fernando Laurencu, Kathrin Calhau**. Energia Solar em Edificios. 2010.

[63] **Cătălin Bogdan Mocanu**, Tanase Panait, Spiru Paraschiv, Daniela Tasma, "ENERGY ANALYSIS BY NUMERICAL SIMULATION FROM A FAMILY HOME", revista „Analele Universității Maritime din Constanța” pag. 109-113, vol. 17, 2012.

[64] **Cătălin Bogdan Mocanu**, Spiru Paraschiv, Tănase Panait, Jorge Martins, Daniela Tasma "EVALUATION OF SOLAR FRACTION FOR A PASSIVE SOLAR SYSTEM" revista „Analele Universității Maritime din Constanța” pag. 115-118, 2012,

[69] **Altenkirch, E.**, Uber den Nutzeffekt der Thermosaule, Physikalische Zeitschrift, 10, 560, 1909;

[86] **Cătălin Mocanu**, Krisztina Uzuneanu, Joaquim Carlos Freitas, Jorge Martins, Daniela Tasma ”Modeling a Solar Energy System for Required Heat and Electricity of a House”, Proceedings of the 14th International Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation, 2012

[87] **B.A. Anicin, V.M. Babovic, D.M. Davidovic**, Fresnel lenses Am. J. Phys. vol. 57, 312- 316, 1989.

[88] **C. B. MOCANU**, K. UZUNEANU, J. C. FREITAS, J. MARTINS, D. TASMA ”Modeling a Thermo - Electrical Concentrating Solar System for Heat and Electricity of a House” INTERNATIONAL JOURNAL of ENERGY and ENVIRONMENT, 2012, pag. 97-104.

[89] **\*\*\*ntkj.co.jp**. [Online]  
[http://www.ntkj.co.jp/product\\_linearfresnel\\_solar\\_en.html#SolarLinearFresnel\\_product\\_spec](http://www.ntkj.co.jp/product_linearfresnel_solar_en.html#SolarLinearFresnel_product_spec).

[90] **\*\*\*pt.rs-online.com**. [Online] (<http://pt.rs-online.com/web/search/searchBrowseAction.html?method=getProduct&R=6937116>).

[98] **Radojka KRNETA, Miroslav BJEKIC, Snezana DRAGICEVIC**, ” Review of building energy simulation process” The 5th International Power Systems Conference 6-7, November.2003, Timișoara, Romania, pages 307-318;

[99] **\*\*\*SR 4839** Instalații de încălzire. Numărul anual de grade zile., mai, 1997;

[100] **\*\*\*SR 1907-1**– Instalații de încălzire. Neceasarul de căldură de calcul. Prescripții de calcul 1997.

[101] **\*\*\*STAS 6648/2** Instalații de ventilare și climatizare. Parametri climatici exteriori 1982.

[115] **\*\*\*STAS 6472/3** – Fizica construcțiilor. Termotehnica. Calcul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor, 1989.

[122] **\*\*\***<http://www.edp.pt/pt/particulares/bemvindoaedp/Documents/Flash.htm>, 2012.

## Lista lucrărilor publicate

### ✦ Revistă ISI

1. Corina Fetecau, **Catalin Mocanu**, Sami Ulhaq, and Constantin Fetecau, "Exact Solutions for Motions of Second Grade Fluids Induced by an Infinite Cylinder that Applies Arbitrary Shear Stresses to Fluid" *Advanced Science Letters*, Vol. 17, October 2012, 2010 Impact Factor: 1.253, ISSN: 1936-6612 (Print): EISSN: 1936-7317 (Online) pp. 266-270  
<http://www.aspbs.com/science.htm>

### ✦ Lucrări publicate în volumele unor conferințe indexate ISI

2. **Cătălin Mocanu**, Krisztina Uzuneanu, Tănase Panait, Daniela Tasma "Analysis by Numerical Simulation from an Energetic Unifamiliar House" *Advances in Fluid Mechanics & Heat & Mass Transfer, Proceedings of the 10th International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE '12)*, Istanbul, Turkey, August 21-23, 2012, ISSN 2227-4596, ISBN 978-1-61804-114-2, pp. 232-236.  
<http://www.wseas.org/wseas/cms.action?id=898>
3. Daniela Tasma, , Tănase Panait, Jorge Martins, Krisztina Uzuneanu, **Cătălin Mocanu**, "Experimental study of a down-draught dixed bed gasifier", "Recent Researches in Energy, Environment and Sustainable Development", *Proceedings of the 6thE International Conference on Renewable Energy Sources (RES '12)*, July 1-3, Porto, Portugal 2012, ISSN: 2227-4359, ISBN: 978-1-61804-105-0, pag. 58-63.  
<http://www.wseas.us/conferences/2012/porto/res/>
4. **Cătălin Mocanu**, Krisztina Uzuneanu, Joaquim Carlos Freitas, Jorge Martins, Daniela Tasma "Modeling a Solar Energy System for Required Heat and Electricity of a House" *Recent Researches in Automatic Control and Electronics, Proceedings of the 14th International Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation (ACMOS '12)*, Saint Malo & Mont Saint-Michel, France, April 2-4, 2012, ISBN: 978-1-61804-080-0, pp. 153-158.  
<http://www.wseas.us/conferences/2012/france/acmos/>

### ✦ Lucrări publicate în reviste indexate BDI

5. **Cătălin Bogdan Mocanu**, Spiru Paraschiv, Tănase Panait, Jorge Martins, Daniela Tasma "Evaluation of solar fraction for a passive solar system", *Constanta Maritime University Annals*, vol. 17, 2012, Constanța, România, ISSN 1582-3601, pp. 115-118  
<http://www.cmu-edu.eu/anale/revistaonline.html>
6. **Cătălin Bogdan Mocanu**, Tanase Panait, Spiru Paraschiv, Daniela Tasma, "Energy analysis by numerical simulation from a family home ", *revista Constanta Maritime University Annals*, vol. 17, 2012, Constanța, România, ISSN 1582-3601, pp. 109-113;  
<http://www.cmu-edu.eu/anale/revistaonline.html>
7. **Mocanu Catalin Bogdan**, Paraschiv Spiru, Paraschiv Simona "Domestic solar water heating potential in the south – eastern region of Romania" *Constanta Maritime University Annals*, Year XIII, Vol.18, 2012, ISSN 1582-3601  
<http://www.cmu-edu.eu/anale/revistaonline.html>
8. **Mocanu Catalin Bogdan**, Paraschiv Spiru, Paraschiv Simona, "Analysis of Residential Photovoltaic Energy System" *Constanta Maritime University Annals*, Year XIII, Vol.18, 2012 ISSN 1582-3601  
<http://www.cmu-edu.eu/anale/revistaonline.html>

9. **C. B. MOCANU**, K. UZUNEANU, J. C. FREITAS, J. MARTINS, D. TASMA "Modeling a Thermo - Electrical Concentrating Solar System for Heat and Electricity of a House" INTERNATIONAL JOURNAL of ENERGY and ENVIRONMENT, Issue 3, Vol. 6, 2012, pag. 97-104.  
<http://www.naun.org>
10. Daniela TASMA, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, **Cătălin MOCANU**, "Energetic evaluation of agricultural residues gasification" Proceedings of the 5th International Conference on Advanced Concepts in Mechanical Engineering ACME (5-06), 14 -15 June 2012, Tomul LVIII (LXII), Iași, ISSN 1011-2855, pag. 285-294;  
[http://www.cm.tuiasi.ro/Buletin/sectia\\_cm/html/ro/index\\_cm.htm](http://www.cm.tuiasi.ro/Buletin/sectia_cm/html/ro/index_cm.htm)
11. Daniela TASMA, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, **Cătălin MOCANU**, "Influence of excess air ratio on biomass gasification" Proceedings of the 5th International Conference on Advanced Concepts in Mechanical Engineering ACME (5-07), 14 -15 June 2012, Tomul LVIII (LXII), Iași, ISSN 1011-2855, pag. 277-284;  
[http://www.cm.tuiasi.ro/Buletin/sectia\\_cm/html/ro/index\\_cm.htm](http://www.cm.tuiasi.ro/Buletin/sectia_cm/html/ro/index_cm.htm)
12. Daniela TASMA, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, **Cătălin MOCANU**, Raluca Cristina BUȚURCĂ - The syngas composition produced by gasification of agricultural residues briquettes" The Annals of University "Dunărea de Jos" of Galati, Fascicle IX – Metallurgy and Materials Science, No.1 – 2012, ISSN 1453 – 083X, pag. 5-14, pag. 47-53;  
<http://www.fmet.ugal.ro/Anale.htm>
13. **Cătălin MOCANU**, Tănase PANAIT, Crisztina UZUNEANU, Daniela TASMA, Cristina BUȚURCĂ "Design a solar energy system for required heat and electricity of a house" The Annals of University "Dunărea de Jos" of Galati, Fascicle IX – Metallurgy and Materials Science, 2012 SPECIAL ISSUE – 2012, ISSN 1453 – 083X.  
<http://www.fmet.ugal.ro/Anale.htm>
14. Alexandrina Teodoru, Tănase Panait, Krisztina Uzuneanu, Daniela Tasma, **Catalin Mocanu**, "Setting the optimum angle of solar collectors settlement", The Annals of University "Dunărea de Jos" of Galati, Fascicle IX – Metallurgy and Materials Science, No.1 – 2012, ISSN 1453 – 083X, pag. 5-14, pag. 47-53;  
<http://www.fmet.ugal.ro/Anale.htm>
15. Alexandrina TEODORU, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Daniela TASMA, **Cătălin MOCANU**, „About Orientation of Solar Collector “, Revista Termotehnica/Thermal Engineering Thermotechnique (B+), Editura AGIR, Anul XV, Supliment 2S, 3-4 November 2011, ISSN-L 1222-4057, BDI: INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, ISSN Online: 2247-1871  
[http://www.revistatermotehnica.agir.ro/supliment\\_2\\_2011.php](http://www.revistatermotehnica.agir.ro/supliment_2_2011.php)
16. Daniela TASMA, Jorge MARTINS, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, **Cătălin MOCANU**, "Environmental Impact of Biofuels Utilization" Revista Termotehnică/Thermal Engineering Thermotechnique (B+), Editura AGIR, Anul XV, Supliment 2S/2011, 3-4 November 2011, ISSN-L 1222-4057, BDI: INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, ISSN Online: 2247-1871;  
[http://www.revistatermotehnica.agir.ro/supliment\\_2\\_2011.php](http://www.revistatermotehnica.agir.ro/supliment_2_2011.php)

### ☛ **Lucrări publicate în volumele unor conferințe internaționale și naționale**

17. **Mocanu Catalin Bogdan**, Panait Tanase, Teodoru Alexandrina, Tasma Daniela, "The difference between three types of solar collectors: Review", Proceedings of the 8-th international conference on industrial power engineering, 14-15 aprilie 2011, Bacău, Romania, ISSN 2069 – 9905, ISSN-L 2069 – 9905, pag. 219-224.  
[http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings\\_of\\_ciei\\_2011\\_covercontents.pdf](http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings_of_ciei_2011_covercontents.pdf)



18. Teodoru Alexandrina, Panait Tănase, Uzuneanu Krisztina, Tasma Daniela, **Catalin Mocanu**, "Optimum tilt angle for solar collectors with low concentration ratio", Proceedings of the 8-th international conference on industrial power engineering , pag. 238-243, 14-15 aprilie 2011, Bacău.

[http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings\\_of\\_ciei\\_2011\\_covercontens.pdf](http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings_of_ciei_2011_covercontens.pdf)

19. **Catalin Bogdan MOCANU**, Panait TANASE, Alexandrina TEODORU, Daniela TASMA, "Comparison the efficiency of three types of solar collectors", The Annals of University "Dunărea de Jos" of Galati, Fascicle IX – Metallurgy and Materials Science, (B+), N<sup>o</sup>. 3 – 2012 ISSN 1453 – 083X, pag. 70-75.

<http://www.fmet.ugal.ro/Anale.htm>

20. **C. B. MOCANU**, T. PANAIT, "Performanța exercoeconomică a instalațiilor cu cogenerare" a-IX-a conferință națională de echipament termomecanic clasic și nuclear și energetică urbană & rurală, 25 iunie 2010, Universitatea "Politehnica" din Bucuresti, ISSN 1843-3359, pag. 107-111.

<http://caz.mecen.pub.ro/>

## • Lista lucrărilor prezentate

### • Lucrări prezentate la simpozioane internaționale:

1. **Cătălin Mocanu**, Krisztina Uzuneanu, Tănase Panait, Daniela Tasma "Analysis by Numerical Simulation from an Energetic Unifamiliar House" Advances in Fluid Mechanics & Heat & Mass Transfer, Proceedings of the 10th International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE '12), Istanbul, Turkey, August 21-23, 2012;

<http://www.wseas.org/wseas/cms.action?id=898>

2. **Cătălin Mocanu**, Krisztina Uzuneanu, Joaquim Carlos Freitas, Jorge Martins, Daniela Tasma "Modeling a Solar Energy System for Required Heat and Electricity of a House" Recent Researches in Automatic Control and Electronics, Proceedings of the 14th International Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation (ACMOS '12), Saint Malo & Mont Saint-Michel, France, April 2-4, 2012;

<http://www.wseas.us/conferences/2012/france/acmos/>

3. **Mocanu Catalin Bogdan**, Panait Tanase, Teodoru Alexandrina, Tasma Daniela, "The difference between three types of solar collectors: Review", Proceedings of the 8-th international conference on industrial power engineering, 14-15 aprilie 2011, Bacău, Romania;

[http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings\\_of\\_ciei\\_2011\\_covercontens.pdf](http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings_of_ciei_2011_covercontens.pdf)

### • Lucrări prezentate la simpozioane naționale:

4. **C. B. MOCANU**, T. PANAIT, "Performanța exercoeconomică a instalațiilor cu cogenerare" a-IX-a conferință națională de echipament termomecanic clasic și nuclear și energetică urbană & rurală, 25 iunie 2010, Universitatea "Politehnica" din Bucuresti;

<http://caz.mecen.pub.ro/>

## Curriculum vitae Europass



### Informații personale

Nume / Prenume **Mocanu Cătălin-Bogdan**  
 Adresă Str. Mihail Eminescu, nr. 18-20  
 Telefon 0741182428  
 E-mail camocanu@ugal.ro

Naționalitate Română

Data nașterii 16 martie 1985

Sex Masculin

### Locul de muncă vizat / Domeniul ocupațional

**Student doctorand**

### Experiența profesională

Perioada 23.05.2011-23.11.2011

Funcția sau postul ocupat Student doctorand

Activități și responsabilități principale Participare la cercetare științifică în echipa coordonatorului de doctorat în cadrul stagiului de mobilitate externă din Portugalia

Numele și adresa angajatorului Departamentul de Inginerie Mecanică, Școala de Inginerie, Universitatea Do Minho, Guimaraes, Portugalia

Perioada 01.09.2006 – 30.11.2006

Funcția sau postul ocupat Student practicant

Activități și responsabilități principale Montare, verificare, reparare, proiectare instalații solare (colectoare solare, centrale termosolare),

Numele și adresa angajatorului AYESA, Sevilla, Spania

### Educație și formare

Perioada 01.10.2009 – 30.09.2012

Calificarea / diploma obținută Student doctorand cu frecvență

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare Facultatea de Mecanică, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați,

Perioada 2004 – 2009

Calificarea / diploma obținută Inginer diplomat

## Studiul soluțiilor de realizare a independenței energetice a unei locuințe

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare      Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, Facultatea de Mecanică, specializarea Ingineria și Protecția Mediului în Industrie

Perioada      01.09.2006 – 30.11.2006

Calificarea / diploma obținută      Certificat EUROPSS MOBILITY

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare      Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați în colaborare cu Am Transnational și Ayesa Spania, în cadrul proiectului „Leonardo da Vinci” cu numele „European Engineers in Renewable Energy”

Perioada      2000 – 2004

Calificarea / diploma obținută      Diplomă de Bacalaureat

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare      Liceul "Grup Scolar Industrial Transporturi Căi Ferate" Galați  
 Profil: Tehnic  
 Specializarea: Tehnician electrotehnist

### Aptitudini și competențe Personale

Limba maternă      Română

Limbi străine cunoscute

Autoevaluare

*Nivel european (\*)*

**Limba engleză**

**Limba franceză**

**Limba portugheză**

**Limba spaniolă**

Înțelegere				Vorbire				Scriere	
Ascultare		Citire		Participare la conversație		Discurs oral		Exprimare scrisă	
C <sub>2</sub>	Utilizator experimentat	C <sub>1</sub>	Utilizator experimentat	C <sub>1</sub>	Utilizator experimentat	B <sub>2</sub>	Utilizator independent	B <sub>2</sub>	Utilizator independent
A <sub>2</sub>	Utilizator elementar	A <sub>2</sub>	Utilizator elementar	A <sub>1</sub>	Utilizator elementar	A <sub>1</sub>	Utilizator elementar	A <sub>1</sub>	Utilizator elementar
C <sub>1</sub>	Utilizator experimentat	C <sub>1</sub>	Utilizator experimentat	B <sub>1</sub>	Utilizator independent	B <sub>1</sub>	Utilizator independent	A <sub>2</sub>	Utilizator elementar
C <sub>1</sub>	Utilizator experimentat	C <sub>2</sub>	Utilizator experimentat	C <sub>1</sub>	Utilizator experimentat	C <sub>1</sub>	Utilizator experimentat	B <sub>2</sub>	Utilizator independent

Competențe și aptitudini tehnice      Cercetare bibliografică  
 Cercetare experimentală

Competențe și aptitudini de utilizare a calculatorului      AutoCAD, Gambit, Fluent, RETScreen International, SolidWorks, Software de specialitate: Solterm 5.0, Microsoft Office (Word, Excel, Power point) și navigare internet

Competențe și aptitudini artistice      Bun sportiv  
 Dansuri latino

Alte competențe și aptitudini      Disciplinat, sociabil, abilități pentru self-management, spirit de echipă.

Permis de conducere      Permis categoria: B

