

UNIVERSITATEA TEHNICA TIMISOARA

Facultatea de Electrotehnica

Catedra de Fizica

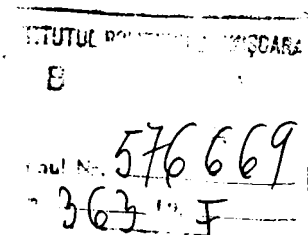
IOAN LUMINOSU

**RIDICAREA RANDAMENTULUI
CAPTATORILOR SOLARI PLANI PRIN
STUDIUL FENOMENELOR FIZICE
IMPLICATE IN TERMOCONVERSIE**

**Conducator stiintific:
prof.dr.ing. COLETA DE SABATA**

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

TIMISOARA 1993



C U P R I N S

C A P I T O L U L 1

Introducere

C A P I T O L U L 2

Radiatia solara

| | |
|--|----|
| 2.1. Soarele. Marimi astrofizice..... | 6 |
| 2.2. Fenomene fizice la traversarea atmosferei de catre radiatia solara | 9 |
| 2.3. Predeterminarea intensitatii radiatiei solare pe plane cu orientare arbitrara | 13 |
| 2.4. Masurarea intensitatii radiatiei solare. Date experimentale pentru paralela 45 °N | 19 |
| 2.4.1. Bolometrul diferentiat autocompensat "Solaris-1" | 20 |
| 2.4.2. Piranometrul portabil "Solaris-2" | 21 |
| 2.4.3. Date experimentale meteo-climatice pe paralela 45 °N | 24 |

C A P I T O L U L 3

Fenomene fizice de baza implicate in termoconversia energiei solare si in stocare

| | |
|--|----|
| 3.1. Principiul constructiv si de functionare al unei instalatii heliotehnice prin conversie termosolara | 30 |
| 3.2. Fenomene optice in ansamblu geam-placa absorbanta..... | 31 |
| 3.3. Realizarea pe suprafete negre cu puteri de | |

| | |
|--|----|
| absorbție sporite | 40 |
| 3.4. Efectul de sera creat de materiale diatermane | 41 |
| 3.5. Pierderi energetice ale captatorului | 44 |
| 3.5.1. Dependența factorului energetic de pierderi cu temperatura | 44 |
| 3.5.2. Mecanismele transferului energetic prin invelisul captatorului | 46 |
| 3.5.3. Calculul factorului pierderilor energetice ale captatorului | 49 |
| 3.6. Fenomene fizice în lungul conductelor de transport al căldurii | 52 |
| 3.6.1. Fenomene termice | 54 |
| 3.6.2. Pierderi de presiune | 55 |
| 3.7. Fenomene termice la schimbătorul de căldură | 57 |
| 3.8. Fenomene termice în acumulatorul de căldură provenită prin conversie termosolară | 59 |

C A P I T O L U L 4

Eficiența segmentelor din lanțul energetic al unei instalații heliotehnice. Date experimentale

| | |
|---|----|
| 4.1. Puterea radiantă pe captatori | 65 |
| 4.2. Frațiunea căldurii utile furnizată de segmentul captare-transport | 67 |
| 4.3. Frațiunea căldurii furnizată de către schimbătorul de căldură | 69 |
| 4.4. Frațiunea căldurii acumulate în bazinul de stocaj..... | 70 |
| 4.5. Frațiunea căldurii furnizate camerei de disipare | 70 |
| 4.6. Bilanțul energetic al ciclului încărcare-descărcare ... | 71 |

C A P I T O L U L 5

Variația orară și diurnă a supraîncălzirii și a randamentului energetic pe suprafețe de captare a radiației solare, cu orientare arbitrară

| | |
|--|----|
| 5.1. Distribuția temperaturii în direcția de curgere a fluidului caloportor | 74 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| 5.2. Variatia orara si diurna a supratemperaturii | 75 |
| 5.3. Ecuatia randamentului energetic | 77 |
| 5.4. Variatia orara si diurna a randamentului energetic | 78 |

C A P I T O L U L 6

Proiectarea, asistata de calculator, a captatorilor plani

| | |
|-------------------------------|----|
| 6.1. Aspecte energetice | 81 |
| 6.2. Aspecte exergetice | 84 |

C A P I T O L U L 7

Studiul comparativ a diverse tipuri de captatori prin conversie termosolara

| | |
|--|-----|
| 7.1. Clasificarea captatorilor care au constituit obiectul studiilor experimentale si teoretice in perioada anilor 1976 - 1992 | 88 |
| 7.2. Scheme de principiu. Date tehnico-constructive. Principii de functionare | 91 |
| 7.3. Fractiunea de utilizare a suprafetei captatorului | 98 |
| 7.4. Caracteristicile optice si termoizolante ale captatorilor | 101 |
| 7.5. Nivele termice. Cimpuri termice. Particularitati | 103 |
| 7.5.1. Nivele termice | 103 |
| 7.5.2. Cimpuri termice | 107 |
| 7.6. Puteri utile. Debite energetice | 110 |
| 7.6.1. Puteri utile | 110 |
| 7.6.2. Debite energetice | 112 |
| 7.7. Randamentele conversiei heliotermale | 114 |
| 7.7.1. Randamentele captatorilor ce functioneaza in regim pasiv | 114 |
| 7.7.2. Randamentele captatorilor ce functioneaza in regim dinamic | 119 |
| 7.7.2.1. Dependenta randamentului termo- | |

| | |
|--|-----|
| conversiei cu marimea (t/E_p) | 122 |
| 7.7.2.2. Eficienta termoconversiei pe parcursul zilei | 123 |
| 7.8. Perfectionarea de principiu a captatorilor plani | 124 |
| 7.8.1. Captator plan in regim pasiv cu structura anterioara variabila | 126 |
| 7.8.2. Captator plan-compus cu circulatie aer | 126 |
| 7.8.2.1. Principiul constructiv | 128 |
| 7.8.2.2. Nivelul termic la captatorul compus. Economia de tub | 132 |
| 7.9. Captatorii plani ca surse alternative de energie termica | 133 |

C A P I T O L U L 8

Stocarea si extragerea energiei termice obtinute prin conversie termosolara

| | |
|--|-----|
| 8.1. Stocarea de medie durata | 134 |
| 8.1.1. Parametrii constructivi ai laboratorului | 134 |
| 8.1.2. Comportarea bazinului de stocaj termic | 135 |
| 8.1.3. Climatizarea laboratorului de disipare a caldurii | 143 |
| 8.2. Stocarea de durata scurta | 146 |
| 8.2.1. Evolutia temperaturii in spatiul delimitat de o placa de sticla si corpul negru | 146 |
| 8.2.2. Confortul termic in camera de locuit | 148 |
| 8.2.3. Eficienta peretelui T-M in climatizarea locuintelor | 150 |
| 8.2.4. Model hidrodinamic al peretelui T-M | 152 |
| 8.3. Termometru electronic cu jonctiunea p-n | 155 |

C A P I T O L U L 9

Aplicatii industriale ale captatorilor de energie solara. Analiza critica

| | |
|--|-----|
| 9.1. Instalatie pentru uscarea blocurilor ceramice | 156 |
| 9.1.1. Sarcinile instalatiei heliothermice | 156 |
| 9.1.2. Scheme de principiu. Dimensionare | 159 |
| 9.2. Instalatie pentru stocarea energiei solare, cu captatoare plane, in vederea utilizarii acesteia in schimbul de noapte pentru uscarea produselor ceramice | 162 |
| 9.2.1. Schema de principiu | 163 |
| 9.2.2. Dimensionarea instalatiei | 164 |
| 9.3. Instalatie cu captatori pentru fluidizarea bitumului | 166 |
| 9.3.1. Dimensionarea instalatiei. Schema de principiu | 167 |
| 9.3.2. Comportarea instalatiei in regim de exploatare | 169 |
| 9.4. Recomandari care sa asigure mai buna functionare a instalatiilor heliotehnice | 173 |

C A P I T O L U L 10

Concluzii

B I B L I O G R A F I E

A N E X E

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

Energia solara convertita in caldura, de catre captatorii solari, poate fi o solutie capabila sa rezolve in parte lista de resurse energetice care decurge din activitatile ce se desfasoara la un nivel termic mediu [161].

Energia solara se constituie, alaturi de alte forme de energie, in expresia concreta a pluralismului tehnologic capabil sa ofere posibilitati de manevra in strategia economica.

Exploatarea energiei solare la nivelul potentialului sau va duce la cuplarea societatii cu resursele renooibile, la inepuizabila si necontenita preface a energiei [161].

In periplul energiei solare de la limita superioara a atmosferei pina la energia termica furnizata de-o instalatie heliotehnica cu captatori plani intervin a multitudine de fenomene fizice ca: absorbtia unei fractiuni a energiei radiatiilor solare de catre atmosfera terestra, reflexia si absorbtia unei fractiuni a energiei solare in placa transparenta, reflexia, absorbtia si termoconversia cu ponderi subunitare a energiei radiatiilor de catre placa absorbanta, disiparea spre mediul ambiant a unei fractiuni din energia termica obtinuta prin termoconversie de catre: captatorul insusi, conductele de transport al caldurii, schimbatorul de caldura, bazinul de acumulare a caldurii.

In literatura de specialitate sint prezentate studii disparate unele cu caracter empiric (ex.la temperaturi nu prea inalte conductanta este considerata constanta in raport cu temperatura) asupra fenomenelor fizice enumerate mai sus

In lucrare noi am dorit sa asiguram o intelegere mai buna a fenomenelor fizice implicate pornind de la legile fizicii care guverneaza intregul grup de fenomene pentru ca, in felul acesta, sa contribuim la ridicarea eficientei sistemelor energetice termosolare printr-o proiectare exigenta.

Lucrarea isi propune astfel sa ofere o imagine cantitativa, coerenta asupra ansamblului fenomenelor fizice ce insotesc periplul energiei de la forma radianta a acesteia la limita superioara a atmosferei pina la forma termica la utilizator. Lucrarea isi mai propune informatizarea calculului marimilor fizice care descriu fenomenele ce se produc de-a lungul lantului energetic: energie solara la limita superioara a atmosferei → energie solara la nivelul solului → energie solara reflectata pe captator → energie solara convertita in energie termica → energie disipata de captator → energie termica acumulata → energie termica utila. energie termica pierduta de acumulatorul termic

Pentru satisfacere acestor deziderate ne propunem determinarea prin programe de calculator si compararea cu valori experimentale ale urmatoarelor marimi fizice:

- intensitatea radiatiei solare (IRS) la nivelul solului, in zona de vest a Romaniei (45 °N);
- componentele intensitatii radiatiei solare (difuzata de cer, difuzata de sol, directa);
- transmitanta atmosferei terestre in zona Timisoara;
- factorul energetic de reflexie a radiatiei pe suprafata sticloasa in dependenta sa orara si diurna; parametru fiind unghiul de pozare;
- valorii efective a produsului echivalent al absorbtiei-transmisiei in ansamblul placa - geam in dependenta sa orara si diurna, parametru fiind unghiul de pozare;
- factorul de pierderi termice ale captatorului in dependenta acestuia cu ordinul efectului de sera si viteza vintului, pentru o temperatura a suprafetei absorbante;
- supratemperatura fluidului termopurtator in variatia sa orara

si diurna avind ca parametru unghiul de pozare;

- randamentul energetic al captatorului in variatia sa orara si diurna avind ca parametru unghiul de pozare.

Relativ la masurarea IRS ne propunem sa prezentam doua aparate de constructie proprie destinate acestui scop.

Pentru proiectarea captatorilor solari se foloseste de regula, analiza energetica care conduce la dependente asimptotice ale supratemperaturii si randamentului energetic cu parametrii constructivi si functionali (suprafata, debit) urmind ca o marime sa fie aleasa arbitrar.

Ne-am propus sa oferim o varianta de proiectare a captatorilor solari utilizind analiza exergetica, urmind a construi prin program de calculator dependenta randamentului exergetic cu parametrii constructivi si functionali, punctul de extrem al curbei definind valorile optime ale acestor parametrii.

Beneficiind de dotarea tehnica de la "Baza experimentală complexa pentru studiul captării, conversiei, stocării și utilizării energiei solare" ne propunem sa determinam eficientele fiecarui segment al lantului energetic precum si valorile cimpului termic stationar din acumulatorul in pat de roci.

In baza studiilor efectuate in perioada 1976-1992 asupra unei multitudini de captatori solari plani (unsprezece tipuri de captatori), ne propunem sa oferim interpretari teoretice bazate pe date experimentale, asupra: nivelelor termice, puterilor utile, debitelor energetice, randamentelor termoconversiei, utilizarea suprafetelor insolatoarelor. In acelasi timp prezentam modele care sa explice dependenta slaba a conductantei cu temperatura si dependenta slaba a randamentului helioconvectorului cu aer de raportul t/E_p .

Intrucit o parte a captatorilor studiatii constituie inovatii ne propunem sa prezentam modele care sa explice:

- functionarea captatorului cu structura anterioara variabila;
- functionarea captatorului plan-compus cu circulatie de aer;
- functionarea helioconvectorului cu autofocalizare.

Pentru marirea randamentului conversiei heliotermae am realizat suprafete atermale cu puteri de absorbtie sporite si am evidentiat prin masuratori rolul materialelor diatermale in crea-

rea efectului de sera.

In teza am studiat pe baza de masuratori contributia energiei solare stocate la climatizarea de scurta durata si durata medie a spatiilor de locuit si am prezentat un model care sa explice functionarea peretelui T-M.

Captatorii solari patrund in energetica cu efect social si ambiental favorabil pe calea tehnologiilor usoare, orientate spre producerea locala de energie. Ca urmare, prezentam citeva aplicatii industriale ale energeticii solare, aplicatii realizate de Catedra de Fizica prin contracte de cercetare-proiectare.

Consideratii asupra oportunitatii implementarii energiei de origine solara si a strategiei in promovarea tehnologiilor energeticii solare sint prezentate in [158, 159, 160, 161, 162, 163].

Realizarile prezentate in lucrare au fost posibile datorita colaborarii fructuoase care s-a instituit, pe parcursul celor 16 ani, in cadrul Catedrei de Fizica a U.T.T.

Autorul doreste sa-si exprime multumirile sale d-nei prof.dr. ing. Coleta De Sabata, conducatorul stiintific, pentru asistenta stiintifica de inalt nivel acordata in procesul desfasurarii studiilor, masuratorilor, cercetarilor si elaborarii lucrarii, precum si d-lui prof.dr.fiz. Cristian Marcu, seful Catedrei de Fizica, pentru sprijinul acordat si discutiile purtate in aceasta perioada

In acelasi spirit colegial autorul doreste sa mai exprime multumiri urmatoarelor: prof.dr.ing. Ioan Jurca, prorector al UTT, pentru idrumarea in parcurgerea limbajelor de calculator; prof. dr.fiz. Ioan Mihalca pentru discutiile purtate asupra procesului de fluidizare a bitumului; conf.dr.fiz. Dorothea Mihailovici pentru colaborarea in studiul experimental asupra preincalzirii bitumului; sef lucrari fiz. Aurel Ercuta pentru aportul la realizarea unor scheme electronice; sef lucrari fiz.dr.Dusan Popov pentru colaborarea in studiul unei microcelule fototermice; sef lucrari ing.Corin Tamasdan pentru discutiile in domeniul programarii calculatorului; prof. dr.ing.Nicolae Oancea pentru discutiile in legatura cu stocarea energiei solare.

Aceleasi multumiri le exprim d-lui fizician Gh.Damacus de la Directia Teritoriala Ape Mures-Banat pentru sprijinul acordat in etalonarea intstrumentelor de masura a IRS.

La realizarea sarcinilor ce decurg din obiectivele lucrării și-a adus contribuția și personalul tehnic al catedrei. În acest sens doresc să exprim mulțumiri tehnicienilor: A. Murvay, I. Pigulea, I. Schreck, I. Lupu, M. Ungureanu, A. Platon, V. Ion, O. Stănescu.

Doresc să exprim mulțumiri conducerii M. I. S. și Rectoratului UTT pentru condițiile create în vederea bunei desfășurări a cercetărilor în perioada menționată.

Prin rezolvarea obiectivelor pe care și le-a propus, lucrarea demonstrează că în lista priorităților energetice, energia de proveniență solară se poate substitui în bună parte formelor de energie provenite din alte surse energetice.

CAPITOLUL 2

RADIATIA SOLARA

2.1. Soarele. Marimi astrofizice

Soarele este un corp cu lumina proprie plasat in constelatia Calea Lactee, avind urmatoarele caracteristici [5, 6, 164, 170]:

- diametrul: $1,39 \cdot 10^6$ km;
- diametrul mediu aparent (variabil in functie de anotimp) are valoarea de aprox. $1/100$ radiani;
- volumul este de $1,3 \cdot 10^6$ ori mai mare ca al Pamintului;
- compozitia chimica: 85 % hidrogen, 14,8 % heliu, 0,2 % alte elemente;
- temperatura: la suprafata - aprox. 5800 K
in interior - $(15 - 20) \cdot 10^6$ K;
- consumul de hidrogen in reactiile termonucleare este de aprox. 10^9 t/h;
- ecuatorul solar este inclinat cu $7^{\circ}16,3'$ in planul eclipticei;
- miscarea de rotatie are o perioada de 26 zile;
- deplasarea rectilinie: apexul, cu viteza de 19,5 km/s spre steaua Vega din constelatia Lirei;
- puterea eliberata: aprox. $4 \cdot 10^{26}$ kW ceea ce reprezinta $1,6 \cdot 10^{12}$ ori puterea totala instalata in centralele electrice in SUA;
- energia receptionata la suprafata Pamintului:
aprox. $(8,36 \pm 0,17) \cdot 10^4$ J/m² min

Radiatia solara corespunde aprox. aceleia provenind de la un corp negru aflat la temperatura de 6000 K (fig.2.1.). Spectrul acesteia se intinde de la 0,2 la 3 μm si prezinta distributia: 3 % in ultraviolet, 42 % in spectrul vizibil, 55 % in infrarosu.

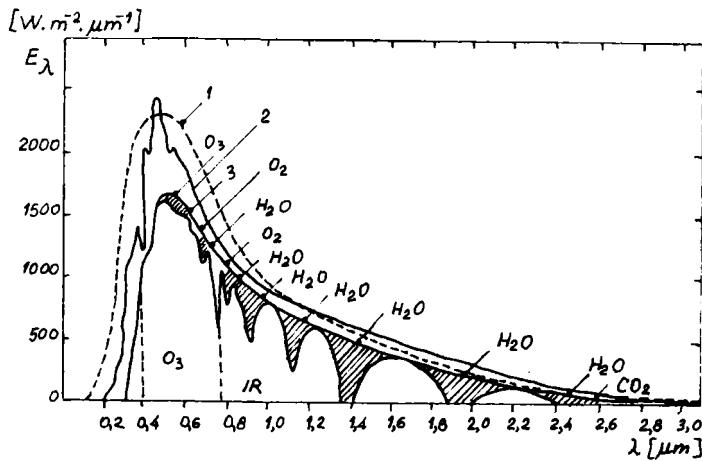


Fig.2.1.

Unghiul maturat (AH) de Soare in miscarea sa aparenta in timp de o ora este: $\omega = 15,07^\circ$; astfel unghiul orar se poate calcula cu [101], semnificatia sa fiind evidentiata in [103]:

$$AH = \frac{\pi}{12} (\text{ora } s - 12) \quad (2.1)$$

in relatia 2.1. ora s este ora solara data prin [4]:

$$\text{ora } s = \text{ora} + ET - 4(11g - 1g) \quad (2.2)$$

cu: ora - ora legala; 11g - longitudinea legala; 1g - longitudinea locului; ET - ecuatia timpului, data prin [4]:

$$ET = -0,0002 + 0,4197 \cdot \cos \omega \cdot dd - 3,2265 \cdot \cos 2\omega \cdot dd - \\ - 0,0903 \cdot \cos 3\omega \cdot dd - 7,3509 \cdot \sin \omega \cdot dd - 9,3912 \cdot \sin 2\omega \cdot dd - \\ - 0,3361 \cdot \sin 3\omega \cdot dd \quad (2.3)$$

in (2.3) dd reprezinta ziua din an, data prin:

$$dd = (l - 1) \cdot 30,416 + n \quad (2.4)$$

cu: l - luna din an

n - numarul zilei din luna respectiva

Declinatia Soarelui pe bolta se exprima prin [4]:

$$dC = 23,4 \sin \left[\frac{2\pi}{365} (284 + dd) \right] \quad (2.5)$$

Inaltimea solara se exprima prin [4, 106]:

$$\sin h = \sin(lt) \cdot \sin(dC) + \cos(lt) \cdot \cos(dC) \cdot \cos(AH) \quad (2.6)$$

cu: lt - latitudine

Pe figura 2.2. este prezentata traiectoria zilnica a Soarelui in proiectie stereografica [5].

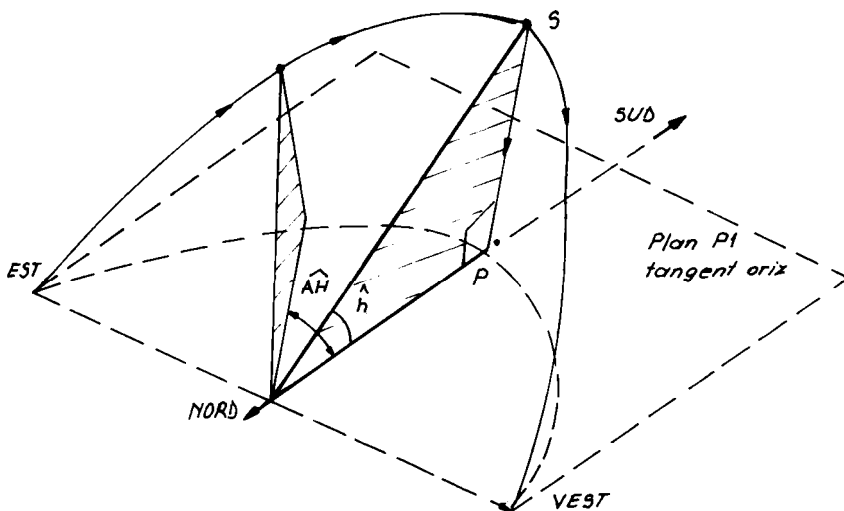


Fig.2.2.

Soarele in acord cu [11] se prezinta ca un radiator termic, energia sa derivind din temperatura inalta a reactiilor de fuziune nucleara.

2.2. Fenomene fizice la traversarea atmosferei terestre de catre radiatia solara

Curba distributiei spectrale a radiatiei solare este sensibil modificata la trecerea acesteia prin atmosfera terestra (fig.2.1). Pe fig.2.1. se prezinta curbe pentru cazurile:

- 1 - corp negru la 5800 K
- 2 - radiatia la limita atmosferei
- 3 - radiatia la nivelul marii, zonele hasurate reprezinta benzi de absorbtie.

Traversarea atmosferei terestre este insotita de existenta unor factori atenuatori [104], care in esenta sint:

- a) absorbtia radiatiei de catre unele gaze ale atmosferei [2]:
 - ozonul (O_3), modifica componenta directa a intensitatii radiatiei solare (E.D) in domeniul ultraviolet (UV);
 - apa (H_2O) si bioxidul de carbon (CO_2) modifica aceeasi compnenta in domeniile vizibil (V) si infrarosu (IR);
- b) difuzia moleculara a principalelor gaze componente ale atmosferei (N_2 si O_2), influenteaza componenta difuza a radiatiei solare (RS)

- c) difuzia Rayleigh a aerosolilor (praf, nuclee de condensare) influenteaza de asemenea componenta difuza a RS.

Coefficientii de atenuare a radiatiei solare sint [1, 2]:

- coeficientul de atenuare datorat absorbtiei moleculare:
- $$\tau_{a\lambda} = \alpha_{\lambda} (O_3) + \beta_{\lambda} (H_2O) + k_{\lambda} \cdot p \quad (2.7)$$

unde: α_{λ} , β_{λ} , k_{λ} depind de lungimea de unda a radiatiei;

(O_3), (H_2O) reprezinta concentratii;

p, desemneaza presiunea atmosferica

- coeficientul de atenuare datorat difuziei moleculare [2]:

$$\tau_{m\lambda} = 1,044 \cdot 10^5 (n - 1)^2 \cdot \lambda^{-4} \quad (2.8)$$

unde n este indicele de refractie al aerului

- coeficientul de atenuare datorat difuziei Rayleigh [2]:

$$\tau_{R\lambda} = 8,63 \cdot 10^{-9} \cdot \lambda^{-2} \cdot u + 8,06 \cdot 10^{-2} \cdot \lambda^{-0,75} \cdot d \quad (2.9)$$

unde u reprezinta cantitatea de precipitatii [mm], iar d concentratia de praf.

Coeficientul total de atenuare este:

$$\tau_{\lambda} = \tau_{a\lambda} + \tau_{m\lambda} + \tau_{R\lambda} \quad (2.10)$$

Masa de aer reprezinta drumul optic real al radiatiei prin atmosfera si se exprima prin

$$m = \frac{p}{1000} \frac{1}{\sin h} \quad (2.11)$$

unde p - presiune locala in mbar, data prin relatia empirica:

$$p = 1000 - \frac{z - 150}{10} \quad (2.12)$$

unde z - altitudine.

Intensitatea radiatiei solare atenuate la traversarea atmosferei in acord cu [2, 12] este:

$$E_{\lambda} = E_{0\lambda} \cdot e^{-\tau_{\lambda} \cdot m} \quad (2.13)$$

Prin integrare pe intregul spectru se obtine

$$ED = E_0 \cdot e^{-\tau \cdot m} \quad (2.14)$$

cu: $E_0 = 1353 \text{ W/m}^2$ intensitatea radiatiei solare (IRS) la limita atmosferei, numita "constanta solara".

Radiatia solara care ajunge la sol este partial reflectata si partial absorbita de catre acesta.

Albedoul exprima capacitatea solului de a reflecta radiatia si este definit prin [1]:

$$A = ER/E \quad (2.15)$$

cu ER - intensitatea radiatiei reflectate

$E = ED + EDIF$, este intensitatea radiatiei globale

$EDIF$ - intensitatea radiatiei difuze

O particularitate a atmosferei este si aceea de a prezenta "ferestre spectrale" pentru radiatiile cu $\lambda \in (8 - 13) \mu\text{m}$ [2].

Durata de stralucire a Soarelui pe cer este functie de latitudine si de momentul anotimpual, dar, in realitate numarul efectiv de ore de stralucire este mai scazut datorita nebulozitatii si diverselor componente ale atmosferei care o opacizeaza (smog, ceata, praf dens, poluare chimica, particule in suspensie si altele).

Fractia de insolatie se defineste prin:

$$f_i = N_o / N_p \quad (2.16)$$

cu N_o - numar efectiv de ore de stralucire

N_p - numarul de ore maxim posibil de stralucire

Relativ la poluarea chimica [93] se prezinta pe fig.2.3 [7] si fig.2.4 [8] evolutia concentratiilor de SO_2 si CO_2 pe perioada anilor 1890 - 2090. Curbele fig.2.3 se refera la cazurile:

- 1 - control sever al emisiei de gaze industriale
- 2 - control moderat
- 3 - control usor

Prezenta SO_2 in atmosfera sporeste capacitatea acesteia de a coroda, indeosebi suprafetele metalice. Efectele negative ale poluarii asupra eficientei captatoarelor solare sint prezentate in [9].

Pe tabelul nr.2.1. sint date benzile spectrale existente in radiatiile solare la nivelul marii pentru diverse unghiuri zenitale. Se vede ca la $\varphi = 75^\circ$ radiatiile UV sint disparente, in schimb cresc cele infrarosii pina la 58 %, restul fiind format din radiatii vizibile, cu predominare a radiatiei rosii [14].

Tabelul nr.2.1

| Soarele la | zenit | $\varphi = 60^\circ$ | $\varphi = 75^\circ$ |
|---------------------------------|-------|----------------------|----------------------|
| UV, $\lambda < 0,35 \mu$ | 1 % | 0,5 % | 0,0 % |
| V, $\lambda \in (0,35-0,4) \mu$ | 3 % | 25 % | 1 % |
| V, $\lambda \in (0,4-0,5) \mu$ | 14 % | 12 % | 9 % |
| V, $\lambda \in (0,5-0,6) \mu$ | 15 % | 14 % | 12 % |
| V, $\lambda \in (0,6-0,7) \mu$ | 16 % | 18 % | 20 % |
| IR, $\lambda > 0,7 \mu$ | 51 % | 53 % | 58 % |

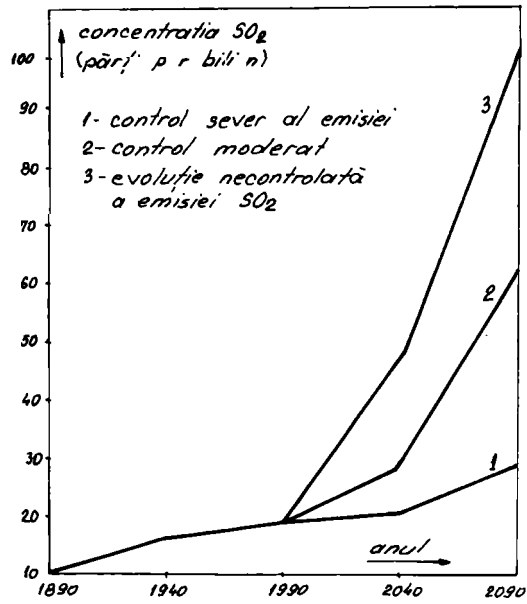


Fig. 2.3

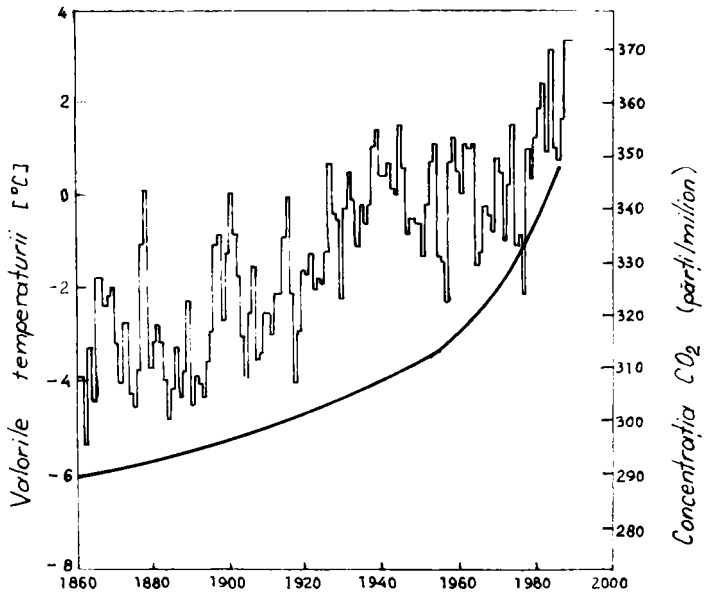


Fig. 2.4

2.3. Predeterminarea intensitatii radiatiei solare pe plane cu orientare arbitrara

In captarea si conversia energiei radiatiilor solare de catre instalatiile heliotehnice semnificativa este valoarea puterii radiante pe suprafata receptorului (fig.2.5) [5].

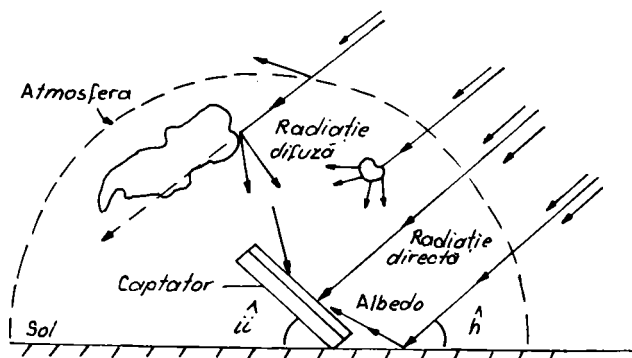


Fig.2.5

Pe fig.2.6 se prezinta o diagrama de calcul a puterii radiante la ora 12, functie de unghiul de inaltime (h) pentru zone situate intre paralelele $40 - 50^\circ$ [5].

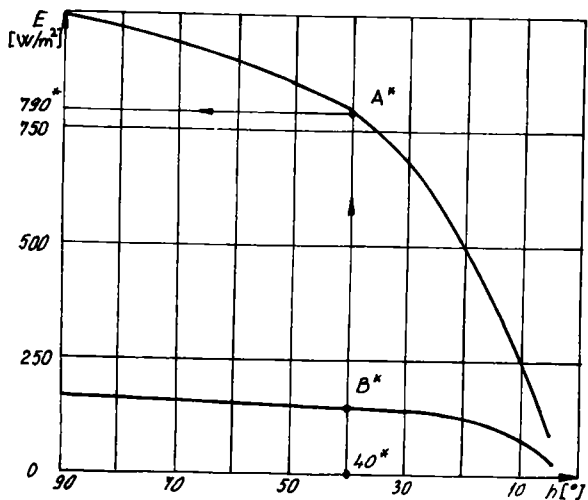


Fig.2.6

Conform fig.2.6 la un unghi $h = 40^\circ$ pentru un captator cu unghiul de pozare $i_i = 90 - h$, densitatea puterii radiatiei directe este $ED = 829 \text{ W/m}^2$.

Pe de alta parte in acord cu [2] coeficientul de atenuare (τ) se poate pune in forma:

$$\tau = B + k'/m \quad (2.17)$$

ceea ce conduce la urmatoarea expresie a intensitatii radiatiei solare directe atenuate [97]:

$$ED = E_0 \cdot A \cdot e^{-B \cdot m'} \quad (2.18)$$

unde : $A = e^{-k'}$; $A = 0,88$; $B = 0,28$; $m' = 1/\sin h$

Variatia distantei Pamint Soare ($\pm 1,7 \%$) conduce la o variatie a constantei solare E_0 cu $\pm 3,4 \%$, ceea ce necesita introducerea unui factor de corectie (C) dat de relatia [2]:

$$C = 1 + 0,0034 \cos(dd) \quad (2.19)$$

Constanta solara reala va fi:

$$E_{or} = C \cdot E_0 \quad (2.20)$$

Ca urmare relatia (2.18) se va rescrie:

$$ED = E_0 \cdot C \cdot A \cdot \exp\left(-\frac{B}{\sin h}\right) \quad (2.21)$$

Pe o suprafata orizontala componenta directa a RS va fi exprimata prin:

$$EDO = ED \cdot \sin h \quad (2.22)$$

Intensitatea radiatiei difuzate de cer in conditii atmosferice normale se calculeaza cu [2, 6, 167]:

$$EdC = E_0 \cdot C \cdot \sin h \cdot \left[0,2710 - 0,2939 \cdot A \cdot \exp\left(-\frac{B}{\sin h}\right)\right] \quad (2.23)$$

Intensitatea radiatiei difuzate de spatiu si a celei reflectate de sol si interceptate de captatorul inclinat sub unghiul i_i se calculeaza cu [15]:

$$EdA = EdC \cdot \frac{1 + \cos i_i}{2} + \frac{Ab(1 - \cos i_i)}{2} \cdot EDO \quad (2.24)$$

unde $Ab = 0,55$, pentru situatia in care captatorul este asezat pe ciment - beton.

Influenta masei de aer asupra intensitatii radiatiei difuze este studiata detaliat in [172]. In acord cu [4, 168] unghiul de incidenta a radiatiei directe pe o suprafata plana inclinata satisface ecuatia:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin dC \cdot \sin lt \cdot \cos ii - \sin dC \cdot \cos lt \cdot \sin ii \cdot \cos AZ - \\ & - \sin dC \cdot \cos lt \cdot \sin ii \cdot \cos AZ + \cos dC \cdot \cos lt \cdot \cos ii \cdot \cos AH + \\ & + \cos dC \cdot \sin lt \cdot \sin ii \cdot \cos AH + \cos dC \cdot \sin ii \cdot \sin AZ \cdot \sin AH \end{aligned} \quad (2.25)$$

cu AZ - unghi azimutal al planului, $AZ \in (0, 90)$ si este afectat de semn : + spre vest
- spre est

Daca suprafata este orizontala relatia (2.25) devine:

$$\cos \theta_0 = \sin dC \cdot \sin lt + \cos dC \cdot \cos lt \cdot \cos AH \quad (2.26)$$

Introducind marimea $kk = \cos \theta / \cos \theta_0$, se poate exprima IRS directe pe o suprafata oarecare:

$$EDS = ED0 \cdot kk \quad (2.27)$$

Pe fig.2.7. se evidentiaza semnificatiile pentru: $\theta, \theta_0, ED, ED0, EDS$.

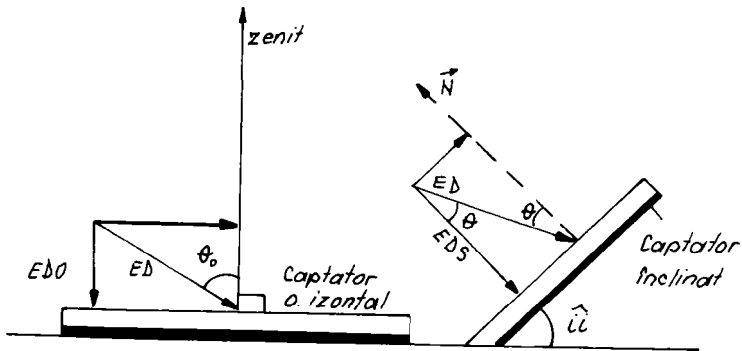


Fig.2.7

Densitatea puterii solare pe suprafata captatorului va fi:

$$ES = EDS + EdA \quad (2.28)$$

Valorile marimilor: ES, EDS, ED, EdC, EdA pot fi obtinute prin rulara programului "Radiatia" (anexa 2.1).

Pe foto 2.8 se prezinta suprafata obtinuta prin desfasurarea in timp a relatiei (2.28). In zona superioara a fotografiei se precizeaza momentul calendaristic, in caseta din dreapta se dau valorile pentru ED, EdC, EdA, EDS, iar pe axa unghiului de pozare se dau valorile energiei solare primite de 1 m^2 de captator pe durata zilei, pentru unghiul respectiv.

Momentele de rasarit si apus ale Soarelui sint conforme celor precizate in [16].

Pe foto 2.9 se prezinta un detaliu al suprafetei cu evidentierea coordonatelor punctului reprezentativ (ES, ora legala, ii).

Pe tabelul nr.2.2. se prezinta, pentru data de 15 ale fiecarei luni, ora 12, pentru doua valori ale unghiului de pozare, marimile: ED, EdC, EdA. Se constata ca:

- valoarea maxima a radiatiei directe este $845,2 \text{ W/m}^2$ (luna iunie), in acord si cu [92];

- valoarea minima a intensitatii radiatiei directe este $519,6 \text{ W/m}^2$ (decembrie);

- maximul intensitatii radiatiei difuzate de cer este $96,2 \text{ W/m}^2$ (iunie);

- minimul intensitatii radiatiei difuzate de cer este $73,4 \text{ W/m}^2$ (decembrie);

- maximul intensitatii radiatiei difuzate de spatiu si sol si interceptate de captator este $96,2 \text{ W/m}^2$ (iunie), pentru unghiul $i_i = 0^\circ$;

- minimul intensitatii radiatiei difuzate de sol si spatiu si interceptate de captator este de $63,3 \text{ W/m}^2$ (decembrie), pentru unghiul $i_i = 45^\circ$.

Pe tabelul nr.2.3 se prezinta pentru aceleasi conditii marimile: EDS, ES si ESS (suma energiei primite pe parcursul zilei, $\text{J/m}^2\text{zi}$).

Pentru conditiile precizate se constata:

- maximul EDS are valoarea $815,2 \text{ W/m}^2$ (aprilie) unghi $i_i = 45^\circ$;
- minimul EDS are valoarea $168,9 \text{ W/m}^2$ (decembrie) unghi $i_i = 0$;
- maximul ES are valoarea $898,1 \text{ W/m}^2$ (aprilie) unghi $i_i = 45^\circ$;
- minimul ES are valoarea $242,3 \text{ W/m}^2$ (decembrie) unghi $i_i = 0$;
- maximul ESS are valoarea $3,1 \cdot 10^7 \text{ J/m}^2 \text{ zi}$ (iunie) unghi $i_i = 0$;
- minimul ESS are valoarea $0,52 \cdot 10^7 \text{ J/m}^2 \text{ zi}$ (dec.) unghi $i_i = 0$.

Tabelul nr.2.2

| marimea luna | ED [W/m^2] | EdC [W/m^2] | EdA [W/m^2] | |
|-----------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------|
| | | | 0 | 45 |
| ianuarie | 553,8 | 75,8 | 76,7 | 65,3 |
| februarie | 672,4 | 83,7 | 84,7 | 72,5 |
| martie | 775,6 | 90,9 | 92,5 | 79 |
| aprilie | 824,7 | 94,6 | 96,8 | 82,9 |
| mai | 842,9 | 96,0 | 98,5 | 84,5 |
| iunie | 845,2 | 96,2 | 98,8 | 84,7 |
| iulie | 840,7 | 95,7 | 98,2 | 84,2 |
| august | 827,9 | 94,6 | 96,9 | 83,1 |
| septembrie | 794,9 | 92,0 | 93,9 | 80,4 |
| octombrie | 723,9 | 86,9 | 88,2 | 75,5 |
| noiembrie | 618,4 | 79,5 | 80,3 | 68,7 |
| decembrie | 519,6 | 73,4 | 74,0 | 63,3 |

Tabelul nr.2.3

| Marimea luna | EDS [W/m^2] | | ES [W/m^2] | | ESS [$10^7 \text{ J/m}^2 \text{ zi}$] | |
|-----------------|------------------------|-------|-----------------------|-------|---|------|
| | 0 | 45 | 0 | 45 | 0 | 45 |
| ianuarie | 194,3 | 499,3 | 270,8 | 564,6 | 0,50 | 1,12 |
| februarie | 316,3 | 635,8 | 400,1 | 708,3 | 0,86 | 1,54 |
| martie | 496,5 | 762,2 | 582,5 | 841,2 | 1,41 | 2,06 |
| aprilie | 644,3 | 815,2 | 741,2 | 877,1 | 2,12 | 2,47 |
| mai | 735,2 | 806,9 | 833,7 | 891,4 | 2,63 | 2,48 |
| iunie | 765,2 | 786,1 | 864,0 | 870,0 | 2,86 | 2,49 |
| iulie | 748,3 | 785,4 | 849,5 | 869,6 | 2,75 | 2,48 |
| august | 683,7 | 798,9 | 780,6 | 882,0 | 2,36 | 2,47 |
| septembrie | 563,1 | 796,4 | 657,0 | 866,8 | 1,77 | 2,23 |
| octombrie | 400,3 | 706,2 | 488,5 | 781,7 | 1,13 | 1,84 |
| noiembrie | 249,0 | 570,2 | 329,4 | 639,9 | 0,64 | 1,28 |
| decembrie | 168,9 | 464,8 | 242,9 | 528,1 | 0,43 | 0,92 |

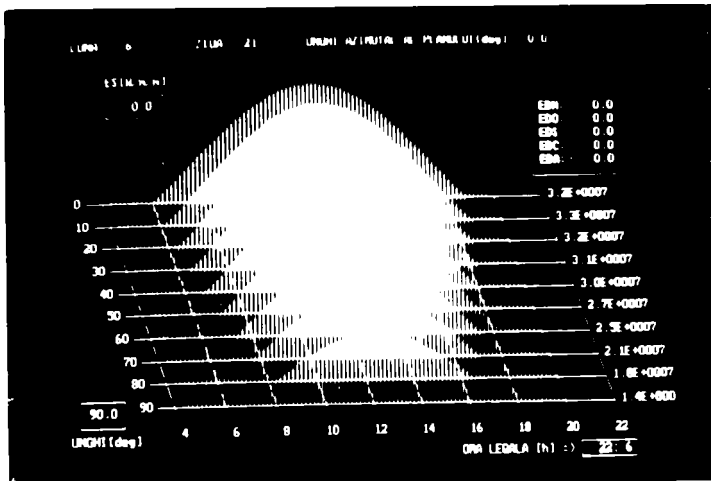


Foto 2.8

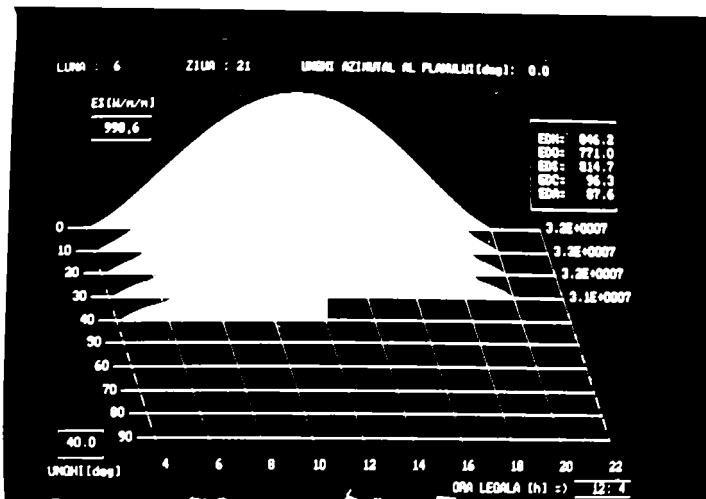


Foto 2.9

Tabelele nr.2.2. si nr.2.3 evidentiaza si faptul ca IRS difuzate si interceptate de captator reprezinta aprox. 1/5 din IRS pe suprafata, ceea ce constituie un argument in favoarea posibilitatii de utilizare a energiei solare si in conditii diferite de cele luate in calcul. Valorile EdC si EdA obtinute se regasesc si in [99] determinate experimental cu un piranometru orientat.

Distributia spectrala a componentelor IRS este studiata in [91] cu precizarea ca in fenomenul conversiei termosolare prezinta interes valoarea globala a acesteia.

Pe teritoriul Romaniei, in decursul anului, EdC variaza conform cu [176] intre $2,0 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{zi}^{-1}$ in dec. si $10,25 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{zi}^{-1}$ in iunie.

2.4. Masurarea intensitatii radiatiei solare.

Date experimentale pentru paralela 45 °N

La baza functionarii aparatelor de masura a intensitatii radiatiei solare (IRS) stau legile radiatiei termice [17]. In componenta lor intra, de regula suprafete negre care absorb integral radiatia solara.

Daca aparatul este echipat cu termocuple el intra in clasa piranometrelor permitind evaluarea intensitatii radiatiei prin intensitatea curentului pe care-l furnizeaza [39, 55].

Daca aparatul este echipat cu circuite de compensare el intra in clasa radiometrelor si permite evaluarea intensitatii RS prin puterea electrica absorbita de circuitul de compensare [18].

Se prezinta in continuare doua aparate de masura a IRS realizate in colectivul catedrei de fizica a Universitatii Tehnice din Timisoara, apartinand fiecare uneia din cele doua clase.

In perioada 1982 - 1992 aceste aparate au fost folosite pentru a masura intensitatea radiatiei solare in diverse scopuri.

2.4.1. BOLOMETRUL DIFERENTIAL AUTOCOMPENSAT "SOLARIS 1"

Bolometrul este un wattmetru solar [19] care poate masura IRS in directia de valoare maxima acesteia sau in directia normalei unui captator (foto 2.15).

El se compune din doua unitati: senzorul de radiatii si unitatea electronica de masura si reglare automata a compensarii diferentei de temperatura (fig.2.10).

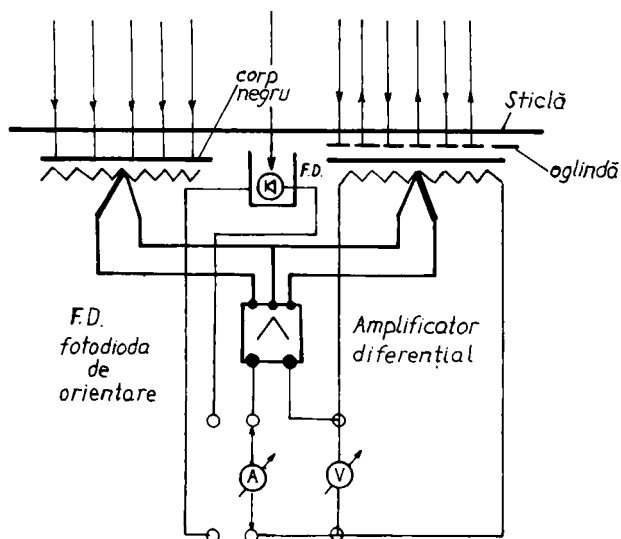


Fig.2.10

Detalii privind functionarea si etalonarea aparatului sint prezentate in [20, 19].

Pe fig.2.11 si fig.2.12 sint prezentate, spre ilustrare, valorile IRS obtinute cu bolometrul si cu albedometrul stationar pentru doua unghiuri de inclinare ale senzorului (15° si 45°).

Concluzia derivata din masuratori cu senzorul inclinat pina la 75° este aceea ca "Solaris 1" reda corect valorile IRS in intervalul unghiular $0-60^\circ$, in care intervalul unghiular de pozare al captatoarelor este inclus. Ca urmare aparatul poate fi folosit pentru a masura IRS ce cade pe un captator plan.

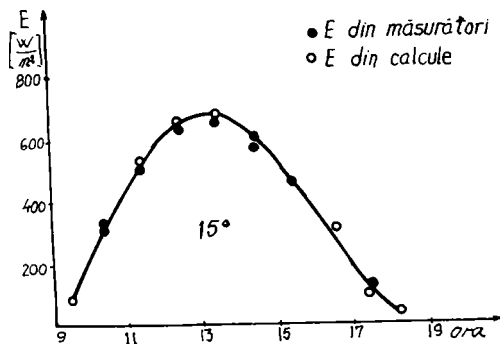


Fig. 2.11

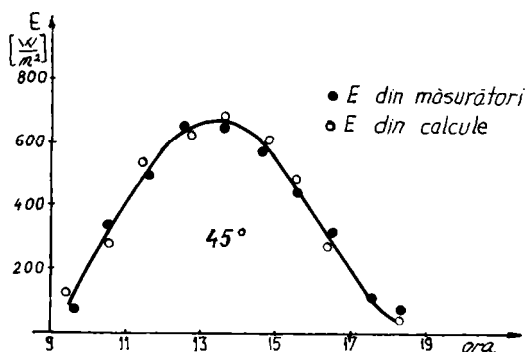


Fig. 2.12

2.4.2. PIRANOMETRUL PORTABIL "SOLARIS 2"

Piranometrul "Solaris 2" permite masurarea IRS in plan orizontal, a fost conceput si construit in catedra de fizica a UTT [20, 21].

Aparatul este prezentat in foto 2.16, iar pe fig. 2.13 este prezentat principiul de constructie.

Raspunsul aparatului la iradiere cu radiatie laser, avind intensitatea si lungimea de unda cunoscute este prezentat in fig. 2.14.

Detalii constructive si de functionare ale aparatului sint prezentate in [22, 23, 24, 25, 33, 34, 175].

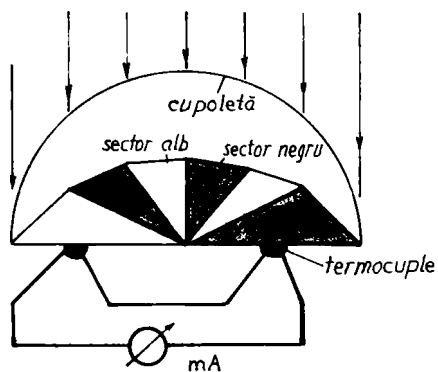


Fig.2.13

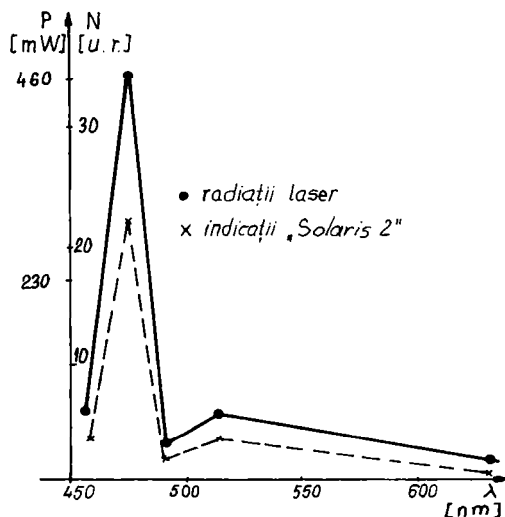


Fig.2.14

Concluzia care rezida din studiile precizate anterior este aceea ca aparatul "Solaris 2" este util in dotarea statiilor de captare a energiei solare.

In catedra de fizica au fost dezvoltate studii si cercetari relativ la utilizarea: celulelor fotovoltaice, jonctiunilor p-n si termorezistentelor ca elemente traductoare in constructia aparatelor pentru masurarea IRS [30, 31, 32, 35].

Aceste studii nu s-au finalizat in aparate pentru masurarea curenta a IRS dar ele se constituie in rezerva potentiala pentru dezvoltarea unor noi directii in proiectarea si constructia aparatelor de masura a IRS.

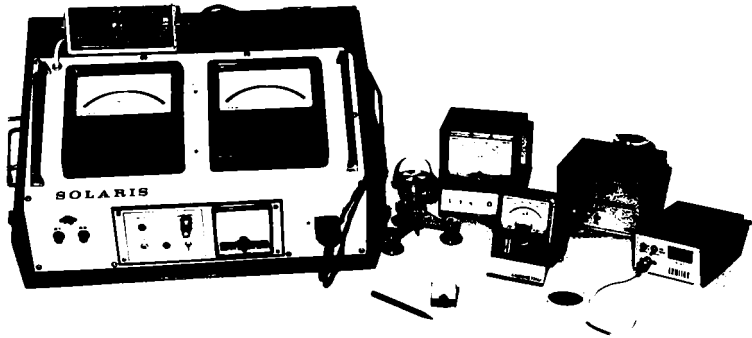


Foto 2.15

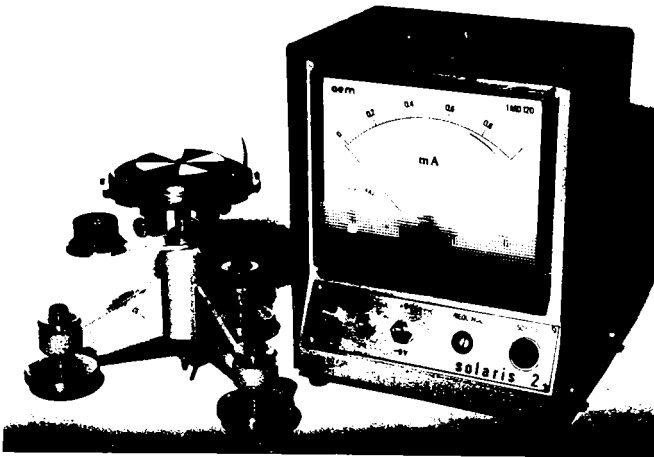


Foto 2.16

2.4.3. DATE EXPERIMENTALE METEO-CLIMATERICE PE PARALELA 45 °N

Masuratorile asupra conditiilor meteo-climaterice in partea de Vest a Romaniei au debutat in primavara anului 1977, ele desfasurandu-se, cu citeva intreruperi pina in 1992.

Debutul cercetarilor asupra captarii si utilizarii energiei solare a fost precedat de un studiu asupra conditiilor meteorologice din Banat, studiu ce a evidentiat urmatoarele [26]:

- in perioada anilor 1971-1977, numarul mediu anual de zile senine si noroase s-a situat la cifra 274, iar a celor acoperite a fost de 91 (fig.2.17).

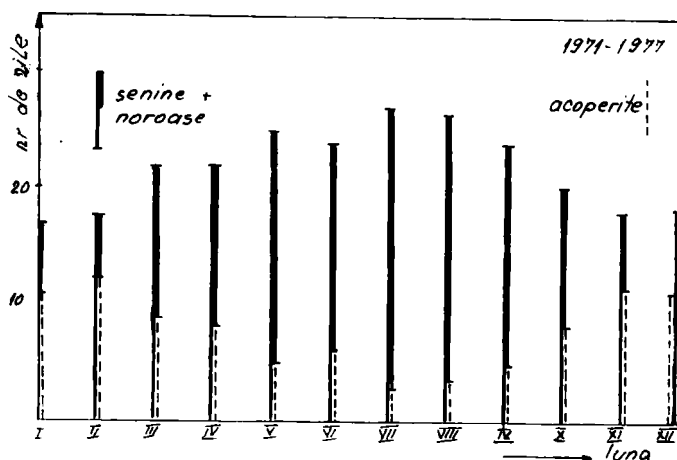


Fig.2.17

- variatia temperaturii medii in intervalul 1971 - 1977, pentru zilele 1 si 15 ale lunii,este redata pe fig.2.18, aceasta luind valori intre -4°C (ianuarie) si 21°C (iulie).

- media pentru cei 7 ani a numarului orelor de insolatie a fost de 2100.

Relativ la intensitatea radiatiei solare in plan orizontal se prezinta in [27, 28] studii asupra variatiei orare a IRS pe parcursul anului 1985.

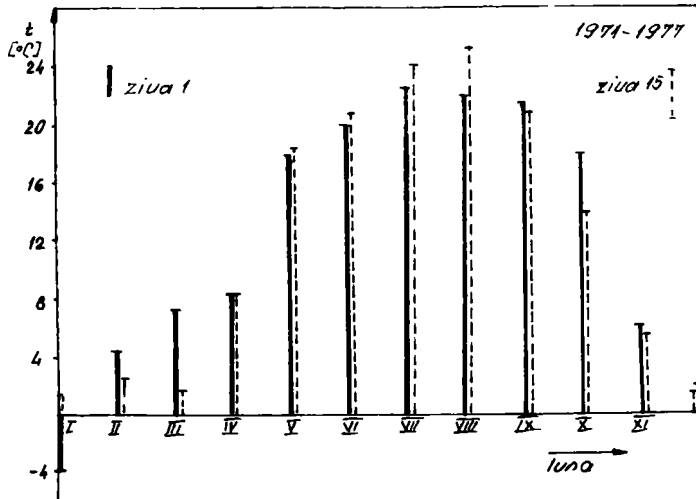


Fig.2.18

Pe fig.2.19 si fig.2.20 se prezinta aceasta dependenta pentru lunile iunie si iulie. Marimea de pe axa ordonatelor s-a obtinut prin sumarea valorilor IRS (E_i) la aceeasi ora de la o zi la alta pe parcursul lunii precizate:

$$E = \sum_{i=1}^{30} E_i$$

Pe fig.2.19 si fig.2.20 se prezinta si energia totala (ΣE) primita de 1 m^2 de suprafata orizontala, aceasta fiind $162,7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ luna (iunie) respectiv $201,12 \text{ kWh/m}^2$ luna (iulie).

Pentru restul lunilor ΣE are valorile: ianuarie - 43,4 ; februarie - 58,17; martie - 111,4; aprilie - 131,2; mai 136,2; august - 160,12; septembrie - 137,3; octombrie - 112,5; noiembrie - 54,3; decembrie - 38,9 ; [kWh/m^2 luna].

Pentru lunile mai-iunie 1983, valoarea medie a IRS pe durata a 10 ore a fost 650 W/m^2 , pe intervalul 12-14 a fost 750 W/m^2 , iar la ora 16 a fost 600 W/m^2 . Valorile maxime ale IRS s-au situat intre $500 - 900 \text{ W/m}^2$ [36].

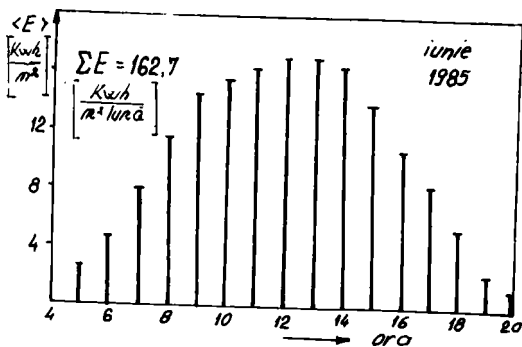


Fig. 2.19

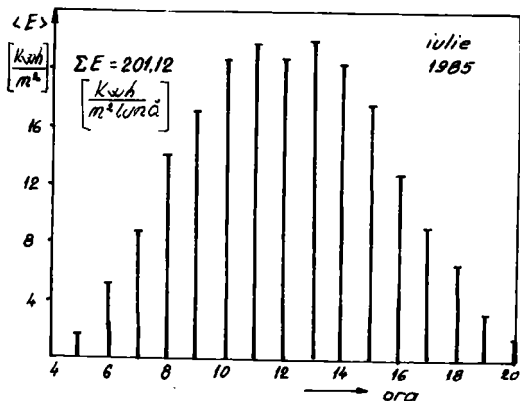


Fig. 2.20

Masuratorile efectuate pe durata anilor 1986-1987-1988-1989 au condus la urmatoarele valori pentru marimi ce intereseaza in utilizarea energiei solare (tabel nr.2.4) [184]. Eroarea relativa comisa asupra valorii radiatiei globale anuale, considerind ca adevarata valoarea prezentata in [186] relativ la studiile Statiei Meteo Timisoara, este de 4,31 %.

Tabelul nr.2.4

| Marimea luna | Temp.medie lunara [°C] | Durata medie de stralucire [ore] | Fractia de insolatie | Radiatia globala [10^7 J/m ² ·luna] |
|---|------------------------|----------------------------------|----------------------|---|
| I | -2,5 | 86,9 | 0,34 | 12,67 |
| II | 0,5 | 93,2 | 0,35 | 18,34 |
| III | 5,2 | 167,5 | 0,47 | 34,63 |
| IV | 11,1 | 169,5 | 0,43 | 49,87 |
| V | 13,3 | 212,7 | 0,49 | 63,41 |
| VI | 19,4 | 277,9 | 0,61 | 70,68 |
| VII | 21,1 | 307,2 | 0,69 | 74,40 |
| VIII | 20,2 | 294,8 | 0,72 | 63,54 |
| IX | 14,3 | 231,1 | 0,66 | 46,48 |
| X | 11,9 | 162,4 | 0,54 | 30,24 |
| XI | 6,3 | 86,2 | 0,31 | 16,43 |
| XII | 3,1 | 67,9 | 0,27 | 9,72 |
| total an [10^7 J/m ² ·an] | - | 2153,7 | 0,481 | 490,41 |

Duratele de insolatie sint comparabile cu cele prezentate in [101] relativ la insolatia pe teritoriul Germaniei.

Comparativ cu datele prezentate in [29] relativ la zona Cluj, se constata conditii meteoroclimatice mai bune in zona Timisoara pentru utilizarea energiei solare.

Pentru zone izolate, fractia de insolatie se poate determina utilizand date de nebulozitate dupa o metoda descrisa in [181].

Masuratorile efectuate in plan orizontal asupra IRS au permis calcularea intensitatii medii la o ora precizata a unei luni calendaristice date, calcule justificate prin faptul ca energia solara preluata de un captator este dependenta de valoarea IRS ca medie lunara [182], utilizand relatia:

$$EM\ 1 = \sum_{i=1}^n \frac{ER_i}{n} \quad (2.29)$$

cu: ER_i - intensitatea reala a radiatiei solare la un moment dat;
 n - numar de zile ale lunii calendaristice;

EM 1 - intensitatea medie lunara la ora respectiva.

Aceste valori au fost comparate cu valorile calculate, astfel:

$$EM\ 2 = \sum_{i=1}^n \frac{ES_i}{n} \quad (2.30)$$

cu: ES_i - IRS calculate in conditiile formulei (2.28)

EM 2 - intensitatea medie lunara la ora data a RS daca Soarele ar straluci pe cer in absenta formatiunilor noroase si a nebulozitatilor.

Calcululele au fost efectuate pe durata a opt ore in intervalul orar 9-16.

Se pot calcula valori medii ale IRS pe intreg intervalul de timp al lunii respective:

$$EM\ 3 = \sum_{i=1}^8 \frac{EM_{-1}}{8} \quad (2.31)$$

$$EM\ 4 = \sum_{i=1}^8 \frac{EM_{-2}}{8} \quad (2.32)$$

Raportul exprimat prin:

$$F = EM\ 3/EM\ 4 \quad (2.33)$$

poate sa exprime largimea "ferestrei" atmosferei terestre pentru intreg spectrul RS in conditiile in care aceasta contine si formatiuni meteorologice, avind deci semnificatia unei transmitante meteo-climaterice.

Rezultatele calculelor pe care le incumba formulele (2.29) - (2.33) sint prezentate sintetic pe tabelul nr.2.5, acestea fiind in acord cu valorile prezentate in [100] relativ la insolatia medie pe teritoriul Germaniei. Date comparabile sint prezentate in [171] pentru Nigeria, cu valori mai mari decit cele din zona Timisoara.

Pe fig.2.21 se prezinta variatia orara a marimii EM 1 pe prima parte a figurii pentru lunile ianuarie - iunie, pe a doua parte pentru lunile iulie-decembrie, evidentiindu-se simetria de oglindire a valorilor IRS pentru cele doua jumatati ale anului.

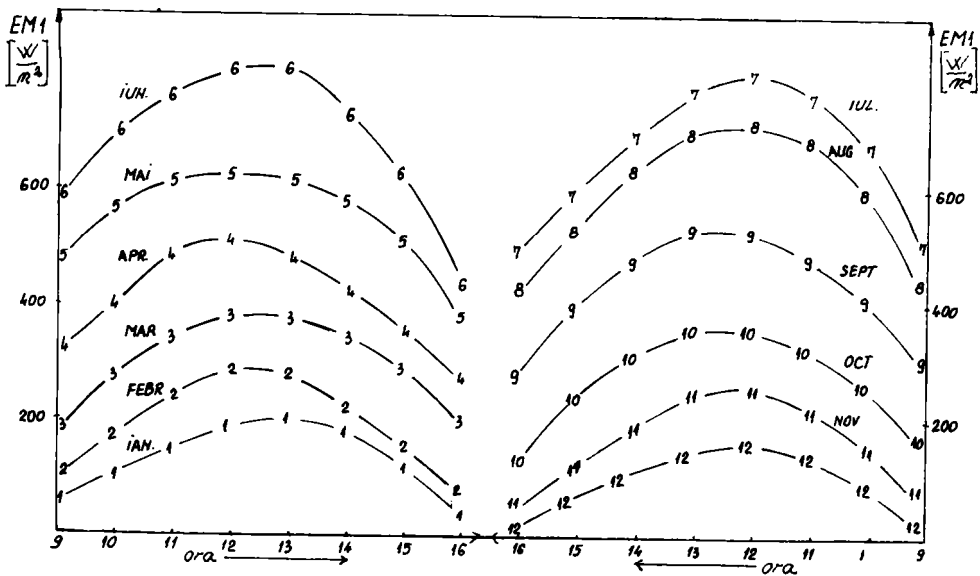


Fig.2.21

Studii asupra fractiunii din constanta solara (1353 W/m^2), care se regaseste la sol, cind radiatia strabate o atmosfera lipsita de formatiuni meteo, in dependenta acesteia cu unghiul zenital sint prezentate in [37].

In acord cu tabelul nr.2.5 atmosfera reala prezinta fata de atmosfera luata in calcul prin formulele (2.12) - (2.24) valori ale transmitantei cuprinse in intervalul (60 - 90 %).

Valori ridicate ale transmitantei atmosferei reale se inregistreaza in lunile: mai, iunie, iulie, august, septembrie. Lunile iunie, iulie, august prezinta o transmitanta mai mare de 80 % la o fractie de insolatie mai mare de 60 %.

Energia radianta primita real de 1 m² de suprafata terestra, in plan orizontal va fi, in intervalul orar precizat:

$$Q_3 = 3600 \cdot EM_3 \cdot N \cdot n \quad (2.34)$$

cu $N = 365$; $n = 8$ ore, se obtine $Q_3 = 3,93 \cdot 10^9 \text{ J/m}^2 \text{ an} = 1092 \text{ kWh/m}^2 \text{ an}$. Valoarea lui Q_3 reprezinta 80 % din valoarea prezentata in tabelul nr.2.4, deoarece in calculul lui Q_3 s-au luat in considerare numai 8 ore de insolatie, interval temporal in care, de obicei, functioneaza instalatiile heliotehnice.

Valoarea ridicata a lui Q_3 se constituie in argument pentru dezvoltarea cercetarilor relativ la utilizarea energiei solare [102].

Tabelul nr.2.5

| Luna | ora | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | EM 3 | EM 4 | F |
|----------------------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------|------------------------------|----|
| | $\frac{E}{m^2}$ | | | | | | | | | $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ | $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ | % |
| I | EM 1 | 73 | 102 | 154 | 188 | 190 | 174 | 104 | 36 | 128 | 190 | 67 |
| | EM 2 | 101 | 161 | 241 | 281 | 266 | 236 | 148 | 85 | | | |
| II | EM 1 | 106 | 169 | 247 | 291 | 282 | 210 | 165 | 84 | 194 | 298 | 65 |
| | EM 2 | 151 | 276 | 367 | 410 | 408 | 361 | 267 | 144 | | | |
| III | EM 1 | 190 | 286 | 336 | 384 | 380 | 345 | 293 | 214 | 304 | 466 | 68 |
| | EM 2 | 325 | 459 | 551 | 589 | 583 | 527 | 421 | 276 | | | |
| IV | EM 1 | 330 | 374 | 508 | 512 | 470 | 412 | 352 | 280 | 405 | 620 | 65 |
| | EM 2 | 503 | 632 | 715 | 741 | 733 | 670 | 558 | 407 | | | |
| V | EM 1 | 480 | 580 | 610 | 615 | 605 | 590 | 512 | 384 | 547 | 719 | 76 |
| | EM 2 | 610 | 732 | 810 | 837 | 824 | 764 | 655 | 516 | | | |
| VI | EM 1 | 590 | 704 | 745 | 807 | 810 | 720 | 629 | 431 | 680 | 756 | 89 |
| | EM 2 | 635 | 757 | 838 | 868 | 861 | 808 | 708 | 570 | | | |
| VII | EM 1 | 475 | 681 | 771 | 801 | 778 | 693 | 602 | 504 | 663 | 735 | 90 |
| | EM 2 | 548 | 727 | 814 | 854 | 851 | 808 | 709 | 576 | | | |
| VIII | EM 1 | 416 | 612 | 691 | 704 | 701 | 646 | 538 | 426 | 592 | 672 | 88 |
| | EM 2 | 515 | 652 | 746 | 789 | 788 | 741 | 644 | 506 | | | |
| IX | EM 1 | 312 | 414 | 487 | 538 | 543 | 476 | 413 | 279 | 433 | 568 | 76 |
| | EM 2 | 419 | 555 | 649 | 689 | 684 | 633 | 529 | 385 | | | |
| X | EM 1 | 183 | 276 | 334 | 364 | 367 | 315 | 273 | 127 | 280 | 372 | 75 |
| | EM 2 | 256 | 380 | 462 | 494 | 482 | 421 | 312 | 172 | | | |
| XI | EM 1 | 97 | 163 | 231 | 261 | 252 | 182 | 116 | 44 | 168 | 228 | 74 |
| | EM 2 | 128 | 234 | 307 | 332 | 319 | 260 | 162 | 82 | | | |
| XII | EM 1 | 46 | 94 | 137 | 158 | 146 | 107 | 82 | 14 | 98 | 163 | 60 |
| | EM 2 | 81 | 150 | 219 | 247 | 239 | 188 | 154 | 23 | | | |
| val.medii anuale $[W/m^2]$; [%] | | | | | | | | | | 374 | 482 | 78 |

CAPITOLUL 3

FENOMENE FIZICE DE BAZA IMPLICATE IN TERMOCONVERSIA ENERGIEI SOLARE SI IN STOCARE

3.1. Principiul constructiv si de functionare al unei instalatii heliotehnice prin conversie termosolara

Schema de principiu a unei instalatii heliotehnice destinate captarii, termoconversiei si stocarii energiei de origine solara este prezentata pe foto 3.1, obtinuta cu programul "Princip" (Anexa 3.1). Pe figura se evidentiaza:

- placa de sticla, A1 B1;
- placa absorbanta, A2 B2;
- capcana solara, A1 B1 B2 A2;
- raza solara, SI;
- normala la placa, Ni;
- raza reflectata IR;
- unghiurile de incidenta si reflexie, u1;
- sasiul cu izolatie, A3 B3 B4 A4;
- unghiul de pozare, ii;
- schimbatorul de caldura, CD;
- acumulatorul termic, A3 B3 CDE A3;
- gazul fonic din capcana solara;
- gazul fononic din masa termica.

Fluidul termopurtator intra in captator la temperatura de intrare TFI, preia energie termica de la placa absorbanta a radiatiei solare si iese din captator la temperatura de iesire TFE. In schimbatorul de caldura are loc descarcarea termica a fluidului spre masa termica de stocaj, densitatea gazului fononic din acumulator fiind in crestere.

3.2. Fenomene optice in ansamblul geam-placa absorbanta

Fenomenele care apar la interactiunea dintre radiatia termica si o placa transparenta implica:

- reflexia pe prima interfata;
- refractia si absorbtia prin material;
- reflexia pe a doua interfata;
- refractia la iesirea din material.

Notind prin: A_1 - factorul energetic de absorbtie; R - factorul energetic de reflexie; D - factorul energetic de transmisie exista relatia [4]:

$$1 = R + A_1 + D \quad (3.1)$$

consecinta a conservarii energiei radiante.

Pentru captatorul plan fara orientare, unghiul de incidenta al razelor solare pe suprafata sticloasa este variabil drept consecinta a miscarii aparente a Soarelui pe bolta.

Notind prin u_1 - unghi de incidenta; u_2 - unghi de refractie (dat de legea refractiei: $\sin u_2 / \sin u_1 = n_1 / n_2$; n - indici de refractie) in acord cu [4,38, 40, 41] se poate scrie relatia lui Fresnel:

$$R = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2 (u_2 - u_1)}{\sin^2 (u_2 + u_1)} + \frac{\text{tg}^2 (u_2 - u_1)}{\text{tg}^2 (u_2 + u_1)} \right] \quad (3.2)$$

Variatia orara a R in decursul unei zile precizate, la diverse unghiuri de pozare, pentru suprafete transparente cu indici de refractie cunoscuti se poate evidentia prin programul "RE" (Anexa 3.2).

Pe foto 3.2 se prezinta aspectul dependentei orare a lui R pe durata zilei de 21.VI, pentru suprafete orientate spre sud, ratia unghiului de pozare fiind de 10° .

Pe foto 3.3 se prezinta coordonatele punctului reprezentativ pentru ora 12. Pe caseta laterala se dau valorile a diverse unghiuri la momentul respectiv. Astfel, avem: ora legala - 12 h 4 min; unghi pozare - 40 grd ; R : 0,04; unghi de inaltare, $UH = 65,7^\circ$; unghi orar $UO = -1,0^\circ$; unghi de incidenta, $u_1 = 15,7^\circ$; unghi de refractie $u_2 = 10,2^\circ$.

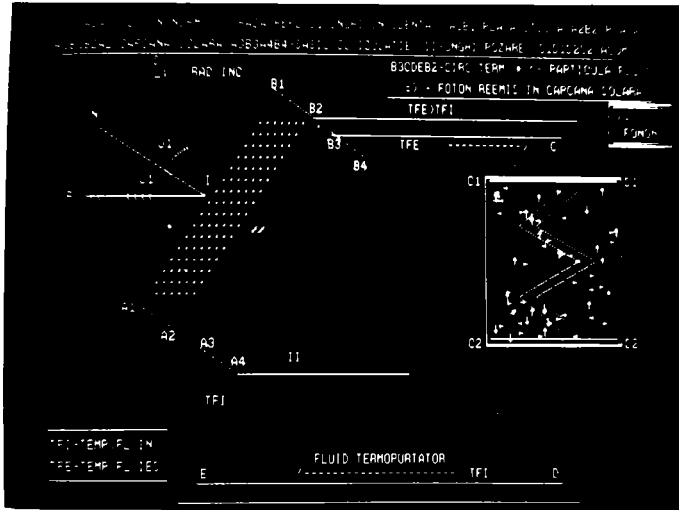


Foto 3.1

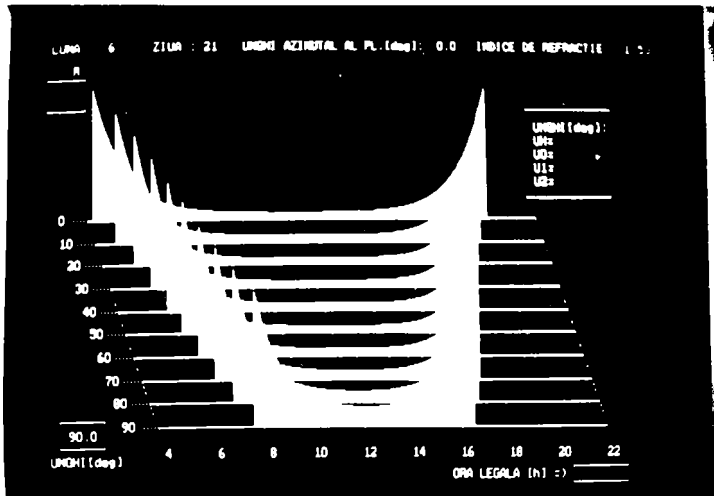


Foto 3.2

Cele doua figuri evidentiaza faptul ca valoarea lui R se mentine in limitele 0,04 - 0,05 pe durata a 8-10 ore plasate simetric in jurul amiezii.

Pentru valori mari ale unghiului orar, valoarea lui R creste, ceea ce face ca eficienta captarii energiei solare, in aceste conditii sa se diminueze.

Pe tabelul nr.3.1. se dau valorile marimilor UH, u0, u1, u2, R, la ora 12, in ziua 15 a fiecarei luni, pentru doua unghiuri de inclinare (0 si 45 °) ale suprafetei vitroase.

Tabelul nr.3.1

| luna | UH [grd] | U0 [grd] | u1 [grd] | | u2 [grd] | | R % | |
|------|----------|----------|----------|------|----------|------|-----|----|
| | | | 0 | 45 | 0 | 45 | 0 | 45 |
| I | 20,5 | -9,7 | 69,5 | 25,8 | 37,8 | 16,5 | 17 | 4 |
| II | 27,9 | -11,0 | 62,1 | 19,7 | 35,3 | 12,7 | 11 | 4 |
| III | 39,2 | -9,6 | 50,8 | 10,9 | 30,5 | 7,1 | 6 | 4 |
| IV | 51,2 | -7,4 | 38,8 | 9,9 | 24,2 | 6,5 | 5 | 4 |
| V | 60,5 | -6,5 | 29,5 | 17,2 | 18,8 | 11,2 | 5 | 4 |
| VI | 64,8 | -4,9 | 25,2 | 21,0 | 16,2 | 13,6 | 4 | 4 |
| VII | 63,0 | -8,8 | 27,0 | 20,7 | 17,3 | 13,3 | 4 | 4 |
| VIII | 55,5 | -8,6 | 34,1 | 14,5 | 21,5 | 9,4 | 5 | 4 |
| IX | 45,3 | -6,5 | 44,7 | 6,6 | 27,4 | 4,3 | 5 | 4 |
| X | 33,7 | -4,0 | 56,3 | 11,9 | 32,9 | 7,7 | 8 | 4 |
| XI | 24,1 | -3,5 | 65,9 | 21,1 | 36,6 | 13,6 | 13 | 4 |
| XII | 19,0 | -5,8 | 17,0 | 26,4 | 38,2 | 16,9 | 19 | 4 |

Rezida faptul ca in lunile ianuarie, februarie, noiembrie, decembrie, chiar la amiaza, factorul energetic de reflexie ia valori mari cuprinse in intervalul (11 - 19) % pentru $i_i = 0^\circ$. In cazul suprafetei inclinate la 45° , valoarea lui R este de 4 % pentru toate lunile anului, ceea ce recomanda ca in constructia captatoarelor unghiul de pozare sa fie $i_i = 45^\circ$.

Factorul energetic de transmisiune este dependent de R, in cazul unui singur geam, tinandu-se cont de reflexiile si refractiile succesive, prin formula [4]:

$$DR = (1 - R)^2 \sum_{N=0}^{\infty} R^{2N} = \frac{(1 - R)^2}{1 - R^2} = \frac{1 - R}{1 + R} \quad (3.3)$$

In cazul unui sistem format din n geamuri, formula devine [95]:

$$DR = \frac{1 - R}{1 + (2n - 1) R} \quad (3.4)$$

Pentru a tine seama si de absorbtia unei parti din radiatie se calculeaza factorul de transmisiune DA, care tine cont numai de absorbtia, cu formula lui Bouger [4]:

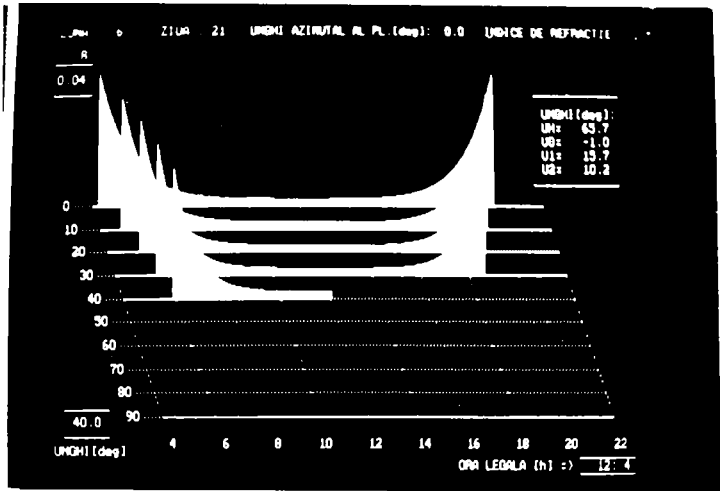


Foto 3.3

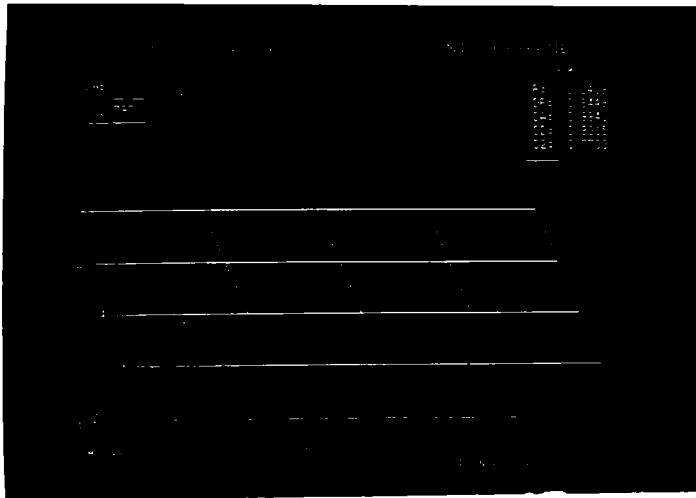


Foto 3.4

$$DA = e^{-K \cdot d} \quad (3.5)$$

in care K - coeficient de extinctie

d - grosimea placii

Factorul energetic de transmisiune total se obtine prin:

$$DD = DR \cdot DA \quad (3.6)$$

Notind prin A factorul energetic de absorbtie al placii absorbante se poate calcula produsul echivalent al transmisiei - absorbtiei in ansamblul geam-placa:

$$DA_2 = DD \cdot A \sum_{N=0}^{\infty} [(1 - A) \cdot RDIF]^N = \frac{DD \cdot A}{1 - (1 - A) \cdot RDIF} \quad (3.7)$$

RDIF este factorul energetic de reflexie difuza.

Caldura inmagazinata in placile transparente contribuie la cresterea caldurii utile a captatorului si in acord cu [4], relatia (3.7) trebuie adusa in forma:

$$\overline{DAE} = DA_2 + (1 - DA) \sum_{j=1}^n a_j \cdot DD^{n-j} \quad (3.8)$$

cu: \overline{DAE} - valoarea efectiva a produsului echivalent a transmisiei - absorbtiei in ansamblul geam-placa;

j - numarul de ordine al geamului;

a_j - marimi adimensionale ce depind de temperatura placii absorbante (TP), temperatura ambienta (TA), factorul energetic de emisie al placii (ϵ), viteza vintului (v).

Pe tabelul nr.3.2. se dau valorile marimii a_j pentru cazul: TP = 100 °C, TA = 10 °C, v = 5 m/s si $\epsilon = 0,95$. Pe acelasi tabel se dau si valorile pentru RDIF.

Tabelul nr.3.2

| Nr. de geamuri | a_j | RDIF |
|----------------|-------|------|
| 1 | 0,27 | 0,16 |
| 2 | 0,62 | 0,24 |
| | 0,15 | |
| 3 | 0,75 | 0,29 |
| | 0,45 | |
| | 0,14 | |

Prin programul "EF" (Anexa 3.3) se evidentiaza variatia marimii \overline{DAE} , cu grosimea placii si cu ordinul efectului de sera, considerind incidenta normala.

Pe foto 3.4 se prezinta aceste dependente, evidentiindu-se variatia discreta a lui \overline{DAE} cu ordinul efectului de sera (n) si continua cu grosimea placii (d). Pe aceeasi fotografie se mai dau valorile pentru: $R, DR, DA, DD, D2$ ($D2 = DD \cdot A$).

Valori curente pentru DAE , se pot obtine atat cu programul "EF" cit si cu programul "EFECTIV" (Anexa 3.4), construit in ipoteza incidentei normale a radiatiei.

Pentru conditiile: $n = 1,53$ (indice de refractie); $A = 0,92$; $d = 3$ mm se dau pe tabelul nr.3.3 valorile marimilor: $R, DR, DA, DD, D2, DAE$, cu constatarea ca valoarea lui \overline{DAE} variaza cu aprox. 5 % cind se trece de la un ordin al efectului de sera la cel consecutiv.

Tabelul nr.3.3

| Efect sera | $R \cdot 10^{-4}$ | $DR \cdot 10^{-4}$ | $DA \cdot 10^{-4}$ | $DD \cdot 10^{-4}$ | $D2 \cdot 10^{-4}$ | $DAE \cdot 10^{-4}$ |
|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1 | 439 | 915,9 | 988,1 | 905,0 | 832,6 | 8470 |
| 2 | 439 | 844,9 | 988,1 | 834,8 | 768,0 | 7910 |
| 3 | 439 | 784,1 | 988,1 | 774,7 | 712,7 | 7410 |

Variatia orara a marimii R , determina inasa si variatia marimii DAE . Ca urmare din programul "RTA" (Anexa 3.5) se evidenziaza variatia lui \overline{DAE} pe parcursul zilei, pe suprafete cu orientare arbitrara.

Pe foto 3.5 se prezinta suprafata obtinuta prin desfasurarea in timp a relatiei (3.8), iar pe foto 3.6 se evidenziaza coordonatele marimii DAE si valorile pentru $R, DR, DA, DA2$, la un moment dat.

Pe tabelul nr.3.4 se dau valorile pentru DR, DA, DAE , la amiaza, pentru ziua 15 a fiecarei luni, in situatiile: unghiul $i = 0^\circ$ si unghiul $i = 45^\circ$, considerind placa cu $d = 4$ mm si ordinul efectului de sera $n = 2$.

Rezida din tabelul nr.3.4, ca pentru captatorii inclinati la 45° , marimea DAE se mentine pe parcursul intregului an la valori superioare lui 80 %.

Variatia produsului echivalent al absorbtiei-transmisiei determina variatia intensitatii radiatiei absorbite. Prin programul "RadAbs" (Anexa 3.5) se pot calcula valorile intensitatii radiatiei absorbite in dependenta acesteia cu momentul calendaristic si cu structura anterioara a captatorului.

Pe foto 3.7 se prezinta aceste dependente pentru conditiile indicate pe caseta superioara; in dreptul fiecarei curbe a suprafetei se dau valorile energiei ce poate fi absorbita pe durata zilei si fractiunea acesteia din energia incidenta.

Tabelul nr. 3.4

| Marimea luna | DR · 10 ⁻³ | | DA · 10 ⁻³ | DAE · 10 ⁻³ | |
|-----------------|-----------------------|-----|-----------------------|------------------------|-----|
| | 0° | 45° | | 0° | 45° |
| I | 549 | 842 | 984 | 527 | 808 |
| II | 679 | 844 | 984 | 652 | 809 |
| III | 786 | 845 | 984 | 754 | 810 |
| IV | 829 | 845 | 984 | 795 | 810 |
| V | 840 | 844 | 984 | 806 | 810 |
| VI | 843 | 844 | 984 | 808 | 809 |
| VII | 842 | 844 | 984 | 807 | 809 |
| VIII | 836 | 845 | 984 | 802 | 810 |
| IX | 814 | 845 | 984 | 780 | 810 |
| X | 745 | 845 | 984 | 715 | 810 |
| XI | 619 | 840 | 984 | 594 | 809 |
| XII | 516 | 842 | 984 | 496 | 807 |

Pe foto 3.8 se evidentiaza coordonatele punctului reprezentativ, iar in caseta laterala se dau valorile pentru: EDN (intensitatea radiatiei directe pe directia normalei); EDS (intensitatea radiatiei directe pe suprafata); kk (factorul de proiectie a radiatiei din plan orizontal in planul captatorului);

(kk poate sa ia si valori supraunitare fiind un raport de functii trigonometrice; in adevar la echinocciu, pentru $i_i = 45^\circ$, la amiaza, IRS in planul captatorului e mai mare decit componenta orizontala a IRS;)

DAE (produs echivalent); u_i (unghi de incidenta).

Pe tabelul nr.3.5 se prezinta valorile pentru:

- E DAS (IRS directe absorbite de 1 m², suprafata de captare
- F (fractiunea pe care EDAS o reprezinta din energia totala incidenta pe durata zilei)

Valorile au fost calculate pentru ziua 15 a fiecarei luni, la amiaza, pentru $i_i = 0^\circ$ si $i_i = 45^\circ$, avind $d = 4$ mm si $n = 2$.

Tabelul nr.3.5

| Marimea Luna | FDAS [10^7 J/m ² zi] | | F · 10 ⁻⁹ | |
|-----------------|------------------------------------|------|----------------------|-----|
| | 0° | 45° | 0° | 45° |
| I | 0,15 | 0,71 | 471 | 797 |
| II | 0,36 | 1,04 | 584 | 793 |
| III | 0,78 | 1,41 | 685 | 783 |
| IV | 1,31 | 1,63 | 737 | 770 |
| V | 1,63 | 1,66 | 756 | 760 |
| VI | 1,82 | 1,67 | 761 | 755 |
| VII | 1,72 | 1,66 | 759 | 757 |
| VIII | 1,44 | 1,61 | 748 | 765 |
| IX | 1,06 | 1,52 | 716 | 777 |
| X | 0,54 | 1,23 | 610 | 747 |
| XI | 0,23 | 0,85 | 522 | 796 |
| XII | 0,11 | 0,62 | 437 | 797 |

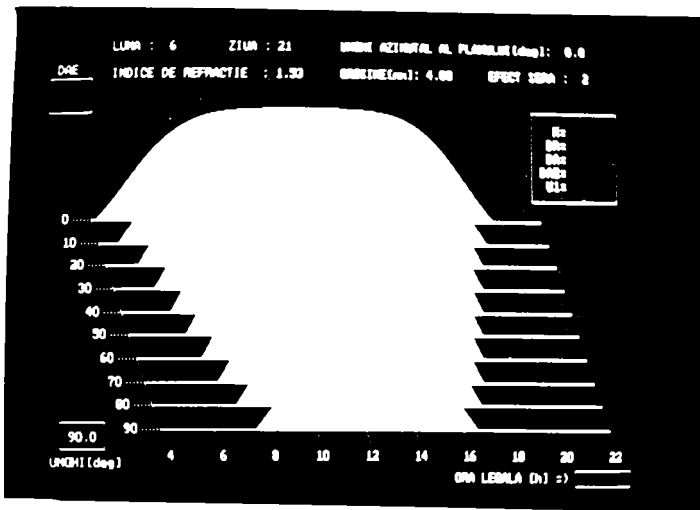


Foto 3.5

Se vede ca suprafetele orientate la 45° utilizeaza mai bine energia radiatiilor pe parcursul lunilor de iarna decit in lunile de vara.

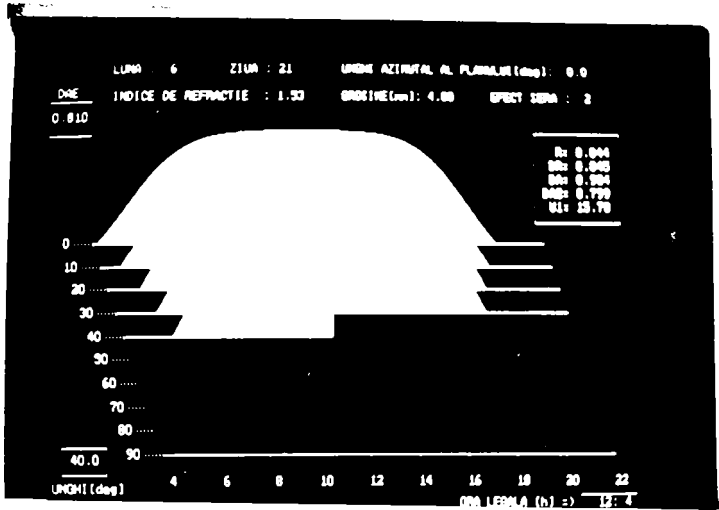


Foto 3.6

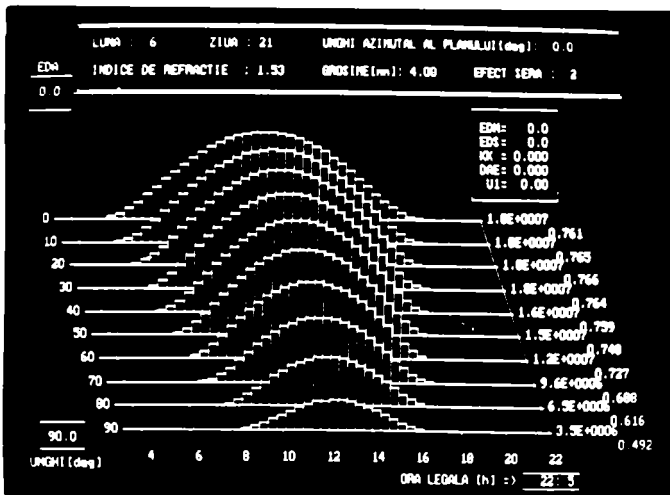


Foto 3.7

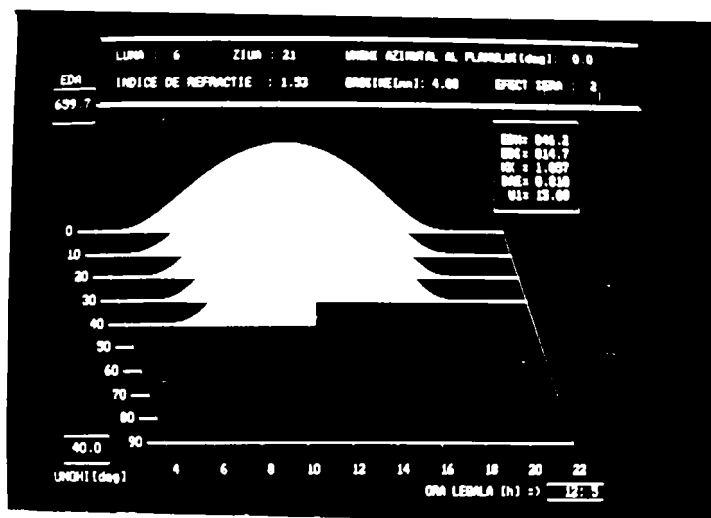


Foto 3.8

3.3. Realizarea de suprafete negre cu puteri de absorbtie sporite

Se arata in [42] ca temperatura maxima pe care o poate atinge un material atermian supus iradierii, in conditii normale de pierderi este data prin:

$$T_{MAX} = T_A + \frac{A}{K} \frac{SR}{SP} E \quad (3.9)$$

cu SR-suprafata de iradiere; SP-suprafata de pierderi; E - intensitate radianta; K - conductanta; A - factor de absorbtie;

Expresia (3.9) evidentiaza ca TMAX ia valori pe o plaja larga dependent de valoarea lui A.

Pentru a stabili compozitia unui material cu proprietati absorbante superioare s-au ridicat curbele experimentale de incalzire pentru placi de fier cu grosimea $d = 0,5 \text{ mm}$, $SR = 25 \text{ cm}^2$ avind una din fete acoperite cu substante absorbante cu diverse structuri. Ca surse de radiatii in IR s-au folosit lampi tip I.R de 150 W, iar temperatura s-a masurat cu un dispozitiv de tip AMTC.

Pe fig.3.9 este prezentata o curba de incalzire ca functie de durata expunerii, iar pe fig.3.10 se da variatia pantei in origine in functie de compozitia materialului absorbant.

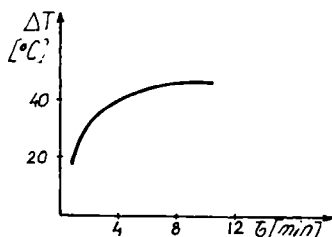


Fig.3.9

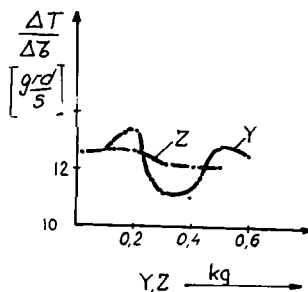


Fig.3.10

Din analiza curbelor de tipul celor prezentate rezulta ca materialul absorbant cel mai convenabil se incadreaza in compozitiile $Y = 0,2 \cdot VN$; $Z = 0,2 \cdot VN$, unde Y si Z sint pigmenti absorbanti, iar VN este materialul absorbant suport. Vopsele negre cu compozitia determinata prin valorile Y si Z au fost aplicate pe tabla metalica a unui microinsolator descris in [43].

Masuratorile au evidentiat faptul ca suprafata absorbanta astfel realizata si-a mentinut proprietatile absorbante pe durata a doi ani, ea prezentind in acest interval un coeficient mediu de absorbtie $A = 0,92$.

3.4. Efectul de sera creat de materiale diatermane

Efectul de sera este generat de proprietatea placilor transparente, in speta sticla, de a prezenta "ferestre de transmisie" pentru radiatia solara incidenta cu $\lambda \in (0,3 - 3) \mu m$ corespunzator lui $T = 6000 K$ si de a fi opaca pentru radiatiile din IR indepartat, reemise de corpul negru, cu $\lambda \in (4 - 30) \mu m$, corespunzator lui $T \approx 400 K$ [45].

Pentru a evidenta aceasta proprietate s-a masurat cu spectrofotometrul VSU 2 factorul de transmisie (D) pentru o placa de sticla de grosime $d = 2 \text{ mm}$ si pentru o folie de poliester aluminiata, $d' = 0,06 \text{ mm}$, asezata peste sticla de geam. Rezultatele masuratorilor sint date pe fig.3.11.

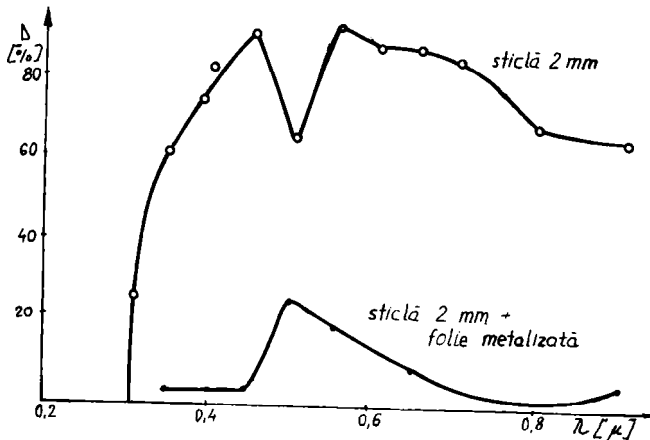


Fig.3.11

Analiza curbelor (fig.3.11), arata [44]:

- sticla de geam prezinta o transmitanta buna ($> 80 \%$) pe intreg spectru al luminii vizibile ($0,4 - 0,7 \mu\text{m}$), cu o zona de absorbtie la $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$;
- sticla are o transmitanta buna si in IR apropiat;
- folia de poliester metalizata este opaca in UV ($0,2-0,34 \mu\text{m}$) si are o transmitanta buna pe o gama larga a lungimilor de unda si anume ($0,35 - 0,48 \mu\text{m}$; $0,65 - 0,9 \mu\text{m}$), prezentind un maxim de 25% in jurul valorii de $0,5 \mu\text{m}$.

Maximul de transmisie se situeaza in zona de albastru al spectrului, ceea ce face ca lumina transmisa sa fie odihnitore, fiind saraca in radiatii rosii si portocalii.

Studiile asupra capacitatii de transmisie a unei game largi de produse in domeniul lungimilor de unda ($0,65 - 1,1 \mu\text{m}$) sint sintetizate prin curbele fig.3.12 [46].

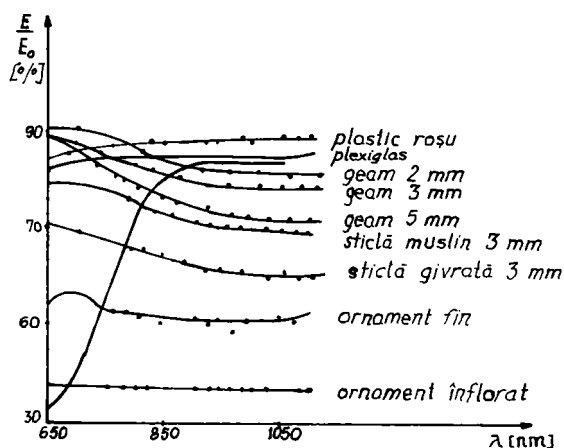


Fig.3.12

Spectrogramele evidentiaza urmatoarele aspecte:

- sticlele de geam cu grosimi (2 - 5) mm au transmisie buna, mai mare ca 70 %;
- cea mai buna transmisie o prezinta un material plastic rosu cu $d = 2$ mm si folia de polietilena;
- se apreciaza ca sticlele de geam sint cele mai propice pentru crearea efectului de sera, intrucit materialele plastice isi modifica proprietatile sub actiunea factorilor de mediu ambiant.

Studiile efectuate asupra pierderilor la un captator echipat cu placi de sticla ($d = 4$ mm) [43] au evidentiat:

- prezenta placilor reduce pierderile energetice de la 100 % la 39,9 % pentru o placa si la 23,57 % pentru doua placi

Proprietatile optice ale fetei anterioare a captatorului mai pot fi imbunatatite prin urmatoarele metode:

- efect de sera multiplu [47];
- structuri celulare antiradiative [48, 49, 50, 51];
- tuburi cu reiradiere [52].

3.5. Pierderi energetice ale captatorului

3.5.1. DEPENDENTA FACTORULUI ENERGETIC DE PIERDERI CU TEMPERATURA

Pentru a stabili forma acestei dependente s-a folosit un convertor fototermic ce cuprindea o cutie de polietilena si o placa de Al vopsita in negru. Temperatura s-a masurat cu un termometru electronic, de capacitate calorica neglijabila. Iluminarea placii a fost asigurata de un bec de putere constanta.

Echilibrul energetic se exprima prin ecuatia:

$$E \cdot S \cdot \overline{DAE} \cdot dt = mc \cdot dt + KS(t - t_a) \cdot dt \quad (3.10)$$

cu: dt - durata, semnificatiile celorlalte marimi au fost precizate anterior.

Intrucit orice functie se poate dezvolta in serie Taylor, se va presupune ca dependenta conductantei cu temperatura este de tip polinomial [53]:

$$K = \sum_{n=0}^{\infty} \beta_n \cdot t^n \quad (3.11)$$

unde β_n sint coeficienti ce urmeaza a fi determinati, iar t este supratemperatura.

Pentru intervale restrinse de temperatura, dependenta se poate considera liniara si avem:

$$K = \beta_0 + \beta_1 \cdot t \quad (3.12)$$

Inlocuirea expresiei (3.12) in expresia (3.10) ar conduce la o expresie imposibil de integrat fara a cunoaste: β_0 si β_1 , ca urmare se va media expresia (3.12) pe intervalul de temperatura considerat, urmind a se utiliza in (3.10) valoarea medie a conductantei. In ipoteza conductantei constante, integrarea relatiei (3.10) conduce la:

$$t = T - T_A = t_{\max} [1 - \exp(-c \cdot \tau)] \quad (3.13)$$

cu $t_{\max} = \frac{E \cdot \overline{DAE}}{K}$; $C = KS/mc$

Reprezentarea grafica a curbei de incalzire (3.13) este ilustrata pe fig.3.13, curba A (punctele notate cu +).

Marimea C, fiind proportionala cu marimea k, va avea aceleasi proprietati ca si aceasta.

Expresia lui C este:

$$C = \frac{1}{\tau} \ln \left(1 - \frac{t}{t_{\max}} \right)^{-1} \quad (3.14)$$

Modul cum C depinde cu t este arata pe fig.3.14 (punctele notate cu +).

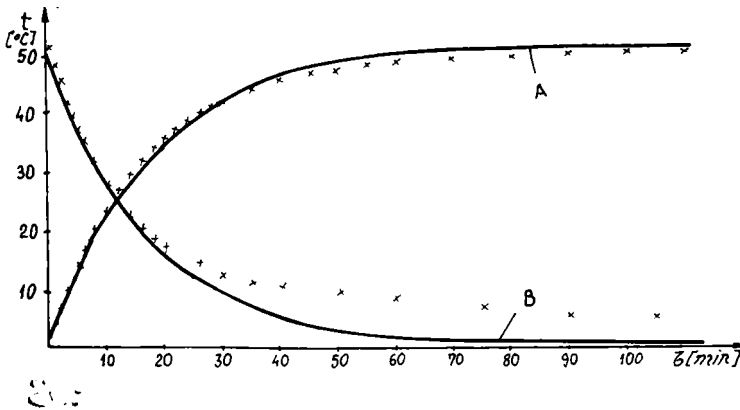


Fig.3.13

Pentru a afla dependenta liniara cautata:

$$C = \beta_0 + \beta_1 \cdot t, \quad (3.15)$$

utilizam metoda celor mai mici patrate:

$$\beta_0' = \frac{\langle C \rangle \cdot \langle t^2 \rangle - \langle t \rangle \cdot \langle C \cdot t \rangle}{\langle t^2 \rangle - \langle t \rangle^2}; \quad \beta_1' = \frac{\langle Ct \rangle - \langle C \rangle \cdot \langle t \rangle}{\langle t^2 \rangle - \langle t \rangle^2} \quad (3.16)$$

si obtinem pentru curba de incalzire:

$$C = - 3,388 \cdot 10^{-5} \cdot t + 0,0591 \quad (3.17)$$

dreapta reprezentata pe fig.3.14.

Se vede dependenta foarte slaba a lui C cu temperatura, deci conductanta poate fi considerata constanta la variatia temperaturii pe intervale restrinse.

Relatia (3.17), mediata dupa formula:

$$\langle C \rangle = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} C(t) \cdot dt \quad (3.18)$$

conduce la $\langle C \rangle = 0,0581 \text{ min}^{-1}$ care, introdusa in formula (3.13), da curba teoretica de incalzire, reprezentata pe fig.3.13, eviden-tiindu-se concordanta foarte buna cu datele experimentale.

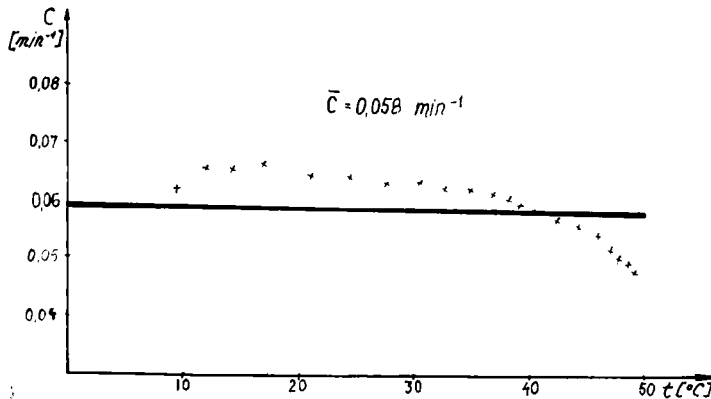


Fig.3.14

La racire, evolutia temperaturii este descrisa de o ecuatie de forma [53]:

$$t = t_{\max} \cdot \exp(-Cr) \quad (3.19)$$

reprezentata experimental prin punctele notate cu x pe fig.3.13, iar teoretic prin inlocuirea lui C cu $\langle C \rangle$ in relatia (3.19), prin curba B continua.

Se poate aprecia, ca in intervalul de temperaturi joase, usor realizabile in instalatiile heliotehnice industriale, conductanta convertorului este constanta cu temperatura, asa cum se considera in [54].

3.5.2. MECANISMELE TRANSFERULUI ENERGETIC PRIN INVELISUL CAPTATORULUI

A. Radiatia termica

Principalele caracteristici ale unui corp atermian care interactioneaza cu radiatia sint: absorbtia, reflexia si emisivitatea [56]. Aceste caracteristici depind de: natura materialului, unghiul de incidenta, lungimea de unda, temperatura, calitatea suprafetei, etc.

In acord cu legile radiatiei termice [58, 56] se arata in [4, 57] ca schimbul de caldura intre un corp mic cu o suprafata convexa S_1 , continut intr-un corp mai mare cu o suprafata $S_2 \gg S_1$, este :

$$\dot{Q}_1 = \epsilon_1 \cdot S_1 \cdot \sigma (T_2^4 - T_1^4) \quad (3.20)$$

cu ϵ_1 - factor energetic de emisie

σ - constanta lui Stefan - Boltzmann

T_1, T_2 - temperaturi absolute

Captatorul radiaza caldura spre Cer si avem:

$$\dot{Q}_2 = \epsilon \cdot S_2 \cdot \sigma (T_{cer}^4 - T^4) \quad (3.21)$$

Temperatura echivalenta a cerului considerat ca un corp absolut negru se calculeaza cu relatia lui Whillier [59]:

$$T_{cer} = T_{aer} - 6 \quad (3.22)$$

Schimbul de caldura prin radiatie se poate pune intr-o forma lineara [4]:

$$\dot{Q} = \alpha_r (T_1 - T_2) S_1 \quad (3.23)$$

$$\text{cu } \alpha_r = \frac{\sigma (T_2^2 + T_1^2) (T_2 + T_1)}{\frac{(1 - \epsilon_1)}{\epsilon_1} + \frac{1}{F_{12}} + \frac{(1 - \epsilon_2) S_1}{\epsilon_2 S_2}} \quad (3.24)$$

F - factor de forma

B. Convecție

Schimbul de caldura prin convecție intre un perete solid aflat in contact cu un fluid se exprima prin relatia lui Newton [60]:

$$\dot{Q} = \alpha_c (T_p - T_f) \cdot S \quad (3.25)$$

cu: α_c - coeficient de schimb de caldura prin convecție

T_p - temperatura peretelui

T_f - temperatura fluidului

Coeficientul α_c se poate stabili prin relatii criteriale si de definitie, tinind cont ca intre geamurile captatorului se afla aer si numarul lui Prandtl este $Pr \approx 0,7$, aproape independent de temperatura, iar numarul lui Nusselt este [61]:

$$Nu = [0,060 - 0,017 \left(\frac{11}{90}\right)] (Gr)^{1/4} \quad (3.26)$$

Numarul lui Grasshoff este:

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (\Delta T) L^3}{\nu^2} \quad (3.27)$$

cu : L - distanta dintre placi;

β - coeficient de dilatație volumică al fluidului (aer);

g - accelerația gravitațională;

ΔT - diferența de temperatură între placi;

ν - vâzcozitatea cinematică a fluidului

Funcție de înclinarea plăcilor se recomandă utilizarea a diverse relații de calcul pentru mărimea α_c . Astfel, pentru plăci înclinate la 45° , aerul avînd $t_{\text{aer}} = 10^\circ\text{C}$ se recomandă [62], (în condiția: $10^4 < Gr < 10^7$):

$$\alpha_c = 0,826 \frac{(\Delta T)^{0,910}}{L^{0,070}} \quad (3.28)$$

C. Conductia

Propagarea căldurii prin conductie este un fenomen difuziv și se realizează prin mecanisme complexe [57]: deplasări și ciocniri ale electronilor, transfer de energie prin fotoni, transfer de energie prin cîmp magnetic și altele.

Puterea termică transmisă prin conductie se exprimă prin ecuația lui Fourier:

$$\dot{Q} = -\lambda \frac{dT}{dx} \cdot S \quad (3.29)$$

cu: λ - coeficient de conductivitate termică

Prin pereți plan paraleli în acord cu [57] puterea unitară transferată ($\dot{q} = \dot{Q}/S$) este:

$$\dot{q} = -\frac{\lambda}{\delta} (T_2 - T_1) = -\frac{T_2 - T_1}{\delta/\lambda} \quad (3.30)$$

Mărimea: $R = \delta/\lambda$ se numește rezistență termică. În construcția captatoarelor, pentru izolarea termică a acestora, se utilizează materiale cu $\lambda \ll$ și ca urmare pierderile prin conductie pot fi neglijate, întrucît $R \rightarrow \infty$ și deci $\dot{q} \rightarrow 0$.

În cazul propagării căldurii prin pereții unei încălzi (camere de locuit) se deduce în [62] coeficientul specific total de transfer termic:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (3.31)$$

cu: α_i - coeficient de transfer termic prin suprafata interioara;
 α_e - coeficient de transfer termic prin suprafata exterioara.

In concluzie in raport cu [4] pierderile de caldura ale captatorului se realizeaza pregnant prin convecție și radiatie. Relatiile (3.23) și (3.25) pot fi aduse in forma [177]:

$$\dot{q}_p = (\alpha_c + \alpha'_r) (T_p - T_g) \quad (3.32)$$

$$\text{cu: } \alpha'_r = \frac{\sigma(T_p + T_c)(T_p^2 + T_g^2)}{1/\epsilon_p + 1/\epsilon_g - 1} \quad (3.33)$$

cu: T_p - temperatura placii negre;
 T_g - temperatura geamului.

3.5.3 CALCULUL FACTORULUI PIERDERILOR ENERGETICE ALE CAPTATORULUI

In procesul de scurgere a caldurii la placa calda a captatorului spre mediul ambiant pot fi scrise expresii ale unui sir de rezistente termice [4]:

$$R_a = \frac{1}{\alpha_{c1} + \alpha_{r1}} \quad (3.34)$$

R_a - rezistenta termica placa-geam;

$$R_b = \frac{1}{\alpha_{c2} + \alpha_{r2}} \quad (3.35)$$

R_b - rezistenta termica intre doua geamuri;

$$R_c = \frac{1}{\alpha_{ca} + \alpha_{ra}} \quad (3.36)$$

R_c - rezistenta termica intre geamul superior și mediul ambiant;

α_{ca} - coeficientul de transmisie al caldurii prin convecție de la geamul superior la mediul ambiant și poate fi calculat cu relatia [4]:

$$\alpha_{ca} = 5,7 + 3,8 v \quad (3.37)$$

α_{ra} - coeficientul de transmisie a caldurii prin radiatie de la geamul superior spre cer și este dat prin:

$$\alpha_{ra} = \epsilon_g \sigma \frac{T_{gs}^4 - T_{cer}^4}{T_{gs} - T_a} \quad (3.38)$$

cu T_{gs} - temperatura geamului superior.

Temperatura cerului se poate calcula si prin [169] :

$$T_{cer} = \varepsilon_{cer}^{1/4} \cdot T_a$$

Rezistenta termica prin partea inferioara este:

$$R_{iz} = \sum \delta_{iz} / \lambda_i \quad (3.39)$$

Ca urmare se pot exprima:

- conductanta prin partea superioara:

$$K_s = \frac{1}{R_a + R_b + R_c} \quad (3.40)$$

- conductanta prin partea inferioara:

$$K_{iz} = \frac{1}{\sum R_{iz}} \quad (3.41)$$

Conductanta echivalenta va fi:

$$K = K_s + K_{iz} \quad (3.42)$$

Pentru captatorul inclinat la 45° factorul de pierderi termice se calculeaza folosind o relatie empirica [4]:

$$K_s(45) = \left\{ \frac{n}{(344/T_p) [(T_p - T_a)/(n+F)]^{0.94}} + \frac{1}{\alpha_{ca}} \right\}^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,0425n(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + [(2n + F - 1)/\varepsilon_g] - n} \quad (3.43)$$

unde: $F = (1 - 0,04 \alpha_{ca} + 5 \cdot 10^{-4} \alpha_c^2) (1 + 0,058 n)$

n - numar de geamuri

Pentru captatoare cu inclinari diferite de 45° se poate folosi relatia de corectie [4]:

$$K_s(i) = K_s(45) [1 - (i - 45)(0,00259 - 0,00144 \varepsilon_p)] \quad (3.44)$$

Dependenta conductantei cu viteza vintului si cu numarul placilor de sticla se poate evidentia prin rulara programului "PT", foto 3.15 si foto 3.16 (Anexa 3.7). Pe foto 3.16 se prezinta coordonatele punctului reprezentativ, iar in caseta laterala se dau valorile pentru: α (AL pe foto); F ; $K(45)$ pe foto KR; K_s si K_{iz} , pentru conditiile precizate pe partea superioara a fotografiei.

Valori curente ale conductantei se pot obtine prin programul "PTC" (Anexa 3.8) .

Pe tabelul nr.3.6 se prezinta valori ale factorului de pierderi pentru diverse valori ale marimilor de care acesta este dependent.

Tabelul nr.3.6

| v [m/s] | n | λ [W/mK] | d [m] | ii [grd] | K [W/m ² grd] |
|---------|---|------------------|-------|----------|--------------------------|
| 1,5 | 1 | 0,034 | 0,15 | 45 | 6,453 |
| 1,5 | 2 | 0,034 | 0,15 | 30 | 3,758 |
| 1,5 | 2 | 0,034 | 0,15 | 60 | 3,631 |
| 1,5 | 3 | 0,034 | 0,15 | 45 | 2,695 |
| 5 | 2 | 0,034 | 0,15 | 45 | 4,110 |
| 7,5 | 2 | 0,034 | 0,15 | 45 | 4,267 |

Valorile medii ale factorului de pierderi pentru $v \in (1-10)$ m/s la diverse ordine ale efectului de sera sint:

$\langle K \rangle$: 12,9 (n = 1); 3,0 (n = 2); 2,1 (n = 3); 1,6 (n = 4) comparabile in cele prezentate in [94] ,in [W/m²grd].

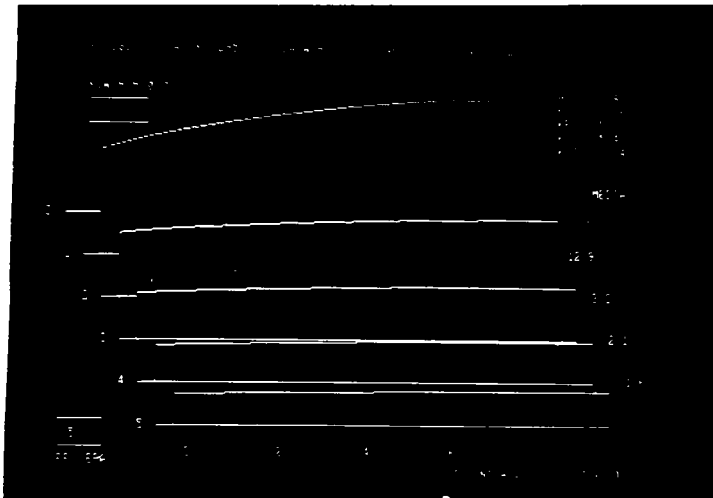


Foto. 3.15

In concluzie valori mici ale conductantei se pot obtine prin vitraje superioare cu consecinta cresterii greutatii instalatiei si a pretului de cost.

In conditii de atmosfera agitata, efectul dublu de sera este mai convenabil, $K = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, cu 9 unitati mai mic ca la vitraj simplu si cu 0,9 unitati mai mare ca la vitraj triplu.

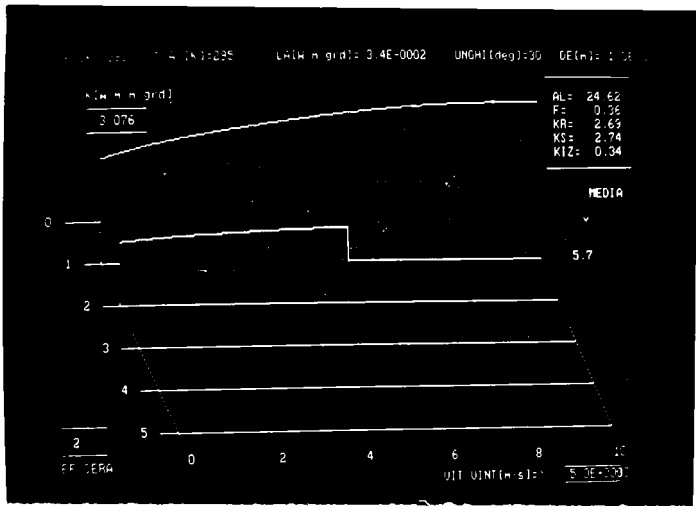


Foto 3.16

3.6. Fenomene fizice in lungul conductelor de transport al caldurii

3.6.1. FENOMENE TERMICE

Izolarea termica a conductelor si a unor parti a instalatiei este necesara pentru [63]:

- reducerea schimbului de caldura cu mediul ambiant;
- evitarea degradarii fluidelor;
- a se asigura securitatea muncii (temp. supraf. ext. < 50° C);

Materialele izolante trebuie sa indeplineasca conditiile:

- sa aiba densitate mica;
- sa fie ieftine si sa se monteze usor;
- sa nu fie corosive pentru metale;
- sa fie rezistente la temperatura de lucru si la agentii atmosferici precum si la actiuni mecanice;

Ca materiale izolante se folosesc:

- vata minerala, $\lambda = 0,058 \dots 0,093 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$;
- vata de zgura, $\lambda = 0,058 \dots 0,81 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$;
- spuma solida de poliuretan, $\lambda = 0,016 \dots 0,0032 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$

Puterea specifica schimbata prin peretele plan, izolat se exprima prin:

$$\dot{q} = \frac{T_{int} - T_a}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_m}{\lambda_m} + \frac{d_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (3.45)$$

unde

indicele m se refera la metal, iar iz la izolatia.

Deoarece $d_m < d_{iz}$ si $\lambda_m > \lambda_{iz}$, termenul d_m/λ_m se neglijeaza in raport cu termenul d_{iz}/λ_{iz} . Asemnator, $\alpha_i \gg \alpha_e$, termenul $1/\alpha_i$ se neglijeaza in raport cu termenul $1/\alpha_e$. Se obtine relatia simplificata:

$$\dot{q} = \frac{T_{int} - T_a}{\frac{d_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (3.46)$$

La conductele izolate caldura schimbata in unitatea de timp se poate calcula cu relatia simplificata [63]:

$$\dot{Q} = \frac{\pi L(T_{int} - T_a)}{\frac{1}{2 \lambda_{iz}} \ln \frac{d_{eiz}}{d_{em}} + \frac{1}{\alpha_e \cdot d_{eiz}}} \quad (3.47)$$

cu: L - lungimea conductei;

d_{eiz} - diametrul exterior al izolatiei;

d_{em} - diametrul exterior al conductei.

In cazul conductelor orizontale, coeficientul de schimb exterior (α_e) se poate calcula cu formula simplificata [63]:

$$\alpha_e = 1,313 \left(\frac{T_{eiz} - T_a}{d_{eiz}} \right)^{1/4} + \frac{5,67 \cdot \epsilon_{iz}}{T_{eiz} - T_a} \left[\left(\frac{T_{eiz}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_a}{100} \right)^4 \right] + \frac{3,9 \cdot v^{0,6}}{d_{eiz}^{0,4}} \quad (3.48)$$

in (3.48) primul termen se refera la convectia libera, al doilea la radiatie, iar al treilea tine cont de influenta vintului.

Prin izolarea conductelor α_e scade, dar creste suprafata de schimb, or relatia lui Newton $\dot{Q} = \alpha_e \cdot S_e \cdot \Delta t_e$ arata ca este posibil ca variatia lui \dot{Q} cu grosimea izolatiei sa se faca dupa o curba cu punct de maxim. Prin anularea derivatei relatiei (3.48) rezulta valoarea critica pentru diametrul exterior al izolatiei [63]:

$$d_{eiz} = 2 \lambda_{iz} / \alpha_e \quad (3.49)$$

In concluzie conductele pentru transportul caldurii obtinute prin conversie termosolara trebuiesc astfel dimensionate incit in urma invelirii in materialul izolant sa nu se depaseasca d_{eiz} precizata anterior.

3.6.2. PIERDERI DE PRESIUNE

Intre doua sectiuni ale conductei se poate scrie bilantul energetic al curentului sub forma [64]:

$$E_{p1} + E_{c1} = E_{p2} + (E_{c2} + E_{r1-2}) \quad (3.50)$$

unde:

E_p - energii potientiale; E_c - energii cinetice; E_r - energie cinetica disipata.

Din ecuatie de bilant energetic se poate obtine ecuatie lui Bernoulli sub forma:

$$(Z + p/\lambda)_1 + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} = (Z + p/\lambda)_2 + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + h_{r1-2} \quad (3.51)$$

unde: Z - cota sectiuni; λ - coeficient adimensional de rezistenta, $\lambda = 64/Re$, in conditia $Re < 2320$ (curgere laminara), $Re = (v \cdot d)/\nu$; p/λ - inaltime piezometrica; α - coeficientul Coriolis, care pentru conducte circulare ia valori intre 1,03 si 1,10; $h_{r1-2} = H_1 - H_2$, este pierderea de sarcina, iar $H = H_c + H_p$; H_c - inaltime cinetica, $H_c = v^2/2g$; H_p cota piezometrica, $H_p = p/\lambda$.

In aceste relatii marimile H_c , H_p , H , h au dimensiunile unei lungimi.

Pentru exprimarea in SI a pierderii de sarcina relatia (3.51) se aduce in forma :

$$\Delta p_{1-2} = \left(p + \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma\right)_1 - \left(p + \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma\right)_2 \quad (3.52)$$

cu γ - greutate specifica

Pentru conducte orizontale pierderea de sarcina este cauzata de variatia inaltimii cinetice.

Energia de exploatare (pompare) se determina in acord cu [75] prin relatia:

$$E_{ex} = C_f \cdot \frac{G \cdot H \cdot \tau}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_p} \quad (3.53)$$

cu: C_f - factor de transformare a combustibilului in energie electrica;

G - debit de agent primar;

H - inaltime specifica de pompare;

τ - timpul de functionare al instalatiei solare (ore/an)

η_p - randamentul mediu al pompei

3.7. Fenomene termice la schimbatorul de caldura

Pe fig.3.17 este reprezentat schematic un schimbator de caldura "tub in tub", cu circulatie a fluidelor in contracurent [63].

Fluidul cald circula prin tubul central si se raceste de la t_{c1} la t_{c2} , fluidul rece circula prin manta si se incalzeste de la t_{r1} la t_{r2} .

Sub schimbator este redada, in principiu, diagrama de variatie a temperaturilor celor doua fluide in lungul schimbatorului (in realitate variatiile nu sint lineare). Se constata ca diferenta de temperatura intre fluide este variabila in lungul schimbatorului, ea fiind maxima (Δt_M) la un capat si minima (Δt_m) la capatul opus.

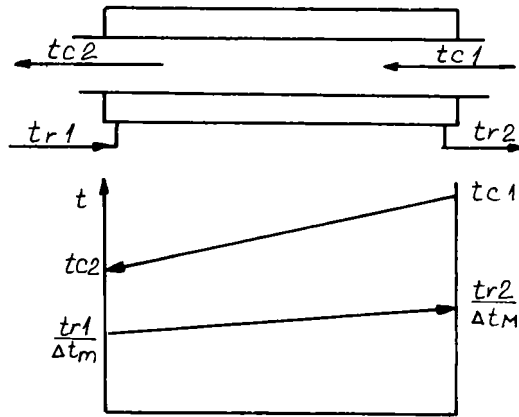


Fig.3.17

Neglijind pierderile de caldura spre mediul ambient fluxul termic poate fi exprimat prin legea lui Newton si prin relatia calorimetrica:

$$\dot{Q} = K \cdot S \cdot \Delta T = \dot{m}_c \cdot c_c (T_{c1} - T_{c2}) = \dot{m}_r \cdot c_r (T_{r2} - T_{r1}) \quad (3.53)$$

Pentru o arie elementara de transfer termic se poate scrie:

$$d\dot{Q} = K \cdot (T_c - T_r) dS = \dot{m}_c \cdot c_c \cdot dT_c = \dot{m}_r \cdot c_r \cdot dT_r \quad (3.54)$$

cu: c - calduri specifice izobare

Se arata in [63] ca relatiile (3.53) si (3.54) conduc la:

$$\dot{Q} = K \cdot S \cdot \Delta T = K \cdot S \frac{\Delta T_M - \Delta T_m}{\ln \frac{\Delta T_M}{\Delta T_m}} \quad (3.55)$$

Deci diferenta medie de temperatura intre fluide se exprima prin:

$$\langle \Delta T \rangle = \frac{\Delta T_M - \Delta T_m}{\ln \frac{\Delta T_M}{\Delta T_m}} \quad (3.56)$$

3.8. Fenomene termice in acumulatorul de caldura provenita prin conversie termosolara

Variatia aporturilor solare (1) si a consumurilor de caldura (2) la scara unei zile este reprezentata pe fig.3.18 a, iar la scara unui an, aceleasi variatii sint reprezentate pe fig.3.18 b [15].

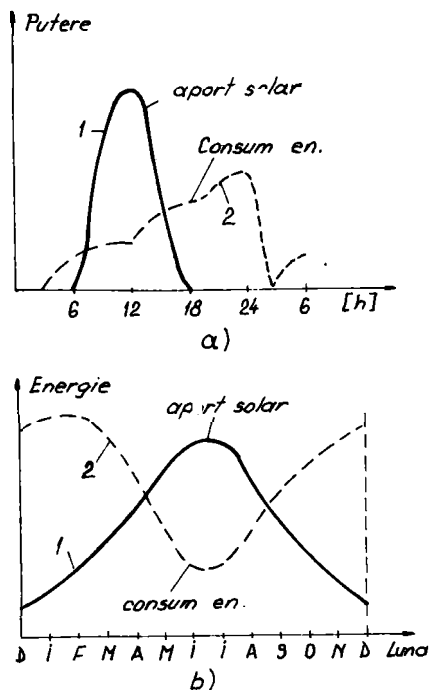


Fig.3.18

Necesitatea stocarii caldurii rezida din faptul ca aporturile de caldura solara sint in opozitie de faza cu consumul de caldura.

Pe fig.3.19 sint prezentate sintetic obiectivele carora trebuie sa le raspunda sistemele de stocare termica (SST) [65].

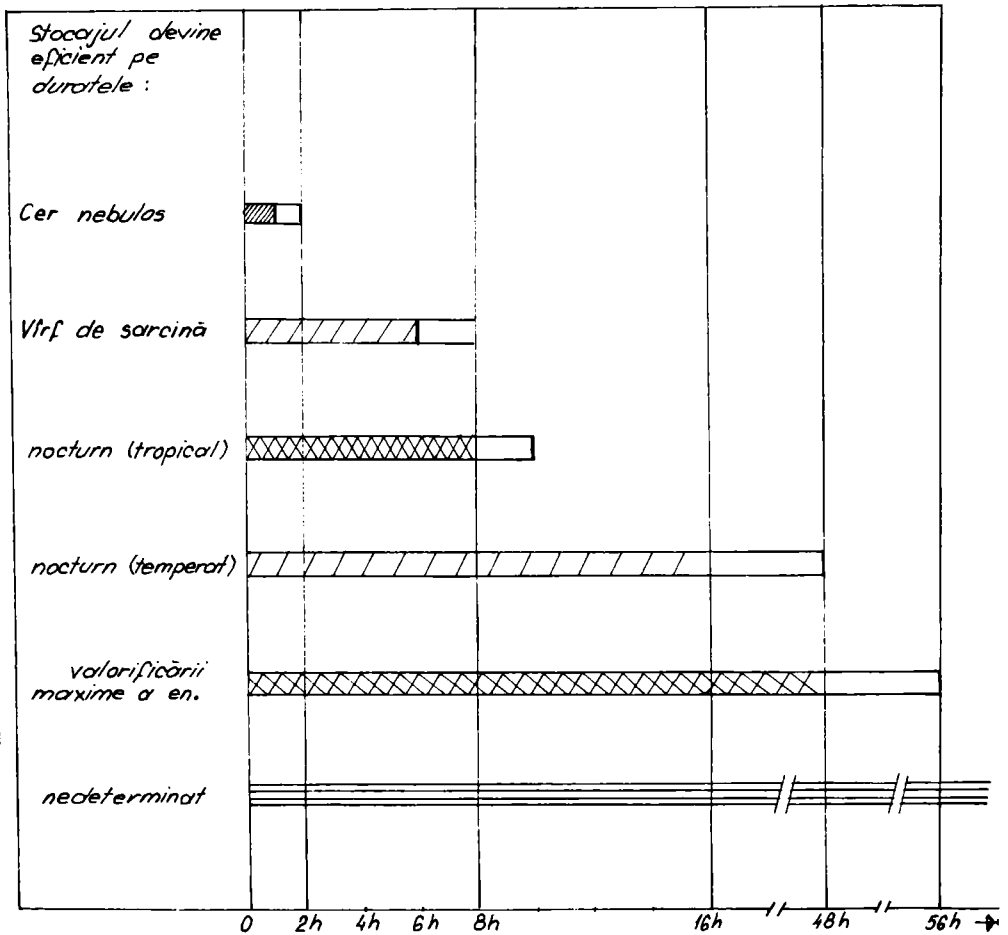


Fig.3.19

Criteriile de clasificare a SST sînt variate [3] și anume: după mediul de stocare și agentul de transfer termic; după masa mediului de stocare; după volumul de stocare; după presiunea de stocare; după forma energiei stocate.

Dupa forma energiei stocate se deosebesc: SST a caldurii sensibile; SST a caldurii latente; SST a energiei chimice.

In cazul instalatiilor solare care folosesc aerul ca fluid termopurtator, pentru stocarea energiei termice, solutia cu pat de roci este cea mai convenabila. Avantajul metodei consta in aceea ca se realizeaza contact termic pe o suprafata mare intre aer si roci; obtinindu-se un schimb de caldura important; la ecarteri de temperaturi scazute [3].

Schema de principiu a instalatiei de stocare in pat de roci este prezentata pe fig.3.20.

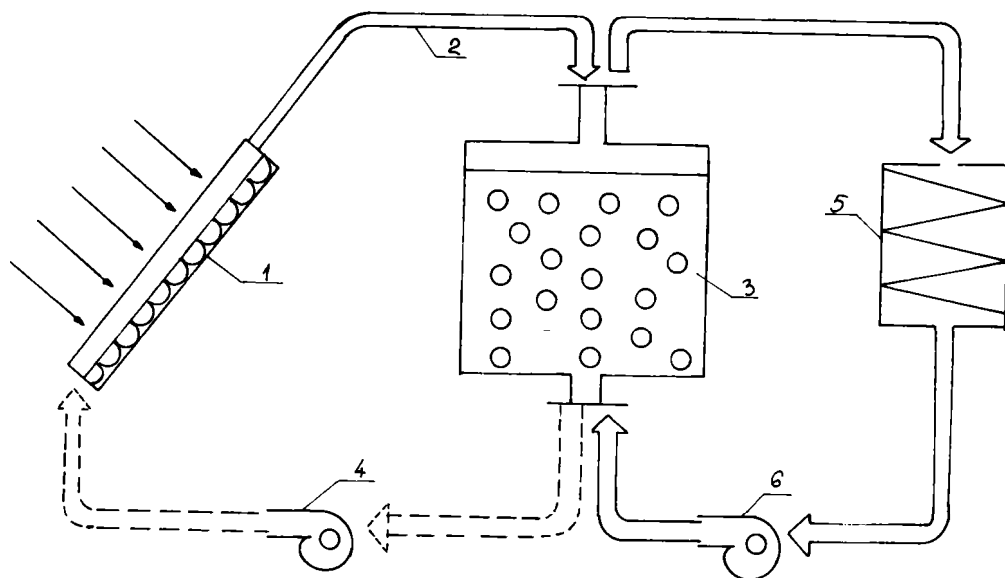


Fig.3.20

Studiul termic al sistemului de stocare implica stabilirea variatiilor temperaturilor aerului si ale patului de roci.

Pentru stabilirea cimpului termic in masa de roci este necesar sa se defineasca o serie de marimi fizice caracteristice situatiei date [3]:

1. debitul raportat la sectiunea de curgere: $\dot{G} = \dot{m}/S_f$, S_f sectiune frontala;
2. coeficientul global al pierderilor termice prin peretii bazinului presupusi omogeni: $K = 1/(d/\lambda)$;
3. volumul unei pietre, presupuse a fi sferica: $v = 4\pi r^3/3$, r -raza medie;
4. numarul de cuburi a caror latura egaleaza diametrul sferei: $N = V/v$, V - volumul bazinului;
5. volumul ocupat de sfere: $V_{sf} = v \cdot N$;
6. coeficientul de umplere: $\varepsilon = V_{sf}/V$, respectiv coeficientul de goluri: $\varepsilon' = 1 - \varepsilon$;
7. densitatea aparenta in recipient: $\rho'_p = \rho_p \cdot \varepsilon'$, ρ_p - densitatea materialului pietrei;
8. suprafata de schimb termic: $S_s = 4\pi r^2 \cdot N$;
9. diametrul echivalent al pietrelor: $d^* = \sqrt[3]{6v/\pi}$;
10. coeficientul global (volumetric) de transfer termic: $hw = a(\dot{G}/d)^b$, a si b sint constante si in acord cu [3] $a = 834$, $b = 0,92$;
11. numarul unitatilor de transfer termic: $NTU = hw \cdot S_s \cdot L / \dot{m} \cdot c_f$, L - lungimea bazinului;
12. numarul Peclet, caracteristic conductiei fluidului: $Pe = G \cdot d^* / \lambda_f$;
13. numarul Biot, caracteristic conductiei pietrei: $Bi = hw \cdot d^* / 2\lambda_p$;
14. valoarea corectata a lui NTU, pentru a se tine cont si de conductia in interiorul rocilor:

$$NTU^* = \left[\frac{d^*}{L \cdot Pe} + \frac{1 + Bi/S}{NTU} \right]^{-1}$$

15. timpul caracteristic: $t^* = \frac{\rho_p \cdot c_p (1-\varepsilon) \cdot S \cdot L}{\dot{m} \cdot c_f}$;

In baza elementelor geometrice prezentate pe fig.3.21 si considerind ca viteza de curgere a agentului termic si temperatura mediului de stocare si a fluidului sint uniforme, in sectiunea normala, pe directia de curgere, se scrie bilantul termic pentru piatra, respectiv aer:

$$\begin{cases} \rho_p \cdot c_p (1-\varepsilon) \frac{\partial T_p}{\partial t} = hw(T_f - T_p) \\ \rho_f \cdot c_f \cdot \varepsilon \frac{\partial T_f}{\partial t} + G \frac{\partial T_f}{\partial x} = -hw(T_f - T_p) \end{cases} \quad (3.57)$$

Pentru a lua in seama si conductia in interiorul particulelor, utilizind NTU, se scriu relatiile:

$$\begin{cases} \frac{\partial T_f}{\partial (x/L)} = NTU (T_p - T_f) \\ \frac{\partial T_p}{\partial (t/t^*)} = - NTU (T_p - T_f) \end{cases} \quad (3.58)$$

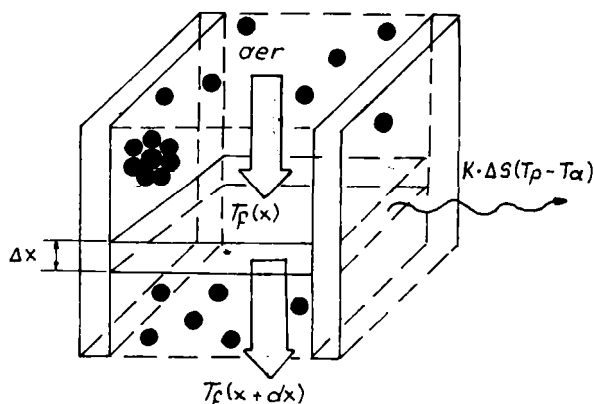


Fig.3.21

In acord cu [66], pentru valori NTU^* mai mari ca 10 ecuatiile (3.58) se reduc la una singura, in care se adauga un termen ce tine cont de pierderile termice prin peretii acumulatorului:

$$-\frac{\partial T}{\partial (t/t^*)} = L \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{KS}{\dot{m} \cdot c_f} (T - T_a) \quad (3.59)$$

Rezolvarea ecuatiei (3.59) in acord cu [67] si descrisa in [68] conduce la:

$$T\left(-\frac{t}{t^*}, x\right) = \left[f\left(-\frac{t}{t^*} - \frac{x}{L}\right) - T_a\right] \cdot \exp\left[-\frac{KS}{\dot{m} \cdot c_f} \frac{x}{L}\right] + T_a \quad (3.60)$$

Translatind "originea" in lungul liniei de curent, se gaseste durata dupa care temperatura in acel punct devine stationara, din conditia [80]:

$$-\frac{t}{t^*} - \frac{x}{L} = 0; \quad t = \frac{x}{L} t^* \quad (3.61)$$

Caldura acumulata de roca pina in punctul considerat este:

$$Q_p = S_f \cdot x \cdot \rho_p \cdot c_p \cdot \langle \Delta T \rangle \quad (3.62)$$

cu $\langle \Delta T \rangle$ - ecart termic mediu pina in punctul x:

$$\langle \Delta T \rangle = \frac{1}{x} \int_0^x \left(T\left(-\frac{t}{t^*}, x\right) - T_a\right) \cdot dx \quad (3.63)$$

Caldura solara comunicata, de captatori, fluidului este:

$$Q_s = \dot{m} \cdot c_f \cdot (T(0,0) - T_a) \cdot t^* \quad (3.64)$$

cu $T(0,0)$ - temperatura in origine, a fluidului, in conditia: $T(0,0) = \text{constant}$

Fractiunea din energia termica cedata de fluid, care se regaseste in materialul de stocare este: $f = Q_p / Q_s$.

Pentru situatia in care: dimensiunile bazinului sint (2,2,10)m, $S_f = 4 \text{ m}^2$, $V = 40 \text{ m}^3$, $\rho_p = 2900 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 960 \text{ J/kgK}$, $\lambda_p = 2,91 \text{ W/mK}$, $\dot{m} = 2500 \text{ kg/h}$, $d' = 40 \text{ cm}$, $\lambda' = 1,5 \text{ W/mK}$, se obtin urmatoarele valori ale marimilor prezentate anterior [68]:

$\dot{G} = 625 \text{ kg/m}^2\text{h}$; $K = 3,75 \text{ W/m}^2\text{K}$; $v = 5,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$; $N = 4 \cdot 10^4$;
 $V_{Sf} = 20,8 \text{ m}^3$; $\varepsilon' = 0,52$; $\varepsilon = 0,48$; $\rho_p' = 1352 \text{ kg/m}^3$; $S_s = 1256 \text{ m}^2$;
 $d^* = 0,099 \text{ m}$; $hw = 1355,1 \text{ W/m}^3\text{K}$; $NTU = 76,6 \approx 77$; $Pe = 0,68$;
 $Bi = 23,3$; $NTU^* = 11,4$; $t^* = 43,6 \text{ h} \approx 44 \text{ h}$.

Corespunzator acestor valori se prezinta pe tabelul nr.3.7 urmatoarele marimi:

- ΔT , ecartul termic fata de mediul ambiant, in conditia de stationaritate;

- t , momentul la care in punctul respectiv se atinge nivelul termic stationar;

- $\langle \Delta T \rangle$, ecartul termic mediu pina in punctul x;

- Q_p , caldura acumulata de roca pina in punctul x ;
- Q_s , caldura cedata fluidului termopurtator de catre captator pina la instalarea regimului stationar;
- f , fractiunea din energia termica cedata de fluid care se regaseste in materialul de stocare.

Ecartul termic mediu spatial este $40,8^\circ\text{C}$, iar ecartul mediat in timp este $\langle \Delta T' \rangle = \langle \Delta T \rangle / 2$.

Corespunzator lui $\langle \Delta T' \rangle$, pierderile termice prin peretii bazinului sint:

$$Q_{pp} = K \cdot S_b \langle \Delta T' \rangle \cdot t^* ; \quad Q_{pp} = 0,98 \text{ GJ} \quad (3.64)$$

Tabelul nr.3.7

| x [m] | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ΔT [$^\circ\text{C}$] | 47,9 | 45,8 | 44,1 | 42,3 | 40,5 | 38,9 | 37,3 | 35,7 | 34,3 | 32,8 |
| t [h] | 4,4 | 8,8 | 13,2 | 17,6 | 22,0 | 26,4 | 30,8 | 35,2 | 39,6 | 43,6 |
| $\langle \Delta T \rangle$ [$^\circ\text{C}$] | 48,9 | 47,9 | 46,9 | 46,0 | 45,1 | 44,2 | 43,2 | 42,5 | 41,6 | 40,8 |
| Q_p [GJ] | 0,28 | 0,56 | 0,82 | 1,10 | 1,31 | 1,54 | 1,76 | 1,97 | 2,17 | 2,36 |
| Q_s [GJ] | 5,61 | | | | | | | | | |
| f | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,35 | 0,38 | 0,40 |

Aerul iese din recipient la supratemperatura $\langle \Delta T' \rangle$ si deci transporta spre mediul ambiant caldura

$$Q_f = \dot{m} \cdot c_f \langle \Delta T' \rangle \cdot t^* ; \quad Q_f = 2,266 \text{ J} \quad (3.65)$$

Bilantul termic presupune egalitatea:

$$Q_s = Q_p + Q_{pp} + Q_f \leftrightarrow 5,61 \cong 2,36 + 0,98 + 2,26 \text{ [GJ]} \quad (3.66)$$

ceea ce confirma valabilitatea calculului prezentat.

Pe fig.3.22 se prezinta aspectul grafic al dependentei $f = f(x)$.

In concluzie pe masura ce se parcurge lungimea bazinului ecartul termic scade dar fractiunea energiei acumulate creste tinzind spre o valoare de saturatie.

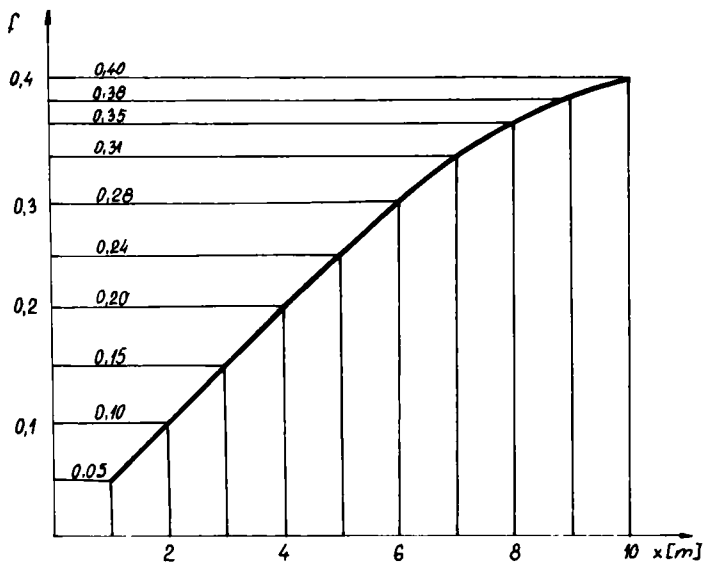


Fig.3.22

Alte modalitati de stocare a energiei solare sub forma de caldura sensibila sint prezentate in:

[81], stocarea caldurii in saramura;

[82], stocarea caldurii in bazine cu apa de mare;

[83], stocarea caldurii la temperaturi inalte in vederea reglarii functionarii centralelor solare.

In [178],[184] se descrie posibilitatea sporirii "efectului de cos" prin vopsirea in negru a unui cos de evacuare a gazelor si acoperirea acestuia cu o folie de polietilena. Efectul de sera care se creaza sporeste valoarea gradientului temperaturii si in consecinta se amplifica efectul termoconvectiv.

CAPITOLUL 4

EFICIENȚA SEGMENTELOR DIN LANTUL ENERGETIC AL UNEI INSTALATII HELIOTEHNICE. DATE EXPERIMENTALE

4.1. Instalatia pentru studiul conversiei heliotermaie si al stocarii termice

In cadrul Universitatii Tehnice din Timisoara s-a realizat o Baza experimentală tip "Casa Solara" prezentată pe foto 4.1 (exteriorul) și pe foto 4.2 (schema bloc [73]).

In proiectarea stației s-a avut în vedere și posibilitatea cuplării cu un punct termic [70, 71, 72].

Schema de principiu a instalației este prezentată pe fig.4.3, cu evidențierea segmentelor sale, notate prin cifre, astfel:

1, captatori de tip Sadu, $S = 24 \text{ m}^2$; $\theta_i = 45^\circ$; fluid caloportor este apa cu debitul $\dot{m}_V = 0,15 \text{ m}^3/\text{h}$;

2, pompa, asigură circulația fluidului;

3, schimbător de căldură cu aer, $\dot{m}_V = 1500 \text{ m}^3/\text{h}$, spre bazinul de stocaj, respectiv $\dot{m}_V'' = 860 \text{ m}^3/\text{h}$, spre stația de disipare;

4, acumulatorul de stocare termică în pat de roci;

5, stația de disipare a căldurii.

In punctele a, b, c, d sînt montate diafragme care asigură sensul dorit de curgere al aerului.

In punctele A, B, C, D, I, J, F, G, H sînt montate termometre, valorile temperaturilor fiind simbolizate prin: t_A, t_B, \dots [78, 79].

Temperaturile măsurate în A, B, ... exprima:

A, nivelul termic al apei calde, furnizate de captatori;

B, nivelul termic al apei ce iese din schimbător;



Foto 4.1

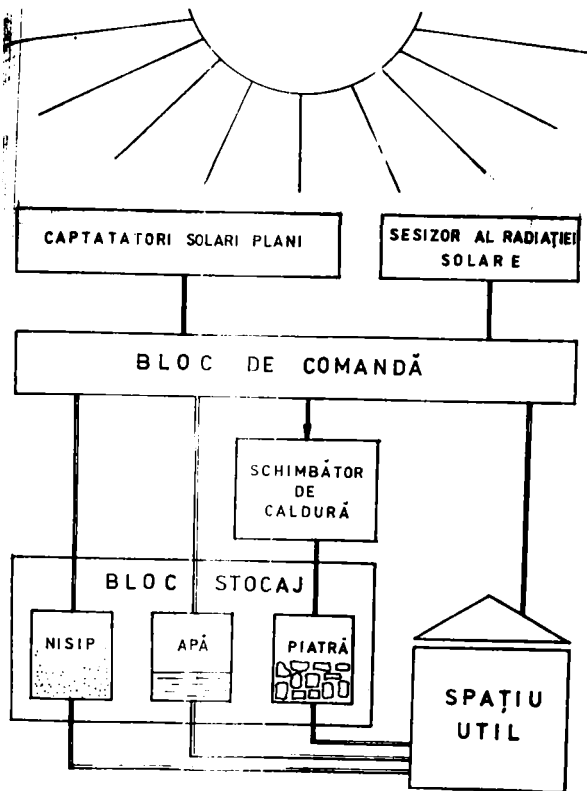


Foto 4.2

- D, nivelul termic al aerului la intrarea in schimbator;
- C, nivelul termic al aerului cald ce iese din schimbator;
- J, nivelul termic in acumulatorul de caldura;
- H, nivelul termic al aerului ce patrunde in camera de disipare a caldurii si asigura climatizarea;
- F, nivelul termic in camera de locuit;
- G, nivelul termic in exterior;
- I, nivelul termic pe coridor.

4.2. Puterea radianta pe captatori

Masuratori asupra functionarii instalatiei prezentate, s-au efectuat pe durata mai multor ani. Intensitatea radiatiei solare a fost masurata in doua ipostaze: in plan orizontal, cu "Solaris 2"; in planul captatorului cu "Solaris 1".

Valoarea puterii radiante medii pe captatori pe durata unei ore a fost calculata cu relatia:

$$\langle \dot{Q}' \rangle = 3600 \cdot \langle E_p \rangle \cdot S \quad (4.1)$$

Pe tabelul nr.4.1 se prezinta valorile orare ale puterii medii incidente relativ la masuratorile efectuate in luna septembrie 1991, precum si energia diurna obtinuta prin sumarea valorilor $\langle \dot{Q}' \rangle$

Tabelul nr.4.1

| Interval Orar | 9-10 | 10-11 | 11-12 | 12-13 | 13-14 | 14-15 | 15-16 | 16-17 | 17-18 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\langle \dot{Q}' \rangle$ [MJ/h] | 16,1 | 30,6 | 45,1 | 55,1 | 62,4 | 64,5 | 51,5 | 38,8 | 25,7 |
| $\langle \dot{Q}'_1 \rangle$ [MJ/zi] | 389,8 | | | | | | | | |

Pe fig.4.4. se prezinta aspectul grafic al dependentei $\langle \dot{Q}'_1 \rangle = f(h)$. Se remarca valoarea ridicata a energiei radiante pe durata zilei (389,8 MJ/zi).

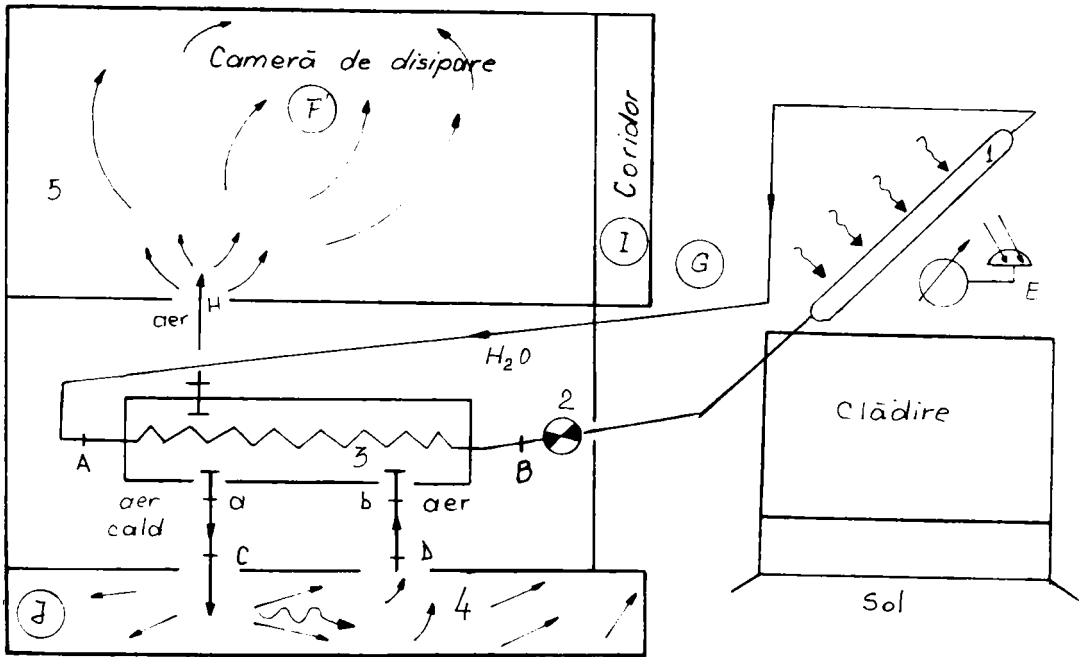


Fig.4.3

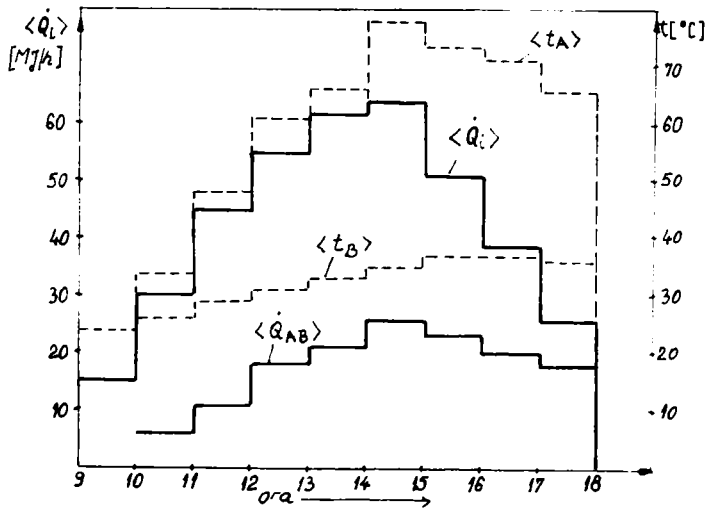


Fig.4.4

4.3. Fractiunea caldurii utile furnizate de segmentul captare-transport

Puterea instantanee furnizata de segmentul captare-transport s-a calculat cu:

$$\langle \dot{Q}_{AB} \rangle = \dot{m} \cdot c \cdot \langle \Delta t \rangle \quad (4.2)$$

cu: $\langle \Delta t \rangle = \langle t_A \rangle - \langle t_B \rangle$, $\langle t_A \rangle$ si $\langle t_B \rangle$ temperaturi medii in A si B (fig.4.4).

Prin inmultirea lui $\langle \dot{Q}_{AB} \rangle$ cu 3600 s-a obtinut caldura furnizata pe durata unei ore ($\langle \dot{Q}_{AB} \rangle$), iar prin sumarea valorilor $\langle \dot{Q}_{AB} \rangle$ s-a obtinut energia furnizata diurn ($\langle Q_{AB} \rangle$).

Randamentul termoconversiei si transportului s-a evaluat prin raportul:

$$\langle \eta \rangle = \langle Q_{AB} \rangle / \langle Q_i \rangle \quad (4.3)$$

Pe tabelul nr.4.2 se prezinta aceste valori pentru luna 09.1991.

Pe fig.4.4 se prezinta aspectul grafic al dependentei $\langle \dot{Q}_{AB} \rangle = f(h)$, $\langle t_A \rangle = f(h)$, $\langle t_B \rangle = f(h)$.

Se remarca valoarea caldurii utile diurne 145,8 MJ si randamentul termoconversiei si transportului $\approx 0,38$.

Tabelul nr.4.2

| Interval orar | 9-10 | 10-11 | 11-12 | 12-13 | 13-14 | 14-15 | 15-16 | 16-17 | 17-18 |
|---------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Marimea | | | | | | | | | |
| $\langle t_A \rangle$ [°C] | 24 | 34 | 48 | 61 | 66 | 78 | 74 | 71 | 66 |
| $\langle t_B \rangle$ [°C] | 24 | 26 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 | 37 | 36 |
| $\langle \dot{Q}_{AB} \rangle$ [MJ/h] | - | 5,3 | 11,4 | 18,0 | 21,2 | 26,3 | 23,8 | 20,9 | 18,9 |
| $\langle Q_{AB} \rangle$ [MJ/zi] | | | | | 145,8 | | | | |
| $\langle \eta \rangle$ | | | | | 0,374 | | | | |

4.4. Fractiunea caldurii furnizata de catre schimbatorul de caldura

Prin serpentina schimbatorului de caldura circula apa care se raceste de la $\langle t_A \rangle$ la $\langle t_B \rangle$, cedind caldura $\dot{m} \cdot c (\langle t_A \rangle - \langle t_B \rangle)$. Aerul curge in jurul serpentinei, si se incalzeste de la $\langle t_D \rangle$ la $\langle t_C \rangle$ absorbind caldura:

$$\langle \dot{Q}_{CD} \rangle = \dot{m}_{aer} \cdot c_{aer} (\langle t_C \rangle - \langle t_D \rangle) \quad (4.4.)$$

Prin sumarea valorilor $\langle \dot{Q}_{CD} \rangle$ se obtine caldura medie preluata din urn de catre aer ($\langle \dot{Q}_{CD} \rangle$). Fractiunea caldurii preluata de aer este:

$$\langle f_{CD} \rangle = \langle \dot{Q}_{CD} \rangle / \langle \dot{Q}_{AB} \rangle \quad (4.5)$$

Pe tabelul nr.4.3. se prezinta valorile marimilor de mai sus.

Tabelul nr.4.3

| Interval Orar | 9-10 | 10-11 | 11-12 | 12-13 | 13-14 | 14-15 | 15-16 | 16-17 | 17-18 |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\langle t_C \rangle$ [°C] | 25,0 | 30,5 | 33,5 | 35,0 | 37,0 | 37,0 | 35,0 | 34,5 | 33,0 |
| $\langle t_D \rangle$ [°C] | 24,5 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 27,0 | 27,0 |
| $\langle \dot{Q}_{CD} \rangle$ [MJ/h] | - | 4,9 | 10,9 | 16,9 | 18,9 | 22,9 | 20,9 | 18,7 | 16,5 |
| $\langle \dot{Q}_{CD} \rangle$ [MJ/zi] | | | | | 119,7 | | | | |
| $\langle f_{CD} \rangle$ | | | | | 0,82 | | | | |

Aerul preia in schimbatorul de caldura aprox. 82 % din caldura cedata de apa care circula prin serpentina sa, restul caldurii este disipata spre exterior prin invelisul metalic neizolat al schimbatorului, ceea ce constituie o deficiente a instalatiei.

4.5. Fractiunea caldurii acumulate in bazinul de stocaj

Bazinul de stocaj in pat de roci este un paralelipiped cu dimensiunile (1,5; 1,5; 4) m, umplut cu piatra de riu, si cu peretii din beton cu grosimea 40 cm. Aria suprafetei frontale este 2,25 m², lungimea tubului de curent este de 4 m. Capacitatea calorica a materialului de stocare este $C = 16,7 \cdot 10^6$ J/K.

Experimentarile de incarcare termica a acumulatorului au evidentiat ca in acesta supratemperatura poate atinge valoarea de 24 °C, viteza diurna de crestere a temperaturii micșorindu-se de la o zi la alta. Viteza medie diurna de variatie a temperaturii a fost $\langle \Delta t_j \rangle = 4,5$ °C/zi. Corespunzator acestei variatii, caldura medie zilnica acumulata in bazin este:

$$\langle Q_j \rangle = C \cdot \langle \Delta t_j \rangle ; \quad \langle Q_j \rangle = 75,15 \cdot 10^6 \text{ J/zi} \quad (4.6)$$

Fractiunea caldurii preluate de catre materialul de stocare de la aer este:

$$\langle f_j \rangle = \langle Q_j \rangle / \langle Q_{CD} \rangle ; \quad \langle f_j \rangle = 0,63 \quad (4.7)$$

0 fractiune ce reprezinta aprox. 37 % din energia vehiculata de aer este fie pierduta prin peretii bazinului, fie transportata spre exterior de catre aerul care paraseste acumulatorul la temperatura pietrei, mai mare ca cea ambienta.

4.6. Fractiunea caldurii furnizate camerei de disipare

Statia de disipare a caldurii se prezinta sub forma unei camere de locuit cu dimensiunile (3,5; 3,5; 2,8) m, situata la etajul statiei experimentale, avind trei pereti exteriori. Peretii sint executati din materiale cu conductivitati scazute [69].

Pe peretele sudic se afla doua ferestre, iar pe cel nordic este usa dubla ce face legatura cu coridorul de acces. Ferestrele pot fi echipate fiecare cu 1, 2 sau 3 geamuri.

Coeficientul mediu al pierderilor termice este:

$$\langle K \rangle = 0,58^2 \text{ W/m grd}$$

Pe de alta parte, caldura pierduta de camera se poate scrie ca:

$$Q_d = \sum S_i \cdot K_i \cdot \Delta T_i \quad (4.8)$$

cu: S_i - suprafata elementului "i" de constructie;

K_i - coeficientul de pierderi al elementului "i";

ΔT_i - ecartul termic al elementului "i"

Tinind cont de datele constructive si de natura materialelor care intra in structura elementului "i", avem:

$$Q_d = 18,3 \cdot \Delta t_e + 5,38 \cdot \Delta t_j + 7,1 \cdot \Delta t_c \quad (4.9)$$

cu: Δt_e - ecart termic fata de exterior; Δt_j - ecart termic fata de camera tehnica; Δt_c - ecart termic fata de coridor.

In luna septembrie 1991 s-a realizat climatizarea statiei utilizand caldura extrasa din bazinul de stocare pe durata a patru intervale a 12 ore, separate prin intervale de asteptare.

Pe intervalele de asteptare s-a masurat o viteza naturala de racire a bazinului de stocaj de $0,4 \text{ }^\circ\text{C/zi}$.

Pe durata climatizarii s-a procedat la circulatia fortata a aerului dinspre bazin spre statia de disipare.

Temperatura medie in camera de disipare a fost $24 \text{ }^\circ\text{C}$, iar temperatura medie exterioara a fost de $17 \text{ }^\circ\text{C}$.

Aportul termic mediu in camera de climatizare a fost:

$$\langle Q_H \rangle = \langle Q_d \rangle = 34 \text{ MJ/zi}$$

Pe durata climatizarii, materialul de stocare s-a racit cu aprox. $\Delta t' = 3 \text{ }^\circ\text{C}$ la fiecare interval de 12 ore. Deci piatra a pierdut cantitatea de caldura: $\langle Q_{J\uparrow} \rangle = C \cdot \langle \Delta t' \rangle = 50,1 \text{ MJ/zi}$.

Ca urmare fractiunea caldurii regasite in statia de disipare, destinate climatizarii acesteia (fractiunea de extragere) este:

$$\langle f_{ex} \rangle = \langle Q_H \rangle / \langle Q_{J\uparrow} \rangle = 0,68$$

Deci aprox. 32 % din caldura acumulata de piatra se pierde in procesul transportului acesteia, prin peretii metalici ai conductelor.

4.7. Bilantul energetic al ciclului incarcare- descarcare

Pe tabelul 4.4 se prezinta situatia sintetica relativ la puterile termice medii vehiculate pe durata masuratorilor.

Avem marimile:

$\langle Q_i \rangle$ - energia medie diurna incidenta pe captator;

$\langle Q_{AB} \rangle$ - energia medie diurna furnizata de captatori;

$\langle \eta \rangle$ - randamentul mediu diurn al conversiei termosolare;

$\langle Q_{CD} \rangle$ - energia termica medie diurna preluata de aer in schimbator;

$\langle f_{CD} \rangle$ - fractiunea caldurii preluata de aer in schimbator;

$\langle Q_J \rangle$ - energia termica medie inmagazinata in acumulator;

$\langle f_J \rangle$ - fractiunea din caldura $\langle Q_{CD} \rangle$, care a fost preluata de bazin;

$\langle Q_H \rangle$ - energia termica medie care este furnizata statiei de disipare

$\langle f_{ex} \rangle$ - fractiunea din caldura $\langle Q_J \rangle$, care este disponibila.

Tabelul nr.4.4

| $\langle Q_i \rangle$ | $\langle Q_{AB} \rangle$ | $\langle \eta \rangle$ | $\langle Q_{CD} \rangle$ | $\langle f_{CD} \rangle$ | $\langle Q_J \rangle$ | $\langle f_J \rangle$ | $\langle Q_H \rangle$ | $\langle f_{ex} \rangle$ |
|-----------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| $[\frac{MJ}{zi}]$ | $[\frac{MJ}{zi}]$ | | $[\frac{MJ}{zi}]$ | | $[\frac{MJ}{zi}]$ | | $[\frac{MJ}{zi}]$ | |
| 389,8 | 145,8 | 0,374 | 119,7 | 0,82 | 75,15 | 0,63 | 50,1 | 0,68 |

Randamentul instalatiei $\langle \eta'_{inst} \rangle$ se poate calcula prin:

$$\langle \eta'_{inst} \rangle = \langle \eta \rangle \cdot \langle f_{CD} \rangle \cdot \langle f_J \rangle \cdot \langle f_{ex} \rangle \quad (4.9)$$

$$\langle \eta'_{inst} \rangle = 0,131$$

Relatia (4.9) evidentiaza faptul ca numarul segmentelor intermediare intre captatori si statia de disipare este prohibitiv din punct de vedere al randamentului instalatiei.

Eliminarea schimbatorului de caldura ca si a camerei tehnice, imbunatateste atit eficienta sistemului (fiind eliminata o veriga cu randament subunitar ce apare in produsul randamentelor) cit si reduce costul investitiei fapt important pentru utilizator [74].

Eliminarea schimbatorului de caldura este posibila in doua ipostaze:

- apa furnizata de captatori circula printre pietrele bazinului de stocaj cedind direct caldura;
- se folosesc captatori pentru producerea aerului cald [76], existind astfel un circuit primar: captatori - ventilator - bazin
- captatori si o derivatie: bazin-statia de disipare-bazin.

O solutie interesanta este si cea care propune utilizarea de instalatii solare individuale, numite "de apartament", care constau in inglobarea in elementele de fatada ale constructiei a unor instalatii de tip ISI-200 [77], cu efectul benefic al exploatarii si intretinerii de catre beneficiarii directi ai energiei solare.

CAPITOLUL 5

VARIATIA ORARA SI DIURNA A SUPRATERATURII SI A RANDAMENTULUI ENERGETIC PE SUPRAFETE DE CAPTARE A RADIATIEI SOLARE CU ORIENTARE ARBITRARA

5.1. Distributia temperaturii in directia de curgere a fluidului caloportor

Caldura rezultata prin termoconversie este transferata fluidului termopurtator care intre in captator la temperatura T_{fi} si isi creste temperatura pina la iesirea din captator, la T_{fe} .

Pentru o portiune de tub de lungime Δy se poate scrie bilanțul energetic fig.5.1.

$$\dot{m} \cdot c_p \cdot T_f|_y - \dot{m} \cdot c_p \cdot T_f|_{y+\Delta y} + \dot{q}'_U \cdot \Delta y = 0 \quad (5.1)$$

unde \dot{q}'_U este caldura utila a captatorului si in acord cu [4, 98], se exprima prin:

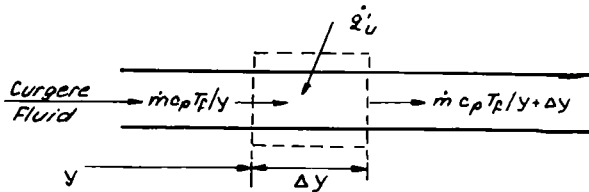


Fig.5.1

$$\dot{q}'_U = l \cdot Fe [E_p - K(T_f - T_a)] \quad (5.2)$$

unde: Fe - factor de eficiența: $Fe \in (0,1)$, dependent de distanța dintre tuburi

l - distanța dintre tuburi, cînd $l = 0$; $Fe \rightarrow 1$

E_p - intensitatea radiației în planul captatorilor rezulta-

ta in urma proceselor de absorbtie-transmisie

$$E'_p = ES \cdot \overline{DAE} \quad (5.3)$$

\overline{ES} - intensitatea in planul suprafetei

\overline{DAE} - produs echivalent absorbtie-transmisie

Se arata in [4] ca prin trecere la limita si integrare solutia ecuatiei (5.1) se obtine in forma:

$$T_f = (T_{fi} - T_a - \frac{E'_p}{K}) \cdot \exp[-1KF_e \cdot y/\dot{m} \cdot c_p] + T_a + E'_p / K \quad (5.4)$$

Daca fluidul intra in captator la temperatura ambianta: $T_{fi} = T_a$ si supratemperatura devine:

$$t = T_f - T_a = \frac{E'_p}{K} (1 - \exp[-S \cdot K \cdot Fe/\dot{m} \cdot c_p]) \quad (5.5)$$

unde: $S = l \cdot y$, este suprafata de captare.

5.2. Variatia orara si diurna a supratemperaturii

Conform relatiei (5.5) supratemperatura pentru un captator dat, avind S, K, Fe, \dot{m}, c_p , cunoscute este dependenta de marimea E'_p . IRS variaza atat cu ora zilei cit si de la o zi la alta.

Utilizind rezultatele programului "RadAbs", ce reda IRS directe variatia orara si diurna a supratemperaturii se obtine prin executia programului "ECART" (Anexa 5.1).

Pe foto 5.2 se prezinta variatia orara a supratemperaturii pe data de 21.06, pe suprafete cu orientare arbitrara. Pe foto 5.2 simbolurile au semnificatiile: DT -supratemperatura; CC -conductanta; FF -factor de eficienta; M -debit; CS -caldura specifica.

Pe foto 5.3 se prezinta coordonatele punctului reprezentativ la un moment dat.

Pe foto 5.1 in dreptul suprafetei de egala inclinare apar supratemperaturile medii ale zilei respective.

Pe foto 5.2, mai apar in stanga:

- valoarea maxima a supratemperaturii: $63,2 \text{ }^\circ\text{C}$;
- ora la care "t" este maxim $h = 12,4$;
- inclinarea suprafetei pentru "t" maxim: $u = 20,0 \text{ }^\circ$.

Pe tabelul nr.5.1. se dau valorile pentru supratemperatura la ora 12 si supratemperatura medie pe data de 15 ale fiecarui luni, calculata cu $\langle t \rangle = \sum_1^n t_i/n$ (n - numar de puncte pe durata zilei) pentru unghiurile de pozare 0 si 45 grd.

Tabelul nr.5.1

| Luna | t [°C] | | ⟨t⟩ [°C] | |
|------|--------|------|----------|------|
| | 0° | 45° | 0° | 45° |
| I | 9,4 | 36,7 | 2,1 | 10,0 |
| II | 18,7 | 47,7 | 5,1 | 14,6 |
| III | 34,0 | 56,5 | 10,8 | 19,4 |
| IV | 46,6 | 60,0 | 17,5 | 21,9 |
| V | 53,7 | 59,3 | 22,5 | 22,1 |
| VI | 56,2 | 57,9 | 24,8 | 21,7 |
| VII | 55,2 | 58,3 | 23,9 | 21,8 |
| VIII | 50,3 | 59,5 | 20,1 | 21,0 |
| IX | 40,3 | 58,4 | 14,0 | 20,8 |
| X | 26,1 | 52,0 | 7,5 | 17,0 |
| XI | 13,5 | 41,9 | 3,2 | 11,9 |
| XII | 7,8 | 34,4 | 1,6 | 8,7 |

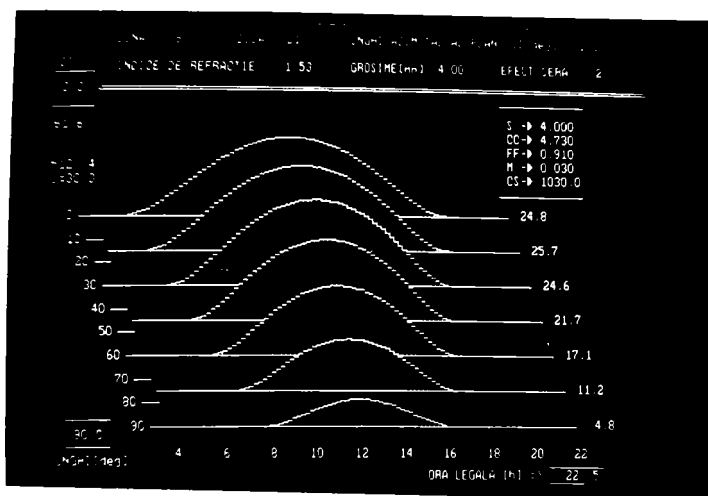


Foto 5.2

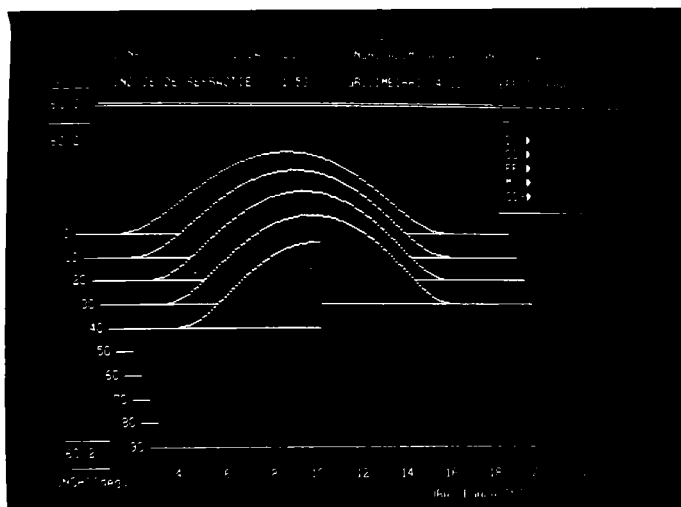


Foto 5.3

Se desprinde concluzia ca suprafetele inclinate la 45° realizeaza, la amiaza, supratemperaturi mai mari de 25°C pentru toate lunile anului. Supratemperatura medie depaseste 10°C din februarie pina in octombrie. Supratemperatura medie maxima se obtine insa pentru suprafete orizontale: $20,5^\circ\text{C}$ in luna iunie.

5.3. Ecuatia randamentului energetic

Randamentul energetic la un moment dat se obtine prin:

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot t}{ES \cdot S} \quad (5.6)$$

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot c_p}{ES \cdot S} \cdot \frac{ES \cdot \overline{DAE}}{K} \left[1 - \exp\left(-\frac{S \cdot K \cdot Fe}{\dot{m} \cdot c_p}\right) \right] \quad (5.7)$$

Ecuatia (5.7) s-a obtinut prin inlocuirea in (5.6) a expresiei (5.5) in care s-a tinut cont ca $E_p = ES \cdot \overline{DAE}$; ES - intensitatea in planul captatorului.

Ecuatia (5.7) se pune in forma:

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot \overline{DAE}}{K \cdot S} \left[1 - \exp \left(- \frac{S \cdot K \cdot Fe}{\dot{m} \cdot c_p} \right) \right] \quad (5.8)$$

Randamentul energetic este dependent indeosebi de :

- caracteristicile constructive (S, Fe);
- parametrii functionali (\dot{m}, c_p);
- caracteristicile izolante (K);
- ora si ziua prin \overline{DAE} , care este dependent de unghiul de incidenta.

5.4. Variatia orara si diurna a randamentului energetic

Utilizind rezultatele programului "RTA" variatia orara si diurna a randamentului se obtine prin executia programului "REN" (Anexa 5.2).

Pe foto 5.4 se prezinta variatia orara a randamentului pe data de 21.06, pe suprafete cu orientare arbitrara. Pe foto 5.4, randamentul este simbolizat prin "REN". In partea stinga a figurii se dau: valoarea maxima a randamentului, ora si unghiul corespunzatoare.

Pe partea stinga se dau parametrii constructivi si functionali ai captatorului, apoi in dreptul fiecarui unghi se dau valorile medii ale randamentului si energia utila pe durata zilei pentru suprafata de 1 m^2 .

Pe foto 5.5 se dau coordonatele punctului figurativ.

Valorile randamentului la ora 12, randamentului mediu al zilei si a caldurilor utile pentru $i_i = 0^\circ$ respectiv 45° , pe 15 ale fiecarei luni se dau pe tabelul nr.5.2, relativ la radiatia directa.

Tabelul nr.5.2

| Marimea | $\eta \cdot 10^{-9}$ | | $\langle \eta \rangle \cdot 10^{-9}$ | | $Q \cdot 10^6$ | | J/m ² zi |
|---------|----------------------|-----|--------------------------------------|-----|----------------|-----|---------------------|
| | 0° | 45° | 0° | 45° | 0° | 45° | |
| I | 376 | 573 | 121 | 255 | 0,4 | 2,3 | |
| II | 469 | 574 | 177 | 289 | 1,1 | 3,8 | |
| III | 537 | 574 | 249 | 307 | 2,8 | 5,5 | |
| IV | 564 | 574 | 313 | 309 | 5,3 | 6,3 | |
| V | 572 | 574 | 359 | 307 | 7,7 | 6,4 | |
| VI | 573 | 574 | 381 | 306 | 8,9 | 6,3 | |
| VII | 573 | 574 | 373 | 306 | 8,4 | 6,3 | |
| VIII | 569 | 574 | 337 | 308 | 6,5 | 6,4 | |
| IX | 554 | 574 | 282 | 309 | 3,9 | 5,9 | |
| X | 507 | 574 | 212 | 300 | 1,8 | 4,6 | |
| XI | 422 | 574 | 144 | 273 | 0,6 | 2,9 | |
| XII | 353 | 573 | 107 | 245 | 0,3 | 1,9 | |

Randamentul mediu al zilei depaseste valoarea de 30 % din aprilie pina in septembrie pentru suprafete orizontale respectiv din februarie pina in octombrie pentru suprafata inclinata la 45°. Valoarea cea mai mare a caldurii utile furnizata de 1 m² de captator este 8,9 MJ/m²zi pentru luna iunie.

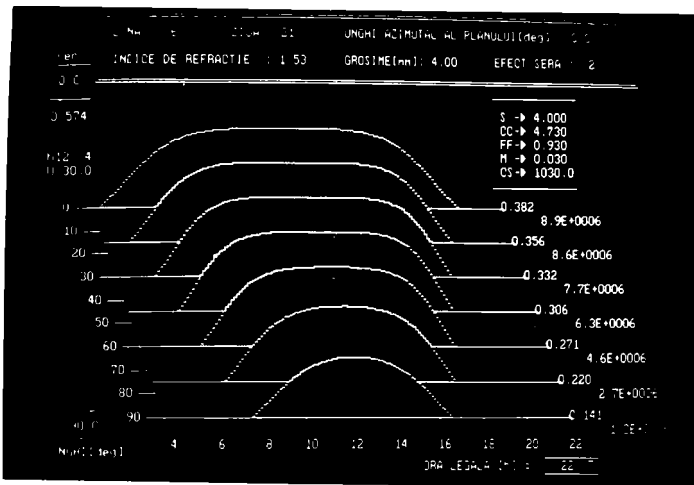


Foto 5.4

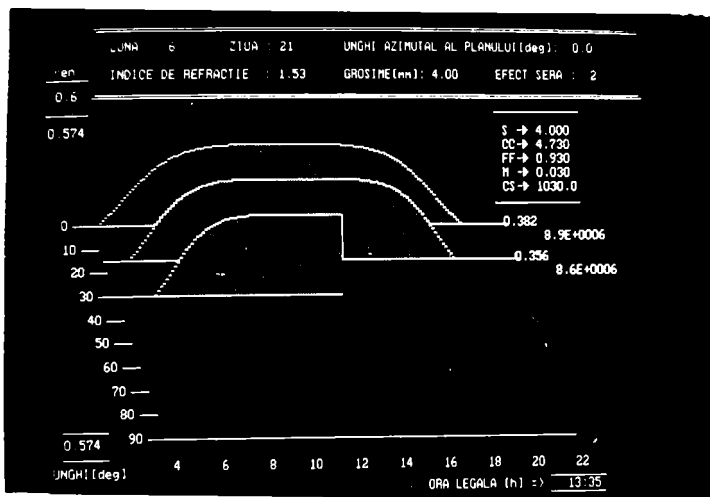


Foto 5.5

CAPITOLUL 6

PROIECTAREA ASISTATA DE CALCULATOR, A CAPTATORILOR PLANI

6.1. Aspecte energetice

Echilibrul energetic la un moment dat pentru un captator, parcurs de un fluid cu debitul \dot{m} , se poate scrie si in forma:

$$ES \cdot S \cdot \eta = \dot{m} \cdot c_p \cdot t \quad (6.1)$$

cu t - supratemperatura unei celule de masa egala cu \dot{m} la iesirea din captator.

$$\text{Ca urmare avem: } t = (ES \cdot S \cdot \eta) / \dot{m} \cdot c_p \quad (6.2)$$

Pentru o valoare data a IRS, η ramine constant, si ca urmare produsul : $S \cdot \eta = ct = C1$

Pe de alta parte pentru un regim de lucru dat avem ca produsul $\dot{m} \cdot c_p = ct = C2$. Pentru fiecare valoare a constantelor $C1$ si $C2$, se obtin dependente hiperbolice intre marimile S si η , respectiv \dot{m} si c_p .

$$\text{Deci avem ca: } t = (ES \cdot C1) / C2 \quad (6.3)$$

Dependenta marimii t cu valorile $C1$ si $C2$ se prezinta pe foto 6.1, prin rulara programului "SUPRAT" (Anexa 6.1).

Pe foto 6.2 se prezinta coordonatele punctului reprezentativ.

Prin rulara discreta a programului "SUPRAT" pentru o supratemperatura fixata apriori se obtin coordonatele $C1$ si $C2$ ale punctului, apoi prin dependentele hiperbolice precizate se pot obtine seturi de valori pentru: η, \dot{m}, S, c_p care satisfac ecuatia (6.3).

In ecuatia randamentului (considerind $F_e = 1$):

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot \overline{DAE}}{K \cdot S} [1 - \exp[-(K \cdot S / \dot{m} \cdot c_p)]] \quad (6.4)$$

se pot stabili dependente hiperbolice de forma: $\dot{m} \cdot c_p = C2$ si $K \cdot S = C3$

Ca urmare vom avea:

$$\eta = \frac{C2 \cdot \overline{DAE}}{C3} [1 - \exp(-\frac{C3}{C2})] \quad (6.5)$$

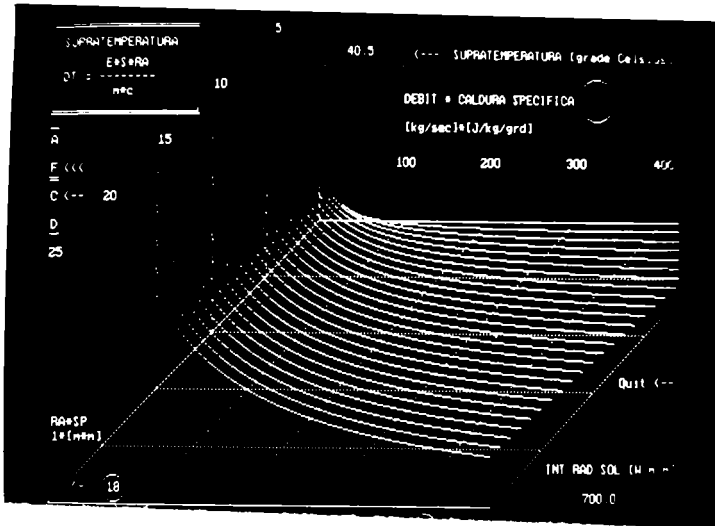


Foto 6.1

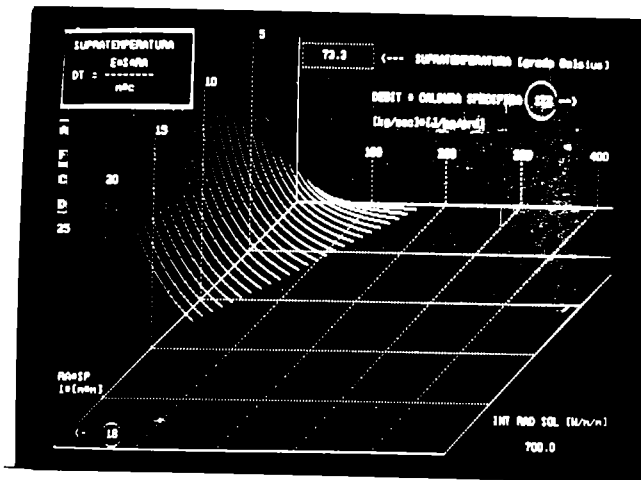


Foto 6.2

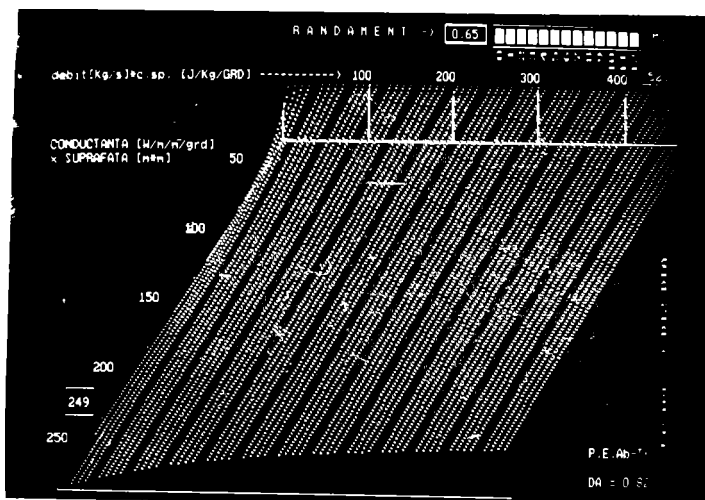


Foto 6.3

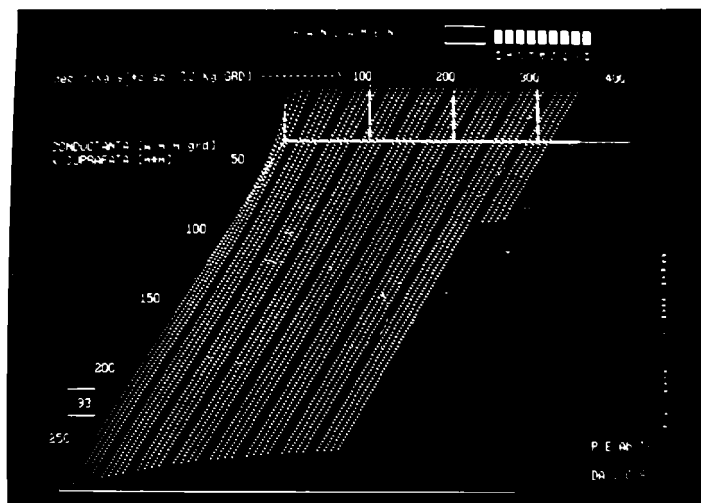


Foto 6.4

Prin executia programului "RANDAMENT" (Anexa 6.2) se obtine aspectul grafic al dependentei $\eta = f(C2, C3)$, pentru DAE, ca parametru.

Pe foto 6.3 se prezinta suprafata acestei dependente, iar pe foto 6.4 se dau coordonatele punctului reprezentativ.

Avind valoarea lui η , furnizata de programul precedent prin rularea discreta a programului "RANDAMENT" se obtine valoarea lui $C3$ care satisface conditia (6.5). Se poate exprima apoi K si deci se pot stabili caracteristicile termoizolante ale captatorului.

6.2. Aspecte exergetice

Examinind evolutia marimilor t si η , (fig.6.1 si fig 6.3) se constata variatia asimptotica a celor doua marimi la modificarea axelor de coordonate, curbele ne reprezentind puncte de extrem, ceea ce face necesar ca una din valorile axelor de coordonate sa fie aleasa arbitrar. Aceasta creaza cimp larg in stabilirea parametrilor tehnico-functionali ai captatorului dar exista posibilitatea ca regimul stabilit sa nu fie cel optim. Aspectul acesta decurge din aceea ca analiza energetica nu tine seama de conceptul de energie utilizabila continuta de un fluid. Pentru a stabili dependente cu puncte de extrem se poate folosi analiza exergetica [2].

Exergia este acea energie care pentru o stare data a mediului se poate transforma complet in orice alta forma de energie in conditii de reversibilitate totala a procesului [84].

Anergia este acea energie care nu se poate transforma nici macar partial in alta forma de energie [84].

In general [105], exista egalitatea:

$$\text{Energie} = \text{Exergie} + \text{Anergie}$$

Exergia si anergia au sensul unor notiuni complementare prin intermediul lor putindu-se exprima toate transformarile termice.

Primul principiu al termodinamicii poate fi formulat astfel: "Intr-un sistem inchis suma dintre anergie si exergie este constanta". In timp ce energia este conservativa exergia si anergia se transforma liber una in alta [84].

Principiul al doilea al termodinamicii poate fi formulat: "Consumatorii energetici sint de fapt consumatori de exergie pe care acestia o distrug si o transforma in anergie" [84].

In acord cu [2], exergia se exprima prin relatia:

$$e = i_i - i_f - T_a (s_i - s_f) \quad (6.5)$$

cu i - entalpie specifica;

s - entropie specifica;

indicii i se refera la starea initiala, iar indicii f se refera la starea finala.

Semnificatia fizica a entalpiei este prezentata in [85, 86].
Debitul de exergie transportat de fluidul caloportor este [2]:

$$Q_{ex} = \dot{m} \cdot e \quad (6.6)$$

Scriind cistigul de exergie al fluidului caloportor in colectorul solar :

$$Q_{ex} = \dot{m} [(i_2 - i_1) - T_a (s_2 - s_1)] \quad (6.7)$$

Se poate defini randamentul exergetic al colectorului [183]:

$$\eta_{ex} = Q_{ex} / S \cdot ES \quad (6.8)$$

Tinand cont ca fluidul caloportor in colectorul solar se afla in stare lichida, la nivele termice scazute, se pot face aproximatiile [2]:

$$\begin{cases} i_2 - i_1 = c_p (T_2 - T_1) \\ s_2 - s_1 = c_p \cdot \ln(T_2/T_1) \end{cases} \quad (6.9)$$

Randamentul exergetic devine:

$$\eta_{ex} = \dot{m} \cdot c_p \frac{(T_2 - T_1) - T_a \ln(T_2/T_1)}{S \cdot ES} \quad (6.10)$$

Punind $T_1 = T_a$ si tinind cont ca $t = T_2 - T_a$ (rel.5.5) se obtine:

$$\eta_{ex} = \frac{\dot{m} c_p}{ES \cdot S} \left[\frac{ES \cdot \overline{DAE}}{K} \left(1 - \exp\left(-\frac{SKF}{\dot{m} \cdot c_p} e\right) \right) - T_a \cdot \ln \left(1 + \frac{ES \cdot \overline{DAE}}{T_a \cdot K} \left(1 - \exp\left(-\frac{S \cdot K \cdot F}{\dot{m} \cdot \dot{c}_p} e\right) \right) \right) \right] \quad (6.11)$$

Pentru un colector cu proprietati termoizolante stabilite randamentul exergetic depinde de suprafata (S) a colectorului si de debitul (\dot{m}) al fluidului.

Dependenta marimii $\eta_{ex} = f(S, \dot{m})$ se poate obtine prin rularea programului "REX1" (Anexa 6.3).

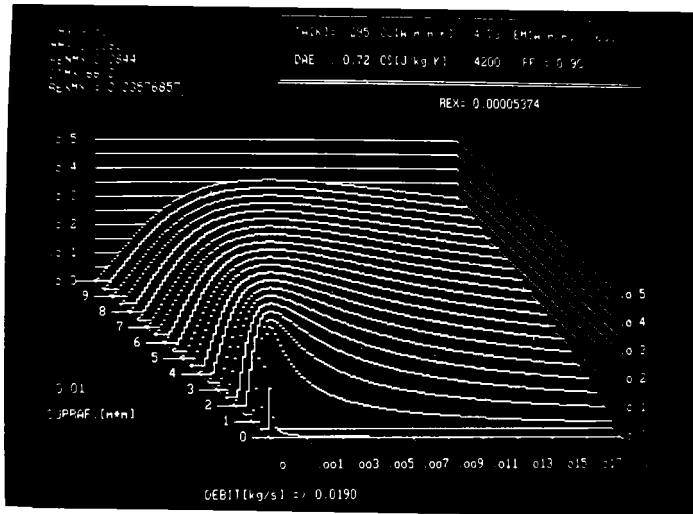


Foto 6.5

Pe foto 6.5 se prezinta suprafata obtinuta, observindu-se faptul ca aceasta prezinta puncte de extrem atat la variatia lui (\dot{m}) cit si la variatia lui (S).

Pe foto 6.5 se prezinta caracteristicile tehnico-functionale ale captatorului precum si coordonatele punctului de extrem al suprafetei si anume:

$$\eta_{exm} (REXMX) = 0,03576857; S_m (SMX) = 9,50 \text{ m}^2; \dot{m}_m (MMX) = 0,0831 \text{ kg/s};$$

$$\eta_{in} (\text{randament energetic, simbolizat prin RENMX}) = 0,3944;$$

$$t_{in} (\text{supratemperatura maxima, simbolizata prin DTMX}) = 66,0 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Pe foto 6.5 se prezinta coordonatele punctului reprezentativ.

Programule prezentate au fost editate in limbajul Turbo-Pascal [87, 88, 89, 90, 173, 174] si rulate pe un calculator PC-Herc.

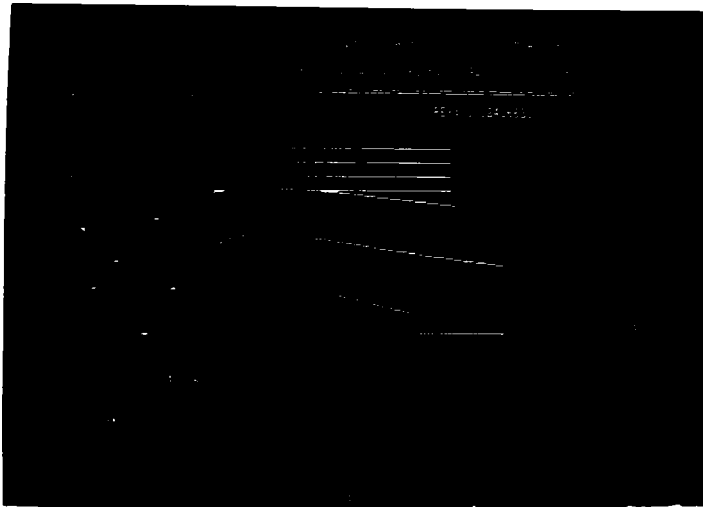


Foto 6.6

CAPITOLUL 7

STUDIUL COMPARATIV A DIVERSE TIPURI DE CAPTATORI PRIN CONVERSIE TERMOSOLARA

Pentru a oferi o gama larga de solutii problemelor pe care le genereza actiunea de implementare a energiei solare, in cadrul catedrei de fizica a UTT au fost proiectate, construite si studiate in conditii naturale o multitudine de captatori solari.

7.1. Clasificarea captatorilor care au constituit obiectul studiilor experimentale si teoretice in perioada anilor 1976-1992

Colectorul solar plan este un sistem fizic care realizeaza conversia energiei radiatiei solare in energie termica. Componentele unui captator solar sint: suprafata transparenta, suprafata absorbanta, izolatia termica, carcasa. Captatorii solari pot sa functioneze in regim dinamic sau pasiv.

Captatorii in regim pasiv contin o masa termica de stocaj care s-a materializat sub forma unei cantitati de: apa, bitum, material de zidarie. La captatorii in regim pasiv cu apa sau caramida se poate manifesta si circulatia naturala, termoconvectiva a apei sau a aerului.

La captatorii in regim dinamic suprafata absorbanta este spalata de un fluid ce curge in lungul acesteia prin antrenare de catre o pompa. Fluidele folosite au fost: apa si aerul.

Funcție de cele prezentate se poate stabili urmatoarea clasificare a captatorilor studiati:

A. Captatori in regim pasiv:

7.1 - Captator pentru obtinerea apei calde

7.2 - Captator cu strat pelicular de apa

7.3 - Captator cilindric pentru preincalzirea bitumului

7.4 - Captator pentru preincalzirea bitumului, inglobat in elemente de zidarie

7.5 - Captator T-M pentru climatizarea locuintelor

B. Captatori in regim dinamic:

7.6 - Captator cu autofocalizare pentru producerea apei calde

7.7 - Captator pentru producerea aerului cald tehnologic

7.8 - Captator din materiale recuperabile

7.9 - Captator tip SADU

Studiile efectuate au permis evidentierea posibilitatilor de sporire a eficientei conversiei heliotermale prin:

7.10 - Captator cu structura anterioara variabila

7.11 - Captator plan-compus cu circulatie aer

Familia captatorilor studiatii este prezentata pe foto 7.1. Pe foto 7.2 se prezinta captatorul cilindric pentru fluidizarea bitumului.

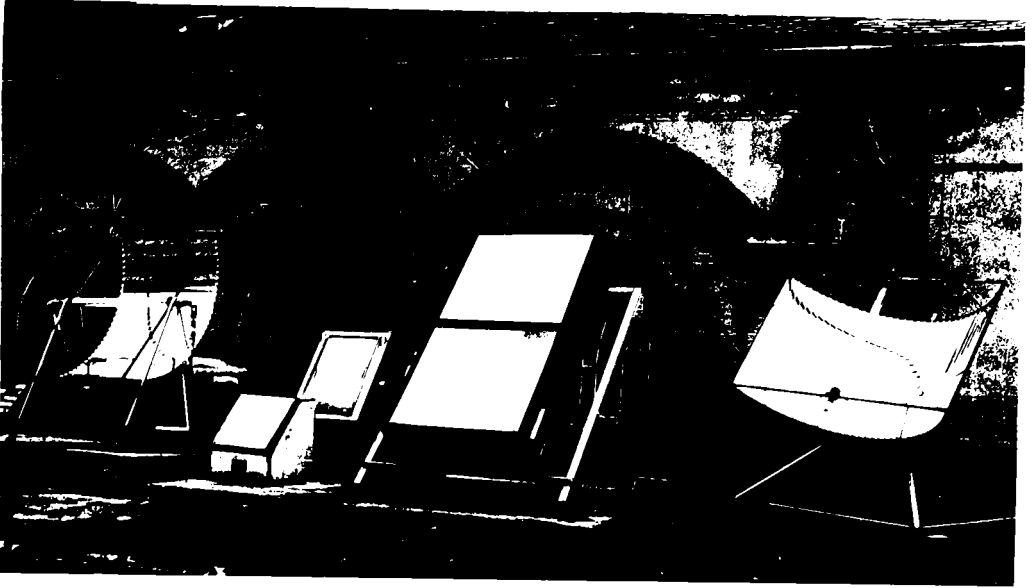


Foto 7.1

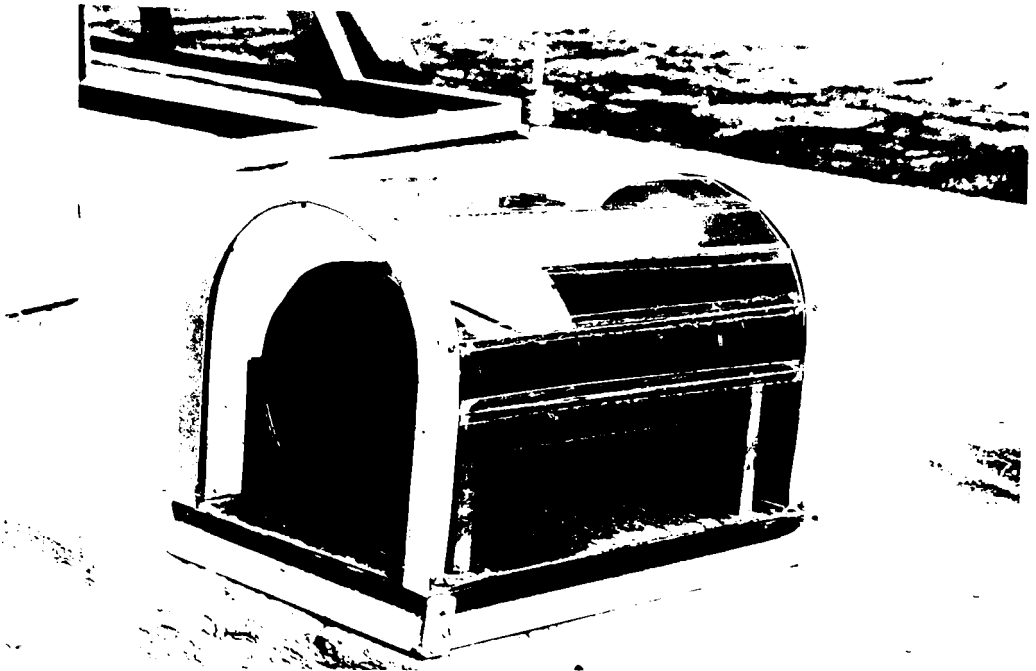


Foto 7.2

7.2. Scheme de principiu. Date tehnico-constructive.

Principii de functionare

In cele ce urmeaza se prezinta schema de principiu si functionarea captatorilor prezentati in paragraful 7.1 si indexati prin cifrele 7.1 - 7.11.

Captator 7.1; 7.10, schema de principiu este data pe fig.7.3. El poate sa functioneze fara efect de sera, cu o placa de sticla, respectiv cu doua placi de sticla de 4 mm grosime si ecart intre placi 7 mm [107, 137].

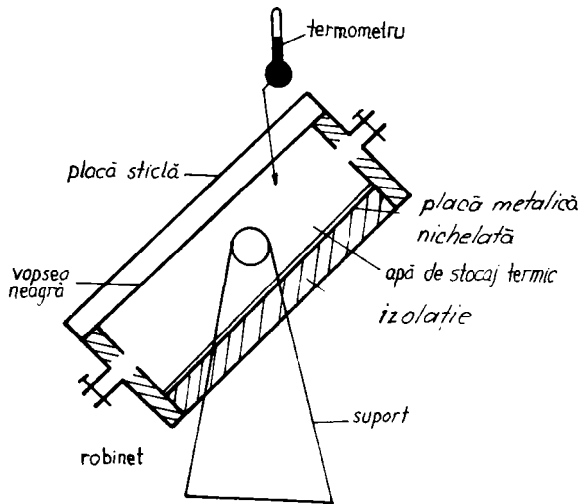


Fig.7.3

Captatorul a functionat 4-6 ore plasate simetric in jurul amiezii incit sa se poata considera intensitatea radiatiei pe captator ca fiind constanta si egala cu media aritmetica a valorilor orare ale acesteia.

La captatorul 7.10, ordinul efectului de sera se maresta succesiv cu cite o unitate in cadrul aceleasi secvente [128]. Valorile supratemperaturilor pentru un anumit ordin al efectului de sera sint [19]: $t \in (0; 6,6) \text{ }^\circ\text{C}$, - fara efect de sera;
 $t \in (6,6; 21,5) \text{ }^\circ\text{C}$, cu efect simplu de sera;
 $t \in (21,5; 40) \text{ }^\circ\text{C}$, cu efect dublu de sera.

Captator 7.2

Captatorul cu strat pelicular de apa este realizat din sticla, eliminandu-se consumul de metal [108] si este prezentat pe fig.7.4.

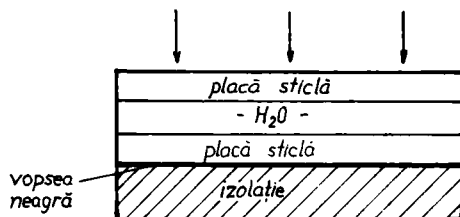


Fig.7.4

El cuprinde doua placi de sticla, cea inferioara vopsita in negru, apa aflindu-se in spatiul delimitat de placi [166]. Distanța între placi este 0,018 m, suprafata de captare fiind $S_u = (0,73 \cdot 0,18) \text{ m}^2$, capacitatea calorica a apei si a placii de sticla este $C = 20220 \text{ J/K}$.

Captator 7.3; 7.4

Captatorul cilindric pentru preincalzirea bitumului descris in [109, 110] este prezentat in sectiune pe fig. 7.5.

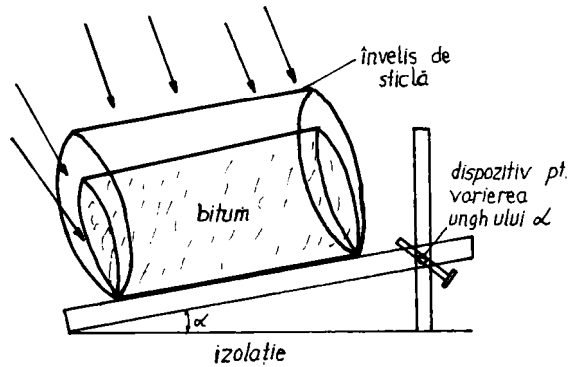


Fig.7.5

Bitumul este conținut într-un rezervor cilindric, efectul de sera este creat de un învelis semicilindric de sticlă montat pe un suport metalic. Modelul este prevăzut cu un dispozitiv care permite modificarea unghiului de pozare. Geometria instalației asigură normalitatea dintre direcția razelor solare și secțiunea principală a cilindrului pe durata expunerii, deoarece se poate considera că secțiunea principală se rotește cu o viteză unghiulară egală cu cea aparentă a Soarelui pe bolta cerească. Secțiunea principală are valoarea $S_u = 45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ iar suprafața de pierdere este $S_p = 1589 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Masa bitumului în rezervor este 6,4 kg, iar masa proprie a rezervorului este 1,17 kg.

Studiile prezentate în [111] evidențiază faptul că insolatorul își menține capacitatea de fluidizare a bitumului și după o expunere în condiții naturale pe durata a doi ani.

Captatorul 7.4 descris în [112] este prezentat în secțiune pe fig.7.6, axa cilindrului fiind orientată pe direcția est-vest.

Bitumul de masă $m = 25,15 \text{ kg}$ este conținut într-un rezervor metalic de lungime $L = 0,51 \text{ m}$, diametrul $D = 0,255 \text{ m}$ și masa $m' = 10 \text{ kg}$, rezervorul este vopsit în negru și plasat într-o încălțare cu pereți de cărămidă. În partea superioară se află o suprafață vitrată $(0,8 \cdot 0,38) \text{ m}^2$ înclinată la 30° și o oglindă orientată la 70° . Peretele sudic este vopsit în negru și acoperit cu o placă de sticlă, creându-se un perete T-M. Temperatura a fost măsurată cu un termometru electronic [116, 117] ale cărui sonde au fost reparate în masa de bitum conform schemei de pe fig.7.7.

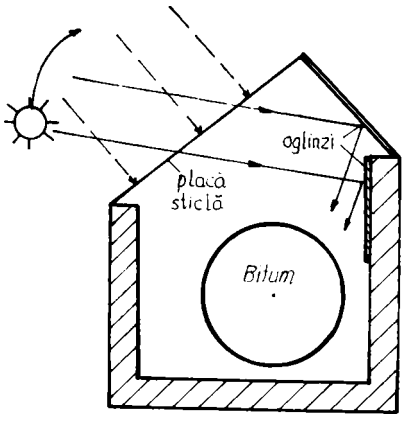


Fig.7.6
Captator 7.5

| | | |
|-----|-----|-----|
| 1.1 | 1.2 | 1.3 |
| 2.1 | 2.2 | 2.3 |
| 3.1 | 3.2 | |

Fig.7.7

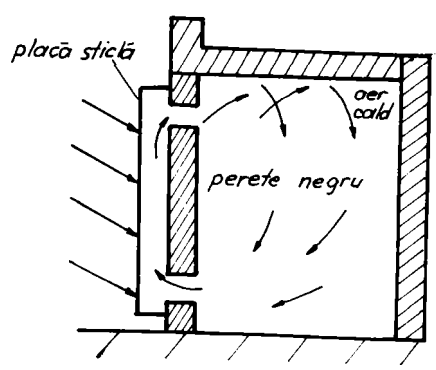


Fig.7.8

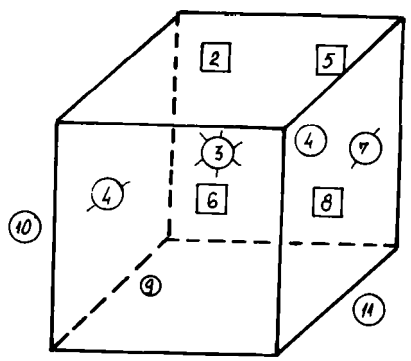


Fig.7.9

Captatorul pentru climatizarea locuintelor construit in acord cu [113, 114, 115] consta dintr-un perete cu suprafata de $8,8 \text{ m}^2$ acoperit cu o placa de sticla, peretele constituind suprafata sudica a unei camere de locuit cu dimensiunile $(2 \cdot 3 \cdot 4) \text{ m}^3$. Pe fig.7.8 este prezentata o sectiune prin instalatie, iar pe fig.7.9 este aratat modul de amplasare a sondelor termometrului electronic.

Captator 7.6

Heliocaptatorul cu autofocalizare descris in [119, 120] este prezentat in sectiune pe fig.7.10. Este un captator cu reiradiere, radiatia reflectata de un sistem de oglinzi plane cade pe un sistem de tuburi receptoare prin care circula apa avind intrarea in A si iesirea in B. Instalatia poate fi reglata astfel ca intensitatea radiatiei pe tuburile colectoare sa fie maxima la o ora a zilei sau la doua momente plasate simetric fata de amiaza.

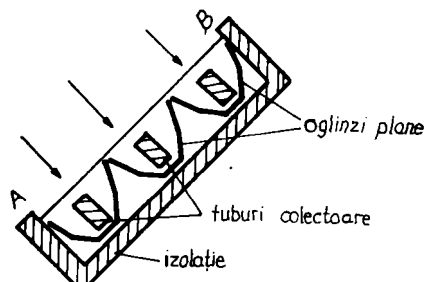


Fig.7.10

Instalatia cuprinde un numar de 15 oglinzi plane, fiecare cu dimensiunile $(720 \cdot 80) \text{ mm}^2$, totalizind $0,86 \text{ m}^2$ suprafata reflectanta. Tuburile colectoare totalizeaza o suprafata de $0,65 \text{ m}^2$. Ansamblul este continut intr-un invelis cu peretii izolati. Rezervorul contine 80 l apa si este plasat la inaltimea de 0,8 m deasupra tubului superior pentru a asigura circulatia termoconvectiva a apei [121].

Captator 7.7

Helioconvectorul pentru prepararea aerului cald tehnologic a fost realizat în 1979, el a funcționat cu bune rezultate timp de 12 ani. Dimensiunile, pozarea și caracteristicile optice au fost stabilite conform cu [122, 123, 124, 125]. Astfel, suprafața construită este $S_c = 3,7 \text{ m}^2$, lungimea tubului de curent $L_c = 12,3 \text{ m}$ lucrările de intrare-iesire ale aerului rece, respectiv cald sînt patrute cu latura $a = 0,25 \text{ m}$, unghiul de pozare este $\alpha = 45^\circ$. Fig.7.11 prezintă o secțiune prin captator, iar fig.7.12 reda circulația aerului.

Aerul este pompat la temperatura ambiantă $T_{fi} = T_a$, ceea ce impune ca valoarea factorului de utilizabilitate să fie $u \rightarrow 1$ [4].

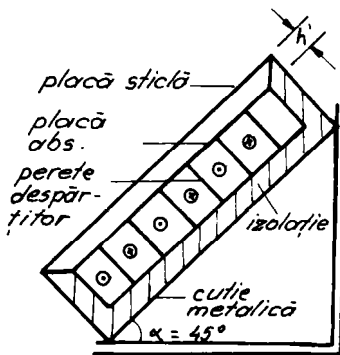


Fig.7.11

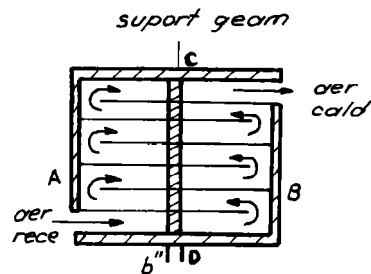


Fig.7.12

Debitul aerului ia valori în intervalul $(25-135) \text{ m}^3/\text{h}$. Placa absorbantă este și perete al coridorului de circulație, două coridoare vecine au un perete comun, $1-d = 0$ [4]. Lipsa îmbinărilor placa tub și condiția $1-d = 0$ (1 - distanța între tuburi, d - diametrul tubului) permit să se considere factorul de transport $F_t = 1$ [15].

Pe fig.7.13 se prezinta variatia puterii consumate de turbina de antrenare a aerului cu debitul de aer pe care il pompeaza, puterea acesteia nedepasind 30 W la o putere utila max. de aprox. 800 W.

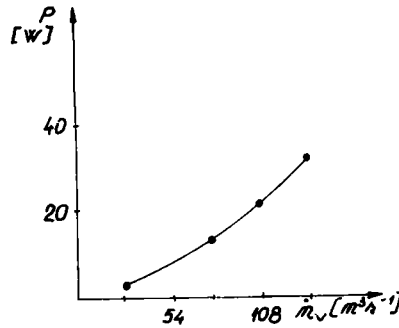


Fig.7.13

Captator 7.8

Schimbatoarele de caldura ale frigiderelor uzate, fabricate din materiale rezistente la actiunea corosiva a agentilor atmosferici pot fi folosite ca elemente convertoare in captatoarele solare. Captatorul solar obtinut astfel [118] are suprafata $S=0,44 \text{ m}^2$. Curgerea apei se realizeaza prin cadere gravitacionala debitul luind valori in intervalul $\dot{m} \in (0; 7 \cdot 10^{-3}) \text{ kg/s}$. Valoarea de zero a debitului corespunde regimului pasiv. Caderea gravitacionala s-a asigurat prin inaltimi mai mari de 0,89 m in acord cu [179].

Captatorul 7.9

Captatorul de tip "Sadu 1" este un panou solar tip registru cu dimensiunile (2;1;0,12) m , cu geam de 4 mm grosime carcasa este executata din tabla de otel de 0,8 mm, izolatia consta dintr-un strat de vata minerala cu grosimea de 50 mm. Fluidul termopurtator este apa, al carei debit a fost de $0,16 \text{ m}^3/\text{h}$. Diametrul unui tub este de 20 mm, distanta intre tuburi este de 150 mm. Captatoarele tip "Sadu 1", in numar de 12, constituie cimpul de colectoare solare al "Casei Solare" a UTT.

Captator 7.11

Captatorul plan-compus este un helioconvector in regim dinamic cu agent termic aer la a carui parte anterioara efectul de sera creste cu cite o unitate pe masura ce fluidul se incalzeste in curgerea sa in lungul tubului de curent [126]. Pe fig.7.14 se prezinta o sectiune prin acest captator.

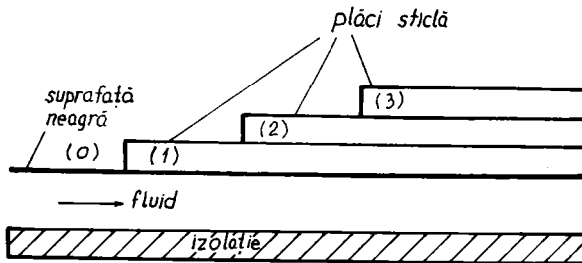


Fig.7.14

Lungimile segmentelor de-a lungul carora efectul de sera are o anumita valoare sint [127]: $y \in (0;2)$ m, fara efect de sera; $y \in (2;6,8)$ m, efect simplu de sera; $y \in (6,8;12)$ m, efect dublu de sera

7.3. Fractiuni de utilizare ale suprafetelor captatorilor

Umbrirea unor zone ale suprafetei negre a colectorului este cauzata de catre suportii geamurilor (foto 7.1) aceeasi pe intreaga zi, si de catre peretii sasiului, variabila cu ora zilei. Pe fig.7.15 se arata o sectiune prin suportul lateral al geamului, acesta fiind construit asa fel ca umbrirea sa fie minima [130].

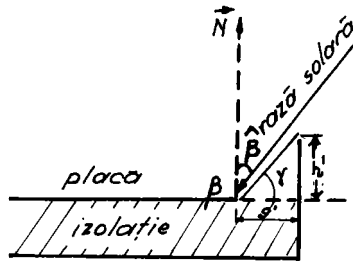


Fig.7.15

Conform fig.7.15, valoarea unghiului β între raza vizuala și normala N a captatorului, în condiția echinocțiului are valoarea:

$$\beta = \omega \cdot \Delta t \quad (7.1)$$

cu ω - viteza unghiulară aparentă a Soarelui

Δt - durata față de amiază

Pentru captatorii de dimensiuni mai mici (captator 7.1, 7.8, 7.9) suprafața umbrată va fi:

$$S' = (h' \cdot \operatorname{tg} \beta - g') \cdot b' \quad (7.2)$$

cu: h' - înălțimea peretelui peste nivelul absorbant;

g' - grosimea suportului; b' - lățimea captatorului.

Fracțiunea suprafeței utilizate este:

$$e_1 = S' / S_C \quad (7.3)$$

cu S_C - suprafața construită, $S_C = b \cdot b'$; b - lungime, deci

$$e_1 = \frac{1}{b} (h' \cdot \operatorname{tg} \beta - g') \quad (7.4)$$

Pentru captatorii de dimensiuni mai mari (7.6, 7.7) captatori la care, de regulă, există și o circulație de fluid prin "n" tuburi, se poate aprecia că lungimea umbrei creată este:

$$L' = n(h' \operatorname{tg} \beta - g') \quad (7.5)$$

Umbrirea plăcii de către izolație încetează în condiția: $h' \cdot \operatorname{tg} \beta = g'$, umbra fiind numai pe izolație. Condiția precizată se realizează la echinocțiu între orele (9,30 - 14,30).

Deoarece fluidul traversează de "n" ori umbra lăsată de către suportul central (C-D), fig.7.12, lungimea totală a umbrei pentru fluid este:

$$L'' = n[h' \operatorname{tg} \beta + b'' - g'] \quad (7.6)$$

cu: b'' - lățimea suportului central C-D

Lungimea de pe care fluidul culege radiația solară este:

$$L = L_C - L'' \quad (7.7)$$

cu L_C - lungime construită.

Suprafața activă a colectorului este:

$$S' = a \cdot L = a[L_c - n(h' \cdot \operatorname{tg} \beta - g' + b'')] \quad (7.8)$$

cu: a - latura lucarnei (captator 7.7), respectiv distanta intre tuburi (captator 7.6).

Fractiunea de utilizare a suprafetei este:

$$e_2 = S'/S_c ; \text{ cu } S_c = a \cdot L_c \quad (7.9)$$

$$e_2 = 1 - \frac{n}{L_c} (h' \cdot \operatorname{tg} \beta + b'' - g') \quad (7.10)$$

De remarcat ca la captatorul 7.2, radiatia patrunde integral in mediu de stocare si deci valoarea fractiunii e este 1 pe intraga zi.

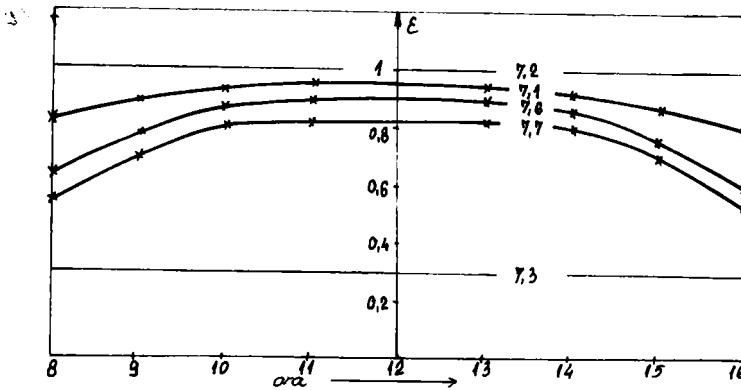


Fig.7.16

Pe de alta parte la captatorul 7.3, fractiunea e se va exprima prin raportul dintre suprafata sectiunii principale si suprafata construita, cilindrica, suprafata de captare fiind mereu egala, la echinocciu, cu suprafata sectiunii principale:

$$e_3 = \frac{0,45 \cdot 10^{-4}}{1,589 \cdot 10^{-4}} \approx 0,3 \quad (7.11)$$

Dependenta fractiunii de utilizare a suprafetei cu ora zilei este prezentata pe fig.7.16.

7.4. Caracteristici optice si termoizolante ale captatoarelor

Caracteristicile optice ale captatoarelor decurg din capacitatea de transmisie a energiei de catre placa de geam si din capacitatea de absorbtie a radiatiilor de catre placa absorbanta. Cantitativ caracteristicile optice sint evaluate prin valoarea efectiva a produsului echivalent al absorbtiei-transmisiei in ansamblul placa-geam. Valoarea marimii \overline{DAE} a fost calculata cu ajutorul formulei (3.8) pentru trei stari ale structurii anterioare: fara placa de sticla, cu o placa si cu doua placi de sticla, grosimea placii fiind de 4 mm, viteza vintului $v = 0$.

Experimental, valoarea DAE a fost determinata prin masurarea vitezei de variatie a supra-temperaturii in origine, situatie in care pierderile termice ale instalatiei pot fi neglijate, existind relatia:

$$E_p \cdot S \cdot \Delta T \cdot \overline{DAE} = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (7.12)$$

energia radiatiilor absorbite de intensitate E_p contribuie la cresterea temperaturii masei termice de capacitate calorica ($m \cdot c$).

Pe tabelul nr.7.1 se dau valorile calculate si cele masurate pentru marimea DAE, cu constatarea ca valorile experimentale sint mai mici ca cele calculate din cauza ca membrul sting al relatiei (7.12) nu contine termenul ce descrie pierderile termice.

Caracteristicile termoizolante ale captatorilor sint determinate de natura si grosimea izolatiei precum si de natura materialului carcasei.

Cantitativ caracteristicile termoizolante sint evaluate prin factorul global al pierderilor termice dat prin relatia (3.42).

Cu relatia (3.42) au fost calculate conductantele pentru cele trei stari mentionate si considerind un unghi de pozare $i = 45^\circ$.

Experimental, valorile conductantelor au fost determinate dupa cum urmeaza [54]:

- s-a procedat la incalzirea masei termice prin expunerea la radiatie a captatorilor, in regim static;

- pe durata noptii, in atmosfera calma s-a urmarit racirea masei termice.

In aceasta situatie exista relatia:

$$K \cdot S (T - T_a) \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (7.13)$$

Valorile calculate si cele determinate experimental sint prezentate pe tabelul nr.7.1, cu constatarea ca la insolatorul 7.1. valorile experimentale sint mai mici ca cele calculate, fapt explicabil prin aceea ca rezervorul acestuia a fost asezat pe o placa nichelata, reflectoare de radiatii.

Exceptie de la cele afirmate prezinta captatorul 7.2 la care in evaluarea pierderilor termice trebuie avut in vedere faptul ca de la suprafata neagra are loc un transfer de caldura pe doua directii [131]:

a) corp negru → placa inferioara de sticla → strat de apa → placa superioara de sticla → atmosfera;

b) corp negru → izolatie → atmosfera.

La acelasi captator produsul echivalent al absorbtiei transmisei se calculeaza tinind cont de particularitatile constructive ale acestuia prin [131]:

$$\overline{DAE} = D_{st} (D_{st} \cdot D_{apa} \cdot A_{vop} + A_{apa} + D_{apa} \cdot A_{st} + D_{apa} \cdot A_{apa} \cdot R_{st})$$

$$\overline{DAE} = 0,71$$

La captatorul 7.7 conductanta are valori relativ mici datorita utilizarii si spumei poliuretanicice pentru izolatie.

La captatorul 7.3 se remarca valorile scazute ale conductantei datorita conductivitatiei mici a bitumului.

Valorile conductantei si produsului echivalent, la expunerea captatorului in regim static, determina valoarea supratemperaturii de echilibru radiativ, conform relatiei:

$$E_p \cdot S \cdot \overline{DAE} = K \cdot S \cdot \Delta T_m \quad (7.14)$$

cu: $\Delta T_m = t_m$, supratemperatura maxima.

Experimental supratemperatura echilibrului radiativ, se determina expunind colectorul in regim static si inregistrind valoarea de stationaritate a supratemperaturii, in atmosfera calma.

Pe tabelul nr.7.1 se dau valorile supratemperaturii de echilibru radiativ cu constatarea ca valorile experimentale sint mai mici ca cele calculate, cauza fiind miscarile inerente ale aerului atmosferic.

La captatorul 7.6 se inregistreaza supratemperaturi mai mari ca la alte captatoare datorita concentrarii usoare a radiatiei de catre oglinzi.

Tabelul nr.7.1

| Cap- ta- tor | Mod | DAE | | | K [W/m ² K] | | | ΔT _m [K] | | |
|--------------------|-----|------|-------|-------|------------------------|------|------|---------------------|------|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 7.1 | c | 0,95 | 0,868 | 0,810 | 14,98 | 5,63 | 3,41 | 18,2 | 36,1 | 45,8 |
| | ex | 0,92 | 0,851 | 0,782 | 12,30 | 4,79 | 2,9 | 17,5 | 32,5 | 40,5 |
| 7.2 | c | - | 0,71 | - | - | 8,41 | - | - | 43,5 | - |
| | ex | - | 0,70 | - | - | 8,57 | - | - | 42,0 | - |
| 7.3 | c | - | 0,868 | - | - | 3,72 | - | - | 26,6 | - |
| 7.4 | ex | - | 0,812 | - | - | 3,32 | - | - | 18,5 | - |
| 7.6 | c | - | 0,868 | - | - | 8,22 | - | - | 67,0 | - |
| | ex | - | 0,855 | - | - | 9,04 | - | - | 62,0 | - |
| 7.7 | c | 0,95 | 0,868 | 0,810 | 15,10 | 4,75 | 3,54 | - | 38,2 | - |
| | ex | 0,92 | 0,844 | - | - | 4,73 | - | - | 35,0 | - |
| 7.8 | c | 0,95 | 0,868 | 0,810 | 15,44 | 6,09 | 3,88 | - | 36,0 | - |
| 7.9 | ex | 0,92 | 0,844 | - | - | 6,62 | - | - | 33,5 | - |

7.5. Nivele termice. Cimpuri termice.

Particularitati

7.5.1 NIVELE TERMICE

Nivelul termic este un criteriu al aprecierii oportunitatii utilizarii instalatiei heliotehnice in satisfacerea nevoilor de energie termica, de exemplu in scopuri menajere nivelul termic alapei se situeaza in jurul a 60°C; pentru uscarea blocurilor ceramice nivelul termic trebuie sa ajunga la 60-80 °C.

In cele ce urmeaza vom aborda problematica nivelelor termice sub doua aspecte ce corespund situatiilor in care:

A, captatorul functioneaza cu masa termica;

B, captatorul functioneaza prin curgerea fluidului de-a lungul suprafetei absorbante prin: convecție naturala, pompe, cadere gravitacionala.

Cazul A.

Pentru elaborarea modelului teoretic se folosesc ipotezele [107]: constanta fluxului de energie solara pe intervalul orar dat (700 W/m²); cer senin; atmosfera uscata si nepoluata.

Ecuatia echilibrului energetic pentru o suprafata iradiata este:

$$Q_a = Q_u + Q_p \quad (7.15)$$

unde:

$Q_a = \overline{DAE} \cdot E_p \cdot S \cdot d\tau$, energia absorbita in $d\tau$;

$Q_u = C \cdot dT$, energia utila;

$Q_p = K \cdot S \cdot (T - T_a) \cdot d\tau$, energia pierduta.

Explicitind relatia (7.15) si integrind se obtine:

$$\Delta T = t - T_a = \frac{\overline{DAE} \cdot E_p}{K} \left[1 - \exp\left(-\frac{K \cdot S}{C} \cdot \tau\right) \right] \quad (7.16)$$

Ecuatia (7.16) reda evolutia in timp a incalzirii mediului fluid din insolator in raport cu temperatura T_a a mediului ambiant

Conform relatiei (7.14), termenul din fata parantezei exprima supratemperatura maxima. Alegind pentru "pasul de timp" intervalul de 900 s, ecuatia (7.16) devine:

$$\Delta T = t - T_a = \Delta T_m (1 - \exp(-900 \frac{K \cdot S}{C} \cdot n)) \quad (7.17)$$

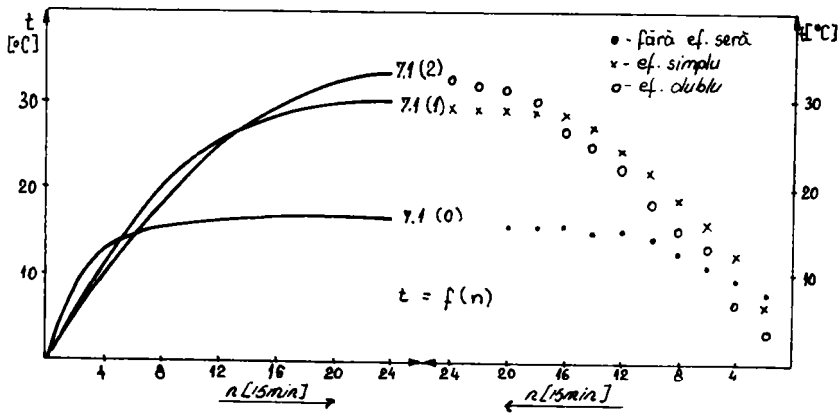


Fig.7.17

Aplicarea relatiei (7.17) pentru regimurile statice ale captatorilor 7.1 (0); 7.1 (1); 7.1 (2); duce la graficele de pe fig.7.17; in paranteze se indica ordinul efectului de sera.

Analiza curbelor fig.7.17 arata ca: prezenta placilor de sticla reduce pierderile de la 100 % la 38,9 % pentru o placa si la 23,57 % pentru doua placi, dar fluxul absorbit de agentul din

insolator, scade de la 100 % la 77 % , respectiv la 59,29 %, reducerea relativa a fluxului util fiind mai mica decit reducerea relativa a pierderilor.

Apar si doua dezavantaje: primul se refera la scumpirea si ingreunarea insolatorului cu efect dublu de sera si al doilea, la reducerea pantei in origine a curbelor de incalzire (0,25 grd/min, 0,21 grd/min, 0,13 grd/min) ceea ce evidentiaza o crestere mult mai lenta a temperaturii la insolatorul cu efect dublu de sera fata de cel cu efect simplu.

In cazul captatoarelor solare din zone temperate unde, cu exceptia verii, durata de insolatie este relativ scurta, acest timp de raspuns lung al insolatorului poate sa fie un inconvenient important.

Se contureaza concluzia ca in cazul zonelor temperate cel mai bine convin insolatoarele plane cu efect simplu de sera si cu o buna izolatie pe fetele inactive.

Cazul B

In situatia in care fluidul spala suprafata de absorbtie se arata in paragraful 5.1 ca temperatura fluidului la iesire se exprima prin relatiile 5.4 sau 5.5 dupa cum temperatura fluidului la intrare este diferita sau egala cu cea ambianta. Se remarca din aceste relatii ca temperatura, respectiv supratemperatura fluidului sint dependente cu: E_p ; y ; \dot{m} . Se arata in [132] ca daca la captatorul 7.7 se tine cont si de umbrire ecuatia supratemperaturii se pune in forma:

$$t = \frac{E_p \cdot \overline{DAE}}{K} \cdot \frac{L}{L_c} \left[1 - \exp \left(- \frac{K \cdot a}{\dot{m} \cdot c_p} \cdot y \right) \right] \quad (7.18)$$

pentru $y = L$ se obtine temperatura fluidului la iesire.

Pe fig.7.18 se prezinta dependenta grafica a supratemperaturii cu intensitatea E_p a radiatiei in planul captatorului pentru trei tipuri de captatori si comparativ rezultatele experimentale pentru aceeasi captatori. Valorile debitelor au fost: $\dot{m} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$ (pentru captatorul 7.7 - aer); $\dot{m} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$ (pentru captatorul 7.8 - apa); $\dot{m} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$ (pentru captatorul 7.9-apa).

Relativ la captatorul 7.6 (autofocalizare) se demonstreaza in [120] ca supratemperatura in punctul B se poate evalua prin relatia:

$$t_B = \frac{E \cdot \overline{DAE}}{K} \cdot \frac{L}{L_c} \left\{ 1 - \exp \left[- \ln \frac{E \cdot \overline{DAE} \cdot L / L_c \cdot K}{E \cdot \overline{DAE} \cdot L} - \frac{c}{K \cdot L_c} \cdot t_A + \lambda \cdot L \right] \right\} \quad (7.19)$$

$$\text{cu: } \lambda = \frac{2K(a + b)}{\dot{m} \cdot c} \quad (7.20)$$

a = 2m (lungimea tubului de curent);

b = 80 mm (latime);

L_c = 2,13 m (lungime construita);

t_A - supratemperatura in A.

Pe fig.7.18 se prezinta si dependenta marimii t_B cu IRS (E_p)

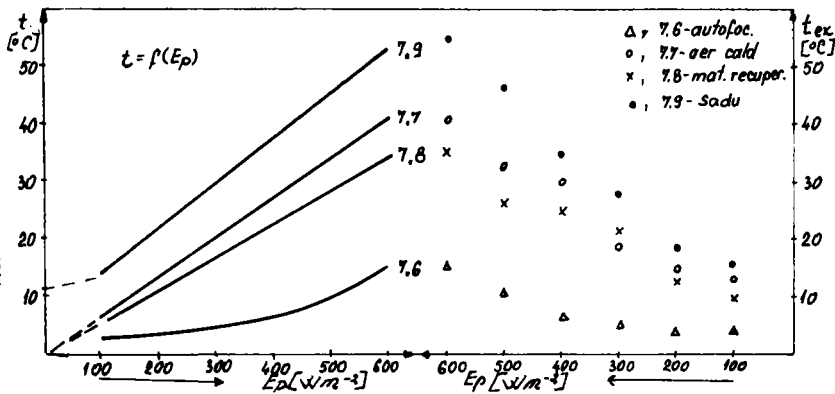


Fig.7.18

Analiza curbelor fig.7.18 arata:

- Dependentele grafice $t = f(E_p)$ pentru captatorii 7.7 si 7.8 incep in origine, sint liniare si se pot realiza supratemperaturi de pina la 40 °C in regim dinamic.

Acest fapt recomanda captatorul 7.7 ca util in procesele de uscare in industrie si agricultura; el functionind cu aer se elimina treptele intermediare.

Captatorul 7.8 confectionat din materiale recuperabile se dovedeste a fi util in producerea apei calde menajere, el furnizind aprox.2,8 kg apa calda/h.

- Dependenta captatorului 7.9 nu intersecteaza originea deoarece la acest captator fluidul are la intrare temperatura mai mare cu 12 °C ca a mediului. El poate furniza apa la aprox.50 °C, in cantitate de 147,6 kg/h.

- Dependenta captatorului 7.6 indica faptul ca acesta realizeaza o crestere slaba a temperaturii, fapt corelat cu aceea ca in rezervorul sau se afla 80 l apa. Complexitatea constructiei si nivelul termic scazut fac ca acest captator sa fie inacelevat scopului propus.

7.5.2 CIMPURI TERMICE

Pentru captatorul 7.4 (fluidizare bitum) distributia temperaturii masurate cu sonde electronice in zonele ij la orele 16 este prezentata pe fig.7.19.

| | | |
|---------|-------|---------|
| 50 °C | 52 °C | 50 °C |
| 36 °C | 35 °C | 35,5 °C |
| 35,5 °C | 37 °C | |

Fig.7.19

Fig.7.19 arata ca:

- temperatura maxima este atinsa in straturile superioare din apropierea peretelui metalic receptor;
- exista o distributie a cimpului de temperaturi datorata atat geometriei corpului incalzit cit si conductivitatii termice scazute.

Variatia orara a temperaturii in unele puncte ale instalatiei este prezentata pe fig.7.20.

Fig.7.20 sugereaza urmatoarele:

- temperatura t_{11} a primei zone creste intre orele 9-17 datorita energiei furnizate de radiatia incidenta;

- temperatura zonelor situate in profunzime, scade pina la ora 13, apoi incepe sa creasca pina la atingerea unei valori maxime diurne;

- intirzierea propagarii undei termice spre straturile inferioare se datoreaza conductiei scazute a bitumului.

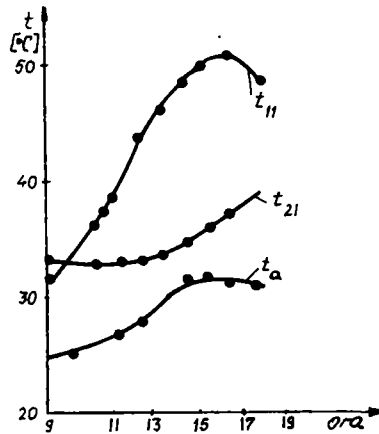


Fig.7.20

Fig.7.21 si fig.7.22 prezinta distributia longitudinala a temperaturii in functie de coordonata x a sondei masurate fata de capatul estic al rezervorului, pentru sirurile orizontale de sonde la adincimea $h = 5$ cm, respectiv $h' = 12,5$ cm. Parametrul reprezentarii este ora zilei inregistrata intre paranteze in dreptul curbelor. Se constata:

- punctul central ($x = 25$ cm) are temperatura cea mai ridicata, ea atingind 55 °C la ora 16 (fig.7.21) [133];

- pentru sondele aflate la $h' = 12,5$ cm temperaturile scad pina la ora 12 (fig.7.22), apoi cresc sub actiunea caldurii propagate de la straturile superioare;

- concavitatarea curbelor se modifica dupa ora 14, datorita caldurii disipate spre zonele marginale de catre peretele instalatiei.

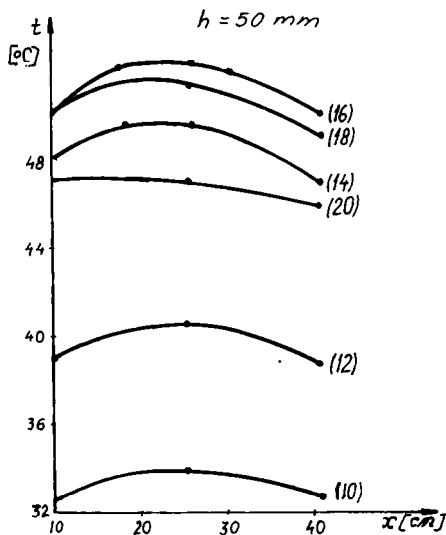


Fig. 7.21

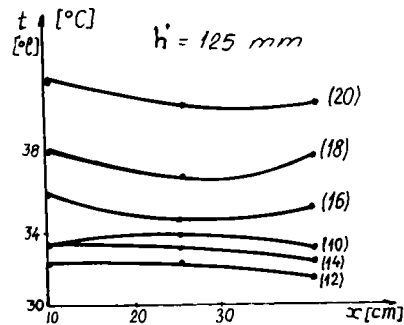


Fig. 7.22

Fig. 7.23 si fig. 7.24 prezinta distributia transversala a temperaturii in functie de adancime pe paralelele $x=10$ cm si $x = 40$ cm de la capatul estic.

Pe aceste figuri se constata:

- la ora 10 temperatura are valori mai ridicate in adancime in comparatie cu temperaturile zonei extreme;
- de la ora 12 concavitata se inverseaza prin cresterea accentuata a nivelului termic din zona superioara si racirea zonelor inferioare;
- urmeaza incalzirea in toata masa de bitum pina la ora 16, apoi zona superioara se raceste datorita faptului ca suprafata receptoare nu mai este iradiata pe cind zonele inferioare continua sa se incalzeasca pina la orele 20.

Pe fig. 7.24 se mai observa ca dupa ora 14 temperatura la sonda plasata la $h = 20$ cm, devine mai mare ca cea de la $h = 12,5$ cm. Anomalia se datoreaza asimetriei expunerii la radiatia solara a capetelor E si V ale incintei.

In concluzie sistemele de extractie a bitumului continut in rezervoare metalice trebuiesc plasate in zona cu temperatura maxima. Pentru a reduce cantitatea de caldura necesara fluidizarii bitumului se recomanda ca extractia sa se efectueze in jurul orelor 15 din zona superioara a rezervorului.

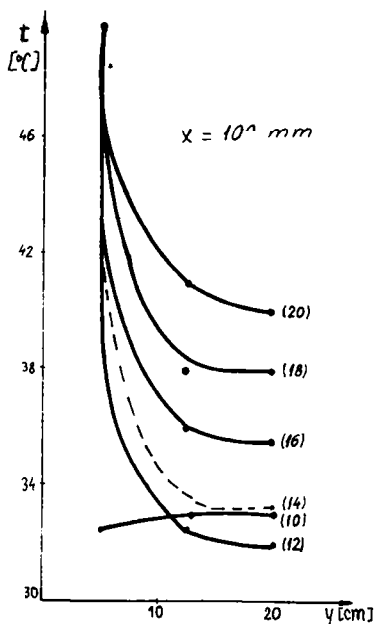


Fig. 7.23

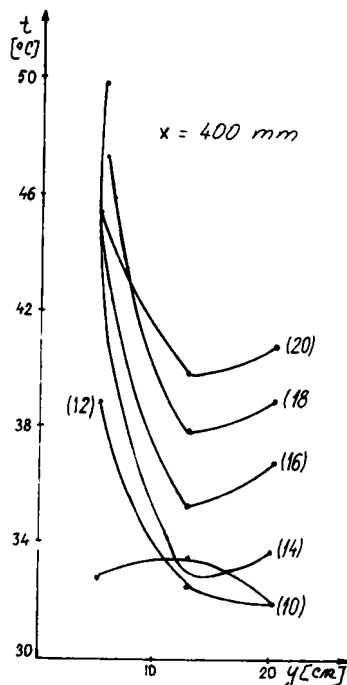


Fig. 7.24

Modul in care stratificarea termala este conditionata de conductivitatea peretilor este descris in [180] evidentiindu-se variatia termoclinelor straturilor subtiri atat la incarcarea termica cit si la descarcarea unui tanc de acumulare cu pereti din diferite materiale.

7.6. Puteri utile. Debite energetice

Expus radiatiei solare, elementul convertor al captatorului furnizeaza caldura provenita din energia radiatiilor prin termoconversie ceea ce determina incalzirea masei termice sau a fluidului termopurtator.

7.6.1. PUTERI UTILE

In cazul captatorilor care functioneaza in regimul A, pe masura ce durata expunerii creste, se modifica IRS si ST masei de stocaj ceea ce face sa prezinte interes dependenta puterii utile cu ST.

Puterea utila pentru valoarea curenta t a supratemperaturii s-a calculat cu [129]:

$$\dot{Q}_{util} = m \cdot c \cdot (\Delta t / \Delta \tau) \quad (7.21)$$

unde $\Delta t / \Delta \tau$, exprima viteza de variatie a temperaturii.

Prin raportare la suprafata activa se obtine puterea utila specifica :

$$\dot{q}_u = \dot{Q}_u / S \quad (7.22)$$

La un captator ce functioneaza in regim pasiv prezinta interes si studiul influentei efectului de sera asupra puterii utile.

In sensul celor afirmate mai sus pe fig.7.25 se prezinta comparativ dependenta puterii utile specifice cu supratemperatura parametrul reprezentarii fiind ordinul efectului de sera.

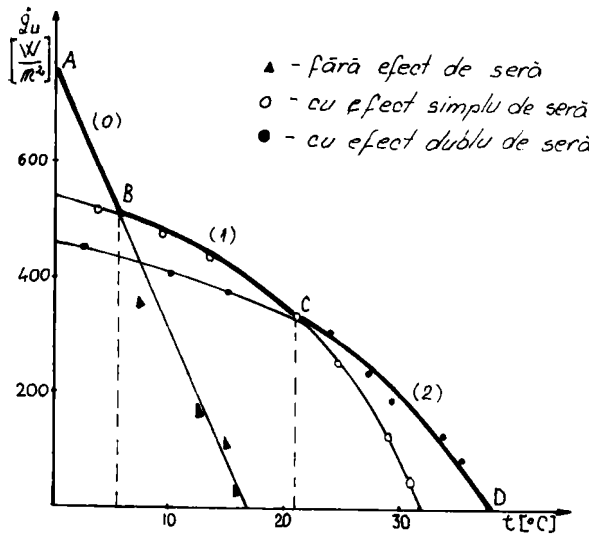


Fig.7.25

Fig.7.25 evidentiaza faptul ca la valori mari ale lui ST (zona AB) este mai convenabil captatorul fara placi de geam, pentru ST medii (zona BC) este recomandat captatorul cu o placa de geam, iar pentru valori relativ mari ale ST convine captatorul cu doua placi de geam.

Pe tabelul nr.7.2 se dau valorile puterii utile specifice pentru trei captatori ce functioneaza in regimul A.

Tabelul nr.7.2

| ST [°C] Captator | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|---------------------|-----|-----|------|------|------|------|-----|----|
| 7.1 | 510 | 496 | 418 | 414 | 380 | 125 | 0 | |
| | | | -185 | -160 | -133 | -74 | | |
| 7.2 | 515 | 490 | 455 | 421 | 394 | 231 | 124 | 0 |
| | | | | | -157 | -131 | -76 | |
| 7.3 | 480 | 450 | 300 | 80 | 22 | 0 | | |
| | | | -150 | -100 | -41 | | | |

Pentru fiecare captator sint date valorile puterilor specifice in sensul crescator al temperaturii si in sensul descrescator. La parcurgerea in sens descrescator al ST, puterile utile au semnul (-) deoarece pe masura ce durata creste IRS scade si captatorul devine radiator de caldura spre mediul ambiant.

Tabelul nr.7.2 arata ca durata secventei este determinata prin valoarea ST la care \dot{Q}_{util} se anuleaza. Conform tabel nr.7.2 captatorul 7.2 convine din acest punct de vedere cel mai mult, el injectand caldura in masa termica pina la valori ale lui ST=40 °C.

7.6.2. DEBITE ENERGETICE

In cazul captatorilor care lucreaza in regim B in fiecare secunda insolatorul furnizeaza spre utilizator o cantitate de fluid egala cu debitul, incalzita pina la $T_a + t$ si care prin racire cedeaza puterea utila (debit energetic) [134]:

$$\dot{Q}_u = \dot{m} \cdot c_p \cdot t \quad (7.23)$$

Deci \dot{Q}_u este dependent de \dot{m} si implicit de E_p . In acest sens pe fig.7.26 se prezinta dependenta parametrica $\dot{Q}_u = f(E_p)$, parametrul fiind \dot{m} , pentru captatorul 7.7. Se poate afirma ca debite mari permit obtinerea de debite energetice mari. Debitul extras crescind linear cu E_p apare utila concentrarea radiatiei.

Prin inlocuire ST cu expresia sa data de relatia (7.18) se obtine:

$$\dot{Q}_u = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot E_p \cdot DAE}{K} \cdot \frac{L}{L_c} \left[1 - \exp \left(- \frac{K \cdot a \cdot y}{\dot{m} \cdot c_p} \right) \right] \quad (7.24)$$

Deci \dot{Q}_u apare in dependenta $\dot{Q}_u = f(\dot{m}, E_p, y)$ ca urmare prezinta interes: grad $\dot{Q}_u = d/dy(\dot{Q}_u)$ si panta, $p(\dot{Q}_u) = d/d\dot{m}(\dot{Q}_u)$. Se obtine ca [135]:

$$\text{grad } \dot{Q}_u = E_p \cdot \overline{\text{DAE}} \cdot \exp(-K \cdot a \cdot y / \dot{m} \cdot c_p) \quad (7.25)$$

$$p(\dot{Q}_u) = c_p \cdot \frac{E_p \cdot \overline{\text{DAE}}}{K} \left[1 - \left(1 + \frac{KaL}{\dot{m} \cdot c_p} \right) \cdot \exp\left(-\frac{K \cdot a \cdot L}{\dot{m} \cdot c_p}\right) \right] \quad (7.26)$$

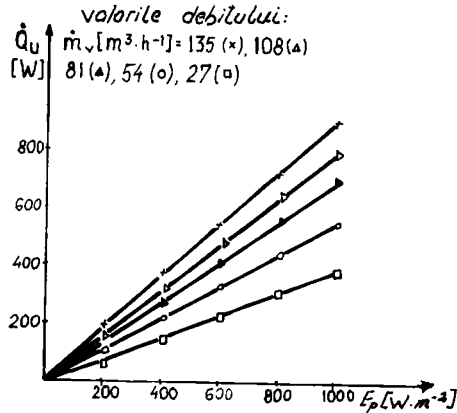


Fig.7.26

Dependentele grafice: $\text{grad } \dot{Q}_u = f(y)$ si $p(\dot{Q}_u) = f(\dot{m})$ sint date pe fig.7.27 si fig.7.28.

Se constata ca (fig.7.27) pe masura ce fluidul parcurge tubul de curent el "culege" mereu mai putina caldura de pe fiecare unitate de lungime parcursa, respectiv (fig.7.28) ca marirea debitului la valori deja mari ale acestuia duce la cresteri nesemnificative ale puterii, deoarece pentru $\dot{m} \rightarrow \infty$, $T \rightarrow T_a$.

Prin raportarea debitului energetic la suprafata activa se obtine debitul energetic specific (DES):

$$\dot{q}_u = \dot{Q}_u / S \quad (7.27)$$

Valorile DES la diverse valori ale IRS, pentru trei tipuri de captatori ce lucreaza in regimul B sint date pe tabelul nr.7.3.

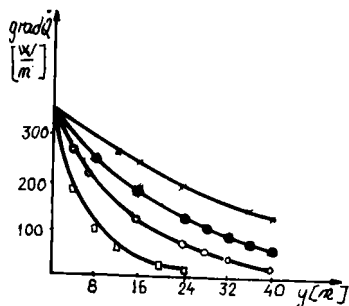
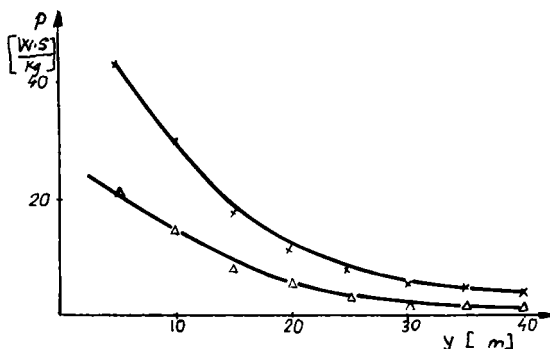


Fig.7.27



7.28

Tabelul nr.7.3

| E_p [W/m ²] | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Captator | | | | | | |
| 7.7 | 33 | 74 | 124 | 152 | 200 | 218 |
| 7.8 | 34 | 75 | 128 | 173 | 217 | 223 |
| 7.9 | 38 | 81 | 130 | 195 | 225 | 243 |

Se constata pe tabelul nr.7.3 ca valorile lui DES cresc odata cu E_p . Masuratorile au mai evidentiat: valorile DES isi mentin semnul (+) atit a.m cit si p.m, mai mult valorile \dot{q}_u de dupa amiaza sint ceva mai mari ca cele a.m. datorita caldurii injectate spre fluid de catre carcasa instalatiei.

Relativ la calitatea captatorilor se remarca valori ceva mai ridicate ale DES pentru captatorul 7.9 ceea ce constituie inca un argument in favoarea utilizarii acestui captator pe scara larga.

7.7. Randamentele conversiei heliotermale

Eficienta conversiei energiei solare in energie termica, are aspecte specifice dupa cum captatorul functioneaza in regimul A sau in regimul B.

7.7.1. RANDAMENTELE CAPTATORILOR CE FUNCTIONEAZA IN REGIM PASIV

Randamentul global al unui convertor heliotermic este determinat de randamentul optic η_o si de randamentul termic η_t date prin:

$$\eta_g = \eta_o \cdot \eta_t$$

$$\eta_o = \frac{\dot{Q}_{abs}}{E_p} \quad (7.28)$$

$$\eta_t = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_{abs}}$$

$$\text{si deci } \eta_g = \frac{\dot{Q}_u}{E_p}$$

Pentru un interval cu timp "dt" si la o diferenta de temperatura data fata de mediu, randamentele devin instantanee si servesc la descrierea eficientei energetice a colectorului.

Randamentul optic are semnificatia si valoarea produsului echivalent al absorbtiei-transmisie ($\eta_o = \overline{DAE}$).

Randamentul termic se poate explicita in forma [137]:

$$\eta_t = \frac{E_p \cdot \overline{DAE} - S \cdot K \cdot t}{\overline{DAE} \cdot E_p \cdot S} = 1 - \frac{K}{E_p \cdot \overline{DAE}} \cdot t \quad (7.29)$$

Tinind cont de relatia (7.14), relatia (7.29) devine:

$$\eta_t = 1 - \frac{t}{t_m} \quad (7.30)$$

si permite calculul randamentului termic instantaneu pentru diferite temperaturi.

Randamentul global primeste forma:

$$\eta_g = \overline{DAE} \left(1 - \frac{t}{t_m} \right) \quad (7.31)$$

si este dependent cu supratemperatura.

Comparativ, pe fig. 7.29 se da aspectul grafic al dependentei $\eta_g = f(t)$, pentru trei stari ale structurii anterioare precizate pe fig.7.29.

Analiza comparativa a celor trei dependente scoate in evidenta:

- prin introducerea efectului simplu de sera, randamentul optic scade cu 0,21, dar randamentul termic are, corespunzator, o variatie $\Delta \eta_t \geq 0,21$ de la o diferenta de temperatura $t \geq 8,5$ °C, or cum un heliocaptator trebuie sa realizeze variatii de temperaturi ale agentului termic cu cel putin 30, 40 °C este evident rolul pozitiv al prezentei stratului de sticla.

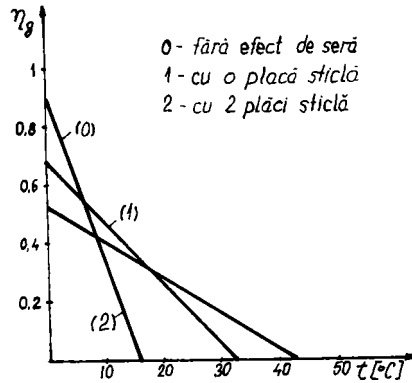


Fig.7.29

- prin introducerea efectului dublu de sera, randamentul optic suferă o variație $\Delta\eta_0 = - 0,17$ față de cazul efectului simplu, iar $\Delta\eta_t \geq 0,17$ de la $t \geq 22,5$ °C.

Rezultă ca din punct de vedere termic stratul al doilea începe să se justifice pentru supratemperaturi mai mari de 22,5 °C, dar se apreciază că aduce un câștig destul de modest prin comparație cu dificultățile tehnico-economice pe care le implică.

Randamentul global prezintă o dependență liniară și fig.7.29 arată că pentru $t \in (0;6,5)$ °C convine heliocaptatorul fără efect de sera, pentru $t \in (6,5;18)$ °C, convine cel cu efect simplu și pentru $t \in (18;42)$ °C este mai convenabilă utilizarea efectului dublu.

Ecuatia 7.31 descrie evoluția randamentului pe măsura ce temperatura crește independent de durata în care ea a fost atinsă.

Pe durata pentru care ST variază de la t_1 la t_2 , se poate calcula randamentul mediu global prin:

$$\langle \eta_g \rangle = \frac{1}{t} \int_{t_1}^{t_2} \overline{\text{DAE}} \left(1 - \frac{t}{t_m}\right) dt \quad (7.32)$$

$$\langle \eta_g \rangle = \overline{DAE} \left(1 - \frac{t_1 + t_2}{2 \cdot t_m} \right) \quad (7.33)$$

Daca $t_1 = 0$, $t_2 = t$ si obtinem:

$$\langle \eta_g \rangle = \overline{DAE} \left(1 - \frac{t}{2t_m} \right) \quad (7.34)$$

Pentru t calculat cu (7.16) si prin desfasurarea in timp a relatiei (7.34), se obtin curbele de pe fig.7.30, pentru trei captatori functionind in regimul A, care redau dependentele randamentelor medii cu duratele secventelor.

Sub aspect experimental, masa termica (apa, bitum) obtinuta la sfirsitul secventei a carei durata variaza intre 1 - 5 ore, contine cantitatea de caldura:

$$Q_u = C \cdot t \quad (7.35)$$

Atunci randamentul experimental va fi:

$$\langle \eta_{ex} \rangle = \frac{C \cdot t}{E_p \cdot S \cdot \Delta \tau} \quad (7.36)$$

Pe fig.7.30 se prezinta prin puncte si valorile obtinute prin relatia (7.36)

Relativ la instalatiile cu bitum ca masa termica, conform celor afirmate in paragraful 7.5.2, cantitatea de caldura schimbata, intr-un interval dat, de fiecare zona este:

$$Q_{ij} = m_{ij} \cdot C \cdot \Delta t_{ij} \quad (7.37)$$

Caldura totala schimbata de masa de bitum pe durata unei ore este:

$$Q_u = \sum Q_{ij} \quad (7.38)$$

si deci:

$$\eta = \sum Q_{ij} / E_p \cdot S \cdot \Delta \tau \quad (7.39)$$

Relativ la influenta duratei secventei asupra eficientei conversiei, relatia (7.36) se aranjeaza in forma:

$$\langle \eta_{ex} \rangle = \frac{C}{S \cdot \Delta \tau} (t/E_p) \quad (7.40)$$

scotind in evidenta dependenta $\eta_{ex} = f(t/E_p)$.

Aceasta dependenta este ilustrata grafic pe fig.7.31.

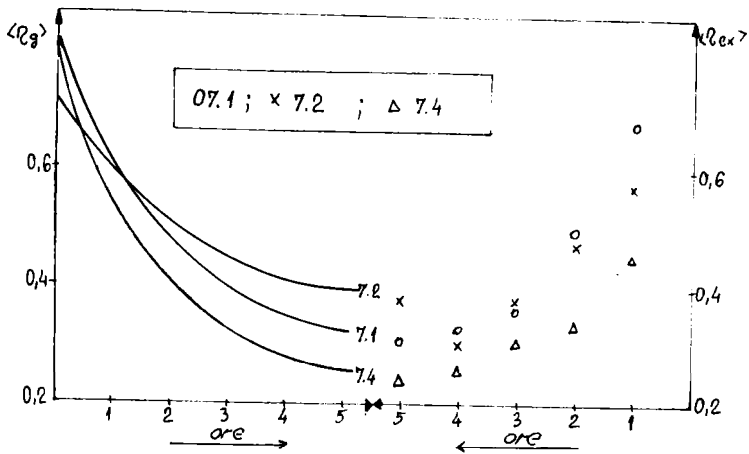


Fig.7.30

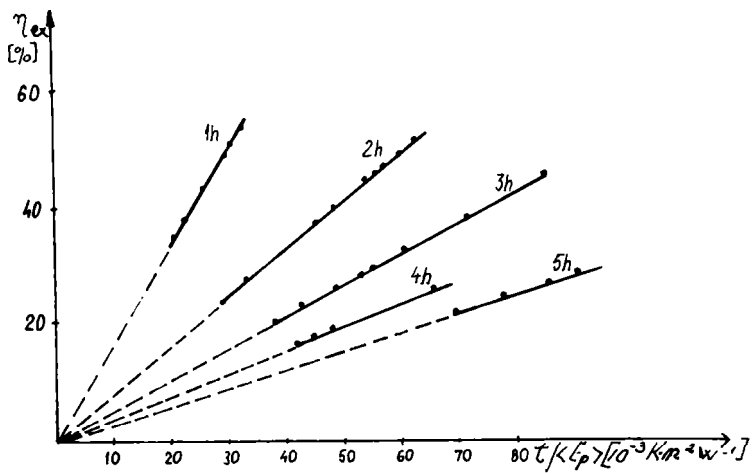


Fig.7.31

Analiza figurii 7.31 arata asezarea punctelor cu buna precizie pe o dreapta pentru fiecare durata de secventa (1-5 ore), panta dreptelor fiind cu atat mai mica cu cit durata secventei este mai lunga, deoarece in aceste cazuri se implica pierderi mai mari. Prelungirile dreptelor randamentelor se intilnesc in originea sistemului de axe, ceea ce corespunde momentului initial cind $t = 0$.

7.7.2. RANDAMENTELE CAPTATORILOR CE FUNCTIONEAZA
IN REGIM DINAMIC

S-a aratat in paragraful 7.7.1 ca randamentele termoconversiei in regim pasiv depind puternic cu marimea (t/E_p) , ca urmare intereseaza faptul daca aceasta dependenta se mentine si in regimul dinamic.

7.7.2.1. Dependenta randamentului termoconversiei cu
marimea (t/E_p)

Modul in care randamentul depinde de (t/E_p) este aratat in [138].

Variatia in profil longitudinal a ST determina variatia randamentului termic, dupa ecuatia (7.30) cu precizarea ca $t_m = E_p \cdot \overline{DAE} \cdot \epsilon / K$.

Randamentul optic al tubului de curent este dat prin:

$$\eta_o = \overline{DAE} \cdot \epsilon \quad (7.41)$$

ϵ - coeficient de utilizare a suprafetei.

Randamentul global intr-un punct a carui ST este t va fi:

$$\eta_g = \overline{DAE} \cdot \epsilon \left(1 - \frac{K}{\overline{DAE} \cdot \epsilon} \cdot \frac{t}{E_p} \right) \quad (7.42)$$

Randamentul global mediu al tuturor punctelor de pe linia de curent ale caror temperaturi sint cuprinse intre 0 si t , va fi:

$$\langle \eta_g \rangle = \frac{1}{t} \int_0^t \eta(t) \cdot dt = \overline{DAE} \cdot \epsilon - \frac{K}{2\epsilon} \cdot \frac{t}{E_p} \quad (7.43)$$

In relatia (7.43) randamentul mediu apare ca functie de (t/E_p) , urmind a se stabili daca aceasta dependenta este liniara sau nu.

Pe fig.7.32 se prezinta dependenta experimentală pentru captatorul 7.7, pentru functia $t/E_p = f(E_p)$, parametrul fiind debitul (\dot{m}), observind-se dependenta foarte slaba între t/E_p și E_p .

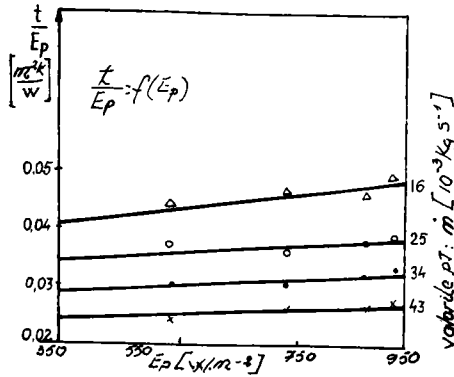


Fig.7.32

Presupunind aceasta dependenta de tip polinomial in forma:

$$t/E_p = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cdot E_p^n \quad (7.44)$$

si intrerupind dezvoltarea in serie la primii doi termeni se obtine:

$$\frac{t}{E_p} = a_0 + a_1 \cdot E_p \quad (7.45)$$

Termenii a_0 si a_1 se obtin utilizind valori experimentale prin formulele:

$$a_0 = \frac{\langle (t/E_p) \cdot E_p^2 \rangle - \langle E_p \rangle \langle (t/E_p) \cdot E_p \rangle}{\langle E_p^2 \rangle - \langle E_p \rangle^2} \quad (7.46)$$

$$a_1 = \frac{\langle (t/E_p) \cdot E_p \rangle - \langle t/E_p \rangle \langle E_p \rangle}{\langle E_p^2 \rangle - \langle E_p \rangle^2}$$

Utilizind (7.45) si (7.46) s-au obtinut, pentru patru valori ale debitului indicate pe fig. 7.32, functiile explicite:

$$\begin{aligned}
 (t/E_p)_\Delta &= 0,032 + 1,952 \cdot 10^{-5} E_p \\
 (t/E_p)_o &= 0,029 + 1,085 \cdot 10^{-5} E_p \\
 (t/E_p)_\cdot &= 0,0255 + 8,29 \cdot 10^{-6} E_p \\
 (t/E_p)_x &= 0,0224 + 5,46 \cdot 10^{-6} E_p
 \end{aligned}
 \tag{7.47}$$

Relatiile (7.47) confirma dependenta foarte slaba a lui t/E_p cu E_p

Aspectul grafic al ecuatiilor (7.47) este redat pe fig.7.32 prin linii continue, ele mediind valorile experimentale.

Valorile medii ale marimii t/E_p pentru diverse debite pot fi obtinute prin integrarea relatiilor (7.47) pe intervalul de insolatie considerat:

$$\langle t/E_p \rangle = \frac{1}{\Delta E_p} \int_{E_{p1}}^{E_{p2}} (t/E_p) \cdot dE_p
 \tag{7.48}$$

S-au obtinut valorile:

$$\langle (t/E_p) \rangle_\Delta = 0,04459; \quad \langle (t/E_p) \rangle_o = 0,036
 \tag{7.49}$$

$$\langle (t/E_p) \rangle_\cdot = 0,031; \quad \langle (t/E_p) \rangle_x = 0,0259 \text{ [m}^2\text{kw}^{-1}\text{]}$$

Randamentele calculate cu relatia (7.43), utilizind pentru t/E_p valorile medii date de ec.(7.49). Sint prezentate pe fig.7.33 sub forma dependentei $\langle \eta_g \rangle = f(E_p)$. Pe aceeaasi figura se da si dependenta cu E_p a marimii $DAE \cdot \epsilon$ si ϵ .

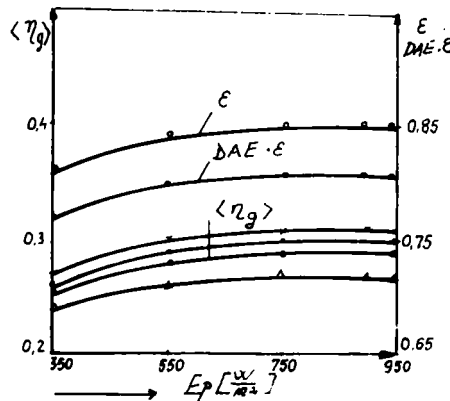


Fig.7.33

Fig.7.33 evidentiaza ca randamentul mediu variaza in forma randamentului optic, fapt aratat in [139].

Valorile experimentale calculate cu $\eta_{ex} = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot t}{E_p \cdot S}$ sint reprezentate prin simbolurile Δ , \circ , \cdot , \times pentru diverse valori ale debitului.

Concordanta valorilor calculate cu cele experimentale confirma consideratiile prezentate.

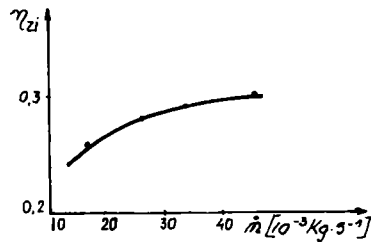


Fig.7.34

Cu datele de pe fig.7.33 s-a calculat $\langle DAE \cdot \epsilon \rangle$, apoi randamentul zilei η_{zi} . Dependenta acestui randament cu \dot{m} este prezentata pe fig.7.34, evidentiind evolutia spre saturatie cu \dot{m} .

7.7.2.2. Eficienta termoconversiei pe parcursul zilei

Eficienta termoconversiei la trei tipuri de captatori, unul functionind cu debit variabil (7.7) a fost evaluata experimental prin $\eta = \dot{m} \cdot c_p \cdot t / E_p \cdot S$.

Masuratorile au fost efectuate in jurul echinoctiilor (lunile martie si septembrie) pe duratele mai multor zile, iar valorile de la aceeasi ora au fost mediate.

Pe fig. 7.35 se prezinta variatia orara a randamentului pe parcursul unei zile senine, cu atmosfera calma.

Pe fig.7.35 sint inscise in dreptul curbelor indexul captatorului (7.7, 7.8, 7.9). La captatorul 7.7 mai sint scrise si valorile debitului de aer in (m^3/h). Captatorul 7.8 a functionat cu debit $8 \cdot 10^{-3}$ kg/s, apa iar captatorul 7.9 cu $14,2 \cdot 10^{-3}$ kg/s apa. Debitul de $5,4 m^3/h$ la captatorul 7.7 a fost obtinut prin curgere naturala, termoconvectiva a aerului.

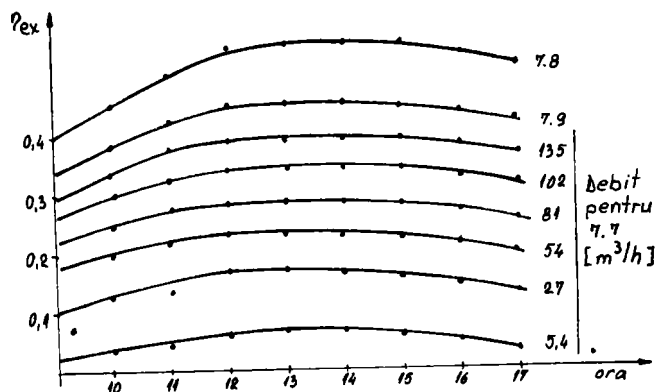


Fig.7.35

Examinarea figurii 7.35 evidentiaza:

- randamentele sint ceva mai mari in jurul amiezii cind unghiul de incidenta al razelor solare este mai mic si deci marimea DAE, creste (paragraful 3.2)

- curbele nu sint simetrice fata de ora 12, intrucit dupa aceasta ora fluidul transporta si caldura furnizata de carcasa;

- la debite mari colectorul cu aer are o eficienta buna (pina la 40 %), acest fapt si simplitatea constructiei recomanda captatorul 7.7 ca util in climatizarea locuintelor in sezoanele de trecere;

- captatorul 7.9 are randamentul intre 0,35-0,45, ceea ce il face util, dat fiind si debitul in instalatiile heliotehnice;

- captatorul 7.8 din materiale recuperabile, de debit foarte mic dar cu randamentul cel mai mare (40 - 50)% devine util in instalatii mici, individuale pentru producerea apei calde.

7.8. Perfectionarea de principiu a captatorilor plani

Perfectionarea captatorilor plani urmareste doua aspecte:

- scurtarea duratei necesare obtinerii unui anumit nivel termic al masei de stocaj;

- microrarea dimensiunilor suprafetei active necesare obtinerii unui anumit nivel termic al fluidului caloportor.

In cele ce urmeaza se prezinta propuneri relativ la rezolvarea acestei probleme [128, 129, 126, 127].

7.8.1. CAPTATOR PLAN IN REGIM PASIV CU STRUCTURA ANTERIOARA VARIABILA

Analiza curbelor din fig.7.25 arata ca daca captatorul ar functiona dupa curba ABCD, el s-ar afla mereu pe o linie de flux util maxim, deci, de randament maxim. Acest deziderat impune modificarea regimului de lucru in maniera: pe plaja de ST, $t \in (0-5,5) ^\circ\text{C}$ fara efect de sera; pe plaja de ST, $t \in (5,5-22) ^\circ\text{C}$ cu efect simplu de sera; pe plaja $t \in (22-45) ^\circ\text{C}$ cu efect dublu. Ca urmare se poate construi un colector a carui structura anterioara sa se modifice pe masura ce ecartul de temperatura fata de mediul ambiant se mareste. Ne propunem sa stabilim expresia ST la care ordinul efectului de sera urmeaza sa se mareasca cu o unitate precum si expresia duratei de functionare intr-o anumita stare astfel ca masa termica sa beneficieze de un flux util maxim. Vom exprima cele doua marimi functie de t_m si K caracteristice unei anumite structuri, ambele marimi fiind accesibile fie masuratorilor fie evaluarii prin calcul.

Fie "i" ordinul efectului de sera, la un moment dat, $1 \leq i \leq n$. Pentru captatorul echipat cu "i" placi de sticla evolutia supratemperaturii poate fi scrisa [27]:

$$t = t_{mi} \left(1 - e^{-C_i \cdot \tau} \right) \quad (7.50)$$

cu: t_{mi} - supratemperatura maxima pentru efectele de sera i

$$C_i = (K_i S) / m \cdot c = f(K_i)$$

Supratemperatura t ar fi atinsa de catre captatorul cu efect de sera "i" pe durata:

$$\tau = \frac{1}{C_i} \cdot \ln \frac{t_{mi}}{t_{mi-1} - t} \quad (7.51)$$

Exista o supratemperatura $t' < t$ pina la care convertorul ar functiona cu i-1 placi de sticla si pe care ar atinge-o pe durata:

$$\tau' = \frac{1}{C_{i-1}} \cdot \ln \frac{t_{mi-1}}{t_{mi-1} - t'} \quad (7.52)$$

Supratemperatura t' , ar fi fost atinsa de captatorul cu i placi pe durata:

$$\tau'' = \frac{1}{C_i} \cdot \ln \frac{t_{mi}}{t_{mi} - t'} \quad (7.53)$$

Atunci, captatorul ar functiona cu $i-1$ placi pe durata τ' , la sfirsitul careia ar avea supratemperatura t' , apoi cu i placi pe durata $\tau - \tau''$, pe parcursul careia temperatura ar creste de la t' la t .

Deci in succesiunea $i-1, i$, a ordinului efectului de sera, durata pentru atingerea supratemperaturii t ar fi:

$$\tau_v = (\tau - \tau'') + \tau' \quad (7.54)$$

Facind inlocuirile si punind conditia de minim $(d/dt'(\tau_v)=0)$, se obtine expresia supratemperaturii la care ordinul efectului de sera urmeaza sa se modifice cu o unitate:

$$t'_{i-1} = \frac{t_{mi-1} \cdot C_{i-1} - t_{mi} \cdot C_i}{C_{i-1} - C_i} \quad (7.55)$$

In momentul atingerii supratemperaturii t'_{i-1} , la partea anterioara a captatorului se aseaza inca o placa de sticla, ordinul efectului de sera devine i si captatorul functioneaza in aceasta stare pina la temperatura:

$$t'_i = \frac{t_{mi} \cdot C_i - t_{mi+1} \cdot C_{i+1}}{C_i - C_{i+1}} \quad (7.56)$$

Pentru a determina durata de existenta a starii i se are in vedere ca aceasta stare este marginita de supratemperaturile t'_{i-1} si t'_i , fiecare din aceste capete ale intervalului ar fi atins in:

$$\tau_{inf} = \frac{1}{C_i} \ln \frac{t_{mi}}{t_{mi} - t'_{i-1}} \quad (7.57)$$

$$\tau_{sup} = \frac{1}{C_i} \ln \frac{t_{mi}}{t_{mi} - t'_i} \quad (7.58)$$

Durata starii " i " nedepinzind de duratele in care au fost atinse capetele intervalului, avem:

$$\tau_i = \tau_{sup} - \tau_{inf} \quad (7.59)$$

$$\tau_i = \frac{1}{C_i} \ln \frac{t_{mi} - t'_{i-1}}{t_{mi} - t'_i} \quad (7.60)$$

Pentru un insolator se pot calcula succesiv supratemperaturile optime pentru fiecare stare si durata de maxima eficienta a starii. Durata totala de functionare pina la temperatura optima a ultimei stari este:

$$\tau_{tot} = \sum_{i=1}^n \tau_i \quad (7.61)$$

In baza acestor consideratii a fost optimizat regimul de functionare al captatorului in regim pasiv descris prin amplificarea succesiva a ordinului efectului de sera dupa cum urmeaza:

- fie $t = 40$ °C supratemperatura dorita;
- aplicarea succesiva a relatiilor (7.55) si (7.56) conduce la:
- captatorul functioneaza fara efect de sera pina la $6,6$ °C peste mediul ambiant;
- captatorul functioneaza cu efect simplu de sera pe intervalul $t \in (6,6 ; 21,5)$ °C;
- captatorul functioneaza cu efect dublu de sera pe intervalul $t \in (21,5 ; 40)$ °C;
- aplicarea succesiva a relatiilor (7.60) conduce la stabilirea duratei fiecarei stari, iar prin insumare se obtine durata totala $\tau_{tot} = 29691$ s. Daca captatorul ar fi functionat constant cu doua placi de sticla durata ar fi fost $\tau = 31297$ s. Cistigul de timp care revine unitatii de suprafata colectoare ar fi $\Delta\tau' = \frac{\Delta\tau}{S} = 135$ min/m². Economia de timp este semnificativa dar rotirea manuala a placilor de sticla este greoaie, inoperanta, ceea ce impune ca aceasta operatie sa se efectueze automatizat cu consecinta cresterii pretului de cost.

7.8.2. CAPTATOR PLAN-COMBUS CU CIRCULATIE AER

7.8.2.1. Principiul constructiv

Captatorul plan-compus este un helioconvector in regim dinamic cu agent termic aer la a carui parte anterioara efectul de sera creste cu cite o unitate pe masura ce fluidul se incalzeste in curgerea sa in lungul tubului de curent.

Se arata in [140] ca la un captator in regim dinamic, cu

structura anterioara omogena, in conditia $t_{fi} = t_a$, randamentul intr-un punct, in lungul liniei de curent, neglijind umbririle, poate fi pus in forma:

$$\eta = \eta_0 \cdot e^{-\lambda y} = \overline{DAE} \cdot e^{-\lambda y} \quad (7.62)$$

Dupa cum suprafata de captare este sau nu protejata pe intreaga sa intindere cu placi de sticla, marimile DAE si λ au valorile:

$$\overline{DAE}_0 = 0,92, \text{ fara efect de sera}$$

$$\lambda_0 = 0,17$$

$$\overline{DAE}_1 = 0,74, \text{ cu efect simplu de sera, } n = 1$$

$$\lambda_1 = 0,082$$

$$\overline{DAE}_2 = 0,59, \text{ cu efect dublu de sera, } n = 2$$

$$\lambda_2 = 0,047$$

Pentru cele trei regimuri de lucru dependenta $\eta = f(y)$ este prezentata pe fig. 7.36.

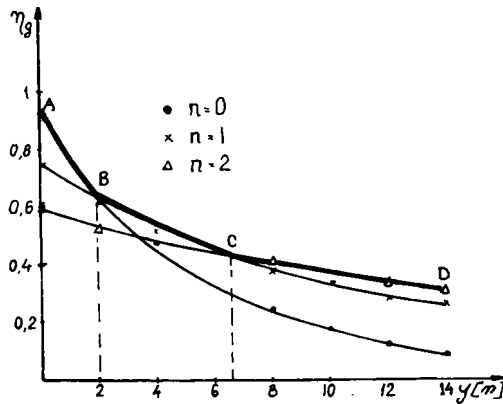


Fig.7.36

Conform fig.7.36 randamentul punctelor succesive in lungul tubului de curent ar putea sa se mentina pe curba ABCD daca in punctele de abscise y_0, y_1, \dots ordinul efectului de sera s-ar mari cu cite o placa.

Punind conditia egalitatii randamentelor pentru doua ordine

consecutive ale efectului de sera ($\eta_i = \eta_{i+1}$) și explicitând constanta λ , ($\lambda = K \cdot a / \dot{m} \cdot c_p$) se obține expresia de calcul a coordonatei în care efectul de sera se modifică:

$$y = \frac{\dot{m} \cdot c_p}{a(K_i - K_{i+1})} \ln \frac{\overline{DAE}_i}{\overline{DAE}_{i+1}} \quad (7.63)$$

Conform cu [140] captatorul compus prezentat pe fig. 7.14 va funcționa după cum urmează ($E = 900 \text{ W/m}^2$):

- pentru $0 \leq y \leq 2,0 \text{ m}$, fără efect de sera
- pentru $2,0 \leq y \leq 6,8 \text{ m}$ cu efect simplu de sera
- pentru $6,8$ cu efect dublu de sera.

În [127] se prezintă o metodă de proiectare a captatorului cu structura anterioară variată, cu utilizarea calculatorului, luând în calcul atât pierderile pe conducte cât și la turbina de antrenare.

7.8.2.2. Nivelul termic la captatorul compus.

Economia de tub

S-a arătat că ecuația supratemperaturii în profil longitudinal, considerând omogenizarea instantanee a straturilor de fluid în profil transversal este:

$$t = t_m (1 - e^{-\lambda y}) \quad (7.64)$$

Pentru $E = 900 \text{ W/m}^2$, avem [141]: $t_{m0} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{m1} = 91 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{m2} = 124 \text{ }^\circ\text{C}$

Reprezentarea parametrică a dependentei $t = f(y)$ având ca parametru ordinul efectului de sera este dată pe fig. 7.37.

Dacă temperatura unui punct este cunoscută atunci coordonata sa la un captator cu structura anterioară omogenă se poate afla cu:

$$y = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{t_m}{t_m - t} \quad (7.65)$$

Captatorul compus, realizează pe zona fără placă de sticlă $y_0 = 2,0 \text{ m}$ o supratemperatură, $t'_0 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$, calculată cu (7.18)

Un captator cu efect simplu de sera pe toată întinderea sa ar fi realizat această valoare a supratemperaturii pe o lungime a tubului de curent: $y'_1 = 2,83 \text{ m}$, punctul B' de pe fig. 7.37. Diferența $y'_1 - y_0 = \Delta y_1 = 0,86 \text{ m}$, reprezintă economie de tub.

Din punctul $y_0 = 2,0 \text{ m}$, fluidul aflat la $t'_0 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ patrunde

in zona protejata cu o placa de sticla pe o distanta:
 $y_1 - y_0 = 6,8 - 2,0 = 4,8$ m. Zona cu efect simplu de sera va realiza o supratemperatura t'_1 , corespunzator coordonatei $y_1'' = 2,8 + 4,8$;
 $y_1'' = 7,6$ m si $t'_1 = 42,6^\circ$ C.

Tubul cu efect dublu de sera ar fi realizat supratemperatura t'_1 pe lungimea $y'_2 = 8,6$ m, punctul B'' pe fig.7.37. Diferenta $\Delta y_2 = y'_2 - y_1 = 8,6 - 6,8 = 1,8$ m, reprezinta economia de tub in zona 1-2 (zona hasurata).

In punctul $y_1 = 6,8$ m fluidul patrunde in zona protejata cu doua straturi de sticla de lungime $y_2 - y_1 = 24 - 6,8 = 17,2$ m. Zona cu efect dublu de sera va realiza o supratemperatura t'_2 , corespunzator coordonatei:

$$y_2'' = y_2'' + y_2 - y_1 = 8,68 + 17,2 = 25,8 \text{ m si } t'_2 = 87,4^\circ \text{ C}$$

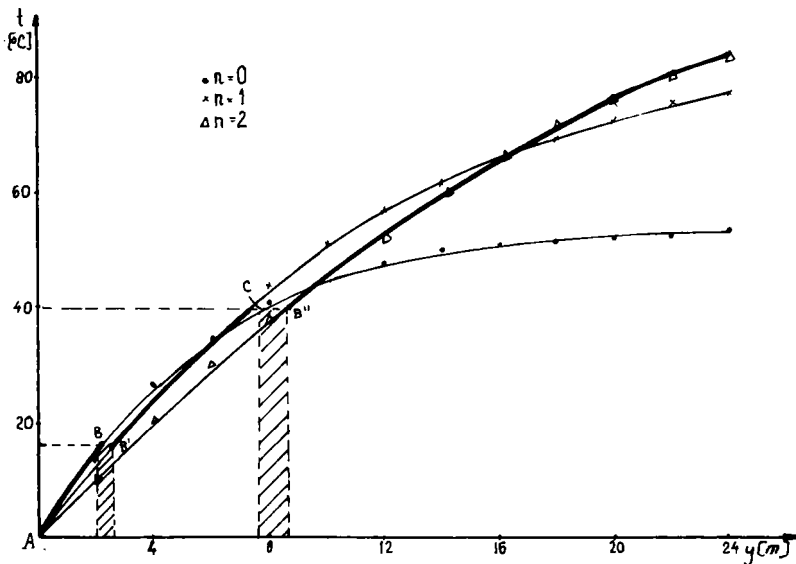


Fig.7.37

Pe diagrama 7.37, apar discontinuitati ale curbei temperatu

rii pe zonele B - B', B'' - C', datorita aparitiei in punctele B', B'' a efectului de sera superior celui precedent (zonele hasurate).

Prin jonctiunea punctelor B - B', B'' - C', se obtine curba supratemperaturii reale la insolatorul compus (fig.7.38) remarcandu-se absenta tendintei de saturatie a nivelului termic.

Pentru a preciza avantajele termice ale acestui captator s-au calculat cu relatia (7.64) supratemperaturile pe care le-ar atinge pe distanta 24 m captatoare omogene obtinandu-se:

$t = 54 \text{ }^\circ\text{C}$, pentru cazul $n = 0$; $y = 24 \text{ m}$;

$t = 78 \text{ }^\circ\text{C}$, pentru cazul $n = 1$; $y = 24 \text{ m}$;

$t = 84 \text{ }^\circ\text{C}$, pentru cazul $n = 2$; $y = 24 \text{ m}$.

Captatorul compus de aceeaasi lungime realizeaza $t = 87 \text{ }^\circ\text{C}$.

Daca se impune cerinta de a obtine o anumita supratemperatura, de exemplu $87 \text{ }^\circ\text{C}$, atunci se arata in [140] ca un captator cu $n = 0$, nu poate realiza aceasta temperatura, unul cu $n = 1$, ar avea lungimea $L_0 = 35 \text{ m}$, unul cu $n = 2$, ar avea $L_1 = 26 \text{ m}$; iar cel compus are $L = 24 \text{ m}$.

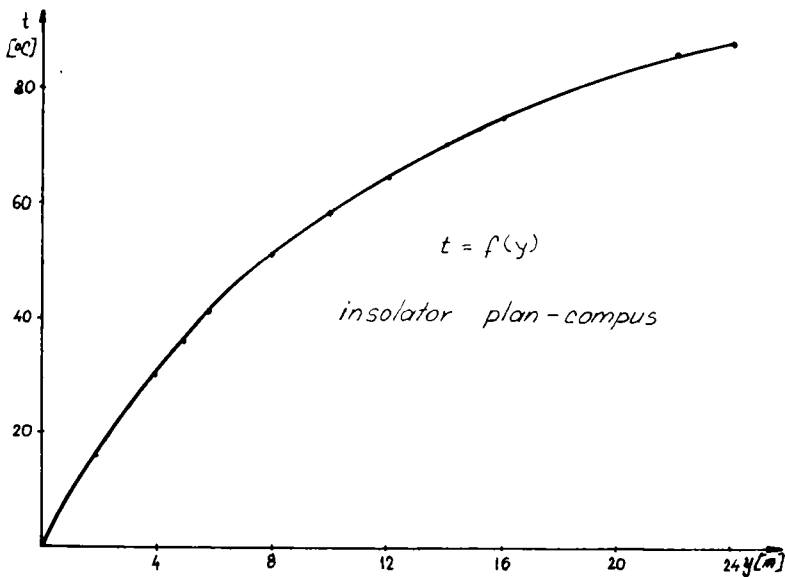


Fig.7.38

Economia totala la un captator compus se obtine insa prin

insumarea diferentelor Δy_i :

$$\Delta L = \sum \Delta y_i' = y_1' - y_0 + y_2' - y_1 + \dots$$

Economia de tub, in conditia: $t = 87^\circ\text{C}$, $E = 900 \text{ W/m}^2$, este de 11 m fata de insulatorul cu $n = 1$ si de 2m fata de cel cu $n = 2$.

Economia ce revine unitatii de suprafata ar fi:

$$f = \frac{\Delta L \cdot a}{L \cdot a} = \frac{11}{35} = 0,31$$

ceea ce poate prezenta interes in conditiile penuriei de materiale.

Randamentul mediu al unei trepte cu ordin i al efectului de sera i si cu lungimea Δy_i , se va calcula prin:

$$\langle \eta_i \rangle = \frac{1}{\Delta y_i} \int_{y_{i-1}}^{y_i} \text{DAE} \cdot e^{-\lambda_i \cdot y} dy \quad (7.66)$$

Randamentul mediu al captatorului compus se exprima atunci, sub forma:

$$\langle \eta \rangle = \frac{\langle \eta_1 \rangle \cdot S_1 \cdot E + \langle \eta_2 \rangle \cdot S_2 \cdot E + \dots}{E(S_1 + S_2 + \dots)} = \frac{\sum \langle \eta_i \rangle \cdot S_i}{\sum S_i} \quad (7.67)$$

unde S_i - este suprafata zonei i

$\sum S_i$ - este suprafata totala.

Detalierea relatiei (7.67) in cazul a trei captatori ($n = 1$, $n = 2$; compus 0-1-2) pentru a obtine la iesire $t = 87^\circ\text{C}$ conduce la urmatoarele valori ale randamentului mediu:

$$\langle \eta_1 \rangle = 0,28 \quad (n = 1; \quad a = 0,25 \text{ m}; \quad L = 35 \text{ m})$$

$$\langle \eta_2 \rangle = 0,38 \quad (n = 2; \quad a = 0,25 \text{ m}; \quad L = 26 \text{ m})$$

$$\langle \eta' \rangle = 0,41 \quad (n = 0 \rightarrow 1 \rightarrow 2; \quad a = 0,25; \quad L = 24 \text{ m})$$

In acord cu [127] randamentul captatorului compus la aceleasi cerinte ($t = 100^\circ$) si in aceleasi conditii ($E = 900 \text{ W/m}^2$) este cu 17 % mai mare ca la captatorul cu $n = 1$ si cu 14 % mai mare ca la captatorul cu $n = 2$; calitatile captatorului compus manifestandu-se mai pregnant la cerinte superioare ale nivelului termic ($t = 100^\circ\text{C}$).

In concluzie captatorul compus realizeaza pe aceeasi lungime supratemperaturi superioare insolatoarelor omogene, iar pentru acelasi ecart termic helioconvertorul compus are lungimea cea mai mica.

7.9. Captatorii plani ca surse alternative de energie termica

Prin randamentele relativ ridicate si prin nivelele termice ale fluidului incalzit captatorii plani pentru producerea apei calde sau a aerului cald se constituie in surse alternative de energie termica. Pentru a aprecia eficienta acestora in balanata energetica se pleaca de la urmatoarele ipoteze: [142]:

- numar de zile insorite pe an $n = 194$;
- numar mediu de ore cu insolatie $N = 9 \text{ Ore/zi}$;
- intensitatea medie a radiatiei solare $\langle E \rangle = 690 \text{ W/m}^2$;
- randamentul de ardere al combustibililor $\eta = 0,735$;
- consumul de apa calda in intreprinderi industriale $q = 32 \text{ l/0m} \cdot \text{zi}$, la 50°C ;
- necesarul de caldura pentru climatizarea unei locuinte, tip garsoniera (o persoana), la un ecart fata de exterior de 10°C
 $q' = K \cdot S \cdot \Delta t \cdot N$; $q' = 0,64 \cdot 48 \cdot 10 \cdot 9 = 2,76 \text{ Mccol/zi}$, cu $K = 0,64 \text{ kcal/m}^2\text{h}$.

Atunci, se pot evalua urmatoarele marimi:

- necesarul de caldura pentru producerea apei calde sanitare:

$$Q = q \cdot c \cdot n \cdot \Delta t; \quad \Delta t = (50 - 15)^\circ\text{C}$$

- caldura obtinuta solar:

$$Q_s = Q \cdot F; \quad F - \text{aportul energetic mediu pentru } 1 \text{ m}^2;$$

- masa de combustibil conventional economisit

$$m_{cc} = Q_s / \eta \cdot q''; \quad q'' = 7000 \text{ kcal/kg}$$

- suprafata de panouri: $S = q / N \cdot b$

b - debitul in $[\text{l/m}^2\text{h}]$ in cazul apei;

b - debitul energetic in $[\text{Mcol/m}^2\text{ora}]$ in cazul aerului

- economia specifica de combustibil:

$$m_{cs} = m_{cc} / S$$

Relativ la valorile lui b , conform cu [142], $b = 8,3 \text{ l/m}^2\text{h}$, pentru captatorii "Sadu I, II", Frigocom, Alexandria II, $b = 7,2 \text{ l/m}^2\text{h}$ pentru Alexandria I.

In cazul captatorului pentru producere de aer cald ce poate incalzi o locuinta, la o putere specifica de 200 W/m^2 se obtine $b = 200 \text{ W/m}^2 \cdot 3600 \text{ s} = 72 \cdot 10^4 \text{ J/m}^2\text{h} = 0,17 \text{ Mcal/m}^2\text{h}$.

Pe tabelul nr.7.4 se prezinta sintetic marimile prezentate pentru sapte tipuri de captatori.

Conform tabelului nr.7.4 masa de combustibil conventional economisit variaza intre 61 - 90 kg pentru fiecare m^2 de suprafata colectoare, ceea ce constituie un argument in favoarea dezvoltarii studiilor si cercetarilor privitoare la implementarea energiei soale in activitatile industriale si casnice.

Tabelul nr.7.4

| Indicator | Tipul Panoului | | | | | | |
|---|----------------|---------|-----------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| | Sadu I | Sadu II | Frigo com | Alexandria I | Alexandria II | Pelicular UTT | Dinamic UTT |
| F | 0,83 | 0,81 | 0,74 | 0,72 | 0,80 | 0,83 | 0,83 |
| $Q \left[\frac{\text{Gcal}}{\text{pers} \cdot \text{an}} \right]$ | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,472 |
| $Q_s \left[\frac{\text{Gcal}}{\text{pers} \cdot \text{an}} \right]$ | 0,180 | 0,175 | 0,160 | 0,156 | 0,173 | 0,180 | 0,392 |
| $m_{cc} \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{CC}}{\text{pers} \cdot \text{an}} \right]$ | 34,9 | 34,0 | 31,0 | 30,3 | 33,6 | 34,9 | 76,2 |
| S [m^2/pers] | 0,426 | 0,426 | 0,426 | 0,492 | 0,426 | 0,426 | 1,8 |
| $m_{cs} \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{CC}}{\text{m}^2 \cdot \text{an}} \right]$ | 81,9 | 79,8 | 72,7 | 61,5 | 78,8 | 81,9 | 42,3 |

CAPITOLUL 8

STOCAREA SI EXTRAGEREA ENERGIEI TERMICE OBTINUTE PRIN CONVERSIE TERMOSOLARA

Principalul obiectiv al stocarii energiei il constituie asigurarea continuitatii fluxului termic in lungul lantului energetic.

Obiectivul principal al acestei lucrari il constituie studiul captatorilor solari, ca urmare problema stocarii energiei este prezentata succint, sistemele de stocaj termic constituind ultima veriga a lantului energetic [143].

8.1. Stocarea de medie durata

8.1.1. PARAMETRII CONSTRUCTIVI AI LABORATORULUI

Fenomenele implicate in stocarea energiei, sistemele de stocare si eficienta acestora au fost studiate pe insatalatia experimentală a "Casei Solare" a UTT, prezentate in capitolul 4 (foto 4.1, foto 4.2, fig.4.3). Caracteristicile tehnico-constructive ale bazinului de stocaj si ale statiei de disipare a caldurii sint prezentate in paragrafele 4.3 si 4.4.

In realitate pierderile unitare ale camerei sint mai mari decit cele prezentate in paragraful 4.3 datorita actiunii vintului

Experimental factorul de pierderi se poate determina masurind energia furnizata de o sursa electrica pentru a mentine un nivel termic constant in camera.

Astfel s-au determinat pentru situatiile: ferestre cu trei geamuri si usa dubla $\langle K \rangle = 0,81 \text{ W/m}^2\text{grd}$; ferestre cu doua geamuri si usa simpla $\langle K \rangle = 1,48 \text{ W/m}^2\text{grd}$.

Segmentul destinat stocării energiei termice este un paralelipiped cu volumul de 10 m^3 în care au fost introdusi 7 m^3 roca, la care $\rho = 2160 \text{ kg/m}^3$, $c = 960 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$.

În procesul încărcării, acumulatorul preia aprox. $0,75$ din energia transportată de aerul cald.

Viteza de răcire naturală a rocii este aprox. $0,4 \text{ }^\circ\text{C}$ la fiecare interval de 12 ore.

În procesul de extragere a căldurii din bazin s-a măsurat variația temperaturii rocii și de aici căldura cedată ($Q_J = m_p c_p \Delta T$) precum și căldura regăsită în stația de disipare ($Q_U = \sum K_i S_i \Delta T'$). Din raportul lor Q_U/Q_J , s-a stabilit că în camera de disipare se regăsește fracțiunea $f = 0,6 + 0,67$ din Q_J , restul se disipă prin conductele de transport ale aerului.

8.1.2. COMPORTAREA BAZINULUI DE STOCAJ TERMIC

Regimul de încărcare-descărcare în acumulatorul de căldură a fost studiat pe durata a mai mulți ani.

Pe fig.8.1 se prezintă comportarea acestuia în perioada septembrie-octombrie 1991. Întrucât viteza de variație a temperaturii este scăzută, ciclul termic prezentat pe fig.8.1 se extinde pe durata a 19 zile. Durata ciclului a fost împărțită în intervale a 12 ore și ca urmare pe fig.8.1 se prezintă evoluția temperaturii în bazin ca funcție de n [12h] în diverse regimuri prezentate prin literele L, M, ..., S. Regimurile termice sînt următoarele:

- zona L, răcire naturală;
- zona M, încărcare termică;
- zona N, răcire naturală pe durata nopții;
- zona O, încărcare termică;
- zona P, extragere de căldură pentru climatizarea încălții;
- zona R, răcire naturală;
- zona S, extragere de căldură pentru climatizare.

Pe fig.8.2 se prezintă detaliat evoluția temperaturii în punctul J, t_J , în regim de încărcare, pe data de 10.09.1991.

Pe tabelul nr.8.1 se prezinta valorile pentru:

- temperatura, t_j ;

- caldura acumulata in piatra: $Q_J = m_p c_p \Delta t_p$;

- fractiunea din caldura cedata de piatra, care a fost retinuta in bazin $f_J = Q_J / Q_{CD}$, pentru fiecare zi, respectiv pentru intreaga perioada;

- caldura transportata de aer $Q_{CD} = \sum \dot{m} \cdot c_f (t_C - t_D) \cdot 3600$; t_C si t_D temperaturi ale aerului in punctele C si D (fig.4.3).

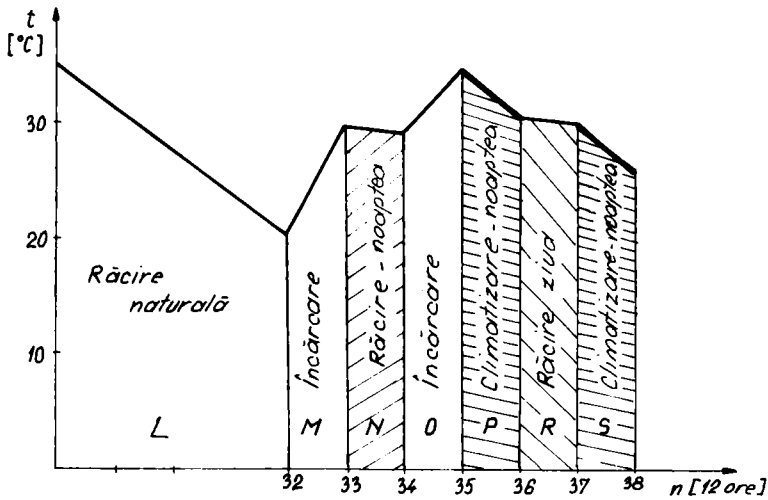


Fig.8.1

Tabelul nr.8.1

| Data | 10.09.1991 | | | | 11.09.1991 | | | |
|------------------------------|------------|----|----|----|------------|------|----|----|
| ora | 9 | 12 | 15 | 18 | 9 | 12 | 15 | 18 |
| t_J [$^{\circ}\text{C}$] | 22 | 27 | 29 | 30 | 29 | 31,5 | 33 | 35 |
| Q_{CD} [MJ] | 139,2 | | | | 192,2 | | | |
| Q_J [MJ] | 115,6 | | | | 86,7 | | | |
| f_J | 0,83 | | | | 0,67 | | | |
| Q'_J [MJ] | | | | | 202,3 | | | |
| f'_J | | | | | 0,75 | | | |

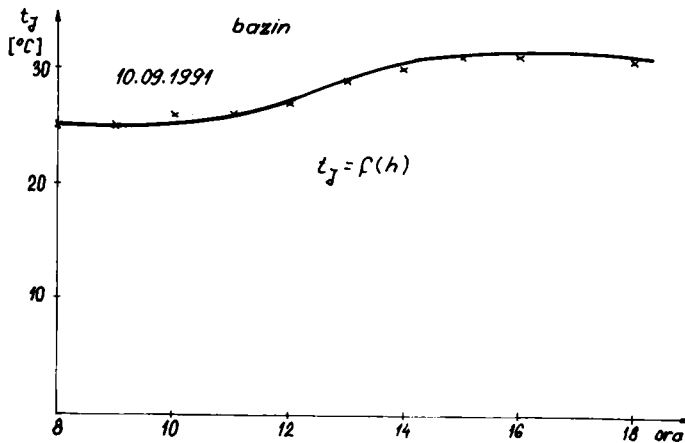


Fig.8.2

Analiza datelor arata ca:

- in prima zi a incarcarii temperatura masei termice a crescut cu 8°C , aceasta acumulind 115,6 MJ, ceea ce reprezinta 0,83 din caldura cedata de aer;

- in a doua zi temperatura a mai crescut cu 6°C ; s-au acumulat 86,7 MJ, cu o valoare $f_J = 0,67$.

In cele doua zile s-au acumulat 202,3 MJ, $f'_J = 0,75$.

Relativ la radiatia solara, pe fig.4.4 (capitolul 4) se prezinta variatia orara a puterii incidente pe catator.

Primavara anului 1992 s-a caracterizat prin nebulozitate sporita a cerului, numar de zile insorite relativ mic, temperaturi ambiante scazute.

In perioada 16-18.III 1992 s-a procedat la incarcarea bazinului de stocaj, iar in perioada 19-24.III 1992 s-a urmarit comportarea bazinului.

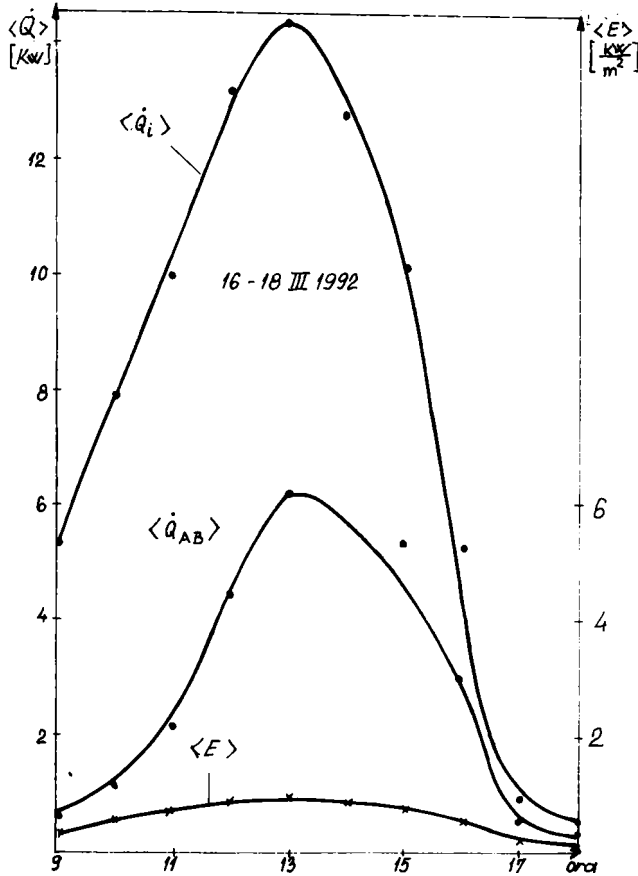


Fig.8.3

Pe fig.8.3 se prezinta evolutia orara a urmatoarelor marimi:

- intensitatea medie a radiatiei solare pe durata 16-18 III,

$$\langle E \rangle = \frac{\sum E_i}{n}, \text{ cu } n - \text{nr. de masuratori la ora precizata a zilelor; } n=3;$$

- puterea medie incidenta pe captatori $\langle \dot{Q}_i \rangle = \langle E \rangle \cdot S$ cu S -suprafata de captare;

- puterea medie utila a captatorilor, $\langle \dot{Q}_{AB} \rangle = \sum_{i=1}^n \dot{m}_a \cdot c_a (t_A - t_B) / n$,
 t_A, t_B - temperatura in A, B ; \dot{m}_a - debit apa prin captatori
 (fig.4.3).

Se remarca ca: intensitatea medie a radiatiei solare variaza intre 28-903 W/m²; puterea medie incidenta ia valori intre (0,51 - 14,45) kW ; puterea medie utila a captatorilor ia valori intre (0,21 ; 6,05) kW; curba puterii utile medii $\langle \dot{Q}_{AB} \rangle$ gliseaza in orele dupa amiezii spre valori mai mari datorita faptului ca fluidul termopurtator preia energia termica inmagazinata in captatori (metal, sticla)

Pe fig.8.4 sint prezentate marimile:

- temperatura in bazin $\langle t_j \rangle$ in dependenta ei cu n[12 h] precizindu-se si regimul de lucru: incarcare, stocare, climatizare;
- temperatura medie exterioara, $\langle t_G \rangle$, masurata in punctul G (fig.4.3);
- temperatura medie interioara, $\langle t_F \rangle$, masurata in centrul camerei de disipare (fig.4.3).

Se constata ca: temperatura rocii a fost initial 10 °C, si a ajuns la aprox. 25 °C la sfirsitul perioadelor de incarcare (AB; CD; EF); temperatura rocii scade cu aprox. 0,4 °C/12 ore, in perioadele de asteptare (BC, DE, FG); temperatura rocii scade pe durata climatizarii cu cite: 5, 3, 1 °C, pe intervale succesive a 12 h (GH, HI, IJ).

Pe ciclul descris cantitatea de energie solara incidenta a fost: $Q_i = 818,3$ MJ, caldura furnizata de captatori a fost $Q_{AB} = 323,4$ MJ, caldura inmagazinata a fost $Q_j = 218,3$ MJ.

In luna aprilie 1992 s-a procedat la incarcarea si extractia alternativa de caldura conform tabelului nr. 8.2 .

Pe tabelul nr.8.2 sint date:

- regimul de lucru; incarcare sau climatizare;
- $\langle E \rangle$, intensitatea radiatiei solare ca medie aritmetica a valorilor intensitatii radiatiei solare pe intervalul afectat acumularii;
- $\langle \dot{Q}_i \rangle$, energia medie incidenta pe intervalul respectiv;
- $\langle Q_{AB} \rangle$, caldura utila medie furnizata de captatori;

- $\langle Q_j \rangle$, caldura medie acumulata (semnul plus) respectiv extrasa din bazin (semnul minus);
- Δt_j , variatia temperaturii in bazin, pozitiva la incarcarea termica, negativa la extractie.

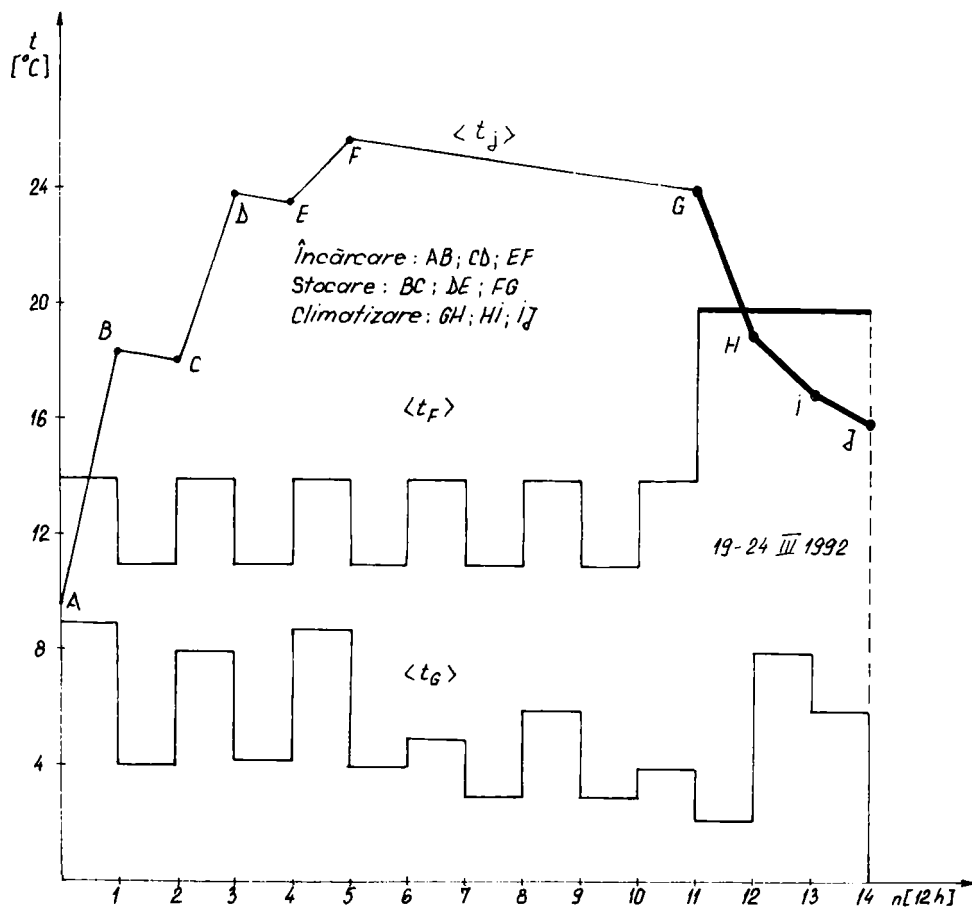


Fig. 8.4

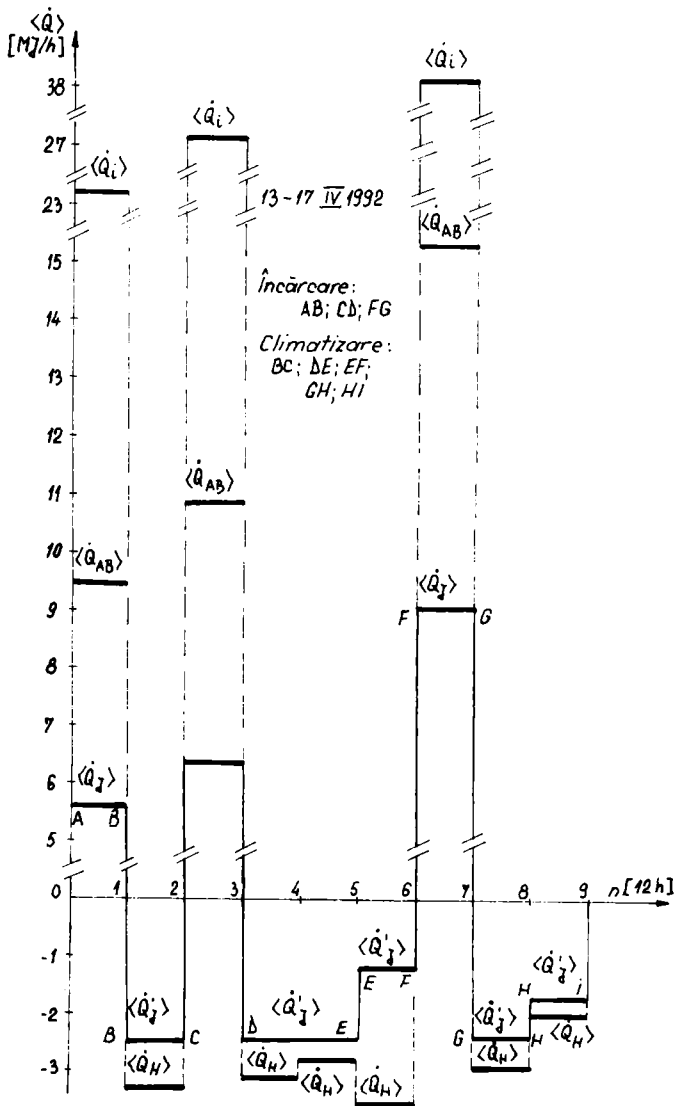


Fig.8.5

Tabelul nr.8.2

| n | 0-1 | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 |
|---|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Regim | Inc. | Clim. | Inc. | Clim. | Clim. | Clim. | Inc. | Clim. | Clim. |
| $\langle E \rangle$ $\left[\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{h}} \right]$ | 1,47 | | 1,71 | | | 2,40 | | | |
| $\langle \dot{Q}_i \rangle$ [MJ/h] | 23,6 | | 27,4 | | | 38,4 | | | |
| $\langle \dot{Q}_{AB} \rangle$ [MJ/h] | 9,5 | | 10,9 | | | 15,4 | | | |
| $\langle \dot{Q}_J \rangle$ [MJ/h] | 5,6 | -2,4 | 6,4 | -2,4 | -2,4 | -1,2 | 9,1 | -2,4 | -1,8 |
| Δt_J [°C] | 5 | -2 | 5,3 | -2 | -2 | -1 | 7,5 | -2 | -1,5 |

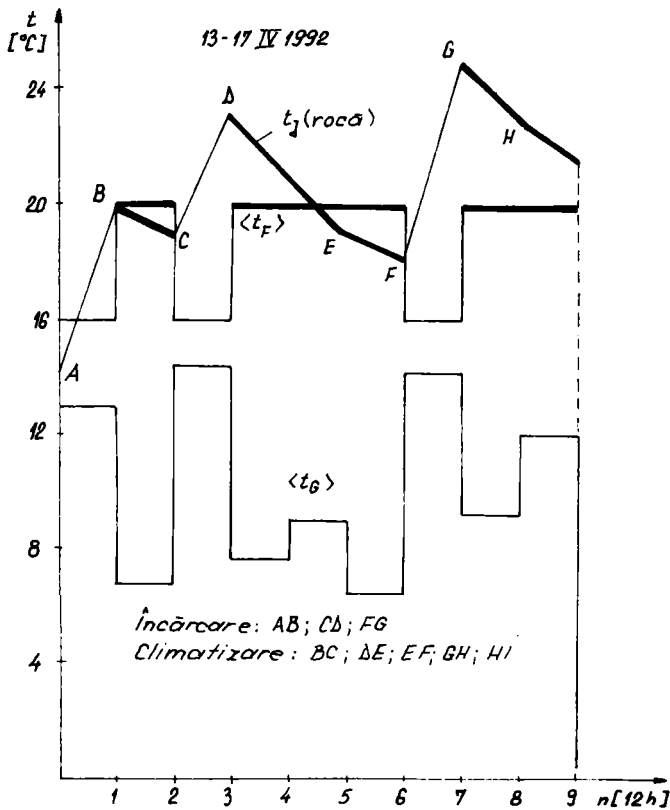


Fig.8.6

Dependentele grafice ale energiilor din tabelul nr.8.1 sint date pe fig. 8.5 in dependenta $\langle \dot{Q} \rangle = f(n)$ prezentate sub forma unei histograme.

Se remarca pe tabelul nr. 8.1 ca la incarcarea alternativa de caldura, variatiile temperaturii in bazin se mentin la valori mereu mai mari ca 5°C .

Pe fig.8.6 se prezinta dependentele grafice cu n , pentru:

- temperatura in bazin, t_J ;
- temperatura medie in camera de disipare, $\langle t_F \rangle$;
- temperatura medie exterioara, $\langle t_G \rangle$

8.1.3. CLIMATIZAREA LABORATORULUI DE DISIPARE A CALDURII

Posibilitatea climatizarii statiei de disipare folosind caldura extrasa din acumulatorul termic a fost studiata in toamna anului 1991 si in primavara anului 1992. Aceasta se evidentiaza: pe fig.8.1 pentru 11-13.09.1991, pe fig.8.4 pentru 19-24.03.1992 si pe fig.8.5, 8.6 pentru 13-17.04.1992.

Pe tabelul nr.8.3 se prezinta in detaliu nivelele termice si caldurile vehiculate dupa cum urmeaza:

- t_J [$^\circ\text{C}$], temperatura in bazin;
- t_H [$^\circ\text{C}$], temperatura la duza H (fig.8.1) prin care aerul este introdus in camera dupa ce traverseaza stratul de roca;
- t_F [$^\circ\text{C}$], temperatura in centrul camerei;
- t_I [$^\circ\text{C}$], temperatura pe coridor;
- t_G [$^\circ\text{C}$], temperatura ambianta;
- $Q_{J\uparrow}$ [MJ], caldura pierduta de bazin prin racire $Q_{J\uparrow} = m_p c_p \Delta t$;
- Q_H [MJ], caldura cedata de aer camerei,

$$Q_H = \sum \dot{m}_f \cdot c_f (t_H - t_F) \cdot 3600$$

- f_{HJ} , fractiunea din caldura (Q_J), cedata de piatra si regasita la duza H, (Q_H); $f_{HJ} = Q_H / Q_{J\uparrow}$;
- $\langle f_{HJ} \rangle$, valoarea medie a fractiunii.

Pe parcursul celor doua intervale de climatizare, piatra a cedat 101,1 MJ, din care 68 MJ s-au regasit la duza H, iar 33 MJ s-au pierdut prin conducte. Caldura inmagazinata in roca este $Q_p = 202,3$ MJ, din aceasta se pot extrage $Q_{extr} = Q_p \langle f_{HJ} \rangle = 135,5$ MJ

Rata medie de livrare a caldurii este $\dot{q} = (Q_{H1} + Q_{H2})/2 = 34 \text{ MJ}/12\text{h}$
 Numarul de intervale a 12 ore ce poate fi acoperit este $N = \frac{Q_{\text{ext}}}{\dot{q}} = 4$

Tabelul 8.3

| | 11.09 | | | | | | 12.09 | | | 13.09 | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|----|----|----|----|------|-------|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|------|--|
| ora | 21 | 24 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | |
| t_J [°C] | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30,5 | 30,5 | 30 | 30 | 29 | 29 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 26,5 | |
| t_H [°C] | 27 | 28 | 28 | 27 | 27 | - | - | - | 27 | 27 | 28 | 29 | 28 | - | - | - | - | |
| t_F [°C] | 24 | 25 | 25 | 24 | 24 | 22 | 23 | 25 | 24 | 25 | 26 | 27 | 26 | 27 | 27 | 26 | 25 | |
| t_I [°C] | 24 | 21 | 21 | 18 | 19 | 22 | 23 | 24 | 24 | 22 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 24 | 24 | |
| t_G [°C] | 22 | 20 | 17 | 14 | 17 | 22 | 24 | 24 | 23 | 21 | 18 | 19 | 20 | 23 | 23 | 23 | 22 | |
| $Q_{J\uparrow}$ [MJ] | 57,8 | | | | | | | | | 43,3 | | | | | | | | |
| Q_H [MJ] | 40,8 | | | | | | | | | 27,2 | | | | | | | | |
| f_{HJ} | 0,71 | | | | | | | | | 0,63 | | | | | | | | |
| $\langle f_{HJ} \rangle$ | 0,67 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Caldura solara incidenta pe durata perioadelor de incarcare este $Q_{iT} = \sum 3600 \cdot \dot{Q}_i = 975,2 \text{ MJ}$. Atunci randamentul mediu de utilizare a energiei solare este $\langle \eta_H \rangle = \frac{Q_{\text{extr}}}{Q_{iT}} = 0,137$.

Relativ la primavara anului 1992, caldura stocata a fost utilizata ca sursa paralela pentru climatizare in sensul ca in incinta de disipare a fost mentinuta temperatura de 20 °C, aceasta beneficiind de aportul energetic al bazinului de stocaj si al unui incalzitor electric echipat cu releu. Energias electrica consumata de incalzitor a fost citita pe contor [144].

Pe fig.8.5 si fig.8.6 se prezinta evolutia temperaturii in bazin (t_J), evolutia temperaturii medii ambiante $\langle t_G \rangle$ si evolutia temperaturii medii in camera $\langle t_F \rangle$. Segmentele desenate cu linie mai groasa reprezinta temperaturile pe perioadele de climatizare.

Pe tabelele nr.8.4 si 8.5 se prezinta sintetic, pentru lunile martie, respectiv aprilie 1992, urmatoarele marimi:

- caldura solara incidenta Q_{iT} [MJ] , in intervalele de incarcare;
 - temperatura medie exterioara $\langle t_G \rangle$;
 - temperatura medie in camera $\langle t_F \rangle$;
 - caldura disipata de camera Q_F [MJ];
- $$Q_F = \sum K \cdot S \cdot \Delta t \cdot \tau; \quad \tau = 12 \cdot 3600 \text{ s}; \quad S = 48 \text{ m}^2; \quad K = 1,48 \text{ W/m}^2\text{grad};$$
- caldura furnizata la duza H de catre bazin, Q_H [MJ];
 - energia electrica consumata , Q_{el} [MJ];
 - fractiunea f, care exprima ponderea energiei furnizate de catre acumulator pentru climatizarea camerei, $f = Q_H/Q_F$;
 - randamentul mediu de utilizare a energiei solare $\langle \eta_H \rangle = Q_H/Q_{iT}$

Tabelul nr.8.4

| Martie 1992 | | | |
|----------------------------|-------------------------|---------|-------------|
| n [12 h] | 0-5 | 5-11 | 11-14 |
| Regim | incarcare+ asteptare | stocare | climatizare |
| Q_{iT} [MJ] | 818,3 | - | - |
| $\langle t_G \rangle$ [°C] | 6,9 | 4,4 | 5,8 |
| $\langle t_F \rangle$ [°C] | 12,5 | 12,5 | 20 |
| Q_F [MJ] | - | - | 124,6 |
| Q_H [MJ] | - | - | 69,6 |
| Q_{el} [MJ] | - | - | 55,0 |
| f | - | - | 0,56 |
| η | | 0,085 | |

Se constata ca in lunile martie, aprilie 1992, randamentul de utilizare a energiei solare este mult mai mic ca in 1991, fapt explicabil prin:

- incinta de disipare a functionat cu ferestre cu doua geamuri si usa simpla;
- temperaturile ambiante au fost scazute (5 - 8) °C;
- circulatia atmosferica a fost intensa.

Tabelul nr.8.5

| Aprilie 1992 | | |
|----------------------------|---------------|---------------------------------|
| n [12 h] | 0-1; 2-3; 7-8 | 1-2; 3-4; 4-5; 5-6; 7-8; 8-9 |
| Regim | incarcare | climatizare |
| Q_{iT} [MJ] | 1072,8 | - |
| $\langle t_G \rangle$ [°C] | 13,1 | 8,5 |
| $\langle t_F \rangle$ [°C] | 16,0 | 20,0 |
| Q_F [MJ] | - | 211,4 |
| Q_H [MJ] | - | 91,4 |
| Q_{el} [MJ] | - | 120,0 |
| f | - | 0,43 |
| η | 0,085 | |

8.2. Stocarea de durata scurta

Acumularea pentru durate scurte a energiei termice de provenienta solara poate fi realizata de catre elementele pasive, pereti T-M, care isi aduc aportul atat la incalzirea aerului din camera de locuit cit si la ventilarea acestuia [149].

Captatorul T-M realizat pe fatada sudica a unei camere de locuit, ce are pereti comuni cu alte camere, incalzite prin procedee clasice este descris in paragraful 7.2, fig. 7.8 si fig.7.9 si indexat prin cifra 7.5.

8.2.1. EVOLUTIA TEMPERATURII IN SPATIUL DELIMITAT DE O PLACA DE STICLA SI CORPUL NEGRU

Pentru o incinta ce contine aer in spatiul delimitat de corpul negru depus pe materiale termoizolatoare si placa de geam, considerind temperatura aerului aproape egala cu cea a absorbantului, exista relatia [113]:

$$E_p \cdot S \cdot dAE \cdot dt = (\rho_a \frac{V}{T} + m_e) c_p \cdot dT + KS (T - T_a) dt \quad (8.1)$$

neglijind m_e si integrind se obtine [113]:

$$T = T_a \frac{1 + k}{1 + \exp(-k_1 \cdot \tau)} \quad (8.2)$$

unde:

$$k = T_o / \Delta T_m ; \quad k_1 = \frac{T_m \cdot p_o}{\Delta T_m \cdot T_a} \quad (8.3)$$

ele continind marimi usor accesibile experimental (p_o - viteza de variatie a lui T in origine).

Ecuatia (8.2) a fost verificata urmarind evolutia temperaturii intr-un spatiu vitrat, delimitat posterior de un perete de beton vopsit in negru, cu dimensiunile (550; 290; 20) mm.

Pe fig.8.7 se prezinta variatia temperaturii masurate comparativ cu curba teoretica, constatind buna concordanta a valorilor experimentale cu cele calculate, ceea ce justifica considerentul ca m_e poate fi neglijat datorita grosimii foarte mici a stratului de absorbant.

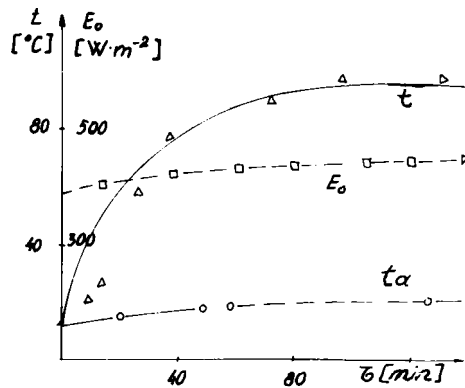


Fig.8.7

Pentru modelul studiat, caldura transportata de aer spre exterior este:

$$Q' = \int_{T_a}^T \rho_0 \frac{T_a}{T} V \cdot c_p \cdot dT = \rho_0 T_a \cdot V \cdot c_p \cdot \ln \frac{T}{T_a} \quad (8.4)$$

Raportata la energia incidenta [113] se obtine:

$$f = \frac{Q'}{E_p \cdot S \cdot \tau} = 4,5 \cdot 10^{-5} \quad (8.5)$$

Valoarea scazuta a marimii f arata ca peretii vitrati pot sa acumuleze caldura pe durata zilei devenind rezervoare de caldura pe durata noptii. Pe de alta parte caldura Q' poate fi dirijata spre spatii inchise contribuind la compensarea partiala a pierderilor termice ale locuintelor.

8.2.2. CONFORTUL TERMIC IN CAMERA DE LOCUIT

Senzatia de confort termic este generata atat de temperatura aerului inconjurator cit si de intensitatea schimbului de caldura intre corpul omenesc si aer, respectiv intre corp si peretii inconjuratori.

Temperatura a fost masurata in diverse puncte. Conform fig.8.8 se prezinta variatia orara a temperaturii indicindu-se numarul sondei. Pe aceeasi figura se prezinta si evolutia IRS in planul captatorului.

In sensul celor de mai sus se calculeaza temperatura radianta [145]:

$$t_r = f_1 t_1 + f_2 t_2 + \dots \quad (8.6)$$

unde $f_1, f_2 \dots$ sint factori de forma, definiti prin:

$$f_i = S_i / \sum S_i$$

Se calculeaza apoi temperatura ambienta corectata ca medie a temperaturii radiante si cea a aerului interior.

$$t_{amb} = (t_{aer} + t_r) / 2 \quad (8.7)$$

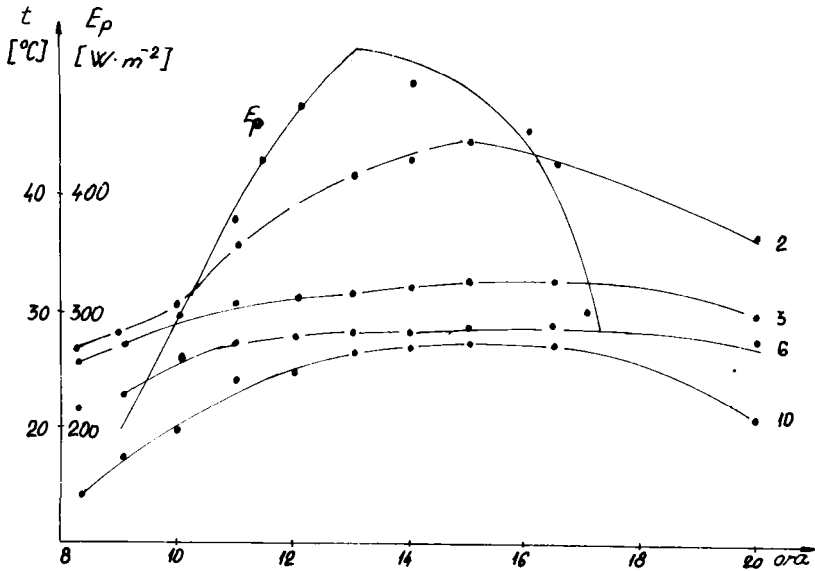


Fig.8.8

Pe tabelul nr.8.6 se prezinta valorile obtinute pentru: t_{aer} (temperatura aerului masurata in centrul camerei), t_r si t_{amb} , calculate cu (8.6) si (8.7) la diverse ore si zile din luna octombrie 1987.

La aprecierea gradului de confort trebuie sa se aiba in vedere in ce masura t_{amb} se apropie de valoarea temperaturii de confort stabilita de catre igienisti.

In acord cu [148] in interiorul camerei se mentine un climat acceptabil din punct de vedere al confortului termic numai in sezoanele de trecere, cind temperatura exterioara nu este inca negativa.

Tabelul nr.8.6

| Data | ora | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 |
|---------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | t [°C] | | | | | | | |
| 29.10 1987 | t _{aer} | 19,8 | 20,5 | 20,5 | 20,7 | 19,6 | 19,3 | 19,0 |
| | t _r | 15,7 | 17,2 | 17,2 | 17,7 | 17,1 | 16,7 | 16,5 |
| | t _{amb} | 17,8 | 18,8 | 18,9 | 19,2 | 18,4 | 18,0 | 17,8 |
| 30.10 1987 | t _{aer} | 19,0 | 20,0 | 20,0 | 20,7 | 20,0 | 19,5 | 19,0 |
| | t _r | 15,6 | 16,7 | 17,2 | 17,8 | 17,2 | 16,8 | 16,6 |
| | t _{amb} | 17,3 | 18,4 | 18,6 | 19,2 | 18,6 | 18,1 | 17,8 |
| 31.10 1987 | t _{aer} | 18,0 | 19,5 | 19,5 | 20,5 | 18,0 | 19,0 | 18,5 |
| | t _r | 12,4 | 15,6 | 15,8 | 16,1 | 15,9 | 15,9 | 14,9 |
| | t _{amb} | 15,5 | 17,5 | 17,7 | 18,0 | 17,4 | 17,5 | 16,7 |

8.2.3. EFICIENȚA PERETELUI T-M IN CLIMATIZAREA LOCUINTELOR

Pierderile termice unitare ale incintei au fost calculate in acord cu [146, 147, 150] cu relatiile:

$$\dot{q}_1 = \frac{T_i - T_e}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_k^n \frac{d_k}{\lambda_k} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (8.8)$$

$$\dot{q}_2 = (T_i - T_e) \cdot \frac{4\lambda}{\pi} \cdot \frac{p}{R_1} \left[b \cdot \ln \left(1 + \frac{\pi \cdot a}{\lambda_p \cdot \Sigma R_1} \right) + a \cdot \ln \left(1 + \frac{\pi \cdot b}{\lambda_p \cdot \Sigma R_1} \right) \right] \quad (8.9)$$

$$\dot{q}_3 = K \cdot \Delta T \quad [W/m^2] \quad (8.10)$$

cu: \dot{q}_1 - densitatea fluxului termic pierdut prin pereti;

\dot{q}_2 - densitatea fluxului termic pierdut prin podea;

\dot{q}_3 - densitatea fluxului termic pierdut prin suprafata vitrata

R - rezistentele termice pe directiile de curgere a caldurii.

Prin inmultirea marimii \dot{q} cu suprafata aferenta se obtine puterea pierduta pe directia respectiva (\dot{Q}_p) si ca urmare eficienta stocajului se poate aprecia prin:

$$\eta = 1 - \frac{\dot{Q}_p}{\dot{Q}_i} \quad (8.11)$$

unde: \dot{Q}_i - puterea incidenta pe placa de sticla.

Relatia (8.11) are sens fizic numai pentru situatia $\dot{Q}_1 \neq 0$ si $\dot{Q}_1 > \dot{Q}_p$.

In acord cu [147] puterile disipate prin elementele constructiei iau valorile:

- \dot{Q}_1 , puterea disipata prin zidul estic $\dot{Q}_1 \in (186, 219)$ W;
- \dot{Q}_2 , puterea disipata prin tavan $\dot{Q}_2 \in (104, 122)$ W;
- \dot{Q}_3 , puterea disipata prin pardoseala $\dot{Q}_3 \in (575, 678)$ W;
- \dot{Q}_4 , puterea transmisa camerei de peretii calzi $\dot{Q}_4 \in (720, 800)$ W
- \dot{Q}_5 , puterea totala disipata de camera ($\dot{Q}_5 = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3$)
 $\dot{Q}_5 \in (860, 1019)$ W;

Energiile disipate prin elementele constructiei pe durata masuratorilor iau valorile:

- Q_1 , energia disipata prin zidul estic, $Q_1 = 8,3$ MJ;
- Q_2 , energia disipata prin tavan, $Q_2 = 4,5$ MJ;
- Q_3 , energia disipata prin pardoseala, $Q_3 = 25,7$ MJ;
- Q_4 , energia transmisa camerei prin peretii calzi, $Q_4 = 30,2$ MJ;
- Q_5 , energia disipata de camera, $Q_5 = 38,5$ MJ.

Bilantul energetic al incintei se exprima prin:

$$\dot{Q}_{us} + \dot{Q}_4 = \dot{Q}_5 + \dot{Q}_{ac}$$

cu - \dot{Q}_{ac} , puterea acumulata in camera pe durata regimului stationar

$$\dot{Q}_{ac} \approx 0;$$

- \dot{Q}_{us} , puterea utila solara si se obtine $\dot{Q}_{us} \in (162, 299)$ W;

In calcule nu s-a tinut seama de energia transportata prin schimbul izobar de aer datorita lipsei etansarii si utilizarii usii. Energia utila solara este $Q_{us} = 8,3$ MJ.

Eficienta utilizarii energiei solare de catre instalatie este:

$$f = \frac{Q_{us}}{Q_1}; \quad \text{cu } Q_1 = 92,5 \text{ MJ se obtine } f = 0,089.$$

Rolul de volant termic al peretelui T-M se apreciaza prin aporturile energetice intre orele 17-20. In acest interval calculele conduc la:

$Q'_4 = 8,6$ MJ, energia furnizata de peretii calzi;

$Q'_5 = 11,0$ MJ energia disipata de camera;

$Q'_{us} = 2,4$ MJ energia furnizata de peretele T-M prin aport retardat.

Ca urmare, prin aport retardat este furnizata fractiunea

$$f' = Q'_{us} / Q_{us}; \quad f' = 0,29 \text{ din energia solara utila.}$$

Din energia solara incidenta, peretele furnizeaza prin aport retardat fractiunea $f_r = Q'_{us}/Q_i$; $f_r = 0,026$.

In concluzie puterile furnizate de peretele T-M sint mici, dar sumate cu puterile transmise de peretii calzi ai camerelor vecine, pot crea un climat interior confortabil.

8.2.4. MODEL HIDRODINAMIC AL PERETELUI T-M

O deficiente a calculelor prezentate anterior consta in aceea ca nu se iau in seama aporturile energetice ale aerului care se infiltreaza pe la usa, respectiv a celui care patrunde in camera la utilizarea usii.

Se poate remedia aceasta daca se tine cont de faptul ca aerul cald furnizat de peretele T-M cedeaza caldura prin racirea sa pina la temperatura aerului interior.

In acest sens se arata in [151] ca se poate obtine o mai corecta evaluare a aportului energetic al peretelui T-M printr-o modelare hidrodinamica a functionarii acestuia.

Masuratorile efectuate in lunile octombrie-noiembrie 1988 si februarie-martie 1989 au evidentiat:

- in centrul camerei temperatura se mentine intre 14- 17,5 °C, cu amplitudinea de oscilatie de 3,5 °C (fig.8.8);
- la lucarna superioara temperatura ia valori in intervalul (21 - 31) °C cu o amplitudine de 10 °C (fig.8.8);
- pe fata peretelui cald (comun cu alta camera) temperatura ia valori intre (18-22) °C;

Considerind ca temperatura aerului in lungul peretelui T-M variaza liniar, se obtine temperatura medie a coloanei de aer:

$$\langle T \rangle = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (8.12)$$

ceea ce duce la variatia densitatii aerului:

$$\Delta \rho = \rho_0 \frac{\langle T \rangle - T_0}{\langle T \rangle} \quad (8.13)$$

cu: T_1, T_2 - temperaturi la lucarnele intrare iesire [K];

ρ_0 - densitatea aerului la $T_0 = 273,15$ K;

Diferenta de presiune hidrostatica cauzata de variatia densitatii este:

$$\Delta p = \Delta \rho \cdot g \cdot h \quad (8.14)$$

aceasta asigurind circulatia naturala a aerului.

Cu ajutorul relatiei lui Poisseuille se poate calcula debitul volumului de aer:

$$\dot{m}_v = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta p}{8 \cdot \eta \cdot l} \quad (8.15)$$

cu: r - raza conductei ;

η - coeficient de viscozitate dinamica;

l - lungimea tubului de curent; $l = h$.

Pentru situatia reala, sectiunea tubului de forma dreptunghiulara de valoare $S = 0,025 \text{ m}^2$, asimilata unui cerc, conduce la valoarea $r^4 = 0,63 \text{ m}^4$.

Debitul masic va fi dat prin:

$$\dot{m} = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta p}{8 \cdot \eta \cdot l} \cdot \rho \quad (8.16)$$

Punind: $\eta/\rho = \nu$, ν , coeficient de viscozitate cinemática, independent de temperatura, se obtine:

$$\dot{m} = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta p}{8 \cdot \nu \cdot l} \quad (8.17)$$

Puterea furnizata de aerul cald ce provine de la lucarna superioara, (T_1) in procesul racirii pina la (T_3 - temperatura camerei) va fi:

$$\dot{Q}_u = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T; \quad \Delta T = T_2 - T_3 \quad (8.18)$$

Inlocuind succesiv (8.12), (8.13), (8.16), (8.17) in (8.18) se obtine:

$$\dot{Q}_u = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \rho \cdot g \cdot c_p}{8 \cdot \nu} (T_2 - T_3) \left(1 - \frac{2 T_0}{T_1 + T_2}\right) \quad (8.19)$$

Pentru situatia concreta puterea utila se va calcula prin:

$$\dot{Q}_u = 237,9 \left[1 - \frac{546}{546 + t_1 + t_2} \right] (t_2 - t_3) \quad (8.20)$$

Pe fig.8.9 se prezinta evolutia orara a puterii furnizate de peretele T-M (\dot{Q}_u), a puterii disipate de camera spre exterior (\dot{Q}_d), a puterii radiante (\dot{Q}_i) precum si diferenta $\Delta \dot{Q} = \dot{Q}_d - \dot{Q}_u$, care reprezinta puterea furnizata de peretele cald.

Conform fig.8.9 masuratorile asupra lui \dot{Q}_u si \dot{Q}_d au fost continuate pina la ora 21, trei-patru ore dupa asfinitit, perioada in care peretele T-M indeplinea rolul de volant termic.

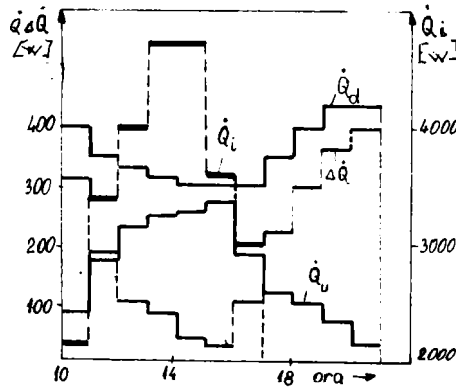


Fig.8.9

Puterea utila furnizata de peretele T-M pe durata zilei variaza intre (82-260) W, energia furnizata de perete fiind $Q_u = 6,4$ MJ

Puterea radianta pe fata vitrata a peretelui variaza intre 2000 W (dimineata) si 4800 W (la amiaza). Energia radianta diurna, obtinuta prin sumarea elementelor de suprafata ale histogramei este $Q_i = 91$ MJ.

Randamentul mediu, diurn de utilizare a energiei solare va fi:

$$\langle \eta_{zi} \rangle = Q_u / Q_i; \quad \langle \eta_{zi} \rangle = 0,07 = 7 \%,$$

ceva mai mic ca cel calculat in paragraful precedent.

Puterea disipata de camera variaza intre (300-400) W, iar energia disipata $Q_d = 13,1$ MJ.

Puterea furnizata de peretele cald variaza intre (60 - 400) W iar energia cedata de el camerei este:

$$\Delta Q = Q_d - Q_u = 6,7 \text{ MJ}$$

In concluzie, pe durata lunilor octombrie-noiembrie, februarie-martie, aportul energetic specific al peretelui T-M este:

$$q = \frac{Q_u \cdot n}{S} \quad (8.21)$$

cu: n - numar zile insorite, $n = 45$, se obtine $q = 36$ MJ/m², ceea ce recomanda instalarea peretilor T-M pe fatadele sudice ale cladirilor.

8.3. Termometru electronic cu jonctiune p-n

Schema electrica a termometrului electronic realizat in Catedra de fizica a UTT este prezentat in fig.8.10, el utilizand ca traductori temperatura-semnal electric, diode cu siliciu 1N4148 (IPRS).

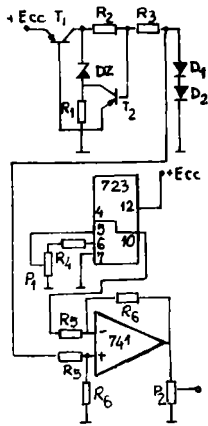


Fig.8.10

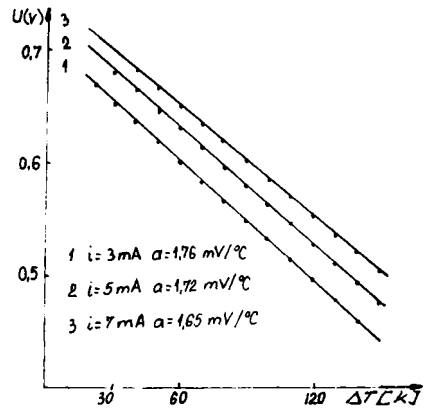


Fig.8.11

Se arata in [117] ca pentru densitati de curent constante si $\Delta T < 200 \text{ K}$ tensiunea pe diode poate fi pusa in forma:

$$U = U_0 - \alpha \cdot \Delta T \quad (8.22)$$

Pe fig.8.11 se prezinta dependenta tensiunii U masurate pe diodele D1D2 cu ΔT cind sint strabatute de curentii precizati pe figura.

Termometrul descris a fost utilizat pentru a determina experimental cimpul termic in diverse regiuni ale instalatiilor heliotehnice descrise anterior.

In catedra au mai fost dezvoltate studii si construite termometre electronice cu diode Zener [165].

CAPITOLUL 9

APLICATII INDUSTRIALE ALE CAPTATORILOR DE ENERGIE SOLARA ANALIZA CRITICA

In perioada anilor 1976-1989 in cadrul catedrei de fizica au fost dezvoltate studii si cercetari cu privire la proiectarea si realizarea de instalatii heliotehnice destinate: uscarii blocurilor ceramice, producerii apei calde, fluidizarii bitumului continut in rezervoare de mare capacitate, s.a.

9.1. Instalatie pentru uscarea blocurilor ceramice

Instalatia pentru uscarea caramizilor a fost realizata printr-o buna colaborare stiintifica si tehnica cu Intreprinderea de Produse Ceramice din Jimbolia [152, 153, 154]. Pe foto 9.1 se prezinta "Statia Soarelui" de la IPC Jimbolia.

9.1.1. SARCINILE INSTALATIEI HELIOTEHNICE

La IPC Jimbolia uscarea masei ceramice se face in hale inchise in care se sufla aer incalzit. Pentru ca uscarea sa decurga in conditii bune este necesar ca temperatura aerului sa varieze dupa o diagrama ca cea din fig.9.2.

Aerul cald se obtine intr-un arzator tip Johnson care absoarbe aer atmosferic si din caldura dezvoltata la arderea motorinei sau pacurei, il incalzeste si apoi il sufla in gangurile in care se afla masa ceramica. Ciclul de uscare naturala este de 14 zile de pastrare in aerul atmosferic. Cu aer cald, asa cum il descrie diagrama 9.2, el se reduce la 72 ore (3 zile).

In fiecare gang se introduc aprox. 6500 caramizi de format normal, care trebuie sa elimine apa pina cind umiditatea lor scade sub 5 %. Uscarea consta in eliminarea a 0,5 kg apa din fiecare caramida. Cantitatea de caldura necesara pentru uscare este:

$$Q_t = Q_a + Q_1 + Q_2 + Q_{ev} \quad (9.1)$$

unde: Q_a - caldura absorbita de aer;

Q_1, Q_2 - caldura absorbita de masa ceramica, respectiv de masa de apa pentru a se incalzi de la temperatura mediului pina la temperatura cea mai inalta a procesului de uscare;

Q_{ev} - caldura de vaporizare a apei la temperatura de uscare
Avem relatiile:

$$Q_1 = m_1 c_1 (t_u - t_i)$$

$$Q_2 = m_2 c_2 (t_u - t_i) \quad (9.2)$$

$$Q_{ev} = m_2 \cdot \lambda$$



Foto 9.1

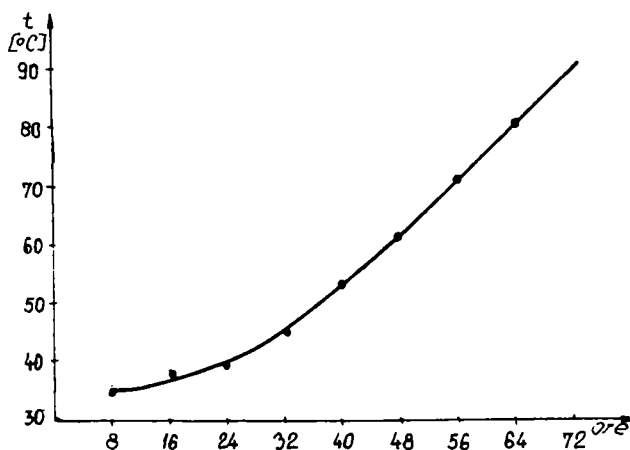


Fig.9.2

Masa apei continute in materialul ceramic dintr-un gang are valoarea 3250 kg, pentru eliminarea apei este necesara caldura: $20,4 \cdot 10^{10}$ J (4875 Mcal). In Statia Pilot I se afla 10 ganguri si deci caldura necesara pentru un ciclu de uscare este $20,4 \cdot 10^{10}$ J.

Puterea medie a sursei termice este:

$$P = Q/t; \quad P = (20,4 \cdot 10^{10}) / (72 \cdot 3600); \quad P = 770 \text{ kW (pentru statia Pilot I).}$$

Intrucit temperatura de uscare este relativ coborita, o parte insemnata a energiei termice poate fi colectata de la Soare cu consecinte imediate a economisirii de combustibil.

Acoperisul halei Pilot I, cu o suprafata de aprox. 700 m² poate fi folosit pentru a capta energia solara.

Daca aerul care trece prin insolator are temperatura suficient de ridicata pentru a corespunde procesului tehnologic el poate fi suflat cu ventilatoare in gangurile cu masa ceramica. Daca nu, el poate fi supraincalzit in arzatorul cu pacura, economisind in acest fel caldura lui de preincalzire.

La o viteza de curgere a aerului de 0,5 m/s se poate obtine o crestere a temperaturii de 35 °C pina la 55 °C, fata de cea a mediului exterior. In aceste conditii primele 40 - 45 de ore de uscare ar putea folosi aerul cald care provine direct din insolatoarele plane, in continuare fiind necesara supraincalzirea cu un sistem de oglinzi sau cu arzatorul Johnson.

9.1.2. SCHEMA DE PRINCIPIU. DIMENSIONARE

Prin lucrarile efectuate la Statia Pilot I s-a obtinut o suprafata disponibila pentru captatoarele plane $S = 600 \text{ m}^2$, fiecare captator avind $S_0 = 2 \text{ m}^2$, iar numarul produselor depozitate in hala $n = 80.000$ buc/ciclu.

Cantitatea de apa ce trebuie evacuata:

$$G = n \cdot G_0; \quad G_0 = 0,5 \text{ kg/ciclu}$$

$$G = 40.000 \text{ kg/ciclu}; \quad G = 4000 \text{ kg/zi}; \quad G = 167 \text{ kg/ora} \quad (9.3)$$

Caldura necesara este $Q = G \cdot \lambda$ ($\lambda = 540 \text{ kcal/kg}$ - caldura de vaporizare a apei) $Q = 9 \cdot 10^4 \text{ kcal/ora}$.

Pentru a determina debitul de aer necesar evacuarii vaporilor de apa rezultati in urma procesului de uscare se apreciaza ca aerul exterior are parametrii: $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, si $\varphi_1 = 60 \%$ (umiditatea relativa), aerul introdus (dupa bateriile de incalzire) are $t_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ si $\varphi_2 = 30 \%$, iar aerul evacuat are $\varphi_3 = 100 \%$ [52]

Pentru transformarea 2-3 variatia continutului de umiditate (data de diagramele aerului umed fig.9.6) este:

$$\Delta x = x_3 - x_2 = 5 \text{ g/kg}$$

Debitul de aer necesar pentru a evacua cantitatea de apa (G), este:

$$G_{\text{aer}} = G/\Delta x; \quad G_{\text{aer}} = 33.300 \text{ kg/h} \quad (9.4)$$

$$V_{\text{aer}} = 27.800 \text{ m}^3/\text{h}$$

La volumul $V_h = 3125 \text{ m}^3$ al halei de uscare, rezulta numarul schimburilor de aer:

$$n_V = V_{\text{aer}}/V_h; \quad n_V = 9 \text{ schimburi/ora} \quad (9.5)$$

Studiile de optimizare pe calculatorul Felix C 256 au evidentiat ca unghiul de pozare care ofera randament maxim mediat pe un an calendaristic incit sa se produca uniformizare intre perioadele cu insolatie mai slaba si cele cu insolatie mai puternica are valoarea $\alpha = 50^\circ$.

Relativ la transferul de caldura, s-a evidentiat prin acelasi program ca sectiunea canalului trebuie sa fie patrata ($0,25 \cdot 0,25$) m^2 , la o lungime de traseu (100-120) m si la o viteza de pina la 10 m/s ceea ce asigura un debit de $6000 m^3/h$. Ca urmare structura de principiu a bateriei se arata pe fig.9.3.

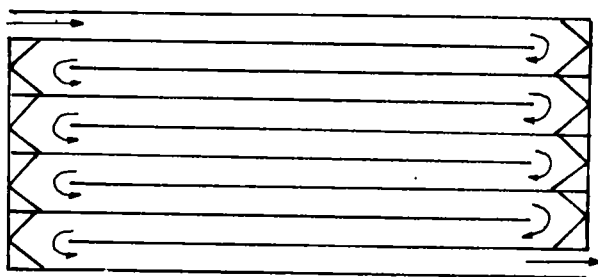


Fig.9.3

Alimentarea cu aer rece si evacuarea aerului cald se va face dupa schema de principiu din fig.9.4.

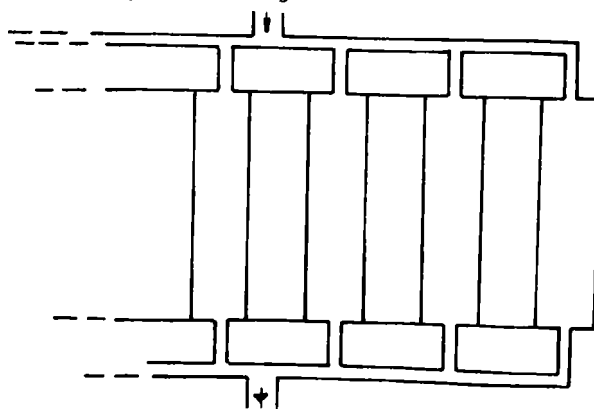


Fig.9.4

In realizarea concreta s-au avut in vedere urmatoarele cerinte (fig.9.5):

a) structura de rezistenta a acoperisului se acopera cu tabla de otel ondulata (0,5 mm), cu ambele fete vopsite in negru;

b) peste tabla de otel se va pune la distanta de 20 mm o placa de sticla (3-5) mm;

c) tabla de otel ondulata este separata de interiorul halei printr-o tabla de otel plana, innegrita spre partea exterioara a halei si vopsita in alb pe cealalta parte. Distanța între cele doua table este 300 mm.

d) tabla plana se sprijina pe un strat de vata minerala cu grosimea 100 mm;

e) spatiul dintre table este sectorizat longitudinal, sectoarele sint inseriate prin racorduri cilindrice;

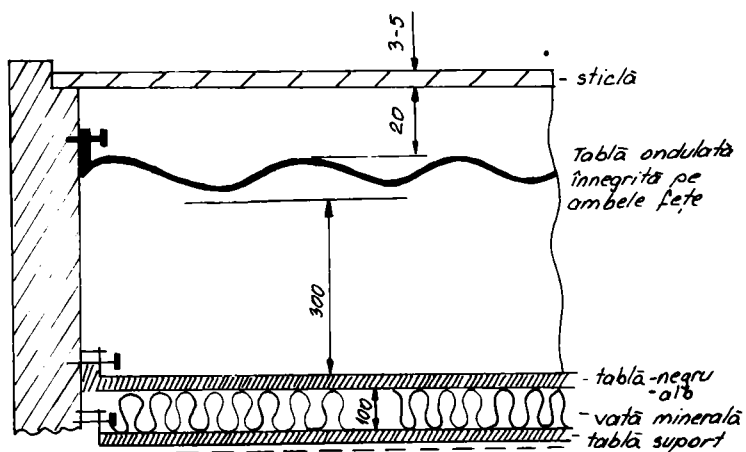


Fig.9.5

f) structura propusa este amenajata separat pe cele doua parti ale acoperisului (foto 9.1), urmind sa fie folosita o parte sau alta in functie de insolatia optima si de necesitatile de caldura in procesul tehnologic.

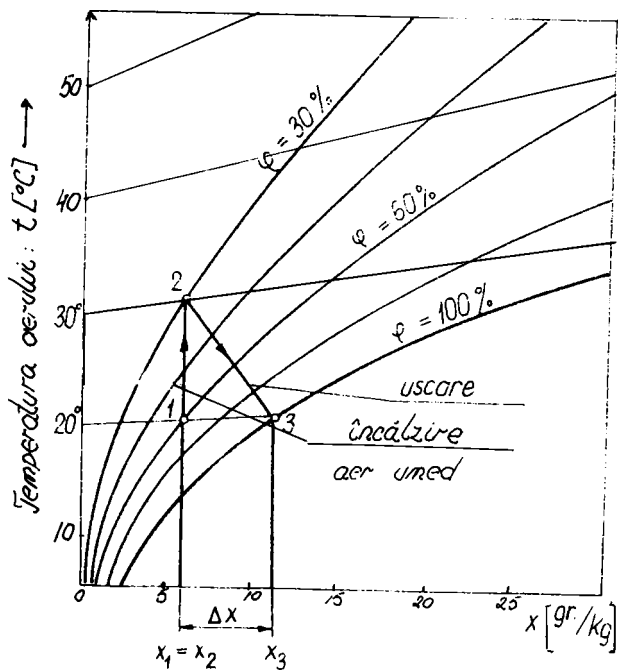


Fig.9.6

9.2. Instalatie pentru stocarea energiei solare, cu captatoare plane, in vederea utilizarii acesteia in schimbul de noapte pentru uscarea produselor ceramice

Pentru asigurarea calitatii produselor este de dorit ca procesul de uscare sa se desfasoare in regim cit mai uniform, asigurind parametrii optimi ai aerului de uscare pe toata durata ciclului.

9.2.1. SCHEMA DE PRINCIPIU

Tinind seama de conditiile existente in fabrica, (amplasarea cladirilor, spatiul disponibil) s-a propus schema instalatiei de stocare prezentata in fig.9.7.

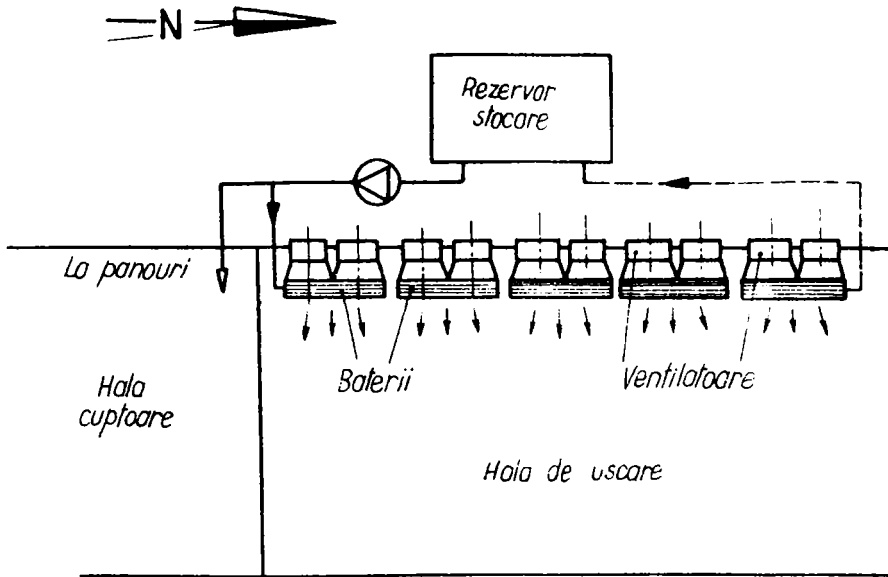


Fig.9.7

Aerul traverseaza hala in directie orizontala si este evacuat in directie opusa prin peretii mobili, aceasta eliminand tubulatura pentru dirijarea aerului. Pe verticala aerul se deplaseaza datorita variatiei parametrilor in procesul de uscare cit si datorita faptului ca valorile parametrilor aerului introdus difera de ai aerului din hala.

Captatoarele sint amplasate pe acoperisul halei vecine celei de uscare.

Hala cu produse ceramice beneficiaza de aer cald provenit fie de la captatoarele prezentate in paragraful 9.1 fie de la bazinele de stocaj prezentate pe fig.9.7.

9.2.2. DIMENSIONAREA INSTALATIEI

Avind in vedere parametrii termici coboriti ai aerului de uscare, temperaturi de 30-35 °C, instalatia de la IPCJ, se preteaza pentru utilizarea energiei solare, captata cu panouri plane si stocata cu ajutorul unui agent termic, in situatia de fata, apa (fig.9.8).

Agentul termic, apa calda, se va recircula cu ajutorul pompei centrifugale 2 (fig.9.8) prin rezervorul de stocare 3 dupa cum urmeaza:

- in regim de stocare (vreme insorita), prin captatoarele plane;

- in regim de consum (noaptea), prin bateriile de incalzire.

In vederea realizarii celor doua regimuri de functionare, instalatia este prevazuta cu robinetele R_0, R_1, \dots, R_6 , a caror pozitie inchis-deschis este indicata pe fig. 9.8.

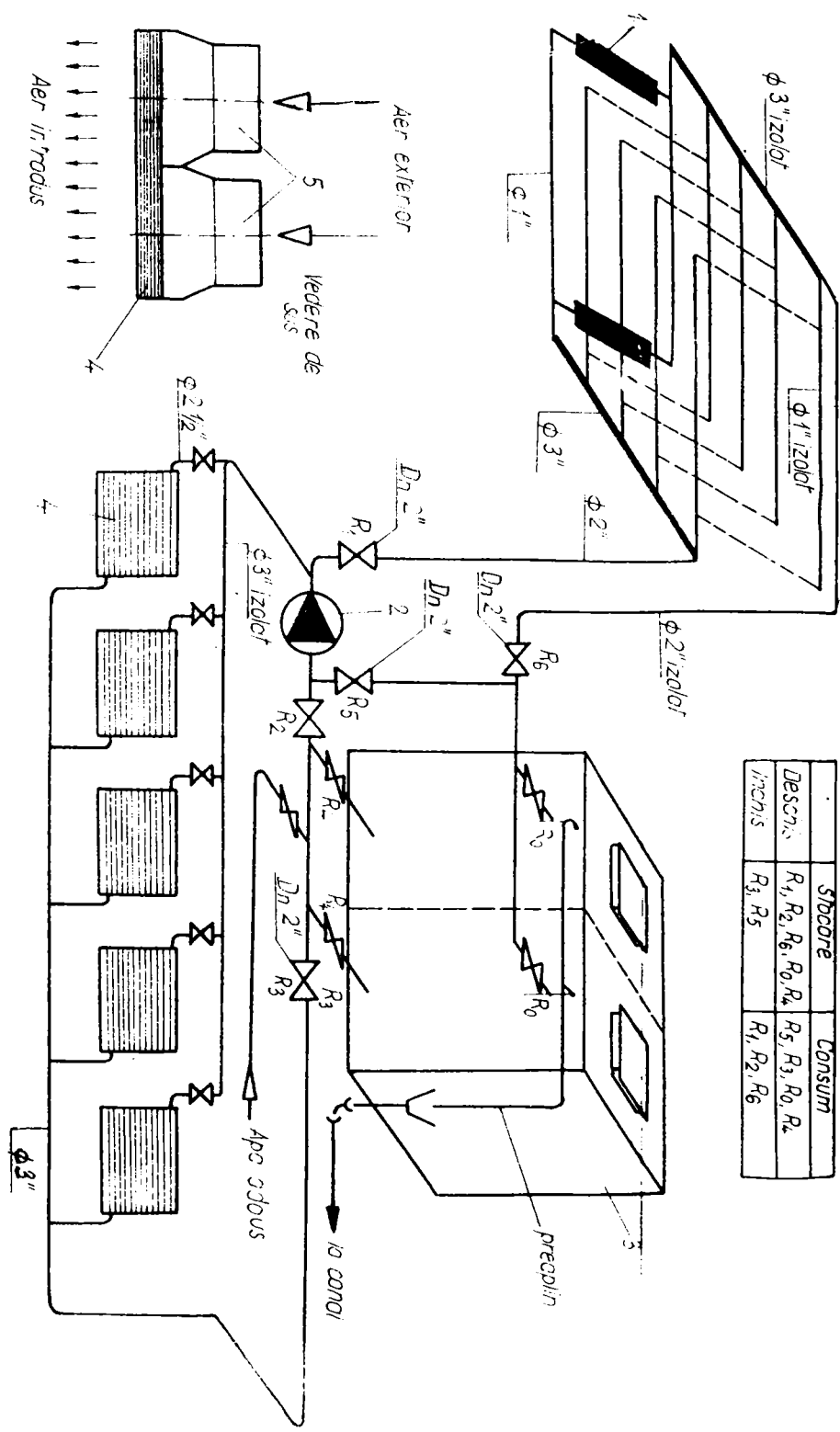
Tinind seama de durata relativ scurta de insolare fata de perioada de consum, considerind o ora de stocare a energiei termice pentru doua ore de consum, se obtine energia termica care trebuie captata intr-o ora:

$$Q_h = 2 \times Q; \quad Q_h = 18 \cdot 10^4 \text{ kcal/ora}$$

Pentru o putere termica medie a captatorului estimata la:
 $q = 5 \cdot 10^2 \text{ kcal/m}^2\text{h}$, obtinem suprafata de colectare:

$$S_{nec} = Q_h/q; \quad S_{nec} = 360 \text{ m}^2$$

Numarul de captatori ($2 \text{ m}^2/\text{captator}$) va fi $N = 180$, urmind a fi dispusi pe 5 rinduri a 36 buc/rind, la distanta de 1,5 m



| | Stocare | Consum |
|---------|--|---|
| Descrie | R ₁ , R ₂ , R ₆ , R ₀ , R ₄ | R ₅ , R ₃ , R ₀ , R ₄ |
| inchis | R ₃ , R ₅ | R ₁ , R ₂ , R ₆ |

Daca apa se incalzeste cu $\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, se obtine debitul apei care circula prin fiecare panou:

$$G_p = \frac{S \cdot q}{\Delta t} ; G_p = 50 \text{ kg/ora}$$

Debitul total al apei prin instalatia de stocare va fi:

$$G_h = N \cdot G_p ; G_h = 9000 \text{ kg/ora}$$

Capacitatea rezervorului de acumulare V , ca functie de debit si de durata insolatiei, care poate fi in medie de 6 ore/zi, este:

$$V = G_h \cdot \tau_i ; V = 54 \cdot 10^3 \text{ l}$$

Rezervorul de acumulare s-a confectionat din doua compartimente pentru ca in zilele cu insolatie scazuta sa se procedeze la incalzirea apei dintr-un singur compartiment. Robinetele R_0 si R_4 asigura stocarea caldurii in doua compartimente. Pentru aspiratia apei calde in partea superioara a bazinului la 250 mm sub nivelul apei se afla stutul robinetului R_0 . Pentru aspiratia apei reci din partea inferioara a bazinului, la inaltimea de 100 mm de fundul rezervorului s-a montat stutul robinetului R_4 .

In vederea incalzirii fluidelor se folosesc baterii tip ICMA, cu tevi orizontale BH 11/IV-12, avind latimea 1700 mm si inaltimea de 677 mm.

Aerul este introdus cu ventilatoare axiale tip VAFT 500, turatia 750 rot/min, puterea motorului $P = 0,1 \text{ kW}$, debitul aerului fiind $2780 \text{ m}^3/\text{h}$. Apa este circulata de o pompa centrifugala cu debitul de 8000 l/h.

9.3. Instalatie cu captatori solari pentru fluidizarea bitumului

Masuratori asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale bitumului au evidentiat urmatoarele valori medii:

- penetratie (la $25 \text{ }^\circ\text{C}$) = 85 mm;
- punct de inmuiera = $47,5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- ductilitate (la $25 \text{ }^\circ\text{C}$) = 130 cm;
- punct de rupere = $-19 \text{ }^\circ\text{C}$;
- densitate (la $25 \text{ }^\circ\text{C}$) = $1,05 \text{ g/cm}^3$

Valoarea punctului de inmuiere ($\sim 45,5^{\circ}\text{C}$) sugereaza posibilitatea utilizarii energiei solare pentru preincalzirea bitumului in vederea fluidizarii lui si deci a prelucrarii sale pentru obtinerea mixturilor asfaltice. In acest sens la catedra de fizica au fost dezvoltate studii si cercetari care au dus la proiectarea unor instalatii adecvate prin contractele de cercetare-proiectare.

Au fost realizate instalatii pentru preincalzirea bitumului la Directia Judeteana de Drumuri si Poduri Timis, Arad, Tg-Mures.

9.3.1. DIMENSIONAREA INSTALATIEI. SCHEMA DE PRINCIPIU

Instalatia realizata, pentru satisfacerea scopului de mai sus, la DJDP Timis, la Statia din Sacalaz este prezentat pe foto 9.9.

Tehnica de lucru utilizata la preincalzirea bitumului fara energie solara se face in doua moduri:

a) prin arderea motorinei in tevi verticale (4) care sint implantate in cazanul cu bitum;

b) circulind ulei fierbinte (220°C) prin serpentinele aflate pe fundul cazanului cu bitum.

Utilizarea energiei solare la preincalzirea bitumului a fost posibila in urma amenajarii acoperisului ca insolator plan cu efect de sera.

Pe fig.9.10 este reprezentata schita batalului astfel amenajat utilizind cele doua tehnici.

Pe figura se disting:

1. helioconvertor;
2. cazan cu bitum;
3. tevi cu ulei pentru preincalzirea bitumului;
4. tevi cu aer cald;
5. tanc pentru incalzirea finala a bitumului.

Daca bitumul aflat in cazanul 2 (fig.9.10) se afla la o temperatura superioara temperaturii mediului ambiant, este necesar un consum mai mic de energie pentru incalzirea uleiului care circula prin serpentine (3).

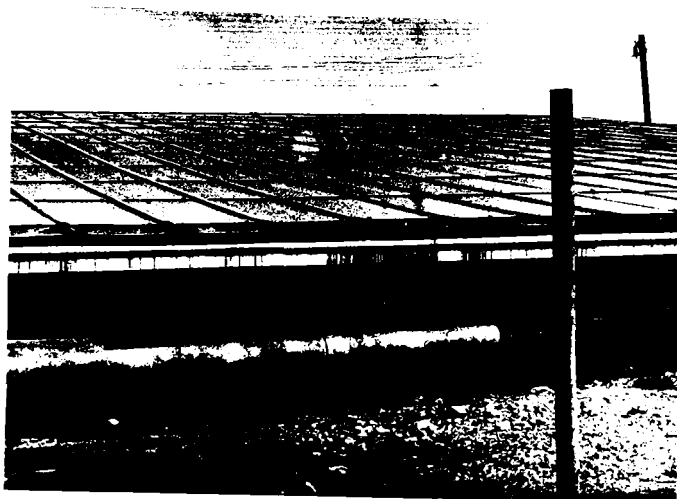


Foto 9.9

Insolator plan cu efect de seră

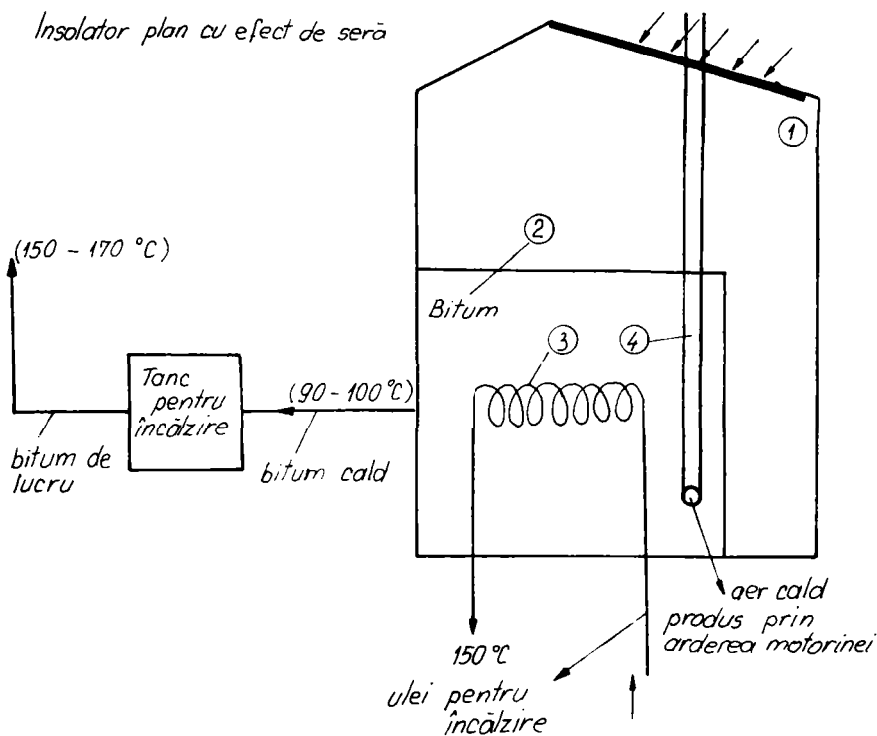


Fig. 9.10

9.3.2. COMPORTAREA INSTALATIEI IN REGIM DE EXPLOATARE

Masuratorile au constat in determinarea temperaturii in volumul de aer situat intre acoperisul insolatorului si suprafata bitumului. Masuratorile au fost facute de-a lungul normalei "d" trasata la distantele 1,5 m de coama acoperisului si 3,5 m de baza acestuia in punctele de coordonate: 40, 80, 100, 140, 180, 200 cm de acoperis (fig.9.11).

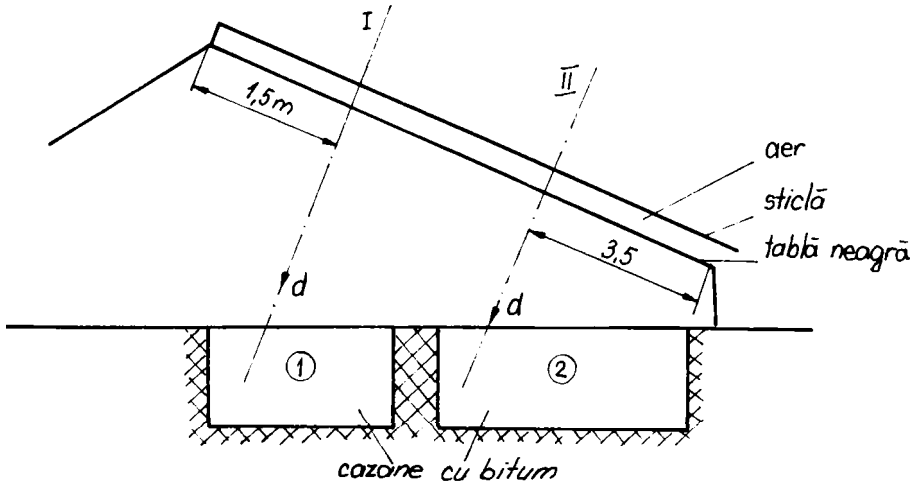


Fig.9.11

In absenta efectului de sera curbele de temperatura au aspectul din fig.9.12.

Se constata existenta a doua paliere primul la distanta 40 cm de acoperis, iar al doilea la 10 cm de suprafata bitumului.

Primul palier este distantat cu $\Delta T_1 = 15^\circ\text{C}$, iar al doilea cu $\Delta T_2 = 7^\circ\text{C}$ fata de temperatura mediului ambiant (TMA).

In prezenta efectului de sera, aspectul temperaturii este cel din fig.9.13, temperatura avind dupa un minim o tendinta de crestere pe masura apropiarii de suprafata bitumului.

Deci in volumul de aer se suprapun doua efecte:

- a) incalzirea aerului dinspre acoperis;
- b) izolarea si deci depozitarea energiei termice provenite prin convecție de la cazanul cu bitum.

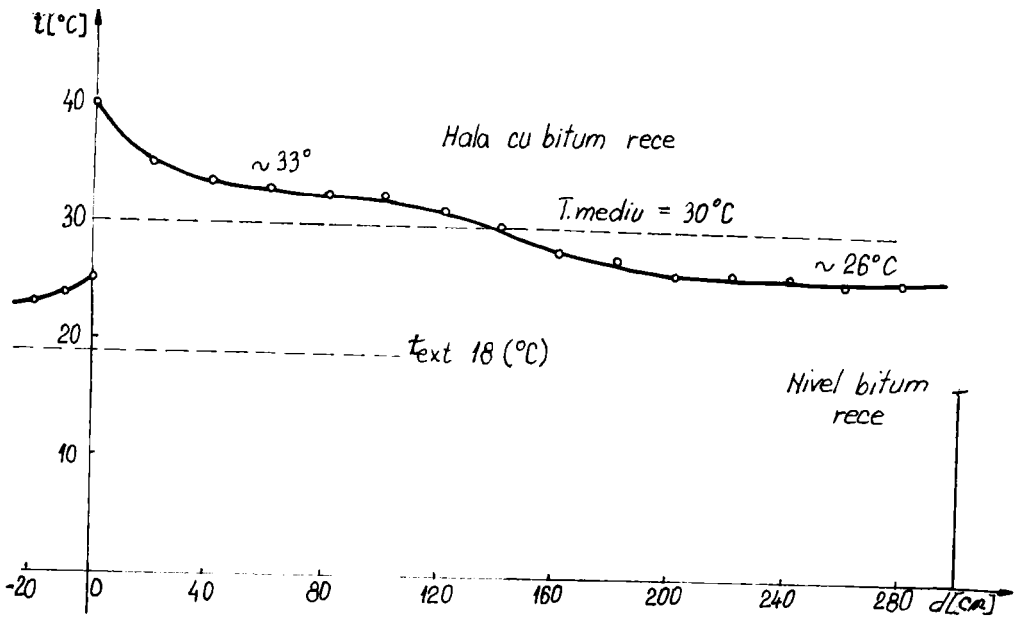


Fig. 9.12

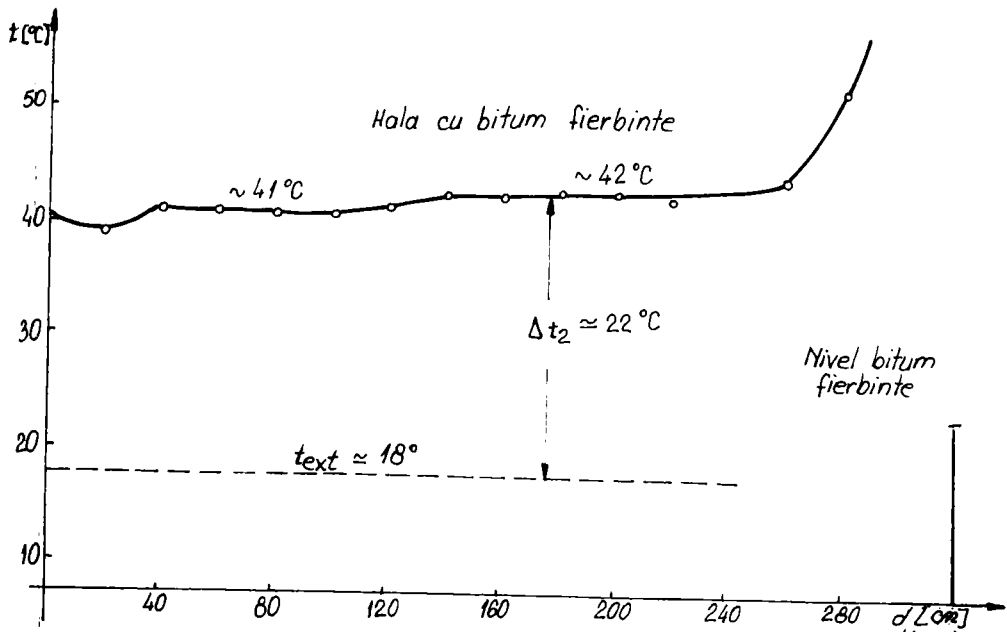


Fig. 9.13

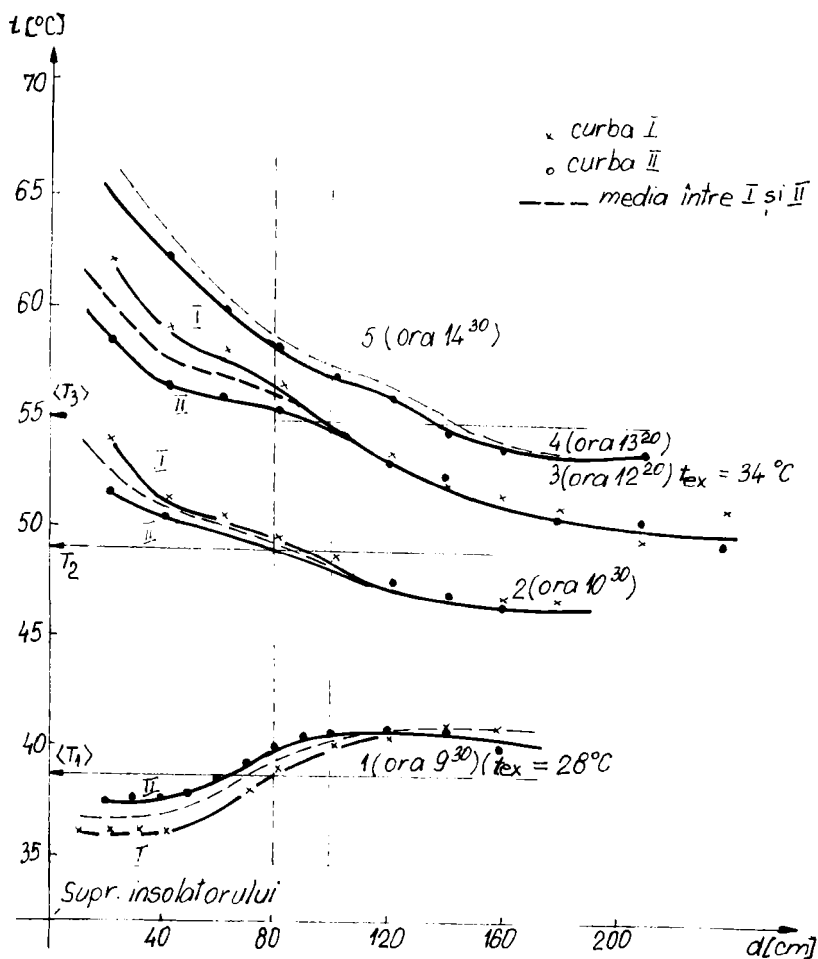


Fig. 9.14

Variatiile de temperatura cu distanta "d" de-a lungul celor doua normale, la diverse ore ale unei zile senine, sint prezentate pe fig. 9.14.

Figura 9.14 evidentiaza:

- la orele diminetii (9,45) temperatura creste cu "d", curbele I si II difera putin între ele, apoi se suprapun ;

- temperatura medie in insolator (t_1) este cuprinsa intre temperaturile de langa acoperis, respectiv suprafata bitumului;

- la ore mai inaintate, pe masura incalzirii volumului de aer curbele coboara dela valori mari spre valori mai mici la cresterea lui "d";

- curbele I, II manifesta doua paliere de temperatura, al doilea fiind comun;

- temperaturile medii din volumul de aer t_2 si t_3 devin, la ore inaintate, mai mici ca temperaturile din apropierea acoperisului si mai mari ca cele din apropierea bitumului;

- curbele prezinta punct de inflexiune, temperatura acestui punct, la o ora data, coincide cu temperatura medie.

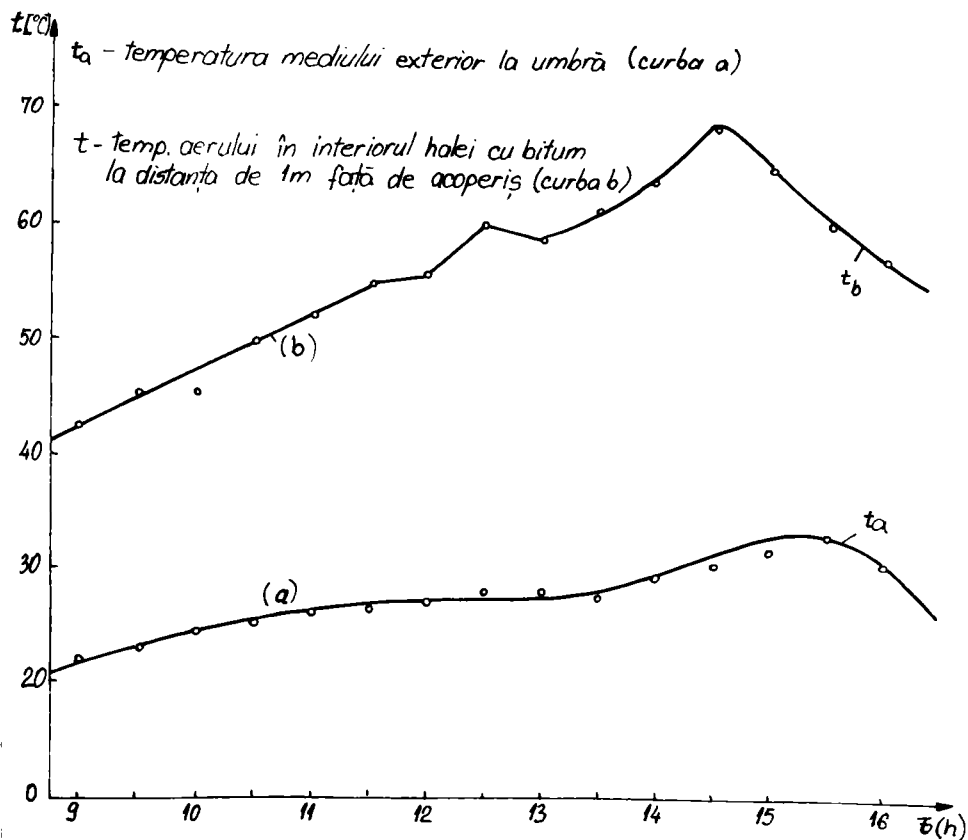


Fig.9.15

Masuratorile efectuate la distanta $d = 1$ m, ce corespunde punctului de inflexiune, au permis ridicarea curbei temperaturii medii cu distanta (fig.9.15).

Fig.9.15 evidentiaza urmatoarele:

- temperatura medie are valoarea maxima la orele 14,30;
- temperatura medie in spatiul vitrat in ziua respectiva este $\langle t_i \rangle = 55$ °C;
- temperatura ambianta medie este $\langle t_a \rangle = 27$ °C.

Cele doua aspecte arata ca in zile insorite, bitumul poate fi mentinut la temperatura de curgere doar prin aportul energiei solare.

9.4. Recomandari care sa asigure mai buna functionare a instalatiilor heliotehnice

Adesea, in exploatarea industrială a instalatiilor heliotehnice, se constata ca acestea nu functioneaza la parametrii proiectati. In general aceasta situatie este generata de neglijenta si de neintelegerea faptului ca instalatiile heliotehnice sint surse alternative, complementare de energie.

Pentru a eluda aceasta situatie neplacuta, beneficiarilor li s-au facut urmatoarele recomandari generale:

- izolarea termica buna a partilor laterale si posterioare cu vata minerala;
- constructia in ansamblu a insolatorului sa fie ingrijita si cit mai etansa, incit sa se evite patrunderea apei si a prafului;
- piesele sau ramele metalice ale insolatorului sa fie vopsite in culoare argintie;
- spalarea periodica a placilor de sticla sa se faca in cursul diminetii, pentru a se evita spargerea lor prin dilatate;
- curatirea periodica a suprafetei absorbante, respectiv revopsirea acestora;
- protejarea pe timp de iarna a acoperisului de sticla cu o plasa, carton gudronat sau alt material ieftin;
- mentinerea izolatiei in stare uscata;
- inlaturarea petelor de rugina;

- vopsirea sa fie realizata pe suprafata curatata de oxizi si cu vopsele negru mat, stratul de vopsea sa fie subtire;

- stratul de vopsea se poate deteriora si prin cojire din cauza temperaturii, ca urmare el trebuie indepartat anual si apoi sa se procedeze la revopsirea placii metalice.

Acestor recomandari generale li s-au adaugat, in decursul timpului, functie de situatia concreta si alte recomandari.

CAPITOLUL 10

CONCLUZII

Din studiile, cercetarile experimentale si interpretarile facute in elaborarea tezei referitoare la randamentele instalatiilor heliotehnice, concluziile relativ la fenomenele fizice implicate, valorile si evolutiile marimilor fizice care descriu functionarea acestora rezulta in principal a fi urmatoarele:

CAPITOLUL 2, contine un studiu bibliografic asupra fenomenelor fizice implicate la traversarea atmosferei de catre radiatia solara pina la suprafata pamintului precum si date experimentale asupra valorilor IRS in planul orizontal.

In paragraful 2.3 prezentam valorile calculate ale componentelor radiatiei solare obtinute prin program de calculator. Prin executia programului se obtine variatia orara si diurna, pe planul de orientare arbitrara, a urmatoarelor marimi:

ED - intensitatea radiatiei directe;

EdC - intensitatea radiatiei difuzate de cer;

EdA - intensitatea radiatiei difuzate de spatiu si interceptate de captator;

EDS - intensitatea radiatiei directe pe suprafata captatorului;

ES - intensitatea radiatiei globale pe suprafata captatorului;

ESS - energia primita diurn de un metru patrat de suprafata colectoare.

Pentru un captator inclinat la 45° , marimea ES are valoarea maxima de $898,1 \text{ W/m}^2$, pe data de 15 aprilie, ora 12.

In paragraful 2.4 descriem constructia si functionarea a doua aparate de masura pentru IRS si anume: "Bolometrul diferential autocompensat - Solaris 1" si "Piranometrul portabil - Solaris 2". Aparatele au fost realizate de catre colectivul "Energie Solara" din care am facut parte, in perioada 1976 - 1989, in scopul satisfacerii cerintelor de aparatura de masura a IRS; cerinte ce

au aparut odata cu dezvoltarea cercetarilor in domeniul energiei solare. Masuratorile comparative pe care le-am efectuat in laboratorul de optica a Universitatii de Vest prin iluminare cu radiatii laser si la Institutul de Meteorologie prin masurare simultana a IRS cu cele doua aparate si cu albedometrul stationar au permis sa se stabileasca urmatoarele:

- timpul de raspuns al aparatelor este de 2 minute pentru "Solaris 1" si 40 secunde pentru "Solaris 2";

- sensibilitatea este de $0,5 \text{ div./}12 \text{ W/m}^2$;

- instrumentul "Solaris 1" reda fidel valorile IRS in intervalul unghiular $(0,60)^\circ$ si deci este util beneficiarilor de energie solara intrucit unghiul de pozare al colectorilor este inclus in acest interval;

- instrumentul "Solaris 2" reda fidel valorile IRS in planul orizontal si deci poate intra in dotarea statiilor de meteorologie cu mentiunea ca este necesar ca periodic sa fie stabilita constanta de scala.

In acelasi paragraf am sintetizat un studiu experimental propriu meteo-climateric, efectuat in cadrul colectivului de Energie Solara, pe durata anilor 1986-1989, asupra marimilor:

- temperatura medie lunara, masurata la 1,15,30 ale lunii cu valori intre $(-2,5; 21,1)^\circ\text{C}$;

- fractia de insolatie cu valori intre $(0,27; 0,72)$;

- radiatia globala, masurata diurn, cu valoarea de $490,41 \cdot 10^7 \text{ J/m}^2/\text{an}$.

Durata medie de stralucire a Soarelui determinata de Statia Meteo variaza in intervalul $(67,9 ; 307,2)$ ore/luna;

Studiul, cu valabilitate pentru paralela 45°N , in scopuri heliotehnice, mai evidentiaza valorile medii lunare ale IRS masurate la o ora precizata (de ex. pentru luna iunie, la ora 12, valoarea este de 807 W/m^2) precum si variatia lunara a transmitantei medii a atmosferei, aceasta fiind maxima in luna iulie (90 %) si minima in luna decembrie (60%).

Mentionez ca, in calitate de membru al colectivului "Energia Solara" al Catedrei de Fizica, am participat la realizarile acestui colectiv materializate in constructia de aparate de masura si instalatii heliotehnice precum si la studii experimentale si teo-

retice finalizate in protocoale ale contractelor de cercetare-proiectare. In paralel pentru a realiza o imagine unitara asupra fenomenelor fizice implicate in termoconversie, am efectuat studii, cercetari si masuratori proprii, finalizate in lucrari stiintifice si inovatii. Valorile IRS prezentate in paragraful 2.4 noi le-am obtinut cu aparatul "Solaris 1" pina in 1985 apoi cu aparatul "Solaris 2".

CAPITOLUL 3, este destinat analizei printr-un studiu complex a fenomenelor fizice de baza implicate in conversia termosolara. Astfel se analizeaza:

- fenomenele optice in ansamblul geam-placa absorbanta;
- efectul de sera creat de materiale diatermane;
- pierderi energetice ale captatorului prin: radiatie termica, convectie, conductie;
- fenomene fizice in lungul conductelor de transport a caldurii;
- fenomene fizice la schimbatorul de caldura;
- fenomene termice in acumulatorul de caldura.

In paragraful 3.2 se urmareste prin program de calculator evolutia orara si diurna a factorului energetic de reflexie (R) la suprafata de separatie aer-sticla si evolutia produsului echivalent al absorbtiei transmisiei (DAE) in ansamblul geam-placa.

Pentru captatorul inclinat la 45° , valoarea lui R se mentine, la ora 12, la 4 % pe intregul an, iar valoarea lui DAE se mentine la aprox. 80 % in cazul efectului dublu de sera. Se mai evidentiaza faptul ca valoarea lui DAE variaza cu aprox. 5% cind se trece de la un ordin al efectului de sera la cel consecutiv.

Paragraful 3.3 descrie sintetic rezultatul preocuparilor unui grup restrins din care am facut parte asupra obtinerii de suprafete negre cu puteri de absorbtie ridicate. S-a obtinut o vopsea care aplicata pe tabla metalica a unui captator si-a mentinut coeficientul de absorbtie la valoarea 0,92 pe durata a doi ani de expunere in conditii naturale.

In paragraful 3.4 prezentam datele experimentale proprii pe care le-am obtinut cu spectrofotometrul VSU-2 asupra transmitantei a diferite materiale diatermane, evidentiind importanta calitatii

placilor de sticla in crearea efectului de sera.

Paragraful 3.5 trateaza, pe baza de documentare bibliografica, mecanismele transferului energetic prin invelisul captatorului; prezinta consideratii asupra dependentei factorului energetic de pierderi cu temperatura si sintetizeaza rezultatele calculului asupra valorilor conductantei.

In acord cu legile radiatiei termice captatorul radiaza caldura spre cer conform relatiei: $\dot{Q}_r = \epsilon \cdot S \cdot \sigma (T^4 - T_{cer}^4)$

Asezarea placilor de sticla la partea superioara a capcanei soale face ca temperatura (T) a suprafetei de radiatie sa se micșoreze ducind la diminuarea lui \dot{Q}_r .

Schimbul de caldura prin convecție este descris de legea lui Newton: $\dot{Q}_{cv} = \alpha_c (T - T_{aer}) \cdot S$. Marimea α_c este proportionala cu diferenta de temperatura intre placile de sticla la puterea 0,310, ca urmare efectul multiplu de sera duce la diminuarea rapida a marimii \dot{Q}_{cv} .

Puterea termica transmisa prin conductie se exprima prin ecuatia lui Fourier: $\dot{Q}_{cd} = -\lambda (dT/dx)S$. Izolarea partilor laterale si posterioara ale captatorului cu materiale ce au λ foarte mic determina scaderea lui \dot{Q}_{cd} pina la valori neglijabile.

Intrucit determinarea temperaturilor placilor de sticla ridica dificultati, uzual, pentru calculul conductantei (K) se folosesc relatii semiempirice ce tin cont de mecanismele precizate prin termeni ce contin: temperatura placii absorbante, numarul placilor de sticla, viteza vintului, conductivitatea izolatiei, grosimea izolatiei, temperatura ambianta, unghiul de pozare, emisivitatea geamului si a corpului negru.

Relativ la dependenta conductantei cu temperatura, la valori scazute ale temperaturii, stabilim relatia: $C = -3,388 \cdot 10^{-5}t + 0,0591$ in care C depinde foarte slab cu temperatura, fapt confirmat experimental (C - o marime proportionala cu conductanta).

Eficienta captatorului este conditionata de valoarea factorului de pierderi termice, ca urmare prezentam un studiu, pe calculator, asupra dependentei parametrice, parametrul fiind temperatura placii absorbante, a factorului de pierderi termice cu ordinul efectului de sera, cu unghiul de pozare si cu viteza vintului. Evidentiem faptul ca variatia ordinului efectului de sera influenteaza puternic factorul de pierderi si ca acesta variaza lent cu

viteza vintului si cu unghiul de pozare.

Ilustram afirmatia precedenta prin situatiile:

- ordinul efectului de sera creste de la $n = 1$ la $n = 2$, conductanta are variatia $\Delta K = - 2,693 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($d = 15 \text{ cm}$)
- viteza vintului creste cu 1 m/s , variatia conductantei este $\Delta K = 0,105 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($n = 2$, $d = 15 \text{ cm}$);
- unghiul de pozare al captatorului creste de la 30° la 60° , conductanta variaza cu $\Delta K = - 0,127 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Paragrafele 3.6 si 3.7 contin un studiu bibliografic asupra fenomenelor fizice in lungul conductelor de transport a caldurii si la schimbatorul de caldura evidentiindu-se: contributia convecției libere, a radiatiei si a vintului la pierderile termice prin suprafetele conductelor si ca urmare posibilitatea de stabilire a diametrului optim exterior al izolatiei; pierderile de presiune de-a lungul conductelor si ca urmare cheltuielile energetice pentru pompare; contributia fenomenelor de convecție si conductie la transferul de caldura prin peretii schimbatorului de caldura si ca urmare posibilitatea de a spori densitatea fluxului termic prin marirea suprafetei de schimb termic.

In paragraful 3.8 prezentam vis-a-vis de metodele numerice descrise in literatura, o solutie analitica a sistemului de ecuatii diferentiale ale echilibrului energetic in acumulatorul termic in pat de roci.

Cu ajutorul relatiei stabilim:

- valorile cimpului termic stationar in lungul bazinului;
- momentele la care se instaleaza cimpul termic stationar in diverse puncte;
- ecartul termic mediu fata de exterior pe diverse segmente ale acumulatorului;
- caldura inmagazinata in diverse segmente ale bazinului;
- fractiunea caldurii acumulate in dependenta ei cu coordonata.

In cazul unui bazin cu piatra cu volumul $V = 40 \text{ m}^3$, se instaleaza regimul stationar in intreaga masa termica dupa o durata de incalzire de 43,6 ore, ecartul termic mediu fata de exterior este $40,8^\circ\text{C}$, fractiunea caldurii inmagazinate tinde cu coordonata spre o valoare de palier, astfel la $x = 10 \text{ m}$, $f = 0,40$.

In capitolul 4 sintetizam in baza cercetarilor proprii efectuate la "Casa Solara" a UTT (instalatie proiectata de un colectiv al Facultatii de Constructii si realizata prin eforturile Rectoratului IPT in perioada 1982-1984) valorile randamentelor tuturor segmentelor din lantul energetic: captator - transport-schimbator de caldura - acumulator in pat de roci - utilizator.

Randamentele determinate au valorile: captare-transport: 0,374; schimbator de caldura: 0,82; acumulator: 0,63; extragerea caldurii din bazin: 0,68.

Randamentul global al instalatiei variaza intre 8% si 13% .

Masuratorile efectuate ne-au permis cunoasterea detaliata a contributiei fiecarui segment din lantul energetic la stabilirea randamentului global in a carui expresie fiecare veriga participa cu ponderi subunitare (randamentul global evaluindu-se prin produsul randamentelor partiale). Acest studiu indica elementele asupra carora trebuie sa se concentreze atentia proiectantilor intrucit ele pot fi cauza eficientei reduse si a refuzului utilizatorului de a accepta solutiile preconizate pentru satisfacerea cerintelor energetice.

In capitolul 5 se urmareste prin program de calculator evolutia orara si diurna a supra-temperaturii si a randamentului energetic pentru un captator al carui unghi de pozare variaza intre $(0-90)^\circ$. Supratemperatura (t) si randamentul (η) sint dependente de: caracteristicile constructive (S, F_e), parametri functionali (\dot{m}, c_p) caracteristicile izolante (K), intensitatea radiatiei in planul captatorului (ES), produsul echivalent al absorbtiei-transmisiei (DAE). Pentru un captator dat si un regim de lucru stabilit marimile t si η apar in dependenta: $f = f(ES, DAE)$. La rindul lor marimile ES si DAE au o variatie orara si diurna din cauza masei de aer strabatut si a unghiului de incidenta pe suprafata colectoare. Unghiul de incidenta al radiatiei pe suprafata de captare depinde la rindul sau de pozitia Soarelui pe bolta (prin unghiul azimutal si unghiul de inaltare) si de unghiul de pozare al captatorului. Masa de aer este si ea dependenta de coordonatele unghiulare ale Soarelui. Programul de calculator permite stabilirea valorilor pentru t si η la orice moment calendaristic luind in calcul toate variabilele precizate anterior.

Astfel pentru un captator cu doua placi de sticla, indice de refractie al sticlei 1,53 ,suprafata 4 m^2 , conductanta $4,73 \text{ W/m}^2\text{K}$, factor de eficienta 0,93 ,debit $0,030 \text{ kg/s}$, caldura specifica 1030 J/kgK , grosimea placilor de sticla 4 mm , unghi de pozare 45° , unghi azimutal 0° , programul furnizeaza pentru data de 15.06. urmatoarele marimi:

- supratemperatura la orice ora, de ex. la ora 12, $t = 57,9 \text{ }^\circ\text{C}$;
- supratemperatura medie a zilei, $\langle t \rangle = 21,7 \text{ }^\circ\text{C}$;
- randamentul la orice ora, de ex. la ora 12, $\eta = 0,574$;
- randamentul mediul al zilei, $\langle \eta \rangle = 0,306$;
- energia convertita in caldura, $Q = 6,3 \cdot 10^9 \text{ J/m}^2\text{zi}$.

Daca unghiul de pozare variaza se obtine $t_{\text{max}} = 63 \text{ }^\circ\text{C}$ la ora 12h 4 min, pentru unghiul de pozare de 20° , iar randamentul maxim $\eta_{\text{max}} = 0,574$.

Programul poate fi util beneficiarului pentru a stabili conditiile de exploatare ale captatorului functie de cerintele impuse fluxului de caldura (temperatura, debit energetic).

In capitolul 6 aratam, prin programe de calculator, posibilitatea proiectarii captatoarelor plane prin analiza energetica respectiv exergetica si evidentiem avantajele oferite de proiectarea prin analiza exergetica.

Sub aspect energetic supratemperatura si randamentul energetic se pot exprima prin dependente de forma: $t = f(ES, S, \eta, \dot{m}, c_p)$ respectiv $\eta = f(\dot{m}, c_p, \text{DAE}, K, S)$.

Pentru o valoare data IRS, considerata parametru, dependentele precizate conduc la suprafete cu variatie asimptotica fata de axele de coordonate. Ca urmare in proiectarea prin analiza energetica una dintre variabile (\dot{m}, S, c_p, K) trebuie sa fie aleasa arbitrar, urmind ca celelalte sa fie determinate prin interpolare.

Sub aspect exergetic, consumatorii energetici sint de fapt consumatori de exergie, aceasta transformindu-se in energie. Ca urmare prezentam formula randamentului exergetic in dependenta:

$\eta_{\text{ex}} = f(ES, \dot{m}, c_p, \text{DAE}, S, K)$ si prin program de calculator construim suprafata $\eta_{\text{ex}} = f(\dot{m}, S)$ in conditiile $K = 4,73 \text{ W/m}^2\text{K}$; $ES = 600 \text{ W/m}^2$;

$DAE = 0,72$; $c_p = 4200 \text{ J/kgK}$; $F_e = 0,90$; $T_{amb} = 295 \text{ K}$; obtinind puncte de maxim si un punct de maxim maximorum. Coordonatele punctului de extrem constituie parametrii constructivi si functionali optimi ai captatorului.

Pentru cazul descris se obtine: $\eta_{exmax} = 0,0358$; $\eta_{enmax} = 0,3844$;
 $S_{max} = 9,50 \text{ m}^2$; $\dot{m}_{max} = 0,083 \text{ kg/s}$ si $t_{max} = 66 \text{ }^\circ\text{C}$.

Capitolul 7 In vederea elucidarii influentei structurii diferitelor tipuri de captatori asupra eficientei lor am realizat un studiu comparativ teoretic si experimental a 11 tipuri de captatori (10 construite de catre colectivul catedrei de fizica si 1 captator-Sadu 1- achizitionat din tara). Am participat la proiectarea captatorilor, ei fiind executati in atelierele catedrei sau la SPM.

In paragraful 7.1. facem o clasificare a captatorilor care au constituit obiectul cercetarilor in perioada 1976-1992 tinind cont de regimul de lucru: pasiv sau dinamic.

In paragraful 7.2. descriem schemele de principiu si prezentam datele tehnico-constructive ale captatorilor:

- captatorul pentru obtinerea apei calde (7.1) functioneaza in regim pasiv si poate fi echipat cu $n=0,1$ sau 2 placi de sticla, ordinul efectului de sera ramaind constant pe durata unei secvente;

- captatorul cu structura anterioara variabila (7.10) este o perfectionare a celui precedent in sensul ca ordinul efectului de sera se maresc cu cite o unitate, in cadrul aceleasi secvente pe masura ce temperatura creste, intrucit ordine superioare ale efectului de sera conduc la diminuarea pierderilor termice si ca urmare acelasi nivel termic poate fi atins pe o durata mai scurta;

- captatorul cu strat pelicular de apa (7.2), este realizat din sticla eliminandu-se consumul de metal si prezinta o valoare mai mare a produsului eivalent al absorbtiei-transmisiei, radiatia solara strabatind si stratul de apa pe care-l incalzeste;

- captatorul cilindric pentru preincalzirea bitumului (7.3) incalzeste, in regim pasiv, o masa de bitum continut intr-un rezervor metalic pozat sub un unghi complementar unghiului de inal-tare a Soarelui astfel ca pe durata zilei sa existe normalitate

intre directia razelor solare si sectiunea principala a cilindru-
lui care se rotește cu o viteza unghiulara egala cu cea aparenta a
Soarelui pe bolta;

- captatorul pentru preincalzirea bitumului, inglobat in
elemente de zidarie (7.4) se deosebeste de precedentul prin aceea
ca cilindrul cu bitum este plasat intr-o incinta de caramida ce
are la partea superioara o suprafata vitrata si doua oglinzi, iar
pe peretele sudic al incintei este amenajat un perete T-M;

- captatorul pentru climatizarea locuintelor (7.5) este un
perete T-M amenajat pe fatada sudica a unei cladiri;

- heliocaptatorul cu autofocalizare (7.6) contine un sistem de
oglinzi plane care realizeaza o concentrare usoara a radiatiei pe
tuburile prin care circula apa;

- helioconvertorul pentru prepararea aerului cald tehnologic
(7.7) functioneaza in regim dinamic, fluidul termopurtator este
aerul al carui debit poate fi variat;

- captatorul din materiale recuperabile (7.8), foloseste ca
element activ schimbatorul de caldura al unui frigider uzat, per-
mitind economia de materiale, iar ca gent termopurtator foloseste
apa care circula prin cadere gravitationala;

- captatorul - Sadu 1 - (7.9) este un panou solar tip registru,
in regim dinamic, fluidul caloportor fiind apa;

- captatorul plan-compus (7.11) este o perfectionare a
captatorului (7.7), efectul de sera marindu-se pe masura ce
fluidul se incalzeste in curgerea sa in lungul tubului de curent,
permite obtinerea unui anumit nivel termic pe o lungime construita
mai mica decit captatorul (7.7);

Trei captatori si anume: 7.6, 7.3 si 7.11 constituie inovatii
la care sint autor sau coautor, iar captatorul 7.2 constituie
inventie (prof.dr.ing. C.De Sabata).

Paragraful 7.3. contine un studiu asupra fractiunilor de
utilizare a suprafetelor captatorilor cu precizari asupra modului
de executie al acestora pentru ca umbririle suprafetelor active sa
fie minime.

In paragraful 7.4 prezentam rezultatele calculelor si masurato-
rilor proprii asupra caracteristicilor optice si termoizolante ale
captatorilor concretizate in: produsul echivalent al absorbtiei-

transmisiei, $DAE \in (0,7000; 0,855)$ conductanta, $K \in (3,32; 9,04) \text{ W/m}^2\text{K}$; supratemperatura echilibrului radiativ $t_m \in (17,5; 67,0) \text{ }^\circ\text{C}$.

In paragraful 7.5. sint redade nivelele termice calculate si experimentale pe baza de masuratori proprii pentru regimurile pasiv si dinamic, pentru ordine diferite ale efectului de sera, respectiv pentru valori diferite ale debitului la diverse valori ale IRS. Astfel pentru regimul pasiv supratemperatura poate atinge valorile: $t = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ ($n = 0$); $t = 29 \text{ }^\circ\text{C}$ ($n = 1$); $t = 34 \text{ }^\circ\text{C}$ ($n = 2$); pentru regimul dinamic la o valoare a IRS de 600 W/m^2 , supratemperatura atinge valorile $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ (captator 7.9); $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ (captator 7.7 si 7.8); $t = 14 \text{ }^\circ\text{C}$ (captator 7.6).

Paragraful 7.5 mai contine date experimentale proprii asupra cimpului termic in masa de bitum preincalzit prin aport solar, conductivitatea scazuta a acestuia determinind o distributie neuniforma a cimpului termic.

In acelasi paragraf prezentam o relatie pentru calculul supratemperaturii la iesirea captatorului cu autofocalizare demonstratia fiind detaliata in doua lucrari proprii.

Paragraful 7.6. contine rezultatele masuratorilor proprii si calculelor asupra puterilor utile si debitelor energetice in regimurile pasiv, respectiv dinamic in dependenta acestora cu supratemperatura sau cu IRS. Pentru regimul pasiv puterea utila specifica variaza intre 0 si 515 W/m^2 , cind ecartul termic ia valori descrescatoare in intervalul $(40; 5) \text{ }^\circ\text{C}$. Pentru regimul dinamic debitul energetic specific variaza intre $(33; 243) \text{ W/m}^2$ cind IRS ia valori in intervalul $(100-600) \text{ W/m}^2$.

In paragraful 7.7 descriem comparativ utilizind date experimentale proprii variatiile randamentelor conversiei heliotermale cu evidentierile:

- in regimul pasiv, captatorii cu apa au o eficienta cuprinsa intre $(36-43)\%$ la o durata de expunere de 5 ore, la durate scurte (1-2) ore aceasta putind fi de aprox. 70% ; la captatorii cu bitum eficienta este mult scazuta si anume 22% la o expunere de 5 ore;

- in regimul dinamic eficienta termoconversiei variaza rapid cu debitul fluidului, astfel la captatorul cu aer randamentul este de 18% pentru debitul de $27 \text{ m}^3/\text{h}$ si de 38% pentru debitul de $135 \text{ m}^3/\text{h}$

- in regimul dinamic la captatorii cu apa randamentul poate depasi la amiaza valoarea de 50 % .

In acelasi paragraf mai aratam ca la helioconvertorul cu aer randamentul depinde foarte slab cu marimea (t/E_p) , astfel pentru debitul $43 \cdot 10^{-3}$ kg/s deducem dependenta: $t/E_p = 0,0224 + 5,46 \cdot 10^{-6} E_p$ ceea ce justifica afirmatia de mai sus.

In paragraful 7.8 stabilim modalitatile de perfectionare ale captatorilor plani dupa cum urmeaza:

- pentru captatorii in regim pasiv deducem ca ordinul efectului de sera trebuie sa se modifice cu o unitate in decursul aceleasi secvente cind supratemperatura atinge valoarea data prin (i-ordin curent al efectului de sera):

$$t'_i = \frac{t_{mi} \cdot C_i - t_{mi+1} \cdot C_{i+1}}{C_i - C_{i+1}}$$

- cistigul de timp ce revine unitatii de suprafata colectoare este de 135 min/m^2

- pentru captatorii in regim dinamic deducem ca ordinul efectului de sera trebuie sa se modifice in lungul liniei de curent in punctul a carui coordonata este data prin:

$$y = \frac{\dot{m} \cdot c_p}{a(K_i - K_{i+1})} \ln \frac{DAE_i}{DAE_{i+1}}$$

- economia ce revine unitatii de suprafata se exprima prin fractiunea $f = 0,31$.

In paragraful 7.9 aratam ca insolatoarele plane se constituie in surse alternative de energie permitind economisirea a (46,3 ; 90,2) kg cc/m²an.

Determinarile experimentale si calculele descrise in capitolul 7 duc la constatarea ca panourile solare in regim dinamic, cu apa ofera o plaja larga de variatie a supratemperaturii si randamentului (pina la 50 °C, respectiv pina la 54 %) si deci pot satisface cerinte variate ale beneficiarilor de energie solara.

Panourile in regim dinamic cu aer realizeaza supratemperaturi mai scazute (pina la 40 °C) si randamente mai mici (pina la 38 %) dar simplitatea constructiei si pretul de cost ii pot face competitivi in raport cu alte variante de captatori.

In capitolul 8 redam sintetic rezultatele studiului experimental si teoretic pe care l-am efectuat in perioada anilor 1991-1992 la "Casa Solara" asupra posibilitatii de stocare a energiei furnizate de captatori in vederea climatizarii de durata medie a unei incinte de pierderi termice minime. Acelasi capitol contine si rezultatele cercetarilor proprii efectuate in perioada 1985-1989 asupra stocarii caldurii intr-un perete T-M in vederea climatizarii pe durata scurta a unei camere de locuit.

Experimentele descrise in paragraful 8.1. conduc la:

- in regim de incarcare, temperatura in acumulatorul termic in pat de roci creste cu aprox. 4,5 °C/zi;

- in regim de asteptare, in bazin scade cu aprox. 0,5 °C/zi;

- in regim de extractie a caldurii temperatura in bazin scade cu aprox. 3 °C/zi;

- in perioada in care temperatura medie ambianta este mai mare ca 10 °C, se poate realiza climatizarea spatiului locuibil pe durata a 3-4 zile utilizand numai energie termica extrasa din bazin; randamentul de utilizare a energiei solare fiind aprox. 13,7 %;

- in perioadele in care temperatura medie ambianta este mai mica ca 10 °C, se poate realiza climatizarea incintei pe durate medii utilizand energie termica stocata si energie electrica; ponderea energiei extrase din bazin in bilantul termic al incintei este cel mult 56 % , iar randamentul instalatiei este de 8,5 % .

Paragraful 8.2 contine un studiu, confirmat experimental, asupra evolutiei temperaturii in spatiul delimitat de placa de sticla si corpul negru, stabilind in acest sens relatia:

$$T = T_a (1 + k) / [1 + \exp(-k_1 \tau)]$$

ce contine marimi usor accesibile experimental.

In acelasi paragraf aratam, pe baza de masuratori proprii, ca energia termica acumulata pe durata zilei in peretele T-M poate asigura stabilitatea climatului interior, in limite admise de igienisti, pe durata a 3-4 ore de la asfintit. In acest paragraf propunem un model hidrodinamic pentru explicarea functionarii peretelui T-M si stabilim pentru expresia puterii utile relatia:

$$\dot{Q}_u = 237,9 \left(1 - \frac{546}{546 + t_1 + t_2} \right) (t_2 - t_3)$$

Cu ajutorul acestei relatii estimam eficienta medie diurna a peretelui T-M ca fiind de 7 % .

Datele experimentale si calculele descrise in capitolul 8 denota fezabilitatea termostatarii unor incinte cu pierderi termice minime, prin aport solar, pe durate scurte sau medii.

Capitolul 9. In perioada anilor 1976 - 1989, Colectivul "Energia Solara" a Catedrei de Fizica a dezvoltat cercetari ample, in vederea implementarii energiei solare in activitatile industriale, in colaborare cu intreprinderi din tara. Ca membru al acestui colectiv am participat la efectuarea cercetarilor si finalizarea lor prin Protocoale de cercetare-proiectare.

Capitolul 9 sintetizeaza citeva aplicatii industriale ale captatorilor realizate de catre Catedra de Fizica, cum ar fi: instalatie pentru uscarea blocurilor ceramice la IPC Jimbolia; instalatie pentru stocarea energiei solare, cu captatoare plane, in vederea utilizarii acesteia in schimbul de noapte pentru uscarea produselor ceramice; instalatie cu captatori solari pentru fluidizarea bitumului la IJDP Timis.

Mentionez ca studiile si cercetarile pe care le-am efectuat s-au materializat prin: publicarea ca autor sau coautor a 52 lucrari stiintifice; participarea la elaborarea a 34 contracte de cercetare, a 6 inovatii si una inventie.

In lista bibliografica a lucrarii se regasesc 59 trimiteri proprii (lucrari, contracte, inovatii).

BIBLIOGRAFIE

- [1] C.De Sabata, M.Borneas, B.Rothenstein, A.Munteanu, *Bazele fizice ale conversiei energiei solare*, Ed.Facla, Timisoara, pp.48-54 (1982).
- [2] V.Fara, R.Grigorescu, *Conversia energiei solare in energie termica*, Ed.St. si Enciclopedica, Bucuresti, pp.23-43 (1982).
- [3] V.Fara, A.Dinculescu, R.Grigorescu, *Stocarea termica a energiei solare - aplicatii in agricultura*, Ed.Ceres, Bucuresti, pp.17-92 (1991).
- [4] Al.Danescu, S.Bucurenciu, St. Petrescu, *Utilizarea energiei soare*, Ed.Tehnica, Bucuresti, pp.42-57 (1980).
- [5] *** *Tehnologii de valorificare a energiei solare*, INID, Bucuresti, pp.17-30 (1983).
- [6] J.L.Perrier, *Energie solaire et hydrogene*, Ed. Tehn. et Scientifiques, Paris (1980).
- [7] Th.E.Graedel, P.J.Crutzen, *The Chaning Atmosfere*, *Scientific American*, sept, p.36 (1989).
- [8] H.Schneider, *The Chaning Climate*, *Scientific American*, sept., p.42 (1989).
- [9] C.De Sabata, A.Munteanu, C.Marcu, D.Popov, I.Miron, M.Boldan, M.Gangal, *Considerations concernant l'action des facteurs meteorologiques sur la surface du capteur plan*, *Lucr. Sem. Mate-Fiz.IPTVT*, pp. 109-114, (1982).
- [10] R.Walraven, *Calculating the position of the Sun*, *Solar Energy*, 20, p.395 (1979).
- [11] E.Kauer, T. Thalhammer, *The potential Solar Energy*, *Atomkernenergie*, 25, pp.162-172 (1975).
- [12] M.P.Thekaekara, *Cantitative Data on Solar Energy*, *Energy Primer/Solar*, Portola Institute, p.25 (1974).
- [13] R.Bernard, G.Menguy, M.Schwartz, *Le rayonnement solaire. Conversion thermique et applications*.Tehn.et Doc. Lavoisier, Paris, p.41 (1980).

- [14] I.Vladea, *Tratat de termodinamica tehnica si transmiterea caldurii*, Ed.Did. si Pedag., Bucuresti, p.562 (1974).
- [15] M.Ilina, C.Bandrabur, N.Oancea, *Energii neconventionale utilizate in instalatiile din constructii*, Ed.Tehn, Bucuresti, pp.20-64 (1978).
- [16] *** *Anuarul Astronomic '90*, Ed.Academiei Romane, Bucuresti, pp.14-37 (1980).
- [17] T.Cretu, *Fizica generala, 2*, Ed.Tehn., Bucuresti pp.24-26 (1986).
- [18] R.Peyturaux, *L'energie solaire*, Presses Univ. de France, Paris, pp.18-21 (1968).
- [19] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, G.Damacus, Solaris-1 - Bolometru diferential autocompensat pentru masurarea intensitatii radiatiei solare, *Rev.Constructii*, nr.9, pp.40-44 (1984).
- [20] C.De Sabata,...,I.Luminosu, *Contract nr.159/10.08.1982*.
- [21] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, *Certificat de inovatie nr.100, 13.07.1984*.
- [22] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, C.Tamasdan, L.Sayti. On the spectral sensitivity of the Solaris-2 pyranometer, *Sem. Mate-Fiz. IPTVT*, pp.85-88, (1984).
- [23] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, C.Tamasdan, Albedometrul Stationar Solaris-2, *Rev de Instalatii*, (1986).
- [24] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, C.Tamasdan, N.Oancea, Comportarea pyranometrului Solaris-2 la iradiere cu radiatii din domeniul vizibil al spectrului, *A 19-a Conf. de Instalatii, Sinaia, 2*, pp.482-485, (1985).
- [25] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, C.Tamasdan, Realizarea de aparatura pentru masurarea IRS, *A 20-a Conf.de Instalatii, Sinaia, 2*, pp.306-311, (1986).
(cu participare internationala)
- [26] C.De Sabata, A.Munteanu, C.Marcu, I.Mihalca, D.Mihailovici, I.Luminosu, M.Lőrincz, Cercetari teoretice si experimentale asupra optimizarii instalatiilor industriale de termoconversie a energiei solare, *Bul. St. si Tehn., IPTVT, 24 (38), fasc.2*, p.56 (1979).

- [27] D.Mihailovici, I.Luminosu, R.Baea, M.Gangal, G.Damacus, Potentialul helioterma l in lunile iunie-iulie-august, in zona vestica a Romaniei in anul 1985, *Sem. Mate-Fiz, mai-nov.* IPTVT, pp.96-101 (1987).
- [28] I.Luminosu, D.Mihailovici, G.Damacus, Potentialul helioterma l in perioada ianuarie-mai 1985 in zona vestica a Romaniei, *Sem. Mate-Fiz., mai-nov.* IPTVT, pp.97-101, (1990).
- [29] G.Nagy, T.Barabas, A.Szallassy, Posibilitatile de utilizare a energiei solare si eoliene in jud. Cluj, *Simpozion Stiinta Moderna si Energia, 23-24 martie, Cluj-Napoca*, p.27, (1982).
- [30] S.Terniceanu, I.Luminosu, A method for measuring the solar radiation intensity mean value, *Sem. Mate-Fiz., nov.* IPTVT, pp.117-120, (1986).
- [31] C.De Sabata, A.Feker, I.Schreck, Solarimetru cu celula fotovoltaica, *A 20-a Conf. de Instalatii, Sinata 2*, pp.486-488, (1985).
- [32] A.Ercuta, I.Mihalca, I.Luminosu, On a p-n junction radiometer, *Simpoz. Energetica Solara, mai, Timisoara*, pp.76-77, (1985).
- [33] C.De Sabata, I.Mihalca, C.Marcu, I.Damian, A.Ercuta, Optical properties of glass cupola used in a pyranometer construction, *Sem. Mate-Fiz, nov.*, IPTVT, pp.95-98 (1983).
- [34] I.Luminosu, *Termoconversia Energiei Solare, Captatoare Plane, Studiu Comparativ*, Referat, *Cat. Fizica*, pp.3-14 (1991).
- [35] A.De Sabata, O.Lipan, Solarimetru cu afisaj numeric, *A 19-a Conf. de Instalatii, Sinata, 2*, pp.726-730 (1985).
- [36] C.De Sabata, R.Baea, D.Mihailovici, M.Boldan, Sur quelques mesurage experimentaux du rayonnement solaire, *Sem. Mate-Fiz, mai*, IPTVT, pp.83-87 (1985).
- [37] C.De Sabata, C.Tamasdan, S.Terniceanu, An analitical evaluation of the maximum incident solar energy on earth, *Bul.St. si Tehn.* IPTVT, 35(49), pp.131-133 (1990).
- [38] F.S.Crawford, *Cursul de Fizica-Berkeley, Unde, 3*, Ed.Did. si Ped., Bucuresti, pp.335-339 (1983).
- [39] Ioan-Iovit Popescu, E.I.Toader, *Optica, Ed.St. si Encicl.*, Bucuresti, pp.284-292 (1989).

- [40] T.Cretu, *Fizica generala*, 1, Ed. Tehn. Bucuresti, (1986).
- [41] I.M.Popescu, *Fizica*, 1, Ed. Did. si Pedag., Bucuresti, pp.570-575 (1982).
- [42] C.De Sabata, C.Marcu, I.Mihalca, I.Luminosu, Studiul absorbtiei radiatiei infrarosii de catre unele materiale utilizate in captarea energiei solare, *Bul. St. si Tehn.*, IPTVT, 24(38), fasc.1, pp.41-42 (1978).
- [43] C.De Sabata, I.Luminosu, Analiza contributiei efectului de sera simplu si dublu la optimizarea functionarii unui captator plan, *Bul. St. si Tehn.*, IPTVT, 24(38), fasc.1, pp.55-57 (1978).
- [44] C.De Sabata, I.Luminosu, Cercetari experimentale si consideratii teoretice asupra utilizarii unor folii de climatizare, *Bul. St. si Tehn.*, IPTVT, 25(39), fasc.2, pp.83-87 (1980).
- [45] Z.Ardelean, Gh.Folescu, *Captatoare solare*, Ed. St. si Encicl., Bucuresti, pp.13-18 (1980).
- [46] C.De Sabata, A.Munteanu, C.Marcu, D.Mihailovici, Cercetari de laborator in vederea maririi randamentului optic a insolatoarelor plane, *Bul. St. si Tehn.*, IPTVT 24(38), fasc.1, pp.43-45 (1978).
- [47] D.Pailharey, A.Hima, Application de la theorie simplifiée des insolateurs a l'étude d'un effet de serre multiple, *Coop. Medit pour l'énergie solaire*, avril, 19, pp.39-45 (1971).
- [48] M.Perrot, R.Bombard, J.Desantel, P.Gollet, F.Papini, G.Peri, A.Rophe, M.Tonchais, Contribution a l'étude des caracteristiques techniques des structures cellulaires et leur application à la conversion thermique a basse temperature, *Coop. Medit pour l'énergie solaire*, mai, 8, pp.143-152 (1965).
- [49] M.Perrot, J.Desantel, P. de Nantes, Etude de la reduction des deperditions thermiques sur la face avant des insolateurs fonctionant à moyenne température au moyen des structures tubulaires anti-serres, *Coop. Medit pour l'énergie solaire*, dec., 17, pp.45-51 (1969).

- [50] M.Perrot,, P.Gallet, J.Desantel, G.Peri, Influence des parametres optiques des parois dan l'étude des structures anti-rayonnantes, *Coop. Medit pour l'energie solaire*, dec., 15, pp.71-77 (1968).
- [51] V.Chimenti, P.Gollet, M.Perrot, Expérien cés concernant l'étude de la convection dans les structures cellulaires, *Coop. Medit pour l'energie solaire*, juillet, 14, pp.97-103 (1968).
- [52] *** *Solare Energy Technologies Program, 1977-1980*, Bonn, pp.46-50 (1978).
- [53] D.Popov, I.Luminosu, A.Ercuta, Experimental study on the Conductance of the photothermic convection, *Simp. Nat. Surse neconventionale de energie*, oct., Iasi, 2, pp.329-335 (1982).
- [54] D.Pailharey, Predetermination des performances d'un insolateur plan, *Coop. Medit pour l'energie solaire*, juillet, 16, pp.21-29 (1969).
- [55] R.Titeica, I.Popescu, *Fizica generala*, 2, Ed.Tehn., Bucuresti, pp.339-344 (1973).
- [56] E.Luca, Gh.Zet, C.Ciubotariu, A.Paduraru, *Fizica generala*, Ed.Did. si Ped., Bucuresti, pp.360-367 (1981).
- [57] Nicolae Oancea, *Termotehnica si aparate termice*, IPTVT, pp.229-257 (1983).
- [58] I.M.Popescu, *Fizica*, 2, Ed. Didactica si Pedag., Bucuresti, pp.26-31 (1983).
- [59] A.Whillier, Design facteurs influencing solar collectors, *Low temperature engineering aplication of solar energy*. New York, Ashrae (1967).
- [60] R.Titeicu, I.Popescu, *Fizica generala*, 1, Edit. Tehnica, Bucuresti, pp.357-374 (1971).
- [61] D.Dropkin, E.Somerscales, Heat transfer by natural convection in liquides confined by two parallel plates which inclined at various angles with respect to the horizontal, *ASME, J.Heat transfer*, 87,p77 (1965).
- [62] N.Leonachescu, *Termotehnica*, Ed. Did. si Ped., Bucuresti, p.263 (1981).

- [63] D.Dobrinescu, *Procese de transfer termic si utilaje specifice*. Ed. Did. si Ped., Bucuresti, pp.162-167 (1983).
- [64] N.Niculescu, M.Ilina, *Instalatii de incalzire*. Ed. Did. si Ped., Bucuresti, pp.162-168 (1974).
- [65] R.Duman, *Energie solaire et stockage d'energie*. Ed. Masson, Paris, p.19 (1979).
- [66] J.A.Duffie, W.A.Beckman, *Solar energy thermal processes*, John Wiley et Sons, New York, pp.237-241 (1974).
- [67] C.Iacob, P.Ciocarlan, I.Dragos, St.I.Gheorghita, D.Homentcovschi, A.Nicolau, E.Soós, *Matematici clasice si moderne*, 3, Ed. Tehn., Bucuresti, pp.9-17 (1981).
- [68] I.Luminosu, Sinteza asupra cercetarilor expresive a diverselor tipuri de captatoare plane si aspecte de stocare a caldurii, *Referat, tunc, Catedra de Fizica*, pp.9-15 (1992).
- [69] C.Bogis, Reducerea consumului de energie in exploatarea cladirilor existente prin sporirea gradului de protectie termica, *A XVI-a Conf. de instalatii, nov., Sinaia, 1*, pp.23-27 (1982).
- [70] Georgeta Cernat, V.Cucu, Statii de preparare a apei calde de consum cu ajutorul energiei soale cuplate cu puncte termice urbane, *A XVI-a Conferinta de instalatii, nov., Sinaia, 1*, pp.64-69 (1982).
- [71] Paula Ciubotariu, Maria Kuhartz, M.Stefan, Instalatii locale de preparare a apei calde cu ajutorul energiei solare la cladiri de productie destinate unitatilor mici industriale, *A XVI-a Conferinta de instalatii, nov., Sinaia, 1*, pp.70-74 (1982).
- [72] P.Curta, M.Dumitrecu, G.Sevopol, Cladiri de locuit cu P+1-3 etaje utilizind energia solara pentru incalzire si prepararea apei calde de consum, *A XVI-a Conf. de Instalatii, nov., Sinaia, 1*, pp.96-102 (1982).
- [73] C.De Sabata, N.Oancea, C.Marcu, C.Bancea, Stand experimental pentru stocarea indelungata a caldurii obtinute prin conversie termosolara si utilizarea acesteia pentru incalzirea locuintelor, *A XVI-a Conf. de instalatii, nov., Sinaia, 1*, pp.109-116 (1982).

- [74] N.Oancea, F.Neiss, I.Belaci, D.Lazarescu, I.Borza, M.Sirbu, O.Oancea, Instalatie solara pentru preparat apa calda menajera fara agent intermediar, *A XVI-a Conf. de instalatii*, nov., *Sinaia*, 1, pp.272-276 (1982).
- [75] D.Berbecanu, M.Stefan, Bazele calculului hidraulic de dimensionare a retelei de agent termic primar, intr-o instalatie de captare a energiei soare, *A XV-a Conf. de instalatii*, nov., *Sinaia*, 1, p.75 (1981).
- [76] E.Vargolici, I.Cronakis, T.Draganescu, Solutii pentru prepararea aerului cald cu ajutorul energiei solare, *A XXII-a Conf. de instalatii*, oct., *Sinaia*, 2, pp.344-347 (1988).
- [77] E.Vargolici, T.Draganescu, O.Roman, Asigurarea apei calde menajere in locuinte cu ajutorul instalatiilor solare "de apartament", *A XXII-a Conf. de instalatii*, oct., *Sinaia*, 2, pp.353-358 (1988).
- [78] V.Maiogan, Asupra posibilitatii de utilizare a independentei energetice a unei localitati folosind energia solara, *Rezumatul Tezei de Doctorat*, UTT, pp.21-36 (1992).
- [79] C.De Sabata, V.Maiogan, Asupra posibilitatii de climatizare a locuintelor in sezoanele de trecere folosind energia termosolara stocata in bazine cu piatra, *Simp. instalatii pentru constructii si confort ambiental*, aprilie, Timisoara, pp.122-126 (1992).
(cu participare internationala)
- [80] C.De Sabata, I.Luminosu, O.Lipan, V.Maiogan, The stationary thermal field in the rock battery, devoted for heat's storage, trimisa la *Congresul International Harmony with Nature*, Budapesta august (1993).
- [81] C.De Sabata, P.Craciun, C.Marcu, Influence de l'effect heliothermal, sur la capacite de stockage de la chaleur obtenue par la conversion termosolaire, *Sem. Mat-Fiz. mat. IPTVT*, pp.91-96 (1986).
- [82] M.Touchais, Stockage de la chaleur dans la mer, *Coop. Medit pour l'energie solaire*, juillet, pp.103-106 (1968).

- [83] M.Touchais, La régularisation des Centrales Solaires par stockage thermique à haute température, *Coop. Médit. pour l'énergie solaire*, juillet, pp.37-44 (1968).
- [84] N.Oancea, *Termotehnica si aparate termice*, 1, IPTVT, pp.78-88 (1989).
- [85] S.Petrescu, V.Petrescu, *Metode si modele in termodinamica tehnica*, Ed. Tehn., Bucuresti, pp.134-175 (1988).
- [86] C.Salceanu, *Caldura si termodinamica*, Ed. Did. si Ped. Bucuresti, pp.239-241 (1968).
- [87] M.Andras, C.Crisan, C.Sandor, *Ghid de utilizare Turbo-Pascal*, Ed. Romanian Software Comp. Cluj Napoca (1991).
- [88] I.Jurca, *Sisteme de operare*, 1, IPTVT, pp.20-34 (1984).
- [89] I.Jurca, *Simularea sistemelor continue si discrete*, 2, IPTVT, pp.192-199 (1980).
- [90] A.Soceneantu, *Programarea si utilizarea calculatoarelor*, 1, IPTVT, pp.11.7-12.11 (1980).
- [91] K.W.Böer, The Solar spectrum at typical clear weather days, *Solar Energy*, 19(5), pp.525-538 (1977).
- [92] B.Goldberg, W.H.Klein, Variation in the spectral distribution of daylight at various geographical locations of the earths surface, *Solar Energy*, 19(1), p.6 (1977).
- [93] J.T.Peterson, E.C.Flowers, Interactions between air pollution and solar radiation, *Solar Energy*, 19(1), p.30 (1977).
- [94] L.W.Florschnetz, Extension of the Hottel-Willier model to the analysis of combined photovoltaic/thermal flat plate collectors, *Solar Energy*, 22(4), p.364 (1979).
- [95] Wm. A. Shurcliff, Transmittance and reflection loss of multi-plate planar window of a solar radiation collector: formulas and tabulations of result for the case $n = 1,5$, *Solar Energy*, 16(314), p.151 (1974).
- [96] J.F. Orgill, K.G.T.Hollands, Corelation equation for hourly diffuse radiation on a horizontal surface, *Solar Energy*, 19(4), p.357 (1977).
- [97] J.V.Dave, Validity of the isotropic-distribution aproximation in solar energy estimation, *Solar Energy*, 19(4), p.332 (1977).

- [198] Ch. C. Smith, Th. Weiss, Designer application of the Hottel-Willier-Bliss equation, *Solar Energy*, 19(2), p.109 (1977).
- [199] R.C.Temp, K.L.Coulson, Solar radiation incident upon slopes of different orientation, *Solar Energy*, 19(2), p.183 (1977).
- [100] S.Karamanlios, *Das ABC der Sonnenenergie*, Electra Verlag - GmbH München, p.39 (1988).
- [101] Lippold, Tragisch, Friedrich, *Solartechnik*, Ernst et Sohn, Berlin, pp.42-43 (1984).
- [102] Hermann Sheer, *Das Solarzeitalter*, Verlag C.F. Müller Karlsruhe, p.63, 87 (1989).
- [103] Alois Stark, *Sonnenstand - diagraame als Hilfsmittel zur Stehenung solarer Planeungsdaten für Bauwerke*, Informationsweik, Sonnenenergie, 1, München p.30 (1976).
- [104] Volker Langee, *Sonnen Energie*, Freizeit Verlags GmbH Baden-Baden, p.47 (1987).
- [105] A.Goetzberger/ V.Wittwer, *Sonnen Energie Themische Nutzung*, B.G.Teubner Stuttgart, pp.25-29 (1989).
- [106] Richard J.Dietrich, *Solar Stereogramm für die Praxis*, Informationsweik Sonnenenergie, 4, München pp.329-338 (1976).
- [107] C.De Sabata, I.Luminosu, Analiza contributiei efectului de sera simplu si dublu la optimizarea functionarii unui insolator plan, *Bul. St. si Tehn. IPTVT*, 24(38), fasc.1, pp.55-58 (1978).
- [108] C.De Sabata, Asupra posibilitatii de termoconversie a energiei solare cu captatoare plane fara consum de metal, *XX-a Conf. de instalatii*, Sinaia, 2, p.291 (1988).
- [109] C. De Sabata, D.Mihailovici, I.Luminosu, *Certificat de inovatie nr. 380/6.02.1986*.
- [110] C.De Sabata, D.Mihailovici, R.Baea, I.Luminosu. M.Gangal, Utilizarea energiei soale pentru incalzirea bitumului in rezervoare cilindrice de mare capacitate, *Bul. St si Tehn. IPTVT*, 26(40), fasc.2, pp.65-72 (1981).

- [111] C.De Sabata, D.Mihailovici, R.Baea, I.Luminosu, Recherches expérimentales sur l'influence des agents extérieurs au rendement d'un capteur cylindrique, *Sem. Mate-Fiz., nov., IPTVT*, pp.111-114 (1983).
- [112] I.Mihalca, I.Luminosu, A.Ercuta, Gh. Gomoiu, Cercetari asupra preincalzirii bitumului prin conversie termo-solara, *Sem. Mate-Fiz., mai-nov., IPTVT*, pp.127-130 (1987).
- [113] C.De Sabata, I.Luminosu, I.Mihalca, A.Ercuta, Fenomene termice in partea activa a unor modele de pereti T-M, *Sem. Mate-Fiz., mai, IPTVT*, pp.81-84 (1986).
- [114] Ch. Chauviagnet, *L'energie solaire dans le bâtiment*, Eyrolles Paris, p.56 (1981).
- [115] D.S.Bogdanov, Contributii la rationalizarea constructiilor solare, acordind elementelor de constructii si instalatii functii multiple, *Rezumatul tezei de doctorat. IP Iasi*, pp.2-5 (1987).
- [116] V. Dolocan, *Fizica dispozitivelor cu corp solid*, Ed. Academiei Bucuresti, pp.30-36 (1978).
- [117] A.Ercuta, A p-n junction electronic thermometer, *Sem. Mate-Fiz., nov. IPT*, pp.123-124 (1983).
- [118] I.Luminosu, C.Marcu, Solar collector made of recoverable materials used for hot water household supply, *Simpoz. Energetica solara, mai. Timisoara*, pp.47-49 (1989).
- [119] R.Baea, I.Luminosu, Etude experimentale et theorique sur in heliocapteur a l'autofocalisation pour obtenir de l'eau chaude menagere, *Sem. Mate-Fiz., IPTVT*, pp.115-122 (1982).
- [120] I.Luminosu, R.Baea, Theoretical nighlights an experimental tests with the solar self-focussing collector, *Simpoz. Surse neconventionale de energie. Iasi, 2*, pp.411-417 (1982).
- [121] S.J. Wozniak, *Solar Heating Systems for the UK*, Her Majesty's Stationery Office, London, pp.2-5 (1979).
- [122] H.C.Hottel, B.B.Woertz, *Trans ASME*, 64, p.91 (1942).

- [123] C.De Sabata, C.Marcu, Influenta formei si dimensiunilor celulei de caprtare a energiei soalre cu insolatoare plane in regim dinamic, *Bul. St. si Tehn., IPTVT*, 24(38), fasc.1, p.67 (1979).
- [124] C.Marcu, C.De Sabata, Consideratii asupra parametrilor care determina lungimea de parcurs la insolatoare plane in regim dinamic, *Bul. St. si Tehn., IPTVT*, 24(38), fasc.1, pp.63-66 (1979).
- [125] C.De Sabata, A. Munteanu, C.Marcu, I.Mihalca, D.Mihailovici, I.Luminosu, Cercetari teoretice si experimentale asupra optimizarii instalaltiiilor industriale de termoconversie a energiei solare, *Bul. St. si Tehn., IPTVT*, 24(38), fasc.2, p61 (1979).
- [126] I.Luminosu, *Certificat de inovatie*, 150/12.03.1985.
- [127] C.De Sabata, C.Marcu, N.Oancea, I.Luminosu, G.Guta, Optimizarea calculului unui captator plan cu efect de sera variabil si agent termic aer, *A XIX-a Conf. de instalatii, Sinaia*, 2, pp.491-497 (1985).
- [128] I.Luminosu, Consideratii teoretice generale asupra insolatorului cu structura anterioara variabila, *Bul. St. si Tehn., IPTVT*, 25(39), fasc.1, pp.51-53 (1980).
- [129] I.Luminosu, Argumente teoretice si experimentale pentru construirea unui insolator cu structura anterioara variabila, *Bul. St. si Tehn., IPTVT*, 25(39), fasc.1, pp.54-57 (1980).
- [130] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, Eficient use of the collector surface in receiving technological hot air, *Sem. Mate-Fiz, mai, IPTVT*, pp.79-82 (1983).
- [131] C.De Sabata, I.Luminosu, Recherche experimentales concernant un capteur solaire en verre utilisant un agent caloporteur pelliculaire, *Simpoz. Energetica Solara, mai, IPTVT*, pp.12-15 (1989).
- [132] I.Luminosu, Study upon temperature performance of a flat plan suncollector with a view to obtain technological hot air, *Sem. Mate-Fiz, mai, IPTVT*, pp.103-106 (1983).

- [133] I.Mihalca, I.Luminosu, A.Ercuta, I.Damian. Cimpul termic in masa de bitum incalzit prin conversie termosolara, *Sem. Mate-Fiz., mai, IPTVT*, pp.116-118 (1988).
- [134] I.Luminosu, Studiul experimental asupra eficientei heliocaptatorului plan ca functie de debit, *Simpozion Energetica si tehnologii specifice altor industrii, aprilie, Galati*, pp.95-102 (1983).
- [135] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, Asupra debitului energetic la un heliocaptator plan furnizor de aer cald tehnologic, *Simpoz. Mate-Fiz, nov., IPTVT*, pp.99-102 (1983).
- [136] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, Instalatie modulara pentru prepararea aerului cald tehnologic prin conversie termosolara, *A XVII-a Conf. de instalatii, Sinaia, 7*, pp.103-108 (1982).
- [137] C.De Sabata, I.Luminosu, Aspecte teoretice sai experimentale in studiul randamentului unui convertor heliotermeic, *Bul. St si Tehn., IPTVT, 24(38), fasc.2*, pp.113-116 (1978).
- [138] I.Luminosu, Aspects nouveaux dans l'évolution de l'efficience de l'héliocapteur plan utilisé pour la preparation de l'aire chaud technologique, *Sem. Mate-Fiz., mai, IPTVT*, pp.101-104 (1985).
- [139] I.Luminosu, Studiu asupra corelarii caracteristicilor optice si termoizolante cu debitul de fluid in ecuatiea randamentului heliocaptatorului plan, *A XVII-a Conf. de instalatii, Sinaia, 2*, (1984).
- [140] I.Luminosu, Sporirea eficientei conversiei heliotermeale prin utilizarea heliocaptatorului compus cu circulatie aer, *A X-a Conf. de instalatii, Sinaia, 1*, pp.193-196 (1986).
- [141] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, Asupra variatiei supratemperaturii in profilul longitudinal al unui captator compus, *A XX-a Conf. de instalatii, Sinaia, 1*, pp.282-286 (1986).
- [142] F.Mercea, R.Mercea, *Economia de energie si protectarea instalatiilor solare*, Ed. Dacia Cluj-Napoca, p.243 (1983).

- [143] C.De Sabata, I. Luminosu, Complex experimental base for the study of heat conversion and sun energy storage, *Com. la Colocviul Nat. de Energie Solara, 11-13 nov. Bucuresti*, p.52 (1992).
(cu participare internationala)
- [144] I. Luminosu, Constant temperature maintenance within an enclosure with smallest losses, by applying sun energy stored up and electric power, *Comunicata la Colocviul Nat. de Energie Solara, 11-13 nov., Bucuresti*, p.53(1992).
(cu participare internationala)
- [145] E.Dimitriu - Vilcea, N.Birliga, *Indrumator de protectare in fizica constructiilor*, Ed. Tehn., Bucuresti, pp.54-55 (1976).
- [146] C. De Sabata, I.Mihalca, I.Luminosu, A.Ercuta, R.Baea, Experimental study on Trombe wall efficiency concerning dwelling climatization, *Sem. Mate-Fiz., mat. IPTVT*, pp.117- 120 (1986).
- [147] I.Luminosu, I.Mihalca, A.Ercuta, Heating passive elements utilization for dwelling conditioning, *Simpoz. Energetica Solara, mai, IPTVT*, pp.50-53 (1989).
- [148] C.De Sabata, I.Luminosu, Upon possibilities of partial air conditioning of dwellings in the temperature area using passive techniques, *Simpoz. Energetica Solara, mai, IPTVT*, pp.25-28 (1989).
- [149] A.R. Patton, *Solar Energy for heating and cooling of buildings*. N.D. Corporation, London, pp.64-70 (1975).
- [150] I.Luminosu, I.Mihalca, A.Ercuta, Aspecte energetice ale unei camere de locuit echipata cu un element pasiv si invecinata cu spatii incalzite prin mijloace clasice, *Simpoz. Instalatii pentru constructii si confort ambiental, aprilie, Timisoara, 1*, pp.401-406 (1992).
(cu participare internationala)
- [151] I.Luminosu, Studiul asupra aportului energetic al peretelui T-M la climatizarea spatiilor de locuit, *Simpoz. Instalatii pentru constructii si confort ambiental, aprilie, Timisoara, 1*, pp.154-159 (1992).
(cu participare internationala)

- [152] C.De Sabata, ..., I.Luminosu, *Contract nr.183/5.11.1976.*
- [153] C.De Sabata,...,I.Luminosu, *Contract nr.21101/1978.*
- [154] C.De Sabta,..., I.Luminosu, *Contract nr.21101/1979.*
- [155] C.De Sabata,..., I.Luminosu, *Contract nr.155/10.10.1977.*
- [156] C.de Sabata,..., I.Luminosu, *Contract nr.178/24.06.1980.*
- [157] C.De Sabata,..., I.Luminosu, *Contract nr.256/11.12.1980.*
- [158] C.De Sabata, Tehnologii energetice solare: realizari si perspective, *Prezentul si viitorul energiei solare.* Ed. Academiei, Bucuresti, p.81 (1982).
- [159] A.V.Gheorghe, Strategii si optiuni energetice solare, *Prezentul si viitorul energiei solare.* Ed.Academiei, Bucuresti, p.30,31,37,42 (1982).
- [160] M.Malita, *Prefata la Prezentul si viitorul energiei solare,* Ed. Acad. Bucursti, pp.5-7 (1982).
- [161] I.Ursu, Energia solara in prezent si in perspectiva, *Prezentul si viitorul energiei solare.* Ed. Acad. Bucuresti, p.14, 20, 21, 22 (1982).
- [162] C.Motoiu, Cit se poate folosi din energia solara, *Prezentul si viitorul energiei solare.* Ed.Acad, Bucuresti, p.54 (1982).
- [163] V.Badescu, C.Oancea, Aspecte si tendinte in cercetarea si utilizarea captorilor fototermici cu apa si aer, *Prezentul si viitorul energiei solare.* Ed. Acad., Bucursti, p.115 (1982).
- [164] G.Gamov, *O stea numita Soare.* Ed. Stiintifica, Bucuresti, pp.9-30 (1969).
- [165] A.Ercuta, A thermometric application of Zener diode, *Sem. Mate-Fiz., mat. IPTVT,* pp.95-96 (1983).
- [166] Y.Caouris, R.Rigopoulos, J.Tripangnostopoulos, P.Yianoulis, A novel solar collector, *Solar Energy.* 2, pp.157-160 (1978)
- [167] J.P.Frangi, S.Yahaya, J.Piro, Characteristics of solar radiation in the Sahel. Case study:Niomey, Niger,*Solar Energy.* 49(3), p.162 (1992).
- [168] J.M.Pinazo, J.Canada, F.Arago, Analysis of the incidence angle of the beam radiation on CPC, *Solar Energy.* 49(3), p.177 (1992).

- [169] I.A.Olwi, J.A.Sabbagh, M.A.Khalifa, Matemactical modeling of passive dry cooling for powerplants in arid land, *Solar Energy*, 48(5) p.383 (1992).
- [170] V. Ureche, *Universul*, 2, Dacia, Cluj-Napoca, pp.77-132 (1987).
- [171] A.Kuve, S.S. Jagtop, Analysis of solar radiation data for part Harcourt, Nigeria, *Solar Energy*, 49(2), p.140 (1992).
- [172] J.Camps, M.R.Soler, Estimation of diffuse solar irradiance on a horizontal surface for cloudless days - A new approach, *Solar Energy*, 49(1), pp.53-63 (1992).
- [173] H.Ciocirlie, Cercetari in domeniul limbajelor de programare, *Teza de doctorat, Timisoara*, pp.41-48 (1991).
- [174] A.Soceneantu, *Programarea si utilizarea calculatoarelor*, 2, IPTVT, pp.4.1-17.1.3 (1980).
- [175] C.De Sabata, C.Marcu, I.Luminosu, The Characteristic of the radiation transducer of the Solaris-2 Pyranometer in the infra red range, *Simpoz. Energetica Solara*, iunie, Timisoara, pp.54-57 (1989).
- [176] V.Badescu, Observation concerning the distribution of solar diffuse radiation over Romania, *Building and environment* 24(2) pp.149-153 (1989).
- [177] E.Kauer, R.Karsten, F.Magrdjuri, Photothermal conversion *Acta electronica* 18(4) pp.295-304 (1975).
- [178] Th.Plesca, Activizarea ventilatiei natural-organizate la adaposturile pentru animale cu ajutorul energiei solare, *Com. la Colocviul Nat. CNES'92 Bucuresti* p.68 (1992).
- [179] M.Sokolov, A.Arbel, Conductioning of utilizable energz by a thermostatic control of the thermosimphonic flow in solar systems *Solar Energy* 49(3) p.184 (1992).
- [180] S.Satyanaryana Murthy, J.E.Nelson, T.L.Sitharama Rao, Efect of wall conductivity on thermal stratification *Solar Energy* 49(4) pp.273-277 (1992).
- [181] V.Badescu, Determinarea fractiei de insolatie folosind date de nebulozitate *Com. la CNES'92, Bucuresti* p.62 (1992).

- [182] E.Zamfir, C.Oancea, V.Badescu Metoda sintetica de folosire a datelor meteorologice pentru evaluarea performantelor unui captator plan in zile cu diferite grade de nebulozitate a cerului *Com. la CNES'92*, Bucuresti, p.50 (1992).
- [183] R.Ref, Analiza exergetica a procesului de transfer termic intr-un captator solar plan *Com. la CNES'92*, Bucuresti p.51 (1992).
- [184] C.De Sabata..., I.Luminosu *Contract nr.5/16.01.1986* (1986), (1987), (1988), (1989).
- [185] T.Plesca, I.Popa, D.Rusoaie, R.Crainiceanu, N.Ionescu, Activizarea ventilatiei naturale cu ajutorul energiei solare *Lucr. St. a Univ. St. Agr. a Banat*, XXIV, p.91-94 (1991).
- [186] Gh.Damacus, N.Udriste, Elemente de analiza critica si prognoza, privind radiatia solara la Statia Meteorologica Timisoara, *com. la Ses. Abs. Curs Postuniv. Universitatea Iasi*, p.8 (1989)

ANEXE

ANEXA A.2.1

```

Program:RADIATIA
RES CRT,graph;
var PASII,ESS:real;HC,D, CH:CHAR;gd,gm,L,N,i,j,k,PAS,loo:integer;
dc,dd,et,ora,oral,ah,h,c,edo,edn:REAL;
edc,eda,teta,eta,ii,az,eds,es,kk:real;MM,OO:string[12];
const w=2*3.14156/365;EO=1353;A=0.88;B=0.28;Ab=0.55;pi=3.1415927;
lg=26.09;lg=21.23;lt=47.73;X0=40;Y0=140;XX=80;YY=150;LO=522;
pri=' 4 6 810121416182022';ver=' 0102030405060708090';

DC ---->DECLINATIA SOARELUI, DD---->ZIUA DIN AN
ET ---->ECUATIA TAMPULUI, ORAL ---->ORA LEGALA
ORA ---->ORA SOLARA, AH ---->UNGHI ORAR
LLG ---->LONGITUDINEA LEGALA,LG ---->LONG.LOCALA
H ---->SINUSUL UNGHIULUI DE INALTARE
C ---->FACTOR DE CORECTIE AL DIST. PAMINT-SOARE
LI ---->LATITUDINEA
II ---->UNGHI DE POZARE AL SUPRAFETEI
AZ ---->UNGHI AZIMUTAL AL PLANULUI,+SPRE VEST,-SPRE EST
EDN---->INTENSITATEA RADIATIEI PE SUPRAFATA NORMALA [W/m/m]
EDO---->INTENSITATEA RADIATIEI PE SUPRAFATA ORIZONTALA
EDC---->INTENSITATEA RADIATIEI DIFUZATE DE CER [W/m/m]
EDA---->INTENSITATEA RADIATIEI DIFUZATE DE SOL(ALBEDO)
TETA---->COSINUSUL UNGHIULUI DINTRE RAZA SI NORMALA LA PLAN
TETAO-->COSINUSUL UNGHIULUI DINTRE RAZA SI VERTICALA
K---->RAPORTUL DINTRE TETA SI TETAO
EDS---->INTENSITATEA RADIATIEI DIRECTE PE SUPRAFATA [W/m/m]
ES---->INTENSITATEA RADIATIEI GLOBALE PE SUPRAFATA [W/m/m]
ESS---->INTEGRALA INTENSITATII PE DURATA ZILEI [J/m/m]

```

PROCEDURE MENU;

```

begin
clrscr;
gotoxy(5,5);
write('DATI LUNA : '); readln(l);
gotoxy(5,8);
write('DATI ZIUA : '); readln(n);
gotoxy(5,11);
write('DATI UNGHI AZIMUT AL PLANULUI 0..+90[S->V],0..-90[S->E]: ');
readln(AZ);
gotoxy(5,14);
write('DATI PASUL DE TIMP 1..10 [ur] : ');readln(pas);
gotoxy(5,17);
WRITE('DATI PASUL UNGHIULUI DE POZARE 0..90[deg] : ');
READLN(PASII);
gotoxy(5,20);
write('RULAJ C_continuu sau D_discret ? ');
HC:=upcase(readkey);write(hc);REPEAT until hc in ['C','D'];
gotoxy(5,22);
write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
CH:=upcase(readkey);write(ch);REPEAT until ch in['A','F'];
end;

```

PROCEDURE AXE;

```

BEGIN
gd:=detect;
initgraph(gd,gm,'');
if graphresult<>0 then begin closegraph;halt(1);end;
line(x0,y0,x0+lo,y0);
line(x0+lo,y0,x0+lo+xx,y0+yy);
line(x0+lo+xx,y0+yy,x0+xx,y0+yy);
line(x0+xx,y0+yy,x0,y0);
line(x0,y0,x0,y0-round(2*y0/3));
outtextxy(x0+5,y0-round(2*y0/3),'ES[W/m/m]');
STR(L:2,OO);OUTTEXTXY(5,20,'LUNA : '+OO);
STR(N:2,OO);OUTTEXTXY(150,20,'ZIUA : '+OO);
STR(AZ:4:1,OO);

```

```

OUTTEXTXY(280,20,'UNGH1 AZIMUTAL AL PLANULUI[deg]: '+00);
OUTTEXTXY(x0+round(l0*4/5),y0+yy+30,'ORA LEGALA [h] =>');
RECTANGLE(X0+ROUND(L0*4/5)+143,Y0+YY+28,
X0+ROUND(L0*4/5)+209,Y0+YY+39);
outtextxy(x0-10-round(x0*2/3),y0+yy+20,'UNGH1[deg]');
RECTANGLE(X0+5,Y0-ROUND(2*Y0/3)+13,X0+72,Y0-ROUND(2*Y0/3)+
RECTANGLE(X0-ROUND(X0*2/3),Y0+YY-5,X0-ROUND(X0*2/3)+50,Y0+
14);
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-70,'EDN=');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-60,'EDU=');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-50,'EDS=');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-40,'EDC=');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-30,'EDA=');
RECTANGLE(X0+L0-10,Y0-80,X0+L0+90,Y0-15);
for i:=0 to 9do
begin
line(x0+round(i*l0/9),y0,x0+ROUND(i*l0/9)+
ROUND(10*xx/yy)+XX,y0+yy+10);
line(x0+round(i*xx/9)-20,y0+round(i*yy/9),x0+
round(i*xx/9)+L0,y0+round(i*yy/9));
OUTTEXTXY(X0+I*ROUND(l0/9)+round(10*xx/yy)+xx-5,y0+yy+15,
copy(or1,2*i+1,2));
outtextxy(x0+round(i*xx/9)-40,y0+round(i*yy/9)-4,
copy(ver,2*i+1,2));
end;
end;

```

PROCEDURE REGIM;

BEGIN

SETFILLSTYLE(1,0);

REPEAT D:=UPCASE(READKEY);UNTIL D IN['A','F','C','D','0'];

CASE D OF 'A','F':CH:=D;

'C','D':HC:=D;

'0':BEGIN;

CLOSEGRAPH;HALT(1);

END;

END;

BAR(X0+ROUND(L0*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(L0*4/5)+208,Y0+YY+38);

BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);

BAR(X0+6,Y0-ROUND(2*Y0/3)+14,X0+71,Y0-ROUND(2*Y0/3)+29);

BAR(X0+L0+30,Y0-79,X0+L0+89,Y0-16); STR(II:5:1,00);

OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY,00);SETFILLSTYLE(1,1);

END;

procedure calcul;

begin

ora:=oral+et-1/60*(llg-lg);

AH:=pi/12*(ora-12);

h:=sin(lt*PI/180)*sin(dc*PI/180)+

cos(lt*PI/180)*cos(dc*PI/180)*cos(ah);

kk:=0;

if h>0.004 then

begin

EDn:=E0*C*A*exp(-B/h);

edo:=edn*h;

EdC:=E0*C*h*(0.271-0.2939*A*exp(-B/h));

END ELSE BEGIN EDN:=0;EDO:=0;EDC:=0;END;

EdA:=EdC/2*(1+cos(ii*PI/180))+Ab*EDO/2*(1-cos(ii*PI/180));

TETA:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*COS(II*PI/180)-

SIN(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AZ*PI/180)+

COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(II*PI/180)*COS(AH)+

COS(DC*PI/180)*SIN(II*PI/180)*SIN(AZ*PI/180)*SIN(AH);

TETA0:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)+

COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(AH);

if (teta<0) and (teta>0) then KK:=teta/teta0 ELSE KK:=0

A 2.1

```

EDS:=EDO*KK;
ES:=EDS+EdA;
ESS:=ESS+ES*PAS/LO*18*3600;
if ch='A' THEN
    BEGIN
        SETFILLSTYLE(1,0);
        BAR(XO+LO+30,YO-79,XO+LO+89,YO-16);
        STR(EDN:6:1,00);OUTTEXTXY(XO+LO+40,YO-70,00);
        STR(EDU:6:1,00);OUTTEXTXY(XO+LO+40,YO-60,00);
        STR(EDS:6:1,00);OUTTEXTXY(XO+LO+40,YO-50,00);
        STR(EDC:6:1,00);OUTTEXTXY(XO+LO+40,YO-40,00);
        STR(EDA:6:1,00);OUTTEXTXY(XO+LO+40,YO-30,00);
        SETFILLSTYLE(1,1);
    END;
end;
BEGIN
    MENU;AXE;
    dd:=30*(1-1)+n;
    dc:=23.4*sin(2*pi/365*(284+dd));
    et:=1/60*(-0.0002+0.4197*cos(w*dd)-3.2265*cos(2*w*dd)-
    0.0903*cos(3*w*dd)-7.3509*sin(w*dd)-
    9.3912*sin(2*w*dd)-0.3361*sin(3*w*dd));
    C:=1+0.034*cos(dd*PI/180);
    ii:=0; ESS:=0;
    while ii<=90 do
        begin
            SETFILLSTYLE(1,0);
            STR(II:5:1,00);
            BAR(XO-ROUND(XO*2/3)+1,YO+YY,XO-ROUND(XO*2/3)+49,YO+YY+12);
            OUTTEXTXY(XO-ROUND(XO*2/3)+2,YO+YY+2,00);
            SETFILLSTYLE(1,1);
            SOUND(4000);DELAY(50);NOSOUND;
            loo:=0;oral:=4;
        while loo<=10 do
            begin
                calcul;

                putpixel(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0-1+round(ii*yy/90-ES/10),0);
                bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-ES/10),
                x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
                inc(loo,pas); oral:=4+loo*(18/10);
            IF LH='A' THEN
                BEGIN
                    STR(TRUNC(ORAL):5,00);STR(FRAC(ORAL)*60:2:0,MM);
                    OO:=OO+' '+MM;
                    SETFILLSTYLE(1,0);
                    BAR(XO+ROUND(LO*4/5)+144,YO+YY+29,XO+ROUND(LO*4/5)+208,
                    YO+YY+38);
                    OUTTEXTXY(XO+ROUND(LO*4/5)+140,YO+YY+30,00);
                    SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
                    BAR(XO+6,YO-ROUND(2*YO/3)+14,XO+71,YO-ROUND(2*YO/3)+29);
                    STR(ES:6:1,00);OUTTEXTXY(XO+12,YO-ROUND(2*YO/3)+18,00);
                    SETFILLSTYLE(1,1);
                END;
            IF HC='D' THEN
                REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
            IF KEYPRESSED THEN REGIM;
        end;
        STR(ESS:6,00);
        OUTTEXTXY(ROUND(II*XX/90)+XO+LO,YO+ROUND(II*YY/90)-5,00);
        II:=II+PASII; ESS:=0;
    end;
    REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
    CLOSEGRAPH;
END.

```


ANEXA A3.1

```

ogram:PRINCIP
is crt,GRAPH;
ist fsn:FILLPATTERN($Aa,$AA,$AA,$AA,$AA,$AA,$AA,$AA);
FNC:FILLPATTERN($00,$00,$00,$00,$09,$05,$03,$0f);
x,y,z,gd,gm:integer;CH,HC:CHAR;
PRINCIP-FREZINTIA SCHEMA BLOC SI PRINCIPIUL DE FUNCTIONARE AL UNEI
INSTALATII HELIOTEHNICE DESTINATE PRODUCERII DE CALDURA PRIN
COVERSIE TERMOSOLRA
)
ocedure g;
gin
gd:=detect;
initgraph(gd,gm,0);
d;
ocedure pol(x1,y1,x2,y2,x3,y3,x4,y4:integer);
gin
line(x1,y1,x2,y2);line(x2,y2,x3,y3);
line(x3,y3,x4,y4);line(x4,y4,x1,y1);
nd;
PROCEDURE D(H1,H2,V:INTEGER);
EGIN
Z:=H1;
WHILE Z<>H2 DO
BEGIN
INC(Z,5*ROUND(ABS(H2-H1)/(H2-H1)));OUTTEXTXY(Z+5,V+2,'*');
BAR(Z-13*ROUND((H2-H1)/ABS(H2-H1))+5,V+1,Z+5,
END;
ND;
ocedure c;
egin
x:=150;y:=227;ch:='/'; outtextxy(x,y,CH);
repeat HC:='+';
case ch of
':BEGIN
x:=150;Y:=227;z:=2;
while Z<150 DO begin
if (z>10) and (z<160) then
if z mod(10)=0 then
sound(10*z);delay(10);nosound;
IF Z>28 THEN BEGIN
setfillpattern(fnc,1);
OUTTEXTXY(X-60+RANDOM(35),Y-5,'=>');
BAR(X-67,Y-5,X-18,Y+4);
END;
setfillpattern(fsn,0);
OUTTEXTXY(x-4
);#24);
inc(z);INC(x)
);BAR(x-6,y+3,x+8,y+7);
END;
0(300,585,76);X:=585;Y:=77;
FOR Y:=77 TO 105 DO
BEGIN
OUTTEXTXY(X+2,Y+1,#25);BAR(X-2,Y,X+12,Y+8);
END;
FOR Z:=1 TO 30 DO
BEGIN
OUTTEXTXY(495+RANDOM(147),118+RANDOM(110),
CHAR(24+RANDOM(4)));
sound(4000-Z#150);delay(50);nosound;
END;
FOR Y:=250 TO 332 DO
BEGIN
OUTTEXTXY(X+2,Y,#25);

```

```

BAR(X-2,Y-14,X+12,Y+8);
END;
FOR Y:=332 DOWNT0 227 DO
O(580,145,332);X:=
IN
OUTTEXTXY(X,Y,#24);
BAR(X-2,Y+3,X+11,y+8);
END;
END;
'Q':BEGIN
CLOSEGRAPH;HALT(1);
END;
#72:IF Y>=5 THEN
BEGIN
BAR(X,Y,X+10,Y+6); DEC(Y,5);
OUTTEXTXY(X,Y,CHAR(#24));
END;
#75:IF X>=5 THEN
BEGIN
BAR(X,Y,X+10,Y+6); DEC(X,5);
OUTTEXTXY(X,Y,CHAR(#27));
END;
#77:IF X<=713 THEN
BEGIN
BAR(X,Y,X+10,Y+6); INC(X,5);
OUTTEXTXY(X,Y,CHAR(#26));
END;
#80:IF Y<=340 THEN
BEGIN
BAR(X,Y,X+10,Y+6); INC(Y,5);
OUTTEXTXY(X,Y,CHAR(#25));
END;
END;
REPEAT UNTIL KEYPRESSED;CH:=READKEY UNTIL upcase(CH)='Q';
END;
begin
g; SETFILLSTYLE(1,0);
pol(95,205,245,55,290,75,140,225); line(99,205,248,56);
pol(160,235,310,85,355,105,205,255);line(142,228,294,76);
outtextxy(80,205,'A1');outtextxy(242,48,'B1');
outtextxy(123,225,'A2');outtextxy(285,65,'B2');
outtextxy(165,230,'A3');outtextxy(306,90,'B3');
outtextxy(198,243,'A4');outtextxy(336,105,'B4');
line(169,238,319,90);
line(181,244,331,96);line(193,250,343,102);
line(50,80,170,130); OUTTEXTXY(47,70,'N');
line(120,40,170,130); OUTTEXTXY(115,40,'_1 RAD.INC. ');
outtextxy(114,32,'S'); ARC(170,130,110,150,50);ARC(170,130,110,150,48)
OUTTEXTXY(120,90,'U1');ARC(170,130,150,180,45);ARC(170,130,150,180,43);
OUTTEXTXY(100,115,'U1');OUTTEXTXY(170,116,'I');
line(205,255,400,255);
arc(205,255,0,50,50); outtextxy(260,240,'I1');
line(170,130,40,130); outtextxy(20,127,'R <<<<<');
line(140,225,140,343);line(140,343,600,343);line(600,342,600,225)
outtextxy(568,90,'C');outtextxy(568,320,'D');outtextxy(165,320,'E');
outtextxy(170,270,'TF1');outtextxy(400,65,'TFE>TF1');
outtextxy(390,90,'TFE ----->');
outtextxy(270,320,'<----- TF1');
outtextxy(290,310,'FLUID TERMOPURTATOR');
line(600,225,550,200);line(550,200,620,175);line(620,175,550,150);
line(550,150,600,125);line(600,125,600,75);line(600,75,290,75);
line(160,235,160,330);line(160,330,580,330);line(580,330,580,225);
line(580,225,530,200);line(530,200,600,175);line(600,175,530,150);

```


A 3.1

```
line(530,150,580,125);line(580,125,580,87);line(580,87,310,87);
rectangle(490,115,650,235);outtextxy(470,115,'C1');outtextxy(654,115,'D1');
rectangle(491,116,649,234);outtextxy(470,230,'C2');outtextxy(654,230,'D2');
rectangle(495,118,645,230);
outtextxy(5,5,'S1-RAZA SOL. IN-NORM. IR-RAZA REFL.U1-UNGHI INCIDENTIA. ');
outtextxy(450,5,'A1B1-PLACA STICLA.A2B2-PLACA ABS. ');
outtextxy(5,20,'A1B1B2A2-CAPCANA SOLARA.A3B3A4B4-SASIU CU IZOLATIE. ');
outtextxy(420,20,'I1-UNGHI FUZARE. U1D1D2C2-ACUM.TERM. ');
rectangle(0,0,710,30);
outtextxy(380,35,'BSCDEH2-CIRC.TERM. ');
    outtextxy(520,35,' *; - PARTICULA FLUID ');
outtextxy(380,50,' => - FOTON REEMIS IN CAPCANA SOLARA ');
    rectangle(375,30,710,60);
    outtextxy(645,70,' <-;->; - ');outtextxy(645,80,' FUNON ');
    rectangle(640,65,705,90);rectangle(635,62,710,93);rectangle(636,63,709

outtextxy(3,300,'TFI-TEMP.FL.IN. ');
outtextxy(3,315,'TFE-TEMP.FL.IES. ');
rectangle(0,293,130,328);
REPEAT C; until ch= '0';closegraph;
end.
```


ANEXA A 3.2

Program: RE

```

$ES CRT,graph;
$R PAS1,RS:real;HC,D, CH:CHAR;gd,gm,L,N,1,j,k,PAS,loo:integer;
dc,dd,et,ora,oral,ah,h,HH,NN,R:REal;
teta,teta1,teta2,teta3,i,az,uh,uo,u1,u2:real;MM,OO:string[12];
const w=2*3.14156/365;E0=1353;A=0.88;B=0.28;Ab=0.55;
lg=26.09;lg=21.23;lt=47.73;X0=44;Y0=140;XX=80;YY=150;LO=522;
ori=' 4 6 810121416182022';ver=' 0102030405060708090';

DC ----> DECLINATIA SOARELUI, DD---->ZIUA DIN AN
ET ---->ECUATIA TAMPULUI, ORAL ---->ORA LEGALA
ORA ---->ORA SOLARA, AH ---->UNGHI ORAR
LLG ---->LONGITUDINEA LEGALA, LG ---->LONG.LOCALA
H ---->SINUSUL UNGHIULUI DE INALTARE
LT ---->LATITUDINEA
LI ---->UNGHI DE POZARE AL SUPRAFETEI
AZ ---->UNGHI AZIMUTAL AL PLANULUI,+SPRE VEST,-SPRE EST
TETA---->COSINUSUL UNGHIULUI DINTRE RAZA SI NORMALA LA PL
UH---->UNGHI DE INALTARE IN GRADE
UO---->UNGHI ORAR IN GRADE
U1---->UNGHI DE INCIDENTA IN GRADE
U2---->UNGHI DE REFRACTIE IN GRADE
R---->FACTOR ENERGETIC DE REFLEXIE )

PROCEDURE MENU;
begin
  clrscr;
  gotoxy(5,5);
  write('DATI LUNA : '); readln(l);
  gotoxy(5,7);
  write('DATI ZIUA : '); readln(n);
  gotoxy(5,9);
  write('DATI UNGHI AZIMUT AL PLANULUI 0..+90[S->V],0..-90[S->E]: ');
  readln(AZ);
  gotoxy(5,11);
  write('dati indicele de refractie : ');readln(nn);
  gotoxy(5,13);
  write('DATI PASUL DE TAMP 1..10 [ur] : ');readln(pas);
  gotoxy(5,17);
  WRITE('DATI PASUL UNGHIULUI DE POZARE 0..90[deg] : ');
  READLN(PAS1);
  gotoxy(5,20);
  write('RULAJ C_continuu sau D_iscret ? ');
  HC:=upcase(readkey);write(hc);REPEAT until hc in ['C','D'];
  gotoxy(5,22);
  write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
  CH:=upcase(readkey);write(ch);REPEAT until ch in ['A','F'];
end;

PROCEDURE AXE;
BEGIN
  gd:=detect;
  initgraph(gd,gm,'');
  if graphresult<>0 then begin closegraph;halt(1);end;
  line(x0,y0,x0+lo,y0);
  line(x0+lo,y0,x0+lo+xx,y0+yy);
  line(x0+lo+xx,y0+yy,x0+xx,y0+yy);
  line(x0+xx,y0+yy,x0,y0);
  line(x0,y0,x0,y0-round(2*y0/3)-20);
  outtextxy(x0-15,y0-round(2*y0/3)-20,'R');
  STR(L:2,00);OUTTEXTXY(5,10,'LUNA : '+00);
  STR(N:2,00);OUTTEXTXY(120,10,'ZIUA : '+00);
  STR(AZ:4:1,00);
  OUTTEXTXY(220,10,'UNGHI AZIMUTAL AL PL.[deg]: '+00);
  STR(NN:4:2,00);
  OUTTEXTXY(300,10,'INDICE DE REFRACTIE : '+00);
  OUTTEXTXY(x0+round(lo*4/5),y0+yy+30,'ORA LEGALA [h] =>');

```

```

RECTANGLE(X0+ROUND(L0*4/5)+143,Y0+YY+28,
X0+ROUND(L0*4/5)+209,Y0+YY+39);
outtextxy(x0-10-round(x0*2/3),y0+yy+20,'UNghi[deg]');
RECTANGLE(X0-44,Y0-ROUND(2*Y0/3)-10,X0-2,Y0-ROUND(2*Y0/3)+1
RECTANGLE(X0-ROUND(X0*2/3),Y0+YY-5,X0-ROUND(X0*2/3)+50,Y0+Y
14);
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-70,'UNghi[deg]:');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-60,'UH=');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-50,'U0=');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-40,'U1=');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-30,'U2=');
RECTANGLE(X0+L0-10,Y0-80,X0+L0+90,Y0-15);
for i:=0 to 9do
begin
SETLINESTYLE(1,1,1);
line(x0+round(i*10/9),y0,x0+ROUND(i*10/9)+
ROUND(10*xx/yy)+XX,y0+yy+10);
line(x0+round(i*xx/9)-20,y0+round(i*yy/9),x0+
round(i*xx/9)+L0,y0+round(i*yy/9));
OUTTEXTXY(X0+1*ROUND(10/9)+round(10*xx/yy)+xx-5,y0+yy+15,
copy(ora,2*i+1,2));
outtextxy(x0+round(i*xx/9)-40,y0+round(i*yy/9)-4,
copy(ver,2*i+1,2));
end;
end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);
REPEAT D:=UPCASE(READKEY);UNTIL D IN['A','F','C','D','Q'];
CASE D OF
'A','F':CH:=D;
'C','D':HC:=D;
'Q':BEGIN;
CLOSEGRAPH;HALT(1);
END;
END;
BAR(X0+ROUND(L0*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(L0*4/5)+208,Y0+YY+38);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
BAR(X0-41,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-7,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
BAR(X0+L0+30,Y0-60,X0+L0+89,Y0-16); STR(II:5:1,00);
OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY,00);SETFILLSTYLE(1,1);
END;
procedure calcul;
begin
ora:=oral+et-1/60*(1lg-1g);
AH:=PI/12*(ora-12);
h:=sin(1t*PI/180)*sin(dc*PI/180)+
cos(1t*PI/180)*cos(dc*PI/180)*cos(ah);
hh:=ARCTAN(H/SQRT(1-H*H));
uh:=hh*180/PI;
uo:=ah*180/PI;

TETA:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*COS(II*PI/180)-
SIN(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AZ*PI/
+ COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(II*PI/180)*COS(AH)+
COS(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AH)+
COS(DC*PI/180)*SIN(II*PI/180)*SIN(AZ*PI/180)*SIN(AH);

if(teta>1) then teta:=1;
IF ((TETA=1) AND (H>0.004)) THEN R:=SQRT((NN-1)/(NN+1));
if ((teta<1) and (teta>0) and (h>0.004)) then
begin
teta1:=ARCTAN(1/SQRT(1+TETA*TETA));
teta1:=ARCTAN(1/teta*SQRT(1-teta*teta));
u1:=teta1*180/PI;
teta3:=sin(teta1)/nn;

```

```

teta2:=ARCTAN(teta3/SQRT(1-TETA3*TETA3));
u2:=teta2*180/PI;
R:=0.5*(sqr(Sin(teta2-teta1)/Sin(teta2+teta1))+
SQR(SIN(TETA2-TETA1))/(1-SQR(SIN(TETA2-TETA1)))/
SQR(SIN(TETA2+TETA1))*(1-SQR(SIN(TETA2+TETA1))));
end ELSE R:=0;
if ch='A' THEN
    BEGIN
        SETFILLSTYLE(1,0);
        BAR(X0+L0+30,Y0-60,X0+L0+89,Y0-16);
        STR(UH:5:1,00);OUTTEXTXY(X0+L0+40,Y0-60,00);
        STR(U0:5:1,00);OUTTEXTXY(X0+L0+40,Y0-50,00);
        STR(U1:5:1,00);OUTTEXTXY(X0+L0+40,Y0-40,00);
        STR(U2:5:1,00);OUTTEXTXY(X0+L0+40,Y0-30,00);
        SETFILLSTYLE(1,1);
    END;
end;
BEGIN
    MENU;AXE;
    dd:=30*(1-1)+n;
    dc:=23.4*sin(2*PI/365*(284+dd));
    et:=1/60*(-0.0002+0.4197*cos(w*dd)-3.2265*cos(2*w*dd)-
    0.0903*cos(3*w*dd)-7.3509*sin(w*dd)-
    9.3912*sin(2*w*dd)-0.3361*sin(3*w*dd));
    ii:=0; RS:=0;
    while ii<=90 do
        begin
            SETFILLSTYLE(1,0);
            STR(II:5:1,00);
            BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
            OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY+2,00);
            SETFILLSTYLE(1,1);
            SOUND(4000);DELAY(50);NOSOUND;
            loo:=0;oral:=4;
        while loo<=10 do
            begin
                calcul;

                putpixel(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0-1+round(ii*yy/90-100*R),0);
                bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*R),
                x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
                inc(loo,pa5); oral:=4+loo*(10/lo);
            IF CH='A' THEN
                BEGIN
                    STR(TRUNC(ORAL):5,00);STR(FRAC(ORAL)*60:2:0,MM);
                    UU:=UU+' '+MM;
                    SETFILLSTYLE(1,0);
                    BAR(X0+ROUND(L0*4/5)+144,Y0+YY+29,X0+ROUND(L0*4/5)+208,
                    Y0+YY+38);
                    OUTTEXTXY(X0+ROUND(L0*4/5)+140,Y0+YY+30,00);
                    SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
                    BAR(X0-41,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-3,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
                    STR(R:4:2,00);OUTTEXTXY(X0-40,Y0-ROUND(2*Y0/3)-2,00);
                    SETFILLSTYLE(1,1);
                END;
            IF HC='D' THEN
                REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
            IF KEYPRESSED THEN REGIM;
        end;
    { STR(RS:6,00);
      OUTTEXTXY(ROUND(II*XX/90)+X0+L0,Y0+ROUND(II*YY/90)-5,00);
    } ii:=ii+PASII; RS:=0;
end;
REPEAT UNTIL KEYPRESSED;

```

END. CLOSEGRAPH;

ANEXA A 3.3

gram:EF

```

S CRT,graph;
DAE:real;HC,D, CH:CHAR;gd,gm,L,N,NR,i,j,k,loo,PAS:integer;
NN,R,DA,A,DR,DA1,A1,DD,D2,DA2,DAS,GR:REal;
UU:string[12];
NST XU=40;YU=140;XX=100;YY=150;LU=520;URI=' 0 1 2 3 4';VER=' 0 2 4 6 8';
(
NN---->INDICE DE REFRACTIE AL PLACII DE STICLA
R---->FACTOR ENERGETIC DE REFLEXIE AL PLACII DE STICLA
DR---->FACTOR ENERGETIC DE TRANSMISIUNE CIND SE NEGLIJEAZA ABS
DA---->FACTOR ENERGETIC DE TRANSMISIE CIND SE NEGLIJEAZA REFL.
DD---->FACTOR ENERGETIC DE TRANSMISIE TOTAL AL PLACII DE STICLA
DA2---->PRODUS ECHIVALENT AL TRANSMISIEI-ABSORBTIEI
DAE---->VALOAREA EFECTIVA A PRODUSULUI ECHIVALENT
GR----->GRUSIMEA PLACII DE STICLA
NR---->ORDINUL EFECTULUI DE SERA
A----->FACTOR ENERGETIC DE ABSORBTIE AL PLACII NEGRE
)

```

PROCEDURE MENU;

```

begin clrscr;
gotoxy(5,5);
write('DATI FACTORUL DE ABSORBTIE : '); readln(A);
gotoxy(5,10);
write('DATI INDICELE DE REFRACTIE: '); readln(nn);
( write('DATI PASUL GRUSIMII 1..8 [mm] : ');readln(pas);)
writeln;
gotoxy(5,15);
write('RULAJ C_continuu sau D_iscret ? ');
HC:=upcase(readkey);write( hc);REPEAT until hc in ['C','D'];
gotoxy(5,20);
write('Cu_A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
CH:=upcase(readkey);write(ch);REPEAT until ch in['A','F'];
end;

```

PROCEDURE AXE;

BEGIN

```

gd:=detect;
initgraph(gd,gm, '');
if graphresult<>0 then begin closegraph;halt(1);end;
line(x0,y0,x0+lo,y0);
line(x0+lo,y0,x0+lo+xx,y0+yy);
line(x0+lo+xx,y0+yy,x0+xx,y0+yy);
line(x0+xx,y0+yy,x0,y0);
line(x0,y0,x0,y0-round(2*y0/3));
outtextxy(x0+5,y0-round(2*y0/3),'DAE');
STR(A:2,UU);OUTTEXTXY(5,20,'FACTOR DE ABSORBTIE = '+UU);
STR(NN:2,UU);OUTTEXTXY(45,20,'INDICE DE REFRACTIE = '+UU);
OUTTEXTXY(x0+round(lo*4/5),y0+yy+30,'ORDIN EF.SERA ='+);
RECTANGLE((X0+ROUND(L0*4/5))+143,y0+YY+28,
X0+ROUND(L0*4/5)+219,y0+YY+39);
outtextxy(x0-10-round(20*2/3),y0+yy+20,'GRUSIME[mm]');
RECTANGLE(x0+5,y0-ROUND(2*y0/3)+13,x0+72,y0-ROUND(2*y0/3)+30);
RECTANGLE(x0-ROUND(x0*2/3),y0+YY-5,x0-ROUND(x0*2/3)+50,y0+YY+
14);
OUTTEXTXY(x0+L0,y0-yy,'R=');
OUTTEXTXY(x0+L0,y0-80,'DR=');
OUTTEXTXY(x0+L0,y0-70,'DA=');
OUTTEXTXY(x0+L0,y0-60,'DD=');
OUTTEXTXY(x0+L0,y0-50,'D2=');
RECTANGLE(x0+L0-10,y0-101,x0+L0+90,y0-35);

```

for i:=0 to 4 do

begin

```

line(x0+round(i*lo/4),y0,x0+round((i+1)*lo/4)+
round(i*lo*xx/4/4),y0+yy+10);
line(x0+round((i+1)*lo/4),y0,y0+round((i+1)*lo/4)+
round(i*lo*xx/4/4)+10,y0+yy+15);
OUTTEXTXY(x0+round((i+1)*lo/4)+round(i*lo*xx/4/4)+xx-5,y0+yy+15,

```

```

copy(ori,2*i+1,2);
outtextxy(x0+round(1*x/4)-40,y0+round(i*y/4)-4,
copy(ver,2*i+1,2));

end;
end;

PROCEDURE REGIM;
BEGIN
    SETFILLSTYLE(1,0);
    REPEAT D:=UPCASE(READKEY);UNTIL D IN ['A','F','C','D','Q'];
    CASE D OF
        'A','F':CH:=D;
        'C','D':HC:=D;
        'Q':BEGIN;
            CLOSEGRAPH;HALT(1);
        END;
    END;
    BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,Y0+YY+38)
    BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
    BAR(X0+6,Y0-ROUND(2*Y0/3)+14,X0+71,Y0-ROUND(2*Y0/3)+29);
    BAR(X0+LO+30,Y0-79,X0+LO+89,Y0-16); STR(GR:5:1,00);
    OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY,00);SETFILLSTYLE(1,1);
END;
procedure calcul;
begin
    R:=SQR(NN-1)/SQR(NN+1);
    DR:=(1-R)/(1+R*(2*NR-1));
    DA:=EXP(-0.004*GR);
    DA1:=1-DA;
    A1:=1-A;
    DD:=DR*DA;
    D2:=DD*A;
    CASE NR OF
        1:BEGIN
            DA2:=D2/(1-0.16*A1);
            DA3:=0.27*DA1;
        END;
        2:BEGIN
            DA2:=D2/(1-0.24*A1);
            DA3:=DA1*(0.15+0.62*DD);
        END;
        3:BEGIN
            DA2:=D2/(1-0.29*A1);
            DA3:=DA1*(0.14+0.45*DD+0.75*DD*DD);
        END;
        4:BEGIN
            DA2:=D2/(1-0.32*A1);
            DA3:=DA1*(0.12+0.31*DD+0.52*DD*DD+0.81*DD*
        END;
    END;
    BEGIN
        DAE:=DA2+DA3;
    END;
    if ch='A' THEN
        BEGIN
            SETFILLSTYLE(1,0);
            BAR(X0+LO+30,Y0-100,X0+LO+89,Y0-36);
            STR(R:6:4,00);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-90,00)
            STR(DR:6:4,00);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-80,00)
            STR(DA:6:4,00);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-70,00)
            STR(DD:6:4,00);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-60,00)
            STR(D2:6:4,00);OUTTEXTXY(X0+LO+40,Y0-50,00)
        SETFILLSTYLE(1,1);
        END;
    END;
end;
BEGIN
    MENU:AXF;GR:=1;

```


A 3.3

```

A1:=1-A;
while GR<=B do
  begin
    SETFILLSTYLE(1,0);
    STR(GR:5:1,00);
    BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
    OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY+2,00);
    SOUND(4000);DELAY(50);NOSOUND;
    loo:=130;NR:=1;
    while loo<=lo do
      begin
        calcul;
        SETFILLSTYLE(1,1);
        putpixel(x0+round(GR*xx/8)+loo,y0-1+round(GR*yy/8-(DAE-0.4)*150)
        15);
        BAR(x0+round(GR*xx/8)+loo,y0+round(GR*yy/8),x0+ROUND(GR*XX/8)+LOO,
        YO+ROUND(GR*YY/8-(DAE-0.4)*150));

        inc(loo,130);( NR:=1+ROUND(LO/4);} INC(NR,1);
        IF CH='A' THEN
          BEGIN
            STR(NR-1:3,00);
            SETFILLSTYLE(1,0);
            BAR(X0+ROUND(LU*4/5)+144,Y0+YY+29,X0+ROUND(LU*4/5)+208,
            YO+YY+38);
            OUTTEXTXY(X0+ROUND(LU*4/5)+140,Y0+YY+30,00);
            SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
            BAR(X0+6,Y0-ROUND(2*YO/3)+14,X0+71,Y0-ROUND(2*YO/3)+29);
            STR(DAE:6:3,00);OUTTEXTXY(X0+12,Y0-ROUND(2*YO/3)+18,00);
            SETFILLSTYLE(1,1);
          END;
          IF HC='D' THEN
            REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
            IF KEYPRESSED THEN REGIM;
          end;
          GR:=GR+1/5;
        end;
        REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
        CLOSEGRAPH;
      END.
in
  for i:=1 to 10 do begin
    fn[i,1]:=0;p[i,1]:=0;po[i,1]:=0;q[i,1]:=0;q0[i,1]:=0;z[i,1]:=0;
    for j:=1 to 100 do force[i,j]:=0;end;
    end;t:=0;
    writeln('n,ndata,niter,dt,error');read(n,ndata,niter,dt,error);
    writeln('matricea M');inrmat(n,n,m);
    writeln('matricea k');inrmat(n,n,k);
    write('x0=');inrmat(n,1,x0);
    write('y0=');inrmat(n,1,y0);
    write('force=');inrmat(n,ndata,force);
    modl(n,niter,error:real;m,k:matr;var u:matr);
    for i:=1 to n do for j:=1 to n do ut[i,j]:=u[j,1];
    mply(n,n,n,ut,m,dum);
    mply(n,n,n,dum,u,m);
    mply(n,n,n,ut,k,dum);
    mply(n,n,n,dum,u,k);
    for i:=1 to n do wn[i,1]:=sqrt(k[i,1]/m[i,1]);
    invs(n,u,uinvs);
    mply(n,n,1,uinvs,x0,p0);mply(n,n,1,uinvs,y0,q0);
    for it:=1 to ndata do begin
      writeln('time=',t);
      for i:=1 to n do write('x0=',x0[i,1]);writeln;
      for i:=1 to n do write('y0=',y0[i,1]);writeln;
      fn[i,1]:=0;for j:=1 to n do fn[i,1]:=fn[i,1]+ut[i,j]*force[j,it];

```

```

fn[i,1]:=fn[i,1]/m[i,1];
for i:=1 to n do begin
  tresp(p0[i,1],q0[i,1],fn[i,1],z[i,1],wn[i,1],p[i,1],q[i,1]);
  p0[i,1]:=p[i,1];q0[i,1]:=q[i,1];end;
  mply(n,n,1,u,p0,x0);mply(n,n,1,u,q0,y0);
  t:=t+dt;          end;
end.

```

ANEXA A 3.4

```

program :EFFECTIV
uses crt;
var nr,NC:integer;
n,gr,A,R,DR,DA,DA1,A1,D,D2,DA2,DA3,DAE:real;
PROCEDURE CADRU;
BEGIN
NR:=1;
WHILE NR<22 DO
BEGIN
FOR NC:=1 TO 60 DO BEGIN GOTOXY(NC,NR);WRITE(CHAR(205));END;
IF NR<22 THEN
BEGIN
FOR NC:=NR+1 TO NR+2 DO BEGIN GOTOXY(1,NC);WRITE(CHAR(186));END;
FOR NC:=NR+1 TO NR+2 DO BEGIN GOTOXY(60,NC);WRITE(CHAR(186));END;
FOR NC:=1 TO 60 DO BEGIN GOTOXY(NC,NR+2);WRITE(CHAR(205));END;
GOTOXY(1,NR);WRITE(CHAR(201)); GOTOXY(60,NR);WRITE(CHAR(187));
GOTOXY(1,NR+2);WRITE(CHAR(200)); GOTOXY(60,NR+2);WRITE(CHAR(188));
END;
INC(NR,5);
END;END;
procedure menu;
begin
gotoxy(4,2);
write('dati valoarea indicelui de refractie n = ');
read(n);
gotoxy(4,7);
write('dati valoarea grosimii gr = ');
read(gr);
gotoxy(4,12);
write('dati ordinul efectului de sera nr. = ');
read(nr);
gotoxy(4,17);
WRITE('dati valoarea factorului de absorbtie A = ');
read(A);

R:=(n-1)*(n-1)/(n+1)/(n+1);
DR:=(1-R)/(1+R*(2*nr-1));
DA:=exp(-0.004*gr);
DA1:=1-DA;
A1:=1-A;
D:=DR*DA;
D2:=D*A;
CASE NR OF
1:begin
DA2:=D2/(1-0.16*A1);
DA3:=0.27*DA1;
END;
2:begin
DA2:=D2/(1-0.24*A1);
DA3:=(0.62*D+0.15)*DA1;
END;
3:begin
DA2:=D2/(1-0.29*A1);
DA3:=(0.75*D*D+0.45*D+0.14)*DA1;
END;
4:begin
DA2:=D2/(1-0.32*A1);
DA3:=(0.81*D*D*D+0.52*D*D+0.12)*DA1;
END;
end;
end;
BEGIN clrscr;CADRU;
repeat
DAE:=DA2+DA3; GOTOXY(4,22);
WRITELN(' DAE = ',DAE:5:3); until readkey#upcase('Q');

```

END.
CLRSUR1

ANEXA A 3.5

```

xgram:RTA
IS CRT,graph;
  var PAS11,DR,DA,DA1,GR:real;HC,D, CH:CHAR;
  gd,gm,L,N,i,j,k,PAS,loo,P:integer;
  dc,dd,et,ora,oral,ah,h,HH,NN,R,A1,D1,D2,DA2,DA3,DAE:REAL;
  teta,teta1,teta2,teta3,i1,az,uh,uo,u1,u2:real;MM,OO:string[12];
  const w=2*3.14156/365;A=0.95;lg=26.09;lg=21.23;lt=47.73;
  X0=48;Y0=140;XX=80;YY=150;L0=522;
  ori=' 4 6 810121416182022';ver=' 0102030405060708090';
  (
    DC ----> DECLINATIA SUARELUI, DD---->ZIUA DIN AN
    ET ---->ECUATIA TAMPULUI, ORAL ---->ORA LEGALA
    ORA ---->ORA SOLARA, AH ---->UNGHI ORAR
    LLG ---->LONGITUDINEA LEGALA,LG ---->LONG.LOCALA
    H ---->SINUSUL UNGHIULUI DE INALTARE
    LT ---->LATITUDINEA
    II ---->UNGHI DE POZARE AL SUPRAFETEI
    AZ ---->UNGHI AZIMUTAL AL PLANULUI,+SPRE VEST,-SPRE EST
    IETA---->COSINUSUL UNGHIULUI DINTRE RAZA SI NORMALA LA FL
    UH---->UNGHI DE INALTARE IN GRADE
    UO---->UNGHI ORAR IN GRADE
    U1---->UNGHI DE INCIDENTIA IN GRADE
    U2---->UNGHI DE REFRACTIE IN GRADE
    R---->FACTOR ENERGETIC DE REFLEXIE
    DR ---->FACTOR DE TRS.CUL TINE SEAMA NUMAI DE REFLEXIE
    DA---->FACTOR DE TRS. CE TINE SEAMA NUMAI DE ABS.IN STICLA
    D1---->FACTOR ENERG. DE TRANS.AL PLACII DE STICLA
    DA2---->PRODUS.ECHIV.AL TRANS.-ABS.IN SISTEM GEAM-PLACA
    DAE---->VAL.EFECTIVA A PROD.ECHIV.AL ABS.-TRANS.IN
           ANSAMBLUL GEAM-PLACA )
CEDURE MENU;
in
  lrscr; gotoxy(5,5); write('DATI LUNA : '); readln(1);
  otxy(5,7); write('DATI ZIUA : '); readln(n);
  otxy(5,9);
  rite('UNGHIUL AZIMUTAL AL PLANULUI 0..+90[S->V],0..-90[S->E]: ');
  eadln(AZ); gotoxy(5,11);
  rite('dati indicele de refractie : ');readln(nn);
  otxy(5,13);
  RITE('DATI GROSIMEA PLACII DE STICLA (1,2,3,4)[mm] : ');
  EADLN(GR); GOTOXY(5,15);
  RITE('DATI ORDINUL EFECTULUI DE SERA (1,2,3) : ');READLN(P);
  DTOXY(5,17);
  rite('DATI PASUL DE TAMP 1..10 [ur] : ');readln(pas);
  otxy(5,19);
  RITE('DATI PASUL UNGHIULUI DE POZARE 0..90[deg] : ');
  EADLN(PAS11); gotoxy(5,21);
  rite('RULAJ C_continuu sau D_iscret ? ');
  C:=upcase(readkey);write( hc);REPEAT until hc in ['C','D'];
  otxy(5,23); write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
  F:=upcase(readkey);write(ch);REPEAT until ch in['A','F'];
  ;
CEDURE AXE;
IN
  j:=detect;initgraph(gd,gm,'');
  f graphresult<>0 then begin closegraph;halt(1);end;
  line(x0,y0,x0+lo,y0); line(x0+lo,y0,x0+lo+xx,y0+yy);
  line(x0+lo+xx,y0+yy,x0+xx,y0+yy);line(x0+xx,y0+yy,x0,y0);
  line(x0,y0,x0,y0-round(2*y0/3)-20);
  tttextxy(x0-40,y0-round(2*y0/3)-20,'DAE');
  R(L:2,OO);OUTTEXTXY(70,10,'LUNA : '+OO);
  R(N:2,OO);OUTTEXTXY(200,10,'ZIUA : '+OO); STR(AZ:4:1,OO);
  JTTEXTXY(330,10,'UNGHI AZIMUTAL AL PLANULUI[deg]: '+OO);
  R(NN:4:2,OO);OUTTEXTXY(70,30,'INDICE DE REFRACTIE : '+OO);

```

```

STR(GR:4:2,00);OUTTEXTXY(330,30,'GRUSIME[mm]: '+oo);
STR(P:2,00);OUTTEXTXY(510,30,'EFFECT SERA : '+00);
OUTTEXTXY(x0+round(10*4/5),y0+yy+30,'ORA LEGALA [h] =>');
RECTANGLE(X0+ROUND(L0*4/5)+143,Y0+YY+28,
X0+ROUND(L0*4/5)+209,Y0+YY+39);
outtextxy(x0-10-round(x0*2/3),y0+yy+20,'UNGGHI[deg]');
RECTANGLE(X0-ROUND(X0*2/3),Y0+YY-5,X0-ROUND(X0*2/3)+50,Y0+YY+14);
RECTANGLE(X0-48,Y0-ROUND(2*Y0/3)-10,X0-2,Y0-ROUND(2*Y0/3)+15);
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-70,' R=');OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-60,' DR=');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-50,' DA=');OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-40,' DA2=');
OUTTEXTXY(X0+L0,Y0-30,' U1=');
RECTANGLE(X0+L0-10,Y0-80,X0+L0+90,Y0-15);
for i:=0 to 9 do
begin
SETLINESTYLE(1,1,1);
line(x0+XX+round(i*10/9),y0+YY,x0+ROUND(i*10/9)
+ ROUND(10*xx/yy)+XX,y0+yy+10);
line(x0+round(i*xx/9)-20,y0+round(i*yy/9),x0
+round(i*xx/9),y0+round(i*yy/9));
OUTTEXTXY(X0+1*ROUND(10/9)+round(10*xx/yy)+xx-5,y0+yy+15,
copy(ori,2*i+1,2));
outtextxy(x0+round(i*xx/9)-40,y0+round(i*yy/9)-4,
copy(ver,2*i+1,2));
end;
end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);REPEAT D:=UPCASE(READKEY);
UNTIL D IN['-','+', '1'..'9','A','F','C','D','Q'];
CASE D OF 'A','F':CH:=D;'1'..'9':pas:=ord(D)-48;
'C','D':HC:=D;'-' :pas:=-pas;'+' :PAS:=ABS(PAS);
'Q':BEGIN CLOSEGRAPH;HALT(1);END;
END;
BAR(X0+ROUND(L0*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(L0*4/5)+208,Y0+YY+38);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
BAR(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-7,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
BAR(X0+L0+30,Y0-70,X0+L0+89,Y0-16); STR(II:5:1,00);
OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY,00);SETFILLSTYLE(1,1);
END;
procedure calcul;
begin
ora:=oral+tet-1/60*(1lg-1g); AH:=PI/12*(ora-12);
h:=sin(1t*PI/180)*sin(dc*PI/180)+
cos(1t*PI/180)*cos(dc*PI/180)*cos(ah);
hh:=ARCTAN(H/SQRT(1-H*H)); uh:=hh*180/PI; uo:=ah*180/PI;
TETA:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LI*PI/180)*COS(II*PI/180)-
SIN(DC*PI/180)*COS(LI*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AZ*PI/180)
+ COS(DC*PI/180)*COS(LI*PI/180)*COS(II*PI/180)*COS(AH)+
COS(DC*PI/180)*SIN(LI*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AH)+
COS(DC*PI/180)*SIN(II*PI/180)*SIN(AZ*PI/180)*SIN(AH);
IF(TETA>1) THEN TETA:=1;
IF ((TETA=1) AND (H>0.004)) THEN R:=SQRT((NN-1)/(NN+1)) ELSE
if ((teta<1) and (teta>0) and (h>0.004)) then
begin
tetal:=ARCTAN(1/teta*SQRT(1-teta*teta));
u1:=tetal*180/PI; teta3:=sin(tetal)/nn;
teta2:=ARCTAN(teta3/SQRT(1-TETA3*TETA3));
u2:=teta2*180/PI;
R:=0.5*(sqr(Sin(teta2-tetal)/Sin(teta2+tetal))+
SQR(SIN(TETA2-TETA1))/(1-SQR(SIN(TETA2-TETA1)))/
SQR(SIN(TETA2+TETA1))*(1-SQR(SIN(TETA2+TETA1))));
end ELSE R:=0;
IF R>0 THEN
BEGIN

```

```

DR:=(1-R)/(1+R*(2*P-1));DA:=EXP(-0.004*GR);DA1:=1-DA;
END ELSE
BEGIN DR:=0;DA:=0;DA1:=0;U1:=0;U2:=0;END;
A1:=1-A; D1:=DR*DA; D2:=D1*A;
CASE P OF
  1:BEGIN DA2:=D2/(1-0.16*A1);DA3:=0.27*DA1;END;
  2:BEGIN DA2:=D2/(1-0.24*A1);DA3:=(0.62*D1+0.15)*DA1;END;
  3:BEGIN DA2:=D2/(1-0.29*A1);DA3:=(0.75*D1*D1+0.45*D1+0.14)*DA1;END;
END;
DAE:=DA2+DA3 ;
if ch='A' THEN
BEGIN
  SETFILLSTYLE(1,0);BAR(X0+L0+30,Y0-70,X0+L0+89,Y0-16);
  STR(R:5:3,00);OUTTEXTXY(X0+L0+40,Y0-70,00);
  STR(DR:5:3,00);OUTTEXTXY(X0+L0+40,Y0-60,00);
  STR(DA:5:3,00);OUTTEXTXY(X0+L0+40,Y0-50,00);
  STR(DA2:5:3,00);OUTTEXTXY(X0+L0+40,Y0-40,00);
  STR(U1:5:2,00);OUTTEXTXY(X0+L0+40,Y0-30,00);
  SETFILLSTYLE(1,1);
END;
);
=====)
BEGIN
MENU;AXE;
dd:=30*(1-1)+n; dc:=23.4*sin(2*P/365*(2B4+dd));
eti:=1/60*(-0.0002+0.419*cos(w*dd)-3.2265*cos(2*w*dd)
-0.0903*cos(3*w*dd)-7.3509*sin(w*dd)
-9.3912*sin(2*w*dd)-0.3361*sin(3*w*dd));
ii:=0;
while ii<=90 do
begin
  SETFILLSTYLE(1,0);STR(II:5:1,00);
  BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
  OUTTEXTXY(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY+2,00);
  SETFILLSTYLE(1,1);SOUND(4000);DELAY(50);NOSOUND;
  loo:=0;oral:=4;
  while loo<=lo do
  begin
    calcul;
    IF PAS<0 THEN
    BEGIN
      SETFILLSTYLE(1,0);
      bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*DAE),
      x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
      SETFILLSTYLE(1,1);
    END ELSE
    BEGIN
      pixel(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0-1+round(ii*yy/90-100*DAE),0);
      pixel(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*DAE),
      x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
    END;
    inc(loo,pas); oral:=4+loo*(18/lo);
    IF CH='A' THEN
    BEGIN
      STR(TRUNC(ORAL):5,00);STR(FRAC(ORAL)*60:2:0,MM);
      OO:=OO+' '+MM;SETFILLSTYLE(1,0);
      BAR(X0+ROUND(L0*4/5)+14,Y0+YY+29,X0+ROUND(L0*4/5)+208,
      Y0+YY+38);
      OUTTEXTXY(X0+ROUND(L0*4/5)+140,Y0+YY+30,00);
      SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
      BAR(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-5,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
      STR(DAE:4:3,00);OUTTEXTXY(X0-45,Y0-ROUND(2*Y0/3)-2,00);
      SETFILLSTYLE(1,1);
    END;
  END;
END;

```

```
IF HC='D' THEN REPEAT UNTIL KEYPRESSED;  
IF KEYPRESSED THEN REGIM;  
end;  
ii:=ii+PASII;  
end;  
REPEAT UNTIL KEYPRESSED; CLOSEGRAPH;  
END.
```


Program:RADABS

```

$ES CRT,graph;
var PAS11,DR,DA,DA1,GR,C,TETA0,EDN,EDO,EDS,EDA,KK:real;HC,D, CH:CHAR;
gd,gm,L,N,i,j,k,PAS,loo,P:integer;
ESS,EAS,F,dc,dd,et,ora,oral,ah,h,HH,NN,R,A1,D1,D2,DA2,DA3,DAE:Real;
teta,teta1,teta2,teta3.i1,az,uh,uo,u1,u2:real;MM,00:string[12];
const w=2*3.14156/365;A=0.95;llg=26.09;lg=21.23;lt=47.73;
X0=48;Y0=140;XX=80;YY=150;L0=468;
ori=' 4 6 810121416182022';ver=' 0102030405060708090';
E0=1353;AA=0.88;B=0.28;

DC ----> DECLINATIA SUARELUI, DD---->ZIUA DIN AN
ET ---->ECUATIA TAMPULUI, ORAL ---->ORA LEGALA
ORA ---->ORA SOLARA, AH ---->UNGHI ORAR
LLG ---->LUNGITUDINEA LEGALA,LG ---->LONG.LOCALA
H ---->SINUSUL UNGHIULUI DE INALTARE
LT ---->LATITUDINEA
LI ---->UNGHI DE POZARE AL SUPRAFETEI
AZ ---->UNGHI AZIMUTAL AL PLANULUI,+SPRE VEST,-SPRE EST
TETA---->COSINUSUL UNGHIULUI DINTRE RAZA SI NORMALA LA PL
UH---->UNGHI DE INALTARE IN GRADE
UD---->UNGHI ORAR IN GRADE
UI---->UNGHI DE INCIDENTA IN GRADE
U2---->UNGHI DE REFRACTIE IN GRADE
R---->FACTOR ENERGETIC DE REFLEXIE
DR---->FACTOR DE TRS.CE TINE SEAMA NUMAI DE REFLEXIE
DA---->FACTOR DE TRS. CE TINE SEAMA NUMAI DE ABS.IN STICLA
D1---->FACTOR ENERG. DE TRANS.AL PLACII DE STICLA
DA2---->PRODUS.ECHIV.AL TRANS.-ABS.IN SISTEM GEAM-PLACA
DAE---->VAL.EFECTIVA A PROD.ECHIV.AL ABS.-TRANS.IN
ANSAMBLUL GEAM-PLACA )

PROCEDURE T(IX,IY:INTEGER;IE:STRING);
BEGIN OUTTEXTXY(IX,IY,IE);END;
PROCEDURE MENU;
begin
  clrscr; gotoxy(5,5); write('DATI LUNA : '); readln(l);
  gotoxy(5,7); write('DATI ZIUA : '); readln(n);
  gotoxy(5,9);
  write('UNGHIUL AZIMUTAL AL PLANULUI 0..+90[S->V],0..-90[S->E]: ');
  readln(AZ); gotoxy(5,11);
  write('dati indicele de refractie ');readln(nn);
  gotoxy(5,13);
  write('DATI GROSIMEA PLACII DE STICLA (1,2,3,4)[mm] : ');
  readln(GR); gotoxy(5,15);
  write('DATI ORDINUL EFECTULUI DE SERA (1,2,3) : ');readln(P);
  gotoxy(5,17);
  write('DATI PASUL DE TINE 1..10 [ur] : ');readln(pas);
  gotoxy(5,19);
  write('DATI PASUL UNGHIULUI DE POZARE 0..90[deg] : ');
  readln(PAS11); gotoxy(5,21);
  write('RULAJ C_ontinuu sau D_iscret ? ');
  LT:=uppercase(readkey);write(hc);REPEAT until hc in ['C','D'];
  gotoxy(5,23); write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
  MM:=uppercase(readkey);write(ch);REPEAT until ch in['A','F'];
end;
PROCEDURE AXE;
begin
  gd:=detect;initgraph(gd,gm,'');
  if graphresult<>0 then begin closegraph;halt(1);end;
  line(x0,y0,x0+lo,y0); line(x0+lo,y0,x0+lo+xx,y0+yy);
  line(x0+lo+xx,y0+yy,x0+xx,y0+yy);line(x0+xx,y0+yy,x0,y0);
  line(x0,y0,x0,y0-round(2*y0/3)-20);
  line(x0-40,y0-round(2*y0/3)-20,'EDA');
  RECTANGLE(50,0,680,50);RECTANGLE(53,2,677,48);
  SR(L:2,00);T(70,10,'LUNA : '+00);
end;

```

```

STR(N:2,00);T(200,10,'ZIU A : '+00); STR(AZ:4:1,00);
T(330,10,'UNGHI AZIMUTAL AL PLANULUI[deg]: '+00);
STR(NN:4:2,00);T(70,30,'INDICE DE REFRACTIE : '+00);
STR(GR:4:2,00);T(330,30,'GRUSIME[mm]: '+00);
STR(P:2,00);T(510,30,'EFECT SERA : '+00);
T(x0+round(l0*4/5),y0+yy+30,'ORA LEGALA [h] =>');
RECTANGLE(X0+ROUND(LU*4/5)+143,Y0+YY+28,
X0+ROUND(LU*4/5)+209,Y0+YY+39);
T(x0-10-round(x0*2/3),y0+yy+20,'UNGHI[deg]');
RECTANGLE(X0-ROUND(X0*2/3),Y0+YY-5,X0-ROUND(X0*2/3)+50,Y0+YY+14);
RECTANGLE(X0-48,Y0-ROUND(2*Y0/3)-10,X0-2,Y0-ROUND(2*Y0/3)+15);
T(X0+L0,Y0-70,'EDN=');T(X0+L0,Y0-60,'EDS=');
T(X0+L0,Y0-50,'EK=');T(X0+L0,Y0-40,'DAE=');
T(X0+L0,Y0-30,'U1=');
RECTANGLE(X0+L0-10,Y0-80,X0+L0+90,Y0-15);
for i:=0 to 9 do
begin
line(x0+xx+round(i#l0/9),y0+yy,x0+ROUND(i#l0/9)
+ ROUND(10#xx/yy)+xx,y0+yy+10);

line(x0+round(i#xx/9)-20,y0+round(i#yy/9),x0
+round(i#xx/9),y0+round(i#yy/9));
T(X0+1#ROUND(l0/9)+round(10#xx/yy)+xx-5,y0+yy+15,
copy(ori,2#i+1,2));
T(X0+round(i#xx/9)-40,y0+round(i#yy/9)-4,
copy(ver,2#i+1,2));

end;
end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);REPEAT D:=UPCASE(READKEY);
UNTIL D IN['-','+','1'..'9','A','F','C','D','Q'];
CASE D OF 'A','F':CH:=0;'1'..'9':pas:=ord(D)-48;
'C','D':HCL:=D;'-' :pas:=-pas;'+' :PAS:=ABS(PAS);
'Q':BEGIN LLOSEGRAPH;HALT(1);END;
END;
BAR(X0+ROUND(LU*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(LU*4/5)+208,Y0+YY+38);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
BAR(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-7,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
BAR(X0+L0+35,Y0-70,X0+L0+89,Y0-16); STR(II:5:1,00);
T(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY,00);SETFILLSTYLE(1,1);
END;
procedure calcul;
begin
ora:=oral+et-1/60*(11q-1g); AH:=F1/12*(ora-12);
h:=sin(1t#PI/180)*sin(dc#PI/180)+
cos(1t#PI/180)*cos(dc#PI/180)*cos(ah);
hh:=ARCTAN(H/SQRT(1-H*H)); uht:=hh*180/PI; uo:=ah*180/PI;
TETA:=SIN(DC#PI/180)*SIN(LT#PI/180)*COS(II#PI/180)-
SIN(DC#PI/180)*COS(LT#PI/180)*SIN(II#PI/180)*COS(AZ#PI/180)
+ COS(DC#PI/180)*COS(LT#PI/180)*COS(II#PI/180)*COS(AH)+
COS(DC#PI/180)*SIN(LT#PI/180)*SIN(II#PI/180)*COS(AH)+
COS(DC#PI/180)*SIN(II#PI/180)*SIN(AZ#PI/180)*SIN(AH);
IF(TETA>1) THEN TETA:=1;
IF ((TETA=1) AND (H>0.004)) THEN R:=SQRT((NN-1)/(NN+1)) ELSE
if ((teta<1) and (teta>0) and (h>0.004)) then
begin
teta1:=ARCTAN(1/teta*SQRT(1-teta*teta));
u1:=teta1*180/PI; teta3:=sin(teta1)/nn;
teta2:=ARCTAN(teta3/SQRT(1-TETA3#TETA3));
u2:=teta2*180/PI;
R:=0.5*(sqr(Sin(teta2-teta1)/Sin(teta2+teta1))+
SQR(SIN(TETA2-TETA1))/(1-SQR(SIN(TETA2-TETA1))))/
SQR(SIN(TETA2+TETA1))*(1-SQR(SIN(TETA2+TETA1))));

```

```

ID ELSE R:=0;
IF R>0 THEN
BEGIN
DR:=(1-R)/(1+R*(2*P-1));DA:=EXP(-0.004*GR);DA1:=1-DA;
ID ELSE
BEGIN DR:=0;DA:=0;DA1:=0;U1:=0;U2:=0;END;
:=1-A; D1:=DR*DA; D2:=D1*A;
USE P OF
1:BEGIN DA2:=D2/(1-0.16*A1);DA3:=0.27*DA1;END;
2:BEGIN DA2:=D2/(1-0.24*A1);DA3:=(0.62*D1+0.15)*DA1;END;
3:BEGIN DA2:=D2/(1-0.29*A1);DA3:=(0.75*D1*D1+0.45*D1+0.14)*DA1;END;
ID;
IE:=DA2+DA3 ;
TAO:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)+COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(AH);
(TETA>1) THEN TETA:=1;
(TETA>0) AND (TETA0>0) THEN Kk:=TETA/TETA0 else Kk:=0;
(H>0.004) THEN
EDN:=EO*C*AA*EXP(-B/H)
ELSE EDN:=0;
IO:=EDN*H;
IS:=EDO*KK;
IA:=EDS*DAE;
IS:=ESS+EDS*PAS/LO*18*3600;
IS:=EAS+EDA*PAS/LO*18*3600;
ESS>0 THEN F:=EAS/ESS ELSE F:=0;
ch='A' THEN
GIN
SETFILLSTYLE(1,0);BAR(XO+LU+35,YO-70,XO+LU+89,YO-16);
STR(EDN:5:1,00);T(XO+LU+40,YO-70,00);
STR(EDS:5:1,00);T(XO+LU+40,YO-60,00);
STR(KK:5:3,00);T(XO+LU+40,YO-50,00);
STR(DAE:5:3,00);T(XO+LU+40,YO-40,00);
STR(U1:5:2,00);T(XO+LU+40,YO-30,00);
SETFILLSTYLE(1,1);
);

=====)
IN
INU;AXE;
I:=30*(1-1)+n; dc:=23.4*sin(2*PI/365*(284+dd));
:=1/60*(-0.0002+0.4197*cos(w*dd)-3.2265*cos(2*w*dd)
-0.0903*cos(3*w*dd)-7.3509*sin(w*dd)
-9.3912*sin(2*w*dd)-0.3361*sin(3*w*dd));
:=1+0.034*COS(DD*PI/180);
:=0; ESS:=0;II:=0; EAS:=0;
while ii<=90 do
gin
SETFILLSTYLE(1,0);STR(II:5:1,00);
BAR(XO-ROUND(XO*2/3)+1,YO+YY,XO-ROUND(XO*2/3)+49,YO+YY+12);
T(XO-ROUND(XO*2/3)+2,YO+YY+2,00);
SETFILLSTYLE(1,1);SOUND(4000);DELAY(50);NOSOUND;
loo:=0;oral:=4;
while loo<=lo do
begin
calcul;
IF PAS<0 THEN
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);
bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*DAE),
x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
SETFILLSTYLE(1,1);
END ELSE
BEGIN
IF PAS<2 THEN
BEGIN

```

```

putpixel(x0+round(ii*xx/90)+l00,y0-1+round(ii*yy/90-EDA/10),0);
bar(x0+round(ii*xx/90)+l00,y0+round(ii*yy/90-EDA/10),
x0+round(ii*xx/90)+l00,y0+round(ii*yy/90));
END FLST.
BEGIN SETFILLSTYLE(1,0);
BAR(x0+round(ii*xx/90)+l00,y0+round(ii*yy/90-EDA/10),
x0+round(ii*xx/90)+l00+PAS,y0+round(ii*yy/90));
RECTANGLE(x0+round(ii*xx/90)+l00,y0+round(ii*yy/90-EDA/10),
x0+round(ii*xx/90)+l00+PAS,y0+round(ii*yy/90));
END;
END;
inc(l00,pas); oral:=4+l00*(18/l0);
IF CH='A' THEN
BEGIN
STR(TRUNC(ORAL):5,00);STR(FRAC(ORAL)*60:2:0,MM);
OO:=OO+' '+MM;SEIFILLSTYLE(1,0);
BAR(X0+ROUND(LU*4/5)+144,YO+YY+29,X0+ROUND(LU*4/5)+208,
YO+YY+38);
T(X0+ROUND(LU*4/5)+140,YO+YY+30,00);
SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
BAR(X0-46,YO-ROUND(2*YO/3)-8,X0-3,YO-ROUND(2*YO/3)+12);
STR(EDA:4:1,00);T(X0-45,YO-ROUND(2*YO/3)-2,00);
SETFILLSTYLE(1,1);
END;
IF HC='D' THEN REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
IF KEYPRESSED THEN REGIM;
end;
STR(EAS:8,00); T(ROUND(II*XX/90)+X0+LU+5,Y0+ROUND(II*YY/90)-5,00);
STR(F:5:3,00);
T(ROUND(II*XX/90)+X0+LU+80,Y0+ROUND(II*YY/90)-5,00);
ii:=ii+PASII; EAS:=0;ESS:=0;
end;
REPEAT UNTIL KEYPRESSED; CLOSEGRAPH;
END.

```

```

Program: PT
uses graph, crt;
const x0=40; y0=140; xx=100; ori=' 0 2 4 6 8 10'; ver='0 1 2 3 4 5';
      ta=295;
      yy=150; lo=500;
      epp=0.95; epg=0.90; de=0.1; sig=5.67e-8;
var al, la, kr, ks, kiz, k, f, v, km: real;
    hc, ch, d: char;
    gd, gm, l, n, nr, nc, i, j, ii, loo, pas, tp: integer;
    oo: string[12];
PROCEDURE MENU;
  BEGIN clrscr;
  gotoxy(5,2);
  WRITE('dati conductivitatea:'); readln(la);
  gotoxy(5,6);
  write('dati temp. placii:'); readln(tp);
  gotoxy(5,10);
  write('dati unghiul de pozare:'); readln(ii);
  gotoxy(5,14);
  write('dati pasul vitezei (1-5):'); readln(pas);
  gotoxy(5,18);
  write('rulaj C_continuu sau D_discret?');
  hc:=upcase(readkey); write(hc);
  repeat until hc in ['C', 'D'];
  gotoxy(5,22);
  write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare?');
  ch:=upcase(readkey); write(ch);
  repeat until ch in ['A', 'F'];
  END;

PROCEDURE AXE;
  begin clrscr;
  gd:=detect;
  initgraph(gd, gm, '');
  if graphresult < 0 then begin closegraph; halt(1); end;
  line(x0, y0, x0+lo, y0);
  line(x0+lo, y0, x0+lo+xx, y0+yy);
  line(x0+lo+xx, y0+yy, x0+xx, y0+yy);
  line(x0+xx, y0+yy, x0, y0);
  line(x0, y0, x0, y0-round(2*y0/3));
  outtextxy(x0+5, y0-round(2*y0/3), 'K[W/m/m/grd]');
  str(tp:2, oo); outtextxy(5, 20, 'T.P.[K]='+oo);
  str(la:3, oo); outtextxy(120, 20, 'LA[W/m/grd]='+oo);
  str(ii:2, oo); outtextxy(465, 20, 'UNGHI[deg]='+oo);
  str(de:2, oo); outtextxy(590, 20, 'DE[m]='+oo);
  outtextxy(x0+round(10*4/5), y0+yy+30, 'VIT.VINI[m/s]=>');
  rectangle(x0+round(10*4/5)+145, y0+yy+28,
            x0+round(10*4/5)+210, y0+yy+39);
  outtextxy(x0-round(x0*2/3), y0+yy+20, 'EF.SERA');
  RECTANGLE(x0+5, y0-round(2*y0/3)+13, x0+72, y0-round(2*y0/3)+30);
  rectangle(x0-round(x0*2/3), y0+yy-5, x0-round(x0*2/3)+50, y0+yy+14);
  outtextxy(x0+lo+40, y0-90, 'AL=');
  outtextxy(x0+lo+40, y0-80, 'F=');
  outtextxy(x0+lo+40, y0-70, 'KR=');
  outtextxy(x0+lo+40, y0-60, 'KS=');
  outtextxy(x0+lo+40, y0-50, 'KIZ=');
  RECTANGLE(x0+lo+30, y0-101, x0+lo+130, y0-35);
  outtextxy(x0+lo+80, y0-20, 'MEDIA');
  SETTEXTSTYLE(1, 1, 4);
  outtextxy(x0+lo+80, y0-10, 'S=');
  SETTEXTSTYLE(0, 0, 1);
  for i:=0 to 5 do
    begin
      line(x0+round(i*lo/5), y0, x0+round(i*lo/5)+

```

```

        round(10*xx/yy)+xx,y0+yy+10);
    line(x0+round(1*xx/5-20),y0+round(i*yy/5),
        x0+round(i*xx/5)+10,y0+round(i*yy/5));
    outtextxy(x0+1*round(10/5)+round(10*xx/yy)+xx-5,
        y0+yy+15,copy(ori,2*i+1,2));
    outtextxy(x0+round(1*xx/5)-40,y0+round(i*yy/5)-4,
        copy(ver,2*i+1,2));
    end;
end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN
    SETFILLSTYLE(1,0);
    repeat D:=upcase(readkey);until D in ['A','F','C','D','Q'];
    CASE D OF 'A','F':CH:=D;
             'C','D':HC:=D;
             'Q':BEGIN;
                 CLOSEGRAPH;HALT(1);
             END;
    END;
bar(x0+round(10*4/5)+148,y0+yy+29,x0+round(10*4/5)+160,y0+yy+38);
bar(x0+6,y0-round(2*y0/3)+14,x0+71,y0-round(2*y0/3)+29);
end;
PROCEDURE CALCUL;
BEGIN
    AL:=5.7+3.8*V;
    F:=(1+0.058*N)*(SE-4*AL*AL-4E-2*AL+1);
    KR:=1/(N/344*TP/EXP(0.31*LN((TP-IA)/(N+F)))+1/AL)+
    SIG*(TP+IA)*(TP*TP+IA*IA)/
    (1/(EPP+0.0425*N*(1-EPP))+(2*N+F-1)/EPG-N);
    ks:=KR*(1-(11-45)*(0.00259-0.00144*EPP));
    KIZ:=LA/DE;
    k:=ks+KIZ;
    KM:=KM+k;
END;
procedure grafica;
begin
    if ch='A' THEN
        begin
            setfillstyle(1,0);
            bar(x0+10+70,y0-100,x0+10+129,y0-36);
            str(al:5:2,oo);outtextxy(x0+10+80,y0-90,oo);
            str(f:5:2,oo);outtextxy(x0+10+80,y0-80,oo);
            str(kr:5:2,oo);outtextxy(x0+10+80,y0-70,oo);
            str(ks:5:2,oo);outtextxy(x0+10+80,y0-60,oo);
            str(kiz:5:2,oo);outtextxy(x0+10+80,y0-50,oo);
            setfillstyle(1,1);
            end;
        end;
begin
    menu;axe;
    n:=1;
    while n<6 do
begin
    setfillstyle(1,0);
    str(n:2,oo);
    bar(x0-round(x0*2/3)+1,y0+yy,x0-round(x0*2/3)+49,y0+yy+12);
    outtextxy(x0-round(x0*2/3)+5,y0+yy+2,oo);
    loo:=0;
    while loo<=10 do
begin
        v:=loo/50;
        calcul;grafica;
        setfillstyle(1,1);
        putpixel(x0+round(n*xx/5)+100,y0+round(n*yy/5-k*18)-1,0);
        setfillstyle(1,0);

```

```

bar(x0+round(n*xx/5)+100+PAS,y0+round(n*yy/5),
x0+round(n*xx/5)+100,y0+round(n*yy/5-k*18)+1);
RECTANGLE(x0+round(n*xx/5)+100,y0+round(n*yy/5-k*18)+1,
x0+round(n*xx/5)+100+PAS,y0+round(n*yy/5));

if ch='A' then
begin
str(v:3,00);setfillstyle(1,0);
bar(x0+round(10*5/6)+128,y0+yy+29,
x0+round(10*5/6)+190,y0+yy+38);
outtextxy(x0+round(10*5/6)+125,y0+yy+30,00);
sound(3000);delay(3);nosound;
bar(x0+6,y0-round(2*y0/3)+14,x0+71,y0-round(2*y0/3)+29);
str(k:6:3,00);
outtextxy(x0+12,y0-round(2*y0/3)+18,00);
setfillstyle(1,1);
end;
if hc='D' then repeat until keypressed;
if keypressed then regim;grafica;
inc(100,pas);
end;
KM:=KM*PAS/LO;
STR(KM:6:1,00);
OUTTEXTXY(X0+ROUND(N*XX/5)+LO+15,Y0-5+ROUND(N*YY/5),00);
n:=n+1; KM:=0;
end;repeat until keypressed; closegraph;

```

ANEXA A 3.8

ogram: PTC

ES CRT;

R NC, NR: INTEGER;

R V, AL, F, N, II, LA, DE, KR, KI, KIZ, k: REAL;

NST TA=295; TP=343; EPP=0.95; EPG=0.90; SIG=5.67E-8;

{AL-COEFF. DE TRANS. A CALD.PRIN CONVECTIE DE LA GEAM. SUP.
 F-FACT. DE CORECTIE, KR-FACTOR DE PIERDERI PT.CAPTATORUL DE REFERINTA

INCLINAT LA 45 DE GRADE, KI-FACTOR DE PIERDERI PT. CAPTATORUL
 INCLINAT LA UNGIUL II, PRIN PARTEA SUPERIOARA, KIZ-FACTOR DE
 PIERDERI PRIN IZOLATIE, K-FACTOR DE PIERDERI TOTAL, TA-TEMP.AMBIANTA,
 TP-TEMP. MEDIE A PLACII, N-NR.PLACILOR DE STICLA, SIG-CONSTANTA
 EPP-FACTOR EN. DE EMISIE AL PLACII, EPG-FACT.DE EMISIE AL GEAM.}

PROCEDURE CAD ;

BEGIN

NR:=1;

WHILE NR<22 DO

BEGIN

FOR NC:=1 TO 60 DO

BEGIN

GOTOXY(NC, NR); WRITE(CHAR(205)); END;

IF NR<22 THEN

BEGIN

FOR NC:=NR+1 TO NR+2 DO

BEGIN

GOTOXY(1, NC); WRITE(CHAR(186)); END;

FOR NC:=NR+1 TO NR+2 DO

BEGIN

GOTOXY(60, NC); WRITE(CHAR(186)); END;

FOR NC:=1 TO 60 DO

BEGIN

GOTOXY(NC, NR+2); WRITE(CHAR(205)); END;

GOTOXY(1, NR); WRITE(CHAR(201));

GOTOXY(60, NR); WRITE(CHAR(187));

GOTOXY(1, NR+2); WRITE(CHAR(200));

GOTOXY(60, NR+2); WRITE(CHAR(188)); END;

INC(NR, 4);

END;

END;

PROCEDURE MENU;

BEGIN

GOTOXY(4, 2);

WRITE('DATI VITEZA VINTULUI [m/s] ==== '); READ(V);

GOTOXY(4, 6);

WRITE('DATI NUMARUL PLACILOR DE STICLA ==== '); READ(N);

GOTOXY(4, 10);

WRITE('DATI CONDUCTIVITATEA IZOLATIEI [W/m/grd] === '); READ(LA);

GOTOXY(4, 14);

WRITE('DATI GROSIMEA IZOLATIEI [m] ==== '); READ(DE);

GOTOXY(4, 18);

WRITE('DATI UNGHIUL DE POZARE [deg] ==== '); READ(II);

END;

PROCEDURE CALCUL;

BEGIN

AL:=5.7+3.8*V;

F:=(1+0.058*N)*(5E-4*AL*AL-4E-2*AL+1);

KR:=1/(N/344*TP/EXP(0.31*LN((TP-TA)/(N+F))) +1/AL)+

SIG*(TP+TA)*(TP*TP+TA*TA)/

(1/(EPP+0.0425*N*(1-EPP))+(2*N+F-1)/EPG-N);

KI:=KR*(1-(II-45)*(0.00259-0.00144*EPP));

KIZ:=LA/DE;

k:=KI+KIZ;

END;

BEGIN


```
CLRSCR; CADRU;  
REPEAT;  
MENU;CALCUL;  
GOTOXY(4,22);  
WRITELN('FACTORUL DE PIERDERI [W/m/m/grd]');  
UNTIL READKEY=UPCASE('Q');CLRSCR;  
END.
```

Program: ECART

USES CRT, graph;

```

var FASII, DR, DA, DA1, GR, C, TETA0, EDN, EDO, EDS, EDA, kk: real; HC, D, CH: CHAF
    gd, gm, L, N, i, j, k, FAS, loo, P: integer;
    ESS, EAS, F, dc, dd, et, ora, ora1, ah, h, HH, NN, R, A1, D1, D2, DA2, DA3, DAE: REAL;
    teta4, teta5, teta6, teta7, teta8, et1, et2, et3: real;
    CC, S, FF, M, CS, DT, DTM, DTMX, IIMX, DRALMX: REAL;
    teta, teta1, teta2, teta3, i1, az, uh, uo, u1, u2: real; MM, OO: string[12];
const w=2*3.1416/365; A=0.95; l1g=26.09; l2g=21.23; l3t=47.73;
    X0=48; Y0=140; XX=80; YY=150; LO=468;
    ori=' 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22'; ver=' 0102030405060708090';
    EO=1353; AA=0.88; B=0.28;
[ EDA-INT.RAD.SOLARE ABS.; S-SUPR.INSULATOR; CC-CONDUCTANTA; FF-FACT.DE EFICIEN
1-DEBIT FLUID; CS-CALD.SPECIF. A FLUID.DT-SUPRATEMP.; DTM-SUPRATEMP.MEDIE
DTMX-SUPRATEMP.MAX.; u, h-coordon. supratemp.max.]
PROCEDURE T(IX, IY: INTEGER; TE: STRING);
BEGIN OUTTEXTXY(IX, IY, TE); END;
PROCEDURE MENU;
begin
    clrscr;
    write('DATI LUNA : '); readln(l);
    write('DATI ZIUA : '); readln(n);
    write('UNGHIUL AZIMUTAL AL PLANULUI 0..90(S-9V), 0..90(S-SE) : ');
    readln(AZ);
    write('dati indicele de refractie : '); readln(nn);
    WRITE('DATI GROSIMEA FLACII DE STICLA (1,2,3,4)[mm] : ');
    READLN(GR);
    WRITE('DATI ORDINUL EFECTULUI DE SERA (1,2,3) : '); READLN(F);
    write('DATI FASUL DE IIMF 1..10 [ur] : '); readln(pas);
    WRITE('DATI FASUL UNGHIULUI DE POZARE 0..90[deg] : ');
    READLN(FASII);
    WRITE('DATI SUPRAFATA : '); READLN(S);
    WRITE('DATI FACTORUL DE FIERDERI : '); READLN(CC);
    WRITE('DATI FACTORUL DE EFICIENTA : '); READLN(FF);
    WRITE('DATI DEBITUL DE FLUID : '); READLN(M);
    WRITE('DATI CALDURA SPECIFICA A FLUIDULUI : '); READLN(CS);
    write('RULAJ C_ontinuu sau D_discret ? ');
    HC:=upcase(readkey); write(' hc'); REPEAT until hc in ['C', 'D'];
    write('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
    CH:=upcase(readkey); write(' ch'); REPEAT until ch in ['A', 'F'];
end;
PROCEDURE AXE;
BEGIN
    gd:=detect; initgraph(gd, gm, '');
    if graphresult=>0 then begin closegraph; halt(1); end;
    ( line(x0,y0,x0+lo,y0); ) line(x0+lo,y0,x0+lo+xx,y0+yy);
    line(x0+lo+xx,y0+yy,x0+xx,y0+yy); line(x0+xx,y0+yy,x0,y0);
    line(x0,y0,x0,y0-round(2*y0/3)-20);
    T(x0-40,y0-round(2*y0/3)-20,'DT');
    RECTANGLE(50,0,680,50); RECTANGLE(53,2,677,48);
    STR(L:2,00); T(70,10,'LUNA : '+00);
    STR(N:2,00); T(200,10,'ZIUA : '+00); STR(AZ:4:1,00);
    T(330,10,'UNGHI AZIMUTAL AL PLANULUI[deg]: '+00);
    STR(NN:4:2,00); T(70,30,'INDICE DE REFRACTIE : '+00);
    STR(GR:4:2,00); T(330,30,'GROSIME[mm]: '+00);
    STR(F:2,00); T(510,30,'EFECT SERA : '+00);
    T(x0+round(lo*4/5),y0+yy+30,'ORA LEGALA [h] =>');
    RECTANGLE(x0+ROUND(LO*4/5)+143,y0+YY+28,
    x0+ROUND(LO*4/5)+209,y0+YY+39);
    T(x0-10-round(x0*2/3),y0+yy+20,'UNGHI[deg]');
    RECTANGLE(x0-ROUND(x0*2/3),y0+YY-5,x0-ROUND(x0*2/3)+50,y0+YY+14);
    RECTANGLE(x0-48,y0-ROUND(2*y0/3)-10,x0-2,y0-ROUND(2*y0/3)+15);
    T(x0+LO,y0-70,'S -'+#16); T(x0+LO,y0-60,'CC -'+#16);
    T(x0+LO,y0-50,'FF -'+#16); T(x0+LO,y0-40,'M -'+#16);

```

A 5.1

```

T(X0+L0,Y0-30,'CS'+#16);
RECTANGLE(X0+L0-10,Y0-80,X0+L0+90,Y0-15);
for i:=0 to 9 do
begin
  line(x0+XX+round(i*10/9),y0+YY,x0+ROUND(i*10/9)
    + ROUND(10*xx/yy)+XX,y0+yy+10);

  line(x0+round(i*xx/9)-20,y0+round(i*yy/9),x0
    +round(i*xx/9),y0+round(i*yy/9));
  T(X0+I*ROUND(10/9)+round(10*xx/yy)+xx-5,y0+yy+15,
    copy(ori,2*i+1,2));
  T(x0+round(i*xx/9)-40,y0+round(i*yy/9)-4,
    copy(ver,2*i+1,2));
end;
d;
PROCEDURE REGIM;
GIN
SETFILLSTYLE(1,0);REPEAT D:=UPCASE(READKEY);
UNTIL D IN['-','+','1'..'9','A','F','C','D','Q'];
CASE D OF 'A','F':CH:=D;'1'..'9':pas:=ord(D)-48;
          'C','D':HC:=D;'-'':pas:=-pas;'+'':FAS:=ABS(FAS);
          'Q':BEGIN CLOSEGRAPH;HALT(1);END;
END;
BAR(X0+ROUND(L0*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(L0*4/5)+208,Y0+YY+38);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
BAR(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-7,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
T(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY,00);SETFILLSTYLE(1,1);
);
procedure calcul;
jin
ora:=oral+et-1/60*(1lg-1g); AH:=PI/12*(ora-12);
l:=sin(1t*PI/180)*sin(dc*PI/180)+
cos(1t*PI/180)*cos(dc*PI/180)*cos(ah);
h:=ARCTAN(H/SQRT(1-H*H)); uh:=hh*180/PI; uo:=ah*180/PI;
ETA4:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*COS(II*PI/180);
eta5:=-SIN(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AZ*PI/180);
eta6:= COS(DC*PI/180)*COS(LI*PI/180)*COS(II*PI/180)*COS(AH);
eta7:=COS(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AH);
eta8:=COS(DC*PI/180)*SIN(II*PI/180)*SIN(AZ*PI/180)*SIN(AH);
eta:=eta4+eta5+eta6+eta7+eta8;
IF (TETA>1) THEN TETA:=1;
IF ((TETA=1) AND (H>0.004)) THEN R:=SQRT((NN-1)/(NN+1)) ELSE
IF ((eta<1) and (eta>0) and (h>0.004)) then
begin
eta1:=ARCTAN(1/eta*SQRT(1-eta*eta));
u1:=eta1*180/PI; eta3:=sin(eta1)/nn;
eta2:=ARCTAN(eta3/SQRT(1-TETA3*TETA3));
u2:=eta2*180/PI;
R:=0.5*(sqr(Sin(eta2-eta1)/Sin(eta2+eta1))+
SQR(SIN(TETA2-TETA1))/(1-SQR(SIN(TETA2-TETA1)))/
SQR(SIN(TETA2+TETA1)))*(1-SQR(SIN(TETA2+TETA1))));
hd ELSE K:=0;
IF R>0 THEN
EGIN
DR:=(1-R)/(1+R*(2*P-1));DA:=EXP(-0.004*GR);DA1:=1-DA;
ND ELSE
EGIN DR:=0;DA:=0;DA1:=0;U1:=0;U2:=0;END;
};=1-A; D1:=DR*DA; D2:=D1*A;
ASE P OF
1:BEGIN DA2:=D2/(1-0.16*A1);DA3:=0.27*DA1;END;
2:BEGIN DA2:=D2/(1-0.24*A1);DA3:=(0.62*D1+0.15)*DA1;END;
3:BEGIN DA2:=D2/(1-0.29*A1);DA3:=(0.75*D1*D1+0.45*D1+0.14)*DA1;END;
ND;
;

```

A 5.1

```

DAE:=DA2+DA3;
TETA0:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)+COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(AH);
IF (TETA>1) THEN TETA:=1;
IF (TETA>0) AND (TETA0>0) THEN KK:=TETA/TETA0 else KK:=0;
IF (H>0.004) THEN
  EDN:=E0*C*AA*EXP(-B/H)
ELSE EDN:=0;
EDO:=EDN*H;
EDS:=EDO*KK;
EDA:=EDS*DAE;
DT:=EDA/CC*(1-EXP(-S*CC*FF/M/CS));
DTM:=DTM+DT;
IF DT>DTMX THEN BEGIN
DTMX:=DT; IIMX:=11; ORALMX:=ORAL; END;
d;
=====}
BEGIN
MENU; AXE; DTMX:=0; DTM:=0;
if ch='A' THEN
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0); BAR(X0+L0+35, Y0-70, X0+L0+89, Y0-16);
STR(S:5:3,00); T(X0+L0+40, Y0-70,00);
STR(CC:5:3,00); T(X0+L0+40, Y0-60,00);
STR(FF:5:3,00); T(X0+L0+40, Y0-50,00);
STR(M:5:3,00); T(X0+L0+40, Y0-40,00);
STR(CS:5:1,00); T(X0+L0+40, Y0-30,00);
SETFILLSTYLE(1,1);
END;
dd:=30*(1-d)*m;   dc:=23.4*sin(2*PI/365*(204+dd));
et1:=-0.0002+0.4197*cos(w*dd)-3.2265*cos(2*w*dd);
et2:=-1*(0.0903*cos(3*w*dd)+7.3509*sin(w*dd));
et3:=-1*(9.3912*sin(2*w*dd)+0.3361*sin(3*w*dd));
et:=1/60*(et1+et2+et3);
C:=1+0.034*COS(DD*PI/180);
ii:=0; ESS:=0; II:=0; EAS:=0;
while ii<=90 do
begin
SETFILLSTYLE(1,0); STR(II:5:1,00);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1, Y0+YY, X0-ROUND(X0*2/3)+49, Y0+YY+12);
T(X0-ROUND(X0*2/3)+2, Y0+YY+2,00);
SETFILLSTYLE(1,1); SOUND(4000); DELAY(50); NOSOUND;
loo:=0; oral:=4;
while loo<=lo do
begin
calcul;
IF FAS<0 THEN
BEGIN
SETFILLSTYLE(1,0);
bar(x0+round(ii*xx/90)+loo, y0+round(ii*yy/90-DT),
x0+round(ii*xx/90)+loo, y0+round(ii*yy/90));
SETFILLSTYLE(1,1);
END ELSE
BEGIN
IF FAS<2 THEN
BEGIN
x0+round(ii*xx/90)+loo, y0+round(ii*yy/90-DT),
x0+round(ii*xx/90)+loo, y0+round(ii*yy/90));
END ELSE
BEGIN SETFILLSTYLE(1,0);
BAR(x0+round(ii*xx/90)+loo, y0+round(ii*yy/90-DT),
x0+round(ii*xx/90)+loo+FAS, y0+round(ii*yy/90));
TANGLE(x0+round(ii*xx/90)+loo, y0+round(ii*yy/90-DT),

```

A 5.1

```

x0+round(ii*xx/90)+100+PAS,y0+round(ii*yy/90));
END;
END;
inc(100,pas); oral:=4+100*(18/10);
IF CH='A' THEN
BEGIN
STR(TRUNC(ORAL):5,00);STR(FRAC(ORAL)*60:2:0,MM);
OO:=00+' ':'+MM;SETFILLSTYLE(1,0);
BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+144,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,
    YO+YY+38);
T(X0+ROUND(LO*4/5)+140,Y0+YY+30,00);
SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
BAR(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-3,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
STR(DT:4:1,00);T(X0-45,Y0-ROUND(2*Y0/3)-2,00);
BAR(X0-46,Y0-70,X0-4,Y0-62);
STR(DTMX:4:1,00);T(X0-45,Y0-69,00);
SETFILLSTYLE(1,1);
END;
IF HC='D' THEN REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
IF KEYPRESSED THEN REGIM;
end;
IF CH='A' THEN BEGIN          DIM:=DIM*PAS/LO;
STR(DTM:6:1,00);T(ROUND(II*XX/90)+X0+LO,Y0+ROUND(II*YY/90)-5,00);DTM:=0;
END;
ii:=ii+PASII;
end;STR(int(ORALMX):2:0,00);T(0,100,'h'+00);str(int(60*frac(oralmx)):2:0,0
T(24,100,' ':'+00);
STR(IIMX:4:1,00);T(0,110,'U'+00);
REPEAT UNTIL KEYPRESSED; CLOSEGRAPH;
D.

```

ANEXA A5.2

```

Program: REN
ES CRT, graph;
var FASII, DR, DA, DA1, GR, C, TETA0, EDN, EDO, EDS, EDA, KK: real; HC, D, CH: CHAR;
gd, gm, L, N, i, j, k, PAS, loo, P: integer;
ESS, EAS, F, dc, dd, et, ora, oral, ah, h, HH, NN, K, A1, D1, D2, DA2, DA3, DAE: REAL;
teta4, teta5, teta6, teta7, teta8, et1, et2, et3: real;
CC, S, FF, M, CS, renm, renMX, lIMX, UKALMX, ren, Q: REAL;
teta, teta1, teta2, teta3, a1, a2, uh, uo, u1, u2: real; MM, OO: string[12];
const w=2*3.1416/365; A=0.95; llg=26.09; lg=21.23; lt=47.73;
      X0=48; Y0=140; xx=80; YY=150; LO=468;
      ori=' 4 6 810121416182022'; ver=' 0102030405060708090';
      EO=1353; AA=0.88; B=0.28;
DA-INT.RAD.SOLARE ABS.; S-SUPR.INSULATOR; CC-CONDUCTANTA; FF-FACT.DE EFICIENTA
EBIT FLUID; CS-CALD.SPECIF. A FLUID.DT-SUPRATEMP.; DTM-SUPRATEMP.MEDIE
IX-SUPRATEMP.MAX.; u, h-coordon. supratemp.max., Q-CALD.SPEC.UTILA)
)CEDURE T(IX, IY: INTEGER; TE: STRING);
)IN OUTTEXTXY(IX, IY, TE); END;
)CEDURE MENU;
in
)lscr;
write('DATI LUNA : '); readln(l);
write('DATI ZIUA : '); readln(n);
rite('UNGHIIUL AZIMUTAL AL PLANULUI 0..+90[S->V], 0..-90[S->E]: ');
eadln(AZ);
rite('dati indicele de refractie : '); readln(nn);
RITE('DATI GROSIMEA FLACII DE STICLA (1,2,3,4)[mm] : ');
EADLN(GR);
RITE('DATI ORDINUL EFECTULUI DE SERA (1,2,3) : '); READLN(F);
rite('DATI PASUL DE TIMP 1..10 [ur] : '); readln(pas);
RITE('DATI PASUL UNGHIIULUI DE FOZARE 0..90[deg] : ');
EADLN(FASII);
RITE('DATI SUPRAFATA:'); READLN(S);
RITE('DATI FACTORUL DE FIERDERI:'); READLN(CC);
RITE('DATI FACTORUL DE EFICIENTA:'); READLN(FF);
RITE('DATI DEBITUL DE FLUID:'); READLN(M);
RITE('DATI CALDURA SPECIFICA A FLUIDULUI:'); READLN(CS);
rite('RULAJ C_continuu sau D_discret : ');
D:=upcase(readkey); write(ch); REPEAT until hc in ['C', 'D'];
rite('Cu A_fisare sau F_ara Afisare ? ');
H:=upcase(readkey); write(ch); REPEAT until ch in ['A', 'F'];
;
)CEDURE AXE;
)IN
j:=detect; initgraph(gd, gm, '');
if graphresult<>0 then begin closegraph; halt(1); end;
line(x0, y0, x0+lo, y0); line(x0+lo, y0, x0+lo+xx, y0+yy);
line(x0+lo+xx, y0+yy, x0+xx, y0+yy); line(x0+xx, y0+yy, x0, y0);
line(x0, y0, x0, y0-round(2*y0/3)-20);
[x0-40, y0-round(2*y0/3)-20, 'ren'];
)CTANGLE(50, 0, 680, 50); RECTANGLE(53, 2, 677, 48);
)R(L:2, 00); T(70, 10, 'LUNA : ' + OO);
)R(N:2, 00); T(200, 10, 'ZIUA : ' + OO); STR(AZ:4:1, 00);
)R(330, 10, 'UNGHII AZIMUTAL AL PLANULUI[deg]: ' + OO);
)R(NN:4:2, 00); T(70, 30, 'INDICE DE REFRACTIE : ' + OO);
)R(GR:4:2, 00); T(330, 30, 'GROSIME[mm]: ' + oo);
)R(F:2, 00); T(510, 30, 'EFECT SERA : ' + OO);
[x0+round(lo*4/5), y0+yy+30, 'ORA LEGALA [h] =>'];
)CTANGLE(X0+ROUND(LO*4/5)+143, Y0+YY+28,
)R(ROUND(LO*4/5)+209, Y0+YY+39);
[x0-10-round(x0*2/3), y0+yy+20, 'UNGHII[deg]');
)CTANGLE(X0-ROUND(X0*2/3), Y0+YY-5, X0-ROUND(X0*2/3)+50, Y0+YY+14);
)CTANGLE(X0-48, Y0-ROUND(2*Y0/3)-10, X0-2, Y0-ROUND(2*Y0/3)+15);
)R(X0+LO, Y0-70, 'S - ' + #16); T(X0+LO, Y0-60, 'CC - ' + #16);
)R(X0+LO, Y0-50, 'FF - ' + #16); T(X0+LO, Y0-40, 'M - ' + #16);

```

A 5.2

```

T(X0+L0,Y0-30,'CS'+#16);
RECTANGLE(X0+L0-10,Y0-80,X0+L0+90,Y0-15);
for i:=0 to 9 do
begin
  line(x0+XX+round(i*L0/9),y0+YY,x0+ROUND(i*L0/9)
    + ROUND(10*xx/yy)+XX,y0+yy+10);

  line(x0+round(i*xx/9)-20,y0+round(i*yy/9),x0
    +round(i*xx/9),y0+round(i*yy/9));
  T(X0+I*ROUND(10/9)+round(10*xx/yy)+x-5,y0+yy+15,
    copy(ori,2*i+1,2));
  T(x0+round(i*xx/9)-40,y0+round(i*yy/9)-4,
    copy(ver,2*i+1,2));
end;
#;
PROCEDURE REGIM;
$IN
SETFILLSTYLE(1,0);REPEAT D:=UPCASE(READKEY);
UNTIL D IN['~','+',',','1'..'9','A','F','C','D','Q'];
CASE D OF 'A','F':CH:=D;'1'..'9':pas:=ord(D)-48;
         'C','D':HC:=D;'+' :pas:=-pas;'+' :FAS:=ABS(FAS);
         'Q':BEGIN CLOSEGRAPH;HALT(1);END;
END;
BAR(X0+ROUND(L0*4/5)+148,Y0+YY+29,X0+ROUND(L0*4/5)+208,Y0+YY+38);
BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0+ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
BAR(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,x0-7,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY,00);SETFILLSTYLE(1,1);
);
procedure calcul;
jin
ora:=ora1+et-1/60*(11g-1g); AH:=PI/12*(ora-12);
i:=sin(1t*PI/180)*sin(dc*PI/180)+
cos(1t*PI/180)*cos(dc*PI/180)*cos(ah);
hh:=ARCTAN(H/SQRT(1-H*H)); uh:=hh*180/PI; uo:=ah*180/PI;
ETA4:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LI*PI/180)*COS(II*PI/180);
eta5:=-SIN(DC*PI/180)*COS(LI*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AZ*PI/180);
eta6:=COS(DC*PI/180)*COS(LI*PI/180)*COS(II*PI/180)*COS(AH);
eta7:=COS(DC*PI/180)*SIN(LI*PI/180)*SIN(II*PI/180)*COS(AH);
eta8:=COS(DC*PI/180)*SIN(II*PI/180)*SIN(AZ*PI/180)*SIN(AH);
eta:=eta4+eta5+eta6+eta7+eta8;
{(TETA>1) THEN TETA:=1;
F ((TETA=1) AND (H>0.004)) THEN R:=SQRT((NN-1)/(NN+1)) ELSE
F ((TETA<1) and (eta<0) and (h>0.004)) then
egin
eta1:=ARCTAN(1/eta*SQRT(1-eta*eta));
u1:=eta1*180/PI; eta3:=sin(eta1)/nn;
eta2:=ARCTAN(eta3/SQRT(1-TETA3*TETA3));
u2:=eta2*180/PI;
R:=0.5*(sqr(Sin(eta2-eta1)/Sin(eta2+eta1))+
SQR(SIN(TETA2-TETA1))/(1-SQR(SIN(TETA2-TETA1)))/
SQR(SIN(TETA2+TETA1))*(1-SQR(SIN(TETA2+TETA1))));
d ELSE R:=0;
R>0 THEN
$IN
DR:=(1-R)/(1+R*(2*F-1));DA:=EXP(-0.004*GR);DA1:=1-DA;
) ELSE
$IN DR:=0;DA:=0;DA1:=0;U1:=0;U2:=0;END;
i:=1-A; D1:=DR*DA; D2:=D1*A;
CASE F OF
1:BEGIN DA2:=D2/(1-0.16*A1);DA3:=0.27*DA1;END;
2:BEGIN DA2:=D2/(1-0.24*A1);DA3:=(0.62*D1+0.15)*DA1;END;
3:BEGIN DA2:=D2/(1-0.29*A1);DA3:=(0.75*D1*D1+0.45*D1+0.14)*DA1;END;
#;

```

A 5.2

```

DAE:=DA2+DA3;
TETA0:=SIN(DC*PI/180)*SIN(LT*PI/180)+COS(DC*PI/180)*COS(LT*PI/180)*COS(AH);
IF (TETA>1) THEN TETA:=1;
IF (TETA>0) AND (TETA0>0) THEN KK:=TETA/TETA0 else KK:=0;
IF (H>0.004) THEN
  EDN:=EO*CAA*EXP(-B/H)
ELSE EDN:=0;
EDU:=EDN*H;
EDS:=EDU*KK;
EDA:=EDS*DAE;
DT:=EDA/CC*(1-EXP(-S*CC*FF/M/CS));
DTM:=DTM+DT;
IF DT>DTMX THEN BEGIN
DTMX:=DT; IIMX:=II; ORALMX:=ORAL; END;
ren:=m*cs*dae/cc/s*(1-exp(-cc*s*ff/m/cs));
renm:=renm+ren;
FSS:=ESS+EDS*FAS/LO*18*3600;
R:=ESS*RENM;
  if ren>renmx then begin
    renmx:=ren; iimx:=ii; oralmx:=oral; end;
;
=====)
GIN
MENU;AXE;renMX:=0; renM:=0;ESS:=0;
  if ch='A' THEN
BEGIN
  SETFILLSTYLE(1,0);BAR(X0+L0+35,Y0-70,X0+L0+89,Y0-16);
  STR(S:5:3,00);T(X0+L0+40,Y0-70,00);
  STR(CC:5:3,00);T(X0+L0+40,Y0-60,00);
  STR(FF:5:3,00);T(X0+L0+40,Y0-50,00);
  STR(M:5:3,00);T(X0+L0+40,Y0-40,00);
  STR(CS:5:1,00);T(X0+L0+40,Y0-30,00);
  SETFILLSTYLE(1,1);
END;
dd:=30*(1-1)+n; dc:=23.4*sin(2*PI/365*(284+dd));
et1:=-0.0002+0.4197*cos(w*dd)-3.2265*cos(2*w*dd);
et2:=-1*(0.0903*cos(3*w*dd)+7.3509*sin(w*dd));
et3:=-1*(9.3912*sin(2*w*dd)+0.3361*sin(3*w*dd));
et:=1/60*(et1+et2+et3);
C:=1+0.034*COS(DD*PI/180);
ii:=0; ESS:=0;II:=0; EAS:=0;
while ii<=90 do
begin
  oegin
  SETFILLSTYLE(1,0);STR(II:5:1,00);
  BAR(X0-ROUND(X0*2/3)+1,Y0+YY,X0-ROUND(X0*2/3)+49,Y0+YY+12);
  T(X0-ROUND(X0*2/3)+2,Y0+YY+2,00);
  SETFILLSTYLE(1,1);SOUND(4000);DELAY(50);NUSOUND;
  loo:=0;oral:=4;
  while loo<=lo do
  begin
    calcul;
    IF FAS<0 THEN
    BEGIN
      SETFILLSTYLE(1,0);
      bar(x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*ren),
        x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
      SETFILLSTYLE(1,1);
    END ELSE
    BEGIN
      IF FAS<2 THEN
      BEGIN
        x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90-100*ren),
        x0+round(ii*xx/90)+loo,y0+round(ii*yy/90));
      END ELSE
    
```


A 5.2

```

BEGIN SETFILLSTYLE(1,0);
BAR(x0+round(ii*xx/90)+100,y0+round(ii*yy/90-100*ren),
x0+round(ii*xx/90)+100+FAS,y0+round(ii*yy/90));
CTANGLE(x0+round(ii*xx/90)+100,y0+round(ii*yy/90-100*ren),
x0+round(ii*xx/90)+100+FAS,y0+round(ii*yy/90));
END;
END;
inc(100,pas); oral:=4+100*(18/10);
IF CH='A' THEN
BEGIN
STR(TRUNC(ORAL):5,00);STR(FRAC(ORAL)*60:2:0,MM);
OO:=OO+' '+MM;SETFILLSTYLE(1,0);
BAR(X0+ROUND(LO*4/5)+144,Y0+YY+29,X0+ROUND(LO*4/5)+208,
YO+YY+38);
T(X0+ROUND(LO*4/5)+140,Y0+YY+30,00);
SOUND(3000);DELAY(3);NOSOUND;
BAR(X0-46,Y0-ROUND(2*Y0/3)-8,X0-3,Y0-ROUND(2*Y0/3)+12);
STR(ren:4:1,00);T(X0-45,Y0-ROUND(2*Y0/3)-2,00);
BAR(X0-46,Y0-70,X0-4,Y0-62);
STR(renMX:4:3,00);T(X0-45,Y0-69,00);
SETFILLSTYLE(1,1);
END;
IF HC='D' THEN REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
IF KEYPRESSED THEN BEGIN;
end;
IF CH='A' THEN BEGIN renM:=renM*FAS/LO; Q:=REN*ESS;
STR(renM:5:3,00);T(ROUND(II*XX/90)+X0+LO,Y0+ROUND(II*YY/90)-5,00);renM:=0
STR(Q:3,00);T(ROUND(II*XX/90)+X0+LO+40,Y0+ROUND(II*YY/90+5),00);ESS:=0;
END;
ii:=ii+FASII;
end;STR(int(ORALMX):2:0,00);T(0,100,'h'+00);str(int(60*frac(oralmx)):2:0,oo
T(24,100,' '+00);
STR(IIMX:4:1,00);T(0,110,'U'+00);
REPEAT UNTIL KEYPRESSED; CLOSEGRAPH;

```

ANEXA A 6.1

```

Program: SUPRAT
program suprat; uses graph, crt;
const x0=300; y0=140; luna=' 510152025'; soare='100200300400500';
var IRS: real; hc, CH, C: char; xx, yy, ZZ: string[7]; gd, gm, i, j, ts: integer;
PROCEDURE MENU;
BEGIN
  CLRSCR; HIGHVIDEO; GOTOXY(10, 10);
  WRITELN('DATI INTENSITATEA RADIATIEI SOLARE :');
  WRITELN; WRITELN('          ( in WATT/m**m )      ', IRS: 6:1);
  LOWVIDEO; GOTOXY(45, 12); READLN(IRS); WRITELN; WRITELN;
  WRITE('          Rula: C_continuu sau D_discret ?');
  repeat
    gotoxy(45, 15); hc:=uppercase(readkey); write(hc);
    sound(1000); delay(50); nosound;
  until hc in ['C', 'D'];
  writeln; WRITELN; WRITELN; writeln;
  WRITELN('          Cu A_fisare sau F_ara afisare ?');
  REPEAT
    GOTOXY(45, 19); CH:=uppercase(READKEY); sound(3500); delay(50); nosound;
  UNTIL CH IN ['A', 'F'];
END;
procedure axe;
begin
  line(x0, y0, x0+500, y0); line(x0, y0, x0, y0-135); line(x0, y0, x0-300, y0+200);
  line(x0-300, y0+200, x0+200, y0+200); line(x0+200, y0+200, x0+500, y0);
  for i:=1 to 5 do
  begin
    setlinestyle(1, 2, 1);
    line(x0-i*60, y0+40*i, x0-60*i, y0+40*i-170);
    line(x0-i*60, y0+40*i, x0-i*60+500, y0+40*i);
    line(x0+100*i, y0, x0+100*i-300, y0+200);
    outtextxy(x0-60*i, y0+40*i-180, copy(luna, 2*i-1, 2));
    line(x0+100*i, y0, x0+100*i, y0-35);
    outtextxy(x0+100*i-10, y0-45, copy(soare, 3*i-2, 3));
    outtextxy(5, 280, 'RA*SP'); outtextxy(400, 50, 'DEBIT * CALDURA SPECIFICA');
    outtextxy(5, 290, '1*[m**m]'); outtextxy(400, 70, '[kg/sec]*[J/kg/grd]');
    RECTANGLE(x0+5, 10, x0+100, 30); CIRCLE(625, 53, 20); CIRCLE(72, 329, 13);
    OUTTEXTXY(x0+110, 18, '--- SUPRATERMPERATURA [grade Celsius]');
    SETLINESTYLE(0, 2, 1); RECTANGLE(0, 0, 165, 65); RECTANGLE(2, 2, 163, 63);
    OUTTEXTXY(2, 80, 'A'); OUTTEXTXY(2, 100, 'F'); OUTTEXTXY(2, 120, 'C');
    OUTTEXTXY(2, 140, 'D'); RECTANGLE(0, 112, 10, 150); RECTANGLE(0, 75, 10, 110);
    OUTTEXTXY(5, 10, ' SUPRATERMPERATURA'); OUTTEXTXY(5, 25, ' E*S*RA');
    OUTTEXTXY(5, 35, ' DT = -----'); OUTTEXTXY(5, 45, ' m*c ');
  end;
end;
PROCEDURE REGIM;
BEGIN BAR(14, 80, 44, 155);
  REPEAT C:=uppercase(READKEY); UNTIL C IN ['A', 'F', 'C', 'D', 'Q', '-'];
  CASE C OF 'A', 'F': CH:=C; 'C': D:=C; 'D': HC:=C; 'Q': begin; closegraph; HALT(1); end;
END; IF CH='A' THEN OUTTEXTXY(15, 80, '<<<<') ELSE OUTTEXTXY(15, 100, '<<<<');
IF HC='C' THEN OUTTEXTXY(15, 120, '<---') ELSE OUTTEXTXY(15, 140, '<---');
END;
begin
  gd:=detect; initgraph(gd, gm, ''); if graphresult<>gok then halt(1);
  REPEAT RESTORECRTMODE; MENU; SETGRAPHMODE(GETGRAPHMODE);
  axe; SETFILLSTYLE(1, 0); outtextxy(565, 310, 'INT RAD SOL [W/m/m]');
  str(irs: 6:1, xx); OUTTEXTXY(600, 330, xx);
  for j:=50 to 500 do
  BEGIN
    IF CH='A' THEN
      BEGIN
        BAR(610, 50, 718, 60); str(j:5, yy); OUTTEXTXY(600, 50, yy+' -->');
        SOUND(4000); DELAY(10); NOSOUND;
      END;
    for i:=0 to 25 do
      begin IF KEYPRESSED THEN REGIM;

```

```

IF CH='A' THEN
BEGIN
  BAR(25,325,80,335);str(i:5,xx);OUTTEXTXY(25,325,'<' + XX);
  END;
ts:=round(IRS*i/j);IF (TS<250) THEN putpixel(x0+j-12*i,y0+8*i-ts
IF CH='A' THEN
BEGIN
  BAR(X0+6,11,X0+99,29);STR(IRS*I/J:6:1,ZZ);OUTTEXTXY(X0+16,16,Z
  END;
  if hc='D' then REGIM;
end;
END;
REPEAT SOUND(4000); DELAY(50); NOSOUND; OUTTEXTXY(650,250,'Quit <
  delay(500);SOUND(2000);DELAY(50);NOSOUND;
  bar(650,250,690,260);until keypressed;
UNTIL READKEY='Q'; closegraph;
end.

```

ANEXA A 6.2

```

Program:RANDAMENT
program randament;
uses crt,graph,PRINTER;
const x0=260;y0=85;
type Pa_Co_Fu=Array[1..250] of array[1..40] of real;par=file of pa_co_
var pas,i,U,COLN,l,RIND,c,m,gd,gm,MASCA,SABLON:integer;
pcf:pa_co_fu;ch:string[12];fisa:par;
XXX:STRING[255];mc,ks:string[5]; DA:REAL;CC,HC,HH:CHAR;

( RA=m*c*dt/E/s=m*c/E/s*k*DA[1-exp(-k/m/c*s)];
( RA=m*c/K/s*DA[1-exp(-K*s/m/c)];
( X=m*c; Y=K*s; RA=X*DA[1-exp(-Y/X)];
)
)

procedure o(x,y:integer;t:string);
begin
  outtextxy(x,y,t);
end;
PROCEDURE MENU;
BEGIN
  CLRSCR;HIGHVIDEO;GOTOXY(20,20);da:=0;
  WRITELN('DATI PRODUSUL ECHIVALENT ABSORBTIE-TRANSMISIE:');
  writeln;writeln( ' DA = ',DA:6:2);LOWVIDEO;GOTOXY(30,22);
  HEADLN(DA);WRITELN;writeln;writeln;
  repeat;
    gotoxy(40,24);write('P A S U L ? ');read(pas);
  until pas<20;
END;
PROCEDURE CUFIE;
begin
  ch:='D'+ch+'.DTA';assign(fisa,ch);reset(fisa);if ioreult <>0 then
  begin closegraph ;write('NU EXISTA FISIERUL '+ch+'.DTA!');END;
  read(fisa,pcf);close(fisa);
end;
procedure regim;
begin
  REPEAT
    SOUND(2000);DELAY(5);NOSOUND;CC:=UPCASE(READKEY);
  UNTIL CC IN('A','F','C','D','U');
  CASE CC OF
    'A','F':HH:=CC;
    'C','D':HC:=CC;
    'U':BEGIN;CLOSEGRAPH;HALT(1);END;
  END;
END;
BEGIN
  MENU;gd:=detect;initgraph(gd,gm, );if graphresult <> gkrok then halt(1);
  line(x0,y0,x0+250,y0+250);line(x0+250,y0+250,x0+270,y0+250);
  line(x0+270,y0+250,x0+520,y0);line(x0+520,y0,x0,y0);line(x0,y0,x0,5);
  o(270,3, 'P A N D A M E N T - ');rectangle(451,1,499,13);
  rectangle(450,0,500,14);o(0,y0, LUNDULIANTA [W/m/m/grd] );
  OUTTEXTXY(0,y0+10, ' SUPRAFATA [m*m] ');setfillstyle(1,0);
  HC:='D';HH:='A';rectangle(679,29,719,41);rectangle(19,263,51,282);
  o(620,300, 'P.E.Ab-Tr');str(da:4:2,ch);o(620,320, 'DA = '+ch);
  for i:=1 to 5 do
  begin
    line(x0+18100,y0,x0+18100,40);str(18100,ch);o(x0+18100-20,35,ch);
    o(0,y0-50,debit[kg/s]*c.sp. [J/kg/GRD] -----);
    line(x0-5081,y0+5081,x0-5081,y0+5081-30);
    str(1850,ch);o(x0-5081-10,y0+5081-40,ch);
  end;
  rectangle(507,0,679,16);
  for m:=0 to 12 do
  begin
    str(m,ch);setfillstyle(1,1);settextstyle(5,1,0);
    bar(510+m*13,5,510+m*13+10,13);setfillstyle(1,0);
  end;

```

```

    bar(700,175,710,325) ;o(710,165,'fichier -> D'+ch+'.DTA');o(520+m
;
    settextstyle(5,0,0);str(12-m,ch); BAR(690,1,718,11);
    OUTTEXTXY(692,2,'M'+ch);str(m,ch);copie;
l:=1;
    WHILE L<=250 DO
        begin
            while c<20 do
                begin
                    IF HC='D' THEN REGIM;IF KEYPRESSED THEN REGIM;setfillstyle(1,1);
                    bar(m*40+x0+2*c-2-1,y0+1-1,m*40+x0+2*c-2-1,y0+1-1-round(pcf[1,2*c]*40))
                    setfillstyle(1,0);
                    putpixel(m*40+x0+2*c-1-1,y0+1-2-round(pcf[1,2*c]*40),0);
                    putpixel(m*40+x0+2*c-0-1,y0+1-2-round(pcf[1,2*c]*40),0);
                    putpixel(m*40+x0+2*c-2-1,y0+1-1-round(pcf[1,2*c]*40),15);
                    putpixel(m*40+x0+2*c-1-1,y0+1-1-round(pcf[1,2*c]*40),15);
                    str(pcf[1,2*c]*DA:4:2,mc);bar(453,3,497,11);if Hh='A' THEN o(459,4,mc);
                    bar(20,264,50,281);str(1:3,mc);if Hh='A' THEN o(23,270,mc); inc(c,pas);
                    bar(680,30,717,40);str(m*40+2*c:3,ks);
                    IF HH='A' THEN o(687,32,ks);
                    END;
                    INC(L,2);
                end;
            end;
        repeat ch:=UPCASE(readkey) until ch='Q';
    END.

```

ogram:REX 1

```

ES CRT,graph;
var FAS(1,m,s,rec,rd,MMX,SMX,MMX,a,b,d1,dd,DT,DTMX,REN,RENMX,real);
HC,d,CH,CHAK;
gd,gm,l,N,J,J,K,FAS,100,F:integer;
MM,00:string(12);
const XO=240;YO=300;XX=-170;YY=-110;LO=410;
or1=0 .001.003.005.007.009.011.013.015.017.019';
ver=1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9';
ta=295;cc=4.73;em=600;dae=0.72;cs=4200;ff=0.9;
su_min=0;su_max=10; deb_max=0.019;

```

[REX-RAND. EXERGET6IC;M-DEBIT;CS-CALD.SPEC.S-SUPR.EM-INT.MEDIE
A RAD.SOL.;DAE-FROD.ECHIV.;LC-FACT.DE PIERD.;FF-FACT.DE EFIC.
REXMX-VAL.MAX.A RAND.EXERG.;SMX,MMX-COORD. ALE RAND.EXERG.MAX.;
RENMX-VAL.RAND.ENERG.IN PUNCTUL (SMX,MMX);
DTMX-VAL.ECART TERMIC IN FUNCTUL (SMX,MMX);]

```

PROCEDURE T(IX,IY:INTEGER;TE:STRING);
FIN OUTTEXTAY(IX,IY,TE):END;

```

```

PROCEDURE MENU;

```

```

in;
D:=scr;
rite(DAT) FASUL debit 2.10 (ur) 1';
eadin(pas): IF FAS=1 THEN INC(FAS);
RITE(DAT) FASUL suprafata (su_min/6.28318530718/su_max/4.712389);
EADLN(FAS11);

```

```

rite(RULAJ C_continuu sau D_discret 2 1);
D:=upcase(readkey):write(hc):REPEAT until hc in ['D','D'];
rite(Du A_fisare sau F_ara Afisare 2 1);
F:=upcase(readkey):write(ch):REPEAT until ch in ['A','F'];

```

```

PROCEDURE AxE;

```

```

in;
k:=detect;initgraph(gd,gm,1);
if graphresult=0 then begin closegraph:halt(1);end;
line(x0,y0,x0+10,y0): line(x0+10,y0,x0+10+xx,y0+yy);
line(x0+10+xx,y0+yy,x0+20,y0+yy):line(x0+20,y0+yy,x0,y0);
RECTANGLE(250,0,680,50):RECTANGLE(250,2,677,48);
IF TA=2.00:T(270,10,TA):= +00;
IF CC=4.2.00:T(270,10,CC[M/M/M/M]): +00; STR(EM,4,0);
IF D=10,EM[M/M/M]: +00;
IF DAE=4:2.00:T(270,30,DAE): +00;
IF CS=4.00:T(270,30,CS[J/g/g]): +00;
IF FF=4:2.00:T(540,30,FF): +00;
IF TA=70,40=36,DEBIT(g/45): +00;
RECTANGLE(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,
ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);
ROUND(SUPRAF,Inrd): +00;
IF su_min=0,10,00;

```

```

IF su_min=0,10,00;
line(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,
ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);

```

```

line(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);
line(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);
line(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);
line(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);
line(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);

```

```

line(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);
line(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);
line(x0+ROUND(CC*4/5)+147,0+YY+18,ROUND(CC*4/5)+209,YY+YY+19);

```

A 6.3

```

T(0,Y0+YY-20*I-4, .0'+00);
T(X0+L0,Y0-20*I-4, .0'+00);
LINE(X0+L0+XX,Y0+YY,X0+XX+L0,75);
I;
)URE REGIM;
)ILLSTYLE(1,0);REPEAT D:=UPCASE(READKEY);
L D IN['-','+', '1'..'9','A','F','C','D','Q'];
D OF 'A','F':CH:=D; '1'..'9':pas:=ord(D)-48;
' C','D':HC:=D; '-':pas:=-pas; '+':FAS:=ABS(FAS);
'Q':BEGIN CLOSEGRAPH;HALT(1);END;
)ILLSTYLE(1,1);
)ure calcul;
-exp(-s*cc*ff/m/cs);
m*dae*a/cc;
1+em*dae/ta/cc*a;
ta*ln(d1);
=m*cs/s/em*(b-dd);
=m*cs*dae/cc/s*(1-exp(-cc*s*ff/m/cs));
EM*DAE/CC*(1-EXP(-CC*S/M/CS));
rex>rexmX THEN BEGIN REXMX:=REX;SMX:=S;MMX:=M;
X:=DT; RENMX:=REN;END;
=====)
s:=su_max;
0;AXE;REMX:=0;
le s>Su_min do
in
)TFILLSTYLE(1,0);STR(s:5:2,00);
)R(0,260,80,270);
)1,262,00);
)TFILLSTYLE(1,1);SOUND(4000);DELAY(50);NOSOUND;
x:=0;m:=deb_max/10;
nle loo<=lo do
)gin
)calcul;
)IF PAS<0 THEN
)EGIN
)SETFILLSTYLE(1,0);
)bar(x0+round(s*xx/100)+100,y0+round(s*yy/(su_max-su_min)-2000*rex),
)z0+round(s*xx/100)+100,y0+round(s*yy/(su_max-su_min)));
)SETFILLSTYLE(1,1);
)END ELSE
)EGIN
)IF PAS<2 THEN
)EGIN
)round(s*xx/100)+100,y0+round(s*yy/(su_max-su_min)-2000*rex),
)round(s*xx/100)+100,y0+round(s*yy/(su_max-su_min)));
)END ELSE
)EGIN SETFILLSTYLE(1,0);
)R(x0+round(s*xx/(su_max-su_min))+100,y0+round(s*yy/(su_max-su_min)-200
)round(s*xx/(su_max-su_min))+100+FAS,y0+round(s*yy/(su_max-su_min)));
)IF (z0+round(s*xx/(su_max-su_min))+100,y0+round(s*yy/(su_max-su_min)-200
)round(s*xx/(su_max-su_min))+100+FAS,y0+round(s*yy/(su_max-su_min)));
)ND;
)ND;

```

A 6.3

```
inc(100,pas); m:=100*(deb_max/10);
IF CH='A' THEN
BEGIN
  BAR(X0+50,Y0+35,X0+100,Y0+45);
  STR(m:6:4,MM); T(X0+50,Y0+36,MM);
  SETFILLSTYLE(1,0);
  SOUND(2000);DELAY(3);NOSOUND;
  t(x0+xx+10-20,60,'REX=');
  BAR(X0+xx+10+20,60,X0+xx+10+120,70);
  STR(rex:10:8,00);T(X0+xx+10+20,60,00);
  BAR(1,50,150,60);
  STR(REXMX:10:8,00);T(1,50,'REXMX = '+00);
  SETFILLSTYLE(1,1);
END;
IF HC='D' THEN REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
IF KEYPRESSED THEN BEGIN;
nd;
s:=s-FASII;IF S=0 THEN S:=0.01
I: STR(SMX:3:2,00);T(1,10,'SMX='+00);
  STR(MMX:5:4,00);T(1,20,'MMX='+00);
  STR(RENMX:6:4,00);T(1,30,'RENMX='+00);
  STR(DIMX:4:1,00);T(1,40,'DIMX='+00);
  AT UNTIL KEYPRESSED; CLOSEGRAPH;
```