

Cuprins

REZUMAT.....	4
ABSTRACT	5
CAPITOLUL I	6
Clasificarea imobilelor care pot fi încălzite cu surse regenerabile de energie	6
1.1. Introducere	6
1.2. Descrierea imobilului (amplasamentului și dimensiunilor)	8
CAPITOLUL II.....	12
Prezentarea surselor regenerabile de energie pentru încălzire și prepararea apei menajere	12
1.1.Generalități	12
CAPITOLUL III.....	17
Elaborarea programului de calcul pentru determinarea necesarului de căldură pentru încălzirea locuinței	17
3.1.Programul pentru utilizator	18
3.1.1.Prezentare generală program utilizator	18
3.1.2.Prezentarea modelului matematic	19
3.1.3. Rezultatele studiului influențelor parametrilor	21
3.1.4. Concluziile studiului efectuat.....	24
3.2.1.Prezentare generală program de studiu	25
3.2.2.Rezultate obținute cu programul de studiu.....	27
3.2.3.Discuții asupra rezultatelor obținute	32
3.2.4.Concluziile studiului efectuat.....	34
3.3. Calculul necesarului de căldură al locuinței cu ajutorul programului.....	35
3.3.1. Caracteristici ale unor.....	35
tipuri de locuințe.....	35
3.3.2. Descrierea imobilului	36
3.3.3. Prepararea de apă caldă cu surse regenerabile de energie.....	38
CAPITOLUL IV	39
Soluții tehnice de încălzire utilizând surse regenerabile de energie.....	39
4.1.Utilizarea energiei solare.....	39

4.1.1. Nivelul de insolație.....	40
4.1.2. Zonele de însorire.....	40
4.1.4. Necesarul energetic	42
4.1.5. Radiație globală	43
4.1.6. Utilizarea energiei solare prin intermediul colectoarelor solare	44
4.1.7. Structura și funcționarea colectoarelor. Tipuri de captatoare solare	45
4.1.8. Pompe de căldură.....	45
4.1.9. Funcționarea unei pompe de căldură.....	47
4.1.10. Tipuri de pompe de căldură.....	49
4.1.11. Variante de pompe de căldură.....	51
4.2. Utilizarea combustibilului solid regenerabil	59
4.2.1. Tipuri de cazan	59
CAPITOLUL V.....	63
Calculul de alegere a componentelor instalației	63
5.1. Determinarea suprafeței de captare și a capacității de acumulare de apă caldă menajeră	64
5.1.1. Capacitatea de acumulare de a.c.m. (acumulator pentru circuitul solar)	64
5.1.2. Suprafața de captare	65
5.2. Calculul de alegere al pompelor de căldură și al colectoarelor	65
5.2.1. Alegerea pompei de căldură.....	65
5.2.2. Dimensionarea colectoarelor	68
5.2.2.1. Dimensionarea colectoarelor orizontale.....	68
5.2.2.2. Dimensionarea sondelor pentru sol	69
5.3. Ventilarea și recuperarea căldurii.....	69
CAPITOLUL VI	70
Calculul termic al pompei de căldură.....	70
6.1. Generalități despre agenții de lucru ai pompelor de căldură.....	70
6.2. Determinarea condițiilor de lucru	74
6.2.1. Regimul termic al vaporizatorului în cazul utilizării sondelor pentru sol.....	74
6.2.2. Regimul termic al vaporizatorului în cazul utilizării colectoarelor amplasați în sol.....	75
6.2.3. Regimul termic al condensatorului pentru încălzirea prin pardosea.....	75
6.2.4. Regimul termic al condensatorului pentru încălzirea apei calde menajere.....	75
6.2. Calculul termic al întregului ciclu.....	75
CAPITOLUL VII	77
Analiza comparativă a eficienței economice.....	77

Concluzii	79
<i>Perspective de viitor</i>	80
Prezentarea instalației	81
Bibliografie.....	93

REZUMAT

Strategia economică a dezvoltării durabile impune în mod cert promovarea eficienței și utilizarea rațională a energiei termice la nivelul clădirilor de locuit, consumator major de energie la nivel global. Având în vedere că necesarul de căldură al unei locuințe este în continuă creștere, odată cu creșterea nivelului de trai și numărului de locuitori, lucrarea prezintă un studiu al necesarului termic al unei locuințe.

Pentru a atinge obiectivele dezvoltării durabile s-a parametrizat necesarul termic în vederea reducerii consumului energetic și implicit a costurilor de încălzire, urmărindu-se minimizarea pierderilor de căldură prin transfer termic cu mediul, asigurând în același timp confortul termic necesar. În acest scop am elaborat un model de calcul pentru a evidenția importanța efectelor pe care le au parametri implicați în calculul necesarului de energie termică pentru încălzirea unui imobil. Modelul a fost transpus într-o aplicație client-server disponibilă on-line. Implementarea s-a efectuat cu ajutorul limbajului de programare PHP, producând rezultatele pe o interfață HTML.

Se prezintă modul de calcul și rezultatele obținute și se discută influența parametrilor constructivi asupra necesarului de căldură în vederea utilizării sistemelor de încălzire care utilizează surse regenerabile de energie.

Sistemele de încălzire care folosesc surse regenerabile de energie cele mai des utilizate sunt pompele de căldură, sistemele de captare a energiei solare și sistemele bazate pe arderea combustibililor regenerabili.

În prima parte a lucrării se prezintă generalități despre tipurile de locuințe, amplasare și sursele regenerabile disponibile pentru încălzirea locuinței proiectate și a apei calde menajere.

Cea de-a doua parte a lucrării prezintă programul de calcul al necesarului termic și condițiile pe care trebuie să le îndeplinească elementele constitutive ale clădirii proiectate pentru ca parametrii asociați să atingă valorile necesare unei case pasive din punct de vedere energetic.

În partea a treia se prezintă tipurile de instalații existente pe piață și se fac calcule de alegere a celor mai potrivite în funcție de necesarul termic și de dimensiunile casei.

În final se prezintă grafic instalațiile alese pentru imobilul proiectat.

Toate datele împreună cu desenele realizate în programul de proiectare SolidWorks sunt stocate pe un CD care este atașat lucrării.

ABSTRACT

The economical strategy of sustainable development imposes the promotion of efficiency and the rational use of thermal energy in buildings, the major energy consumer, globally speaking.

To reach the objectives of sustainable development's principles, the heat flux demand was parameterized to reduce the energetic consumption and implicitly to heating costs, having in view the minimization of heat losses through thermal transfer with the environment, ensuring in the same time the necessary heat comfort. With this end in view I compiled a calculus model to point out the importance of effects that parameters involved in thermal energy demand calculus for heating a building. The model was transposed into a client-server application available on-line. The implementation was made with the scripting program PHP (pre-processed hypertext language), displaying the results into a HTML interface.

The calculus model and the obtained results are presented in order to discuss about the influences that constructive parameters have on heat flux requirements with the object of renewable energy heating system use.

The most common heating system that utilize renewable energy sources are heat pumps, solar energy collectors and solid fuel combustion system.

The first part of the project represents some generalities about building types, placement and renewable energy sources available at the moment for heating the existing house model and the water.

The software for heat flux demand calculus is presented in the second part of the paper, along with the conditions that inertial elements have to accomplish for the associated parameters to aim the necessary values of an energetic passive house.

The third part presents the existing system types on the market and the calculus for choosing the best fit system function to heat flux requirements and house dimensions.

The last part of the paper it consist of graphic presentation of the chosen system.

All of the dates along with the house model designed in Solid Works software are available on a CD attached to this paper.

CAPITOLUL I

Clasificarea imobilelor care pot fi încălzite cu surse regenerabile de energie

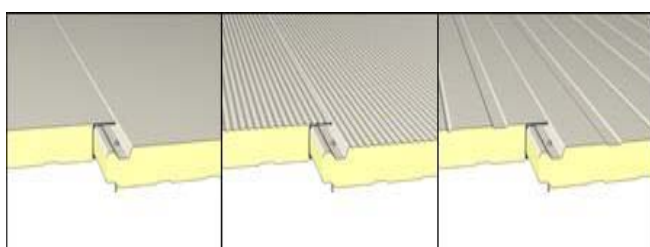
1.1. Introducere

Se estimează că fondul locativ contribuie cu peste 20% în totalul anual al emisiilor poluante. Aceste emisii intervin în schimbarea globală a climei, iar virulenta crescândă a fenomenelor meteorologice are ca efecte creșterea consumurilor energetice, escaladarea costurilor locative și, ceea ce este mai important, o nouă majorare a emisiilor. Acest fenomen evolutiv asociat cu impacturile obișnuite ale unei construcții, ca de exemplu destrămarea ecosistemelor, reducerea habitatului natural, creșterea poluării apelor și eroziunea solului, va afecta grav biodiversitatea dacă nu este întrerupt și corectat prin măsuri energice. Alegerea unei

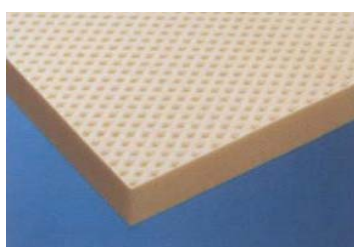
proiectări competitive favorizează creșterea aportului civic la construirea unei comunități mai sănătoase, mai sigure și mai prietenoase cu mediul înconjurător.

Pentru asigurarea calității confortului termic, al calității mediului înconjurător cât și al costurilor energetice minime, în construcția de locuințe trebuie avut în vedere în primul rând calitatea materialelor folosite pentru structura de rezistență, izolația termică cât și tipul de geam utilizat.

Izolațiile termice cel mai des utilizate în construcția locuințelor sunt de tipul: polistiren extrudat, polistiren expandat, poliuretan, vată minerală bazaltică expuse în figurile de mai jos.



1.a Poliuretan



1.b Polistiren extrudat



1.c Polistiren expandat



1.d Vată minerală

Figura 1. Tipuri de materiale izolatoare

Noțiunea de casă pasivă energetic reprezintă un concept care permite asigurarea unui confort termic ridicat cu costuri reduse. Acest concept nu trebuie confundat cu standard de performanță energetică ridicată. Casele pasive energetic au fost definite ca și clădiri în care condițiile de confort termic ridicat pot fi atinse prin simpla post-încălzire sau post-răcire a aerului proaspăt introdus în aceste clădiri. În casele pasive energetic aerul nu este recirculat.

1.2. Descrierea imobilului (amplasamentului și dimensiunilor)

Acest proiect a fost ghidat prin viziunea dezvoltării durabile și tinde să atingă:

- reducerea emisiilor de CO₂ cu până la 80%, comparativ cu clădirile standard;
- costuri cât mai mici comparativ cu clădirile noi convenționale.

Amplasament

Casa este situată în partea de nord-vest a uneia dintre cele mai noi zone construite din municipiul Alba Iulia, și anume Schit. Terenul are o suprafață de 2300 m² și se află în imediata apropiere a mănăstirii Schit și a zonei de agrement Mamut.

Infrastructură

Un drum local (30 km/h) traversează zona pentru a asigura accesul la clădirile din zonă. O stradă mai largă (cu un trafic aproximativ de 10.000 de mașini pe zi) se află la 100 m distanță spre est de teren. Principalul scop al stabilirii amplasamentului este reducerea la minim a traficului rutier, pentru a atinge maximul calității vieții pentru locatari. Pentru acesta este asigurat un flux maxim al transportului în comun cu scopul de a suplimenta traficul rutier. În prezent circulă 3 linii de autobuze, la intervale de timp potrivite perioadei din zi.

Legenda hărții:

- Clădire
- Stradă
- Trotuar
- Zonă beton
- Dig
- Curte
- Spațiu verde
- Pădure
- Apă
- Teren arabil
- Pod
- Rezervoare
- Cale ferată

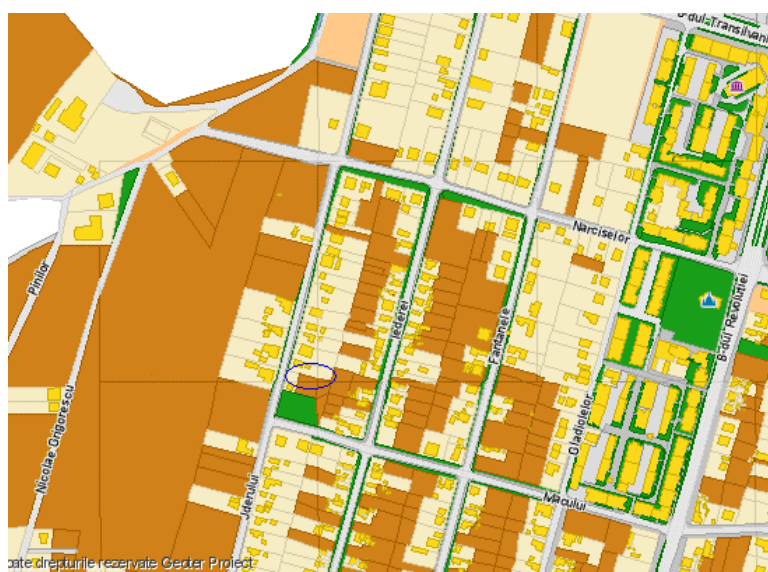


Figura 2. Amplasamentul casei

Microclimat

În proiectarea casei trebuie avut în considerare distribuția locală a vântului. Există o circulație periodică de aer rece dinspre muntele Mamut, aflat în apropiere. Vântul suflă cu viteze care depășesc uneori 40 km/h. . Umiditatea relativă a aerului oscilează între 60% și 90%.

Clima localității este specifică zonei de dealuri precum și zonei montane. Din datele obținute de la stația meteorologică Alba Iulia se constată o variație destul de mare a temperaturii medii anuale și lunare. Cea mai ridicată temperatură a fost de 32,4 °C, iar cea mai scăzută de – 22,9°C.

Temperaturile medii zilnice de peste 22°C se realizează în lunile de vară și într-un număr mai redus de zile din lunile mai și septembrie. Repartizarea precipitațiilor este foarte neuniformă în cursul anilor și lunilor rezultând o medie a precipitațiilor în ultimii ani de 714 mm.

Vegetația

Zona în care se află orașul (în apropierea munților Apuiseni) aduce cu sine o varietate extrem de mare a vegetației. Terenul pe care este amplasată casa aflându-se în apropierea unei păduri asigură, pe lângă aspectul estetic plăcut al zonei, îmbogățirea în permanență a aerului

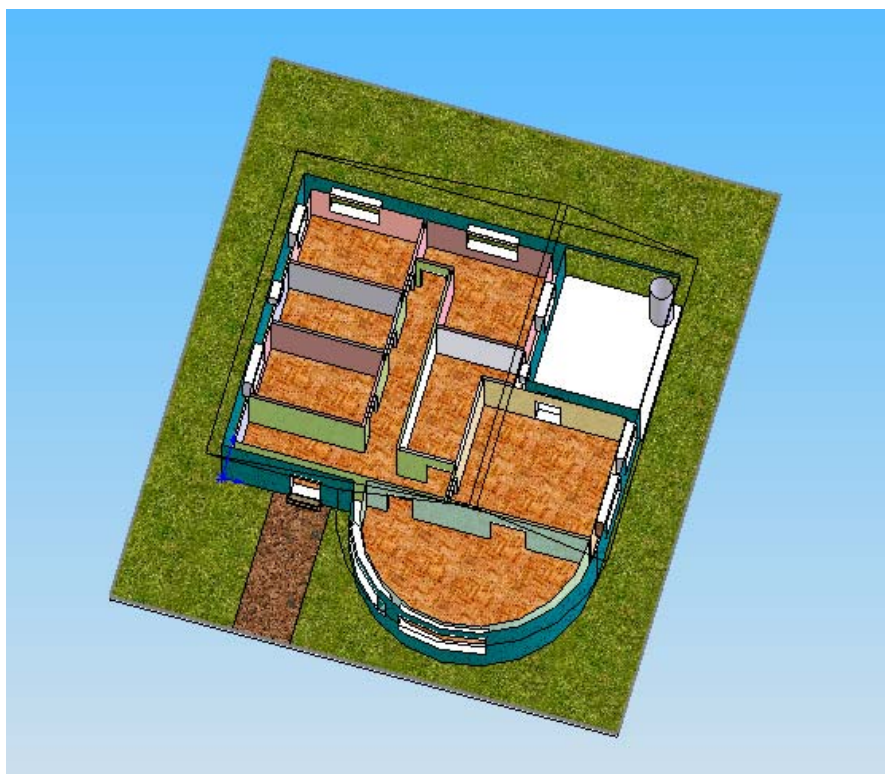
În figura 3 de mai jos este prezentat imobilul care urmează să fie încălzit. Este desenat în programul Solid Works și prezintă o vedere de ansamblu frontală.



a)vedere de ansamblu
din față



c)vedere de ansamblu
din partea de sud



d)repartizare încăperi

Figura 3. Amplasament casă

Tabel 2. Dimensiunile casei și a încăperilor sunt afișate în tabelul de mai jos:

Încăpere	Suprafața (m ²)
Bucătărie	27.5
Living	36
Baie	9
Dormitor matrimonial	21.25
Baie de serviciu	7
Dormitor	10.5
Dormitor	10.5
Vestibul de acces	10
Hol	8.25
Total suprafață	140
Total perimetru casă	58 m

CAPITOLUL II

Prezentarea surselor regenerabile de energie pentru încălzire și prepararea apei menajere

1.1. Generalități

Conceptul general “dezvoltare durabilă” extrem de mediatizat în întreaga lume, impune de la sine utilizarea unor tehnologii, în toate domeniile, care să asigure actualelor generații un trai cât mai bun fără a periclita modul de viață al generațiilor viitoare.

Unul din efectele dezvoltării tehnologice a întregii societăți umane, din ultimul secol, este creșterea tot mai pronunțată a consumurilor de energie, dar și dependența tot mai accentuată a omenirii, de consumul combustibililor fosili, în special produse petroliere, gaze naturale și cărbuni. Aceste surse de energie clasice reprezintă un foarte mare factor de risc datorită emisiilor poluante din timpul arderii, cât și datorită epuizării lor.

În tabelul 3 sunt prezentate valorile medii de emisii poluante în cazul utilizării pentru încălzirea unei locuințe ca și combustibil a gazelor naturale.

Tabel 3. Valori medii ale emisiilor poluante cu efectele asupra mediului

Emisii	O ₂	CO[ppm]	NO[ppm]	SO ₂ [ppm]	CO ₂ [ppm]
	12.61	1928.8	3.93	13.5	4.79
Efecte generate Asupra mediului		-efect de seră	-mărirea concentrației de O ₃ troposferic -efect de seră	-Ploi acide	-Ploi acide -efect de seră -mărirea concentrației de O ₃ troposferic

Estimările actuale ale ASPO(*The Association For The Study Of Peak Oil And Gas*), privind perioadele rămase până la epuizarea rezervelor de combustibili fosili, sunt prezentate în tabelul 4.

Tabel 4. Estimarea epuizării rezervelor de combustibili fosili

Perioada estimată până la epuizare (ani).	
ASPO 2005	
Petrol	45
Gaze naturale	66
Cărbune	206
Uraniu	35 - 100

Ce este o energie reînnoibilă?

O energie regenerabilă este energia a cărei sursă este nelimitată în timp, nepoluantă și a cărei exploatare cauzează cele mai mici neajunsuri ecologice posibile.

Tipuri de energii regenerabile: eoliană, solară, geotermică, hidroenergetică, biomasa. În cazul încălzirii locuințelor și a apei calde menajere se utilizează energia solară, geotermală și combustibilul solid regenerabil (biomasa) și a sistemelor cu pompe de căldură.

Energia solară

Energia solară ajunge la suprafața pământului sub formă de radiații electromagnetice similare cu undele radio, dar aflate într-o bandă de frecvență diferită. Energia solară disponibilă este exprimată deseori în unități de energie pe timp pe unitatea de suprafață (W/m^2). O parte din energia solară este absorbită de atmosfera terestră, iar restul, după cum rezultă într-o zi senină este direcționată către suprafața Pământului în cantitate de $1000 W/m^2$. Însă cantitate de energie solară disponibilă depinde de locația luată în considerare dar, de condițiile climaterice dar și de tehnologiile utilizate pentru captare ei. Captarea directă a energiei solare presupune mijloace artificiale, numite colectori solari, care sunt proiectați să capteze energia, uneori prin focalizarea directă a razelor solare.

Avantajele utilizării energiei solare în comparație cu energia convențională:

- Energia solară va fi întotdeauna gratis după ce costurile inițiale au fost recuperate;
- În funcție de utilizarea energiei, recuperarea costurilor se poate face într-un timp relativ scurt;
- Sistemele de captare a energiei solare pot fi folosite fără a necesita conectarea la alte surse de energie convenționale;
- Soarele este practic o sursă de energie inepuizabilă;
- Înlocuirea energiei convenționale cu energia solară are ca și rezultat proporțional scăderea emisiilor de gaze cu efect de seră și numai.

Energia geotermală

Energia geotermală folosește energia aflată în sol pentru a încălzi sau răci o clădire și pentru a furniza apa caldă. Pe tot parcursul anului, la câțiva metri în adâncime, temperatura pământului rămâne aproximativ constantă și anume între 7 și 12 grade Celsius. Această temperatură constantă poate fi valorificată pentru a asigura în mod eficient încălzirea și răcirea în interiorul unei clădiri.

Sistemele moderne folosesc o pompă de caldură pentru a concentra energia termală a pământului și apoi pentru a o transfera aerului care încălzește spațiul din interiorul clădirii. Iarna, o soluție pe bază de apă circulă prin țevile îngropate în pământ, absoarbe căldura acestuia și o transportă în clădire. Vara, procesul este invers: căldura din interiorul locuinței este extrasă din aer și transferată pământului de soluția pe bază de apă prin pompa de caldură și prin bucla

îngropată în pământ. Singura energie suplimentară folosită este o cantitate de energie electrică necesară pentru acționarea pompei de caldură.

Combustibil solid regenerabil

Conform [7] UE își acoperă 4 % din necesitățile de energie din biomasă. În tabelul 5 este dată producția anuală de biomasă care este utilizată ca și sursă de energie, cât și potențialul acestuia pe viitor. Prima coloană arată producția totală de biomasă utilizată azi pentru asigurarea necesităților energetice. Celelalte coloane arată potențialul contribuției anuale pentru 2010, 2020 și 2030; se poate observa că pe 2010 contribuția este de 2^{1/2} ori față de cea de azi, în 2020 este de 3^{1/2} ori față de cea de azi iar în 2030 este de 4^{1/2} ori față de cea de azi. Pădurile, deșeurile și agricultura aduc o contribuție importantă la creșterea acestui potențial.

Tabel 5. Potențialul de producere al biomasei în UE

<i>Mtoe</i>	<i>Consumul de biomasă 2003</i>	<i>Potențial, 2010</i>	<i>Potențial, 2020</i>	<i>Potențial, 2030</i>
Lemn direct din păduri (deșuri)	67	43	39-45	39-72
Deșuri organice, reziduuri din industria lemnului, deșuri din industria alimentară și agricultură, îngrășăminte		100	100	102
Resturile recoltelor din agricultură	2	43-46	76-94	102-142
Total	69	186-189	215-239	243-316

Aceste estimări sunt conservative datorită avantajelor pe care le oferă utilizarea biomasei ca și sursă de energie:

- Nu au efecte asupra producerii alimentelor;
- Nu crește presiunea asupra terenurilor agricole sau asupra biodiversității pădurilor;
- Nu crește presiunea ecologică asupra solului și asupra resurselor de apă;
- Nu necesită aratul pășunilor nearate permanent;
- Asigură practicarea agriculturii ecologice;
- Rata extracției de biomasă din păduri este adaptată balanței locale de nutrienți din sol și a riscului de eroziune;
- Importurile de petrol sunt estimate a scădea de la 80% la 75%;
- Reducerea emisiilor gazelor cu efect de seră;

- Creerea de noi locuri de muncă.

Tot în conformitate cu [7] odată cu intrarea României și Bulgariei în Uniunea Europeană se va îmbunătăți această disponibilitate, importurile oferind încă un mare potențial.

CAPITOLUL III

Elaborarea programului de calcul pentru determinarea necesarului de căldură pentru încălzirea locuinței

În vederea obținerii necesarului termic al locuinței proiectate, pentru încălzire și preparare de apă caldă menajeră am elaborat un program de calcul pe baza unui model matematic, în limbajul de programare PHP (preprocessed hypertext language) cu afișare într-o interfață HTML. Programul este disponibil la adresa:

<http://emilia.academicdirect.ro/Proiect%20de%20diploma/form.php>

Metoda permite identificarea influențelor pe care le au anumiți parametri asupra necesarului de căldură, și afișarea rezultatelor prin grafice generate de server. Pentru aceasta s-a folosit un nucleu grafic disponibil la adresa:

http://vl.academicdirect.org/applied_statistics/graphic_kernel/

Acest program are două variante, una pentru utilizator, iar cealaltă este destinată studiului științific al influențelor parametrilor asupra necesarului termic al locuinței.

În cele ce urmează sunt prezentate ambele variante ale softului.

3.1. Programul pentru utilizator

3.1.1. Prezentare generală program utilizator

Programul PHP este pus într-un fișier pe un web server, executate de acestea utilizând modulele PHP. Datele de intrare sunt expuse în HTML și pot fi vizualizate de către orice utilizator web[1] (vezi figura 6).

Conform modelului matematic am elaborat un program pentru calculul bilanțului termic, datele putând fi introduse de către utilizator printr-un formular generat de programul „form.php” (Figura 6), acesta fiind compus din 6 secțiuni: mediu, casă, izolație și rezistență la pereți, podea, tavan și tipul geamului. Datele de intrare caracteristice parametrilor constructivi prezentate în Tabelul 1, 2, 3, conform [3] sunt introduse în unități uzuale, transformate ulterior în măsuri fundamentale pentru a fi utilizate în calcule.

Variabilele care intră în calculul bilanțului termic sunt următoarele: temperaturile, numărul de locatari, perimetrul, înălțimea și suprafața casei, timpul necesar încălzirii apei calde cât și grosimile/tipurile straturilor componente, acestea putând fi alese în funcție de necesitățile fiecărui utilizator. Cât despre tipul geamurilor, al straturilor structurii de rezistență și termoizolatoare, valorile atribuite lor, și anume conductivitățile termice, coeficienții de transfer termic global, afișate în tabelele 1, 2, 3 se află în spatele opțiunilor afișate în interfață.

.....

Această lucrare prezintă o nouă modalitate în vederea determinării necesarului de căldură pentru încălzirea unei locuințe cu consum energetic redus, pe baza unui soft și a unui model matematic.

Modelul permite identificarea influențelor pe care le au anumiți parametri asupra necesarului de căldură în vederea implementării unor surse regenerabile de energie.

http://emilia.academicdirect.ro/Conf_mec/form.php - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Address http://emilia.academicdirect.ro/Conf_mec/form.php

Section	Parameter	Value
Mediu	Temperatura interioară:	22 °C
	Temperatura exterioară:	5
	Timpul încălzirii apei calde:	22
	Sursa de încălzire:	Solar
Casa	Nunăr de persoane:	4
	Perimetru:	58 m
	Înălțime:	3.2 m
	Suprafața podea:	140 m ²
Pereți	Material structură de rezistență:	Beton
	Grosime strat structură de rezistență:	20 cm
	Material izolator:	Polistiren expandat
	Grosime strat izolator:	37 cm
Tavan	Material structură de rezistență:	Beton
	Grosime strat structură de rezistență:	22 cm
	Material izolator:	Polistiren expandat
	Grosime strat izolator:	37 cm
Podea	Material structură de rezistență:	Beton
	Grosime strat structură de rezistență:	22 cm
	Material izolator:	Polistiren expandat
	Grosime strat izolator:	37 cm
Geam	Suprafața totală geamuri:	29 m ²
	Material geam:	Termopan LowE

Calculează

Figura 6. Interfața formularului

Mărimile care caracterizează acești parametri sunt expuse în tabelele:

3.1.2. Prezentarea modelului matematic

Pentru studiul necesarului de flux termic este nevoie să cunoaștem posibilele pierderi de căldură cât și modul de utilizare al acesteia. Ecuația generală a bilanțului termic se folosește în calcularea fluxului de căldură [13]:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 \quad [\text{W}] \quad (1)$$

Unde: \dot{Q}_1 - flux de căldură pierdut prin transmisie; \dot{Q}_2 - flux de căldură necesar încălzirii aerului ventilat; \dot{Q}_3 - flux de căldură necesar încălzirii apei calde menajere.

Fluxul termic pierdut prin transmisie [4] este distribuit între elementele constructive ale casei și anume: pereți $\dot{Q}_{1,1}$, podea $\dot{Q}_{1,2}$, tavan $\dot{Q}_{1,3}$ și geamuri $\dot{Q}_{1,4}$, astfel:

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_{1,1} + \dot{Q}_{1,2} + \dot{Q}_{1,3} + \dot{Q}_{1,4} \quad [\text{W}] \quad (2)$$

Formula care se utilizează pentru calculul fiecărui flux de căldură în parte este comună celor patru elemente:

$$\dot{Q}_{1,i} = S_i \cdot k_i \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \quad [\text{W}] \quad (3)$$

Unde: S_i – suprafața totală calculată a fiecărui element în parte, se iau în considerare doar elementele de legătură cu exteriorul [m^2]; k_i – coeficientul de transfer termic global specific fiecărui tip de element în parte [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]; t_{int} – temperatura din interiorul imobilului [K]; t_{ext} – temperatura exterioară imobilului. În cazul podelei se utilizează temperatura solului și/sau a pivniței [K].

Coeficientul de transfer termic global se calculează după formula:

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}] \quad (4)$$

α_i – coeficient de transfer termic convectiv din interior, $\alpha_i = 8$ [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]; α_e – coeficient de transfer termic convectiv din exterior, $\alpha_e = 25$ [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]; λ_j – conductivitatea termică a stratului i care se alege conform tabelelor 2 și 3, [$\text{W}/\text{m}\text{K}$]; δ_j – grosimea stratului i , [m].

Fluxul de căldură necesar încălzirii aerului ventilat se calculează în funcție de categoria casei din punct de vedere al izolației termice, conform cu Tabelul 4 astfel:

$$\dot{Q}_2 = n \cdot \dot{Q}_1 \quad (5)$$

Unde $n=0.7$ pentru case fără izolație termică; $n=0.8$ pentru case cu termoizolație normală; $n=1$ pentru case cu consum energetic redus și pasive din punct de vedere energetic.

Fluxul de căldură necesar încălzirii apei calde menajere depinde de următorii parametri:

$$\dot{Q}_3 = \frac{\rho \cdot V}{\tau} c_p (t_{\text{calda}} - t_{\text{rece}}) n \quad [\text{W}] \quad (6)$$

Unde: τ – timpul necesarului de apă caldă menajeră, [s]; ρ – densitatea apei, $\rho = 1000$ [kg/m^3]; V – volumul de apă caldă menajeră dorit pe persoană, [m^3]; c_p – căldura specifică a apei, $c_p = 4.186$ [$\text{kJ}/\text{kg}\text{K}$]; t_{calda} – temperatura dorită a apei calde, [K]; t_{rece} – temperatura apei provenită din exterior, [K]; n – numărul de locatari.

3.1.3. Rezultatele studiului influențelor parametrilor

Cu ajutorul programului de calcul prezentat și a modelului matematic, au fost determinate influențele pe care le prezintă parametrii asupra componentelor necesarului de căldură al locuinței proiectate. Câteva dintre aceste componente sunt prezentate în continuare.

Datele de intrare au fost considerate cele din captura de ecran din Figura 6.

Se poate observa în Figura 7 și 8 că procentul fluxului termic necesar pentru încălzirea apei calde menajere în cazul utilizării unui strat izolator de polistiren de 2 cm și a geamului dublu este de 3%, mai mic decât în cazul utilizării parametrilor din Figura 6, unde stratul de polistiren expandat este de 37 cm iar tipul de geam folosit este termopan triplu (reprezentat în graficele din figurile 14 și 20). Deoarece necesarul de fux termic pentru încălzirea apei este constant, aceste procente pot fi luate ca și referință pentru a arăta că pierderile de căldură se micșorează considerabil în cazul utilizării unui strat termoizolator mai gros (conform figurii 11) și a unui tip de geam mai eficient (după cum se poate vedea în reprezentarea procentuală din figura 14).

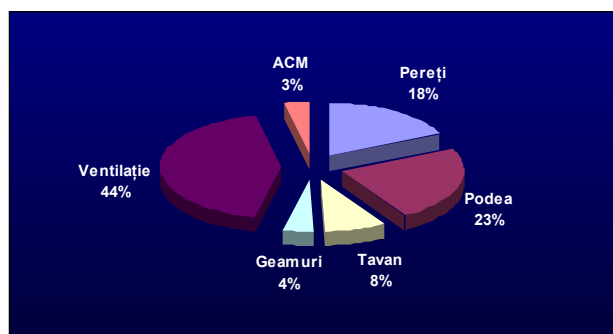


Figura 7 Influențele pierderilor prin geam, pereți, podea, tavan, acm și ventilație, relative la pierderile totale.

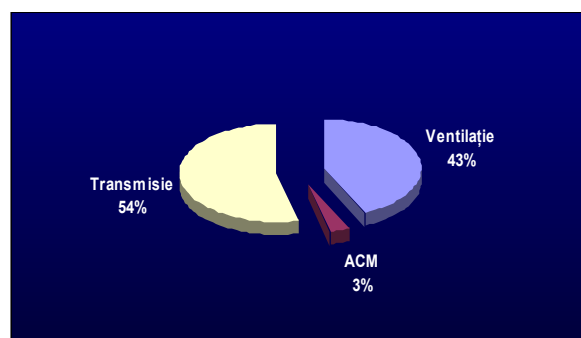


Figura 8 Influențele pierderilor prin ventilație transmisie și acm relative la pierderile totale.

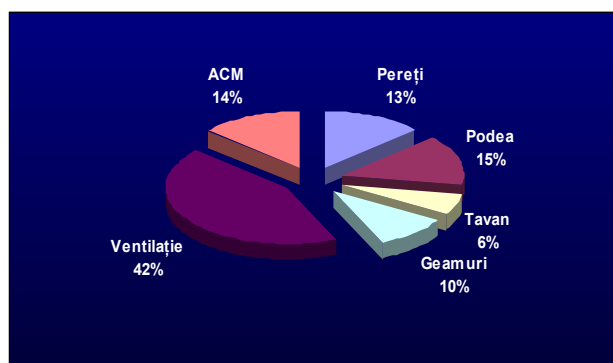


Fig9. Influențele pierderilor prin geam, pereți, podea, tavan, ventilație și acm, relative la pierderile totale.

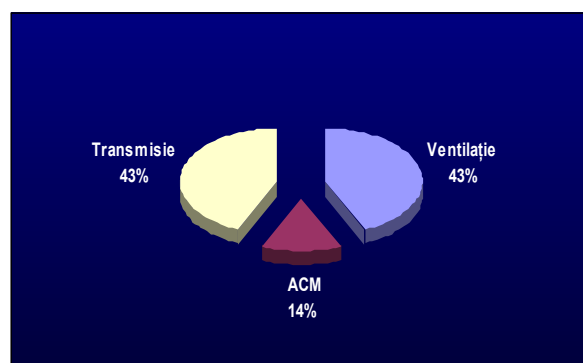


Figura 10. Influențele pierderilor prin ventilație, transmisie și acm relative la pierderile totale.

Din Figura 11 se poate observa importanța utilizării primilor 5 cm de polistiren pentru că fluxul termic pierdut prin perete scade considerabil de la 55 W/m^2 la 10 W/m^2 de perete. Astfel din punct de vedere al eficienței termice și financiare, este foarte avantajasă folosirea unei termoizolații mai groase de 5 cm. Pentru construcția caselor pasive din punct de vedere energetic trebuie utilizate straturile izolatoare groase, amortizarea costurilor neputându-se realiza în timp scurt. În cazul structurii de rezistență se poate observa conform Figura 12, că tipul structurii de rezistență contează mai mult decât grosimea lui, astfel pentru un strat de beton de 20 cm se pierd 2159 W, iar pentru un strat de lemn placat de 10 cm se pierd 526 W, însă lemnul placat trebuie utilizat în combinație cu alte materiale, aceasta implicând costuri suplimentare.

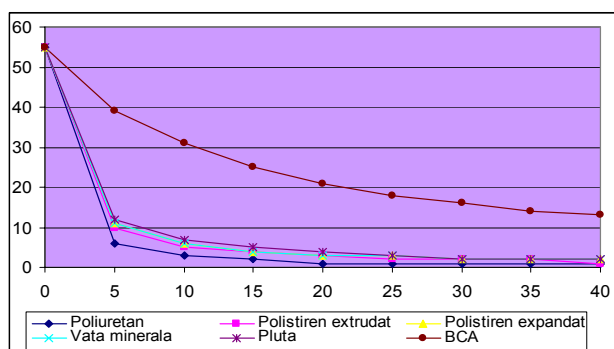


Figura 11. Influențele izolației suprafeței unitare de perete asupra fluxului de căldură unitar pierdut prin perete [W/m^2 perete]

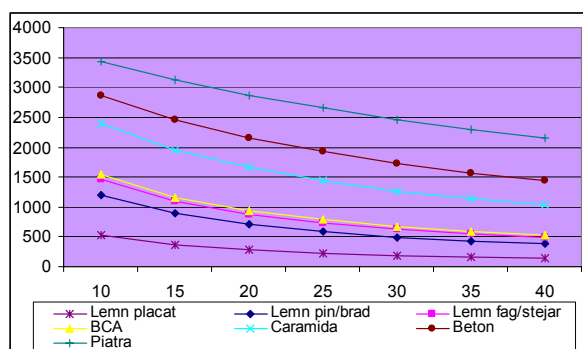


Figura 12. Influențele structurii de rezistență a peretelui neizolat asupra fluxului de căldură pierdut prin peretii imobilului [W]

Diferențele în cazul utilizării uneia din cele 3 tipuri de acoperiș prezentate în Figura 13 se poate sesiza cel mai bine în cazul temperaturilor mici și foarte mici. Astfel, pentru acoperiș tip terasă la temperatura de -20 pierderile calculate prin tavan sunt de 1294.66 W iar pentru acoperișul izolat pierderile sunt de 647.33 W în cazul acelorași condiții exterioare.

În Figura 14 se observă că față de geamurile simple sau duble care prezintă pierderi mari de căldură, geamul termopan reduce pierderile de la 65% (geam dublu) la aproximativ 50%.

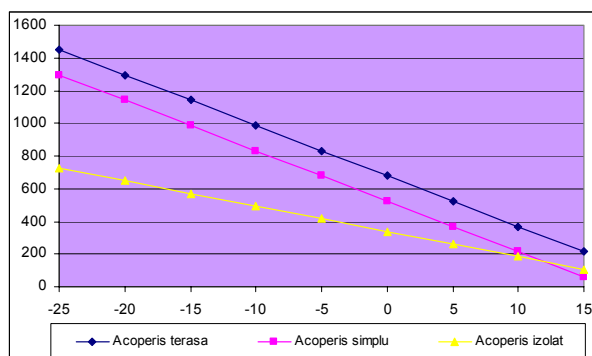


Figura 13. Influențele tipului de acoperiș și a temperaturii exterioare asupra pierderii fluxului de căldură prin tavan

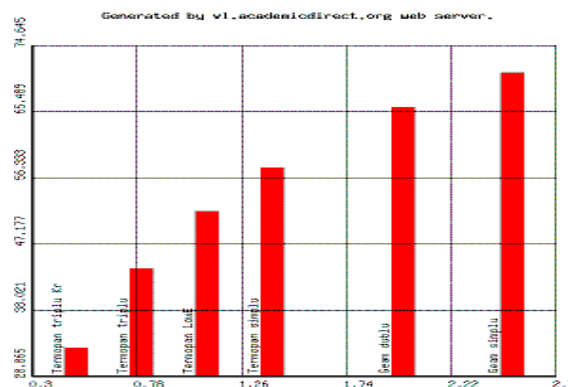


Figura 14 Influențele relative ale tipului de geam asupra pierderii fluxului de căldură prin transmisie

Dimensiunile imobilului (exemplu perimetrul în fig 15) sunt un factor important care influențează liniar pierderile de căldură, însă acestea sunt considerați parametri ficși, fiind modificate în funcție de utilitățile imobilului. Același lucru se poate spune și despre temperatura interioară (Figura 16), numărul de locatari și temperatura apei calde (Figura 17) care sunt fixate în funcție de necesitățile utilizatorului.

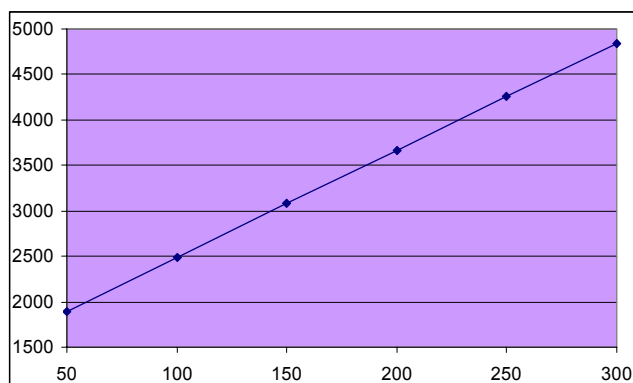


Figura 15. Influențele perimetrului imobilului asupra pierderilor de căldură prin transmisie

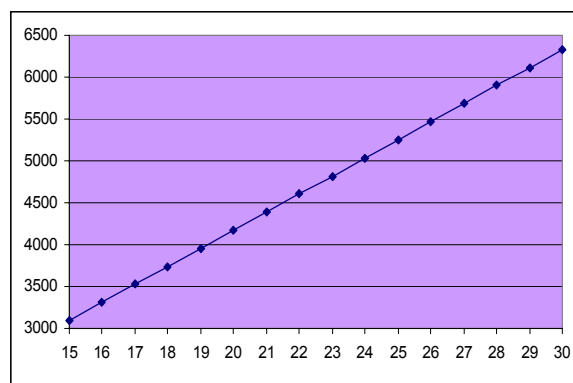


Figura 16. Influențele temperaturii interioare asupra pierderii de căldură totale

Datorită regimului termic al echipamentelor de încălzire cu surse regenerabile de energie s-a ales ca încălzirea apei la 60°C să se facă cu gaz sau cu biomasă, iar la 50°C să se facă cu instalații de captare a energiei solare, geotermale și pompe de căldură. Astfel, din Figura 18 reiese că rentabilitatea utilizării surselor regenerabile de energie pentru a asigura sarcina termică necesară se află undeva la 21-22 de ore de funcționare pe zi, justificându-se astfel cheltuielile de instalare, construcție și întreținere a instalației, acestea putând fi amortizate într-un interval de timp rezonabil. Spre exemplu, în 2 ore de funcționare pe zi o pompă de căldură consumă 6540.62 W, necesitând instalarea unui echipament pentru păstrarea temperaturii constante a apei în restul zilei, ceea ce implică investiții suplimentare, iar în cazul funcționării timp de 22 de ore pe zi pompa de căldură consumă 594.6 W, pauza de 2 ore se poate programa în timpul nopții.

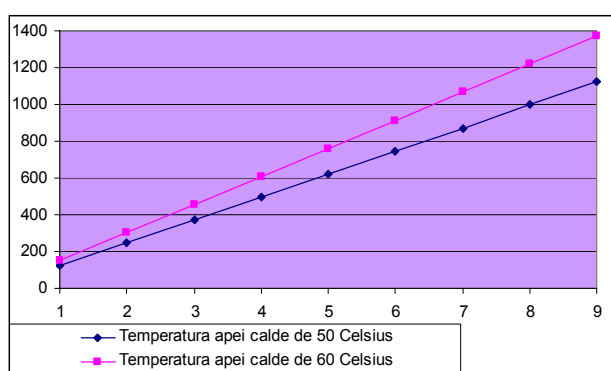


Figura 17 Influențele numărului de locatari și a temperaturii apei calde asupra fluxului de căldură necesar încălzirii apei

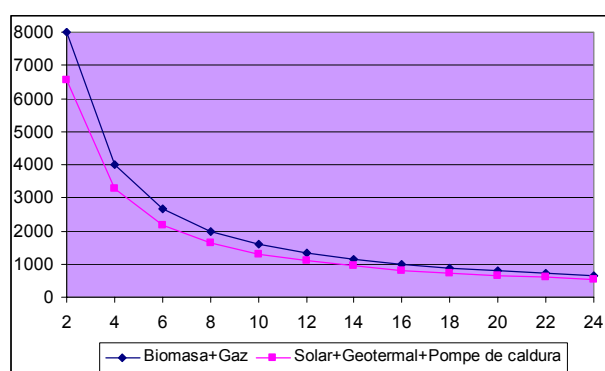


Figura 18 Influențele duratei de funcționare a echipamentelor de încălzire a acm asupra sarcinii termice a acestora.

3.1.4. Concluziile studiului efectuat

Studiul realizat cu ajutorul programului de calcul arată influența parametrilor asupra necesarului termic al unei locuințe, evidențiind eficiența optimizării valorilor unora dintre ei în vederea implementării unei instalații de încălzire bazată pe surse regenerabile de energie. Având în vedere că investițiile în aceste echipamente sunt foarte ridicate s-a urmărit justificarea costurilor instalațiilor, pentru a putea fi amortizate într-un interval de timp rezonabil.

În concluzie, s-a constatat că primii 5 cm de material izolator au o influență decisivă asupra necesarului termic împreună cu tipul structurii de rezistență și al geamului utilizat, acest lucru fiind evidențiat în graficele din figurile 7, 8, 9 și 10, unde necesarul de căldură pentru apă caldă are o valoare numerică constantă, însă valoarea procentuală crește relativ la pierderile

totale de flux termic odată cu micșorarea pierderilor prin transmisie și prin ventilație, aceasta datorându-se conform graficelor modificării valorilor și tipurilor de materiale utilizate [6].

3.2. Programul de studiu

Cea de-a doua variantă a programului oferă posibilitatea unui studiu mai aprofundat a influențelor parametrilor asupra necesarului de flux termic al locuinței.

3.2.1. Prezentare generală program de studiu

Conform modelului matematic am elaborat un program pentru calculul bilanțului termic, datele putând fi introduse de către utilizator printr-un formular generat de programul „form.php” (Figura 19). Datele de intrare caracteristice parametrilor constructivi prezentate în tabelele 6, 7 și 8, sunt introduse în unități uzuale, fiind transformate ulterior în unități fundamentale de măsură pentru a putea fi utilizate în calcule.

Variabilele care intră în calcularea bilanțului termic sunt următoarele: temperaturile, numărul de locatari, volumul de apă caldă necesar unei persoane, perimetrul, înălțimea și suprafața casei, timpul necesarului de apă caldă cât și grosimile/tipurile straturilor componente. Acestea putând fi alese în funcție de necesitățile fiecărui utilizator din interfața programului. Însă, valorile date implicit au fost considerate a fi cele mai potrivite pentru a construi un imobil cu consum energetic redus. Cât despre tipul geamurilor, al straturilor utilizate pentru structura de rezistență și pentru termoizolație, valorile atribuite lor, și anume conductivitățile termice, coeficienții de transfer termic global, afișate în tabelele 6, 7 și 8, se află în spatele opțiunilor afișate în interfață.

http://emilia.academicdirect.ro/dipl/calc/form.php - Microsoft Internet Ex

File Edit View Favorites Tools Help

Back Forward Stop Home Search Favorites Refresh Print

Address http://emilia.academicdirect.ro/dipl/calc/form.php

Google Search PageRank 1022 blocked Check AutoLink

<p>Mediu</p> <p>Temperatura interioară: 22 °C</p> <p>Temperatura exterioară: 5 °C</p> <p>Temperatura sol: 5 °C</p> <p>Temperatura pivniță: 10 °C</p> <p>Temperatura apei din exterior: 5 °C</p> <p>Temperatura apei calde: 52 °C</p> <p>Timpul necesarului de apă caldă: 22 h/zi</p> <p>Volum apă caldă/persoană: 55 litri</p>	<p>Casa</p> <p>Număr de persoane: 5</p> <p>Perimetru: 21 m</p> <p>Inălțime: 3.5 m</p> <p>Suprafață podea: 123 m²</p> <p>Suprafața pivniță: 123 m²</p> <p>Acoperis: Terasă Terasă Simplu izolat</p>
<p>Pereți</p> <p>Material structură de rezistență: Cărămidă</p> <p>Grosime strat structură de rezistență: 20 cm</p> <p>Grosime strat izolator: 5 cm</p> <p>Material izolator: Vată minerală</p>	<p>Podea</p> <p>Material structură de rezistență: Beton</p> <p>Grosime strat structură de rezistență: 22 cm</p> <p>Grosime strat izolator: 5 cm</p> <p>Material izolator: Polistiren expandat</p>
<p>Tavan</p> <p>Material structură de rezistență: Beton</p> <p>Grosime strat structură de rezistență: 22 cm</p> <p>Grosime strat izolator: 5 cm</p> <p>Material izolator: Vată minerală</p>	<p>Geam</p> <p>Suprafața totală geamuri: 25 m²</p> <p>Ramă geam: Lemn</p> <p>Material geam: Termopan simplu</p>

Submit Query

Figura 19. Interfața formularului

3.2.2. Rezultate obținute cu programul de studiu

Programul rulat din fișierul form.php realizează legătura între modelul matematic prezentat și graficele reprezentate și este compus din două părți:

Prima referă introducerea datelor, calculul matematic și afișarea rezultatelor; se face astfel:

- se introduc datele de intrare, variabilele și constantele în fișierul defin.php;
- se afișează variabilele în formularul form.php, pentru a oferi utilizatorului posibilitatea de a alege pe cele care consideră a-i fi corespunzătoare conform Figurii 1;
- afișarea variabilelor, calcularea fluxului de căldură conform modelului matematic și afișarea calculelor se realizează în contextul alegerii făcute de către utilizator, din fișierul func.php. Afișarea valorilor variabilelor se face cu secvența de program:

```
foreach($_GET as $k => $v)
    echo($k . " = " . $v . "\r\n");
```

Afișarea valorile calculate ale fluxurilor de căldură conform modelului matematic se face cu secvența:

```
$func=get_defined_functions();
foreach($func["user"] as $v)
    echo($v . " = " . $v() . "\r\n");
```

A doua componentă a aplicației e menită să producă acele statistici care să poată scoate în evidență unele caracteristici constructive în vederea creșterii performanțelor încălzirii locuințelor și apei calde menajere. Astfel, aceste statistici sunt bazate pe alegerile utilizatorului, variind unul sau mai mulți parametri aleși în raport cu posibilitățile oferite în formular. Din categoria dependențelor multiple intră grosimile și tipurile de termoizolație și al structurilor de rezistență, numărul de locatari, temperatura și volumul de apă caldă pe persoană. Trebuie precizat că variabilele, (temperaturile, numărul de locatari, volumul de apă caldă necesar unei persoane, perimetrul, înălțimea și suprafața casei, timpul în care este produsă apa caldă cât și grosimile/tipurile straturilor componente) intră în calculul bilanțului termic, ajutând utilizatorul să-și optimizeze singur performanțele încălzirii imobilului. Problema nu e rezolvată complet, deoarece acest program ar fi putut să conțină și un calcul economic care ar fi adus încă un set de parametri, necesari optimizărilor și în funcție de posibilitățile financiare ale utilizatorului.

Această statistică se concretizează prin grafice, în componența afișării rezultatelor programului existând 2 tipuri de grafice, și anume:

a) grafice în care este reprezentată influența unei variabile asupra unei componente a necesarului termic ca în figura 20, unde, pe axa X sunt valorile coeficientului de transfer termic global asociate unui tip de geam scris lângă fiecare coloană în parte iar axa Y reprezentând valorile fluxului de căldură pierdut prin geam relative la pierderile totale prin transmisie.

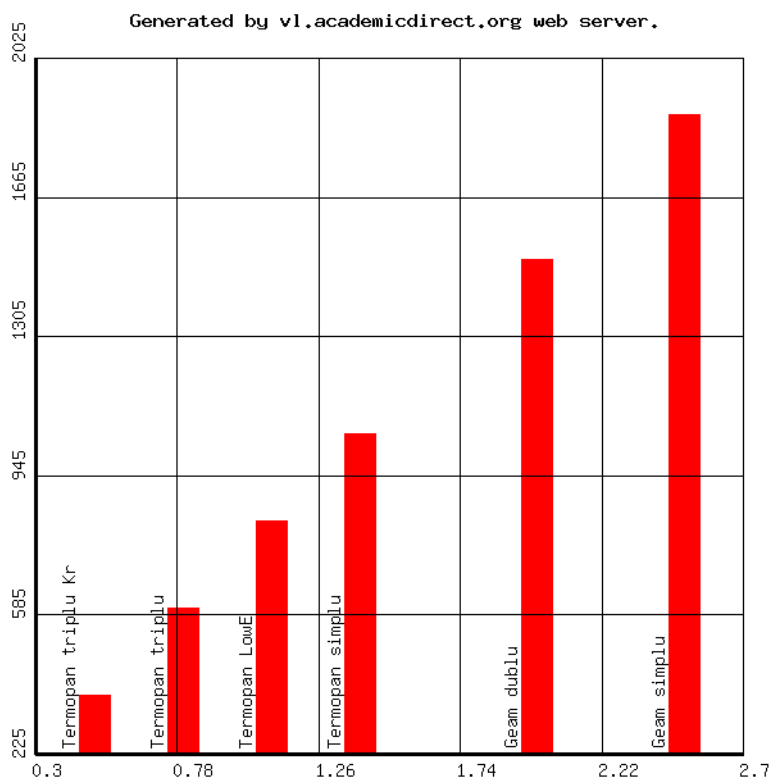


Figura 20. Pierderile prin geam (W) funcție de tipul geamului (W/m^2K)

b) grafice pentru evidențierea dependențelor multiple. În acest caz problema se complică, soluția aleasă fiind exemplificată în figura 3: date cumulate pe coloane; utilizatorul având posibilitatea să aleagă 2 variabile din opțiunile disponibile pentru a fi reprezentate grafic, după cum se poate vedea în graficele din figurile 23-28. Restul de variabile disponibile care nu sunt alese spre a fi reprezentate grafic, primesc o valoare medie.

În figura 21 este redat un exemplu de tabel cu dependențe multiple împreună cu opțiunile de alegere dintre acestea în vederea generării graficului, și anume tabelul rezultat pentru variația dependenței fluxului de căldură pierdut în funcție de grosime și tipul structurii de rezistență și termoizolator.

Utilizatorul alege așa cum arată în figura 22 din opțiunile date pentru axele X și Y, după care apasă butonul „Diagram” pentru a se genera graficul aferent alegerii făcute.

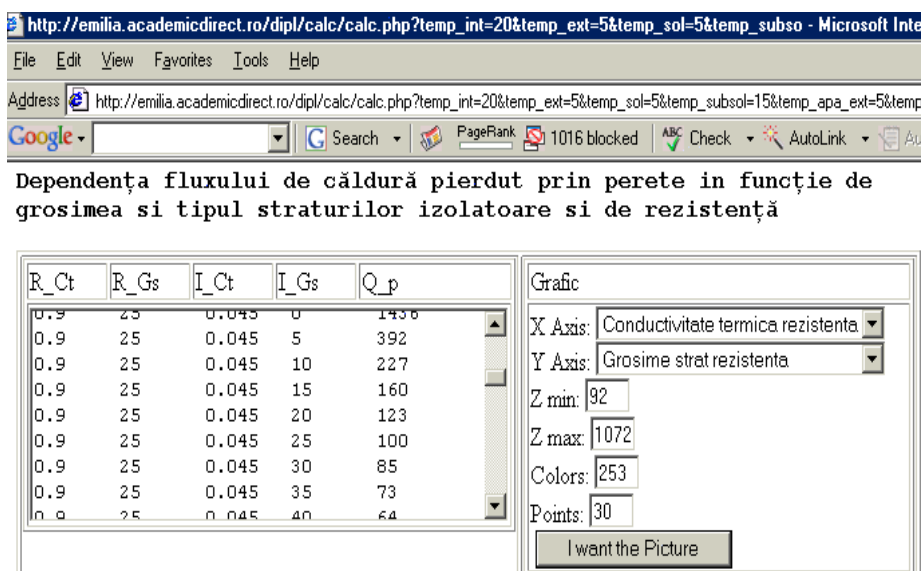


Figura 21. Tabel cu dependențe multiple

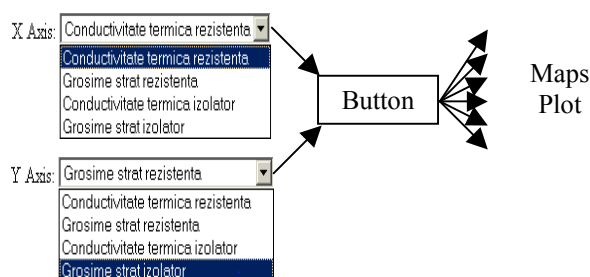


Figura 22. Schema generării graficelor

În casete sunt reprezentate valorile pierderilor de flux termic cu cifre de culoare roșie, aceste casete având fond verde mai închis pentru valorile maxime și mai deschis pentru valorile minime.

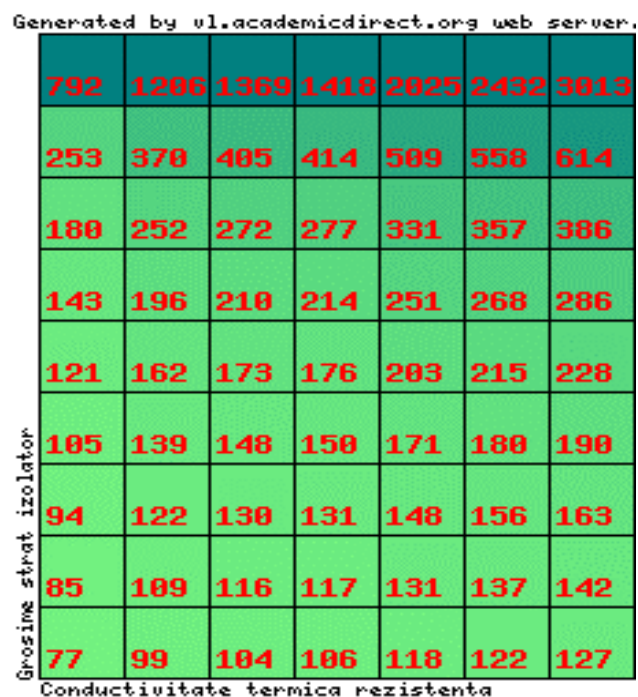


Figura 23. Fluxul de căldură pierdut prin perete funcție de grosimea și tipul straturilor izolatoare și de rezistență

Pentru reprezentarea influenței grosimii straturilor izolatoare și a conductivității termice a straturilor de rezistență, în figura 23 sunt alese pe axa X valorile conductivității termice ale structurii de rezistență iar pe axa Y grosimea stratului izolator, pentru a fi studiate în vederea obținerii fluxului de căldură pierdut prin pereți.

În graficul din figura 24 este reprezentată variația fluxului de căldură pierdut prin tavan (notate cu cifre roșii) în funcție de grosimea structurii de rezistență (axa X) și de grosimea stratului termoizolator (axa Y).

Generated by vl.academicdirect.org web server.

2567	1469	1122	9251	7938	6968	6229	5640	5159
4188	3287	2882	2687	2401	2238	2182	1988	1889
2494	2097	1888	1728	1612	1518	1439	1371	1313
1818	1569	1426	1324	1244	1179	1124	1076	1034
1424	1268	1158	1083	1023	974	932	895	863
1175	1056	978	928	873	834	801	771	746
1000	918	849	802	764	732	704	680	658
871	800	750	712	680	653	630	609	591
772	714	673	640	614	591	571	553	537

Grosime strat izolator

Grosime strat rezistenta

Figura 24. Fluxul de căldură pierdut prin tavan funcție de grosimea straturilor izolatoare

Generated by vl.academicdirect.org web server.

916	1257	1387	1426	1923	2275	2812
1099	1506	1658	1694	2222	2586	3134
1144	1572	1721	1766	2305	2673	3225
1153	1584	1735	1780	2321	2690	3243
1187	1634	1789	1835	2386	2759	3315
2478	3762	4195	4321	5786	6522	7593

Conductivitate termica izolator

Conductivitate termica rezistenta

Figura 25. Fluxul de căldură pierdut prin podea funcție de tipul straturilor izolatoare și de rezistență

Prezentarea dependenței necesarului de căldură pentru încălzirea apei calde (cu roșu) în funcție de volumul de apă caldă menajeră per persoană pe zi (axa Y) și de numărul de locatari (axa X) se face în graficul din figura 28.

Generated by ul.academicdirect.org web :

	1713	1518	1504	1502	1501	1500
Grosime strat izolator tavan	5844	3813	3751	3730	3719	3712
	5486	3454	3392	3371	3360	3353
	5361	3329	3268	3246	3235	3229
	5298	3266	3204	3183	3172	3165
Grosime strat izolator perete	5259	3227	3166	3144	3134	3127

Figura 26 Fluxul de căldură pierdut pierdut funcție de grosimea stratului izolator al peretelui și al tavanului

Generated by ul.academicdirect.org web server.

	944	975	979	981	988	991	993
	974	1005	1010	1011	1019	1021	1023
	979	1010	1014	1016	1023	1026	1028
	980	1011	1016	1017	1025	1027	1029
	988	1019	1023	1024	1032	1035	1037
	990	1021	1026	1027	1035	1037	1039
Tip strat rezistenta tavan	992	1023	1028	1029	1037	1039	1041

Figura 27. Pierderi totale prin transmisie funcție de tipul materialului de rezistență

Generated by ul.academicdirect.org web server.

	4	8	11	14	17	20	23	25	27
	4	8	12	15	18	21	23	26	28
	4	8	12	16	19	22	24	27	29
	5	9	13	16	19	22	25	28	30
	5	9	13	17	20	23	26	29	31
	5	9	14	17	21	24	27	29	32
	5	10	14	18	21	25	28	30	33
	5	10	14	18	22	25	28	31	34
	6	10	15	19	23	26	29	32	34
	6	11	15	20	23	27	30	33	35
Numar de locatari	6	11	16	20	24	27	30	33	36

Figura 28. Flux de căldură necesar încălzirii apei menajere

3.2.3. Discuții asupra rezultatelor obținute

Se pune problema importanței studiului făcut. În construcția unei locuințe, spre exemplu, oamenii tind să facă alegeri în ceea ce privește calitatea materialului pentru a beneficia de un consum energetic redus cu un confort maxim și bineînțeles costuri cât mai mici. De aceea este foarte important să cunoaștem modul în care influențează unii parametri, considerați mai importanți, ceea ce se poate numi *confortul maxim cu costuri cât mai mici*.

Fluxul de căldură necesar încălzirii unui imobil și a apei calde menajere, după cum reiese și din modelul matematic, are o valoare totală distribuită pe pierderile mai multor componente, și anume: pereți, tavan, podea, geam, ventilare și apa caldă menajeră.

În continuare sunt prezentate rezultatele studiului efectuat cu ajutorul programului. Serverul poate genera o multitudine de grafice (C_n^k) în funcție de opțiunile făcute de utilizator ; în cele ce urmează sunt discutate câteva dintre cele mai reprezentative pentru a analiza necesarul termic.

Pierderile globale de flux termic

Pentru a discuta despre influențele procentuale ale fiecărui element în parte, s-au luat în calcul variabilele conform figurii 19. Acestea sunt niște valori medii și uzuale. S-a constatat că pentru un flux termic total pierdut de 7300,39 W contribuția fiecărui component este: 18,95 % flux termic pierdut prin tavan, 13,46 % prin podea, 7,14 % prin perete, 8,15 % prin geam, 42,94 % prin ventilare, 9,36 % pentru apa menajeră.

Graficele din figura 26 reprezintă o modalitate de a arăta cât influențează diferite grosimi ale straturilor izolatoare din pereți și tavan (de la 0 la 40 cm) pierderile totale prin transmisie. Aici variantele oferite fiind doar 3: grosime strat izolator perete, grosime strat izolator tavan și grosime strat izolator podea. Figura 27 prezintă dependențele pierderilor totale prin transmisie în funcție de tipurile de structuri de rezistență. Se poate observa conform celor 2 grafice că nu contează atât de mult tipul structurii de rezistență – diferențele între valoarea maximă și cea minimă fiind mică- pe cât contează grosimea straturilor izolatoare – diferențele fiind uluitoare.

1. Pierderile prin perete

În figura 24 am ales să reprezint fluxul termic pierdut prin perete în funcție de grosimea stratului termoizolator și de conductivitatea termică a structurii de rezistență corespunzătoare fiecărui tip de material în parte, din cele 4 variante oferite (Conductivitate termică rezistență, Grosime strat rezistență, Conductivitate termică izolator și Grosime strat izolator). Astfel se poate observa că diferențele în ceea ce privește pierderile de căldură de la o casă neizolată termic (grosimea stratului izolator fiind 0) la o casă cu un strat mic de izolație (spre exemplu 1-6 cm) sunt foarte mari, iar tipul de structură de rezistență optim ar trebui ales cel cu o valoare minimă a conductivității termice, ceea ce corespunde, conform tabelului 3, lemnului placat (0.1 W/mK).

2. Pierderile prin tavan

În graficul din figura 25 combinațiile de parametri aleși diferă pentru a putea studia cum influențează și care au efect mai mare asupra necesarului termic al unui imobil. Astfel că valorile cele mai mici ale fluxului termic pierdut prin tavan sunt date grosimi maxime ale ambelor straturi.

3. Pierderile prin podea.

În graficul din figura 26 combinațiile de parametri aleși diferă pentru a putea studia cum influențează și care au efect mai mare asupra necesarului termic al unui imobil. Astfel că valorile cele mai mici ale fluxului termic pierdut prin podea sunt date de tipul de strat izolator și de rezistență care corespunde unei valori minime ale conductivității termice. Conform tabelului 2 această valoare corespunde termoizolației numită poliuretan (0.018 W/mK).

4. Pierderi prin geam

Pentru a reprezenta dependența pierderilor de căldură prin geam în funcție de tipul de geam ales, dintre cele 2 grafice (14 și 20) generate (Pierderi prin geam vs. tipul de geam și Pierderi relative la transmisie (%) vs. material geam) am ales reprezentarea procentuală deoarece este relevant pentru studiul influențelor pierderilor totale prin transmisie.

Astfel, cea mai favorabilă alegere, conform figurii ar fi Termopan triplu Krypton, acestuia corespunzându-i un flux termic de 375 W calculat, și anume 36% din totalul de flux termic pierdut prin transmisie. Valoarea transferului termic cu exteriorul relativ la fluxul pierdut prin transmisie fiind mult mai mare pentru Geam simplu, 1875 W . În exemplul din figura 1 este luat un tip de geam cu o configurație intermediară, și anume termopan simplu cu coeficientul de transfer termic global de $1,4 \text{ W/mK}$, căruia îi corespunde un flux termic de 595 W , aceasta reprezentând $8,15\%$ din totalul pierderilor de flux termic.

5. Pierderile prin ventilare

Aceasta reprezintă o componentă foarte importantă pentru că depinde în mod direct de pierderile totale prin transmisie, și anume, dacă un imobil are o termoizolație maximă atunci se impune instalarea unui sistem de aerisire, pentru ca geamurile să nu mai fie deschise, pierderile de căldură prin transmisie fiind minime atunci și necesarul de căldură pentru încălzirea aerului ventilat este minim. Astfel se constată că pentru aerisirea unui imobil cu valorile parametrilor date în figura 19 procentul de pierderi prin ventilare este majoritar.

6. Pierderile de căldură pentru încălzirea apei calde menajere

În figura 28 am ales să reprezint fluxul de căldură necesar încălzirii apei calde menajere în funcție de numărul de locatari și de volumul de apă caldă per persoană, din lista de parametrii: număr de locatari, temperatura apei menajere și volumul de apă caldă pe persoană. Se poate observa că dependența este liniară.

3.2.4. Concluziile studiului efectuat

Conform algoritmului de calcul și de rezultatele afișate grafic, se poate observa că ceea ce influențează cel mai mult pierderile de căldură din interiorul unui imobil sunt grosimile straturilor componente și tipul de geam utilizat, însă nu se pot neglija și tipurile acestor straturi.

Pentru a întări această afirmație am luat ca și exemplu valorile parametrilor cele mai mari disponibile, în ceea ce privește straturile izolatoare și ale structurii de rezistență. Acestea corespund: pentru grosimea stratului izolator de 40 cm, pentru termoizolație, cea mai bună alegere fiind poliuretanul, iar pentru structura de rezistență, lemnul placat. În procente, din valorile pierderilor totale, acestor parametri le corespunde: 3,47 % prin tavan, 4,91 % prin podea, 4,78 % prin perete, 14,57 % prin geam, 27,74% prin ventilare și 44,5 % pentru apa menajeră. Toate acestea corespunzând unei valori calculate de 1224,79 W flux de căldură total pierdut.

Se poate observa o micșorare considerabilă a pierderilor prin elementele componente ale casei, dar o creștere a procentelor de flux termic necesar încălzirii apei menajere. Având în vedere că variabilele care intră în calculul matematic al pierderilor prin geam nu se pot modifica (pentru a asigura același confort), precum nici valorile variabilelor legate de casă și de mediu, putem să discutăm despre posibilitatea adaptării celorlalți parametrii, pentru a obține optimul necesarului de flux termic. Astfel se urmărește limitarea la maxim a pierderilor prin transmisie și prin ventilare.

Straturile mai groase de izolație se justifică în cazul utilizării surselor regenerabile de energie sau dacă se urmărește minimizarea pierderilor de căldură. Aceste concluzii obținute prin analiza rezultatelor furnizate de program, sunt în concordanță cu măsurile recomandate de autoritățile din toate țările UE, dar și din România.

Daca se minimizează pierderile se poate reduce puterea termica a echipamentelor de încălzire și se diminuează considerabil costurile, atât cele ale investiției în echipamentele de încălzire, cât și cele de exploatare

În concluzie ordinea de interes pentru soluționarea optimă a alegerilor care urmează a fi făcute, conform rezultatelor afișate, ar trebui să fie: structură termoizolatoare cu o grosime cât mai mare, tipul termoizolației apoi grosimea și tipul materialului structurii de rezistență. Nu se poate neglija de asemenea tipul geamului însă trebuie menționat că geamurile termopan cu geam triplu prezintă costuri ridicate [5].

3.3. Calculul necesarului de căldură al locuinței cu ajutorul programului

3.3.1. Caracteristici ale unor

tipuri de locuințe

.....

Am ales construcția unei case pasive din punct de vedere energetic. Pentru aceasta, am optimizat parametrii considerați în captura interfeței formularului din programul de calcul, din figura 16.

În figura 29 se poate observa că pentru ca o casă să fie pasivă din punct de vedere energetic sau cu consum energetic redus, valoarea coeficientului global de transfer termic trebuie să fie 0,1-0,2 W/m²·K, iar grosimea stratului izolator de 36-39 cm. Astfel se alege pentru construcția locuinței un strat termoizolator de 37 cm polistiren expandat cu coeficientul de transfer termic global (k) de 0,105 pentru toate elementele constitutive.

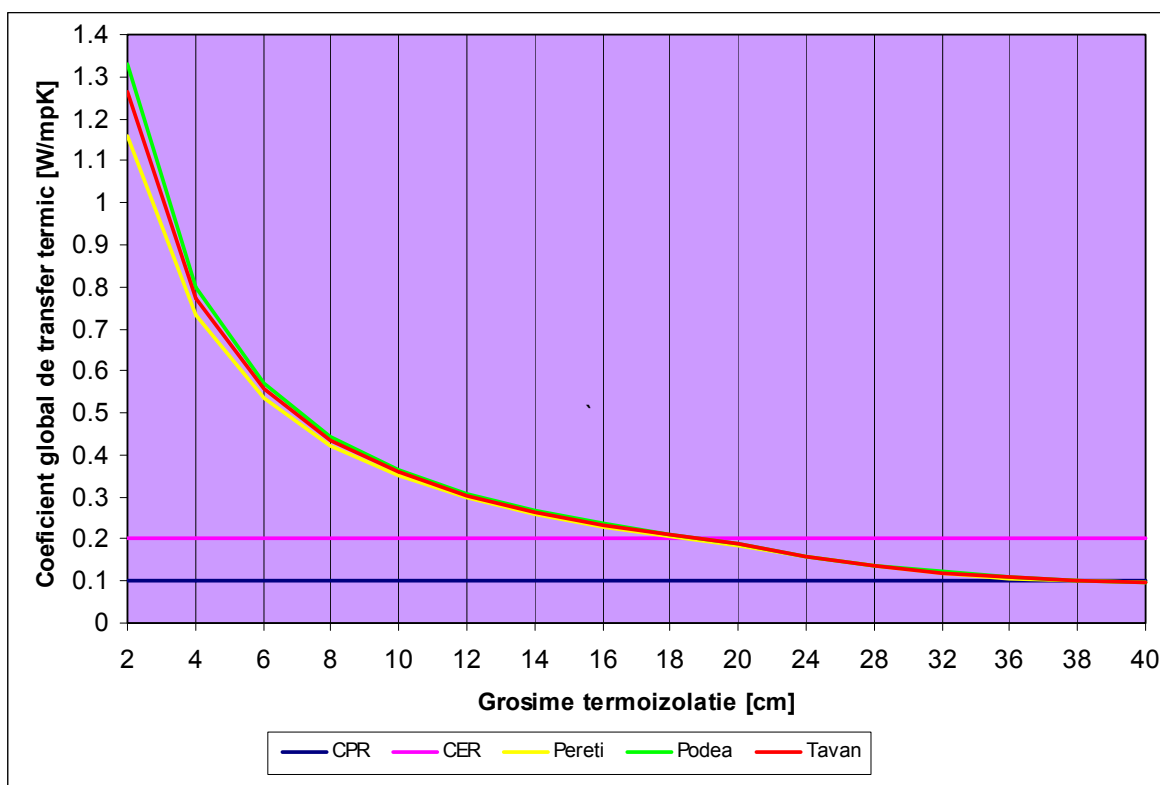


Figura 29. Conductivitatea termică a CPE și CER

3.3.2. Descrierea imobilului

Conform studiilor efectuate cu ajutorul programului de calcul prezentat în paragrafele precedente, am ales pentru locuința care urmează să fie proiectată acele componente cu parametrii care să permită pierderi de căldură cât mai mici, în vederea implementării optime a unui sistem de încălzire bazat pe surse regenerabile de energie.

Pentru parametrii prezentați în cele ce urmează, s-a calculat un necesar termic de 2,64 kW.

Casele cu consum energetic redus necesită diferite nivele de sisteme de încălzire față de clădirile convenționale. În acest caz se iau în considerare diferite criterii de evaluare cum ar fi necesarul de energie primară, emisiile relevante de gaze cu efect de seră, costurile furnizării energiei termice cât și criteriile calitative.

Casele pasive din punct de vedere energetic sunt acele case echipate cu instalații și termoizolații capabile să furnizeze confortul termic dorit atât vara cât și iarna, fără a utiliza sisteme convenționale de încălzire. Standardul caselor pasive din punct de vedere energetic este

eficientizarea costurilor prin minimizarea consumului energetic, în același timp asigurând un nivel ridicat de confort termic.

Conform graficului din figura 29 am ales pentru construcția locuinței luată în considerare parametri corespunzători pentru atingerea standardelor cerute pentru o casa pasivă din punct de vedere energetic cu scopul de a eficientiza și justifica utilizarea surselor regenerabile de energie, și anume a instalațiilor solare, pe bază de combustibil solid regenerabil și a pompelor de căldură pentru captarea energiei geotermale și solare.

Imobilul care urmează a fi studiat în vederea alegerii optime a sistemului de încălzire optim, reprezintă o locuință unifamilială în care vor locui 4 persoane. Locuința este compusă din 3 dormitoare, bucatărie, living vestibul de acces și două băi.

Pereții exteriori sunt construiți din cărămidă cu grosimea de 20 cm, având înălțimea de 3.2 m, sunt tencuiți și vopsiți cu vopsea lavabilă culoare albastru. Aceștia sunt termoizolați cu polistiren expandat de 37 cm.

Tavanul este construit dintr-un strat de beton de 20 cm, un strat de izolație termică având grosimea de 37 cm polistiren expandat, peste care se mai aplică încă un strat de beton de 2cm. Se tencuiesc și se vopsesc cu vopsea lavabilă.

Podeaua este construită pe un suport de beton de 20 cm, cu un strat termoizolator de 37 cm din polistiren expandat, peste care se aplică un nou strat de beton de 2 cm. Finisajul în bucatărie, vestibul de acces și în băi este compus din gresie glazurată, iar în dormitoare, living și hol din parchet din lemn de brad.

Pereții interiori dintre dormitoare, hol, baie și bucatărie sunt construiți din cărămidă cu grosimea de 12 cm, iar peretele dintre bucatărie și living, din plăci de rigips de 15 cm. Aceștia sunt tencuiți și vopsiți în diferite culori.

Închiderile cuprind uși interioare, fiind alese cele din PVC, cu geam simplu, ușile exterioare sunt din aluminiu cu geam termopan triplu iar ferestrele sunt realizate tot din aluminiu cu geam termopan triplu.

3.3.3. Prepararea de apă caldă cu surse regenerabile de energie

Programul de calcul al necesarului de căldură al unei locuințe oferă posibilitatea alegerii sistemului de încălzire dorit din variantele de funcționare pe gaz, biomasă, sisteme solare, pompe de căldură și geotermal. Fiecare sistem poate asigura o anumite temperatură de încălzire a apei calde menajere, datorită eficienței oferite în funcție de în funcție de prețul de cost al instalației și al posibilității amortizării în timp al acestora [8]. Astfel, pentru sistemele de încălzire pe gaz și pe biomasă temperatura apei de consum poate ajunge până la 60°C iar pentru sistemele solare, geotermale și pompe de căldură, temperatura asigurată putând fii doar de 45°C. Această temperatură este considerată a fi suficientă pentru uz caznic, astfel eficientizându-se sistemele cu surse reînnoibile de energie. Conform standardelor germane DIN 4701 temperaturii de 60°C i-am asociat un volum de apă asigurat de sistem de 35 litri/zi/persoană iar temperaturii de 45°C, un volum de 50litri/zi/persoană. În cadrul softului de calcul aceste temperaturi cu volumele asociate lor se află în spatele opțiunii surselor de încălzire, utilizatorul neavând posibilitatea de a le alege.

Astfel, pentru casa luată ca și exemplu cu un număr de 4 locatari, necesarul de apă caldă menajeră pe zi pentru un sistem cu regim de 45°C este de 200 litri apă caldă pe zi.

Soluția oferită de firma germană Viessmann pentru acoperirea necesarului acestei locuințe este reprezentată în figura 30.

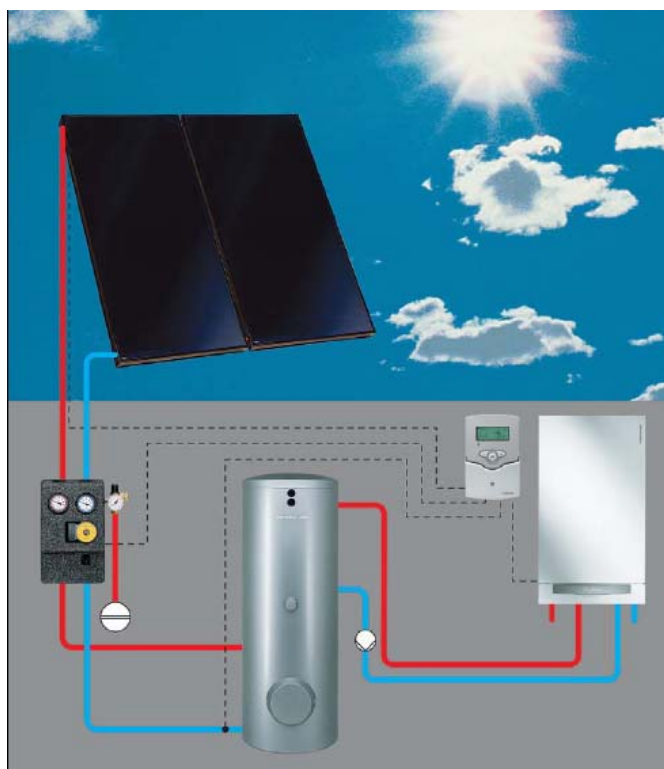


Figura 30. Sistemul de preparare a apei calde menajere cu energie solară

CAPITOLUL IV

Soluții tehnice de încălzire utilizând surse regenerabile de energie

4.1.Utilizarea energiei solare

Dintotdeauna utilizăm căldura soarelui. Vara clădirile sunt încălzite direct de soare, iar iarna utilizăm energia solară înmagazinată sub formă de lemne, cărbune, combustibil lichid și gazos pentru încălzirea clădirilor și prepararea de apă caldă menajeră. Pentru un consum rațional și economic al surselor de energie s-au căutat și dezvoltat căi în tehnica sistemelor de încălzire care fac posibilă o utilizare responsabilă și conștientă a acestor resurse. O componentă importantă a acestui deziderat o reprezintă utilizarea directă a energiei solare prin intermediul colectoarelor solare. Prin colectori foarte eficienți din punct de vedere tehnic și prin întregul sistem adaptat la aceștia, utilizarea economică a energiei solare nu mai este o viziune de viitor, ci a devenit o realitate evidentă în viața de zi cu zi. Având în vedere creșterea previzibilă a prețului pentru combustibil în viitor, investiția într-o instalație solară se conturează ca o investiție „reală” pentru viitor.

Radiația solară este un flux energetic care pornește de la soare uniform în toate direcțiile. La învelișul exterior al atmosferei terestre ajunge o putere de $1,36 \text{ kW/m}^2$, așa numita constantă solară[13].

4.1.1. Nivelul de insolație

Nivelul de insolație este cantitatea de energie solară care pătrunde în atmosferă și cade pe suprafața pământului. Această cantitate de energie variază în funcție de latitudine, altitudine și perioada anului [14]. Nivelul de insolație este de obicei exprimat ca medie anuală sau lunară, în kilowati/oră pe metru pătrat. Pentru a corela mai ușor această mărime cu consumul zilnic de energie termică, nivelul de insolație se exprimă ca medie lunară în kWh/m²/zi.

4.1.2. Zonele de însorire

Nivelul de insolație se poate determina în funcție de locație cu ajutorul unor hărți de insolație. O astfel de hartă, prezentată alături împarte țara noastră în trei zone principale de însorire: zona 0 (>1250 kWh/m²/an), care coincide practic cu litoralul Mării Negre, zona I (1150-1250 kWh/m²/an) care include în mare parte regiunile carpatice și subcarpatice și zona II (1000-1150 kWh/m²/an), compusă în principal din regiunile de șes [14].



Figura 31. Nivelul de însorire al României

Această hartă (figura 31) reprezintă zonarea României în funcție de nivelul mediu anual de insolație. Valorile zilnice obținute împărțind valoarea medie anuală la numărul de zile dintr-un an, reprezintă valori medii. Dimensionarea unei instalații solare se poate face și la valoarea medie anuală raportată la numărul de zile dintr-un an, însă în acest caz instalația va produce căldură în exces pe perioada de vară.

4.1.3. Media lunară de însorire

Pentru o dimensionare economică a instalațiilor solare pentru apă caldă, este indicat să se folosească nivelul mediu de insolație a lunilor martie - octombrie. Valorile medii lunare a nivelului de insolație se pot extrage din tabele sau din grafice. Un astfel de grafic este prezentat alături. Tabelele cu valori medii lunare nu diferă de grafice decât prin modul de prezentare a informației. Folosind valorile tabelate se pot ridica grafice.

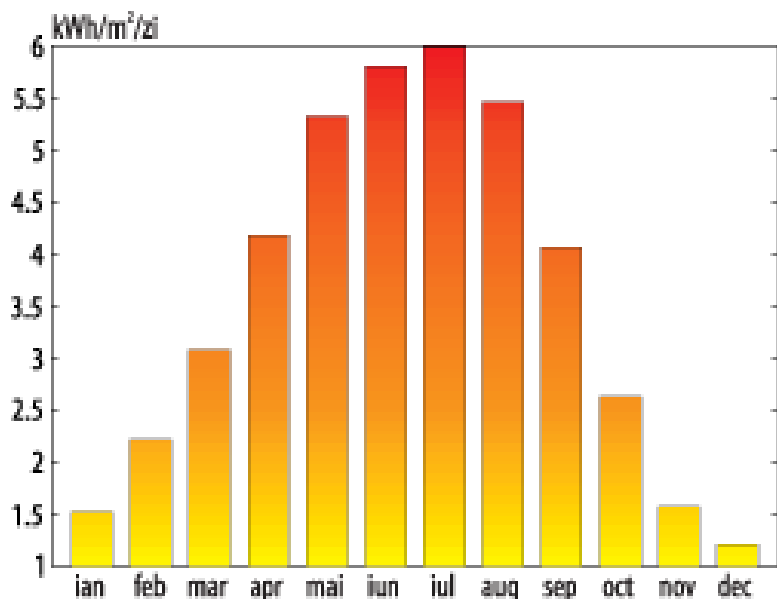


Figura 32. Valori medii lunare ale insolației

Graficul din figura 32 reprezintă valorile medii lunare ale insolației pentru municipiul București. În acest caz, valoarea medie a însolației lunilor martie - octombrie este de 4,56 kWh/m²/zi, media anuală fiind de 3,56 kWh/m²/zi. După cum se observă din grafic, valoarea maximă este de 6 kWh/m²/zi. Dacă am dimensiona instalația ținând cont de media anuală, în luna iulie aceasta ar produce un surplus de căldură de 70%. Comparativ, dacă dimensionăm ținând cont de media lunilor martie - octombrie, surplusul de energie generat se reduce la 30%.

În cazul instalațiilor solare care furnizează și o parte din energia termică necesară încălzirii spațiilor de locuit, dimensionarea se face la o valoare egală sau inferioară mediei anuale. Surplusul de energie de pe perioada verii poate fi folosit la încălzirea apei dintr-o piscină.

4.1.4. Necesarul energetic

Necesarul energetic este cantitatea de energie necesară pentru a ridica temperatura unui consumator cu o anumită valoare. Consumatorul de energie termică poate fi de exemplu un boiler folosit la prepararea apei calde menajere, o clădire, o piscină, etc. Diferența de temperatură se stabilește în funcție de cerințele fiecărei aplicații.

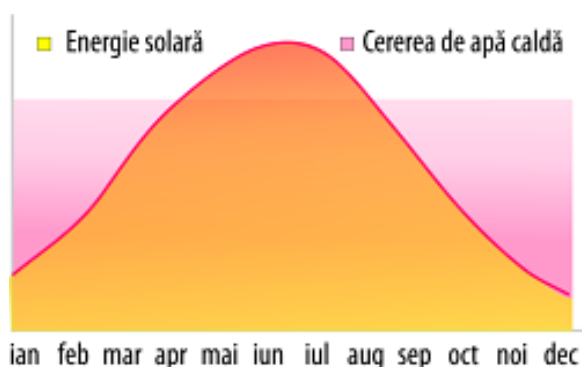


Figura 33. Necesarul energetic în timpul anului

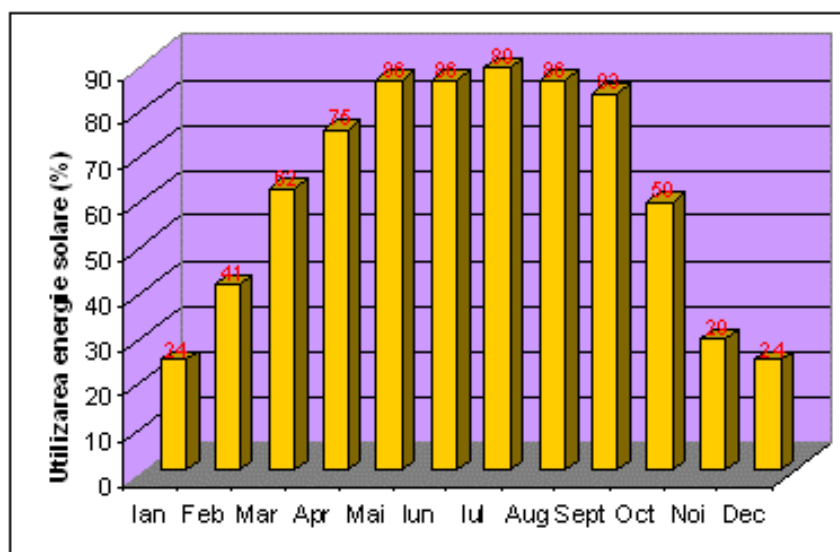


Figura 34. Utilizarea energiei solare în timpul anului

4.1.5. Radiație globală

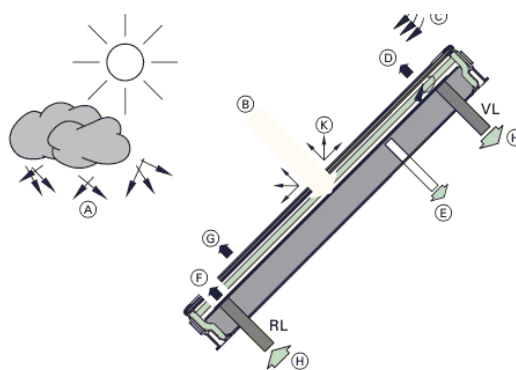
La penetrarea în atmosfera terestră, radiația solară înregistrează o pierdere în intensitate datorită reflexiei, dispersiei și absorbției cauzate de particulele de praf și de moleculele de gaz. Radiația care pătrunde nestingherită în atmosferă ajunge direct pe suprafața pământului este așa numita **radiație directă**.

Partea din radiația solară care este reflectată sau absorbită de particulele de praf sau moleculele de gaz ajunge la rândul său nedirecționată pe suprafața pământului; este așa numita **radiație difuză**.

Radiația totală care ajunge pe suprafața pământului este **radiația globală E_g** , deci radiația globală = radiația directă + radiația difuză. Pentru latitudinea geografică din zona Europei de vest radiația globală în condiții normale (cer senin fără nori, la amiază) este max. 1 000 W/m^2 . Cu ajutorul colectoarelor solari, în funcție de tipul acestora, poate fi captată până la cea 75 % din radiația globală.

Figura 35. Parametri care influențează captarea energiei solare

- A - radiație solară difuză;
- B – radiație solară directă;
- C – vânt, ploaie, zăpadă, convecție;
- D – pierderi prin convecție;
- E – pierderi prin transmisie;
- F – radiație termică a captatorului;
- G – radiație termică a acoperișului de sticlă;
- H – putere utilă a colectorului;
- K – reflexie.



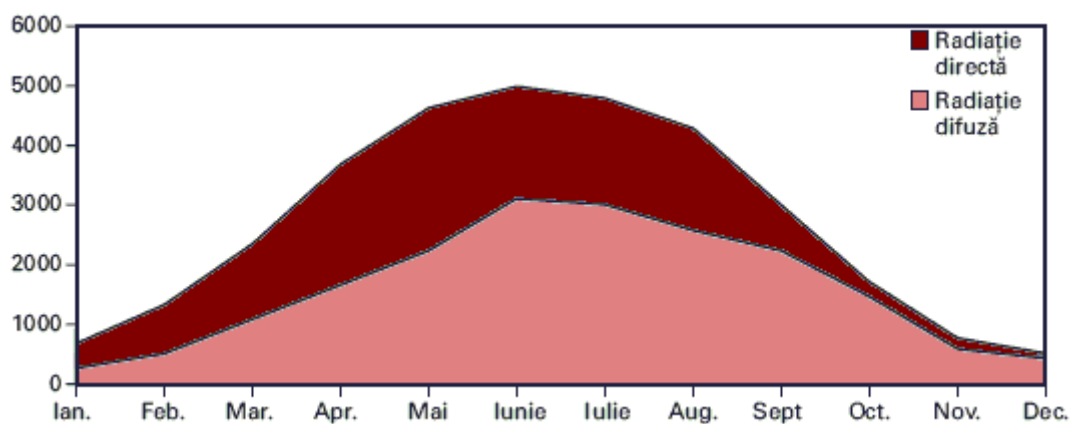


Figura 36. Radiația solară ($Wh/m^2 \cdot d$) în decursul anului

4.1.6. Utilizarea energiei solare prin intermediul colectoarelor solari

Energia solară utilă care se poate obține cu un colector depinde de mai mulți factori. Un factor esențial îl reprezintă energia solară care este disponibilă în total.

Un rol important îl joacă de asemenea tipul colectoarelor cât și înclinarea și orientarea acestora. Pentru o utilizare eficientă a instalației solare este necesară și dimensionarea corespunzătoare a componentelor sale.

.....

4.1.7. Structura și funcționarea colectoarelor. Tipuri de captatoare solare

A. Colector plat

.....

B. Colectori cu tuburi vidate cu circulație directă

.....

C. Colector cu tuburi vidate pe principiul Heatpipe (tub termic)

.....

4.1.8. Pompe de căldură

Pentru o utilizare indicată a căldurii mediului ambiant sunt disponibile sursele de căldură sol, apă și aer. Toate reprezintă un acumulator de energie solară, astfel încât cu aceste surse de energie se utilizează indirect energie solară[13].

Pentru utilizarea practică a acestor surse de energie trebuie respectate următoarele criterii: -disponibilitate suficientă,

- capacitate cât mai mare de acumulare,
- nivel cât mai ridicat de temperatură,
- regenerare suficientă,
- captare economică,
- timp redus de așteptare.

Pompele electrice moderne de căldură, oferă posibilități tehnice efective pentru economisirea de energie și reducerea emisiilor de CO₂. În cazul reducerii necesarului de căldură prin izolație termică îmbunătățită, pompa electrică de căldură reprezintă o bună alternativă.

Adaptarea corectă a sursei de căldură și a sistemului de distribuție de căldură la regimul de funcționare al pompelor de căldură, conduce la funcționarea sigură și economică a instalațiilor de încălzire cu pompe de căldură.

Pompa de căldură oferă premisele tehnice necesare pentru a folosi eficient energia solară sub formă de căldură ecologică pentru încălzire și preparare de apă caldă menajeră.

Pompa de căldură obține aproximativ trei sferturi din energia necesară pentru încălzire din mediul înconjurător, iar pentru restul, pompa de căldură utilizează ca energie de acționare curent electric. [16] Căldura ecologică - energie solară acumulată în sol, apă și aer - stă la dispoziție în cantități nelimitate. Aceasta oferă posibilitatea pentru încălzire economică și ecologică prin utilizarea căldurii ecologice (figura 43).

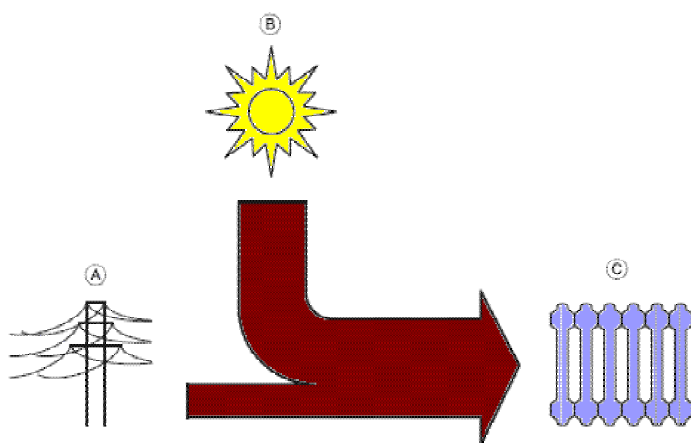


Figura 43. Încălzire economică și ecologică

A - Energie de acționare (curent electric);

B - Căldură ecologică (sol, apă, aer);

C - Căldură pentru încălzire

Avantajele utilizării unei pompe de căldură:

-eficiența

De exemplu, pentru a încălzi o casă:

- În primul caz, se alege un sistem convențional de încălzire. Astfel, va consuma 100% energie pentru a acoperi necesarul de căldură.

- În al doilea caz, se alege pompa de căldură. Astfel, va consuma numai 30%, tot atâta energie cât să obțină același rezultat deoarece restul de energie pentru încălzire va fi luată din mediul înconjurător natural în mod gratuit.

Cu alte cuvinte, când un sistem convențional de căldură folosește o unitate de energie, pompa de căldură folosește doar 0.3 ceea ce permite o încălzire accesibilă din punct de vedere financiar.

- prietenoasă față de mediul înconjurător: o sursă de energie curată și regenerabilă.

Având în vedere că pompa de căldură consumă mai puțină energie, se reduce astfel poluarea care rezultă din folosirea combustibililor convenționali. Combustibilii convenționali sunt cauza emisiilor poluante cum ar fi dioxidul de carbon, oxizii de nitrogen și dioxidul de sulf. Oxizii de nitrogen și dioxidul de sulf sunt în mod special neplăcuți - aceștia sunt o parte din cauza apariției ploii acide și a anumitor probleme de respirație. Aceste gaze sunt monitorizate cu mare atenție de autoritățile europene.

Pentru obținerea aceluiași rezultat, încălzirea unei case pe baza unei pompe de căldură poate reduce poluarea cu oxizi de nitrogen cu 70% în comparație cu un cazan pe bază de combustibili convenționali. În cazul dioxidului de sulf, reducerea poluării cu această substanță se poate face cu până la 30%. Dioxidul de carbon este un gaz și mai "important" și constituie subiectul celui de-al treilea "+".

- responsabilă față de mediul înconjurător: o metoda eficientă de a combate efectul de seră

Dioxidul de carbon este unul dintre gazele responsabile pentru "efectul de seră". Este un lucru deja bine știut în ziua de azi și anume că efectul de seră în creștere schimbă clima planetei noastre. Este nevoie să se ia măsuri în acest sens și încă foarte urgent. Conferința Internațională de la Kyoto a declanșat alarma și a fixat obiective privind reducerea gazelor implicate pentru diferite țări. Pompa de căldură face pe deplin parte din politica de combatere a efectului de seră-ba mai mult, este un aliat de nădejde în această luptă. De exemplu: în Franța, unde 1 kWh de căldură produs cu gaz rezultă în echivalentul a 370g de dioxid de carbon, același 1 kWh de căldură produs cu ajutorul unei pompe de căldură produce doar 60g de dioxid de carbon, adică de 6 ori mai puțin. [16]

4.1.9. Funcționarea unei pompe de căldură

Modul de funcționare al pompei de căldură corespunde modului de funcționare al unui frigider.

În cazul frigiderului, agentul de răcire scoate căldura cu ajutorul vaporizatorului, iar prin intermediul condensatorului aparatului, aceasta se transferă în încăperea. În cazul pompei de căldură, căldura se atrage din mediul înconjurător (sol, apă, aer) și se conduce la sistemul de încălzire. Circuitul agregatului de răcire se realizează conform legilor fizice. Agentul de lucru, un lichid care atinge punctul de fierbere la o temperatură redusă, se conduce într-un circuit și consecutiv, se evaporă, se comprimă, condensează și se destinde (vezi figura 44).

Preluarea căldurii din mediul înconjurător

În vaporizator se află agent de lucru lichid la presiune redusă. Nivelul de temperatură al căldurii ecologice din vaporizator este mai ridicat decât domeniul de temperaturi de fierbere corespunzător presiunii agentului de lucru. Această diferență de temperatură conduce la o

transmitere a căldurii ecologice asupra agentului de lucru, iar agentul de lucru fierbe și vaporizează. Căldura necesară se preia de la sursa de căldură.

Creșterea temperaturii în compresor

Vaporii rezultați din agentul de lucru se aspiră continuu din vaporizator de către compresor și se comprimă. În timpul comprimării cresc presiunea și temperatura vaporilor.

Transferul de căldură la instalația de încălzire

Vaporii agentului de lucru ajung din compresor în condensatorul care este înconjurat de agent termic. Temperatura agentului termic este mai redusă decât temperatura de condensare a agentului de lucru, astfel încât vaporii se răcesc și se lichefiază (condensează) din nou.

Energia (căldura) preluată în vaporizator și suplimentar, energia electrică transferată prin comprimare, se eliberează în condensator prin condensare și se transferă agentului termic.

Circuitul se închide

În continuare se recirculă agentul de lucru prin intermediul unui ventil de destindere în vaporizator. Agentul de lucru trece de la presiunea ridicată a condensatorului la presiunea redusă a vaporizatorului. La intrarea în vaporizator se atinge din nou presiunea și temperatura inițială. Circuitul este închis.

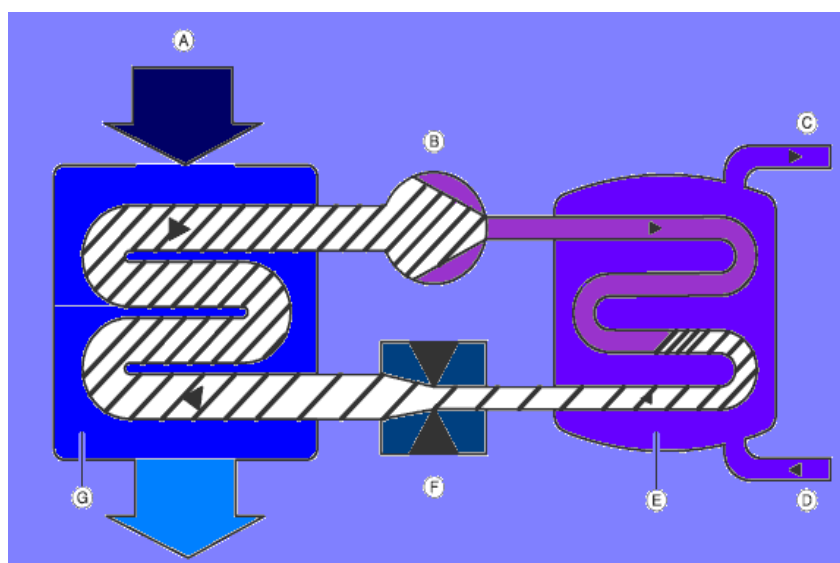


Figura 44. Circuitul pompei de căldură

- A-căldură ecologică
- B-compresor
- C-turul circuitului de încălzire
- D-returul circuitului de încălzire
- E-condensator
- F-ventil de laminare

G-vaporizator

4.1.10. Tipuri de pompe de căldură

Aproape toate pompele de căldură sunt bazate fie pe compresia vaporilor, fie pe ciclul de absorbție. Aceste două principii vor fi discutate pe scurt în cele ce urmează.

Teoretic, pompele de căldură pot fi obținute prin mai multe cicluri și procese termodinamice. Acestea includ ciclurile Stirling și Vuilleumier, cicluri monofazate, sisteme de sorbție solid – vapori, sisteme hibride (combinarea sistemului de compresie a vaporilor și a ciclului de absorbție) și procesele electromagnetice și acustice. Unele dintre acestea sunt pe punctul de a intra pe piață sau au ajuns deja la maturitatea tehnică și ar putea deveni importante pe viitor.

Compresia vaporilor

Cea mai mare parte a pompelor de căldură funcționează pe principiul ciclului compresiei vaporilor. Principalele componente ale acestor pompe sunt compresorul, valvele de expansiune și cele două schimbătoare de căldură (vaporizatorul și condensatorul). Aceste componente formează un ciclu închis, după cum se poate vedea în figura 45. Prin aceste componente circulă un lichid volatil, cunoscut ca și fluid de lucru sau refrigerant.

În evaporator temperatura fluidului de lucru lichid este menținută mai scăzută decât temperatura sursei de căldură, făcând căldura să curgă de la sursa de căldură la lichid, evaporând fluidul de lucru. Vaporii din evaporator sunt compresiați la o temperatură și presiune mai ridicate. Vaporii fierbinți intră în condensator, unde se condensează și cedează căldură. În final, fluidul de lucru aflat la presiune înaltă este condus la valvele de expansiune unde se destinde, revenindu-și la forma inițială. Compresorul funcționează de obicei cu un motor electric (Figura 45), câteodată și cu motor de combustie internă (Figura 46).

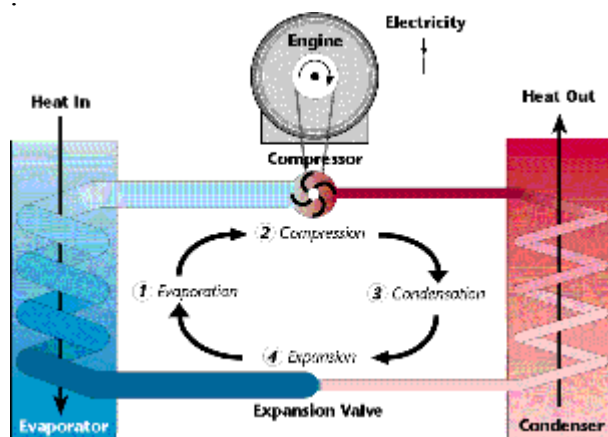


Figura 45. Ciclu închis, copresia vaporilor cu motor electric

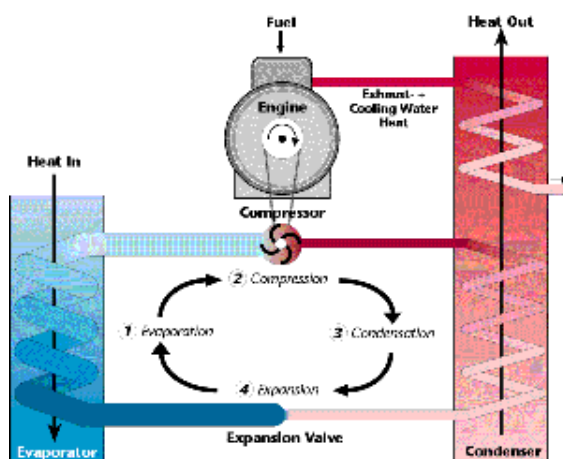


Figura 46. Ciclu închis, compresie cu motor cu combustie internă

Absorbția

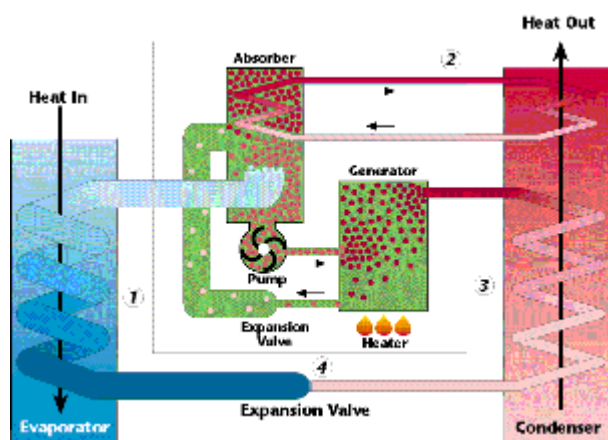


Figura 47. Pompă de căldură care funcționează prin absorbție

Pompele de căldură care funcționează prin absorbție sunt acționate termic, aceasta însemnând că mai degrabă căldura este cea care alimentează ciclul și nu energia mecanică. Pompele de căldură care funcționează prin absorbție utilizate pentru ventilarea spațiului funcționează pe bază de gaz, în timp ce instalațiile industriale funcționează pe bază de abur presurizat sau de pierderile de căldură

Sistemele de absorbție utilizează capacitatea lichidelor sau a sărurilor de a absorbi vaporii fluidului de lucru. Cele mai des utilizate combinații pentru sistemele de absorbție sunt:

- apă (fluid de lucru) și lithium bromide (absorbent);
- amoniu (fluid de lucru) și apă (absorbent).

În sistemele de absorbție, compresia fluidului de lucru se realizează termic într-un circuit de soluție care este compus dintr-un absorbent, o pompă de soluție, un generator și o valvă de expansiune după cum se poate vedea în figura 47. Vaporii de joasă presiune din evaporator sunt absorbiți în absorbent. Acest proces generează căldură. Soluția este pompată la presiune înaltă apoi intră în generator, unde fluidul de lucru este vaporizat cu ajutorul unei surse externe de căldură la o temperatură înaltă. Fluidul de lucru (vapor) este condensat în condensator în timp ce absorbentul este returnat în absorber prin valvele de expansiune.

Căldura este preluată de la sursa de căldură în evaporator. Căldura utilă este cedată la o temperatură medie în condensator și în absorber. În generator, căldura la temperatură înaltă este

suplimentată pentru a funcționa în proces. O cantitate mică de energie ar putea fi utilizată pentru funcționarea pompei soluției.

4.1.11. Variante de pompe de căldură

1.Varianta sol/apă

Sursa de căldură – Solul

Solul are proprietatea că poate acumula și menține energia solară pe o perioadă mai lungă de timp, ceea ce conduce la un nivel de temperatură al sursei de căldură aproximativ constant de-a lungul întregului an și astfel la o funcționare a pompelor de căldură cu indice de putere momentan (randament) ridicat.

Căldura mediului ambiant este transmisă cu un amestec de apă și agent de protecție la îngheț (apă sărată), al cărui punct de îngheț ar trebui să fie aproximativ $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (se vor respecta indicațiile producătorului). Astfel se garantează faptul că apa sărată nu va îngheța în timpul funcționării. Preluarea de căldură din sol se realizează prin intermediul tuburilor din material plastic cu suprafață mare montate în sol (vezi Figura 48). Tuburile din material plastic (PE) se amplasează paralel, în sol, la o adâncime de 1,2 până la 1,5 m și în funcție de diametrul ales al tubului, la o distanță de cea 0,5 până la 0,7 m, astfel încât pe fiecare m^2 de suprafață de absorbție să fie montat cea 1,43 până la 2,00 m de tub. Lungimea tuburilor nu trebuie să depășească o lungime de 100 m, deoarece, în caz contrar, pierderile de presiune și astfel, puterea pompei ar fi prea ridicate. Capetele tuburilor sunt introduse în colectoare pe tur și pe retur, care trebuie amplasate la un nivel mai ridicat decât tuburile, pentru a se putea aerisi întregul sistem de tuburi. Fiecare tub se poate bloca separat.

Apa sărată se pompează prin tuburile din material plastic cu ajutorul unei pompe de circulație; astfel, aceasta preia căldura acumulată în sol. Prin intermediul pompei de căldură se utilizează căldura pentru încălzirea încăperilor. Înghețarea temporară a solului în zona din jurul tuburilor - de obicei în a doua jumătate a perioadei de încălzire - nu are efecte secundare asupra funcționării instalației și asupra creșterii plantelor. Dar totuși, nu trebuie plantate plante cu rădăcini foarte adânci în jurul tuburilor pentru apă sărată.

Regenerarea solului încălzit se realizează deja, începând cu a doua jumătate a perioadei de încălzire prin radiație solară și precipitații mai puternice, astfel încât se poate asigura faptul că

pentru perioada următoare de încălzire „acumulatorul” sol este pregătit din nou pentru încălzire. Lucrările de săpături necesare, se realizează în cazul construcțiilor noi fără costuri suplimentare foarte mari, dar în cazul construcțiilor deja existente, costurile sunt de regulă atât de ridicate încât de cele mai multe ori se renunță la această variantă.

Cantitatea de căldură ce poate fi preluată din sol, depinde de diferiți factori. Ca sursă de căldură este indicat pământul argilos umectat cu apă în mod corespunzător. Se poate considera o putere de preluare a căldurii de $q_E = 10$ până la 35 Watt pentru fiecare m^2 suprafață a solului ca valoare medie anuală pentru funcționare pe timp de un an (monovalentă). În cazul solului foarte nisipos, puterea de preluare a căldurii este mai redusă. În caz de dubiu se solicită efectuarea unei expertize a solului.

Din cauza faptului că pompele de căldură consumă mai puțină energie primară decât sistemele convenționale de încălzire, acestea sunt o tehnologie importantă pentru reducerea emisiilor poluante, cum ar fi dioxid de carbon (CO_2), dioxid de sulf (SO_2) și oxizii de azot (NO_x). Cu toate acestea, impactul total asupra mediului a pompelor de căldură depinde foarte mult de cum este produsă electricitatea. Pompele de căldură care funcționează cu electricitate provenită dintr-o hidrocentrală sau energie reînnoibilă reduce mult emisiile față de situația în care energia necesară funcționării ei este generată de centralele electrice care funcționează pe bază de cărbune petrol sau gaz.

Solul captează energia solară radiată. Energia este captată de sol, fie direct sub formă de radiații sau indirect sub formă de căldură provenită de la ploi și din aer.

Căldura acumulată în sol se preia prin schimbătoare de căldură montate orizontal - numite și colectori pentru sol - sau prin schimbătoare de căldură montate vertical - așa numite sonde pentru sol.

Sondele și schimbătoarele de căldură se vor monta numai aproape de suprafața apei freatică. Montarea sondelor și a schimbătoarelor de căldură la un nivel inferior al apei freatică nu se aprobă de obicei, deoarece nu se poate preveni avarierea orizontului apei freatică. Astfel se va proteja apa potabilă care se găsește la un nivel inferior [8].

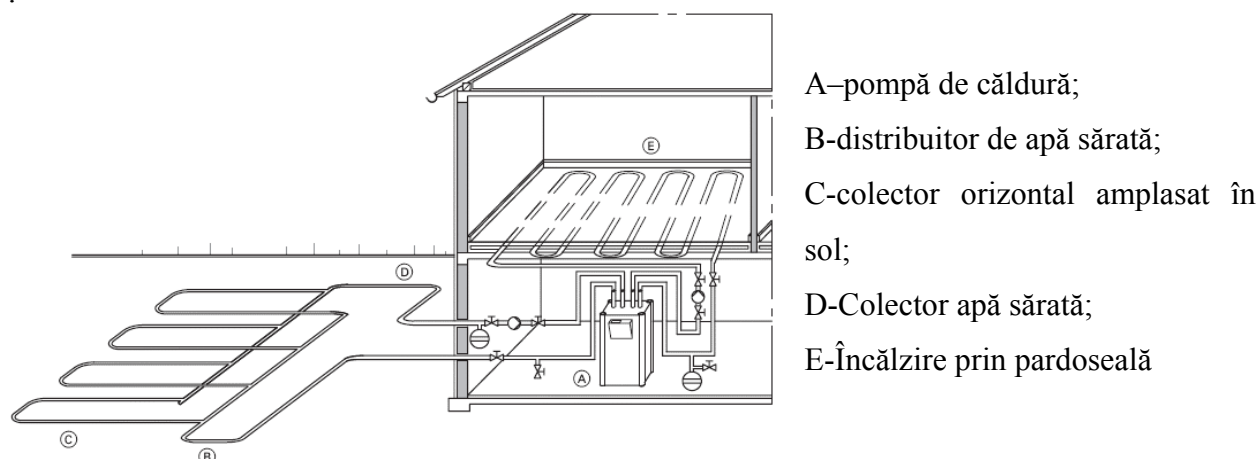


Figura 48. Sistem de încãlzire cu pompã de cãldurã cu colectori orizontali amplasați în sol

Datoritã suprafeței mari necesare pentru montarea colectoarelor orizontale pentru sol, este dificilã realizarea chiar și în cazul locuințelor noi din motive de spațiu. În special în sãlile aglomerate, cu suprafețe foarte mici, spațiul este limitat. Din acest motiv în prezent, se monteazã cu preponderență sonde verticale de cãldurã pentru sol, care se pot introduce la adâncimi de 50 pânã la 150 m. Se utilizeazã diferite modele tehnice și modalități de instalare. Sondele sunt fabricate de obicei din tuburi de polietilenã. De regulã se monteazã patru tuburi paralele (sondã cu tub dublu cu profil U). Apa sãratã curge în jos din distribuitor în douã tuburi și este recirculatã în sus, prin celelalte douã tuburi spre colector. O altã variantã este formatã din tuburi coaxiale cu un tub interior din material plastic pentru alimentare și un tub exterior din material plastic pentru recircularea apei sãrate.

Sondele de cãldurã pentru sol se monteazã, în funcție de model, cu utilaje de foraj sau cu utilaje de înfigere prin batere. Pentru aceste tipuri de instalații este necesarã o aprobare de la organele competente.

Numeroase instalații cu pompe pentru sonde de cãldurã pentru sol funcționeazã de mulți ani fãrã a prezenta vreo defecțiune și sunt preferate de utilizatori. Conform măsurãtorilor efectuate, în condiții hidrogeologice bune, mai ales în cazul în care existã apã freaticã curgãtoare, este posibilã funcționarea monovalențã a pompelor de cãldurã fãrã rãcirea pe timp îndelungat a solului. Premisa pentru proiectarea și montarea sondelor de cãldurã pentru sol o reprezintã cunoașterea exactã a caracteristicilor solului, a stratificãrii, a rezistenței pãmântului cât și existența apei freactice și a apei stratificate cu determinarea nivelului de apã și a direcției de curgere. La o instalație cu sonde de cãldurã pentru sol, în condiții hidrogeologice normale, se poate porni de la o putere medie a sondelor de 50 W/m pe lungime de sondã (conform VDI 640).

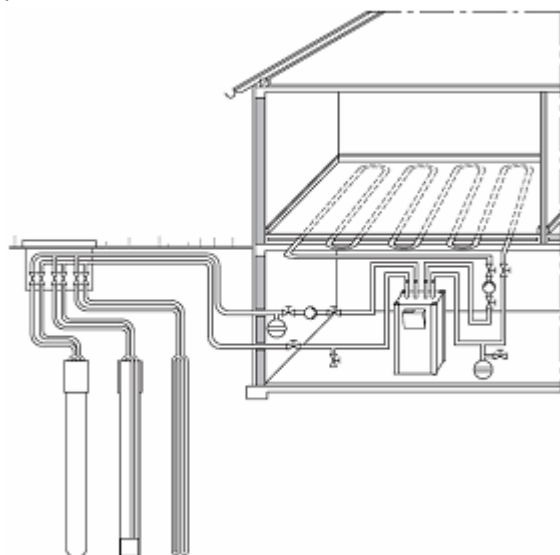


Figura 49. Instalație de pompă de căldură cu sonde pentru sol

În cazul în care sonda se află într-o rocă permeabilă pentru apele freactice, se pot realiza puteri de extracție mult mai mari.

2. Varianta apă/apă

Sursă de căldură – apă freatică

Apa freatică este un bun acumulator pentru căldura solară. Chiar și în zilele reci de iarnă se menține o temperatură constantă de +7 până la +12 °C. Acest fapt reprezintă un avantaj.

Datorită nivelului de temperatură constant al sursei de căldură, indicele de putere al pompei de căldură se menține de-a lungul întregului an ridicat. Din păcate, apa freatică nu se găsește în cantități suficiente în toate zonele și nu are o calitate corespunzătoare. Dar acolo unde condițiile permit, merită să se utilizeze acest sistem.

În cazul apelor freactice fără conținut de oxigen, dar cu conținut ridicat de fier și mangan se îngălbenesc puțurile. În aceste cazuri, apa freatică nu trebuie să vină în contact cu aerul sau trebuie tratată corespunzător. În general, calitatea apei trebuie să corespundă valorilor limită menționate în tabelul următor, diferențiată în funcție de materialele folosite în schimbătoarele de căldură oțel inoxidabil (1.4401) și cupru. Dacă se respectă aceste valori limită, atunci funcționarea puțurilor va fi fără probleme.

Utilizarea apei freactice trebuie aprobată de către organele competente (de obicei Regia de apă). Pentru utilizarea căldurii trebuie realizat un put aspirant și un put absorbant (puț drenant).

Chiar și lacurile și râurile sunt indicate pentru obținerea de căldură, pentru că ele acționează de asemenea ca acumulate de căldură. În acest caz trebuie proiectat un circuit intermediar. Referitor la posibilitățile de utilizare a apei vă va informa Regia de apă.

Pompele de căldură sistem apă/apă utilizează capacitatea de căldură din apa freatică, din anumite ape de suprafață sau din apa de răcire.

Pompele de căldură pentru apă freatică/apă ating indici de putere ridicați. Temperatura apei freatică se menține de-a lungul întregului an la o valoare aproximativ constantă de 7 până la 12 °C. De aceea, pentru încălzire, nivelul de temperatură trebuie ridicat relativ puțin în comparație cu alte surse de căldură. Este însă recomandabil - acest fapt este valabil numai pentru case cu unul sau două apartamente - ca apa freatică să nu fie pompată de la adâncimi mai mari de cea 15 m. Costurile pentru instalația de foraj ar fi în acest caz mult prea ridicate. Pentru instalații industriale sau instalații mari, se poate foră și la adâncimi mai mari.

Extracția și recircularea trebuie să se realizeze în direcția de curgere a apei freatică, pentru a se evita un „scurtcircuit”.

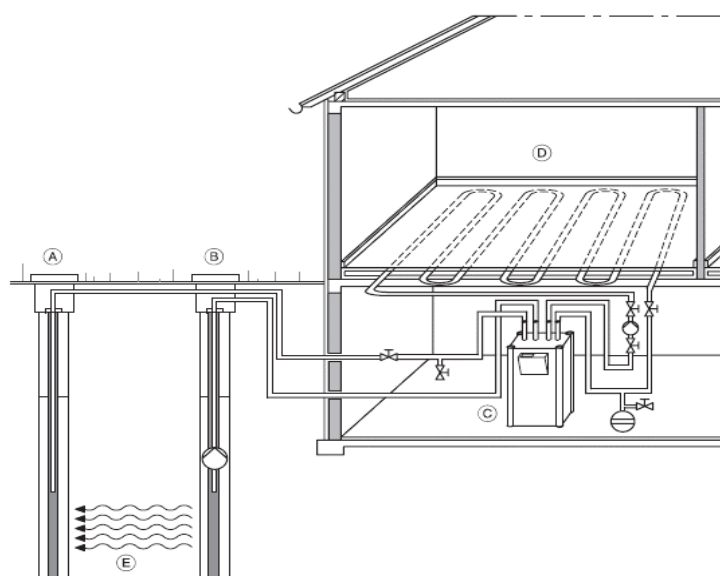


Figura 50. Instalație de pompă de căldură pentru apă freatică

- A-Puț absorbant;
- B-Puț cu pompă;
- C-Pompă de căldură;
- D-Încălzire prin pardoseală;
- E-Direcția de curgere a apei freatică

Între extracție (puț cu pompă) și recirculare (puț absorbant) trebuie să se mențină o distanță de cea 5 m. La amplasarea puțurilor cu pompă și absorbante trebuie să se țină cont de direcția de curgere a apei freatică. Puțul absorbant trebuie astfel realizat, încât scurgerea apei să se realizeze sub nivelul apei freatică.

Cu ajutorul unei pompe de transport se transportă apa freatică spre vaporizatorul pompei de căldură. Acolo se transmite căldura, agentului de lucru respectiv agentului de răcire, care se evaporă. Apa freatică se răcește, în funcție de dimensionare, cu până la 5 K, dar proprietățile sale nu se modifică. În continuare, se transportă din nou spre apa freatică prin intermediul unui puț

absorbant. În funcție de calitatea apei poate avea sens realizarea unei separări a conductelor între puț și pompa de căldură. Conducta de alimentare și de evacuare a apei freatice spre pompa de căldură trebuie protejată la îngheț și amplasată cu pantă spre puț.

3. Varianta aer/apă

Surse de căldură – aerul

Pompele de căldură sistem aer/apă se pot utiliza în prezent, la fel ca și pompele de căldură pentru sol și apă freatică pe durata întregului an. În clădiri construite conform standardelor în vigoare, pompa de căldură sistem aer/ apă poate funcționa monovalent sau monoenergetic în combinație cu o rezistență electrică.

Sursa de căldură aer, este foarte ușor de obținut și este disponibilă peste tot în cantități nelimitate.

Prin aer se înțelege în acest context utilizarea aerului din exterior. Nu se acceptă utilizarea ca sursă de căldură în clădiri de locuit a aerului din interior pentru încălzirea locuințelor. Aceasta se poate realiza numai în cazuri speciale, ca de exemplu în cazul utilizării de

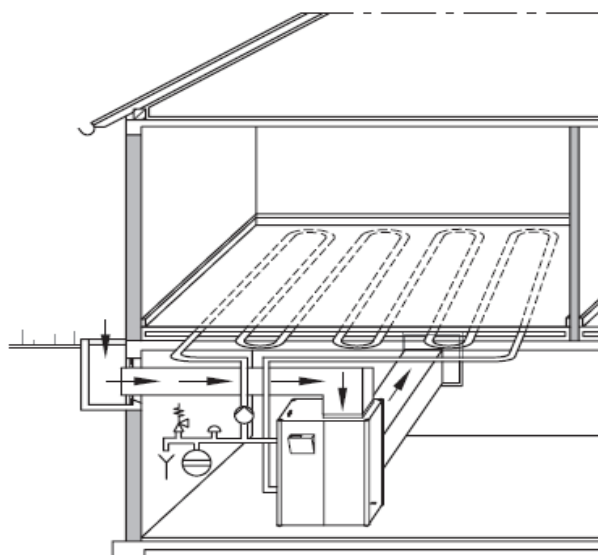


Figura 51. Instalație cu pompe de căldură pentru aer/apă

căldură recuperată în firme de producție și în industrie. În cazul pompelor de căldură pentru aer, dimensionarea sursei de căldură se stabilește în funcție de tipul constructiv și de dimensiunea aparatului. Cantitatea necesară de aer este dirijată de către un ventilator încorporat în aparat, prin canale de aer, către vaporizator, care extrage căldura din aer.

Pe lângă regimul de funcționare monovalent sau monoenergetic, pompele de căldură sistem aer/apă pot funcționa și bivalent. La temperatură exterioară scăzută scade puterea termică a pompei de căldură, concomitent însă, crește necesarul de căldură.

În cazul în care instalațiile ar funcționa monovalent, atunci ar fi necesare instalații foarte mari. Atunci, pentru marea parte a timpului de funcționare, pompa de căldură ar fi supradimensionată.

Din considerente economice și tehnice, pompa de căldură sistem aer/apă poate fi dimensionată pentru cea 70 până la 80 % din necesarul maxim de căldură. Până la punctul de bivalență al instalației pompa de căldură preia întregul necesar de căldură utilizat. Sub punctul de bivalență, pompa de căldură ridică temperatura pe retur a sistemului de încălzire, iar al doilea generator de căldură încălzește în continuare. Dimensionările se realizează conform diagramelor de putere din fișa tehnică.

4. Varianta aer, sol/apă

Surse de căldură- captatori masivi

Captatorii masivi sunt din beton și de obicei sunt legați la aer și la pământ, adică aceștia preiau energie din radiațiile solare, căldură din aer și din sol (vezi figura 52). Legarea la pământ se realizează prin intermediul unui mic colector îngropat. Aceștia sunt concepuți pentru legarea unei pompei de căldură sistem sol/apă. De regulă, este posibilă funcționarea monovalentă. Pentru dimensionare, determinantă este puterea din timpul nopții, adică pentru o funcționare sigură, captatorii masivi nu trebuie să fie încălziți de soare. Radiația solară absorbită mărește încă o dată efectivitatea. La alegerea locului pentru montarea captatorului masiv, trebuie să se țină cont și de acest fapt. Deasupra captatorilor masivi se pot planta plante. Figura 52 indică sistemul de încălzire cu captatori solari. Energia de la soare, din aer și din sol se preia prin intermediul captatorului masiv, se acumulează și când este necesar, se transmite în locuință prin intermediul unui circuit de apă sărată și a unei pompei de căldură. Încălzirea apei menajere se realizează separat sau de asemenea cu ajutorul pompei de căldură [8].

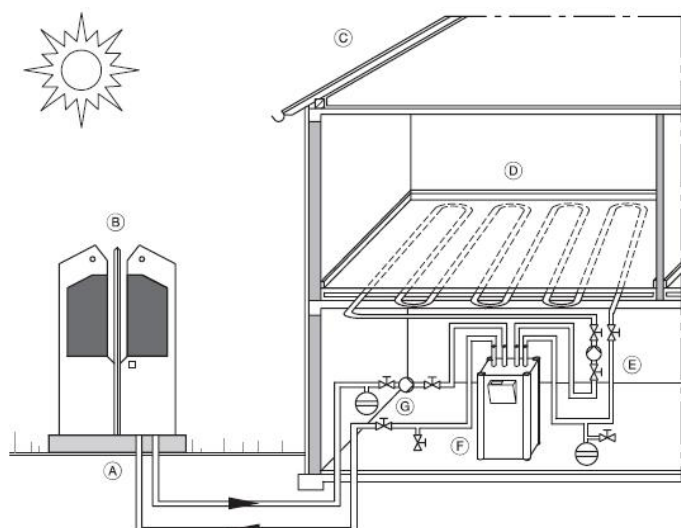


Figura 52. Instalație cu captatori masivi

5. Varianta cu vaporizare directă din sol

Sursa de căldură - solul

Acest sistem de vaporizare directă din sol funcționează la fel ca și cel sol/apă, numai că agentul de lucru este apa preluată din pânzele freatice care nu mai cedează căldura agentului de lucru, ci este adusă la o presiune mare direct în compresor crescându-i temperatura. Vaporii de apă rezultați din compresor ajung în condensator, acesta fiind înconjurat de agent termic. Temperatura agentului termic este mai redusă decât temperatura de condensare a agentului de lucru, astfel încât vaporii se răcesc și se lichefiază (condensează) din nou. Căldura preluată în vaporizator și suplimentar, energia electrică transferată prin comprimare, se eliberează în condensator prin condensare și se transferă agentului termic. În continuare agentul de lucru (apa) este evacuat în pânzele freatice.

4.2. Utilizarea combustibilului solid regenerabil

Crescând cerințele pentru protecția mediului, crește necesitatea utilizării surselor regenerabile de energie. În consecință, câștigă popularitate producerea căldurii și a electricității de la soare, utilizarea energiei din mediu prin dezvoltarea pompelor de căldură și a combustiei lemnului ca și sursă reînnoibilă în boilerele moderne cu combustibil solid. Indiferent dacă se vrea arderea lemnului tot timpul sau doar ocașional, există în cataloagele Viessmann o serie de boilere care să corespundă cerințelor utilizatorului. Spre exemplu firma Viessmann produce mai multe tipuri de cazane: Vitolog 100 – boiler pe lemne, Vitolog 200 – boilere care funcționează prin gazificarea lemnului, Vitolog 300 – boiler pe peleți de lemn.

Lemnul ca și combustibil este neutru din punct de vedere al emisiei de CO₂ deoarece produce atât CO₂ cât este absorbit de plante. Cu atât mai mult, lemnul este disponibil și ușor de preparat pentru ardere.

Boilerele moderne bazate pe combustibil solid utilizează foarte eficient energia din lemn. Acestea sunt construite în așa fel încât o mare cantitate de căldură este transferată încălzirii apei, iar izolarea termică a clădirilor păstrează pierderile de căldură la minim. Când este folosit în combinație cu un boiler pe gaz sau petrol, se poate opta pentru care dintre combustibili să fie utilizați, reducând astfel dependența de un singur tip de combustibil.

4.2.1. Tipuri de cazan

Cazan pe lemne

Firma Viessmann fabrică boilerele pe lemne care produc de la 12.7 la 14.8 kW. Acestea au o cameră de combustie mare care asigură combustia pe un interval de timp mai lung; grilajul răcit cu apă și controlul ventilării aerului preîncălzit asigură utilizarea optimă a combustibilului.



Figura 53. Exemplu de cazan pe lemne

Avantajele utilizării acestui tip de boiler sunt:

- Au o capacitate de la 12,7 până la 14,8 kW;
 - Buștenii utilizați pot să aibă până la 33 cm lungime;
 - Valoarea estimată a capacității de output este de până la 14,8 kW;
 - Grilajul răcit cu apă și controlul suplimentului secundar de aer preîncălzit asigură optimizarea utilizării combustibilului;
 - Permit utilizarea oricărui tip de coș cu tiraj natural;
 - Permit instalare rapidă și utilizare simplă;
- Permit instalarea unui buncăr de alimentare mai mare pentru intervale de timp mai mari ale combustiei;
Alimentarea simplă printr-o ușă largă frontală;
 - Aerisire secundară preîncălzită și controlată, pentru completă, curată, nepoluantă.
Suprafețele de încălzire secundare fiind mari, dirijarea efectivă a gazului păstrând temperatura scăzută a gazului, asigură de asemenea utilizarea eficientă a combustibilului. Din cauza grilajului de dirijare a apei, temperaturile înalte produse de baza incandescentă sunt utilizate complet. Apa caldă curge spre peretele inferior al boilerului prin grilajul de tuburi, unde se amestecă cu apa rece de retur astfel crescând temperatura de retur și prevenind coroziunea boilerului.

Cazan cu lemn gazeificat

Exemplu de boiler care funcționează pe bază de lemn gazeificat este dat în figura 54, produs de firma Viessmann. Acesta are o eficiență de 13 până la 40 kW și permite alimentarea cu bușteni până la 50 cm lungime, așchii sau brichete din lemn printr-un buncăr larg. Perioada de până la 12 ore de combustie garantează intervale lungi între reîncărcări succesive. Sistemul unic automat asigură temperatura necesară camerei de combustie pentru a atinge optimul în 3 minute.



Figura 54. Exemplu de cazan cu lemn gazeificat

Avantajele oferite de acest tip de boiler sunt următoarele:

- Permite alimentarea simplă cu bucăți de lemn de până la 50 cm, cu așchii sau cu brichete;
 - Produce de la 13 la 40 kW;
 - Permite automatizarea procesului de încălzire pentru disponibilul de căldură pe minut;
 - Optimizarea procesului de combustie prin controlul automat al outputului: cu o eficiență de până la 92%, cât și emisiilor;
 - Prezintă un sistem digital de control și autodiagnostic;
- Buncăre de alimentare mari care permit perioade mari de combustie de până la 12 ore fără reîncărcare;
 - Curățarea simplă, mecanică suprafețelor de încălzire.

Extragerea oxigenului din interiorul buncărului înseamnă că bucățile de lemn ard mai degrabă fără flacără. De vreme ce oxigenul necesar arderii a fost înlăturat nu există flacără. Viteza variabilă de aspirare a exhaustorului asigură cantitatea corectă a gazelor ghidate din încălzitor spre camera de combustie ceramică. Aici este îmbogățit cu oxigen printr-un disc rotativ de ventilare. Se realizează astfel o ardere curată a gazului la temperaturi înalte, chiar și la încărcare parțială. În funcție de necesități, producerea gazului combustibil poate fi reglată astfel încât valoarea outputului să fie de la 50% la 100%, cu o eficiență maximă de 92%, emisiile fiind foarte scăzute.

Acest boiler are și o unitatea de control digitală dotată și cu un sistem de autodiagnostic, cu ajutorul căreia se reglează combustia.

Cazan cu peleți

În figura 55 este reprezentat tipul de boiler Vitolog 300 pe bază de peleți de lemn produs de firma Viessmann cu un output de 5 până la 26 kW. În ceea ce privește avantajele și controlabilitatea nu diferă foarte mult de sistemele de încălzire pe combustibili convenționali datorită modulării outputului și a controlului digital. Modulația este influențată de viteza variabilă de aspirare a exhaustorului astfel încât puterea poate fi prtrivită necesarului de căldură.



Figura 55. Exemplu de cazan cu peleți

Avantajele utilizării acestui tip de boiler sunt următoarele:

- Are o capacitate de 5 până la 26 de kW;
- Este la fel de controlabil ca și sistemele de încălzire pe combustibili convenționali datorită în principal modulării outputului și a controlului digital;
- Are o eficiență a combustie de până la 95%;
- Permite automatizarea completă a alimentării cu peleți;
- Are o unitate de control digital cu monitorizare automată;
- Suprafețele de încălzire se curăță automat, eliminându-se cenușa.

Un buncăr de 150 litri alimentează cu peleți printr-un sistem complet automatizat. Conținutul buncărului de peleți ar trebui să dureze până la două zile. Un exhaustor de aer cald asigură inflamarea automată în camera de ardere rezistentă la temperaturi înalte.

Suprafețele de încălzire sunt curățate automat, iar cenușa din camera de ardere este îndepărtată automat. Dacă arderea este optimă, atunci reziduurile de cenușă sunt minime.

CAPITOLUL V

Calcul de alegere a componentelor instalației

5.1. Determinarea suprafeței de captare și a capacității de acumulare de apă caldă menajeră

5.1.1. Capacitatea de acumulare de a.c.m. (acumulator pentru circuitul solar)

.....

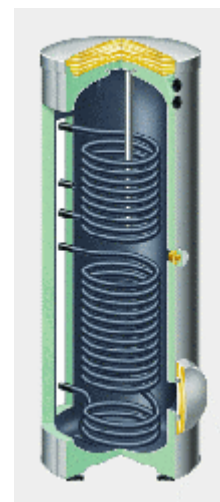
Întreaga capacitate de acumulare (capacitatea acumulatorului de pe circuitul solar + capacitatea boilerului) trebuie să fie dimensionate de la 1.5 la 2 ori mai mare decât necesarul pe zi:

.....

Se recomandă în acest caz un boiler pentru preparare de apă caldă menajeră Viessmann Vitocell-B 100 cu capacitate de 300 litri (figura 55).

Figura 55. Secțiune prin boilerul Vitocell B 100

Încălzirea cu energie solară se dovedește mai puțin avantajoasă în comparație cu prepararea de apă caldă menajeră. Perioada în care radiația solară este mai intensă este decalată temporal față de perioada în care se înregistrează un necesar maxim de energie termică pentru încălzire, în timp ce consumul de căldură pentru prepararea de apă caldă menajeră este relativ constant în timpul întregului an, în perioada cu consum maxim de căldură pentru încălzire, energia solară care stă la dispoziție este foarte mică (vezi diagramă). Pentru a asigura prin energie solară măcar o parte din căldura necesară pentru încălzire, suprafața de captare trebuie să fie relativ mare. În felul acesta pot să se producă pe timp de vară fenomene de stagnare pe circuitul solar. Din punct de vedere hidraulic, instalațiile pentru încălzire parțială pot fi completate în mod simplu prin instalarea unui boiler pentru preparare de apă caldă menajeră cu acumulare de agent termic pentru încălzire.



5.1.2. Suprafața de captare

Pe baza condițiilor meteorologice ca de exemplu radiația globală anuală, gradul de înnoare etc, se fac estimări suficient de exacte pentru practică. Pentru a obține informații detaliate în legătură cu cotade căldură acoperită prin energie solară pentru prepararea de apă caldă menajeră, se recomandă pe baza acestor estimări efectuarea unui calcul

.....

Determinarea suprafeței necesare de colectare

.....

5.2. Calculul de alegere al pompelor de căldură și al colectoarelor

5.2.1. Alegerea pompei de căldură

Deoarece pentru casa luată în considerare pierderile de căldură sunt de 2.64 kW am ales pompa de căldură a firmei Viessmann, cu cea mai mică capacitate termică, și anume 4,8 kW, Vitocall 300 tip BW 104, cu sistem de captare a energiei tip sol/apă, deoarece am considerat că are cea mai mare eficiență din toate punctele de vedere, se poate adapta pentru colectori orizontali, verticali dar și pentru sistemul apă freatică-apă sau aer-apă.

Date tehnice pentru Vitocall 300

Pompă de căldură sistem sol/apă cu acționare electrică pentru încălzire și preparare de apă caldă menajeră în instalații de încălzire monovalente sau bivalente.

Carcasă tratată cu rășini epoxidice, cu dispozitive de închidererapidă. Silențioasă și fără vibrații datorită compresorului cu două rânduri de rulmenți, inclusiv elemente de susținere fonoabsorbante [8].

Agent de răcire fără freon, neinflamabil R 407 C (amestec de agent de răcire compus din 23 % R 32, 25 % R 125 și 52 % R134a).

Schimbător de căldură în plăci din oțel inoxidabil, asamblat prin lipire cu cupru, pentru circuitul de încălzire și schimbător de căldură în plăci din oțel inoxidabil, asamblat prin lipire cu cupru pentru circuitul de apă sărată. Cu tablou de comandă integrat, rabatabil.

Cu automatizare digitală CD 50, comandată de temperatura exterioară pentru instalații cu pompe de căldură cu 1 treaptă cu un circuit de încălzire fără vană de amestec și un circuit de încălzire cu vană de amestec.

Cu dispozitiv pentru reglarea temperaturii din boilerul de apă caldă menajeră și pentru comanda unui generator suplimentar de căldură (de exemplu cazan pe combustibil lichid/gazos).



Figura58. Pompa de căldură Vitocall 300 BW 104

Comandă prin meniu cu text ajutător care depinde de regimul de funcționare, ca afișare textuală, cu sistem de diagnosticare și mesaj de avarie ca afișare textuală. Cu senzor de temperatură exterioară și senzor de temperatură pe retur.

sau

Cu automatizare digitală CD 60, comandată de temperatura exterioară pentru instalații cu pompe de căldură cu 2 trepte cu un circuit de încălzire fără vană de amestec și max. două circuite de încălzire cu vană de amestec.

Cu dispozitiv pentru reglarea temperaturii pentru două boilere de apă caldă menajeră și pentru comanda a două generatoare suplimentare de căldură. Comandă prin meniu cu texte ajutătoare care depind de regimul de funcționare, ca afișare textuală, cu sistem de diagnosticare și mesaj de avarie ca afișare textuală. Cu senzor de temperatură exterioară și senzor de temperatură pe retur.

Eficiența termică impusă pentru Vitocall 300

Cu o pompă de căldură se poate mări, prin alimentarea cu energie mecanică, temperatura surselor de căldură neutilizabile ca de exemplu aerul, apa freatică, solul. Pentru a obține un indice de putere momentan ridicat, se tinde să se atingă o temperatură minimă pe tur, de exemplu 35 °C, la încălzirea prin pardoseală. Cantitatea mai mare de căldură, cea cu care, de exemplu se alimentează o instalație de încălzire, nu provine de la energia de acționare a compresorului, ci este în principal energie solară, care se acumulează pe cale naturală în aer, în sol și în apă.

.....

Un principiu general valabil pentru toate pompele de căldură este: cu cât este mai mică diferența de temperatură între temperatura apei calde și temperatura sursei de energie cu atât eficiența termică este mai mare. Din acest motiv pompele de căldură sunt corelate cu sistemele de încălzire de joasă temperatură, spre exemplu încălzirea prin pardoseală care necesită o temperatură de 27°C.

5.2.2. Dimensionarea colectoarelor

5.2.2.1. Dimensionarea colectoarelor orizontali



Figura 59. Transfer de căldură din sol

Căldura este preluată prin intermediul colectoarelor de suprafață sau a sondelor pentru sol. Căldura este transmisă de către sol spre circuitul auxiliar (circuit de apă sărată), care transmite căldura agentului de lucru în pompa de căldură conform schemei din figura 59.

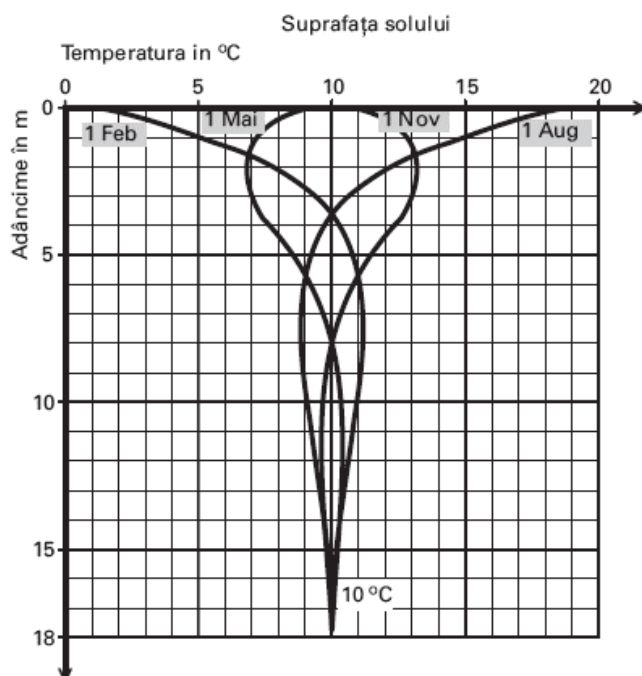


Figura 60. Variația anuală de temperatură în sol

Variația de temperatură în sol

Temperatura variază în stratul superior în funcție de anotimp conform graficului din figura 60. Imediat ce se coboară sub nivelul de îngheț, aceste variații sunt mult mai reduse.

Dimensionarea colectoarelor

.....

5.2.2.2. Dimensionarea sondelor pentru sol

.....

5.3. Ventilarea și recuperarea căldurii

Sistemul de ventilare al clădirilor pasive energetic, are în primul rând rolul de a asigura aerul proaspăt necesar menținerii parametrilor de calitate a aerului interior. În clădirile pasive energetic, schimbarea aerului viciat, nu se realizează prin aerisire ci prin intermediul unui sistem eficient de ventilare.

.....

CAPITOLUL VI

Calculul termic al pompei de căldură

6.1.Generalități despre agenții de lucru ai pompelor de căldură

Pentru a permite funcționarea ciclică a pompelor de căldură, agenții termodinamici din acestea, preiau căldură prin vaporizare și cedează căldură prin condensare, la temperaturi scăzute sau apropiate de ale mediului ambiant, deci trebuie să fie caracterizate de unele proprietăți particulare, care îi deosebesc de agenții termodinamici din alte instalații.

Proprietățile agenților de lucru:

- Să nu fie poluanți – este cunoscut faptul că unii agenți de lucru clasici și anume câteva tipuri de freoni, contribuie la distrugerea stratului de ozon al stratosferei terestre;
- Presiunea de vaporizare trebuie să fie apropiată de presiunea atmosferică și ușor superioară acesteia, pentru a nu apare vidul în instalații;
- Presiunea de condensare trebuie să fie cât mai redusă, pentru a nu apare pierderi și pentru a se realiza consumuri energetice mici în procesele de comprimare impuse de funcționarea acestor instalații;
- Căldura preluată de un kilogram de agent, prin vaporizare trebuie să fie cât mai mare, pentru a se asigura debite masice reduse;

- Căldura specifică în stare lichidă trebuie să fie cât mai mică, pentru a nu apare pierderi mari prin ireversibilități interne, în procesele de laminare adiabatică;
- Volumul specific al vaporilor trebuie să fie cât mai redus, pentru a se obține dimensiuni de gabarit reduse ale compresoarelor;
- Să nu prezinte pericol de inflamabilitate, explozie și toxicitate.

Pentru a nu se utiliza denumirile chimice complicate ale acestor substanțe, agenții frigorifici au fost denumiți freoni, sunt simbolizați prin majuscula R, (de la denumirea în limba engleză - Refrigerant) și li s-a asociat un număr care depinde de compoziția chimică.

În cazul pompelor de căldură CFC-urile evoluează în circuit închis în sisteme etanșe, meputând să ajungă în atmosferă decât în cazuri de avarie. La ora actuală înaintea oricărei intervenții tehnice, este obligatorie recuperarea agentului frigorific din instalații, fiind interzisă eliberarea acestuia în atmosferă.

Firma Viessmann, de la care am ales pompa de căldură, utilizează ca și agent de lucru (frigorific) pentru pompa de căldură freonul R407C. Acesta este un amestec ale altor 3 freoni: HFC-32/HFC-125/HFC-134a, cu participațiile volumice: 23/25/52. R407C a fost creat ca un substituent care nu distruge stratul de ozon pentru înlocuirea agentului frigorific R22 în aerul condiționat casnic și într-o mare varietate de sisteme frigorifice.

În vederea realizării calculelor termice ale ciclurilor după care funcționează pompa de căldură este necesară determinarea valorilor parametrilor termodinamici ai agentului utilizat, în stările caracteristice. Se pot utiliza în acest scop tabele și diagrame termodinamice. În continuare sunt prezentate valorile parametrilor termodinamici ai freonului R407C în stări de saturație – tabelul 14, respectiv în stări de vapori supraîncălziți – tabelul 15. Aceste tabele le-am obținut cu ajutorul programului de calcul CoolPack.

O altă metodă pentru determinarea mărimilor de stare ale agenților de lucru este utilizarea diagramelor termodinamice, care permit determinarea acestor mărimi pe cale grafică și în plus au avantajul că permit reprezentarea și studierea ciclurilor termodinamice ale pompei de căldură. Cea mai utilizată diagramă termodinamică este diagrama presiune – entalpie, cu valorile presiunii reprezentate în scară logaritmică. În figura 65, 66 și 67 este reprezentată diagrama lgp-h pentru R407C, realizate tot cu ajutorul programului CoolPack.

Figura 65 reprezintă ciclul termodinamic real al proceselor de lucru pentru încălzirea prin pardosea cu pompa de căldură Vitocal 300 tip BW 104 cu sonde pentru sol, figura 66 procesele de lucru pentru încălzirea prin pardosea cu pompă de căldură cu colectori orizontali, iar figura 67 prezintă termodinamic real al proceselor de lucru pentru încălzirea apei calde menajere, ambele pentru condițiile concrete prezentate în capitolele precedente.

Tabelul 14 Valori ale parametrilor termodinamici la saturație pentru R407C

T	p	v_l	v_g	h_l	h_g	R	s_l	s_g
°C	Bar	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/(kg K)
-5,00	3,782	0,7986	0,06283	183,22	410,66	227,43	0,9491	1,7973
-4,00	3,921	0,8011	0,06066	184,50	411,24	226,74	0,9538	1,7962
-3,00	4,065	0,8035	0,05859	185,95	411,82	225,87	0,9591	1,7952
-2,00	4,213	0,8059	0,05660	187,38	412,40	225,02	0,9643	1,7942
-1,00	4,364	0,8084	0,05469	188,81	412,97	224,16	0,9696	1,7932
0,00	4,520	0,8109	0,05286	190,25	413,54	223,29	0,9748	1,7922
1,00	4,680	0,8134	0,05110	191,70	414,11	222,41	0,9800	1,7913
2,00	4,845	0,8159	0,04940	193,15	414,67	221,52	0,9852	1,7903
3,00	5,014	0,8185	0,04778	194,59	415,23	220,64	0,9904	1,7893
4,00	5,187	0,8211	0,04621	196,06	415,78	219,73	0,9956	1,7884
5,00	5,365	0,8237	0,04471	197,53	416,33	218,80	1,0008	1,7875
6,00	5,548	0,8263	0,04326	199,01	416,88	217,87	1,0061	1,7866
7,00	5,735	0,8290	0,04187	200,49	417,42	216,93	1,0113	1,7856
8,00	5,927	0,8316	0,04053	201,99	417,96	215,98	1,0166	1,7847
9,00	6,124	0,8343	0,03924	203,48	418,50	215,01	1,0218	1,7838
10,00	6,327	0,8371	0,03799	204,99	419,03	214,03	1,0271	1,7830
11,00	6,534	0,8398	0,03679	206,50	419,55	213,05	1,0323	1,7821
12,00	6,746	0,8426	0,03564	208,02	420,07	212,05	1,0376	1,7812
13,00	6,964	0,8455	0,03453	209,55	420,58	211,03	1,0428	1,7803
14,00	7,187	0,8483	0,03345	211,09	421,09	210,01	1,0481	1,7795
15,00	7,415	0,8512	0,03242	212,63	421,60	208,97	1,0534	1,7786
16,00	7,649	0,8541	0,03142	214,18	422,10	207,92	1,0587	1,7777
17,00	7,889	0,8570	0,03046	215,74	422,59	206,85	1,0640	1,7769
18,00	8,134	0,8600	0,02953	217,31	423,08	205,77	1,0693	1,7760
19,00	8,385	0,8630	0,02863	218,88	423,56	204,68	1,0746	1,7752
20,00	8,642	0,8661	0,02776	220,46	424,04	203,57	1,0799	1,7743

Tabelul 15 Valori ale entalpiei vaporilor supraîncălziți pentru R407C

T	p	H gas
°C	Bar	kJ/kg
-5,000	1,000	415,1481689
-5,000	9,000	400,2723436
5,000	1,000	423,1377316
5,000	9,000	409,5516251
15,000	1,000	431,3077564
15,000	9,000	418,7908183
25,000	1,000	439,6611328
25,000	9,000	428,0539193
35,000	1,000	448,2007442
35,000	9,000	437,3822743
45,000	1,000	456,9295274
45,000	9,000	446,8047391
55,000	1,000	465,8505276
55,000	9,000	456,3427174

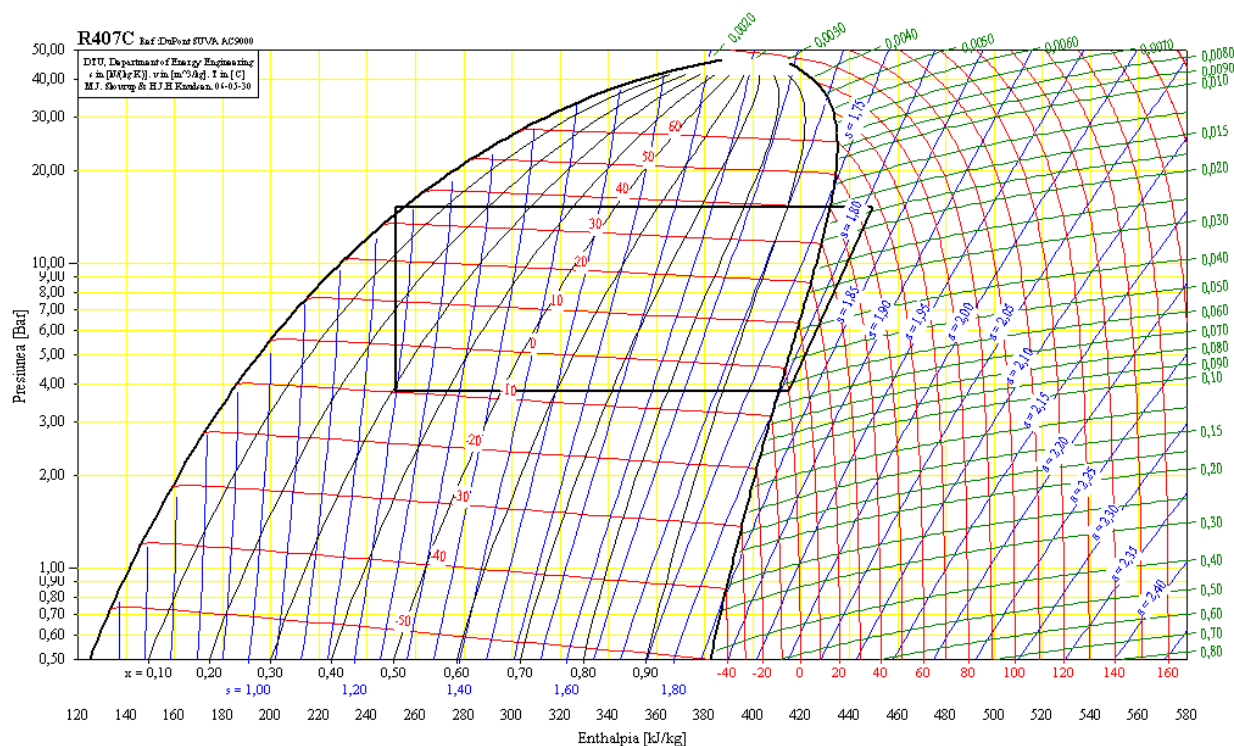


Figura65 Reprezentarea proceselor de lucru in diagrama lgp-h pentru încălzirea prin pardosea cu sonde

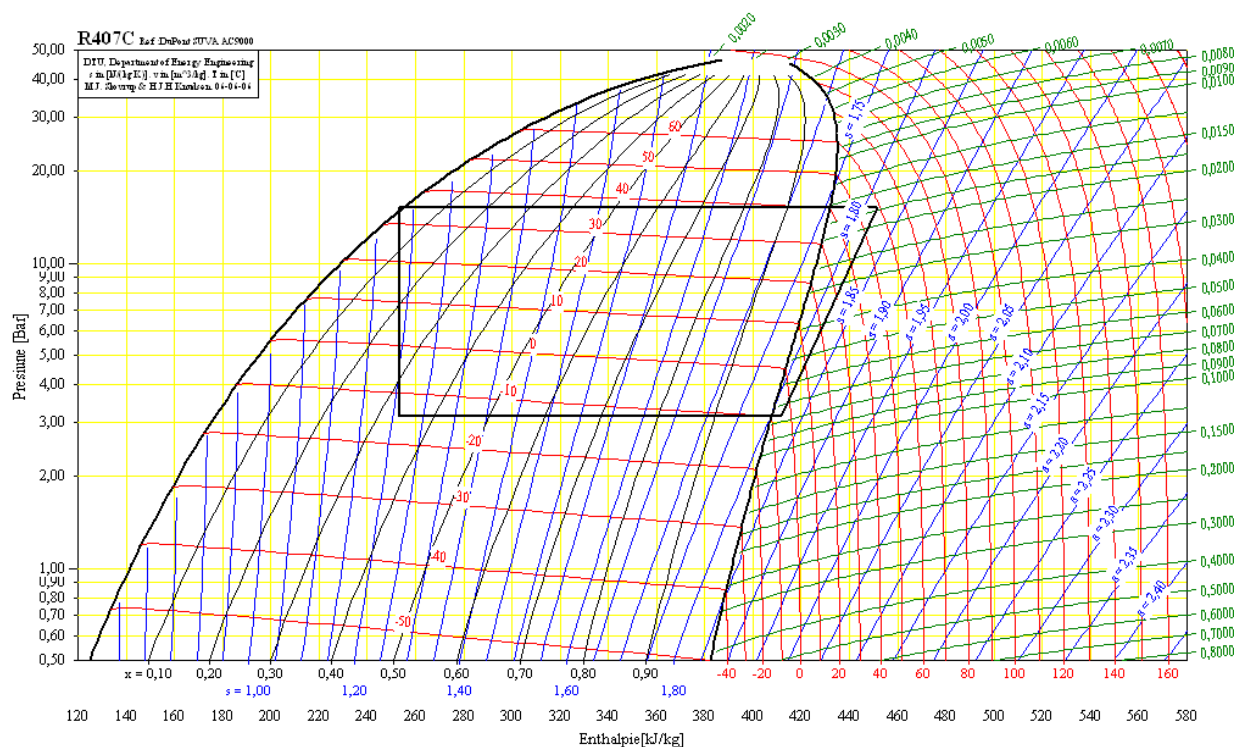


Figura66. Reprezentarea proceselor de lucru in diagrama lgp-h pentru încălzirea prin pardosea cu colectori orizontali

În aceste grafice pentru vaporizator a fost reprezentată o ușoară supraîncălzire a vaporilor (de 5°C) în vederea protecției compresorului prin evitarea aspirației picăturilor de lichid, iar în condensator a fost luată în considerare o subrăcire a lichidului în vederea măririi eficienței pompei de căldură.

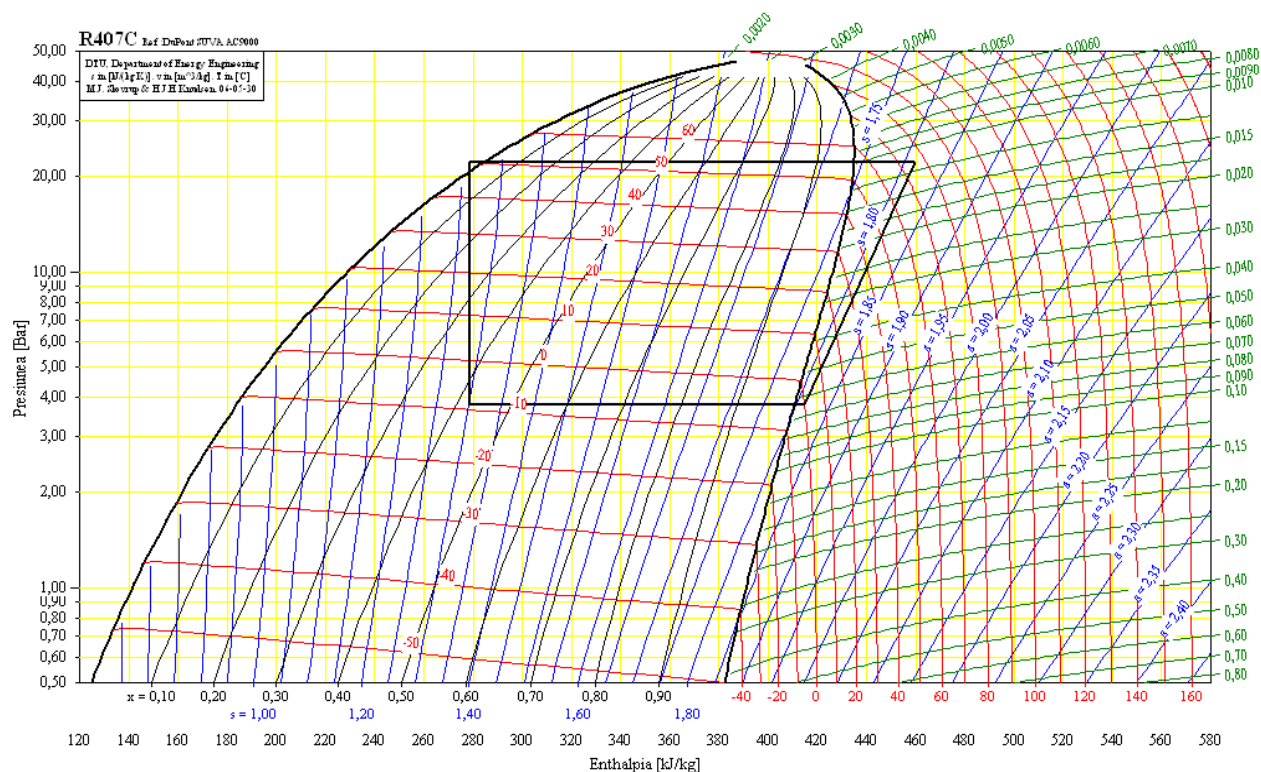


Figura67. Reprezentarea proceselor de lucru în diagrama lgp-h pentru obținerea apei calde menajere

6.2. Determinarea condițiilor de lucru

6.2.1. Regimul termic al vaporizatorului în cazul utilizării sondelor pentru sol

.....

6.2.2. Regimul termic al vaporizatorului în cazul utilizării colectoarelor amplasați în sol

.....

6.2.3. Regimul termic al condensatorului pentru încălzirea prin pardosea

.....

6.1.4. Regimul termic al condensatorului pentru încălzirea apei calde menajere

.....

6.2. Calculul termic al întregului ciclu

.....

În acest caz se pune problema alegerii unei soluții optime care să asigure încălzirea locuinței cât și apei calde menajere, cu o investiție minimă în echipamente cu costuri de exploatare scăzute dar și posibilitatea amortizării în timp cât mai scurt a investiției.

Pentru a asigura încălzirea locuinței și a apei menajere, în cazul utilizării doar a pompei de căldură, aceasta ar implica un consum energetic mai mare. În acest caz soluția cea mai bună este utilizarea unui sistem format din pompa de căldură Vitocal 300 BW104 cu sonde amplasate în sol 1x75 DN 32x3, în combinație cu panoul solar Vitosol 300 care să suplimenteze necesarul de căldură pentru încălzirea apei împreună cu boilerul Vitocell 100, toate trei produse de firma Viessmann, conform figurilor 77. Rezultatele centralizate ale calculului termic în vederea alegerii soluției optime sunt afișate în tabelul 16.

Tabelul 16. Centralizarea calculelor termice

Regim de funcționare	Eficiența termică ϵ	Temperatura de încălzire t [°C]	Puterea consumată P [kW]
Încălzire pardosea cu sonde	5.64	27	0.4667
Încălzire pardosea cu colectori plani	4.96	27	0.532
Încălzire apă caldă menajeră	4.024	45	0.656

CAPITOLUL VII

Analiza comparativă a eficienței economice

Calculul necesarului de biomasă

.....

Calculul costurilor anuale pentru încălzirea locuinței și a apei calde menajere

.....

Calculul necesarului de energie electrică

.....

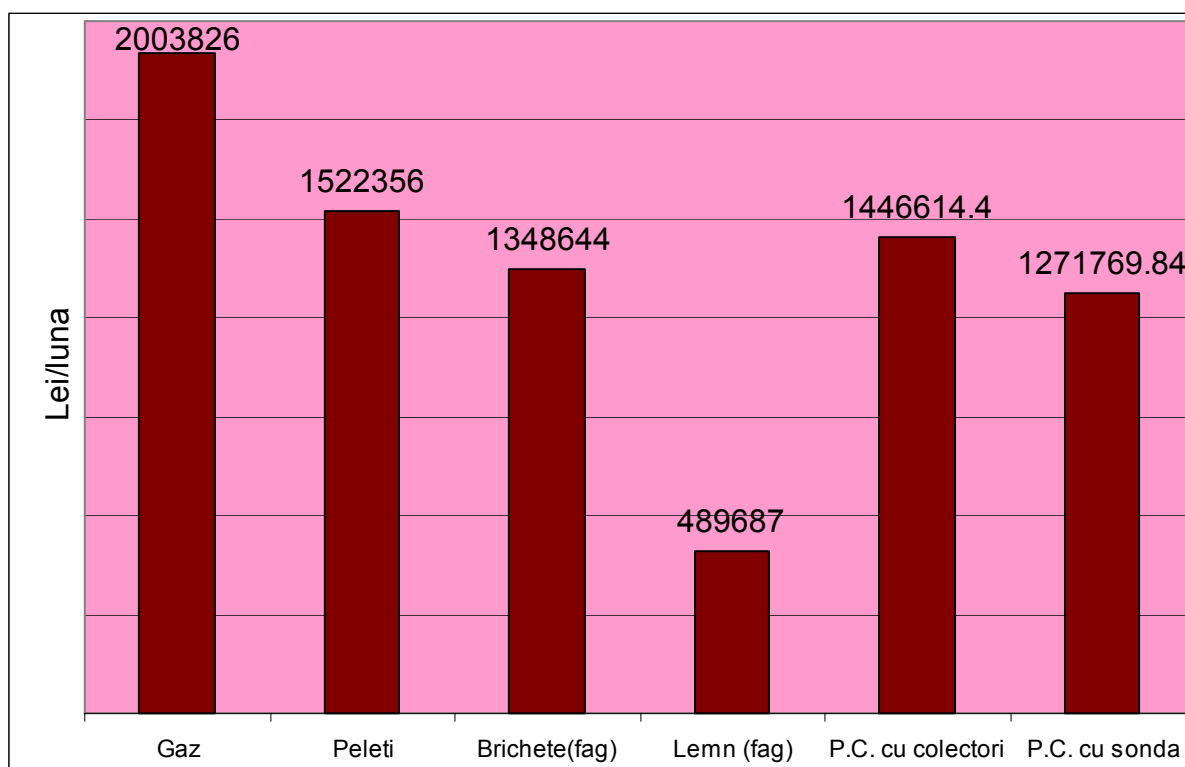


Figura 76. Analiza comparativă a costurilor lunare ale energiei

Din diagramă se observă că pentru pompa de căldură cu sonde costurile lunare energetice nu sunt cele mai mici, însă acest sistem este de preferat în comparație cu cazanul pe lemne, deoarece acesta din urmă nu permite automatizarea, iar emisiile de CO₂ sunt eliminate.

Concluzii

Conform studiului realizat cu ajutorul programului am evidențiat eficiența optimizării valorilor unora dintre parametrii caracteristici anvelopei clădirii în vederea implementării unei instalații de încălzire bazată pe surse regenerabile de energie. Având în vedere că investițiile în aceste echipamente sunt foarte ridicate s-a urmărit justificarea costurilor instalațiilor, pentru a putea fi amortizate într-un interval de timp rezonabil.

Componentele sistemului de încălzire, ventilarea locuinței și încălzirea apei calde menajere alese conform calculelor sunt produse de firma Viessman și anume: panoul solar Vitosol 300, pompa de căldură Vitocall 300 BW 104, boilerul pentru acumularea apei calde menajere Vitocell B 100, sistemul de ventilare Vitovent 100 și sondele pentru sol pentru colectarea energiei geotermale.

Sistemul de încălzire trebuie să asigure atât încălzirea locuinței cât și a apei calde menajere, existând o diferență de temperatură între cele două cazuri. Am ales ca pompa de căldură să asigure confortul termic din imobil, iar pentru apa caldă menajeră încălzirea este asigurată de panourile solare. În perioadele mai puțin însorite sau călduroase ale anului necesarul termic pentru încălzirea apei se face cu o rezistență electrică.

Această combinație este mai eficientă din punct de vedere economic deoarece se diminuează costurile lunare pentru încălzire.

Amplasarea sistemelor de încălzire cu surse regenerabile de energie sunt prezentate în cele ce urmează.

Perspective de viitor

Pierderile minime de căldură prin transmisie și ventilație presupun o investiție consistentă în structura de rezistență, stratul izolator și geamurile casei. Luând în considerare că stadiul actual al softului face un studiu asupra necesarului de căldură, se poate oferi și o soluție economică pentru optimizarea fluxului termic. Există posibilitatea calculării costurilor care implică anvelopa clădirii cât și a echipamentelor componente sistemului de încălzire.

Această lucrare oferă soluții privind alegerea sistemului de încălzire însă există posibilitatea proiectării detaliate ale componentelor sale.

Prezentarea instalației

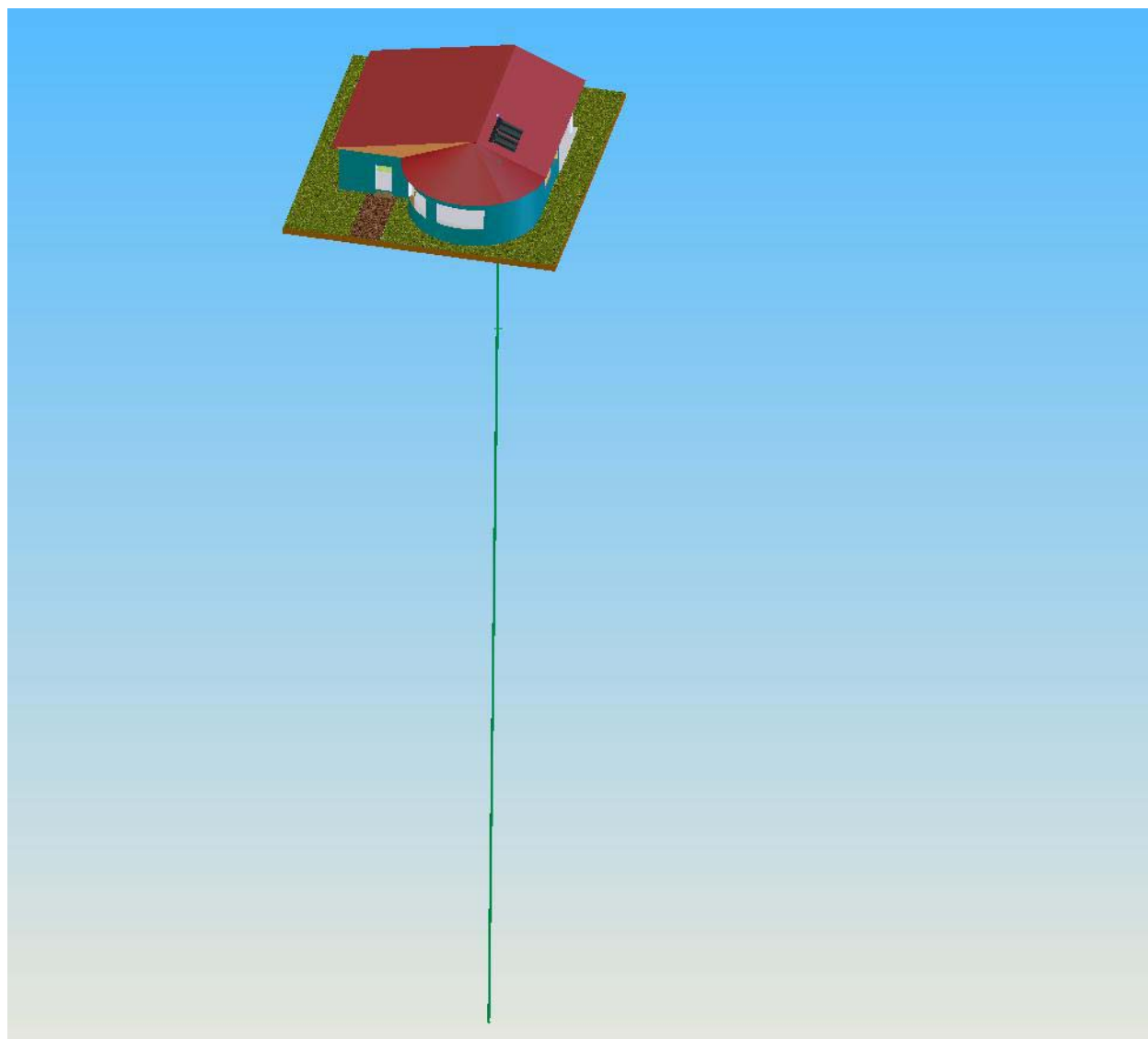


Figura 77. Vedere de ansamblu a casei cu sondă

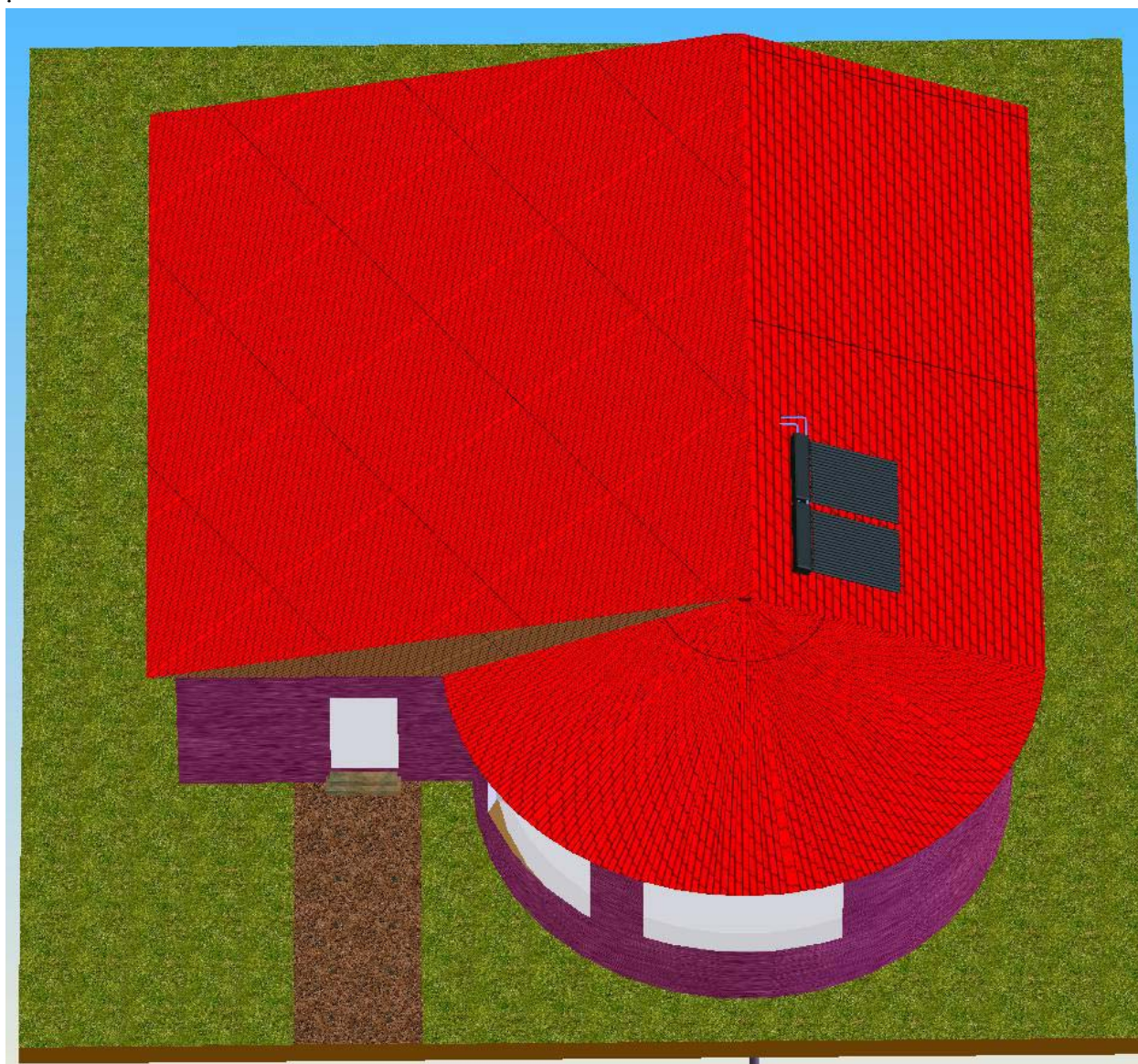


Figura 78. Vedere de ansamblu a casei

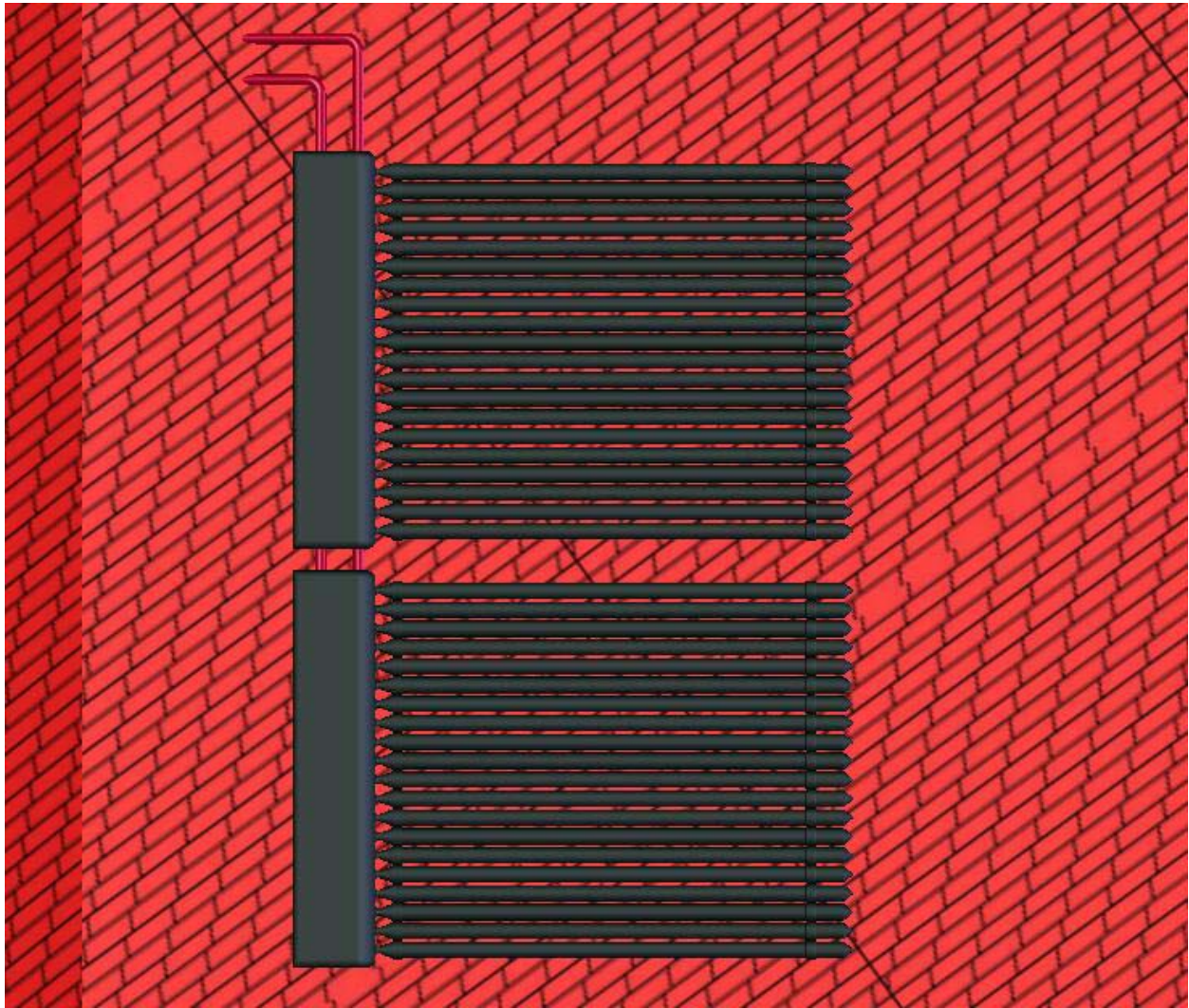


Figura 79. Panourile solare

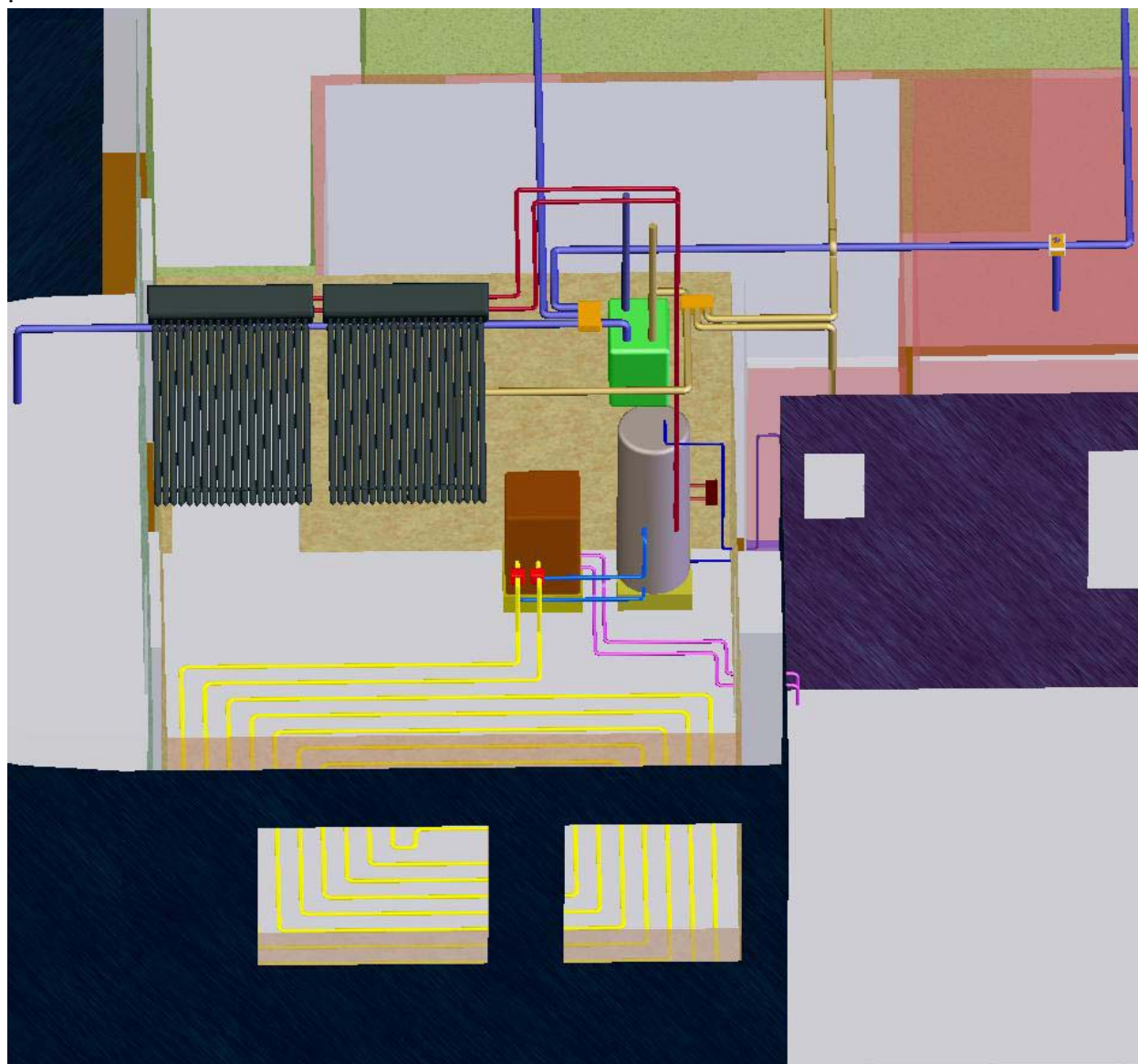


Figura 80. Instalația de încălzire a locuinței, a apei calde menajere și sistemul de ventilare

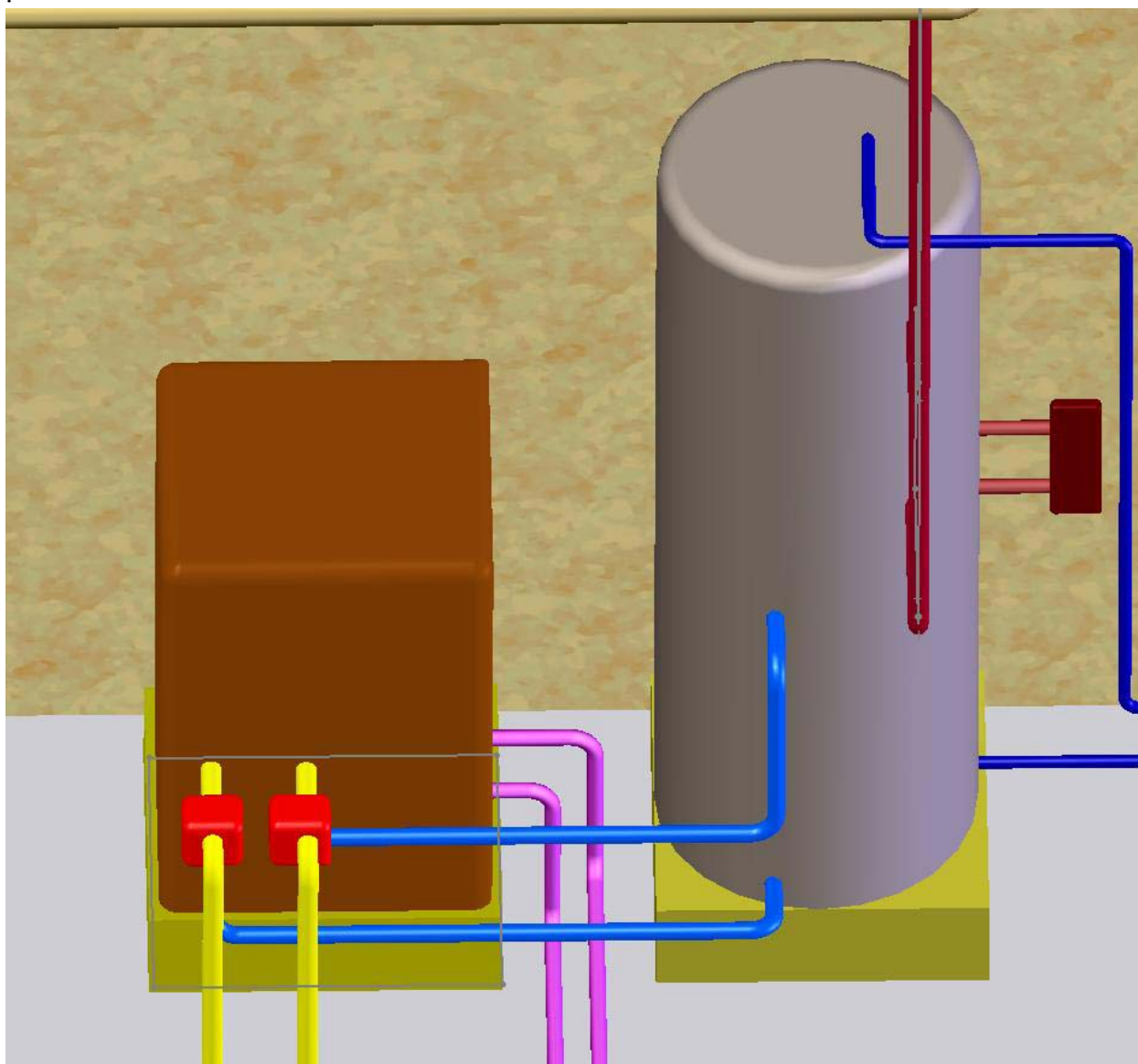


Figura 81. Pompa de căldură și boiler

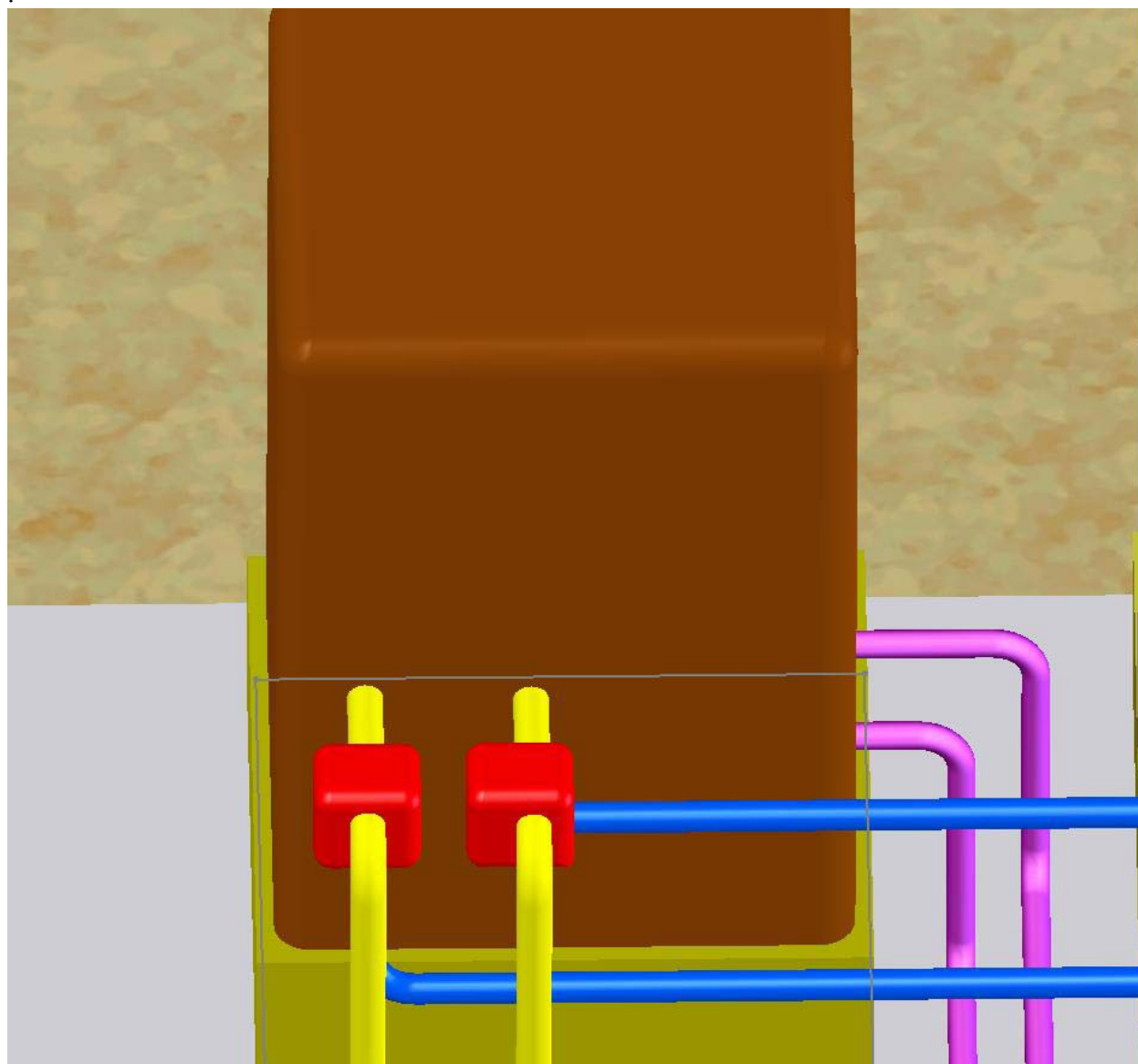


Figura 82. Pompa de căldură

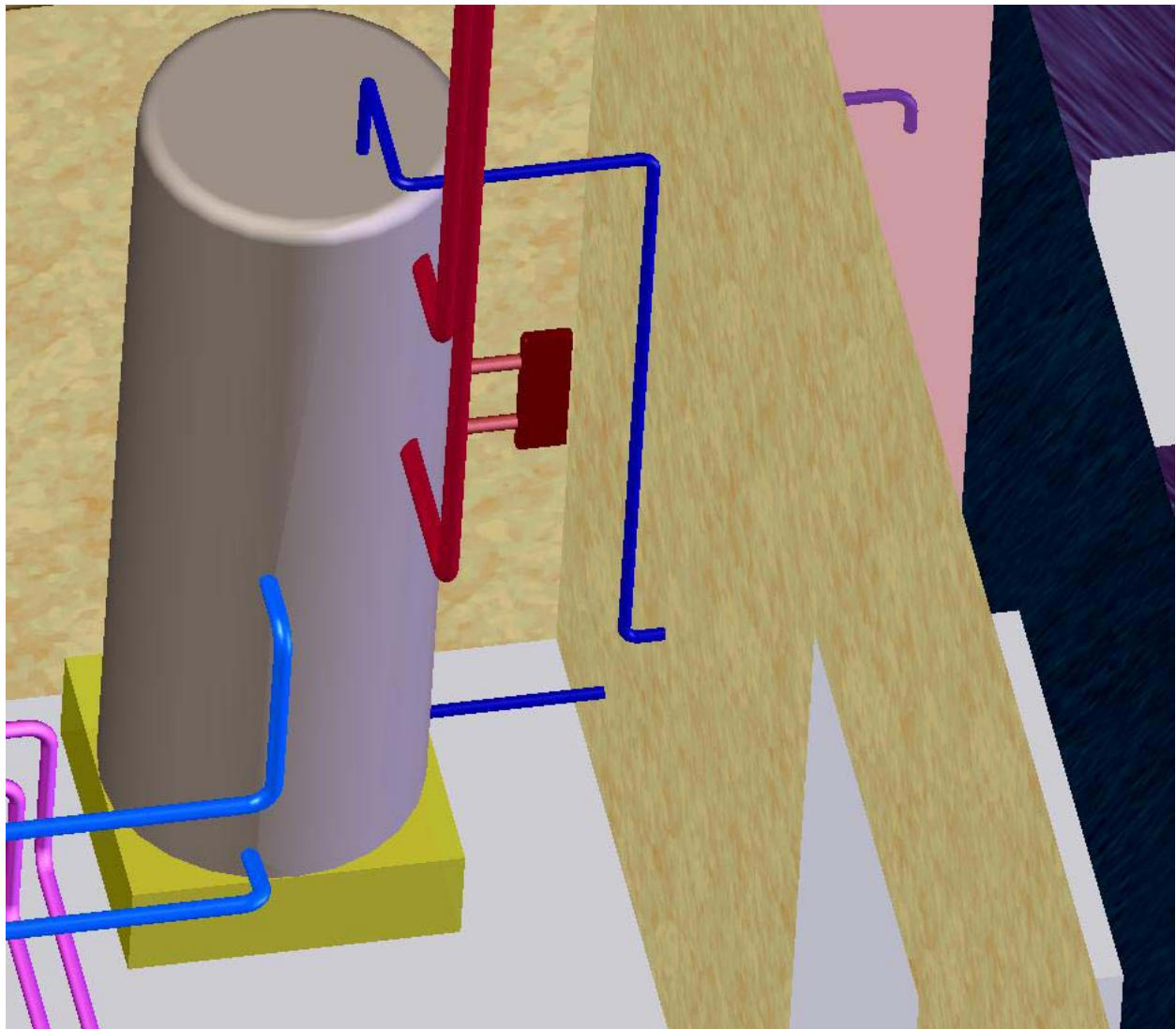


Figura 83. Boilerul

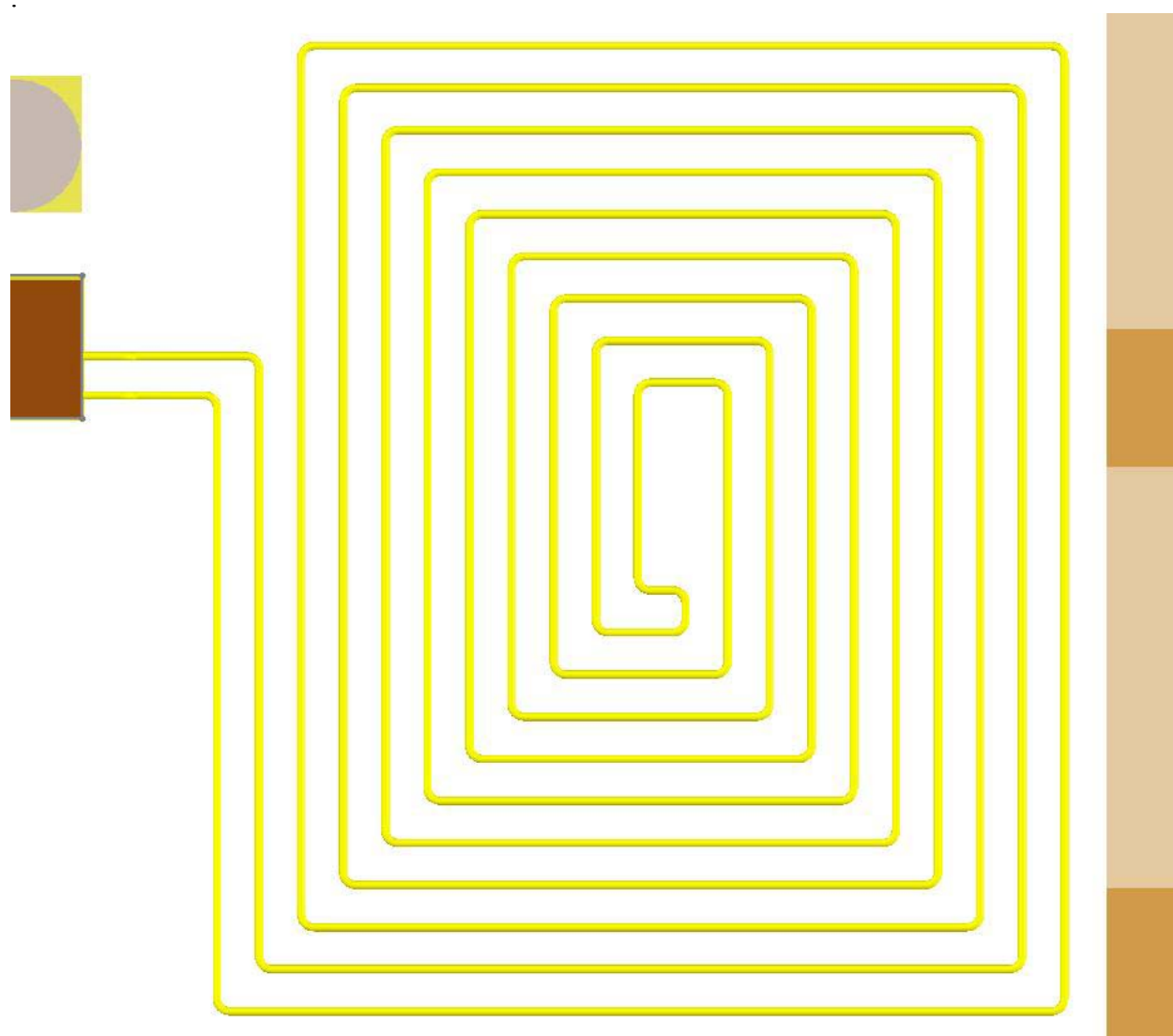


Figura 84. Încălzirea prin pardosea

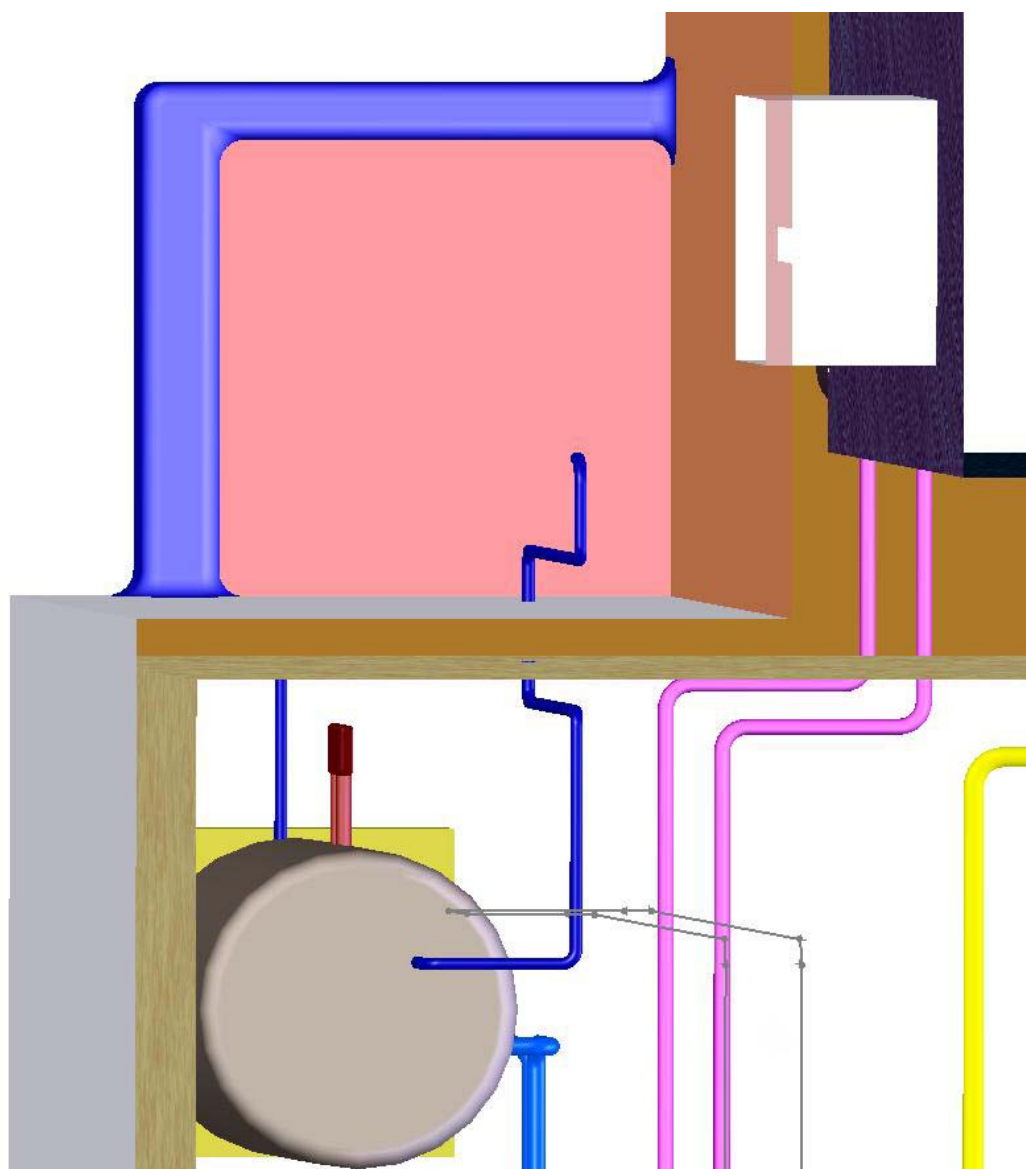


Figura 85. Sistemul preparare a apei calde menajere

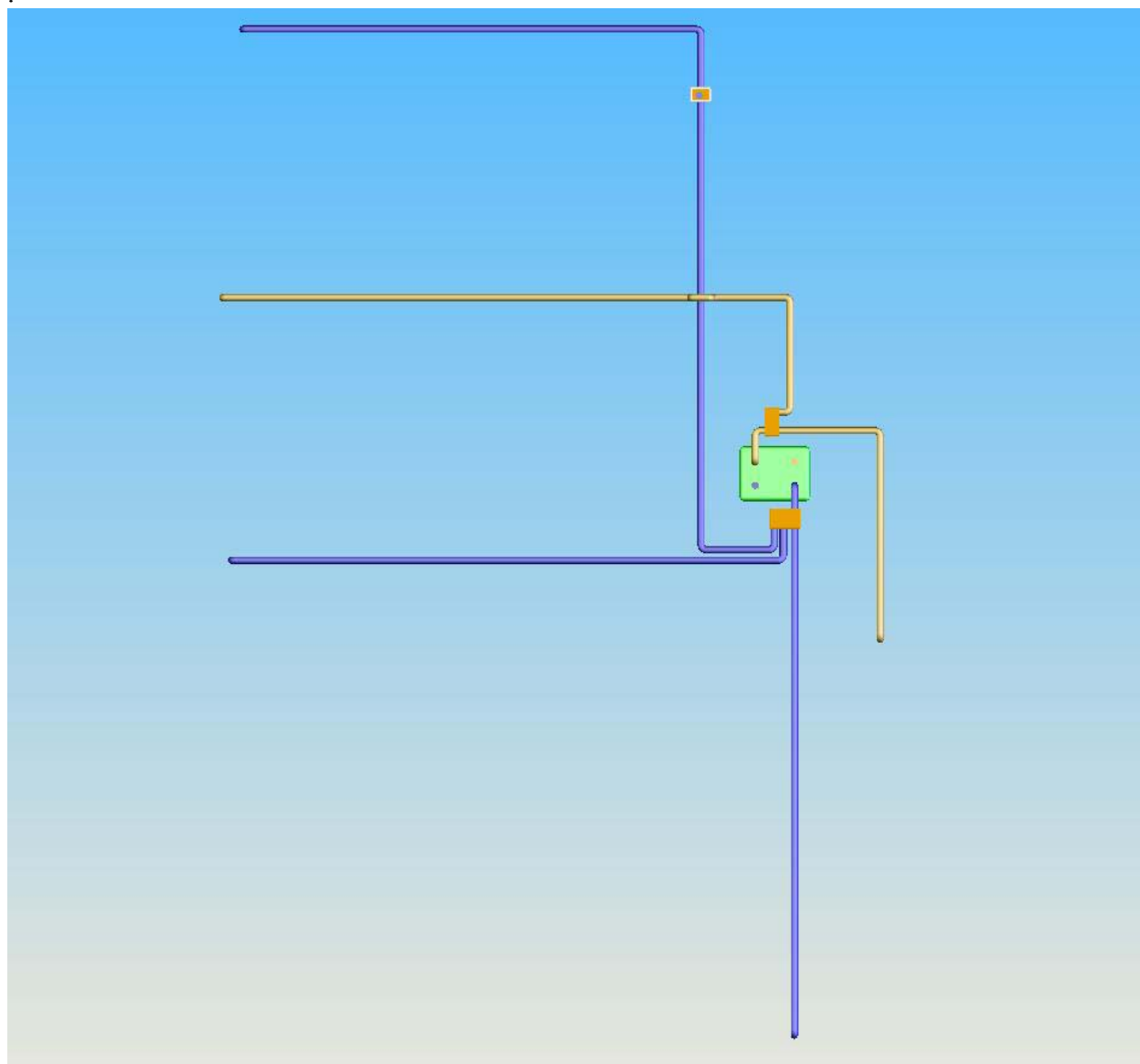


Figura 86. Sistemul de ventilare cu recuperare a căldurii

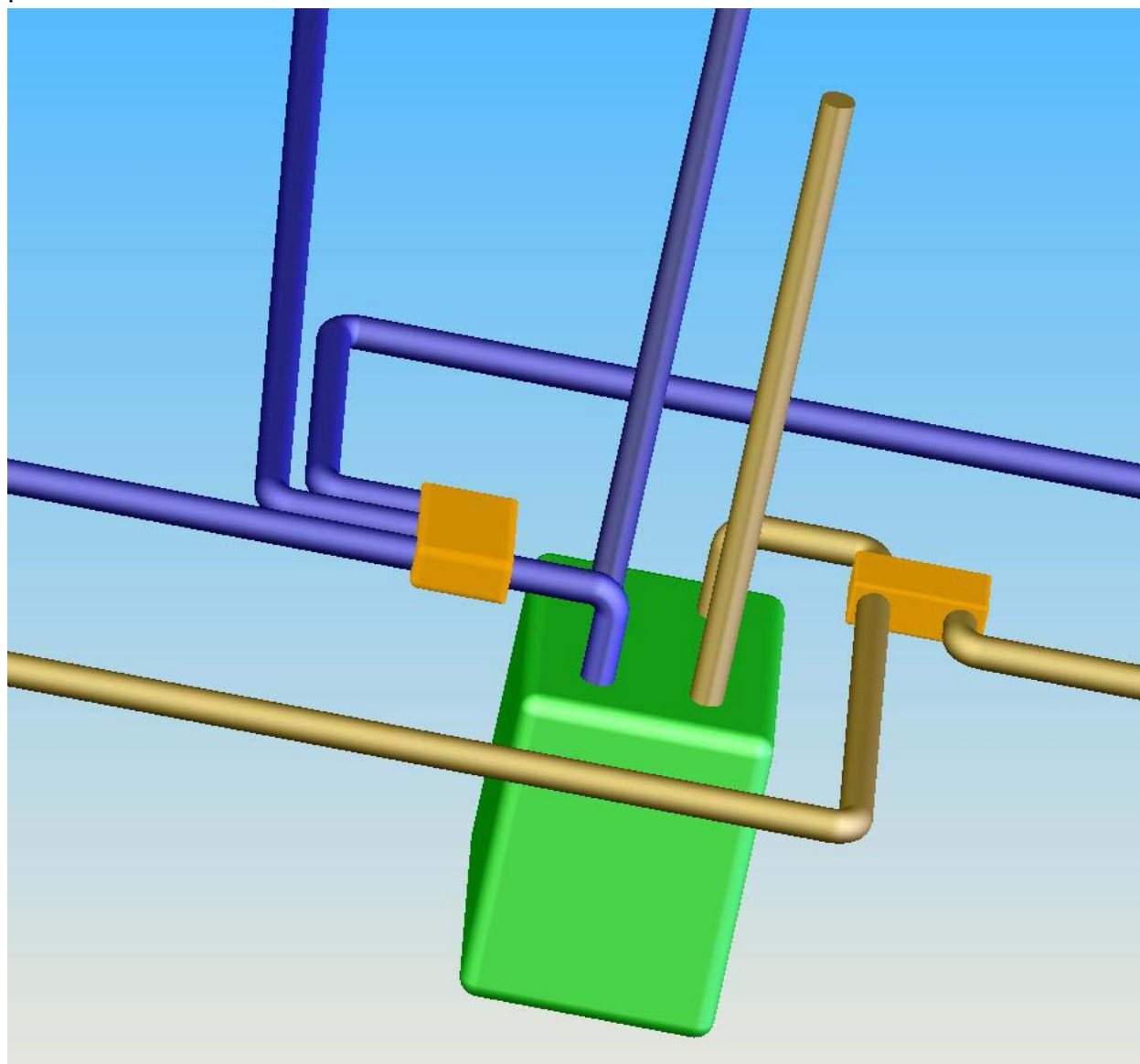


Figura 87. Vedere sistem de ventilare

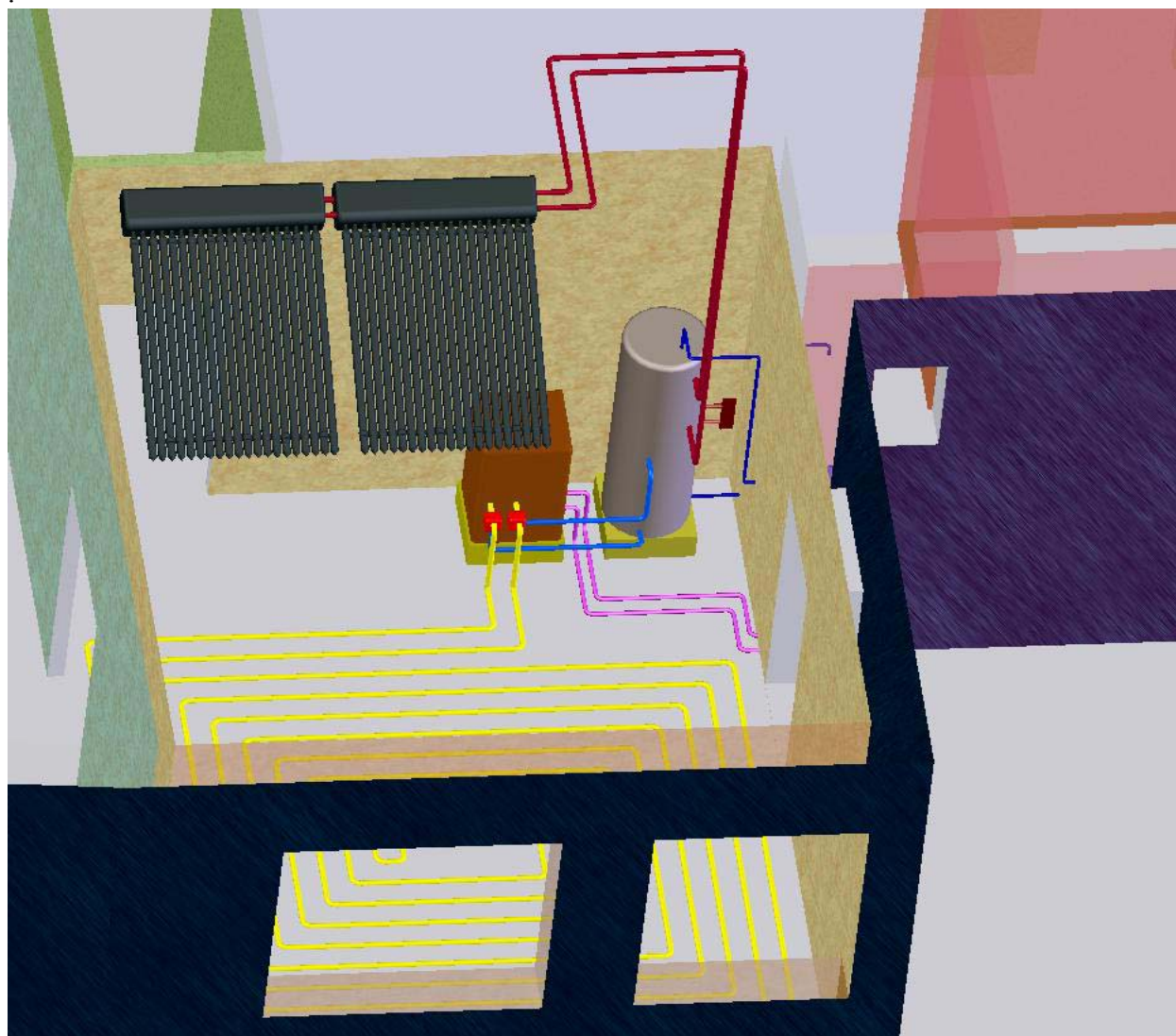


Figura 88. Sistemul de încălzire al locuinței și al apei calde menajere

Bibliografie

1. JÄNTSCHI Lorentz *Free Software Development. 1. Fitting Statistical Regressions*, Leonardo Journal of Sciences, Ed. AcademicDirect, Internet, Issue 1, p. 31-52, 2002.
2. JÄNTSCHI Lorentz, Monica ȘTEFU, Mihaela Ligia UNGUREȘAN *Free Software Development. 2. Chemical Database Management*, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, Ed. AcademicDirect, Internet, Issue 1, p. 69-76, 2002;
3. KUZMAN Ražnjević *Tabele și diagrame termodinamice*, Ed. Tehnică Bucharest 1978.
4. MĂDĂRĂȘAN Teodor și BĂLAN Mugur, *Termodinamică tehnică*, Ed. Sincron Cluj-Napoca 1999;
5. PODAR Margareta – Emilia *Software for Study of a Household Heating Flux Requirement*, International Conference on Automation, Quality&Testing, Robotics (THETA 15), Junior Section, Cluj-Napoca 2006;
6. PODAR Margareta – Emilia *Studiul necesarului de căldură al locuințelor: implementarea sistemelor de încălzire cu surse regenerabile de energie*, Sesiunea de comunicări științifice a studenților, Facultatea de Mecanică, Cluj-Napoca 2006;
7. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMUNITIES, Communication from the Comisiion: *Biomass Action Plan*, Brussels 7.12.2005;
8. OXFORD PAPERBACK Dictionary Thesaurus & Word Power Guide, Oxford UNIVERSITY PRESS, 2001
9. Dicționar Tehnic Englez – Român, EDITURA TEHNICĂ, București 2004;
10. ***Viessmann *Technical guide*
11. ***STAS 1907/1,2 *Calculul necesarului de căldură*
12. *** <http://www.viessmann.de/>
13. *** http://www.heatpumpcentre.org/About_heat_pumps/
14. *** www.pompedecaldura.ro
15. *** <http://www.solaria.ro/>
16. *** <http://www.solara.ro>
17. *** <http://www.harta-alba-iulia.ro/>
18. *** <http://www.php.net/manual/en/>