

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ- NAPOCA
FACULTATEA DE MECANICĂ
SPECIALIZAREA: Mașini și echipamente termice

PROIECT DE DIPLOMĂ

**Instalația de încălzire și preparare a apei calde
menajere cu ajutorul unei pompe de căldură
pentru un imobil cu birouri**

Conducător de proiect:
Prof. dr. ing. Mugur Bălan

Absolvent:
Budușan Bogdan

Rezumat

Această lucrare prezintă instalația pentru încălzirea unui imobil cu birouri folosind o pompă de căldură. Pompa de căldură este un sistem de încălzire care utilizează surse regenerabile de căldură.

Sistemele de încălzire care utilizează energie regenerabilă, însoțite de eficiența termică ridicată a clădirilor, sunt foarte importante pentru reducerea emisiilor de CO₂ și a consumului de combustibil, subiecte de larg interes în Uniunea Europeană.

Nici una dintre soluțiile de încălzire, care folosesc surse regenerabile de energie nu sunt nici pe departe mai puțin convenabile, sau mai dificil de utilizat decât soluțiile moderne care utilizează combustibili lichizi sau gazoși, datorită posibilității de reglare a puterii și a controlului automatizat.

Prima parte a lucrării conține un scurt memoriu tehnic în care se prezintă rolul și funcționarea sistemelor de încălzire imobilelor, importanța utilizării surselor regenerabile de energie, modul în care este amplasat imobilul cu birouri considerat, dimensiunile acestuia, precum și temperaturile care intervin în efectuarea calculelor pentru determinarea necesarului de căldură specific acestui imobil.

A doua parte a lucrării conține memoriul justificativ, de calcul, care este structurat în zece capitole. În primul capitol s-a calculat influența unui strat de izolație termică asupra necesarului de căldură. Al doilea capitol prezintă calculul necesarului de căldură pentru imobilul cu birouri considerat. În cel de-al treilea capitol s-au prezentat soluțiile tehnice de încălzire care utilizează pompe de căldură. În capitolul al patrulea s-a efectuat o analiză pentru alegerea ciclului și agentului pentru pompa de căldură utilizată. În capitolul cinci s-a efectuat calculul termic al sistemului de încălzire utilizând diferite pompe de căldură. Capitolul șase prezintă analiza tehnico-economică și alegerea soluției optime a pompei de căldură. În capitolul șapte este prezentat calculul de dimensionare și alegere a aparatelor componente. Capitolul opt cuprinde schema de automatizare a instalației termice cu pompă de căldură. Capitolul al nouălea conține o temă tehnologică, mai precis un itinerar tehnologic efectuat în scopul realizării unui reper aflat în componența instalației termice proiectate. În capitolul zece este prezentată tema economică.

La finalul lucrării a fost atașată lista bibliografică. Desenele realizate, sunt atașate de asemenea, la finalul proiectului, împreună cu restul datelor, fiind stocate pe CD.

Abstract

This paper describes the heating equipment of an office building and the housekeeping water processing using a heating pump.

The heating pump is a heating system which uses regenerating energy.

Very important for reduction of CO₂ emissions and combustible consumption (subjects for large interest in EU) are the heating systems which combine the regenerating energy with high thermal efficiency of buildings. Not even one of the existing heating solutions (which are using the regenerating energy) isn't by far less convenient or easy to use than the modern solution with gas and liquid combustible, because of power regulation possibility and the push button examination.

The first part of my paper contains a short technical memorial about the building heating performance, the importance of using regenerating energy, the way in which the building is located, the dimensions, and the temperatures used for calculating the heat necessary.

The second part contains the justificatory calculating memorial in ten chapters. In the first chapter is calculated the impact of a single thermal insulation stratum. The second chapter is about the heat necessary and the housekeeping warm water of the existing building. The third chapter contains the technical heating solution using heating pumps. In the fourth chapter I made a technical analyze in order to choose the refrigerantig agent and cycle. The calculation of the heating system using heating pump is in chapter no. five. The technical and economical comparative analyze in order to choose the optimum solution is in chapter no 6. In chapter no seven is presented the admeasurement calculation for choosing the compound device. The installation automatization scheme is in chapter eight. Chapter nine contains technologic theme, more precise a technological itinerary, in order to realize a bench-mark contained in the heating installation. The economical theme is in the chapter no ten.

The bibliography is at the end of my working. The drawings that I made are enclosed. The rest of data are in electronic format (on cd).

Cuprins

I.Memoriu tehnic

- 1.Descrierea rolului și funcționării sistemelor de încălzire.....pag.5
- 2.Importanța folosirii surselor de energie regenerabile.....pag.9
- 3.Stabilirea amplasamentului și a dimensiunilor.....pag.11

II Memoriu justificativ de calcul

1.Calcul privind influența unui strat de izolație termică

- 1.1.Calcul privind influența unui strat de izolație termică.....pag.18

2.Determinarea necesarului de căldură și apă caldă menajeră pentru încălzirea imobilului.....pag.19

- 2.1Calculul necesarului pentru reîmprospătarea aerului din încăpere.....pag.19
- 2.2Calculul necesarului pentru încălzirea imobilului.....pag.20
- 2.3Calculul necesarului pentru apă caldă menajeră.....pag.20

3.Soluții tehnice de încălzire utilizând pompe de căldură

- 3.1Regimurile termice ale vaporizatorului și condensatorului.....pag.21
- 3.2Utilizarea unei pompe de căldură.....pag.23
- 3.3Utilizarea pompei de căldură în varianta aer-apă.....pag.26
- 3.4 Utilizarea pompei de căldură în varianta sol-apă cu captatoare plane și sonde.....pag.27
- 3.5 Utilizarea pompei de căldură în varianta apă-apă.....pag.28
- 3.6 Utilizarea pompei de căldură cu vaporizare directă în sol.....pag.29

4.Alegerea ciclului frigorific și a agentului frigorific.....pag.29

5.Calculul termic al sistemului de încălzire utilizând pompe de căldură.....pag.32

- 5.1aCalculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta sol-apă cu captatori plani.....pag.33
- 5.1bCalculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta sol-apă cu sonde.....pag.35
- 5.2Calculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta apă-apă.....pag.37
- 5.3Calculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta aer-apă.....pag.39
- 5.4Calculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta cu vaporizare directă în sol.....pag.41

6.Analiza comparativa tehnico-economica si alegerea solutiei optime.....pag.43

7.Calculul de dimensionare și alegere a aparatelor componente.....pag.46

- 7.1 Alegerea vaporizatorului și a condensatorului.....pag.46
- 7.2Încalzirea în pardoseala.....pag.49
- 7.3Calculul de alegere al compresorului.....pag.50

7.4	Alegerea schimbătorului intern de căldură.....	pag.53
7.5	Alegere ventilului de laminare termostatic	pag.55
7.6	Alegerea pompei de recirculare a agentului termic.....	pag.57
7.7	Alegerea boilerului pentru prepararea apei calde menajere.....	pag.59
7.8	Alegerea pompelor de recirculare a apei calde menajere.....	pag.60
7.9	Alegerea electroventilelor.....	pag.61
7.10	Alegerea termostatelor.....	pag.62
7.11	Alegerea presostatelor.....	pag.63
8.	Schema de automatizare.....	pag.65
8.1	Reglarea temperaturii interioare.....	pag.66
8.2	Reglarea temperaturii apei calde menajere.....	pag.67
8.3	Reglarea supraîncălzirii vaporilor de agent termic primar (propan).....	pag.68
8.4	Reglarea sarcinii termice a compresorului.....	pag.69
8.5	Pornirea si oprirea pompelor de căldură.....	pag.71
9.	Tema tehnologică.....	pag.72
10.	Tema economică.....	pag.76
11.	Prezentarea instalației.....	pag.77
12	Norme specifice de securitate a muncii pentru lucrările de instalații de încălzire.....	pag.90
	Bibliografie.....	pag.92

I. Memoriu tehnic

1. Descrierea rolului și funcționării sistemelor de încălzire a imobilelor

Pentru a asigura confortul termic necesar desfășurării, în bune condiții, a activităților, orice imobil trebuie prevăzut cu o instalație pentru încălzire, care să poată acoperi necesarul de căldură și debitul necesar de apă caldă menajeră.

Instalația termică transformă energia calorică a combustibililor în energie termică. Dintre combustibilii utilizați în instalațiile termice cea mai mare pondere o au combustibili fosili cum ar fi gazul metan, lemnul, cărbunele ...

Unul din principalele obiective ale politicilor energetice mondiale este reducerea consumurilor de combustibil fosil. În această ordine de idei, folosirea surselor regenerabile de energie, pentru încălzirea locuințelor, este un obiectiv interesant care are ca scop, în contextul dezvoltării durabile, creșterea siguranței în alimentarea cu energie, protejarea mediului înconjurător și dezvoltarea la scară comercială a tehnologiilor energetice viabile.

Instalațiile termice care folosesc surse de energie regenerabile sunt, în prezent, o soluție bună pentru o energie ieftină și relativ curată. Deoarece energiile regenerabile nu produc emisii poluante prezintă reale avantaje pentru mediul mondial și pentru combaterea poluării locale. Obiectivul principal al folosirii energiilor regenerabile îl reprezintă reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră. Studiile oamenilor de știință au devenit în ultimii ani din ce în ce mai unanime în a aprecia că o creștere puternică a emisiilor mondiale de gaze cu efect de seră va conduce la o încălzire globală a atmosferei terestre de 2 - 6 °C, până la sfârșitul acestui secol, cu efecte dezastruoase asupra mediului înconjurător.

Ținând seama de timpul de implementare a unor noi tehnologii și de înlocuire a instalațiilor existente, este necesar să se accelereze ritmul de dezvoltare a noilor tehnologii curate și a celor care presupun consumuri energetice reduse.

Pentru utilizarea practică a surselor de energie pe lângă o temperatură cât mai constantă pe parcursul întregului an mai 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
- să nu fie corozivă

Utilizarea aerului drept sursă de căldură se recomandă în special în cazul clădirilor existente, unde pompele de căldură aer-apă sau aer-aer își pot aduce contribuția la încălzire prin funcționarea în sistem bivalent, completând deci încălzirea clasică bazată pe arderea unui combustibil.

Puterea termică a agregatelor de pompa de căldură funcționând cu aer ca sursă de căldură este stabilită de către constructorul acestora încă din fabrică.

Pompele de căldură aer-apă pot funcționa pe perioada întregului an, întocmai ca și pompele de căldură ce extrag căldura din sol sau din apa freatică.

Trebuie însă observat faptul că puterea termică de încălzire a unei astfel de pompe de căldură variază foarte mult în funcție de temperatura aerului sursă de căldură. Astfel, la începutul și sfârșitul perioadei de încălzire (toamna și primăvara), puterea termică de încălzire este mult mai mare decât în cea mai rece zi a anului și simțitor mai mare decât necesarul de căldură al clădirii (dacă pompa de căldură a fost gândită să funcționeze în regim monovalent). Din acest motiv, un astfel tip de pompă de căldură trebuie dotată cu un sistem de reglare a puterii termice livrate consumatorului de căldură.

Aerul evacuat din sistemele de climatizare reprezintă o sursă de căldură obișnuită pentru pompele de căldură din clădirile comerciale și rezidențiale. Prin recuperarea căldurii din aerul evacuat, pompele de căldură realizează încălzirea apei și/sau a spațiilor. În timpul perioadei de încălzire sau chiar în decursul întregului an este necesară funcționarea continuă a sistemului de climatizare-ventilare. Unele tipuri de pompe de căldură sunt astfel proiectate încât să utilizeze atât aer ambiant cât și aer evacuat.

În cazul clădirilor mari, pompele de căldură având ca sursă de căldură aerul evacuat sunt de multe ori cuplate cu sisteme de recuperare a căldurii de tipul aer-aer.

Apa freatică prezintă o temperatură constantă (4-10°C) în multe zone. Pentru utilizarea ei sunt utilizate sisteme închise sau deschise. În sistemele deschise, apa subterană este pompată, răcită și apoi reinjectată într-un puț separat sau returnată către apa de suprafață. Sistemele de suprafață trebuiesc proiectate cu mare atenție, pentru evitarea problemelor legate de îngheț, coroziune și colmatare. Sistemele închise pot fi sisteme cu detentă directă (în care agentul termic de lucru vaporizează în interiorul țevilor montate subteran), sau sisteme cu agent intermediar. Sistemele cu agent intermediar prezintă în general performanțe tehnice mai scăzute, dar sunt mai ușor de întreținut. Dezavantajul major al acestor pompe de căldură este costul ridicat al lucrărilor pentru exploatarea sursei de căldură. Există totodată posibilitatea unor constrângeri suplimentare generate de legislația privitoare la protecția stratului de apă freatică și la preîntâmpinarea poluării solului.

Solul prezintă aceleași avantaje ca și apa freatică, și anume are temperaturi medii anuale ridicate. Căldura este extrasă cu ajutorul unor conducte îngropate orizontal sau

vertical în sol, iar sistemele pot fi de asemenea cu detentă directă sau sisteme cu agent intermediar.

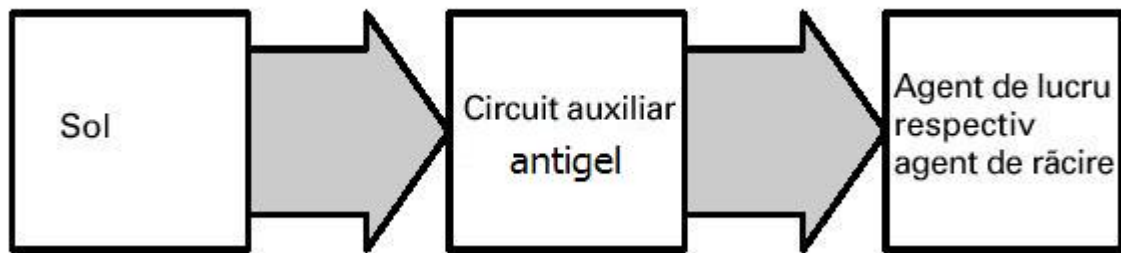
Capacitatea termică a solului depinde de umiditatea acestuia și de condițiile climatice. Datorită extragerii de căldură din sol, temperatura acestuia va scădea în decursul perioadei de încălzire. În regiunile foarte reci, cea mai mare parte a căldurii este extrasă sub forma de căldură latentă ,atunci când solul îngheață. Cu toate acestea în timpul perioadei de vară, radiația solară încălzește solul, iar refacerea potențialului termic este posibilă în totalitate.

Solul prezintă capacitatea de a înmagazina sezonier căldura provenită de la soare, lucru care conduce la obținerea unei temperaturi relativ constante a acestei surse de căldură și la atingerea unor coeficienți sezonieri de performanță de valori ridicate.

Contribuția energiei geotermice – adică a acelu flux de căldură îndreptat de la interiorul către exteriorul pământului- este atât de redusă încât poate fi neglijată .Rezultă deci că energia extrasă din sol de către acest tip de pompe de căldură provine aproape exclusiv de la soare.

Pompele de căldură pentru clădirile de locuit și care utilizează solul drept sursă de căldură sunt astăzi executate sub formă de instalații compacte, ce pot fi montate cu ușurință în clădire.

Căldura preluată de la sursa de căldură este transportată cu ajutorul unui amestec antigel, al cărui punct de îngheț se situează la circa $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Prin aceasta se asigură faptul că sonda nu va îngheța în timpul funcționării. Schema acestui circuit este prezentată în figura de mai jos



Extragerea căldurii din sol se poate face cu ajutorul unui sistem de țevi din material sintetic, cu o mare suprafață de transfer.

Căldura geotermală poate fi utilizată ca sursă de căldură acolo unde apa freatică este foarte puțină sau lipsește total. Adâncimea forajelor atinge 100...200m.

Atunci când este necesară o capacitate termică ridicată, forajele se fac înclinat pentru a cuprinde un volum mai mare se stâncă. Acest tip de pompă de căldură este întotdeauna conectat la un sistem de agent intermediar realizat din conducte din plastic. Unele dintre pompele de căldură de acest tip destinate clădirilor comerciale utilizează masivul pentru acumularea căldurii sau a frigului. Costurile ridicate ale operațiunilor de foraj împiedică însă utilizarea căldurii geotermale ca sursă pentru pompele de căldură domestice.

Apa de râu și de lac este în principiu o sursă foarte bună de căldură dar are ca principal dezavantaj o temperatură scăzută în timpul iernii (apropiată de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Din acest motiv trebuie luate măsuri de siguranță pentru a evita înghețarea vaporizatorului.

Apa de mare este o sursă excelentă de căldură și este utilizată în special pentru pompe de căldură de puteri medii și mari. La adâncimea de 25-50m, apa de mare are temperatura constantă

$5-8^{\circ}\text{C}$, iar formarea gheții nu mai constituie o problemă (Punctul de îngheț este la $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Se pot folosi atât sistemele cu detentă directă cât și sistemele cu agent intermediar.

Pentru preîntâmpinarea coroziunii și a colmatării cu substanțe organice trebuie luate

măsurii constructive speciale în realizarea schimbătoarelor de căldură a pompelor și a conductelor.

Apa tehnologică se caracterizează prin temperaturi constante și relativ ridicate în tot timpul anului. Principalele probleme sunt legate de distanța până la utilizator și de variația fluxului de căldură transportat. Ca posibile exemple privind sursele de căldură din această categorie sunt: efluenții provenind din canalizare (apa de canalizare tratată și netratată), efluenții industriali, precum și apa de răcire (pentru condensare) de la procese industriale sau din producerea de energie electrică.

2. Importanța folosirii surselor de energie regenerabile

Sursele fosile posedă proprietăți foarte folositoare care le-au făcut foarte populare în ultimul secol. Din nefericire, sursele fosile nu sunt regenerabile. Mai mult decât atât, acestea sunt responsabile de emisiile de CO₂ din atmosferă, care sunt dăunătoare unui climat ecologic.

Utilizarea în continuare a surselor de energie fosile ar produce o creștere a emisiilor de CO₂ care este reprezentată în figură

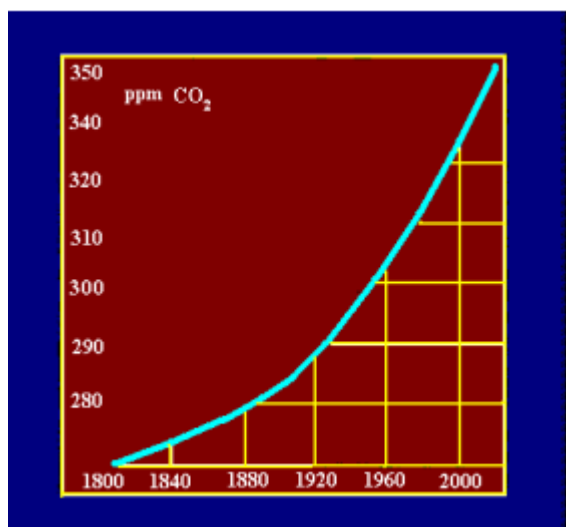


Fig.I.2 1. Creșterea emisiilor de CO₂ generate prin arderea surselor fosile de energie

În anul 2000, ponderea surselor regenerabile în producția totală de energie primară pe plan mondial era de 13,8 %. Din analiza ratelor de dezvoltare din ultimele trei decenii se observă că energia produsă din surse regenerabile a înregistrat o creștere anuală de 2%.

Prin schimbul natural dintre atmosferă, biosferă și oceane pot fi absorbite circa 11 miliarde de tone de CO₂ din atmosferă (sau 3 miliarde de tone echivalent carbon), ceea ce reprezintă circa jumătate din emisiile actuale ale omenirii. Aceasta a condus la o creștere permanentă a concentrației de CO₂ din atmosferă de la 280 de ppm înainte de

dezvoltarea industrială la 360 ppm în prezent.

Estimând că la sfârșitul acestui secol populația globului va atinge circa 10 miliarde de locuitori, în condițiile unor drepturi de emisie uniforme pentru întreaga populație, pentru a nu depăși concentrația de CO₂ de 450 ppm în atmosferă, ar fi necesar ca emisiile pe cap de locuitor să se limiteze la 0,3 tone C/locuitor, ceea ce pentru țările dezvoltate reprezintă o reducere de 10 ori a actualelor emisii de gaze cu efect de seră.

Prognoza consumului de energie primară realizată de Consiliul Mondial al Energiei pentru anul 2050, în ipoteza unei creșteri economice de 3 % pe an, fără o modificare a tendințelor actuale de descreștere a intensității energetice și de asimilare a resurselor energetice regenerabile, evidențiază un consum de circa 25 Gt de emisii poluante, din care 15 Gt de emisii poluante provin din combustibilii fosili. Pentru a se păstra o concentrație de CO₂ de 450 ppm, ceea ce reprezintă circa 6 Gt carbon, cantitatea maximă de combustibili fosili utilizabilă nu trebuie să depășească 7 Gt de emisii poluante, rezultând un deficit de 18 Gt de emisii poluante care ar trebui acoperit din surse nucleare și surse regenerabile. Rezultă că pentru o dezvoltare energetică durabilă nu ar trebui să se depășească la nivelul anului 2050 un consum de 13-18 Gt de emisii poluante, acoperit din combustibili fosili 7 Gt de emisii poluante, din nuclear 2-3 Gt de emisii poluante și restul de 4-9 Gt de emisii poluante din surse regenerabile.

Pentru atingerea acestui obiectiv ambițios, propus de țările Uniunii Europene, de a reduce de patru ori emisiile la orizontul anului 2050, se estimează o puternică “decarbonizare” a sistemului energetic, prin apelare atât la energia nucleară, dar mai ales la sursele regenerabile de energie.

Ținând seama de timpul de implementare a unor noi tehnologii și de înlocuire a instalațiilor existente, este necesar să se accelereze ritmul de dezvoltare a noilor tehnologii curate și a celor care presupun consumuri energetice reduse. În același timp este necesară o profundă evoluție a stilului de viață și o orientare către o dezvoltare durabilă.

Este evident că pe termen mediu sursele regenerabile de energie nu pot fi privite ca alternativă totală la sursele convenționale, dar este cert că, în măsura potențialului local, datorită avantajelor pe care le au (resurse locale abundente, ecologice, ieftine, independente de importuri), acestea trebuie utilizate în complementaritate cu combustibilii fosili și energia nucleară.

3. Clasificarea pompelor de căldură

Sunt cunoscute mai multe puncte de vedere în conformitate cu care sunt clasificate instalațiile de pompe de căldură, o clasificare completă și riguroasă fiind foarte dificilă din cauza numeroaselor tipuri constructive și condițiilor de funcționare.

În funcție de modul de realizare al ciclului de funcționare, precum și de forma energiei de antrenare există următoarele tipuri de pompe de căldură:

-Pompe de căldură cu comprimare mecanică de vapori sau gaze, prevăzute cu compresoare cu piston, turbocompresoare, compresoare elicoidale antrenate de motoare electrice sau termice.

În cazul acestei pompe de căldură este posibilă atingerea unor temperaturi ridicate cu ajutorul sistemelor în mai multe trepte, dar acestea sunt complexe și necesită investiții mari. Problema cheie constă în găsirea unor fluide capabile să condenseze la temperaturi peste 120°C. Utilizarea amestecurilor non-azeotrope poate contribui la soluționarea problemei și permite chiar atingerea unei eficiențe ridicate.

-Pompe de căldură cu comprimare cinetică, prevăzute cu compresoare cu jet (ejectoare) și care utilizează energia cinetică a unui jet de abur. Datorită randamentului foarte scăzut al ejectoarelor și al consumului ridicat de abur de antrenare acest tip de pompe de căldură este din ce în ce mai puțin utilizat

-Pompe de căldură cu comprimare termochimică sau cu absorbție care consumă energie termică, electrică sau solară. Ele prezintă avantajul de a utiliza căldura recuperabilă cu un preț scăzut și nu prezintă părți mobile în mișcare

-Pompe de căldură cu compresie-resorbție- se află încă în stare experimentală dar sunt foarte promițătoare deoarece combină avantajele sistemelor cu compresie cu cele ale sistemelor cu absorbție. Aceste pompe sunt capabile să atingă temperaturi ridicate de până la 180 °C și valori ridicate ale eficienței. Agenții termici de lucru pot fi soluții binare inofensive.

-Pompe de căldură termoelectrice bazate pe efectul Peltier și care consumă energie electrică.

După puterea instalată pompele de căldură pot fi:

-instalații mici: folosite pentru prepararea apei calde sunt realizate în combinație cu frigiderele având o putere de până la 1 KW.

-instalații mijlocii: destinate în principal pentru climatizare și încălzire pe întreaga durată a anului în locuințe relativ mici și birouri. Puterea necesară acționării este cuprinsă între 2 până la 20 KW iar puterea termică poate ajunge până la 100 KW.

-instalații mari: pentru condiționare și alimentare cu căldură. Aceste instalații sunt cuplate de regulă cu instalații de ventilare, de multe ori având și sarcină frigorifică servind la răcirea unor spații de depozitare sau servind patinoare artificiale. Puterea de acționare este cuprinsă între câțiva zeci și sute de KW iar puterea termică depășește în general 1000 KW.

-instalații foarte mari: folosite în industria chimică, farmaceutică pentru instalații de vaporizare, concentrare, distilare. Puterea termică depășește câteva mii de KW și din această cauză sunt acționate numai de compresoare.

În funcție de domeniul de utilizare a pompelor de căldură se pot clasifica în:

-Pompe de căldură utilizate pentru încălzirea și condiționarea aerului în clădiri. Aceste pompe de căldură utilizează aerul atmosferic ca sursă de căldură, fiind recomandabile în regiunile cu climat temperat.

-Pompe de căldură folosite ca instalații frigorifice și pentru alimentarea cu căldură.

Aceste pompe de căldură sunt utilizate succesiv pentru răcire în timpul verii și pentru încălzire în timpul iernii.

-Pompe de căldură folosite ca termocompresoare. Acestea sunt utilizate în domeniul instalațiilor de distilare, rectificare, congelare, uscare, etc.

-Pompe de căldură utilizate în industria alimentară ca termocompresoare precum și în scopuri de condiționare a aerului sau tratare a acestuia în cazul întreprinderilor de produse zaharoase, respectiv cel al antrepozitelor frigorifice de carne.

-Pompe de căldură destinate industriei energetice. În acest caz, ele sunt folosite pentru încălzirea camerelor de comandă, sursa de căldură fiind, spre exemplu, apa de răcire a condensatoarelor sau căldura evacuată de la generatoarele și transformatoarele electrice.

-Pompe de căldură utilizate pentru recuperarea căldurii din resursele energetice secundare. Se recomandă valorificarea prin intermediul pompelor de căldură a căldurii evacuate prin condensatoarele instalațiilor frigorifice sau a energiei apelor geotermale.

-Pompe de căldură folosite în industria de prelucrare a laptelui – acestea sunt utilizate simultan pentru răcirea laptelui și prepararea apei calde.

După felul surselor de căldură utilizate pompele de căldură pot fi:

-aer-aer: au ca sursă de căldură aerul atmosferic și folosesc aerul ca agent purtător de căldură în clădirile în care sunt montate. La acest tip de instalații inversarea ciclului este deosebit de ușoară astfel în sezonul rece instalația este utilizată pentru încălzire iar în sezonul cald pentru condiționare.

-apă-aer: folosesc ca sursă de căldură apa de suprafață sau de adâncime, apa caldă evacuată din industrie, agentul purtător de căldură fiind aerul.

-sol-aer: folosesc ca sursă de căldură solul iar agentul purtător de căldură este aerul.

-soare-aer: folosesc ca sursă de căldură energia termică provenită de la soare prin radiație iar agentul purtător de căldură este aerul.

-aer-apă: folosesc ca sursă de căldură aerul iar ca agent purtător de căldură apa.

-apă-apă: folosesc ca sursă de căldură apă iar ca agent purtător de căldură tot apă.

- sol-apă: folosesc ca sursă de căldură solul iar ca agent purtător de căldură apa.

-soare-apă: folosesc ca sursă de căldură radiația solară iar ca agent purtător de căldură apă.

4.Stabilirea amplasamentului și a dimensiunilor

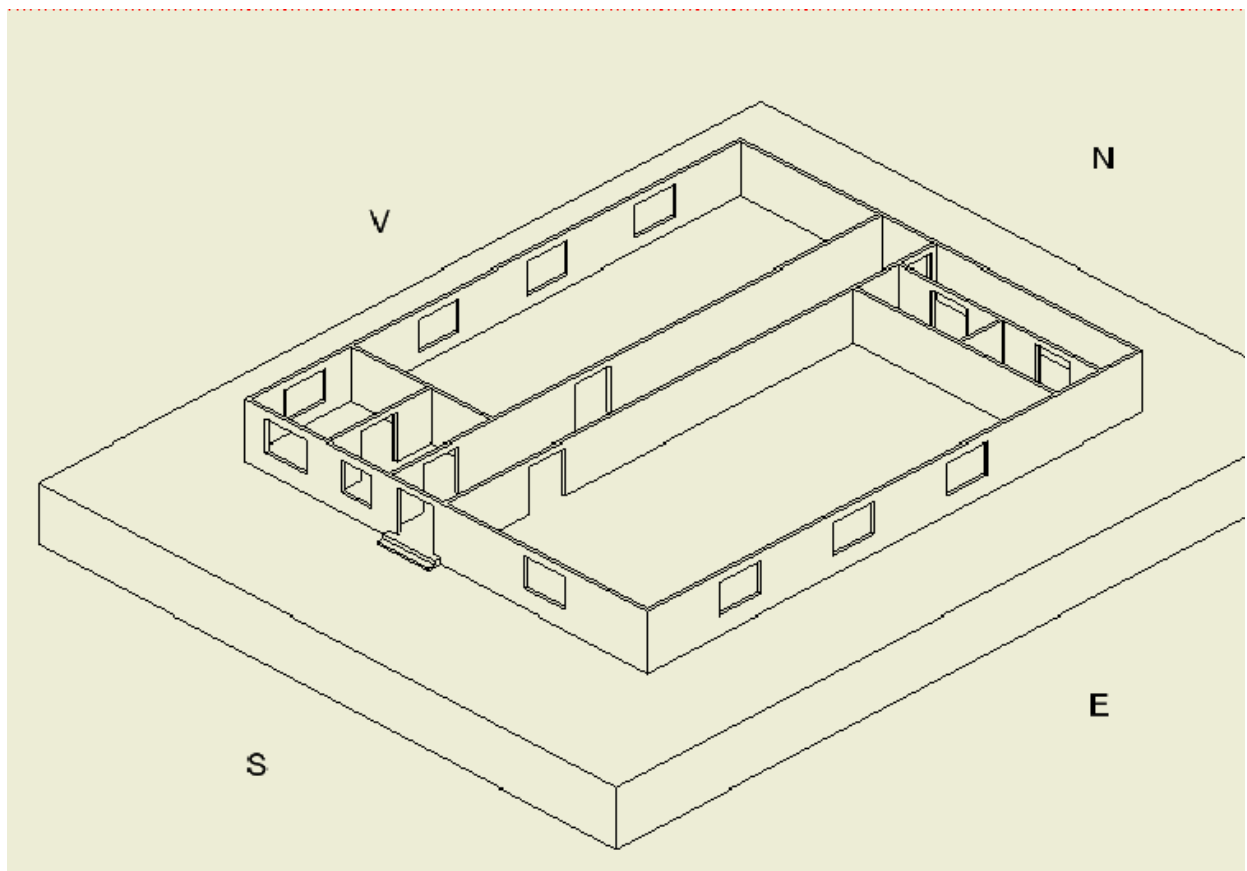


Fig.4.1

Amplasarea imobilului cu birouri

Imobilul pentru care se va proiecta instalația de încălzire și preparare a apei calde menajere este o clădire destinată unor birouri cu pc-uri, în care lucrează 15 de persoane, situată în județul Cluj. Imobilul este compus din 6 încăperi, având împreună o suprafață de 468 m²

Pereții exteriori sunt realizați din panouri sandwich cu o grosime de 15 cm .

Pereții interiori sunt realizați din cărămidă care au o grosime de 20 cm.

Podeaua este realizată dintr-un strat de 30 cm de beton peste care

se montează termoizolație din polistiren extrudat cu grosime de 15 cm. Peste izolație se aplică un parchet de lemn de brad cu o grosime de 4 cm.

Tavanul realizat din beton armat, având o grosime de 20 cm este izolat cu polistiren extrudat cu grosime de 15 cm .

Geamurile și ușile care comunică cu exteriorul sunt realizate din termopan .

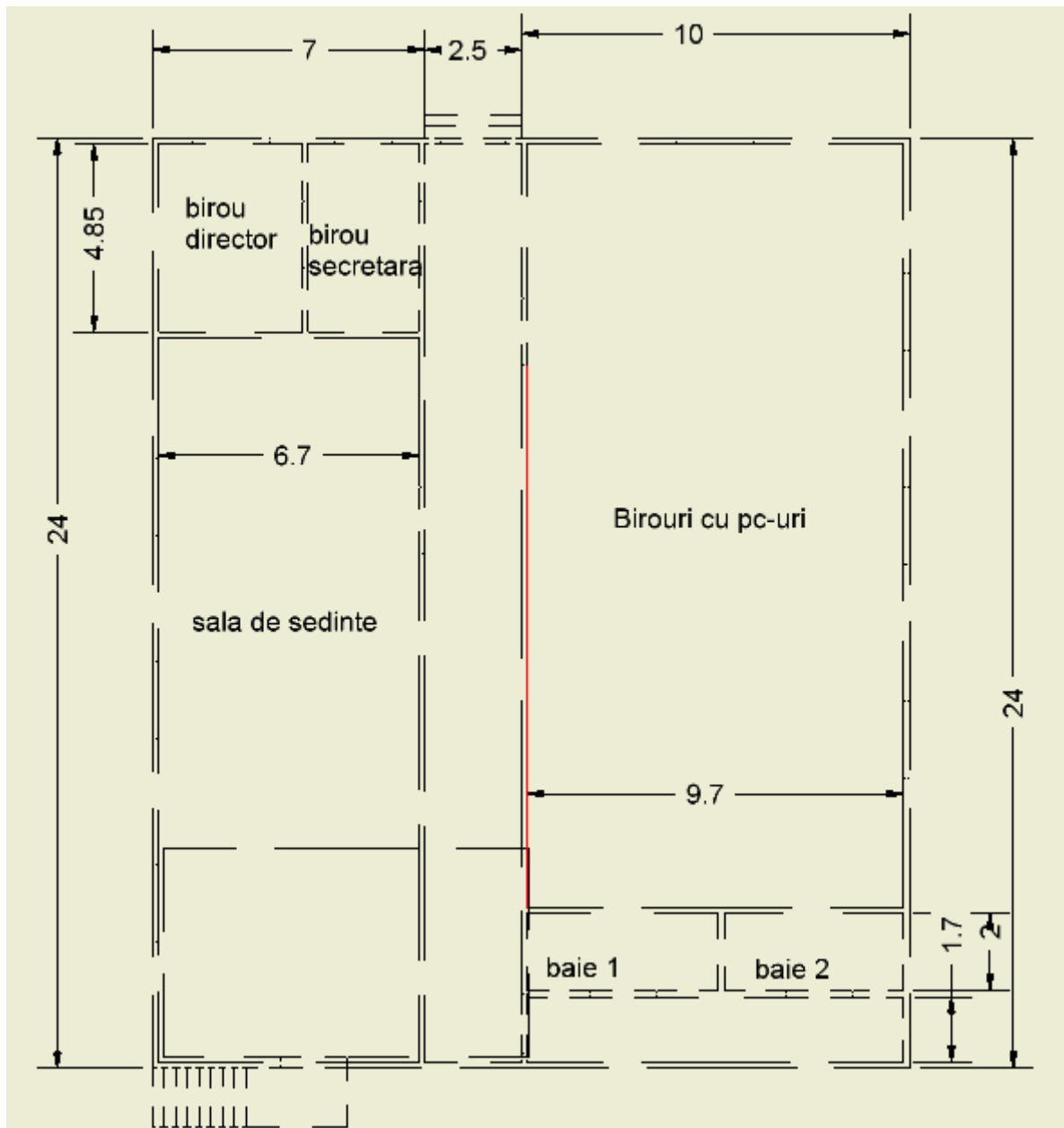


Fig.4.2

Dimensiunile imobilului cu birouri

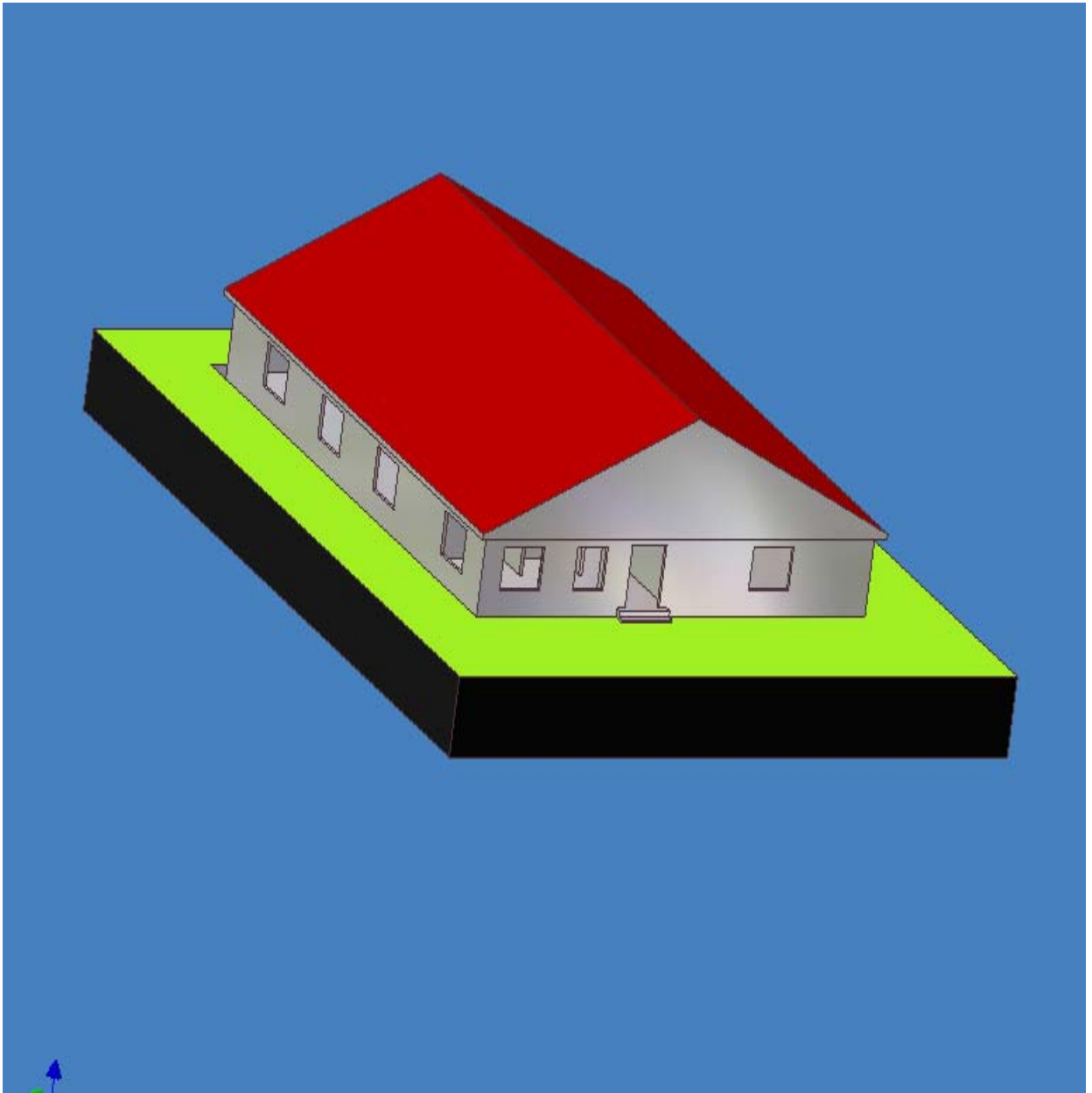


Fig.4.3 Vedere frontală

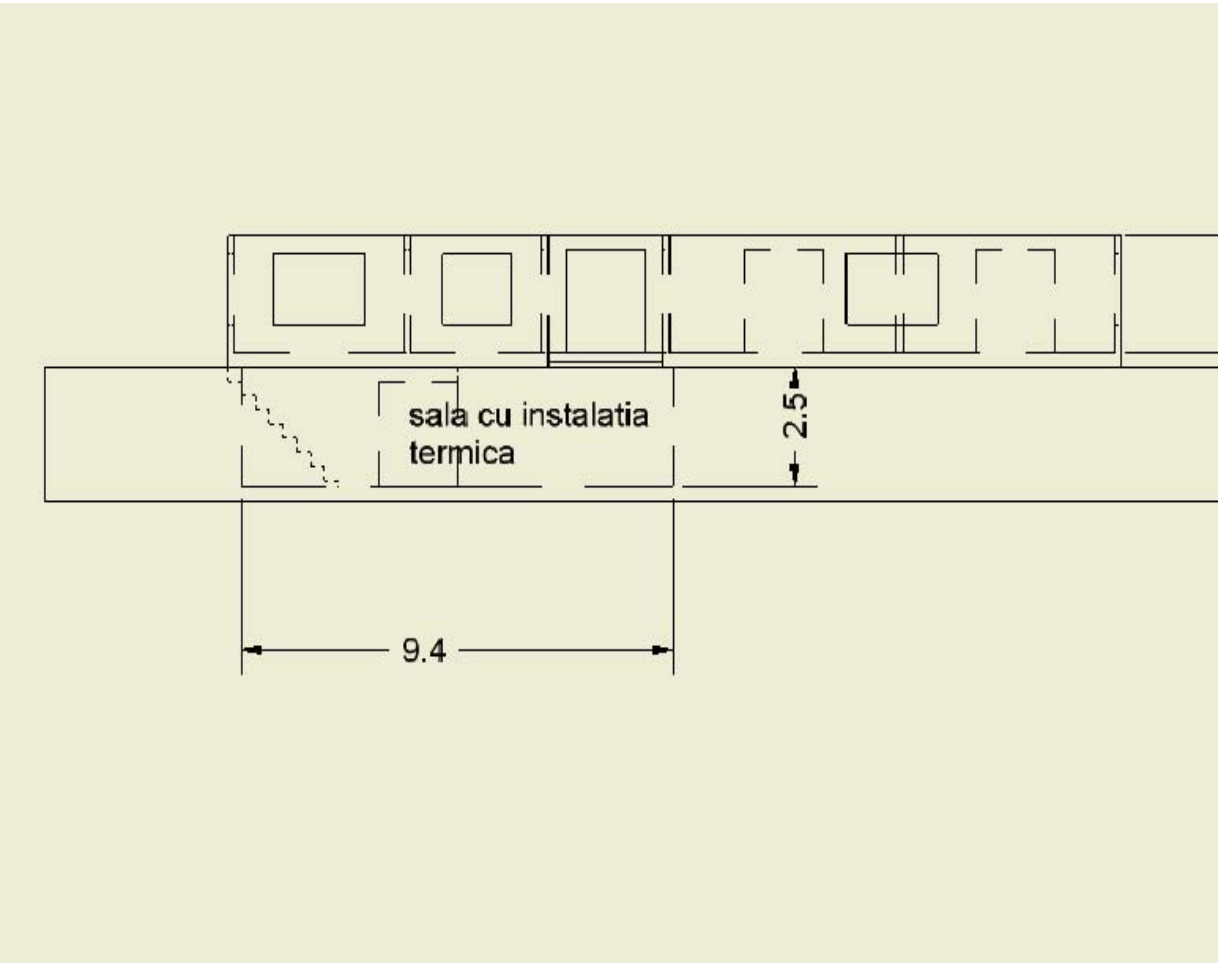


Fig.4.4
Vedere din spate

În figura de mai jos este prezentat tipul de panou folosit pentru pereții exteriori

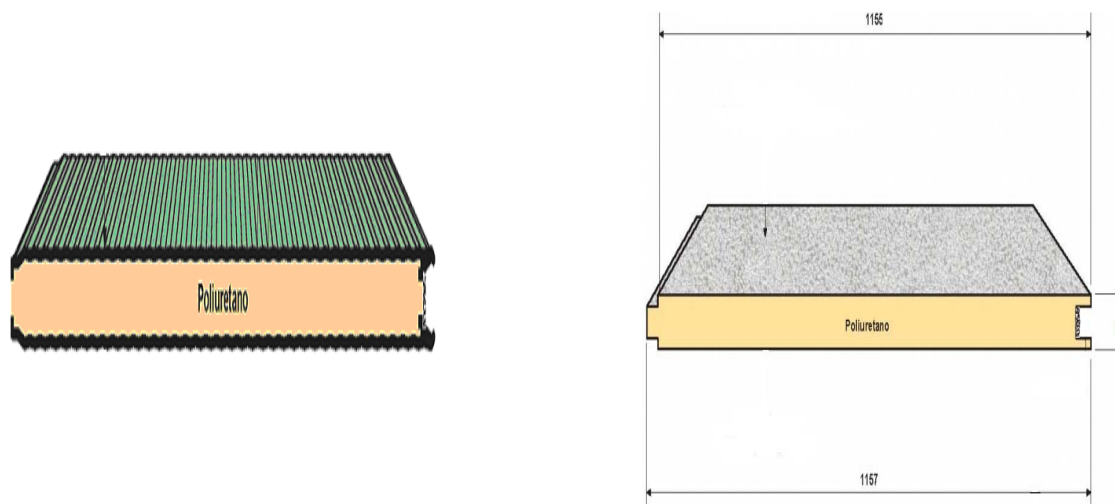


Fig.4.5 Panouri de tip sandwich

Dimensiunile imobilului sunt prezentate in tabelul următor:

Tabelul 4.1

Încăperea	Lungimea [m]	Lățimea [m]	Înălțimea [m]
Birou director	5	4	2,5
Birou secretară	5	3	
Birouri cu pc-uri	20	10	
Sală de ședințe	15	7	
Baie1	5	4	
Baie2	5	4	
hol	24	2,5	

II. Memoriu justificativ de calcul

1. Determinarea necesarului de căldură pentru încălzirea imobilului cu birouri

1.1. Calcul privind influența unui strat de izolație termică

Se face pentru mai multe tipuri de izolație și diferite grosimi :polistiren expandat și panouri sandwich

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + r_{beton} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (1.1)$$

$$\dot{Q} = k \times s \times \Delta t \quad (1.2)$$

În tabelul 1.1 sunt prezentate rezultatele obținute pentru diferite grosimi de izolație și pentru panouri de tip sandwich, a coeficientului global de transfer termic

Tabelul 1.1

Tipuri de izolație	Coeficientul global de transfer termic	Grosimile izolațiilor în milimetrii					
		0	50	100	150	200	250
Polistiren expandat	K	1,33	0,50	0,307	0,22	0,177	0,14
Panouri sandwich		0	0,342	0,175	0,118	0,089	0,071

În tabelul 1.2 sunt prezentate rezultatele obținute prin

Tabelul 1.2

Tipuri de izolație	Fluxul de căldură pierdut prin pereți	Grosimile izolațiilor în milimetrii					
		0	50	100	150	200	250
Polistiren expandat	Q[kw/m ²]	68	25,5	15,69	11,33	8,87	7,28
Panouri sandwich		0	17,41	8,93	6,01	4,52	3,63

Diagrama pierderilor de căldură în funcție de grosimea și tipul izolației

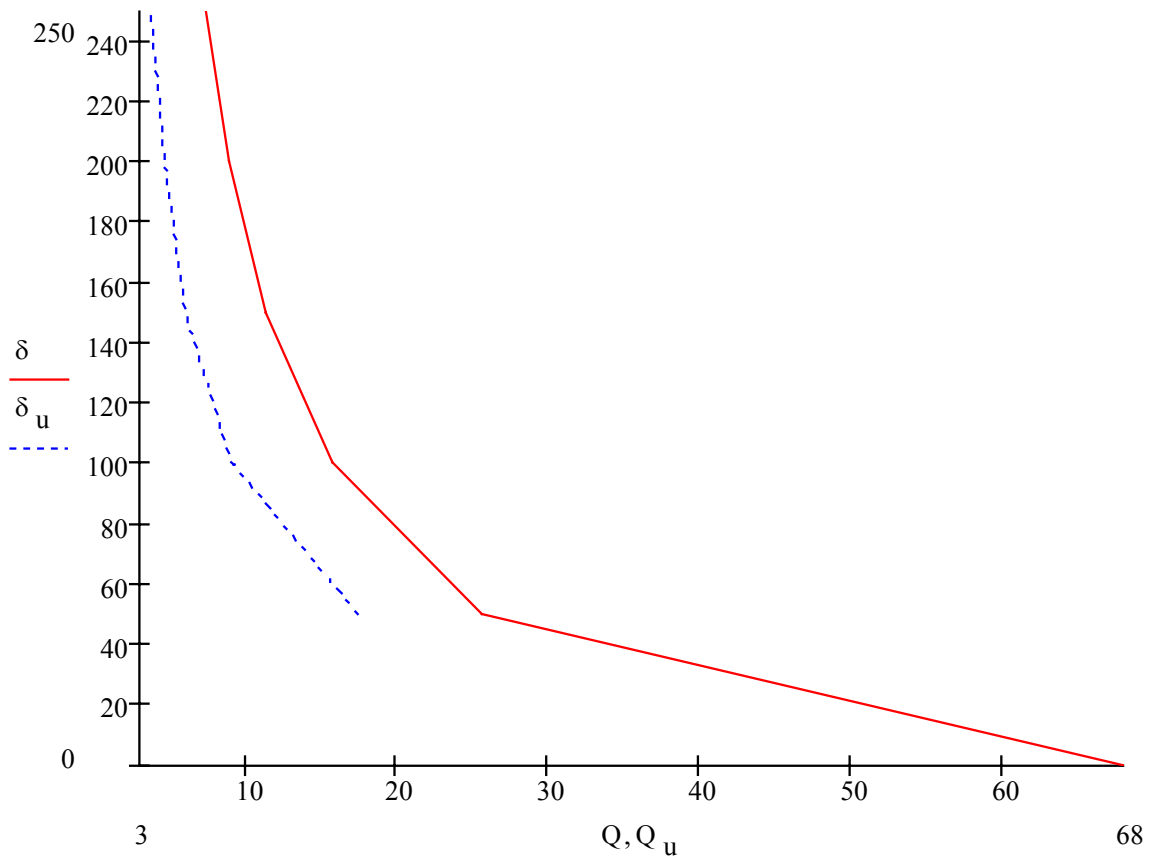


Fig.1.1 diagrama pierderilor de căldură în funcție de grosimea izolației

În urma studiului făcut asupra izolațiilor și al panourilor sandwich am ales pentru pereții exteriori panouri sandwich cu grosimea de 150 mm

2.Determinarea necesarului de căldură și apă caldă menajeră pentru încălzirea imobilului

2.1Calculul necesarului pentru reîmprospătarea aerului din încăpere

.....

2.2 Calculul necesarului pentru încălzirea imobilului

.....

2.3 Calculul necesarului pentru apă caldă menajeră

.....

Soluții tehnice de încălzire utilizând pompe de căldură

3.1. Regimurile termice ale condensatorului și vaporizatorului în funcție de tipul pompei de căldură studiate

.....

3.2 Utilizarea unei pompei de căldură

Funcționarea pompelor de căldură are la bază principiul al doilea al termodinamicii care afirmă că, căldura nu trece, de la sine, de la un mediu cu o temperatură mai scăzută la un mediu cu o temperatură mai ridicată. Pentru a face posibilă trecerea căldurii de la un mediu cu temperatură mai scăzută la un mediu cu o temperatură mai ridicată este nevoie de un consum de lucru mecanic.

Prin utilizarea unei instalații termice sub forma unei pompei de căldură se face posibilă preluarea energiei termice solare, înmagazinată sub formă de căldură, din apă sol sau aer și folosirea ei pentru încălzirea locuințelor. Toate aceste surse de căldură, mai sus menționate, reprezintă un acumulator al energiei solare, astfel încât utilizând aceste surse se utilizează, de fapt, indirect, energia solară. Pentru mediul din care se extrage căldura, apa, solul sau aerul, se folosește denumirea de mediu răcit, sau sursă caldă. Mediul în care se valorifică căldura este denumit mediu încălzit sau sursă rece. În componența unei pompei de căldură se regăsesc în mod obligatoriu următoarele aparate: un compresor, un vaporizator, un condensator și un ventil de laminare, fără acestea instalația nu ar putea funcționa. Pe lângă aceste aparate mai pot exista și altele în funcție de specificul instalației, dar acestea vor fi regăsite în orice

instalație termică sub formă de pompă de căldură. Alte componente care mai pot fi regăsite într-o pompă de căldură sunt schimbătoarele de căldură intermediare a căror importanță le face să fie folosite frecvent, precum și elementele de automatizare care realizează o creștere a randamentului instalației precum și o ușurință mare în utilizare.

Elementul esențial în procesul de captare și cedare a energiei este agentul termic din circuitul interior al pompei de căldură. Acesta are proprietatea de a trece din stare

lichidă în stare de vapori reci la temperaturi scăzute.

În interiorul unei pompe de căldură agentul termic suferă patru transformări ale stării termodinamice. Cele patru faze ale procesului de transfer termic care are loc în interiorul pompei de căldură se desfășoară astfel. Agentul termic lichid la aflat la o temperatură mai scăzută decât cea a mediului răcit intră în vaporizator unde se produce transferul de căldură de la sursa caldă la agentul termic. La ieșirea din vaporizator agentul termic este în stare de vapori reci. Vaporii reci de agent termic intră în compresor unde, cu ajutorul energiei electrice, se produce creșterea de presiune și temperatură a acestora. La ieșirea din compresor vaporii calzi de agent termic vor avea o temperatură mai mare decât cea a mediului încălzit. Vaporii calzi de agent termic intră în condensator unde se produce transferul de căldură de la vaporii calzi la apa din circuitul închis al sistemului de încălzire al casei. La ieșirea din condensator, în urma cedării căldurii, agentul termic este în stare lichidă cu o temperatură și o presiune mai mare decât cea a mediului răcit. Agentul termic, lichid intră în ventilul de laminare, unde temperatura și presiunea acestuia scade până la o valoare inferioară celei din mediul răcit. Din acest moment ciclul se reia.

În figura 3.2.1 este prezentată diagrama cu temperaturile în sol la diferite adâncimi în funcție de lunile anului.

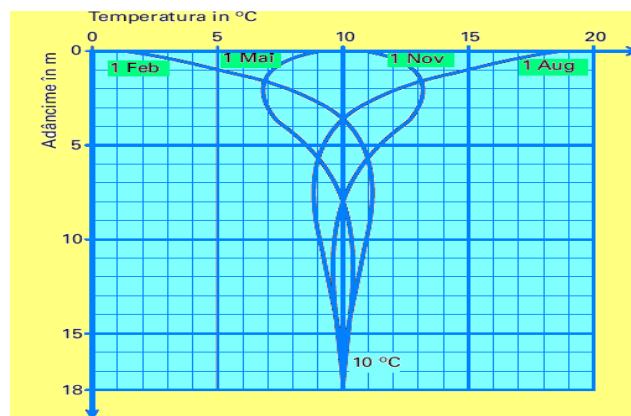


Fig3.2.1

Figura 3.2.2 reprezintă circuitul de funcționare al unei pompe de căldură

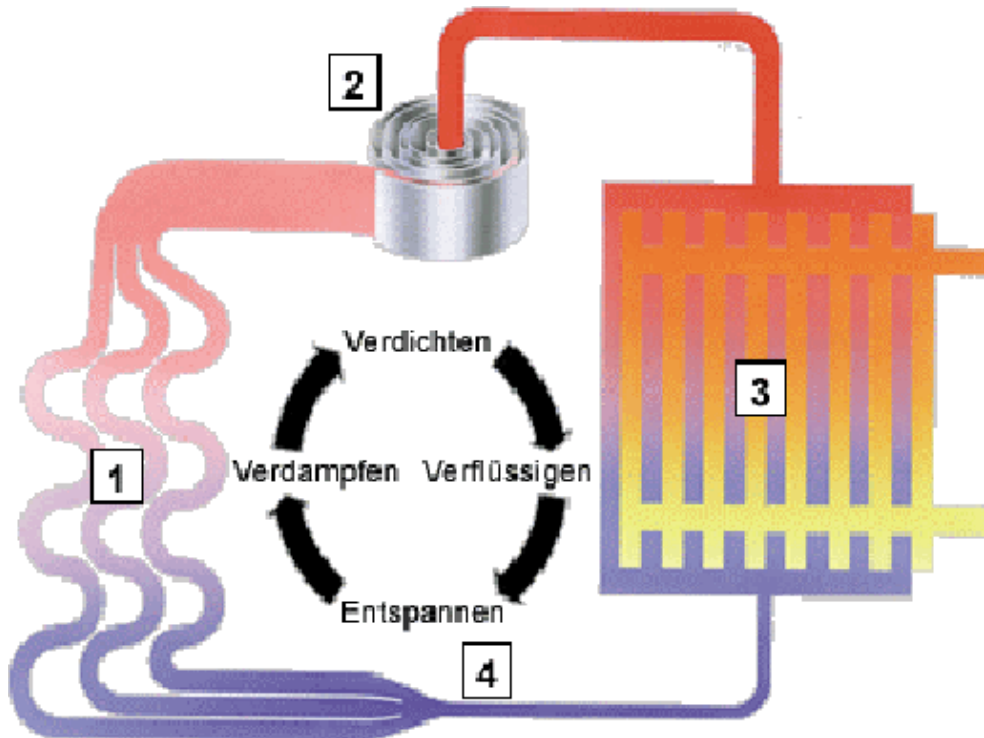


Fig.3.2.2 Funcționarea pompei de căldură

- 1 -vaporizator
- 2 -compresor
- 3 -condensator
- 4 -ventil de laminare

În figura 3.2.3 este prezentat schematic principiul de funcționare al pompelor de căldură

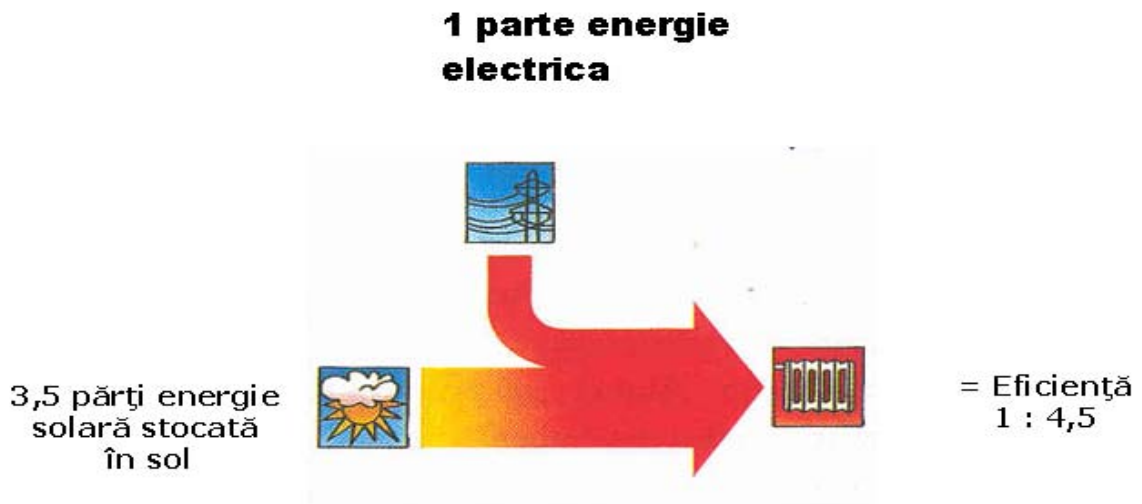


Fig.3.2.3 Principiul de funcționare al pompei de căldură

3.3 Utilizarea pompei de căldură în varianta aer-apă

Această variantă de pompă de căldură aer-apă, extrage energia solară, înmagazinată sub formă de căldură, din aerul exterior pe care o introduce în circuitul pentru încălzirea locuinței. În prezent această pompă de căldură poate fi utilizată pe durata întregului an, în clădiri construite conform standardelor în vigoare, 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 interior pentru încălzirea locuințelor. Aceasta se poate realiza numai în cazuri speciale ca de exemplu în cazul utilizării de 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 el. În figura 3.3.4 este prezentată o instalație termică cu pompă de căldură de tip aer-aer:

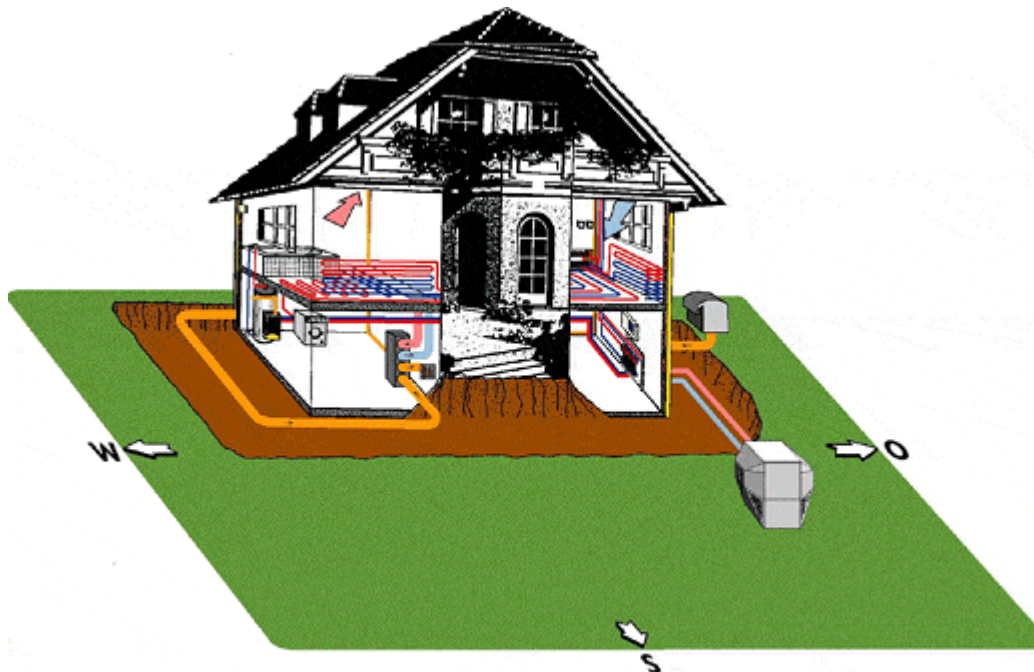


Fig3.3.4 Pompa de căldură tip aer-apă

3.4 Utilizarea pompei de căldură în varianta sol-apă cu captatoare plane și sonde

Pompa de căldură în varianta sol apă utilizează energia solară , stocată în sol. Solul captează energia solară, fie direct prin radiație, fie sub formă de căldură provenită de la ploi și din aer. Solul înmagazinează și menține căldura pe o perioadă mai lungă de timp ceea ce conduce la un nivel de temperatură al sursei de căldură aproximativ constant de-a lungul unui an ceea ce facilitează funcționarea pompelor de căldură cu un randament ridicat. 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. Aceste instalații funcționează de regulă în regim monovalent și se utilizează aproximativ la fel cu cele care extrag căldură din apa freatică deoarece sondele și schimbătoarele de căldură se vor monta cât mai aproape de suprafața pânzei freactice. Montarea sondelor și a schimbătoarelor de căldură la un nivel inferior pânzei freactice nu se aprobă de obicei, deoarece nu se poate preveni avarierea orizontului apei freactice. Astfel se va proteja apa potabilă aflată la un nivel inferior.

În figura 3.4.1 este prezentată o instalație termică cu pompă de căldură de tip sol-apă cu captatoare plane:

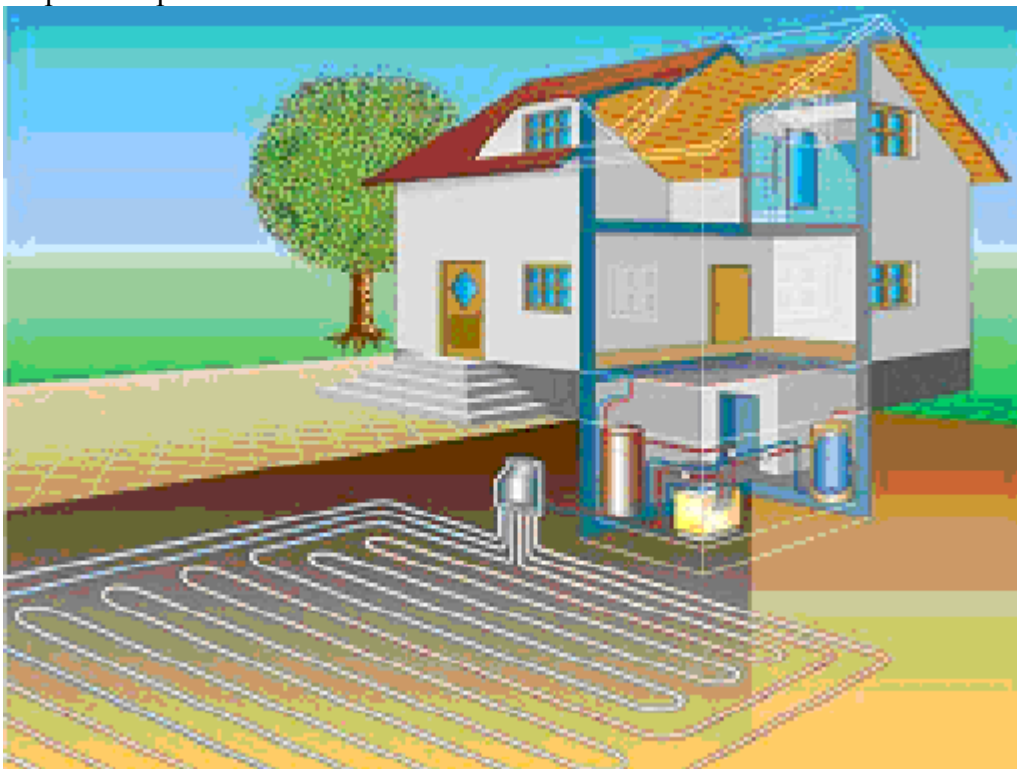


Fig.3.4.1 pompă de căldură tip sol-apă cu captatori plani

În figura 3.4.2 este prezentată o instalație termică cu pompă de căldură de tip sol-apă cu sonde forate:

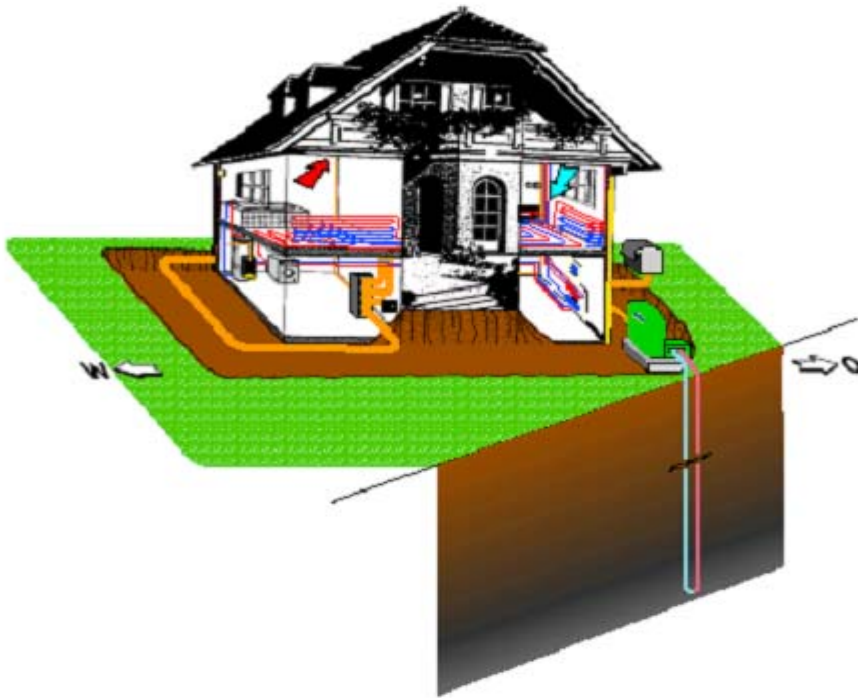


Fig3.4.2Pompă de căldură cu sonde forate

3.5 Utilizarea pompei de căldură în varianta apă-apă

Utilizarea energiei solare acumulată în apa din pânza freatică se face într-un mod foarte asemănător cu cel descris mai sus în cazul utilizării energiei solului. Apa freatică este un bun acumulator pentru căldura solară, care chiar și în zilele reci de iarnă se menține o temperatură constantă, de 7 până la 12 °C, conform diagramei din fig. I.1, fapt care reprezintă un avantaj. Datorită nivelului de temperatură constant al sursei de căldură, indicele de putere al pompei de căldură se menține ridicat de-a lungul întregului an.

În figura 3.5.1 este prezentată o instalație termică cu pompă de căldură de tip apă-apă

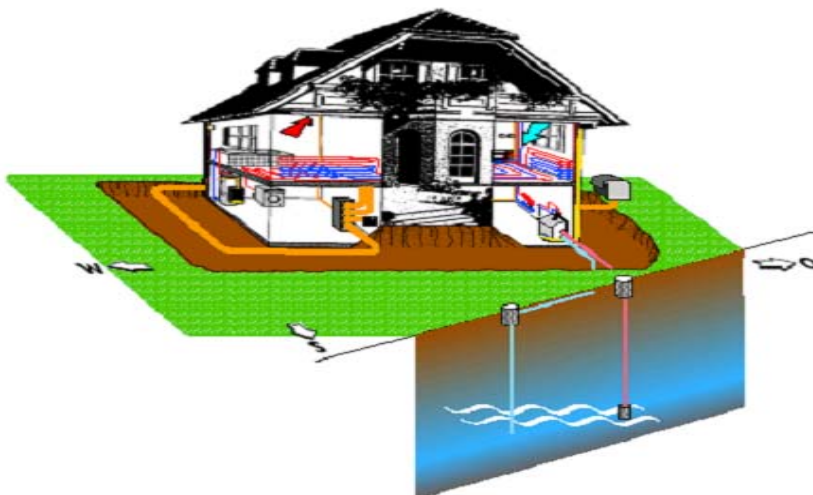


Fig3.5.1Pompă de căldură varianta apă-apă

3.6 Utilizarea pompei de căldură cu vaporizare directă în sol

Are același principiu de funcționare ca și pompa de căldură în varianta sol-apă cu captatori plani numai că circuitul secundar de antigel este înlocuit de agentul primar al pompei de căldură.

În figura 3.6.1 este prezentată o instalație termică cu pompă de căldură de tip apă-apă

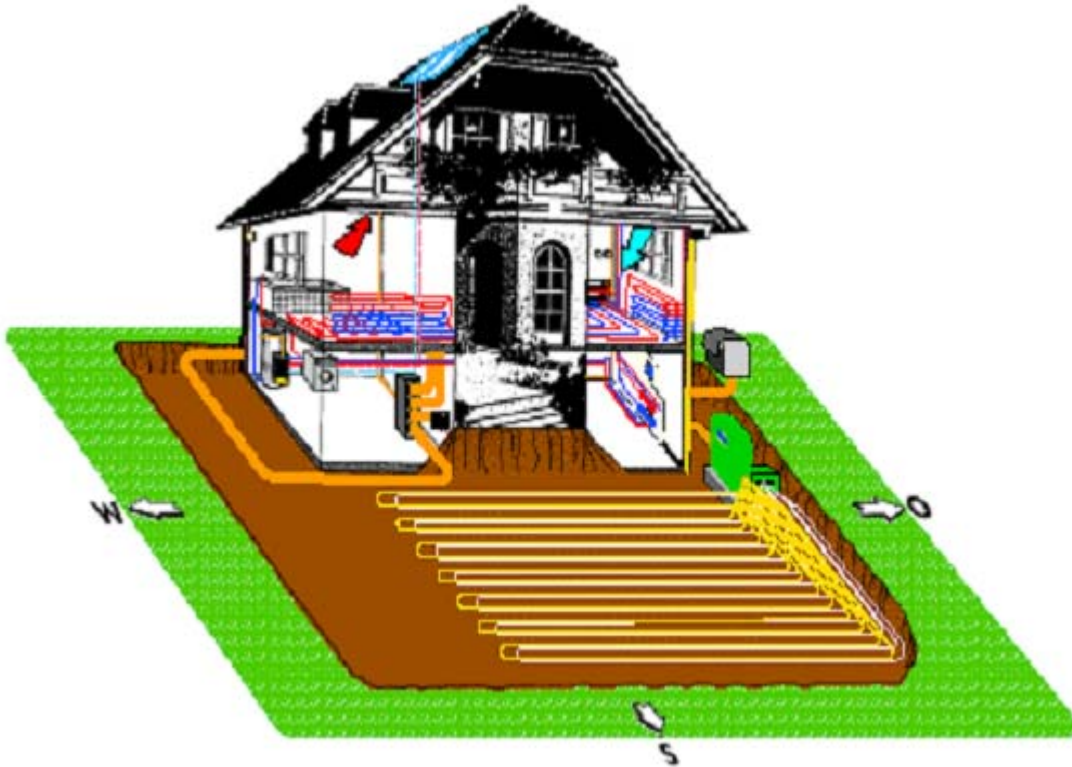


Fig.3.6.1Pompă de căldură cu vaporizare directă în sol

4.Alegerea ciclului frigorific și a agentului frigorific

Am analizat doua tipuri de agenți ,freon și propan și doua tipuri de cicluri cu regenerare internă de căldură si fără regenerare internă.

Fig.4.1reprezintă diagrama de funcționare fără schimbător intern regenerativ

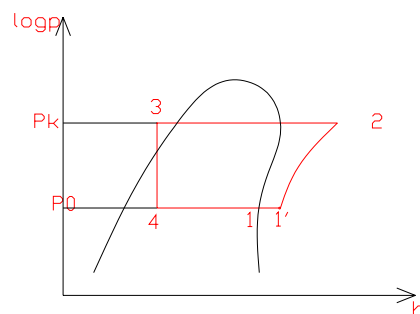


Fig.4.1 Diagrama de funcționare

Fig.4.2 Este reprezentată schema simplificată după care funcționează o pompă de căldură fără schimbător intern regenerativ

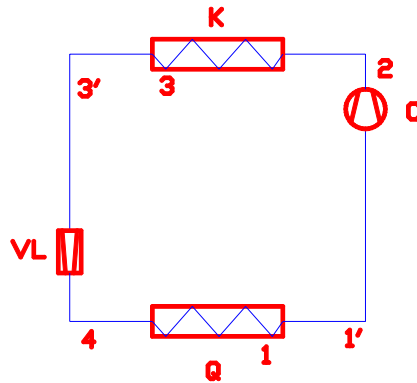


Fig.4.2 Schema de funcționare

Agentul de lucru trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- presiunea de vaporizare apropiată de presiunea atmosferică și ușor superioară acesteia
- presiunea de condensare cât mai redusă
- căldura preluată prin vaporizare să fie cât mai mare
- căldura specifică în stare lichidă să fie cât mai mică
- volum specific al vaporilor cât mai mic
- să nu fie inflamabili, explozivi sau toxici
- să nu fie poluanți

Utilizarea unor freoni necorespunzători poate duce la scăderea eficienței instalației sau

La supradimensionarea elementelor componente ale instalației ceea ce atrage după sine

creșterea prețului de achiziție. Cea mai bună soluție la alegerea freonului este

efectuarea unui calcul cu ajutorul programului coolpack.

CYCLE SPECIFICATION							
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES		SUCTION GAS HEAT EXCHANGER		REFRIGERANT	
T_E [°C]:	-10,0	ΔT_{SH} [K]:	5	Δp_{SL} [K]:	0,5	Thermal efficiency η_T	0,30
T_C [°C]:	35,0	ΔT_{SC} [K]:	2	Δp_{DL} [K]:	0,5	R407C	
CYCLE CAPACITY							
Cooling capacity \dot{Q}_E [kW]	10	\dot{Q}_E : 10 [kW]	\dot{Q}_C : 12,92 [kW]	\dot{m} : 0,05661 [kg/s]	\dot{V}_S : 16,57 [m ³ /h]		
COMPRESSOR PERFORMANCE							
Isentropic efficiency η_{is} [-]	0,7	η_{is} : 0,700 [-]	\dot{W} : 3,177 [kW]				
COMPRESSOR HEAT LOSS							
Heat loss factor f_Q [%]	10	f_Q : 10,0 [%]	T_2 : 76,4 [°C]	\dot{Q}_{LOSS} : 0,3177 [kW]			
SUCTION LINE							
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]	1,0	\dot{Q}_{SL} : 51 [W]	T_8 : -4,0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$: 1,0 [K]			

Fig.4.3

Tabelul 4.1

	R407C	Propan
\dot{m} [kg/s]	0,0566	0,0329
C _{op} (eficienta)	3,16	3,23
η_{is}	0,7	0,7

În tabelul de4.1 mai sus sunt rezultatele obținute pentru un necesar de căldură de 10 kw și temperaturile de vaporizare respectiv condensare de –10 si 35 de grade celsius

Am ales in urma studiului asupra celor doua tipuri de agenți ca agent de lucru pentru pompa de căldură propanul deoarece avem un debit de agent mai mic deci o instalație mai mică și o eficiență mai mare față de agentul R407C ,propanul fiind un agent natural adică nepoluant.

5. Calculul termic al sistemului de încălzire utilizând pompe de căldură

În figura 5.1 este prezentată schema de funcționare a pompelor de căldură care au schimbător intern regenerativ.

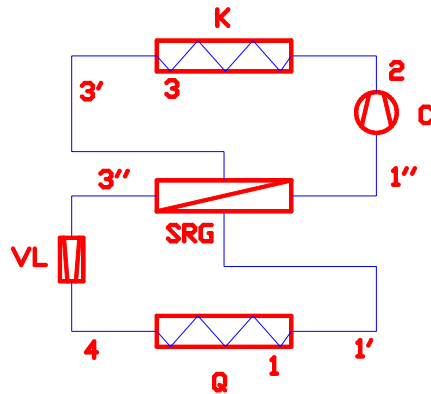


Fig.5.1 Schema de funcționare a pompei de căldură cu schimbător regenerativ intern

Figura 5.2 reprezintă diagrama de funcționare a unei pompei de căldură cu schimbător intern regenerativ

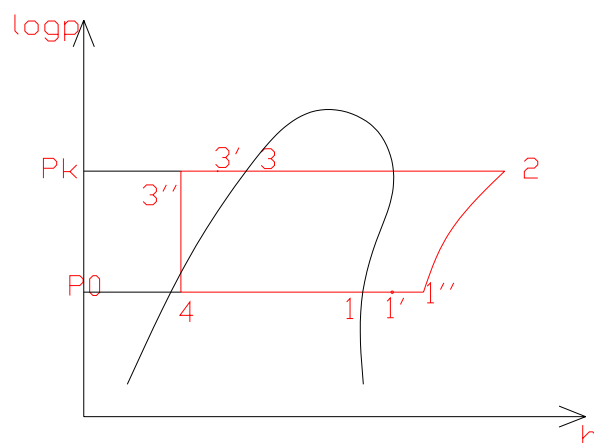


Fig.5.2 Diagrama de funcționare a pompelor cu schimbător intern regenerativ

5.1aCalculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta sol-apă cu captatori plani.

.....

5.1bCalculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta sol-apă cu sonde

.....

5.2Calculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta apă-apă

.....

5.3Calculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta aer-apă

.....

5.4Calculul sistemului de încălzire utilizând pompa de căldură în varianta cu vaporizare directă în sol

.....

6. Analiza comparativa tehnico-economica si alegerea solutiei optime

Tabelul 6.1 reprezintă eficiența frigorifică a pompelor de căldură studiate

Tabelul 6.1

Varianta de pompă de căldură	Eficiența în funcție de agentul termic (cop)			
	propan		R407C	
	Cu subrăcire avansată	Fără subrăcire avansată	Cu subrăcire avansată	Fără subrăcire avansată
Apă-apă	5,76	4,2	5,39	4,03
Aer-apă	3,022	2,9	2,86	2,76
Sol-apă cu colectori liniari	4,93	4,2	4,88	4,1
Sol-apă cu sonde	6,207	5,63	5,79	5,3
Vaporizare directă în sol	6,207	5,65	5,79	5,5

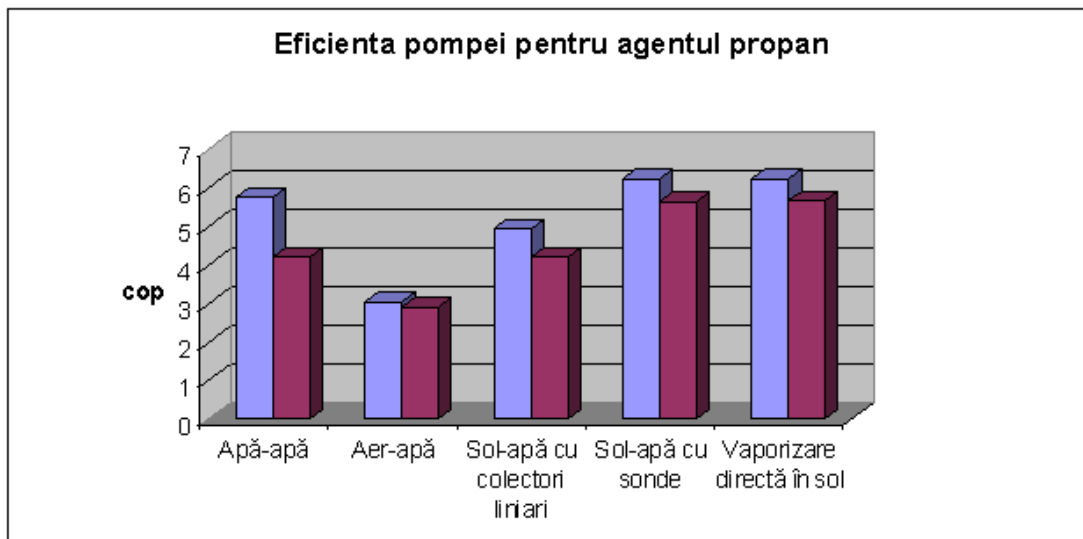


Fig.6.1 Eficiența pompei în funcție de tipul acesteia

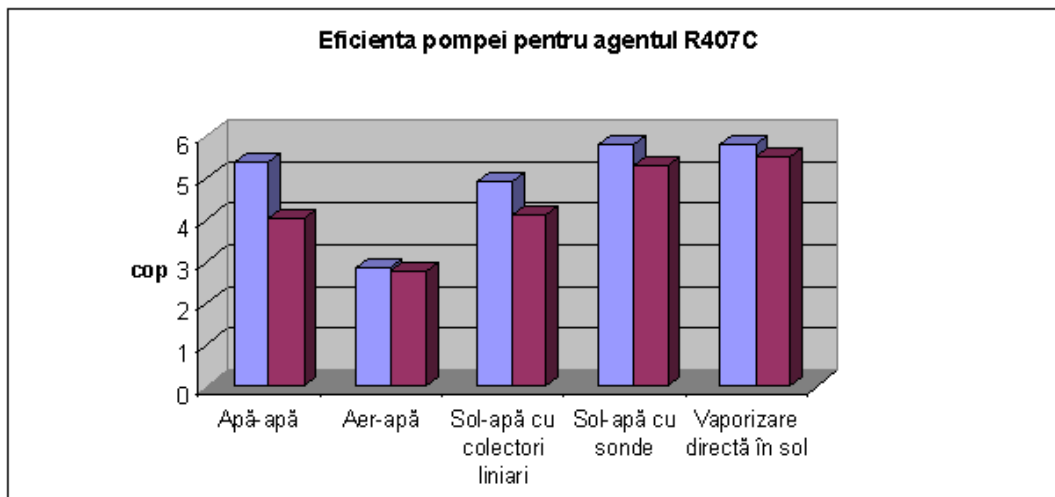


Fig.6.2 Eficiența pompei în funcție de tipul acesteia

Pompa aer-sol datorită eficienței termice scăzute nu este recomandată deoarece duce la prețuri de exploatare ridicate. Varianta sol-apă cu colectori orizontali necesită o suprafață mare a colectorului în jur de 400 m² și are și o eficiență termică mai scăzută, varianta apă-apă are o eficiență mai scăzută față de variantele cu vaporizare directă în sol și sol-apă cu sonde deci iese din calcul.

Varianta sol-apă cu sonde și cu vaporizare directă în sol sunt cele mai recomandate variante deoarece au o eficiență ridicată. În alegerea variantei de pompă de căldură care va fi folosită în încălzirea locuinței pe lângă factorul economic mai trebuie ținut cont și de o serie de factori de altă natură cum sunt: dimensiunile grădinii locuinței, existența unei pânze freatice cu un debit ridicat, cunoașterea compoziției solului, tipul solului, modul de dispunere a straturilor de roci etc.

Am ales pompa de căldură cu vaporizare directă în sol, prezentată în figura 6.2, pentru că nu necesită un circuit secundar de agent ca și varianta de pompă de căldură cu sonde care are nevoie de antigel ca să preia căldura din sol, deci în acest caz avem nevoie de o pompă și o rețea de țevi în plus față de pompa cu vaporizare directă în sol.



Fig.6.3 Pompa de căldură cu vaporizare directă

În tabelul 6.2 sunt prezentate datele tehnice ale pompei alese

Tabelul 6.2

	SuPRO Therna 7 DS
Capacitate termică la W10/W35 [kW]	7,98
Capacitate de răcire la W10/W35 [kW]	6,47
Puterea instalată la W10/W35 [kW]	1,51
Cifra de eficiență W10/W35	5,30
Intensi curenului în timpul funcționării la W10/W35 [A]	3,80
Nr. Regiștrii vaporizator direct [Stück]	4
Cantitate agent frigotehnic Propan R290 [kg]	2 bis 2,5
Intesitatea maximă[A]	8,3
Curentul la pornire (*1) [A]	36
Siguranța la alimentare	20 trăge
Tensiunea [V]	3 x 400
Frecvența [Hz]	50
Turația compresorului [s ⁻¹]	2950
Debit volumic al compresorului la 2900s ⁻¹ [m ³ /h]	8,10
Cantitate ulei în compresor [ltr]	1,00
Racord aspirație [mm]	19,20
Racord refulare [mm]	12,80
Înălțimea de construcție a compresorului [mm]	412
Greutatea compresorului [kg]	28,50
Dimensiuni pompa de căldură L/I/Î [mm]	1060/620/ 1040
Greutate pompa de căldură [kg]	
Dimensiuni panou de comandă L/I/Î [mm]	560/160/530

7. Calculul de dimensionare și alegere a aparatelor componente

7.1 Alegerea vaporizatorului și a condensatorului



Fig7.1.3 Țeava de cupru cu izolație anticorozivă

În figurile 7.1.4,7.1.5,7.1.6 este prezentat modul de aranjare al țevelor vaporizatorului.



Fig.7.1.4 Dispunerea țevelor ce alcătuiesc vaporizatorul



Fig7.1.5 Dispunerea țevilor unui vaporizator



Fig.7.1.6 Acoperirea țevilor

7.2 Încalzirea în pardoseala

În alegerea sistemului de încălzire prin pardoseală există astăzi păreri diferite. Datorită numeroaselor probleme generate de colmatarea cauzată de difuzia oxigenului. În anii '80 în Germania au fost realizate numeroase sisteme de încălzire, care utilizează surse clasice de căldură (cazane) și folosesc țeava ce nu permite difuzia oxigenului.

Problemele apăreau însă în acele instalații de încălzire unde era prelucrat oțelul. Aici producea oxigenului coroziune și conducea la apariția depunerilor sub formă de nămol.

Dacă instalația nu conține elemente ce pot fi corodate, nu se formează nici depunerile sub formă de nămol. În unele țări europene se utilizează de asemenea țevi care permit difuzia oxigenului, dar materialele sunt rezistente la coroziune și cazanul este protejat prin intercalarea unui schimbător de căldură. Această experiență tehnică a condus și în Germania la utilizarea țevilor din polipropilenă, care chiar dacă sunt mai scumpe, prezintă o foarte bună rezistență la difuzia oxigenului și compensează astfel cheltuielile suplimentare pentru instalația de încălzire

cu pompa de căldură. O schemă a încălzirii prin pardoseală este prezentată în figura 7.2.1



Fig.7.2.1 Modul de așezare al țevilor pentru încălzirea în pardoseală

Sistemele de încălzire prin pardoseală lucrează cu temperaturi superficiale scăzute chiar și la sarcini termice mici.

7.3 Calculul de alegere al compresorului

În alegerea compresorului, la fel ca și în cazul alegerii vaporizatoarelor și condensatoarelor un criteriu important l-a reprezentat dimensiunile de gabarit. Din această cauză nu s-a optat pentru un compresor cu piston ci la unul cu spirale.

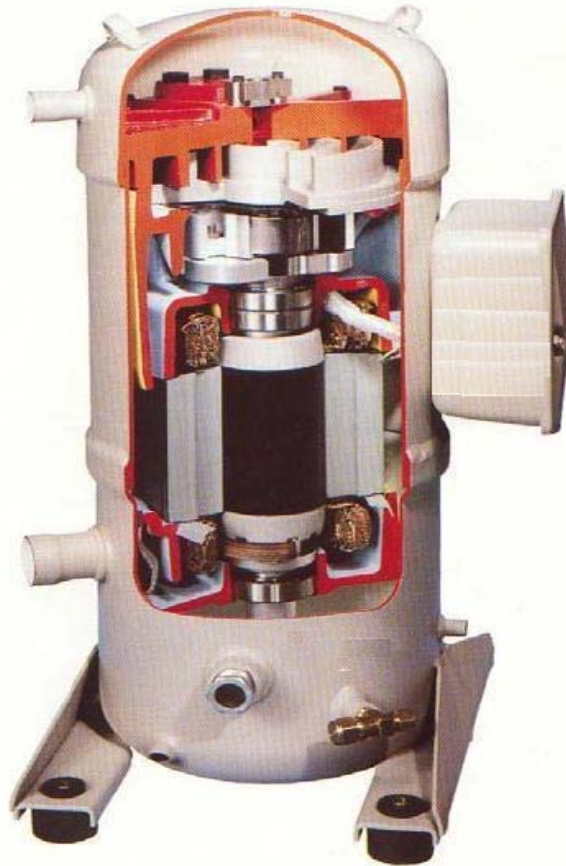


Fig.7.3.1 Compresor cu spirală

Modul de funcționare al acestor tipuri de compresoare este ilustrat în figura 7.3.2

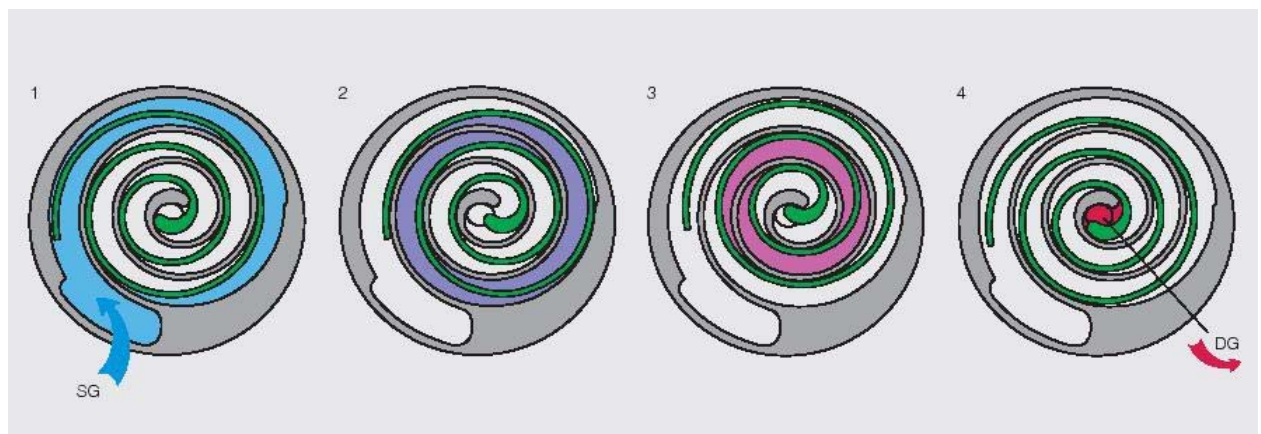


Figura 7.3.2 Principiul de funcționare al compresorului cu spirală

Fazele funcționării:

-aspirația 1: în timpul deplasării spiralei inferioare se formează două zone prin care sunt

aspirați vaporii de agent frigorific până în momentul în care cele două zone se închid
-comprimarea 2 și 3 : mișcarea spiralei antrenează vaporii spre zona centrală, iar volumul ocupat de vaporii se reduce treptat ceea ce produce comprimarea acestora.

-refularea 4 : vaporii comprimați sunt evacuați prin orificiul din zona centrală.

Se observă că în timpul funcționării cele trei faze se desfășoară simultan, simetric și continuu, ceea ce reprezintă o caracteristică a acestui tip de compresor, care va fi supus unei variații de cuplu mai redusă decât în cazul compresorului cu piston. Compresorul nu necesită supape, fiind suficientă o simplă clapetă unisens, care împiedică reîntoarcerea vaporilor refuși. Raportul de comprimare este fix iar coeficientul de debit este foarte bun pentru că nu există spațiu mort.

Alegerea compresorului se face în funcție de debitul de agent frigorific aspirat.

.....

De la firma germană Bitzer, pe baza diagramei 7.3.3 se alege un compresor ES622 cu un debit de 20 m³/h.

7.4 Alegerea schimbătorului intern de căldură

.....



Fig.7.4.1 Schimbatoare interne de căldură

.....


7.5 Alegere ventilului de laminare termostatic

Ventilele de laminare termostactice sunt echipamente sunt elemente specifice instalațiilor frigorifice destinate reglării automate a gradului de supraîncălzire a vaporilor care părăsesc vaporizatorul. Alegerea ventilului de laminare termostatic se face în funcție de o serie de parametri cum sunt: tipul agentului frigorific, presiunea de lucru, sarcina termică a vaporizatorului, temperatura de evaporare și valoarea punctului MOP. Ventilele de laminare tip MOP protejează instalația împotriva creșterii presiunii de aspirație.

Din catalogul firmei daneze Danfoss prezentat în tabelul 7.5.1 se alege pentru propan un ventil de laminare termostatic tip TX/TEX2-1.5 care poate fi folosit pentru o sarcină termică a vaporizatorului de până la 10 KW.

Pentru o reglare cât mai exactă a gradului de supraîncălzire bulbul ventilului de laminare termostatic trebuie montat pe conducta de ieșire din vaporizator analog intervalul dintre orele 1 și 4 pe cadranul unui ceas.

Tabelul 7.5.1 Catalog pentru ventile de laminare termostactice



Thermostatic expansion valves, type T 2 and TE 2																	
Capacity																R 22	
Capacity in kW for range N: -40°C to +10°C																	
Valve type	Orifice no.	Pressure drop across valve Δp bar								Pressure drop across valve Δp bar							
		2	4	6	8	10	12	14	16	2	4	6	8	10	12	14	16
Evaporating temperature +10°C									Evaporating temperature 0°C								
TX 2/TEX 2-0.15	0X	0.37	0.48	0.55	0.60	0.63	0.65	0.65	0.67	0.37	0.48	0.55	0.59	0.63	0.65	0.66	0.66
TX2/TEX 2-0.3	00	0.97	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	0.94	1.0	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4
TX2/TEX 2-0.7	01	2.2	2.8	3.2	3.4	3.6	3.7	3.8	3.8	1.9	2.4	2.7	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3
TX2/TEX 2-1.0	02	3.0	4.0	4.7	5.1	5.4	5.6	5.8	5.8	2.6	3.4	4.0	4.3	4.6	4.8	4.9	5.0
TX2/TEX 2-1.5	03	5.4	7.2	8.3	9.1	9.7	10.0	10.2	10.3	4.6	6.1	7.1	7.8	8.2	8.5	8.7	8.8
TX2/TEX 2-2.3	04	8.1	10.8	12.5	13.8	14.5	15.0	15.4	15.5	6.9	9.1	10.5	11.5	12.2	12.7	13.0	13.2
TX2/TEX 2-3.0	05	10.2	13.6	15.7	17.2	18.3	18.9	19.3	19.5	8.8	11.6	13.3	14.6	15.5	16.1	16.4	16.6
TX2/TEX 2-4.5	06	12.6	16.7	19.3	21.0	22.3	23.1	23.5	23.7	10.8	14.2	16.3	17.8	18.9	19.6	20.0	20.2
Evaporating temperature -10°C									Evaporating temperature -20°C								
TX 2/TEX 2-0.15	0X	0.37	0.47	0.53	0.57	0.60	0.63	0.64	0.64	0.44	0.50	0.54	0.57	0.59	0.61	0.61	
TX 2/TEX 2-0.3	00	0.79	0.96	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	0.98	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	
TX 2/TEX 2-0.7	01	1.6	2.0	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.3	2.3	
TX 2/TEX 2-1.0	02	2.2	2.9	3.3	3.6	3.8	4.0	4.1	4.1	2.4	2.7	2.9	3.1	3.2	3.3	3.3	
TX 2/TEX 2-1.5	03	3.9	5.1	5.9	6.4	6.8	7.1	7.3	7.3	4.2	4.8	5.2	5.5	5.8	5.9	6.0	
TX 2/TEX 2-2.3	04	5.8	7.6	8.7	9.5	10.1	10.5	10.8	10.9	6.2	7.1	7.7	8.2	8.5	8.7	8.8	
TX 2/TEX 2-3.0	05	7.4	9.6	11.0	12.0	12.8	13.3	13.6	13.8	7.9	9.0	9.8	10.3	10.8	11.0	11.2	
TX 2/TEX 2-4.5	06	9.1	11.8	13.5	14.7	15.6	16.2	16.6	16.8	9.6	11.0	11.9	12.6	13.1	13.5	13.7	



Fig7.5.1 Ventile de laminare termostactice TEX2

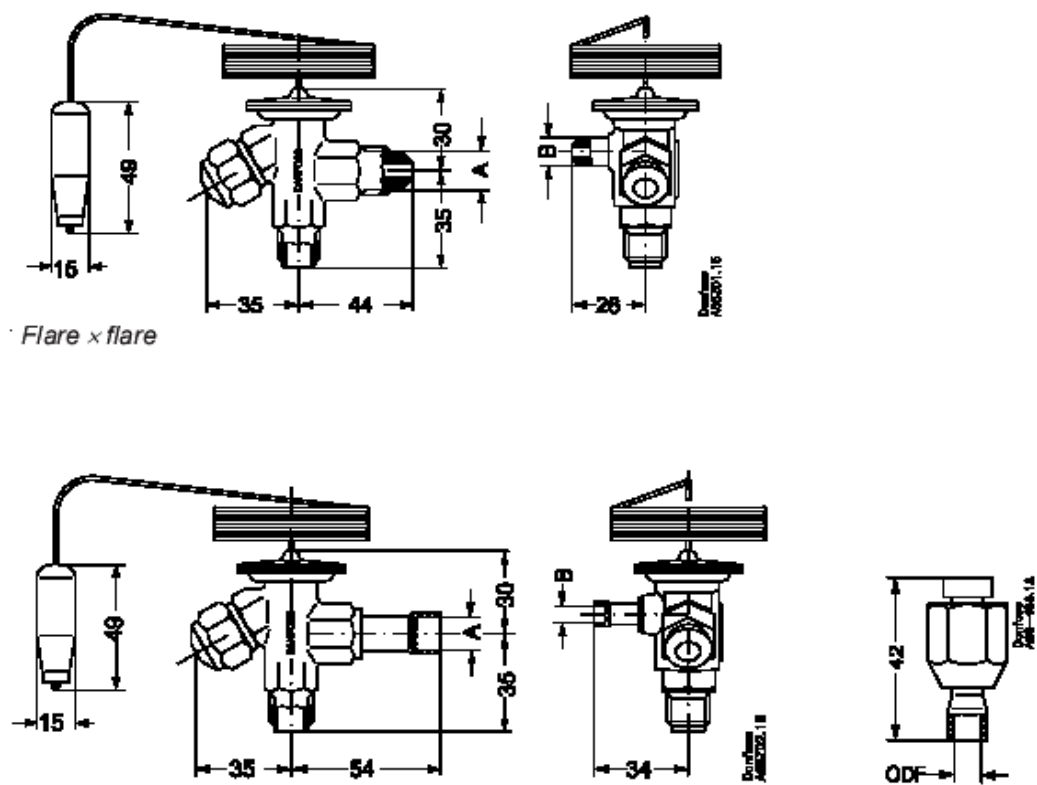


Fig7.5.2 Desenul de execuție al ventilelor de laminare

7.6 Alegerea pompei de recirculare a agentului termic.

.....



Fig.7.6.1 Pompa de recirculare

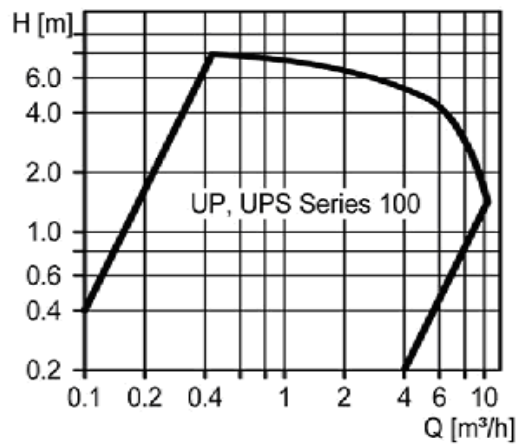


Fig.7.6.2 Caracteristica pompei de recirculare

7.7 Alegerea boilerului pentru prepararea apei calde menajere



Fig.7.7.1 Boiler Vitocell L300

Capacitate acumulator 350 litri

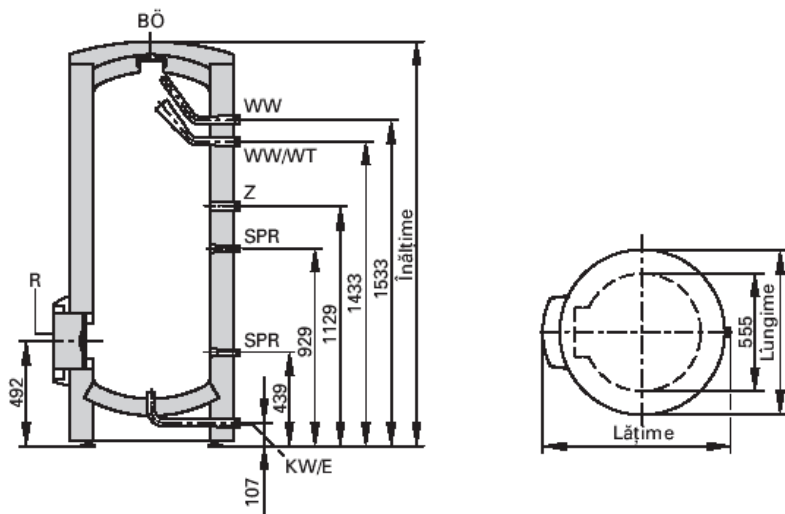


Fig.7.7.2 Desenul de execuție al boilerului

7.8 Alegerea pompelor de recirculare a apei calde menajere

.....

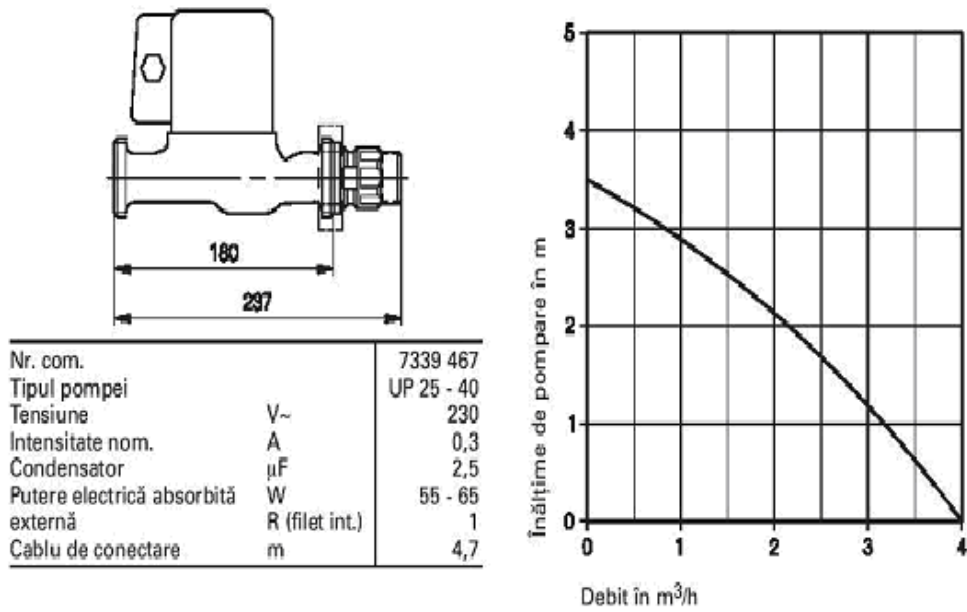


Fig.7.8.1 Caracteristica pompei

7.9 Alegerea electroventilelor

.....



Fig.7.9.1 Electroventile

7.10 Alegerea termostatelor

Termostatele închid sau deschid circuite electrice de comandă, în funcție de valoarea temperaturii reglate, care este detectată prin intermediul unui bulb, sau un element termosensibil conectat la un burduf elastic. Principiul de funcționare al termostatelor este prezentat în figura 7.10.1.

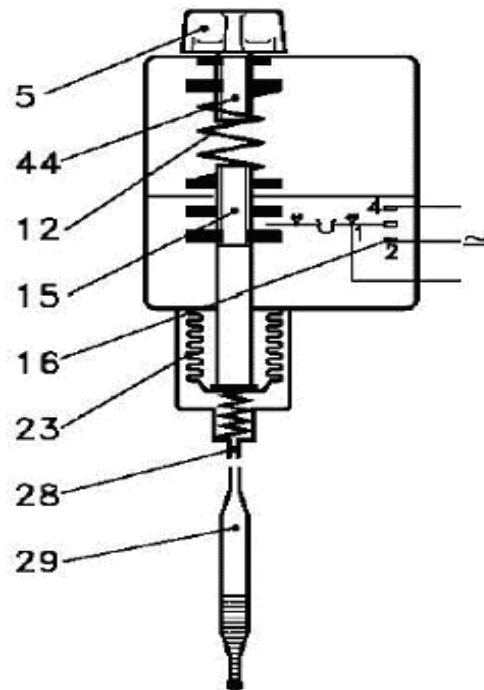


Fig.7.10.1 Principiul de funcționare al unui termostat

Traductorul de temperatură este reprezentat de bulbul 29, legat prin tubul capilar 28 de burduful elastic 23. În bulb se găsește agent frigorific lichid în echilibru cu vapori, iar presiunea din bulb este proporțională cu temperatura. Astfel, variația temperaturii controlate de termostat este transformată în variația unei presiuni, care acționează asupra burdufului elastic. Mecanismul termostatului cuprinde tija principală 15, care este acționată de burduful elastic și de resortul principal 12. Tensiunea resortului poate fi reglată cu ajutorul șurubului de reglaj 44, acționat prin intermediul butonului 5. Sub acțiunea diferenței de forță datorate presiunii din bulb și cea datorată resortului principal, tija termostatului se poate deplasa, modificând poziția contactelor 16.

Alegerea termostatelor se realizează ținând seama de tipul aplicației în care vor fi utilizate, deci de funcțiile pe care trebuie să le îndeplinească. În figura 7,22 sunt prezentate domeniile de utilizare a termostatelor tip KP de la firma Danfoss

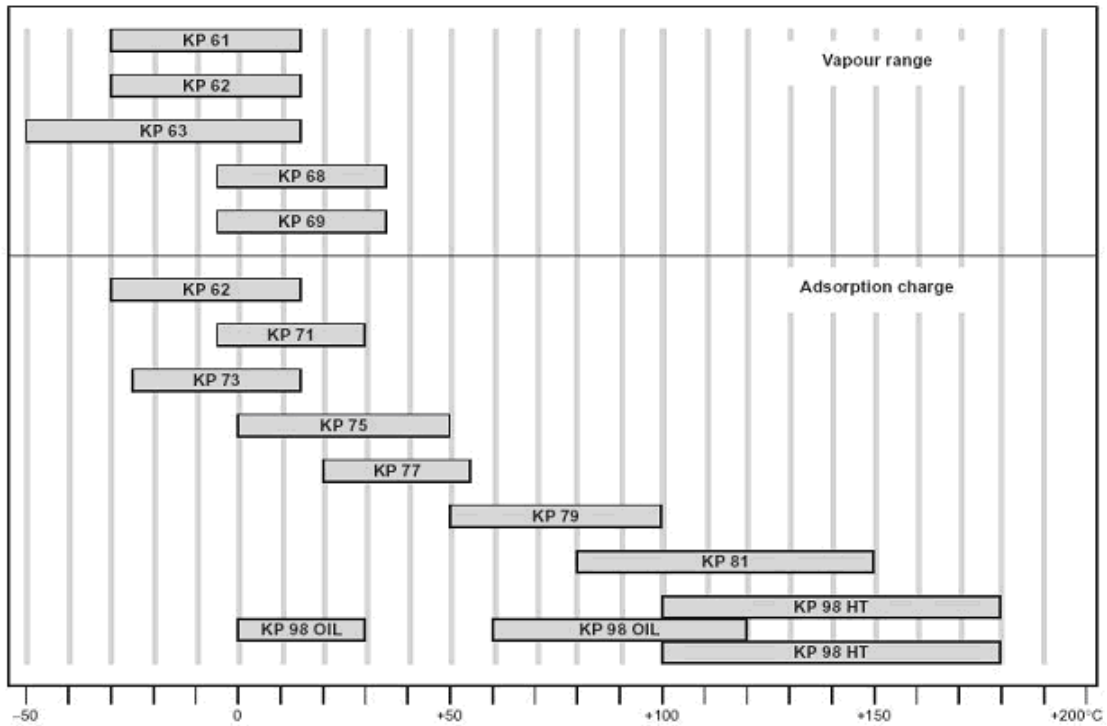


Fig.7.10.2 Domeniile de funcționare ale termostatelor

Din figura 7.10.2 se alege pentru reglarea temperaturii interioare un termostat KP 69 iar pentru reglarea temperaturii apei calde menajere din boiler un termostat KP 79.

7.11 Alegerea presostatelor

Presostatele închid sau deschid circuite electrice de comandă, în funcție de valoarea presiunii reglate, care este detectată prin intermediul unui burduf elastic. Principiul de funcționare a unui presostat este prezentat în figura 7.11.1.

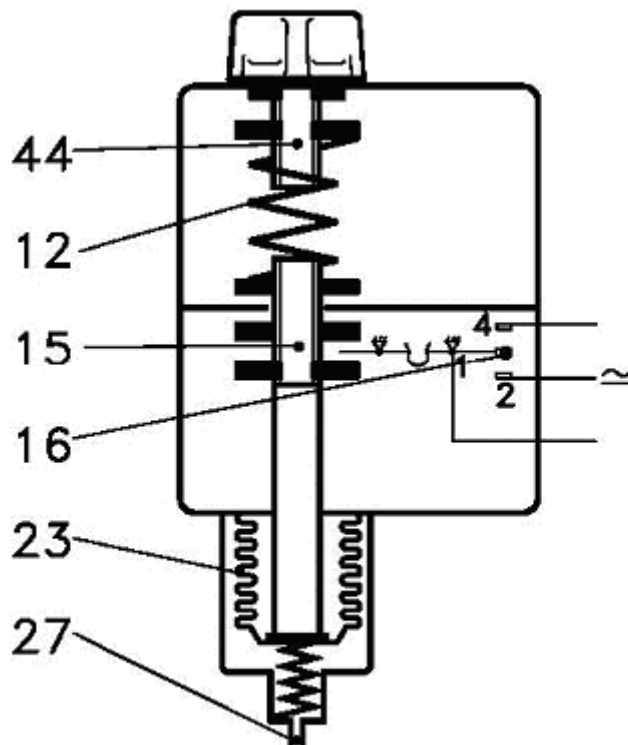


Fig.7.11.1 Principiu de funcționare al unui presostat

Presiunea care trebuie reglată, acționează prin intermediul racordului 27 și al burdufului elastic 23, asupra tijeii principale 15. Valoarea de referință a presiunii controlate, este materializată cu ajutorul resortului principal 12, care acționează asupra tijeii 15, în sens opus. Valoarea presiunii de referință, la care presostatul acționează este reglată cu ajutorul șurubului de reglaj 44.

Presostatele pot fi utilizate atât pentru reglarea presiunii joase (de vaporizare) cât și pentru reglarea presiunii de condensare, corespunzător presostatele fiind numite presostate de joasă presiune sau de înaltă presiune.

Selecția presostatelor din cataloagele firmelor producătoare se realizează în funcție de nivelul presiunii pe care trebuie să o controleze. În figura 7.11.2 sunt prezentate domeniile de utilizare a presostatelor KP ale firmei Danfoss.

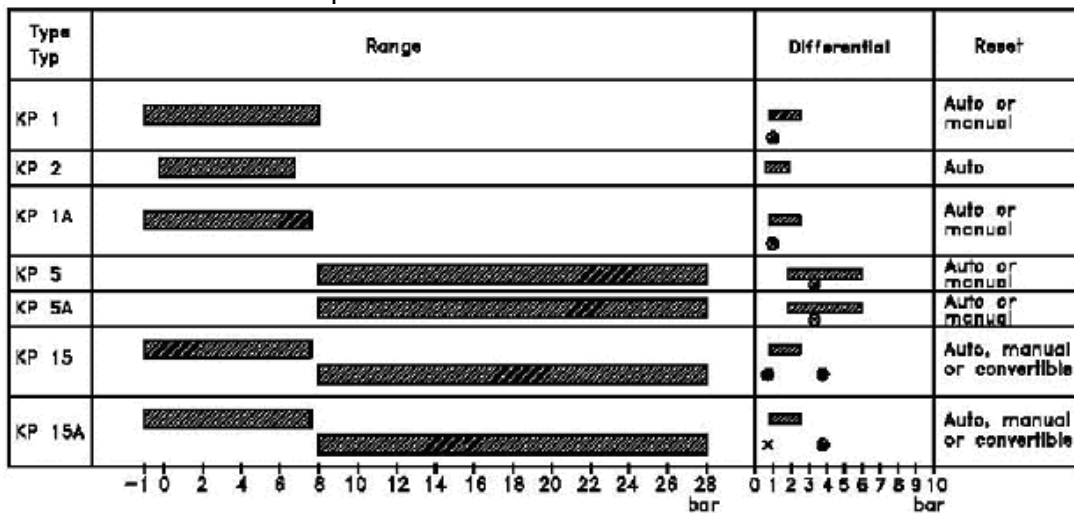


Fig.7.11.2 Domenii de funcționare ale presostatelor

Din tabelul din figura 7.11.2 pentru reglarea presiunii de vaporizare s-a ales de la firma daneză Danfoss un presostat KP2 iar pentru reglarea presiunii de condensare un presostat KP 5A.

8.Schema de automatizare

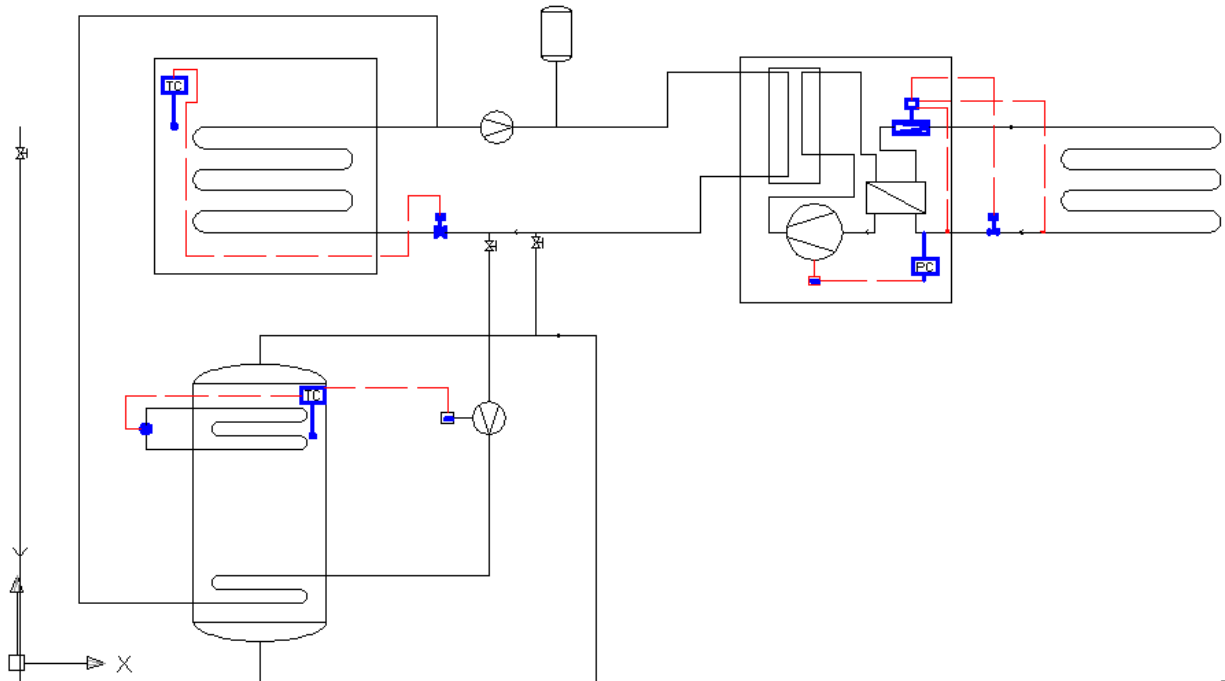


Fig.8.1 Schema de automatizare a instalației

Problema principală a automatizării instalațiilor de încălzire este menținerea temperaturii mediului încălzit la valoarea prescrisă, în condiții acceptabile, din punct de vedere economic și tehnologic, de funcționare a instalației de încălzire.

Instalațiile de încălzire consumă energie, pentru producerea efectului util. Eficiența sistemelor de încălzire depinde de cantitatea de energie consumată în vederea realizării efectului util. Aceasta la rândul ei depinde de condițiile în care se desfășoară procesele din această instalație dar și de cantitatea și calitatea informațiilor despre sistem, precum și de modul în care informațiile sunt preluate și folosite.

Una din problemele fundamentale ale încălzirii este reducerea consumurilor energetice, iar acest obiectiv se poate atinge numai în condițiile în care funcționarea instalației și a componentelor acesteia este automatizată.

Menținerea temperaturii constante la valoarea prescrisă a mediului încălzit trebuie realizată indiferent de variația temperaturii externe. Unul din cei mai importanți factori externi, care schimbă condițiile interne de funcționare a instalației este necesarul de căldură. Instalațiile de încălzire se proiectează să poată asigura necesarul de căldură nominal, în cele mai

grele condiții externe de funcționare, previzibile pentru acea instalație.

Regimul staționar nominal de funcționare a instalației este caracterizat de egalitatea dintre puterea termică a instalației și necesarul total de căldură.

Atâta timp cât instalația funcționează în regimul nominal, nu este necesar nici un sistem de reglare și automatizare a acesteia.

În timpul funcționării instalației aceasta va funcționa însă extrem de rar în condițiile nominale, prevăzute la funcționare. Astfel pot fi menționate cel puțin două tipuri de elemente care determină funcționarea în condiții diferite de cele nominale:

- Necesarul de căldură pe care trebuie să îl asigure instalația este variabil în timp

- Condițiile externe de lucru sunt caracterizate de fluctuații mari atât diurne cât mai ales sezoniere, iar modificarea condițiilor externe determină modificarea condițiilor interne de funcționare a instalației.

Se poate spune că în general reglarea temperaturii mediului încălzit se realizează prin reglarea diferitelor componente ale instalației astfel încât puterea termică a instalației să fie în permanență egală cu necesarul de căldură.

8.1 Reglarea temperaturii interioare

Menținerea temperaturii interioare la valoarea de 21 °C se realizează prin intermediul unui termostat și un electroventil montat pe circuitul de încălzire în pardoseală iar termostatul în una din încăperi .

Termostatul sesizează modificarea temperaturii din cameră și acționează asupra unui electroventil montat pe circuitul de încălzire prin pardoseală închizându-l sau deschizându-l în funcție de modul de variație al temperaturii interioare. Dacă temperatura interioară crește termostatul închide ventilul electromagnetice iar dacă temperatura scade termostatul deschide ventilul electromagnetice permițând astfel vehicularea unui debit mai mare de agent termic secundar prin instalația de încălzire prin pardoseală. Reglarea temperaturii interioare este prezentată în figura 8.1.1.

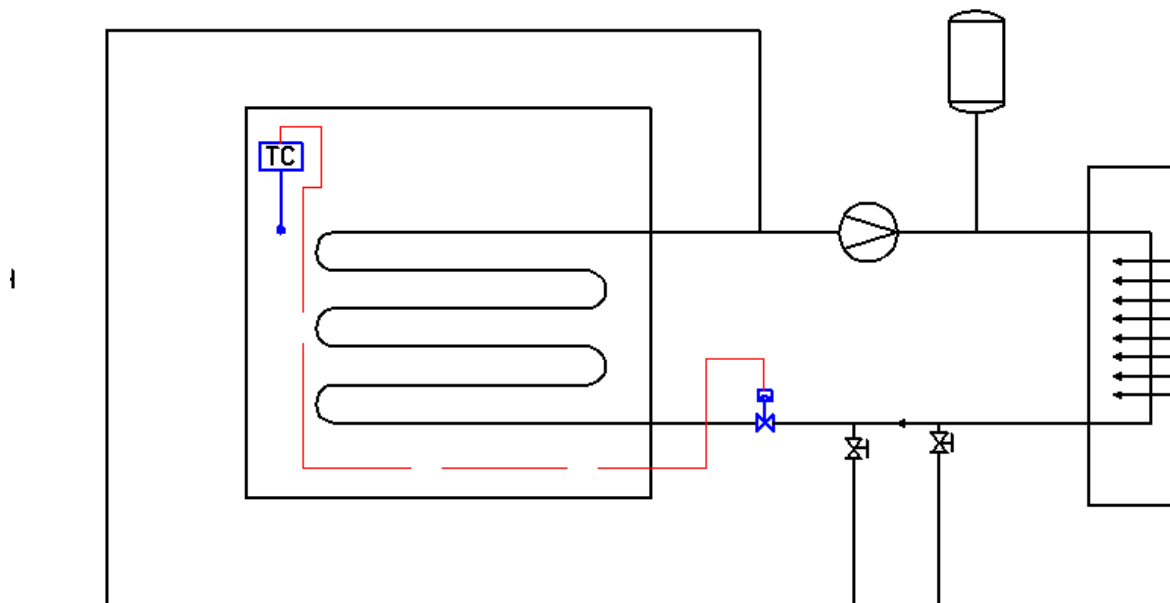


Fig.8.1.1 Reglarea temperaturii interioare

Electroventilele pot să realizeze o reglare continuă a debitului de agent termic secundar pentru că în funcție de temperatura din cameră detectată de traductorul de temperatură, regulatorul comandă coborârea sau urcarea organului de închidere a robinetului, ceea ce determină scăderea sau creșterea secțiunii de curgere în funcție de necesități.

8.2.Reglarea temperaturii apei calde menajere

Reglarea temperaturii apei calde menajere se realizează prin intermediul unui termostat montat pe boiler fig.8.2,1.

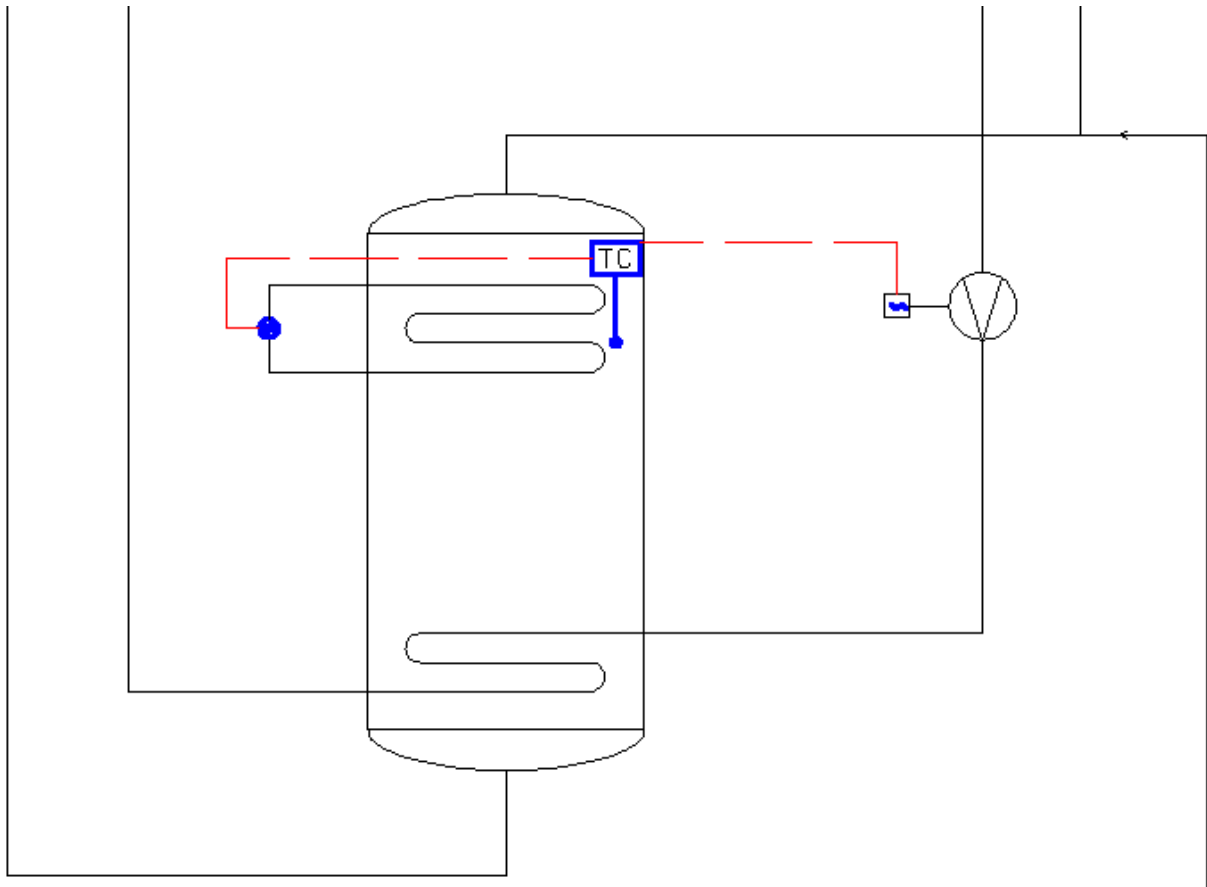


Fig.8.2.1.Reglarea temperaturii apei calde menajere

Termostatul este reglat să asigure o temperatură a apei din boiler de 45°C. Când temperatura apei calde menajere începe să scadă, termostatul acționează asupra pompei (figura 8.2.1) montată pe circuitul de agent termic secundar deschizând-o și pornește alimentarea cu energie electrică a rezistenței. Când temperatura apei din boiler atinge temperatura de 45°C, termostatul închide electroventilul și oprește alimentarea cu energie a pompei de recirculare a apei din boiler, acesta urmând a fi deschis când temperatura apei calde menajere începe să scadă.

8.3 Reglarea supraîncălzirii vaporilor de agent termic primar (propan)

Reglarea supraîncălzirii vaporilor se face cu ajutorul ventilului de laminare termostatic prezentat în figura 8.3.1

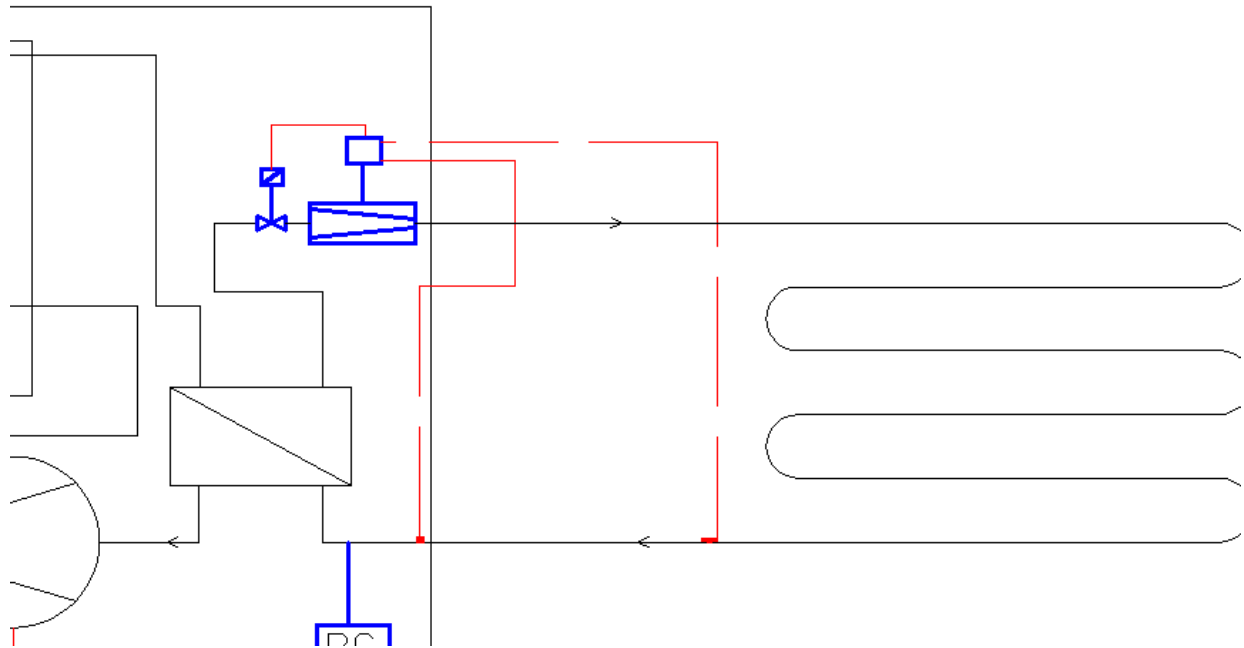


Fig.8.3.1 Reglarea supraîncălzirii vaporilor

Dacă diferența dintre temperatura de vaporizare, măsurată la intrarea în vaporizator și temperatura vaporilor la ieșirea din vaporizator, scade atunci presiunea din bulbul montat pe ieșirea din vaporizator scade și reduce secțiunea de curgere prin ventil.

Dacă diferența dintre cele două temperaturi, care măsoară gradul de supraîncălzire devine prea mare, corespunzător unui necesar de frig mai mare decât puterea frigorifică a vaporizatorului, atunci ventilul termostatic determină creșterea secțiunii de curgere prin ventilul de laminare. Corespunzător va crește debitul masic de lichid care alimentează vaporizatorul, iar acest debit mărește puterea frigorifică a vaporizatorului, și se supraîncălzește mai greu. Când diferența dintre temperatura de vaporizare și temperatura vaporilor la ieșirea din vaporizator, este prea mare ventilul electromagnetic oprește alimentarea cu agent a vaporizatorului.

8.4 Reglarea sarcinii termice a compresorului

Reglarea sarcinii termice a compresorului reprezintă soluția la problema fundamentală a automatizării instalației de încălzire, și anume realizarea unei permanente corelații între necesarul de căldură și puterea termică a instalației, în condiții acceptabile din punct de vedere tehnic, economic, tehnologic și energetic.

Sarcina frigorifică a compresorului depinde direct proporțional de turația arborelui acestuia. Modificarea turației compresorului se poate realiza prin utilizarea unui motor de antrenare a compresorului asincron cu mai multe trepte de turație.

Dacă se dorește o reglare mai precisă a turației, se pot utiliza un redresor cuplat cu un motor de curent continuu sau un convertizor de frecvență cuplat cu un motor de curent alternativ. Când necesarul de căldură scade, temperatura de condensare crește deoarece agentul termic secundar nu mai poate să preia căldura degajată în urma condensării. Crescând temperatura de condensare crește și presiunea de condensare, creștere de presiune sesizată de presostatul montat pe conducta de refulare (figura 7.4). Presostatul comandă un convertizor de frecvență care determină scăderea turației arborelui compresorului. Când presiunea de condensare scade, același presostat acționează asupra convertizorului de frecvență determinând creșterea turației arborelui.

O altă metodă de reglare a puterii compresorului este prezentată în continuare.

Ea constă în realizarea unui circuit de scurtcircuitare (by pass) între conducta de refulare și de aspirație a compresorului ca în figura 8.4.1.

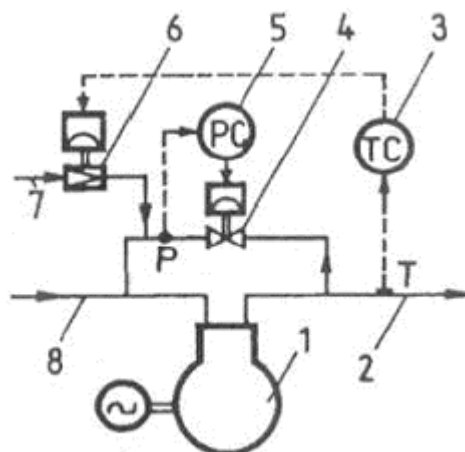


Fig.8.4.1 Reglarea sarcinii termice a compresorului

Între conducta de refulare 2 și cea de aspirație 8 a compresorului 1 se montează ventilul de reglare 4 acționat de regulatorul de presiune de aspirație 5. Acest sistem de reglare a puterii frigorifice este prevăzut și cu un regulator al temperaturii de refulare 3 care acționează asupra ventilului de injecție 6, ce realizează o legătură între conducta de lichid 7 și conducta de aspirație. Când necesarul de căldură scade, presostatul 5

sesizează creșterea presiunii de condensare și deschide treptat ventilul de by-pass 4. Astfel o parte din vaporii refuțați de compresor se vor întoarce în conducta de aspirație ceea ce determină o scădere a presiunii de condensare. Datorită faptului că pe timp de vară necesarul de căldură este redus deoarece se prepară doar apă caldă menajeră utilizarea acestei metode de reglare a puterii compresorului nu este rentabilă deoarece duce la cheltuieli de exploatare ridicate.

O altă metodă de reglare a puterii instalației este utilizarea a două compresoare legate în paralel. În anotimpul rece funcționează ambele compresoare iar în anotimpul cald se

sisteză funcționarea unui compresor. Nici această soluție nu este rentabilă din punct de vedere economic deoarece prețul de achiziție al celui de-al doilea compresor este ridicat.

Fig.8.4.2 reprezintă automatizarea pentru oprirea și pornirea compresorului cu un presostat de joasă presiune, oprirea și pornirea compresorului corespunzând cu oprirea și pornirea pompei de căldură.

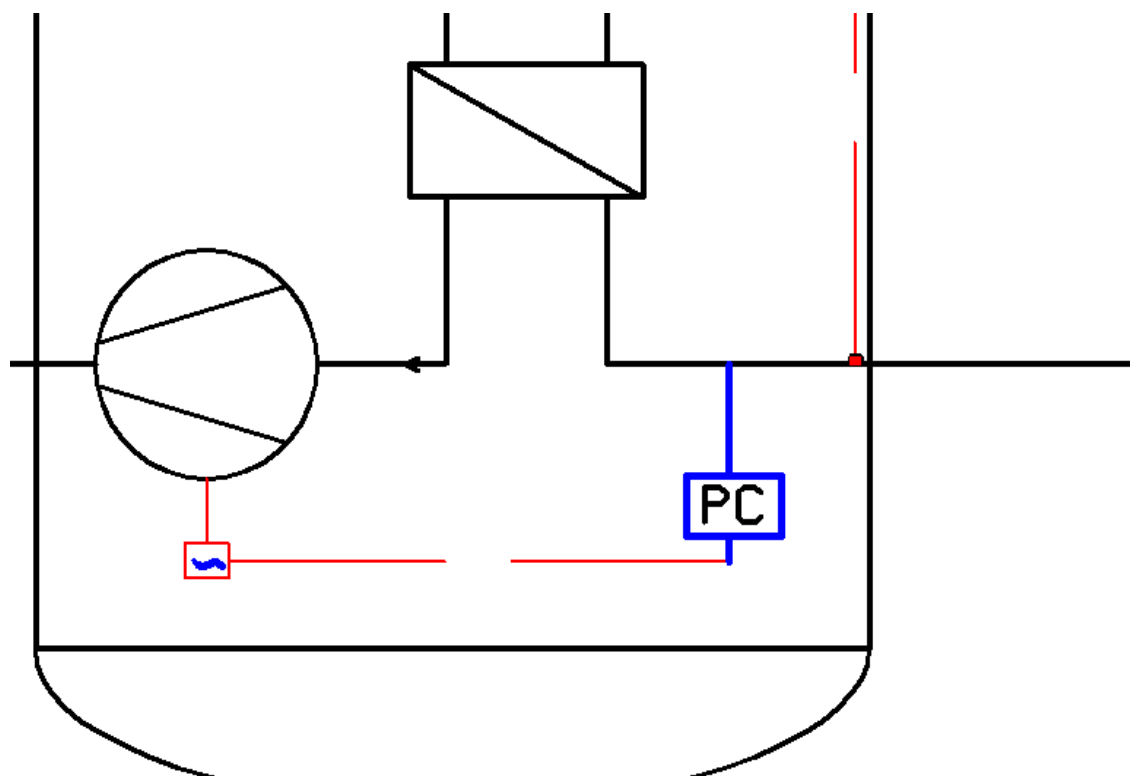


Fig.8.4.2 Oprirea și pornirea compresorului

8.5 Pornirea si oprirea pompelor de căldură

Când una din temperaturile reglate a scăzut (s-a deschis electroventilul de pe circuitul de agent termic secundar) termostatul comandă deschiderea electroventilului de pe intrarea în vaporizatorul pompei de căldură. Deschizându-se electroventilul, agentul frigorific intră în vaporizator și vaporizează, în urma vaporizării presiunea de pe aspirația compresorului crește. Creșterea presiunii de vaporizare este sesizată de presostatul de pe conducta de aspirație care determină pornirea compresorului.

Când necesarul de căldură pentru instalație este zero (temperaturile din camere și din boiler au atins valorile prestabilite) și compresorul funcționează la turația minimă termostatele determină închiderea electroventilului de pe intrarea vaporizatorului pompei de căldură. Compresorul aspiră în continuare vapori creând o depresiune în vaporizator . Scăderea presiunii este sesizată de presostatul de joasă presiune care oprește instalația. Oprirea directă a compresorului la atingerea valorilor de temperatură

prescrise pune mari probleme la pornire, când compresorul aspiră și lichidul care nu a apucat să vaporizeze producând așa numitele lovituri hidraulice.

9.Tema tehnologică

.....

10. Tema economică

.....
Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 10.2

Costuri estimative de exploatare exprimate în [\$]						
Intervalele de calcul	Pompe de căldură					Centrală pe gaz
	Vaporizare directă	Apă-apă	Aer-apă	Sol-apa cu captatori plani	Sol-apă cu sonde	
Pe zi	2,461	2,65	5,057	3,099	2,46	3,362
Pe lună	73,84	79,488	151,71	92,966	73,84	100,863

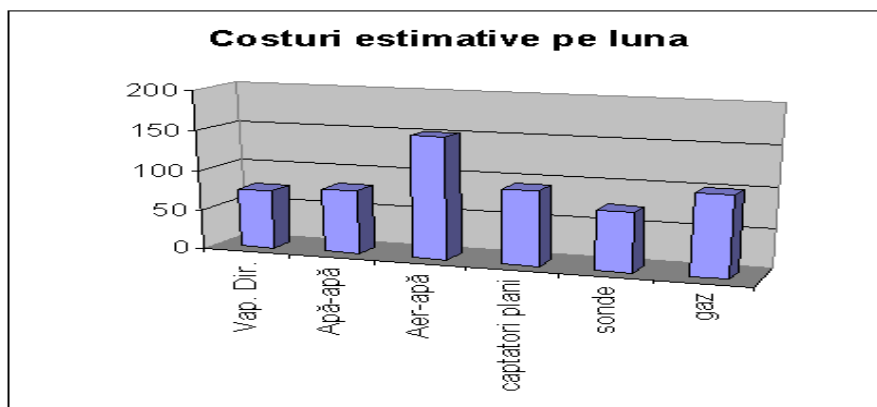


Fig.10.1 Diagrama estimativă a costurilor de exploatare

11.Prezentarea instalației

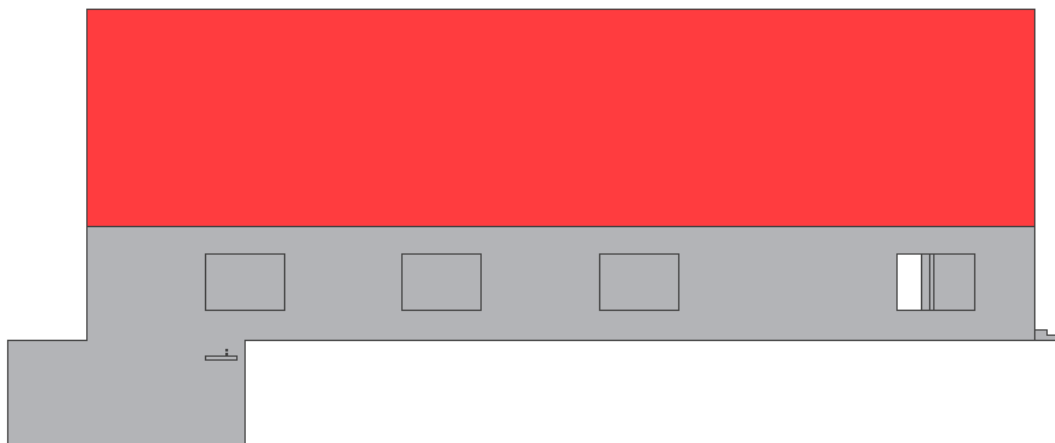


Fig.11.1 Vedere laterală



Fig.11.2 Vedere frontală

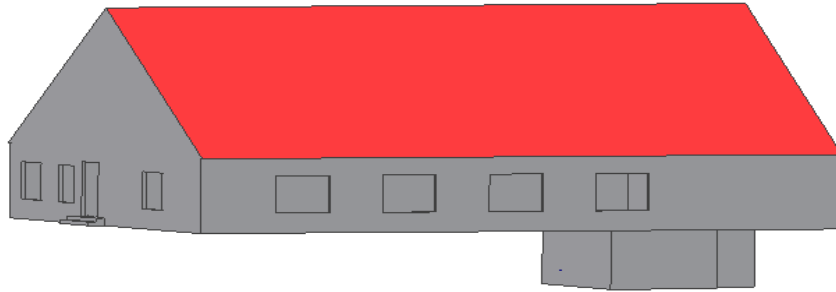


Fig.11.3 Vedere laterală



Fig.11.4 vedere de sus

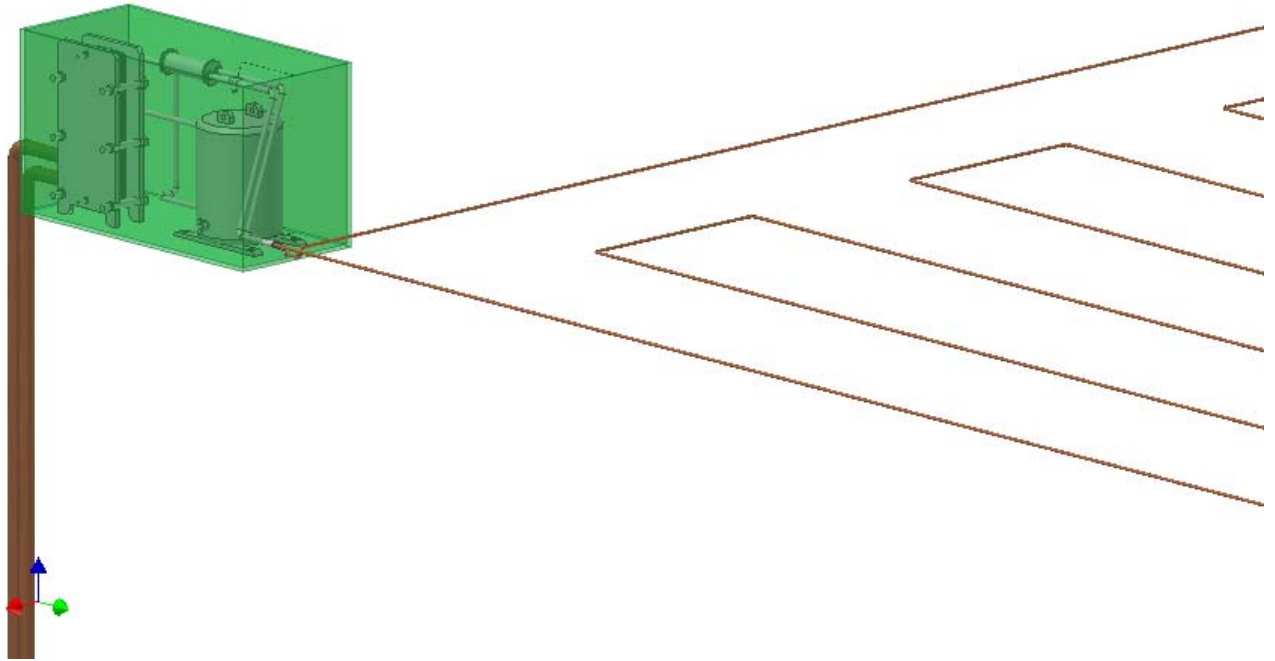


Fig.11.5 Pompa de căldură



Fig11.6 Compresorul pompei de căldură

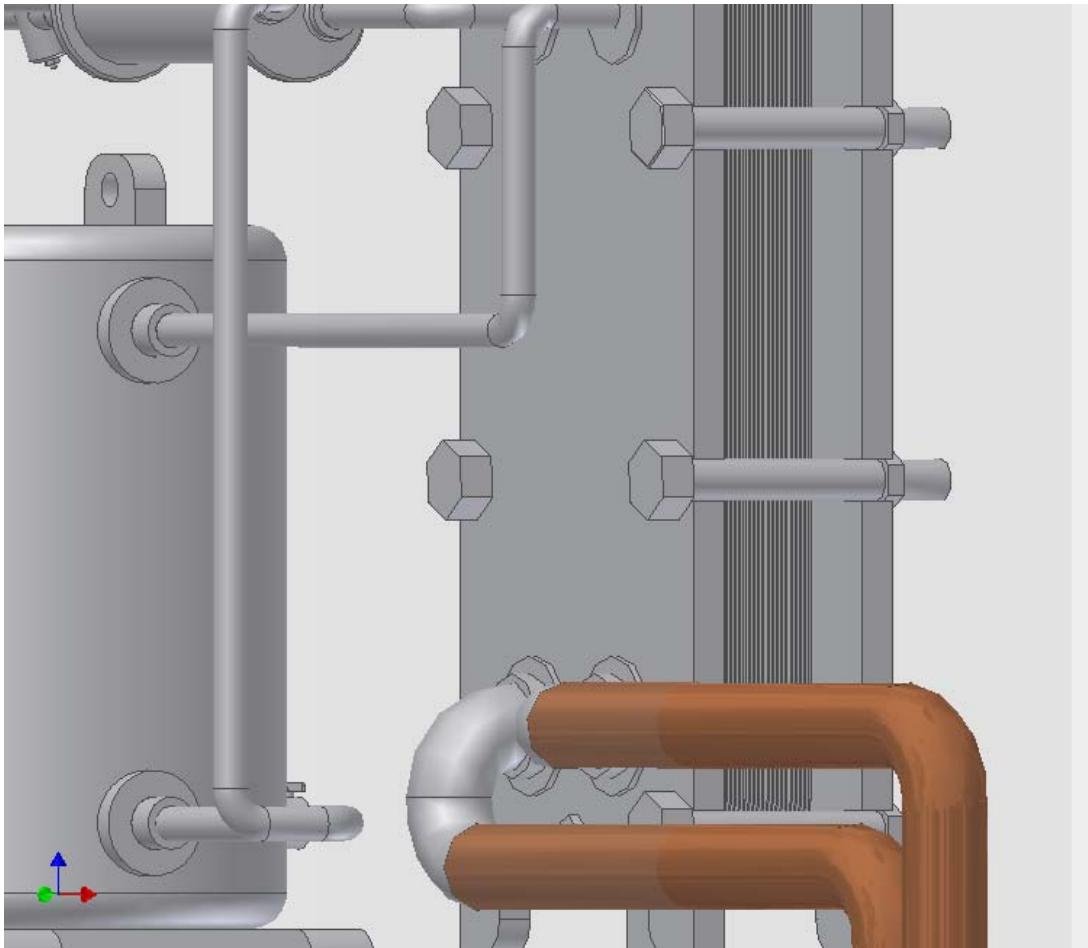


Fig.11.7 Condensatorul pompei de căldură

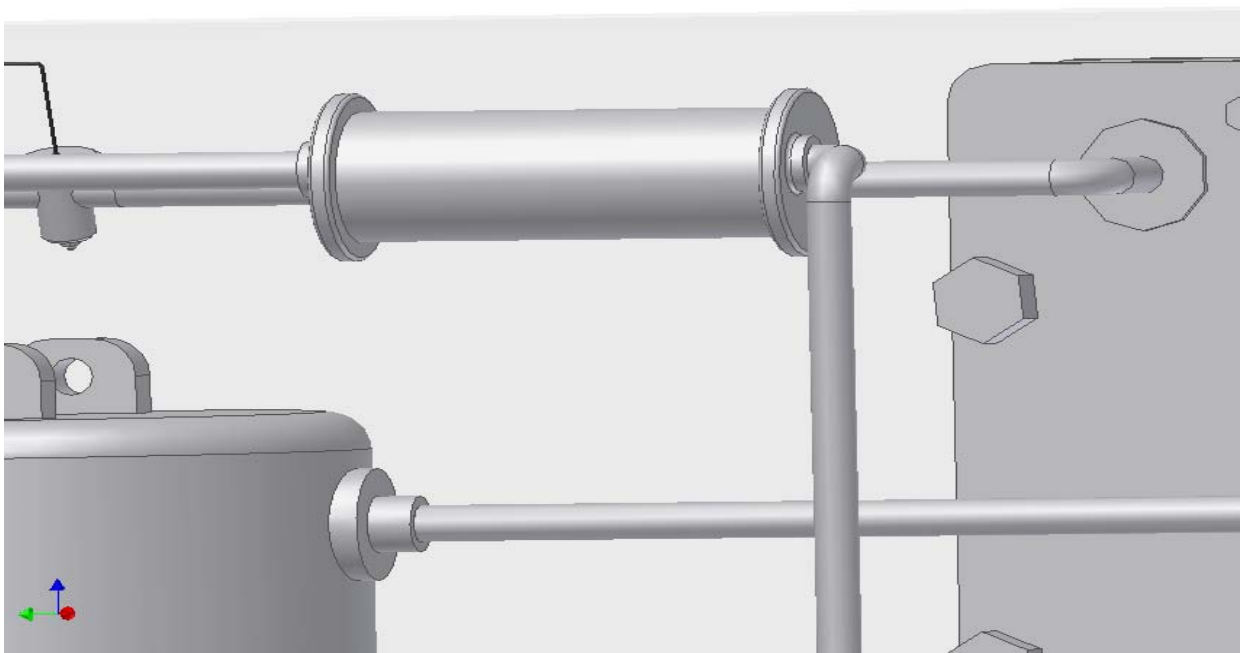


Fig.11.8 Schimbătorul intern regenerativ de căldură

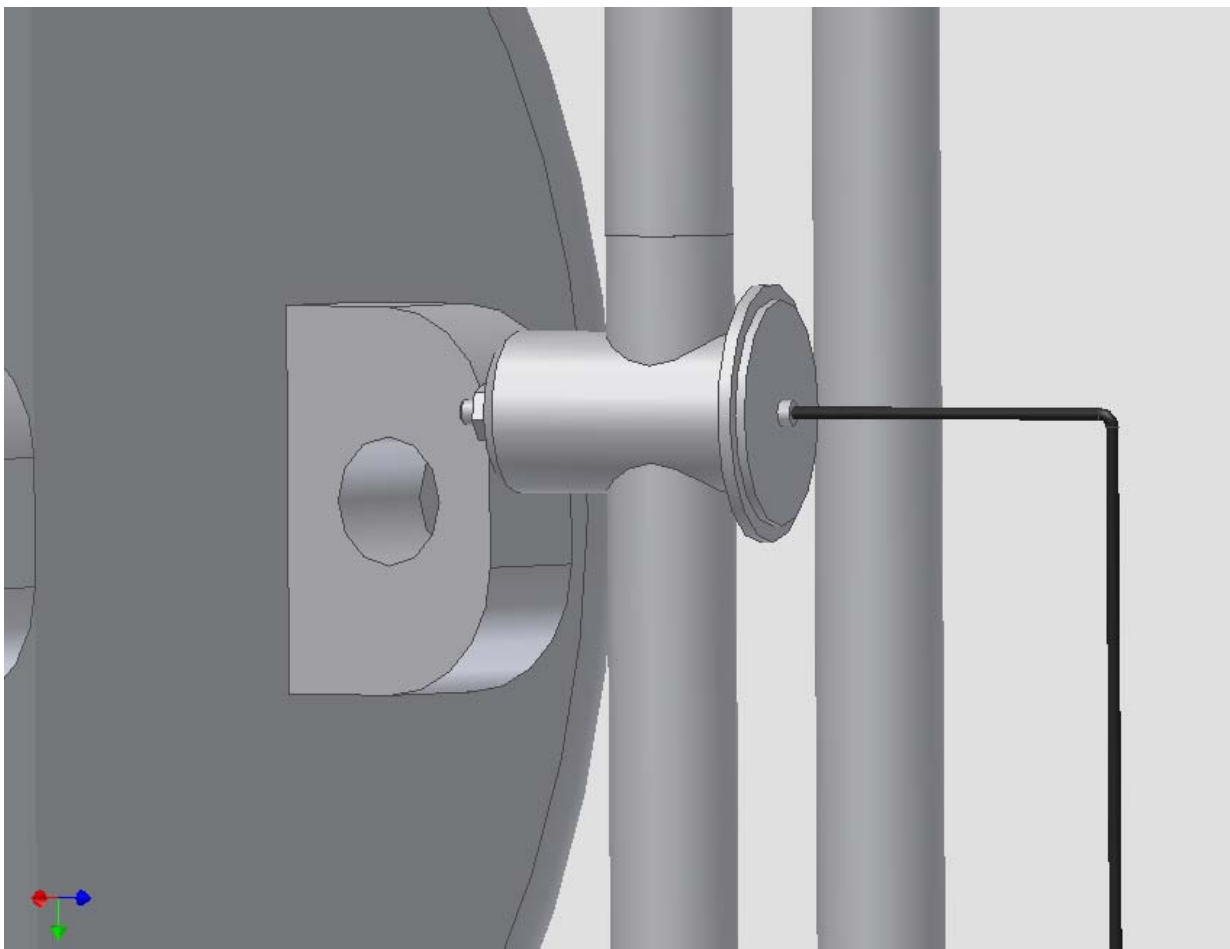


Fig.11.9 Ventilul de laminare termostatic

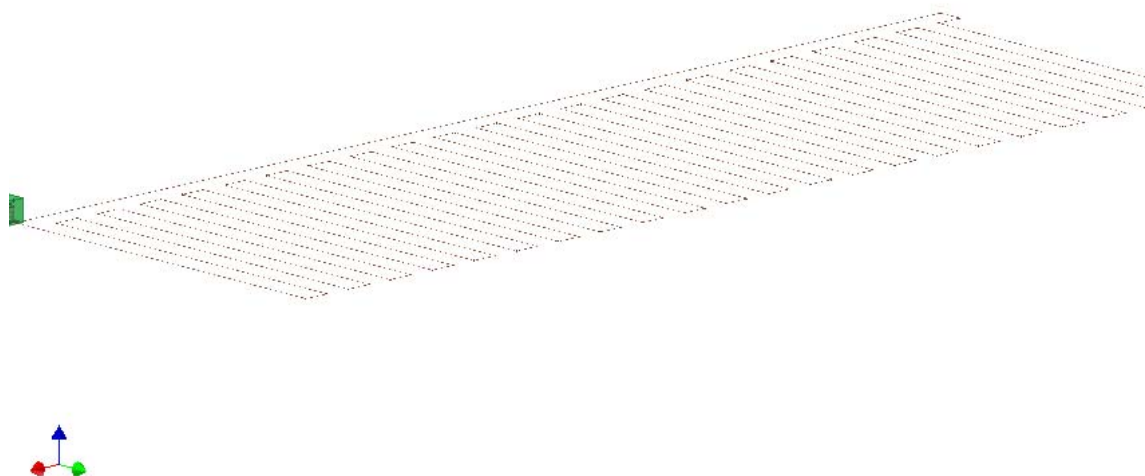


Fig.11.10 Vaporizatorul pompei de căldură

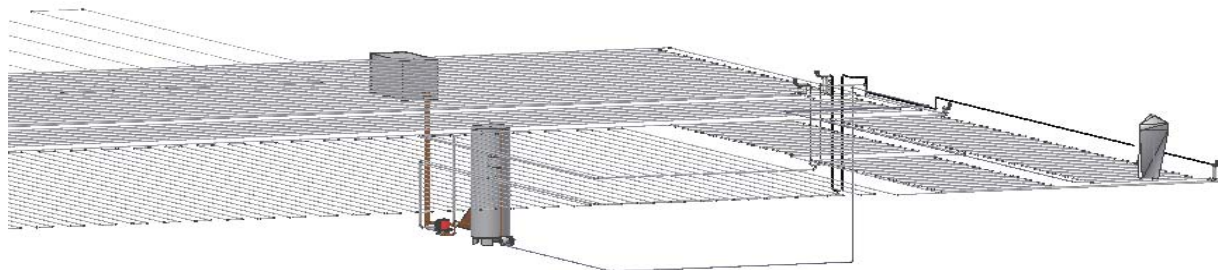


Fig.11.11 Prezentare instalație de încălzire și apă caldă menajeră

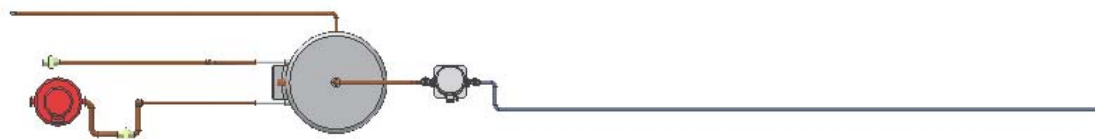


Fig.11.12 Instalația de încălzire a apei calde

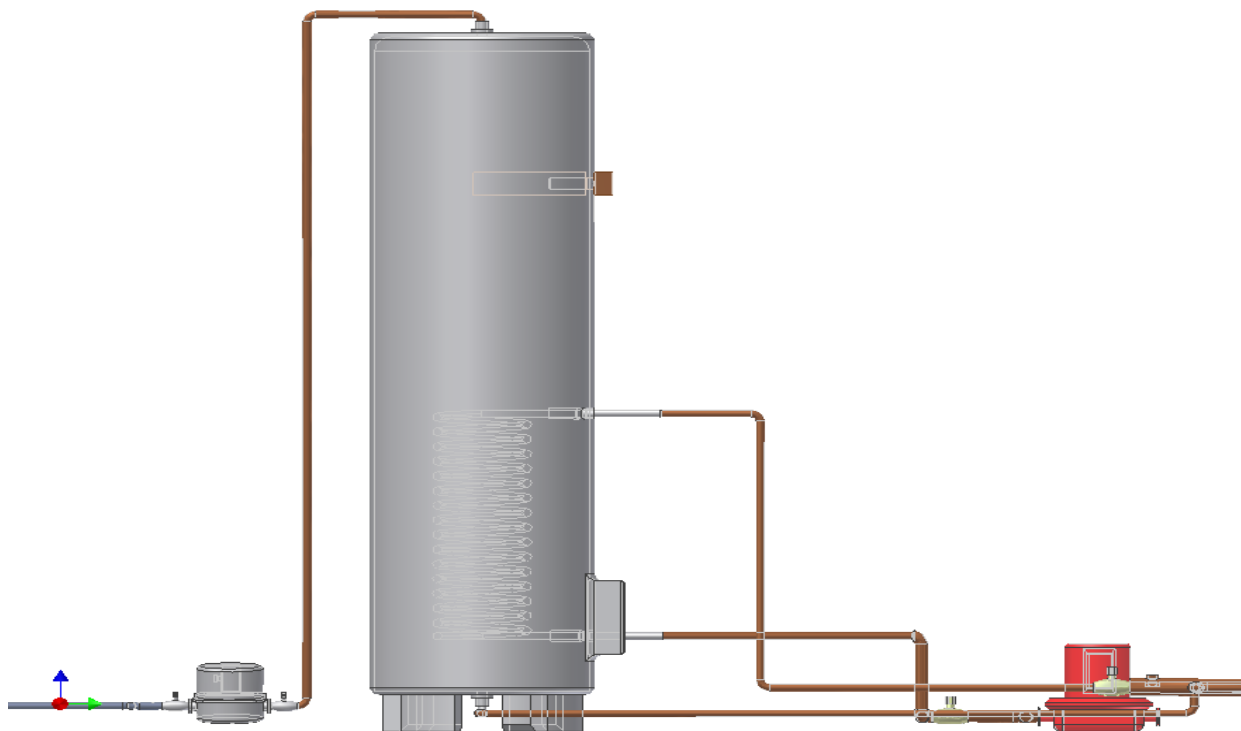


Fig.11.13 Boiler

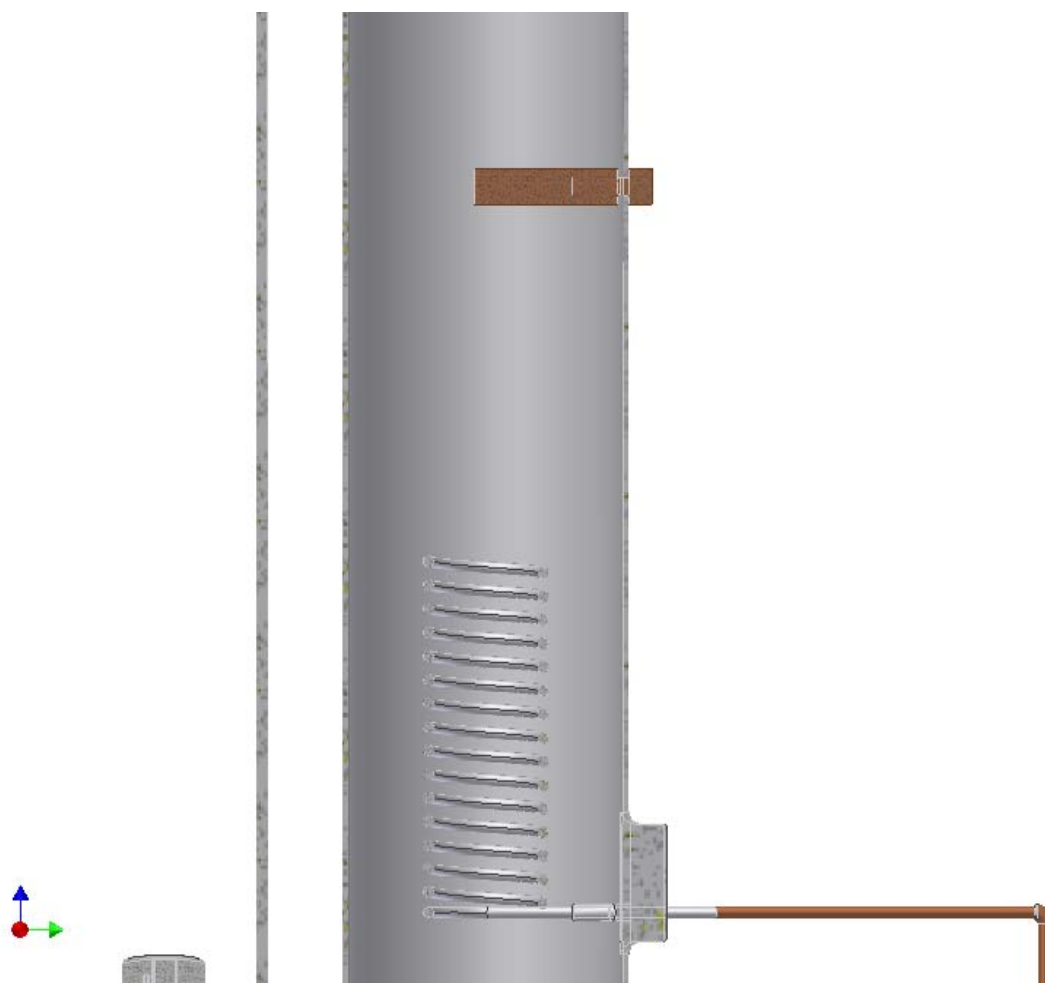


Fig.11.14 Serpentină si rezistența electrică din boiler

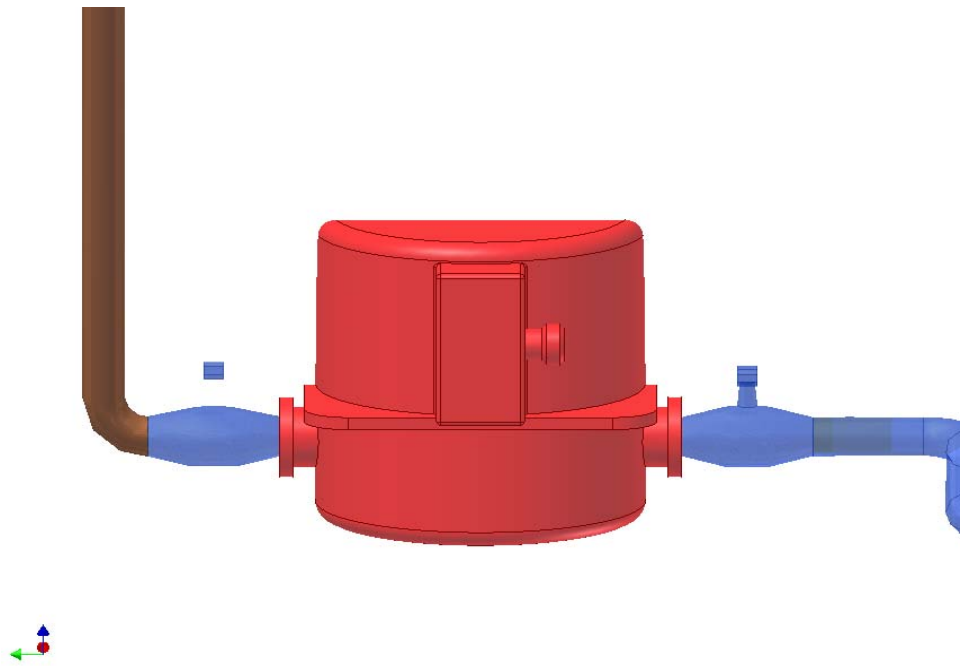


Fig.11.15 Pompa de recirculare a apei calde menajere



Fig.11.16 Instalația de apă caldă

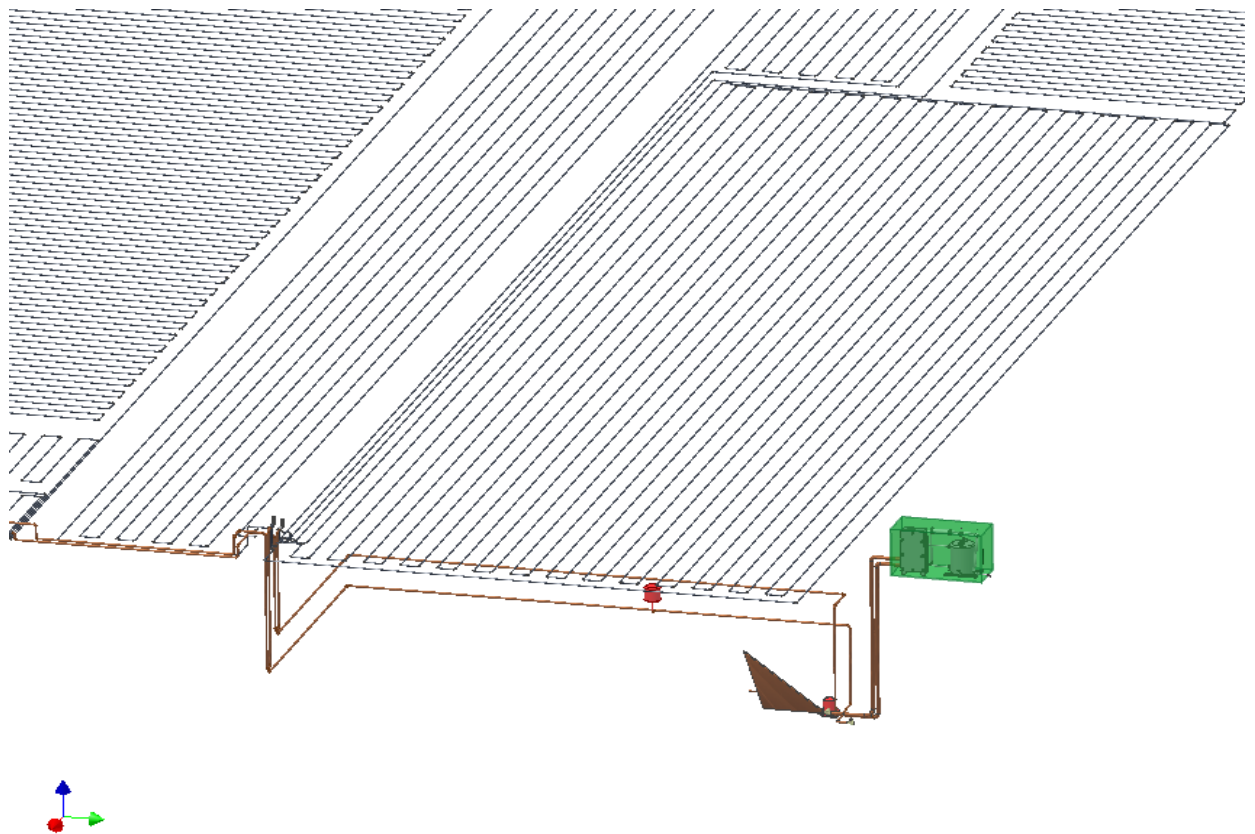


Fig.11.17 Sistemul de încălzire al imobilului

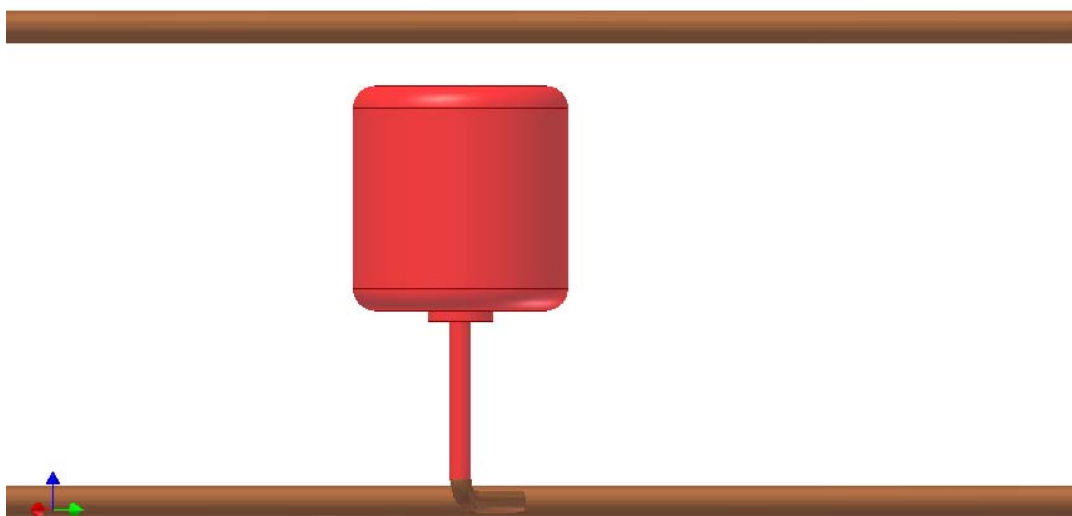


Fig.11.18 Vas de expansiune

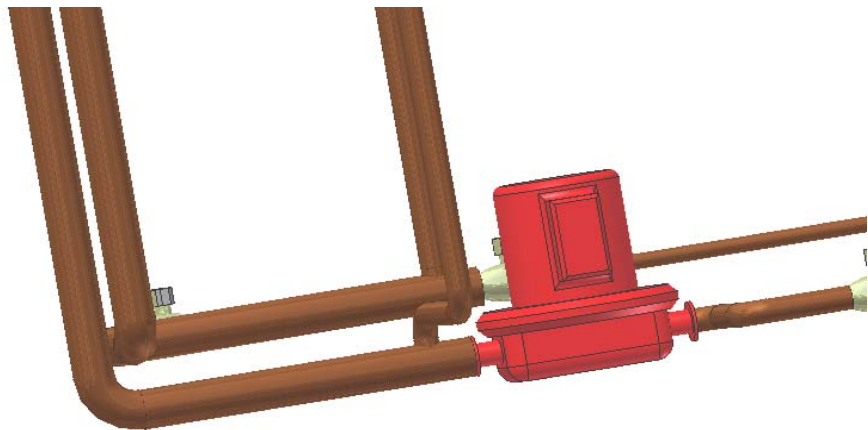


Fig. 11.19 Pompa de recirculare a agentului termic secundar

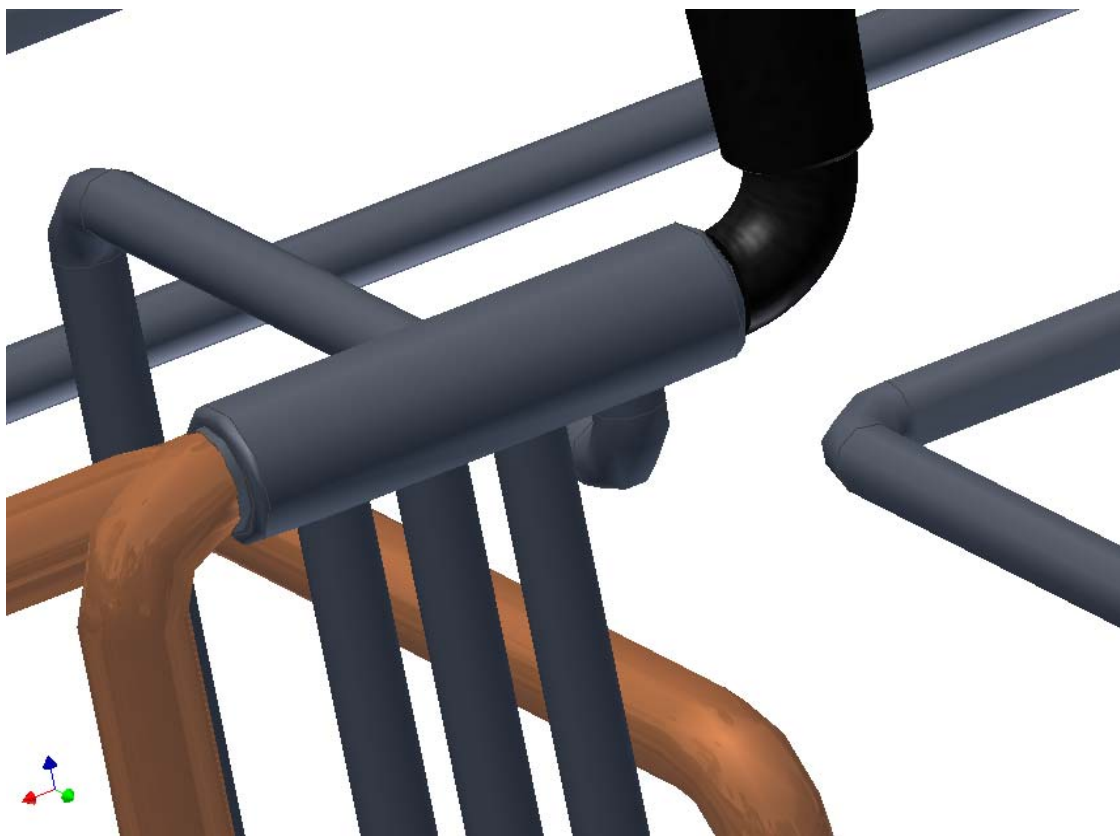


Fig. 11.20 Distribuitorul de agent termic

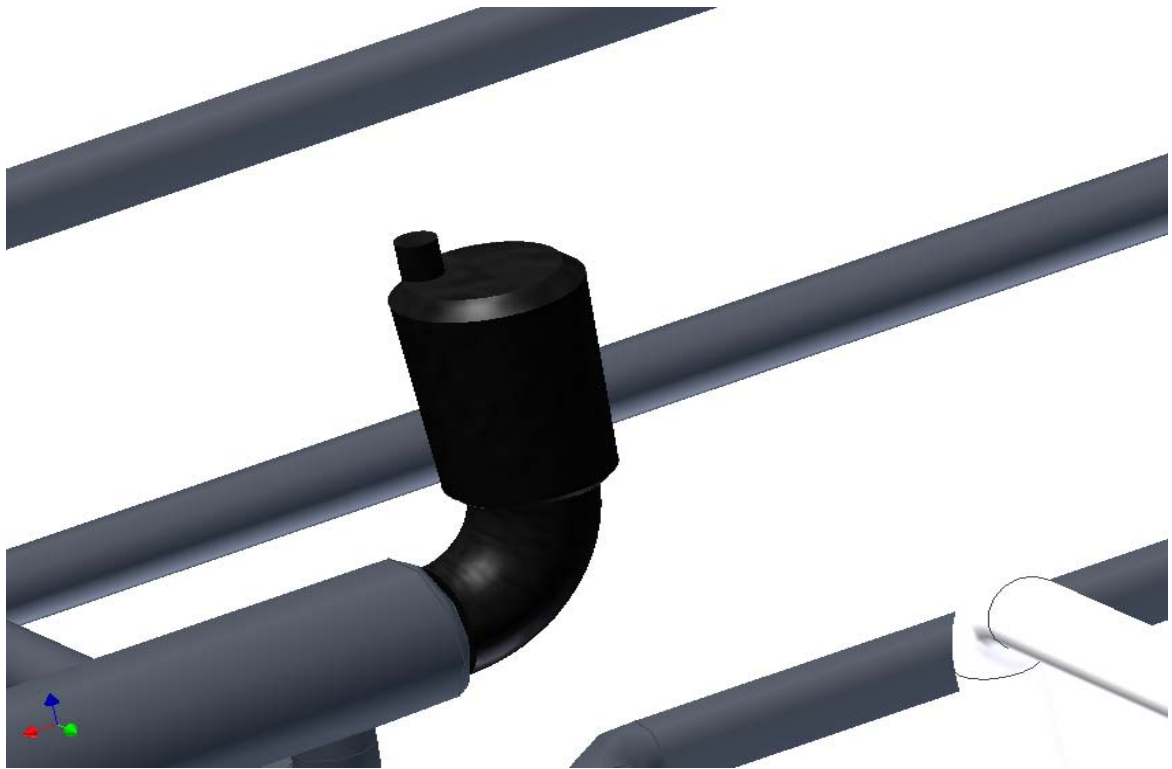


Fig.11.21 Aerisitorul instalației de încălzire

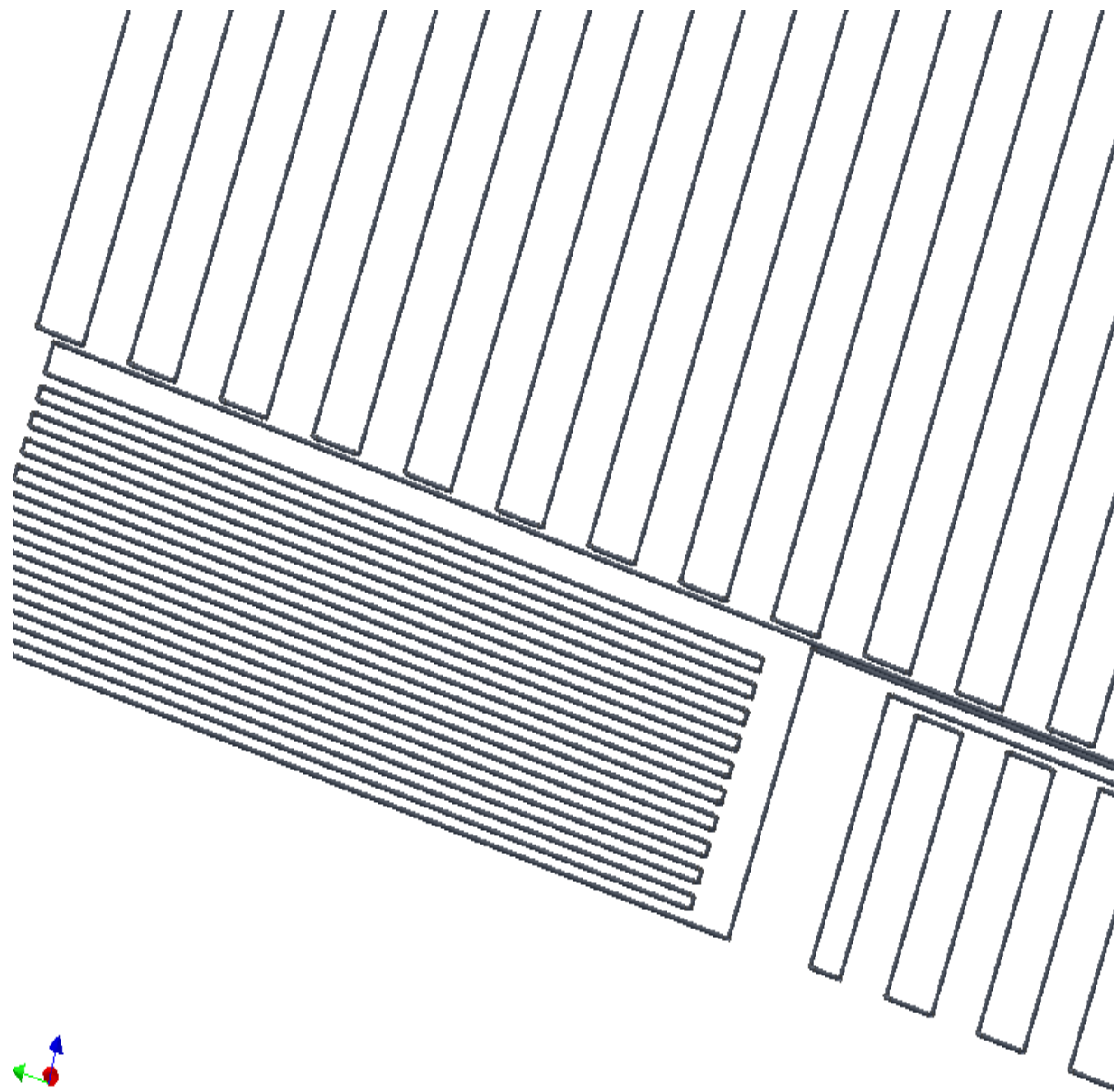


Fig.11.22 Instalația de încălzire în pardoseală

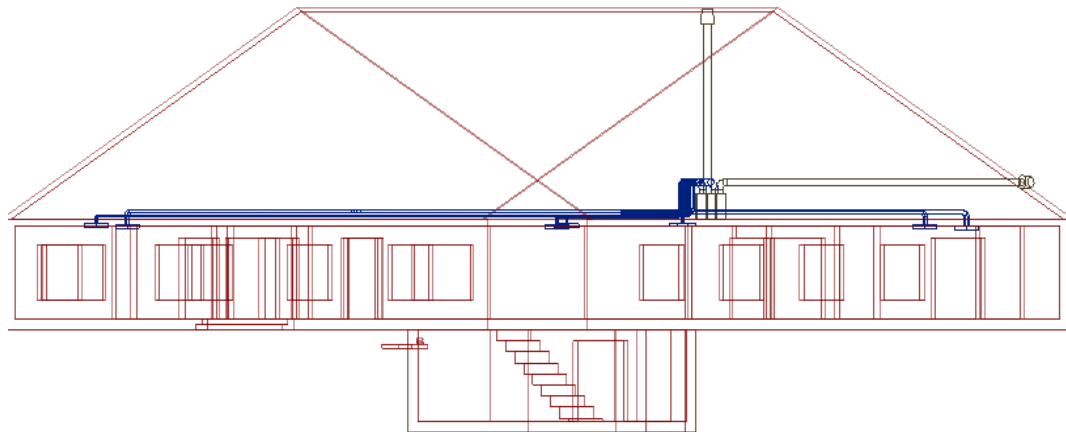


Fig.11.23 Amplasarea instalației de reîmprospătare a aerului viciat

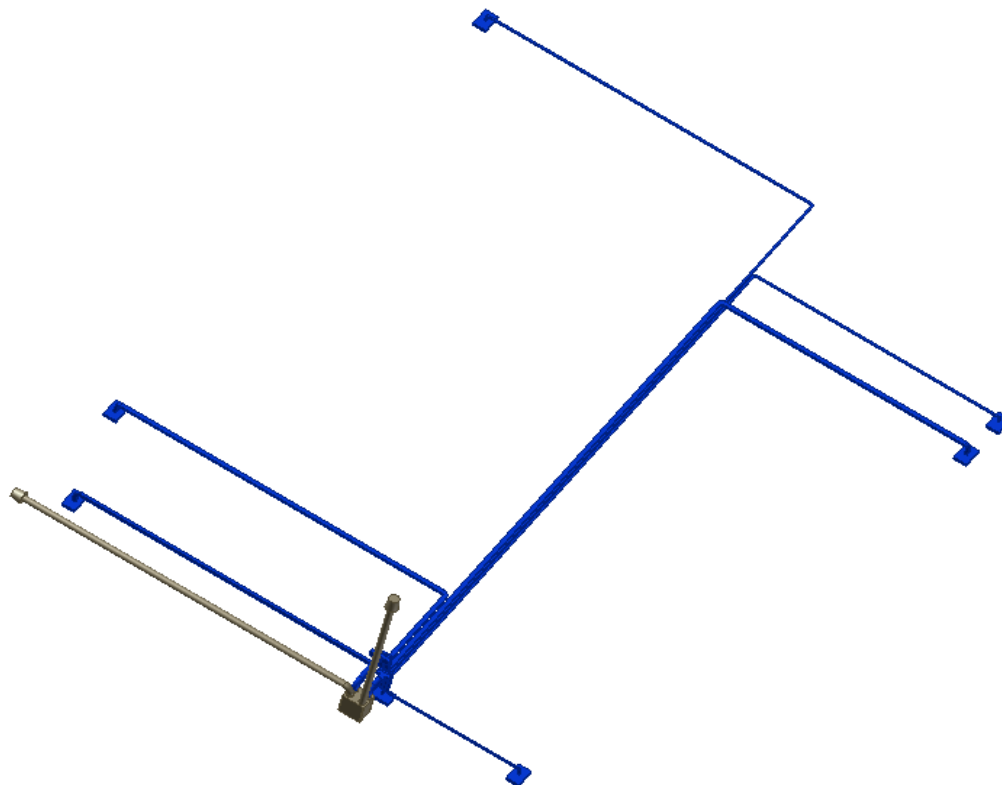


Fig.11.24 Instalația de reîmprospătare a aerului viciat

**12 Norme specifice de securitate a muncii pentru lucrări
de instalații de încălzire**

.....

Bibliografie

- [1] Bălan M. Instalații frigorifice Edit Todesco Cluj-Napoca, 2000
- [2] Bălan M. Reglarea și automatizarea instalațiilor frigorifice –note de curs
- [3] Bălan M, Pleșa A. Instalații frigorifice Construcție, funcționare și calcul. Cluj Napoca 2002.
- [4] Bălan M Utilizarea frigului artificial – note de curs
- [5] Gavriiliuc R. Pompe de căldură de la teorie la practică Edit Matrix Buc. 1999
- [6] Macovescu S Camere și instalații frigorifice Casa cărții de știință Cluj 2004
- [7] Popa B. Termotehnică, mașini și instalații termice Edit Didactică și pedagogică București 1971
- [8] Radcenco V. Instalații de pompe de căldură Edit Tehnică București 1985
- [9] www.danfoss.com
- [10] www.vissman.de
- [11] www.vissman.com
- [12] www.oekoterm.com
- [13] www.ochsner.ro
- [14] www.pompedecaldura2005.ro