

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ- NAPOCA**  
**FACULTATEA DE MECANICĂ**  
**SPECIALIZAREA: Mașini și Echipamente Termice**

# **PROIECT DE DIPLOMĂ**

**PROIECTAREA UNEI INSTALAȚII FRIGORIFICE AFERENTE UNEI  
VITRINE FRIGORIFICE**

Conducător de proiect:

Prof. Dr. Ing. Mugur Bălan

Absolvent:

Sabău Ciprian Arghir

2006

**CUPRINS**

Prezentarea generală a lucrării.....	5
1. Instalații frigorifice. Studiu privind stadiul actual în domeniul vitrinelor Frigorifice.	9
1.1 Scurt istoric al instalațiilor frigorifice.....	9
1.2 Domenii de utilizare a temperaturilor scăzute.....	10
1.3 Influența temperaturilor scăzute asupra principalelor însușiri ale alimentelor..	11
1.4 Instalațiile frigorifice în industria alimentară.....	13
2 Destinația produsului. Stabilirea domeniului de temperaturi.....	23
3 Calculul termic al izolațiilor.....	24
3.1 Rolul izolațiilor frigorifice.....	24
3.2 Principalele materiale folosite pentru izolații frigorifice.....	25
3.3 Calculul termic al izolațiilor.....	26
3.4 Verificarea izolației la condensare a umidității pe fața caldă a peretelui.....	28
4 Determinarea necesarului de frig.....	29
5 Calculul termic al instalației. Alegerea variantei optime.....	34
5.1 Varianta I – ciclul fără subrăcire.....	34
5.2 Varianta II. Ciclul cu subrăcire.....	37
5.3 Varianta III – ciclul cu subrăcire regenerativă.....	40
6 Calculul de proiectare a vaporizatorului.....	44
6.1 Introducere.....	44
6.2 Calculul termic și constructiv.....	45
6.3 Calculul fluido-dinamic.....	54
6.4 Calculul de rezistență al aparatului.....	54
7 Calculul de proiectare al condensatorului.....	60
7.1 Introducere.....	60
7.2 Calculul termic și constructiv.....	61
7.3 Calculul fluido-dinamic.....	70
7.4 Calculul de rezistență al aparatului.....	72
8 Alegerea compresorului.....	77
9 Instalația de automatizare.....	79
9.1 Rolul automatizării.....	79

---

9.2	Reglarea temperaturii interioare.....	79
9.3	Alegerea componentelor necesare automatizării.....	80
10	Calculul economic de principiu al instalației.....	83
11	Norme de protecția și securitatea muncii.....	85
11.1	Introducere.....	85
11.2	Exploatare și întreținere.....	85
12	Tema tehnologică.....	88
	Anexe.....	91
	Desene.....	94
	Bibliografie.....	106

## Capitolul 1

### Instalații frigorifice. Studiu privind stadiul actual în domeniul vitrinelor frigorifice

#### 1.1. Scurt istoric al instalațiilor frigorifice.

Înainte să fie introduse instalațiile mecanice de răcire, oamenii care trăiau în zonele cu climă caldă foloseau gheața și zăpada din munți pentru „condiționarea aerului” și pentru păstrarea alimentelor.

Aplicațiile frigului, ca metodă de conservare, datează din timpuri imemorabile. Eficiența frigului din acest punct de vedere a fost demonstrată prin descoperirea în zonele frigului veșnic, a unor corpuri de animale (mamuți), perfect conservate pe durata a mii de ani.

În secolul XVIII se cunoșteau deja circa 10-15 amestecuri pentru scăderea temperaturii. Ca exemplu, clorura de calciu ( $\text{CaCl}_2$ ), amestecată cu zăpada permite scăderea temperaturii până la  $-32,8^\circ\text{C}$ .

Producerea frigului artificial a început relativ recent și câteva din cele mai importante repere cronologice pot fi considerate următoarele:

-1748 William Cullen de la Universitatea din Glasgow, Scoția, realizează prima demonstrație de producere a frigului artificial, prin evaporarea unui agent termodinamic în vid parțial (sub presiune);

-1805 Oliver Evans, din Philadelphia, statul Pennsylvania, S.U.A., realizează un sistem de răcire în circuit închis, prin comprimare de vapori

-1844 John Gorrie din Florida, S.U.A., descrie într-o lucrare mașina produsă de el pentru producerea de gheață și aer rece necesare spitalului lui. Această mașină poate să fie considerată prima din lume destinată răcirii și producerii aerului condiționat;

-1859 Ferdinand Carré din Franța, realizează prima mașină din Europa, destinată producerii de gheață, funcționând însă pe un alt principiu, cel al absorbției;

- În a doua jumătate a secolului XIX, producția frigului artificial este caracterizată de un avânt deosebit. Astfel, în această perioadă se instalează primele instalații frigorifice pe nave, aceste echipamente fiind destinate transportului de carne din Australia și Argentina, spre Europa. Probabil, marinarii acestor nave au fost primii oameni care au consumat carne congelată;

-1929 Clarence Birdeye din S.U.A., realizează pentru prima dată congelarea de produse perisabile;

După al doilea război mondial se extinde mult industria conservării prin frig, apar numeroase utilaje și procedee noi.

## 1.2. Domenii de utilizare a temperaturilor scăzute

În tehnica frigului sunt analizate procedee și fenomene care au loc între cca.+100°C și 0K(-273.15°C), sunt stabilite procedee de calcul și soluții constructive pentru realizarea unei game de mașini și instalații care lucrează într-un domeniu larg de temperaturi:

- (+40...+100)°C - funcționează pompele de căldură;
- (+/-0...+5)°C - funcționează instalațiile de climatizare și condiționare aerului;
- (-200...0)°C- funcționează instalațiile din domeniul frigului industrial, în industria chimică, de exemplu, domeniul acoperă inclusiv procesele de lichefiere a aerului și separare a unora din componentele sale și în industria alimentară, există aplicații până la temperatura de -30°C;
- (0K...-200)°C - criogenie sau frig adânc. Limita superioară de la care se consideră că începe domeniul criogeniei nu este precis definită, dar diferiți autori consideră această limită ca fiind:
  - 77K=-196°C – temperatura de fierbere a azotului;
  - 80K=-193°C – temperatura de fierbere a aerului;
  - 120K=-153°C – temperatura de fierbere a metanului.

Una din cele mai scăzute temperaturi realizate artificial pe Pământ, a fost realizată în 1967 la „Naval Research Laboratory”, având o valoare 10<sup>-6</sup>K.

Cea mai mare producție de frig, corespunde frigului industrial, iar cei mai mari consumatori de frig sunt:

- Industria chimică, iar acesteia îi corespund cele mai mari debite de frig, la parametri riguroși constanți, pentru:
  - Evacuarea căldurilor de amestec și de reacție;
  - Separarea unor săruri din soluții lichide;
  - Lichefierea unor gaze;
  - Etc.
- Industria alimentară, care necesită temperaturi scăzute:
  - În rețeaua comercială;
  - În depozite de produse alimentare;
  - În procese tehnologice.

- Industria extractivă, unde frigul se utilizează pentru înghețarea solului în vederea executării unor galerii;
- Industria constructoare de mașini, pentru tratamente termice, asamblări prin fretaj, prelucrări pretențioase prin așchiere, etc.
- Construcții, în vederea înghețării solului, răcirii componentelor betonului înainte de turnare, etc.
- Laboratoare de cercetări, pentru studiul comportării unor materiale sau utilaje în condiții de temperatură scăzută.

### **1.3. Influența temperaturilor scăzute asupra principalelor însușiri ale alimentelor**

Însușirile fizico-chimice sunt influențate în mare măsură de gradul și sistemul de dispersie a particulelor componente. În general, sistemele de dispersie au o stabilitate fizică cu atât mai mare, cu cât particulele sunt mai mici, respectiv cu cât gradul de dispersie este mai avansat.

Alimentele conțin substanțe dispersate ionic, molecular, coloidal și uneori ca suspensii. Astfel de exemplu, pulpa fructelor reprezintă un sistem complex sol-gel; dintre substanțele componente ale acestui sistem ponderea cea mai mare o au polizaharidele superioare, macromoleculare(substanțe amidonoase, pectice, etc.). Carnea are la bază un complex hidrosol-gel având ca substanțe componente de bază dispersii coloidale de substanțe proteice.

Laptele integral reprezintă o emulsie într-o soluție complexă coloidală, moleculară sau ionică. Solul este format din coloizi puternici (cazeină, albumină, globulină), iar emulsia de tip U/A are ca fază dispersă globule de grăsime, protejate de o membrană lecitino-proteică, în calitate de emulgator natural.

Influența temperaturilor scăzute asupra principalilor agenți modificatori sunt prezentate în continuare.

- Influența temperaturilor scăzute asupra agenților biologici(microorganisme). Acțiunea agenților biologici reprezintă cauza principală a modificărilor profunde din alimente. Dacă în prima fază modificările nedorite constau numai din înrăutățirea unor însușiri organoleptice și din diminuarea valorii alimentare, în faza finală ele determină alterarea produselor, făcându-le improprii pentru consum. Concentrațiile mari de săruri și valorile nefavorabile de pH au o acțiune mai puțin inhibitoare la temperaturi scăzute în comparație cu cele obișnuite. Dimpotrivă, acțiunea substanțelor bacteriostatice nu crește cu scăderea temperaturii. Substanțele chimice dezinfectante au o acțiune mai puțin pronunțată cu scăderea temperaturii. Supuse la temperaturi mai scăzute decât cele

minime, microorganismele încetează să se mai înmulțească, dar pot supraviețui cu un metabolism foarte redus. Se poate ajunge astfel la starea de echilibru denumită hipobioză, care permit microorganismului să supraviețuiască la temperaturi sub  $t_{\min}$ .

- Influența temperaturilor scăzute asupra agenților biochimici (enzime endogene). Viteza majorității reacțiilor catalizate enzimatic se mărește cu creșterea temperaturii până la o anumită limită. Această limită este determinată de inactivitatea termică a enzimei respective. Coeficientul de temperatură al vitezei majorității reacțiilor enzimatic variază în general între 1,4 și 2 față de 2...3 pentru reacțiile chimice obișnuite. Aceasta înseamnă că reacțiile enzimatic pot continua să se desfășoare și la temperaturi foarte scăzute, spre deosebire de reacțiile neenzimatic care încetează practic să mai aibă loc la astfel de temperaturi. Scăderea temperaturii reduce viteza reacțiilor biochimice, fără însă a produce inactivarea enzimelor care le catalizează. Un număr însemnat de enzime continuă să acționeze relativ intens și în substraturi congelate, cum este cazul la invertaze, lipaze, catalaze, peroxidaze, unele proteaze (catepsine), hidrolaze pectice, etc. Anumite lipaze catalizează producerea de acizi grași liberi chiar la  $-29^{\circ}\text{C}$ , temperatură la care efectul pe o perioadă de 6 săptămâni este același ca la  $37^{\circ}\text{C}$ , timp de 45 de minute. Sub  $-40^{\circ}\text{C}$  se consideră însă că încetează practic activitatea tuturor enzimelor. În unele cazuri enzimele manifestă o activitate, fie mai ridicată, fie mai scăzută, după congelare și decongelare decât inițial, dar numai un anumit timp. Creșterea activității se explică după Nord prin dezagregarea particulelor de biocoloizi, atunci când concentrația acestora este sub 1%. Dimpotrivă, reducerea activității enzimatic se datorează fenomenelor de agregare în particule mai mari, fenomen care are loc atunci când concentrația biocoloizilor depășește 1,5%.
- Influența temperaturilor scăzute asupra agenților fizico-chimici. Cele mai importante modificări cauzate de oxigenul atmosferic și lumină (singuri sau în interacțiune cu agenții termochimici) sunt schimbările nedorite de culoare și râncezirea grăsimilor din compoziția alimentelor. În contact cu aerul alimentele pot fi expuse deshidratării parțiale.

#### 1.4. Instalațiile frigorifice în industria alimentară

Tehnica și tehnologia frigului reprezintă elemente de bază în diverse subramuri ale industriei alimentare, având un rol major în producerea bunurilor alimentare și mai ales în conservarea acestora.

Tehnologiile frigorifice de conservare a produselor perisabile au căpătat o mare extindere și dezvoltare, iar perspectivele sunt de natură să lărgescă și să adâncească din ce în ce mai mult această sferă de activitate.

Scopul major al utilizării temperaturilor scăzute în conservarea și fabricarea produselor alimentare este de a dezvolta și perfecționa toate verigile lanțului frigorific în așa fel încât, prin aceasta, să contribuie în mai mare măsură la satisfacerea necesităților de alimentație rațională și diversificată a populației, la creșterea de bunăstare și de civilizație.

Din multe puncte de vedere, inclusiv din punct de vedere energetic, aplicarea tehnologiilor frigorifice oferă cele mai bune rezultate în raport cu tehnologiile nefrigorifice de conservare a produselor alimentare. Este important de subliniat și faptul că, spre alte tehnologii de conservare, tehnologiile frigorifice acționează asupra produselor pe cale pur fizică, asigurând astfel în cel mai înalt grad posibil conservarea calităților inițiale ale produselor alimentare.

Atât pe plan mondial, cât și în țara noastră are loc o puternică dezvoltare a utilizării frigului artificial în producerea și mai ales în conservarea produselor alimentare. Această dezvoltare este determinată de faptul că aplicarea tehnologiilor frigorifice asigură produselor alimentare condițiile optime de conservare și de distribuție în timp și spațiu, precum și păstrarea caracteristicilor calitative și în special a celor nutritive.

Temperaturile scăzute, deasupra punctului de congelare a produsului, frânează dar nu opresc total dezvoltarea și înmulțirea microorganismelor, mai ales a celor psihrofile (microorganismele psihrofile cuprind bacterii, mucegaiuri și drojdii, cu o capacitate de înmulțire relativ ridicată la temperaturi scăzute, apropiate de punctual de congelare al apei).

Modificările biochimice și chimice din produsele de origine animală determinate de enzime sunt de asemenea încetinite de temperaturi scăzute. În carnea animalelor, imediat după sacrificare, aceste modificări pot mai întâi ameliora calitatea. După terminarea proceselor din perioada de rigor mortis urmează perioada de maturare, perioadă în care calitatea se conservă. La depozitățile de lungă durată însă, în carne și pește se produce progresiv degradarea albuminei (fenomenul de autoliză) care poate duce în final chiar la degradarea completă.

Pentru fiecare produs în parte, în funcție de parametrii de depozitare există durată limită de depozitare peste care produsele perisabile devin inutilizabile.



Pentru depozitarea produselor refrigerate este necesar, ca temperaturile să fie menținute la valori scăzute toată durata depozitării.

În afara asigurării unei temperaturi scăzute constantă de depozitare mai trebuie respectate o serie de condiții referitoare la:

- umiditatea aerului;
- puritatea aerului(atât din punct de vedere al încărcăturii microbiologice cât și din punct de vedere a poluării de orice natură);
- ventilația și distribuția aerului la nivelul produselor;
- ambalarea și așezarea produselor în spațiul răcit;
- refrigerarea prealabilă a produselor introduse în depozit;
- compatibilitatea de depozitare mixtă a mai multor feluri de produse;
- gradul de încărcare cu produse a spațiului de depozitare;
- funcționarea instalațiilor frigorifice(mai ales în sensul corelării permanente a puterii frigorifice cu necesarul de frig);
- asigurarea igienei pe tot parcursul depozitării produselor.

Acțiunea conservantă a frigului se bazează pe oprirea sau frânarea activității agenților modificatori, numai atât timp cât alimentele sunt menținute la temperaturi scăzute.

Rețeaua de unități în care se aplică temperaturile scăzute cu scop de conservare poartă denumirea de lanț frigorific.

La realizarea și exploatarea unităților ce alcătuiesc lanțul frigorific sunt de avut în vedere următoarele principii generale:

- Produsele trebuie să fie sănătoase și de primă prospețime, deoarece temperaturile scăzute nu pot readuce un produs alterat, sau în curs de alterare, la starea inițială. Pe lângă cheltuielile inutile, există riscul ca produsele necorespunzătoare să contamineze și pe cele sănătoase;
- Acțiunea frigului trebuie să intervină imediat, sau cât mai curând după producerea, recoltarea sau colectarea alimentelor;
- Menținerea produselor la temperaturi scăzute trebuie să fie continuă pe tot parcursul până la consumator;
- Condițiile de aplicare a temperaturilor scăzute sunt specifice fiecărui produs, sau grup de produse.

O primă clasificare posibilă a unităților lanțului frigorific este aceea în unități fixe și unități mobile(mijloace de transport).

Clasificarea unităților fixe se poate face după mai multe criterii dar nici unul nu este suficient de corespunzător, din cauza complexității funcțiilor pe care le îndeplinesc astfel de unități.

O primă clasificare este aceea după funcțiuni: unități de colectare, de producție, de stocaj, de distribuție, unități comerciale și frigidere casnice.

**Unitățile de producție** - denumite unități tehnologice-fac parte dintr-o întreprindere de industrie alimentară și au rolul de a asigura temperaturi scăzute pentru buna desfășurare a unor procese tehnologice, precum și pe acela de a depozita produsele finite până la expediere. Astfel de întreprinderi sunt abatoarele, fabricile de produse lactate, fabricile de bere, etc.

**Unitățile de stocaj**, de tranzit și de distribuție sunt cunoscute și sub denumirea de antrepozite frigorifice.

Din punct de vedere al gamei de produse conservate prin frig se deosebesc frigorifere generale(sau „polivalente”) și frigorifere specializate.

Din prima categorie fac parte antrepozitele frigorifice, iar în cea de-a doua frigoriferele de colectare și producție(specializate numai pe anumite produse).

Toate unitățile enumerate, cu excepția celor comerciale, sunt denumite frigorifere industriale, având unele caracteristici comune.

În continuare ne vom ocupa de ultima unitate a lanțului frigorific, dacă nu se iau în considerare frigiderul casnice, și anume vitrinele frigorifice.

Vitrinele frigorifice sunt destinate expunerii produselor menținute la temperaturi scăzute. Pot exista mai multe criterii de clasificare a vitrinelor frigorifice.

Astfel, vitrinele frigorifice pentru produse refrigerate pot fi realizate sub formă de:

- vitrine frigorifice orizontale;
- vitrine frigorifice verticale;
- vitrine frigorifice de tip gondolă

**Vitrinele frigorifice orizontale** destinate produselor refrigerate sunt prevăzute cu vaporizatoare care răcesc aerul în convecție naturală și, mai rar, în convecție forțată.

**Vitrinele frigorifice verticale** destinate produselor refrigerate sau congelate se realizează în variante deschise(cu servire prin față, cu mai multe nivele de așezare a produselor, dintre care cel de jos este destinat asigurării unui anumit stoc, iar celelalte sunt destinate expunerii, utilizate în magazine cu autoservire) sau în variante închise(cu servire prin spate, cu mai multe nivele de așezare a produselor, având cel puțin un perete vertical transparent).

**Vitrine frigorifice de tip gondolă** sunt utilaje la care incinta destinată produselor are formă paralelipipedică, iar introducerea și scoaterea acestora se face pe la partea superioară.

Vitrinele frigorifice de tip gondolă se realizează în variante cu răcire în convecție naturală sau în variante cu răcire în convecție forțată.

Conform unui alt criteriu de clasificare al vitrinelor frigorifice, acestea pot fi de tip „închis” și de tip „deschis”.

Vitrinele de tip „închis” se folosesc în special la produse neambalate. Răcirea vitrinelor cu adâncime redusă de expunere poate fi naturală. La adâncimi mai mari de expunere, devine necesară răcirea în convecție forțată.

Vitrinele de tip „deschis” s-au extins foarte mult în ultimul timp, odată cu extinderea sistemului de desfacere prin autoservire.

Cu unele excepții (anumite fructe și legume) produsele expuse în vitrinele „deschise” trebuie să fie ambalate.

Adoptarea convecției forțate prezintă riscuri de consum exagerate și temperaturi foarte neuniforme în cazul vitrinelor „deschise” dacă nu se studiază distribuția aerului. Acest aspect este deosebit de important la vitrinele pentru produse congelate.

În general, necesarul de frig este de 3-4 ori mai mare la vitrinele de tip „deschis” comparativ cu cele de tip „închis”.

În continuare se prezintă câteva imagini cu tipurile de vitrine frigorifice descrise anterior.

### **Vitrine orizontale de tip închis**







Vitrine frigorifice verticale „deschise”





Vitrine frigorifice verticale „închise”



Vitrine frigorifice de tip gondolă







## **Capitolul 2**

### **Destinația produsului. Stabilirea domeniului de temperaturi**

Produsul care face obiectul prezentului memoriu se numește „Vitrină frigorifică pentru alimente”. Vitrina frigorifică este destinată depozitării și prezentării produselor alimentare, în vederea comercializării acestora.

Vitrina este destinată prezentării produselor în stare refrigerată, la o temperatură cuprinsă între 0 și 6°C, temperatura exterioară fiind maxim 25°C.

Instalația utilizează ca agent frigorific R404a, fiind într-o singură treaptă de comprimare. Condensarea agentului frigorific se realizează cu aer, răcirea compresorului se realizează cu aerul care anterior răcește condensatorul.

Vaporizatorul este răcit cu aer prin convecție naturală, fiind realizat din țevi dispuse în coridor, procesul de transfer de căldură fiind intensificat prin prezența unor aripioare pătrate. Țevile sunt realizate din cupru, iar aripioarele din aluminiu.

Condensatorul este realizat din țevi de cupru dispuse în coridor cu aripioare din aluminiu. Răcirea acestuia se realizează prin convecție forțată, cu ajutorul unor ventilatoare.

Deservirea din vitrina frigorifică se realizează prin ușile dispuse în spate, fiind realizată de către personalul unității comerciale.

## Capitolul 3

### Calculul termic al izolațiilor

#### 3.1. Rolul izolațiilor frigorifice.

În mod natural, către un spațiu frigorific sau către un aparat sau conductă în care se află un agent cu temperatura inferioară celui a mediului ambiant (aerul înconjurător, solul sau încăperi învecinate) există un anumit flux de căldură. Acest flux de căldură este cu atât mai mare cu cât diferența de temperatură dintre mediul ambiant și interiorul spațiului răcit este mai mare.

De asemenea, tot în mod natural, dacă presiunea parțială a vaporilor de apă în aerul exterior spațiului răcit este mai mare decât presiunea parțială a vaporilor de apă din interiorul spațiului, există un flux de vapori de apă dinspre exterior spre interior.

Din cele de mai sus, rezultă rolul izolațiilor frigorifice și a barierelor de vapori:

- izolațiile frigorifice au rolul de a micșora fluxul de căldură către spațiile răcite;
- barierele de vapori au rolul de a micșora la maximum fluxul de vapori de apă către spațiile răcite.

Principala caracteristică a unui material izolator este coeficientul de conductibilitate termică,  $\lambda$  [ $W/mK$ ]. Cu cât acest coeficient este mai scăzut cu atât materialul izolator este mai bun.

Caracteristica principală a unui material pentru realizarea barierei de vapori este coeficientul de rezistență la difuzia vaporilor de apă,  $\mu$ , mărime adimensională, care este definit de raportul dintre rezistența la difuziune a unui strat de aer de aceeași grosime. Cu cât coeficientul  $\mu$  este mai mare cu atât materialul este mai bun pentru a fi utilizat ca barieră de vapori.

Materialele utilizate la realizarea izolațiilor frigorifice trebuie să îndeplinească o serie de proprietăți:

- coeficient de conductibilitate termică cât mai redus;
- rezistență cât mai mare la presare;
- rezistență la foc;
- să fie lipsite de mirosuri;
- să nu fie receptive la mirosuri;
- să nu fie atacabile de rozătoare, ciuperci, mușcari, și să nu putrezească în timp;
- să fie ușor prelucrabile cu scule de tăiere;
- să fie rezistente la manipulări și transport;
- să aibă durată cât mai mare de exploatare;

- să nu se taseze;
- să fie ieftine;
- higroscopicitate redusă;
- rezistență la îngheț;
- să fie inerte din punct de vedere chimic;

### 3.2. Principalele materiale folosite pentru izolații frigorifice:

a). **Pluta**, are proprietăți izolatoare bune:

- are conductivitate termică redusă ( $\lambda = 0.04 \dots 0.06 \text{ W/mK}$ );
- densitate aparentă mică ( $\rho = 120 \dots 150 \text{ kg/m}^3$ );
- rezistență mecanică la compresiune mare ( $\sigma_c = 3 \cdot 10^5 \dots 5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ ), încât pluta nu are nevoie de o protecție specială la compresiune atunci când este folosită la pardoseli;
- aprindere grea ( $t_m = 150^\circ\text{C}$ );
- higroscopicitate redusă;
- montare ușoară.

b). **Polistirenul expandat**, are conductivitatea termică și densitatea aparentă reduse:

$\lambda = 0.03 \dots 0,035 \text{ W/mK}$ ,  $\rho = 20 \dots 25 \text{ kg/m}^3$ . Se utilizează foarte mult pentru izolarea pereților și a plafoanelor spațiilor frigorifice, cât și pentru izolarea conductelor, fiind prelucrat ușor sub formă de cochilii de diferiți diametrii și grosimi. Este deosebit de adecvat pentru realizarea elementelor prefabricate până la dimensiuni de 2x6 m, ceea ce asigură viteze mari de izolare a spațiilor frigorifice. Ca dezavantaje: punct de topire relativ scăzut ( $80^\circ\text{C}$ ), rezistență redusă la compresiune și coeficient ridicat de dilatare termică.

c). **Velitul**, este un material termoizolant construit din straturi multiple de carton ondulat, lipite între ele și impregnate cu bitum. Are proprietăți bune:

$\lambda = 0,03 \dots 0,05 \text{ W/mK}$ ,  $\rho = 50 \dots 60 \text{ kg/m}^3$ ,  $t_m = 100^\circ\text{C}$

d). **Spuma de poliuretan**

- Utilizat aproape în exclusivitate pentru izolarea:
- Frigiderele casnice;
- Dulapurilor frigorifice;
- Autodube frigorifice;

- Recipiente și conducte
- Se poate expanda direct la locul de montaj sub acțiunea R11, ceea ce interzice utilizarea acestui material după intrarea în vigoare a protocoalelor internaționale privind agenții frigorifici poluanți pentru stratul de ozon;
- Conductivitate termică foarte redusă:  $\lambda=0,016\dots0,018 W / mK$  ;
- Densitate aparentă mică:  $\rho=30\dots40 \text{ kg} / \text{m}^3$  ;
- În timp R11 se evaporă și este înlocuit de aer - dezavantaj.

e). **Ampora**, are proprietăți bune și este utilizată, în special, pentru izolarea dulapurilor și a teșghelelor frigorifice și pentru izolarea mijloacelor de transport. Se constată o restrângere a sferei de utilizare.

f). **Spuma de clorură de polivinil** este un material impermeabil la umiditate și se stinge sub acțiunea flăcării. Este foarte rigid și se întrebuințează la construcții navale.

### 3.3. Calculul termic al izolațiilor

.....

### 3.4. Verificarea izolației la condensare a umidității pe fața caldă a peretelui

.....

## Capitolul 4

### Determinarea necesarului de frig

Este una din problemele de o deosebită importanță, în funcție de aceasta, se calculează întreaga instalație frigorifică.

Apar următoarele pierderi de frig:

- pierderi prin izolație;
  - pierderi prin secțiunea ușilor;
  - pierderi datorate instalației de iluminat;
  - pierderi datorate funcționării motorului electric.
- .....

## Capitolul 5

### Calculul termic al instalației. Alegerea variantei optime

Dat fiind faptul că vitrina frigorifică prezentată în acest proiect este destinată doar expunerii în stare refrigerată a produselor, nu și congelată, se va folosi o instalație frigorifică într-o singură treaptă de comprimare, utilizând ca agent frigorific R404a.

Ciclurile luate în considerare la alegerea variantei optime vor fi:

- ciclul fără subrăcire (cu comprimare în domeniul vaporilor supraîncălziți);
- ciclul cu subrăcire;
- ciclul cu subrăcire regenerativă.

#### 5.1. Varianta I –ciclul fără subrăcire

(cu comprimare în domeniul vaporilor supraîncălziți)

.....

## Capitolul 6

### Calculul de proiectare a vaporizatorului

#### 6.1 Introducere

Vaporizatorul este schimbătorul de căldură în care *agentul frigorific fierbe* datorită căldurii preluate de la sursa rece, respectiv de la mediul răcit. În cadrul acestui aparat aerul se răcește, iar uneori se usucă, având o mișcare forțată, de aceea un aparat de acest tip se mai numește și răcitor de aer.

Rolul acestui aparat este de a răci aerul în diferite procese tehnologice, alimentare (refrigerare, congelare), sau în vederea condiționării aerului. Răcirea se poate realiza la diferite temperaturi și umidități relative, având loc fenomenul de depunere a umidității sub formă de zăpadă.

După modul de răcire a aerului, răcitoarele se pot grupa în trei categorii :

- răcitoare de aer *prin suprafață* (uscate),
- răcitoare de aer *prin contact* (umede),
- răcitoare de aer *combinat*.

Cele mai utilizate sunt răcitoarele de aer prin suprafață, în care aerul cedează căldura agentului frigorific sau agentului intermediar care curge prin interiorul țevilor. Aparatele prin țevile cărora circulă agent frigorific se numesc *răcitoare de aer cu răcire directă* și au rolul de vaporizator în instalațiile frigorifice. Aparatele prin țevile cărora circula agent intermediar se numesc *răcitoare de aer cu răcire indirectă*.

Răcitoarele de aer prin suprafață se pot executa din țevi netede sau nervurate. Nervurarea permite intensificarea transferului de căldură și o construcție mai compactă a aparatului.

Suprafețele nervurate pot fi : lamelare, nervurate prin înfășurare sau spiralare, prin roluire, sau cu nervuri individuale presate. În cazul nervurării lamelare, lamelele reprezintă nervuri comune pentru mai multe țevi. Nervurile fără guler se construiesc cu grosimi de (0,4 ... 0,5) mm , din oțel moale, alamă sau duraluminiu. Există și nervuri cu guler stanțat confecționate din aluminiu moale cu grosimi de (0,2 ... 0,3) mm. Pasul nervurilor în aparatele care funcționează în regim de formare a zăpezii este de (8 ... 15) mm, uneori chiar (20 ... 25) mm - la aparatele de condiționare a aerului. Țevile răcitoarelor cu nervuri lamelare sunt din oțel pentru diametre cuprinse între (18 ...25)mm sau din cupru pentru diametre mai mici (8 ... 16)mm. În cazul utilizării țevilor și nervurilor din oțel, pentru îmbunătățirea contactului dintre nervură și

țevă, după asamblare, se realizează zincarea la cald, metoda ce prezintă avantajul că realizează și protecția anticorozivă a suprafețelor exterioare, dar și dezavantajul unui cost ridicat al materialului necesar zincării.

### **6.2. Calculul termic și constructiv**

.....

### **6.3. Calculul fluido-dinamic**

.....

### **6.4. Calculul de rezistență al aparatului**

.....



## Capitolul 7

### Calculul de proiectare al condensatorului

#### 7.1. Introducere

Condensatoarele răcite cu aer sunt utilizate exclusiv la instalațiile de puteri frigorifice mici și în cazul în care sursele de apă sunt insuficiente sau se dorește economisirea acesteia. Condensatorul este unul din cele mai importante schimbătoare de căldură dintr-o instalație frigorifică, în care are loc transferul de căldură de la vaporii supraîncălziți de agent frigorific la agentul termic de răcire, care în cazul de față este aerul, având o circulație forțată peste serpentinele condensatorului. Vaporii de agent frigorific sunt refuțați de către compresor în distribuitorul de vapori de unde sunt distribuiți în serpentinele plane nervurate ale condensatorului. În urma transferului de căldură între cei doi agenți, agentul frigorific condensează în interiorul țevilor, iar condensul se scurge gravitațional colectându-se într-un colector inferior de lichid care unește toate secțiunile la baza inferioară.

Acest aparat se assemblează din țevi drepte legate prin coturi și poate fi realizat din 2...8 secții legate în paralel pe circuitul de agent frigorific și spălate în serie de către aer. Țevile sunt din cupru cu lamele din aluminiu. Contactul lamelei cu țeava se poate realiza prin mărirea diametrului interior al țevii printr-un procedeu hidraulic: introducând ulei sub presiune, acesta determină creșterea diametrului interior al țevii cu realizarea unui bun contact între lamele și țeavă; sau printr-un procedeu mecanic: prin împingerea unei bile cu diametrul de 0.5mm mai mare decât al țevii sau a unui trunchi de con.

Viteza aerului în secțiunea îngustă este (2...5) m/s, densitatea de flux termic  $q_{se}=180...350 \text{ W/m}^2$ . Serpentinele sunt încadrate într-o ramă care realizează canalul de curgere a aerului trimis de ventilator. Țevile din fascicul, față de curgerea aerului, se pot dispune în coridor sau decalat.

Condensatoarele răcite cu aer sunt montate pe același șasiu cu compresorul, formând agregate frigorifice.

**7.2. Calculul termic și constructiv**

.....

**7.3. Calculul fluido-dinamic**

.....

**7.4. Calculul de rezistență al aparatului**

.....

## Capitolul 8

### Alegerea compresorului

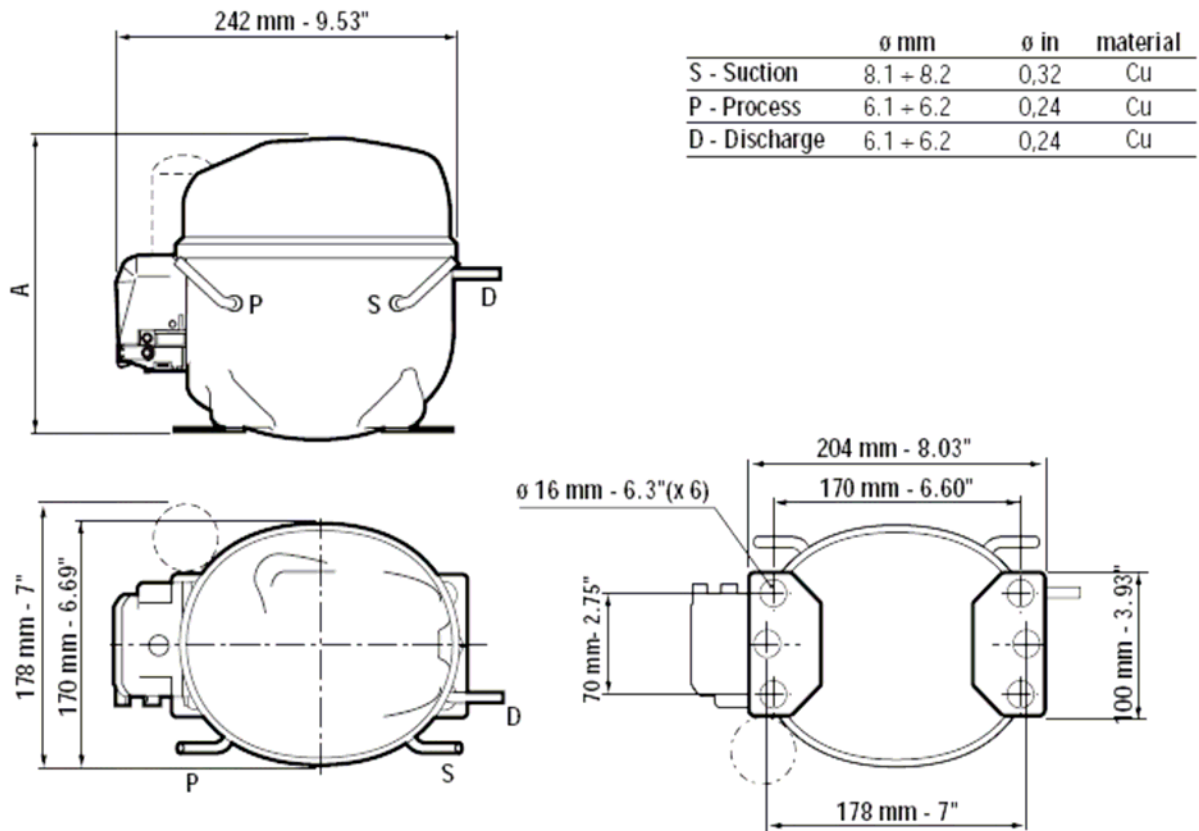


Fig.8.1. Schema dimensională a compresorului

## **Capitolul 9**

### **Instalația de automatizare**

#### **9.1 Rolul automatizării**

Problema principală a automatizării instalațiilor de răcire o constituie menținerea temperaturii mediului răcit la valoarea prescrisă, din punct de vedere economic cât și tehnologic

Menținerea temperaturii constante la valoarea prescrisă a mediului răcit trebuie realizată indiferent de variația temperaturii externe. Instalațiile de răcire se proiectează să poată asigura necesarul de frig nominal, în cele mai grele condiții externe de funcționare, previzibile pentru aceea instalație.

#### **9.2 Reglarea temperaturii interioare.**

Menținerea temperaturii interioare la valoarea prescrisă se realizează prin intermediul unui termostat montat în interiorul vitrinei, care comandă un electroventil să deschidă sau să închidă alimentarea cu freon a vaporizatorului în funcție de temperatura din interiorul vitrinei. Când electroventilul primește comandă de la termostat să închidă circuitul de alimentare a vaporizatorului, primește comandă și un releu de timp, care după 15 secunde va intrerupe alimentarea cu curent a compresorului și ventilatorului. Când necesarul de frig crește termostatul va da comandă la electroventil să deschidă circuitul de alimentare a vaporizatorului și odată cu acesta va porni compresorul și ventilatorul, astfel se realizează reglarea temperaturii interioare. Termostatul este reglat să funcționeze între 0 – 6 °C. Când temperatura este de 0°C termostatul va da comandă să fie oprită funcționarea instalației, iar când aceasta va atinge valoarea de 6°C va comanda pornirea instalației frigorifice.

#### **9.3 Alegerea componentelor necesare automatizării**

##### **Alegerea termostatelor:**

Termostatele închid sau deschid circuite electrice de comandă, în funcție de valoarea temperaturii reglate, care este detectată prin intermediul unui bulb, sau a unui element termosensibil conectat la un burduf elastic.

Alegerea termostatelor se face ținând seama de tipul aplicației în care vor fi utilizate, deci de funcțiile pe care trebuie să le îndeplinească. În fig.9.1 sunt prezentate domeniile de utilizare a termostatelor de tip KP de la firma Danfoss. Se alege termostatul de tip KP 73.

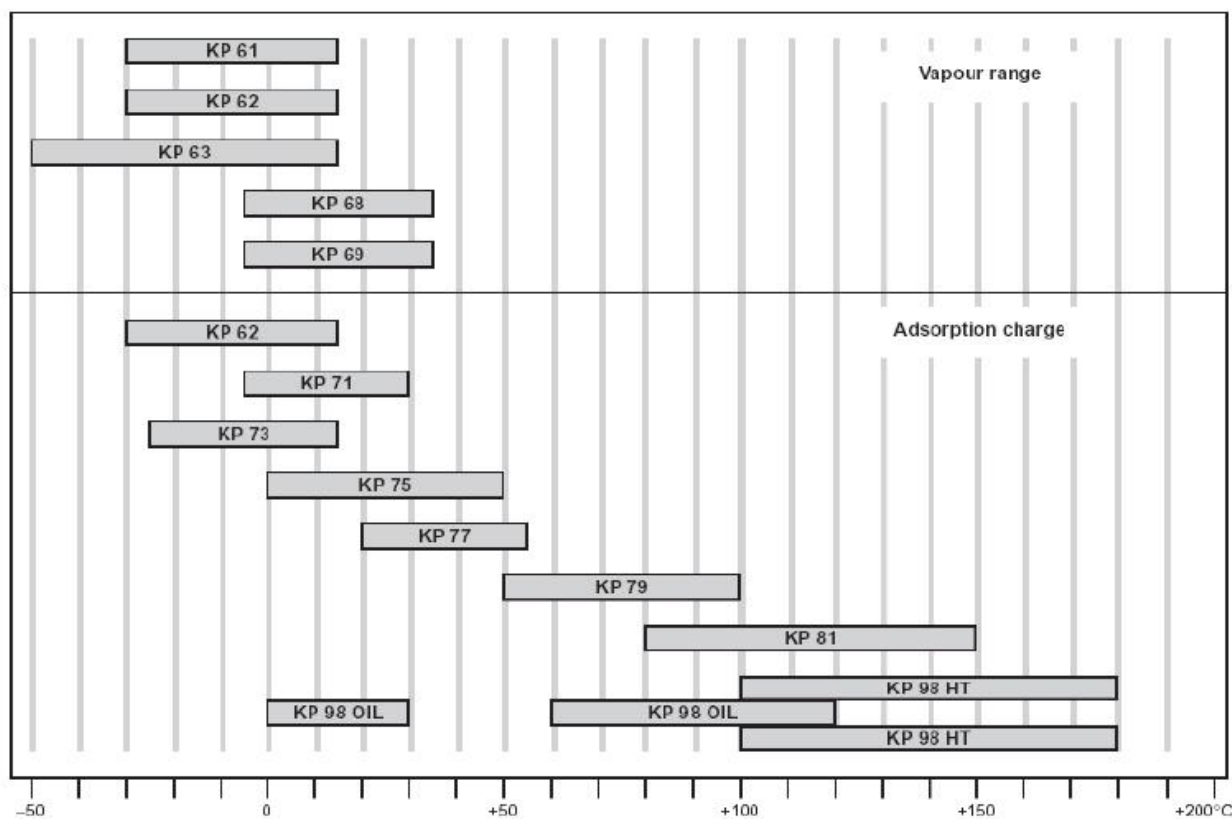


Fig. 9.1. Domenii de utilizare a termostatelor de tip KP

#### Alegerea electroventilului:

Electroventilele sunt aparate de automatizare care închid sau deschid un circuit, atunci când primesc comandă de la un presostat sau termostat.

Alegerea electroventilelor se face în funcție de debitul de agent termic vehiculat.

Calculului debitului volumic de agent termic primar:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m} \cdot 3600}{\rho} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (9.1)$$

$$\dot{V} = 0.017 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

În fig.12.2 sunt prezentate electroventile produse de firma Danfoss.

Din catalogul firmei Danfoss prezentat în fig 9.3, pe baza relației 9.1 se alege un electroventil de tip MEV 80-2

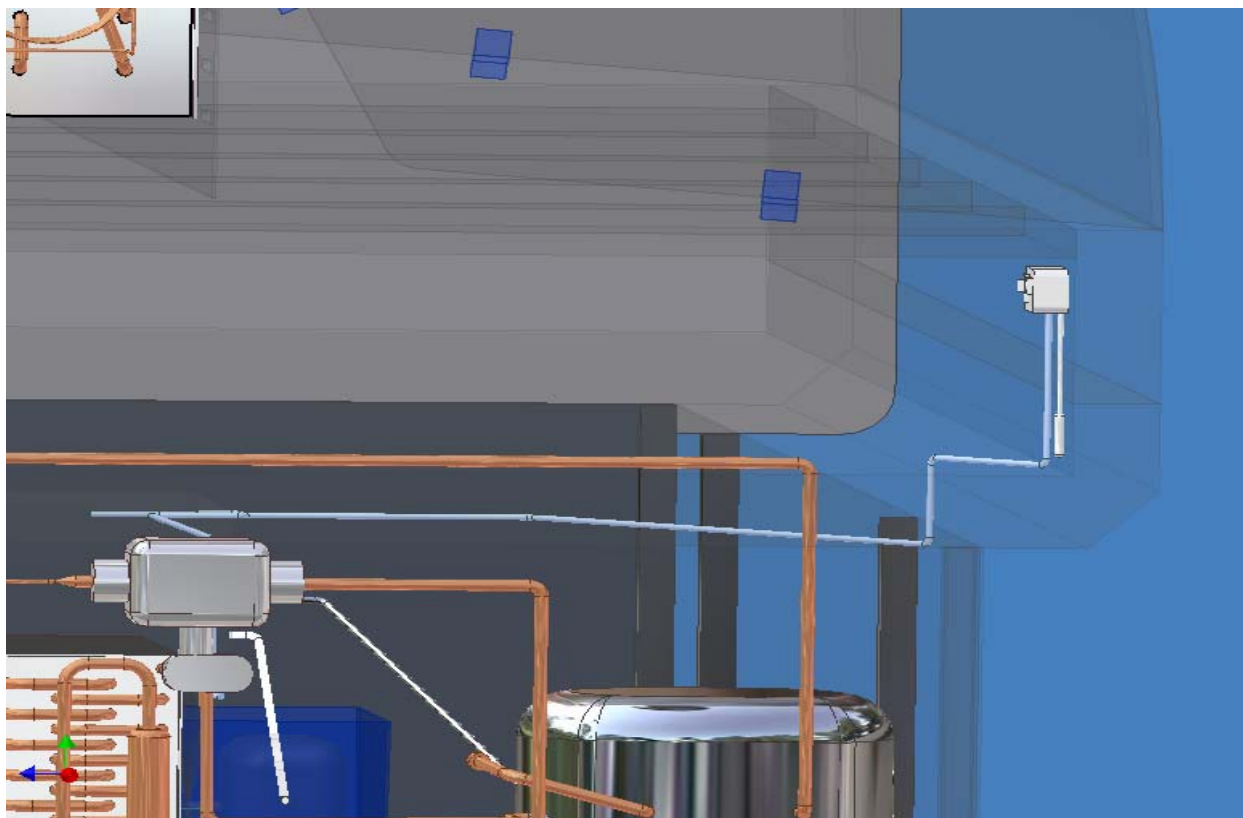
Montarea termostatului este prezentată în fig. 9.4, iar montarea electroventilului în fig. 9.5.



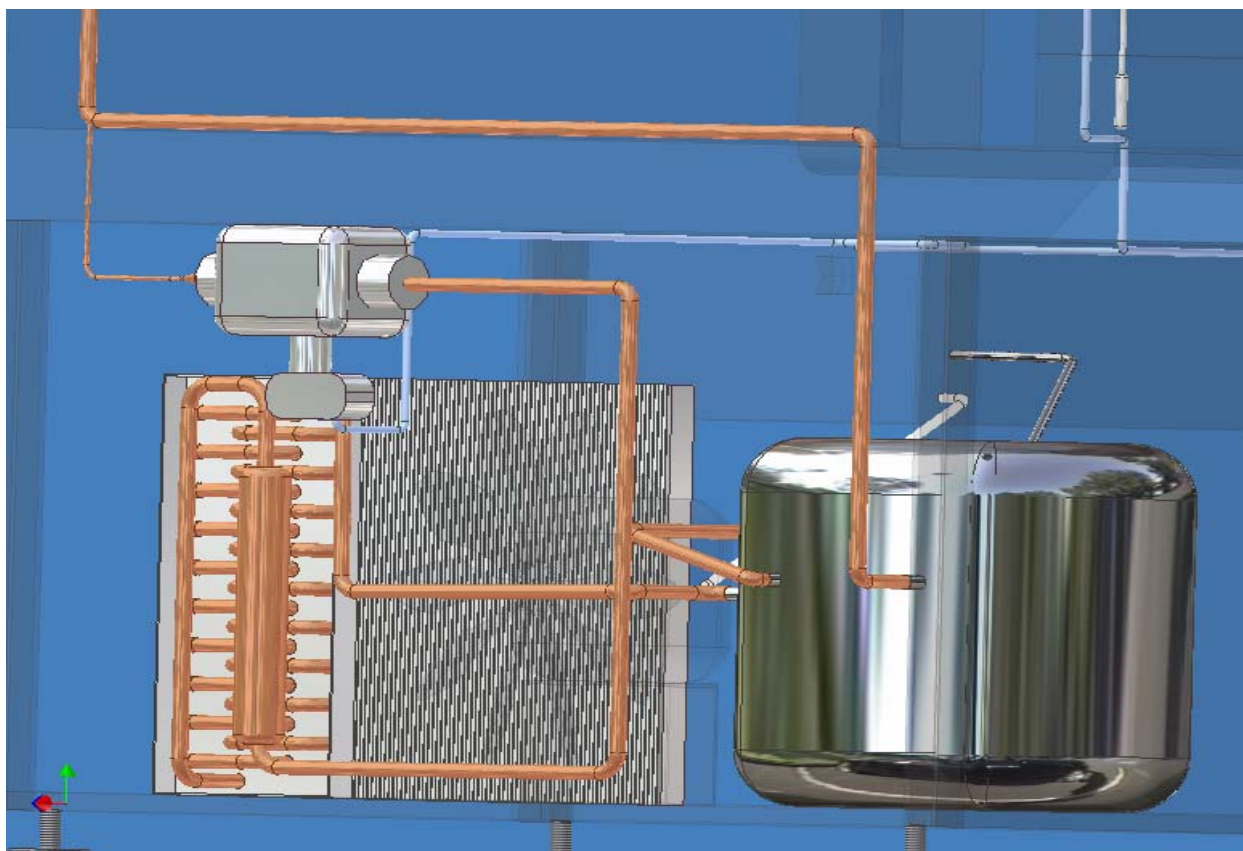
Fig. 9.2 Electroventile produse de firma Danfoss

Valve size	$k_v$ -value	$C_v$ -value	Max. $\Delta p$	Max. $\Delta p$	Min. opening/closing times		Lifting height <sup>1)</sup>	Closing time <sup>2)</sup>
	m <sup>3</sup> /h	USgal/min	bar	psi	50 Hz	60 Hz		
MEV 80 - 2	0.6	0.7	28	406	33 s	26 s	10.0	8
MEV 80 - 3	1.0	1.2	28	406	33 s	26 s	10.0	8
MEV 80 - 4	1.5	1.7	28	406	33 s	26 s	10.0	8
MEV 80 - 5	2.1	2.4	28	406	33 s	26 s	10.0	8
MEV 80 - 6	3.3	3.8	28	406	33 s	26 s	10.0	8
MEV 80 - 7	5.0	5.8	28	406	33 s	26 s	10.0	8
MEV 125	7.0	8.1	20	290	40 s	32 s	12.3	10
MEV 200	10.0	11.6	18	261	50 s	40 s	15.5	13
MEV 300	15.5	18.0	18	261	62 s	51 s	19.5	16
MEV 500	23.0	26.7	18	261	66 s	53 s	20.5	17

Fig. 9.3 Catalog electroventile Danfoss



**Fig. 9.4 Montarea termostatului**



**Fig. 9.5 Montarea electroventilului**

## Capitolul 10

### Calculul economic de principiu al instalației

În faza de proiectare și apoi în exploatare se ridică o serie de probleme economice. Buna funcționare a instalației este influențată de agenții de lucru care circulă prin țevi. Alegerea lor trebuie să vizeze mărirea vitezei de circulație în special pentru fluidul cu coeficientul de schimb superficial cel mai redus, pentru a intensifica transferul de căldură. Materialele din care sunt confecționate subansamblele instalației trebuie astfel alese, încât să ducă la un consum minim mai ales pentru cele scumpe rezistente la coroziune.

Regimul termic optim trebuie să asigure procesul tehnologic reclamat, productivitatea acestuia, indicii calitativi, o siguranță în exploatare cu un consum minim de căldură. Regimul termic și tehnologic trebuie să fie într-o strânsă interdependență.

Analiza tehnico-economică se face pe baza costului instalației, costurile raportându-se fie la unitatea de energie termică transmisă, fie la unitatea de suprafață, fie la capacități, funcție de elementele de proiectare, diametrul țevelor, lungimea acestora și viteza fluidului.

Instalațiile termice se caracterizează printr-un înalt ritm de creștere a producției lor și o mare diversificare.

Cu toate că s-au elaborat mai multe metode de apreciere a costurilor investițiilor în funcție de numărul de elemente cunoscute în momentul estimării, metoda analitică rezultă din însumarea costurilor tuturor elementelor componente ale unei lucrări de investiții, deși laborioasă, rămâne mai precisă.

Necesitatea cunoașterii indicatorilor tehnico-economici pentru noile investiții în faza de proiectare și fundamentare a acestora, reclamă o simplificare a metodei analitice prin elaborarea unor metode operative de stabilire a prețurilor cu ajutorul costagramelor. Pentru agregate costagrama sunt diagrame care reprezintă prețurile acestor grupe, în funcție de variația parametrilor funcționali.

Din analize întreprinse a rezultat că în funcție de capacitatea de producție, costul utilajelor se poate exprima printr-o funcție exponențială de forma:

$$C_1 = C_0 \cdot p^m$$

$C_1$ -costul utilajului sau aparatului pentru capacitatea de producție cerută;

$C_0$ - costul utilajului sau aparatului pentru capacitatea de producție de referință;

$p$ -raportul dintre capacitatea de producție a utilajului pentru care se calculează prețul  $C_1$  și capacitatea de producție a utilajului de referință;

$m$ -exponentul funcției;



Costurile suplimentare de montaj, transport, depozitare nu sunt direct proporționale cu valoarea utilajului. Aceasta face ca exponentul  $m$  să aibă valori diferite, după cum costograma se referă la prețul de achiziție al utilajului, sau la prețul utilajului montat la beneficiar.

Pentru efectuarea calculului se folosesc prețurile materialelor valabile la data de 02.06.2006, orice modificare intervenită pe parcurs la cursul monedei se va reflecta proporțional în prețul de la data curentă.

În prezentul calcul se vor estima prețurile principalelor componente ale instalației și se va stabili prețul și se va stabili prețul total integral al întregii instalații incluzându-se regiile și cheltuielile care intervin în realizarea efectivă a instalației.

Majoritatea componentelor sunt similare sau chiar identice cu produsele firmei Oscartielle, deci prețurile unora din componentele instalației sunt calculate în funcție de prețurile firmelor producătoare, la data ultimei vânzări.

În continuare se prezintă lista de prețuri pentru componentele instalației

Componentele instalației	Preț (lei)
<b>Condensator</b>	<b>1200000</b>
<b>Țevi fără sudură</b>	<b>10 x 40000=400000</b>
<b>Compresor de la firma Embraco</b>	<b>3000000</b>
<b>Termostat</b>	<b>300000</b>
<b>Vaporizator</b>	<b>735000</b>
<b>Ventilator</b>	<b>350000</b>
<b>Preț total</b>	<b>5985000</b>
Cheltuieli pt. transport sunt 5% din totalul costurilor materialelor	299250
Salarii	3500000
CAS = 7% din salarii	245000
Ajutor șomaj = 5% din salarii	175000
Regie secții = 20% din salarii +CAS	945000
Cost secție = suma costurilor anterioare	11149250
Regie întreprindere=10% din cost secție	1114925
Cost întreprindere = se determină ca fiind suma dinte costul secției + + regia întreprinderii	12264175
Beneficiu =10% din costul întreprinderii	1226417
Total prețuri = beneficiu + cost întreprindere	13490592

**Capitolul 11**

**Norme de protecția și securitatea muncii**

.....

**Capitolul 12**

**Tema tehnologică**

.....

## Capitolul 13

### Prezentarea Instalației

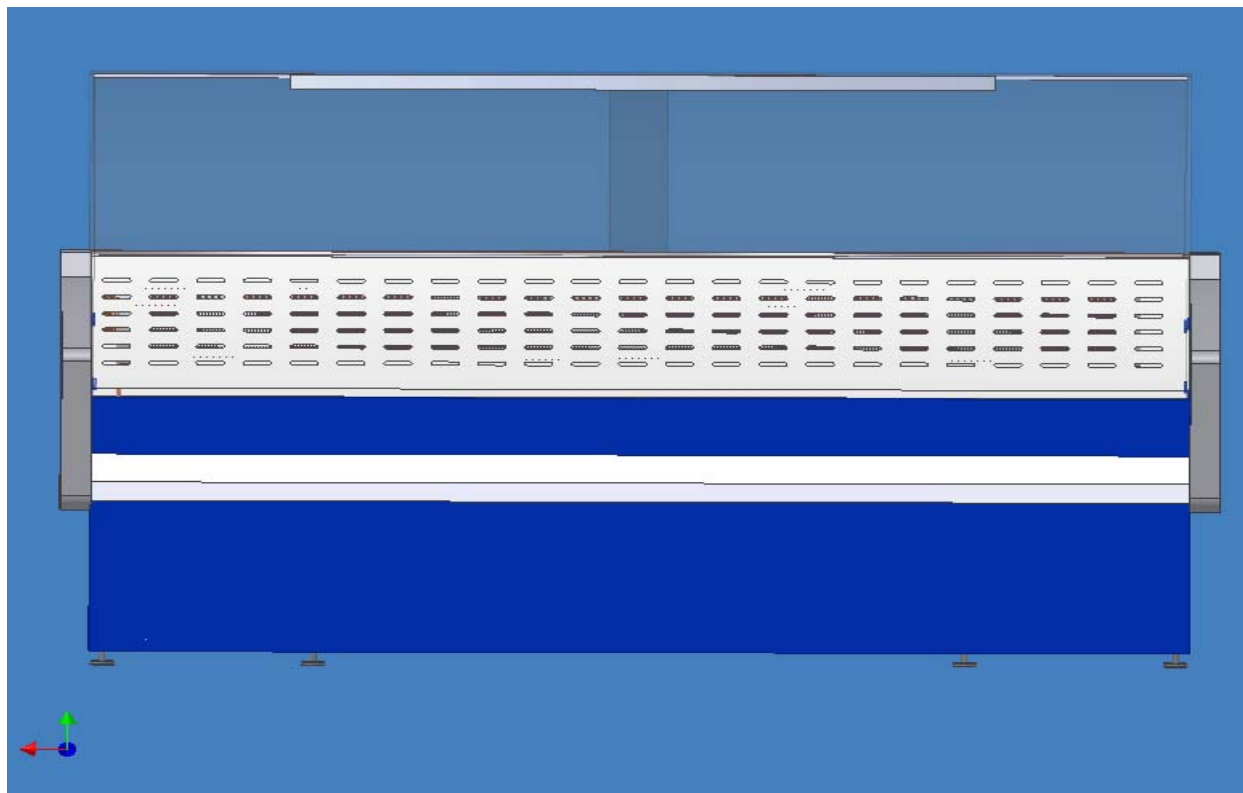


Fig. 13.1 Vedere frontală

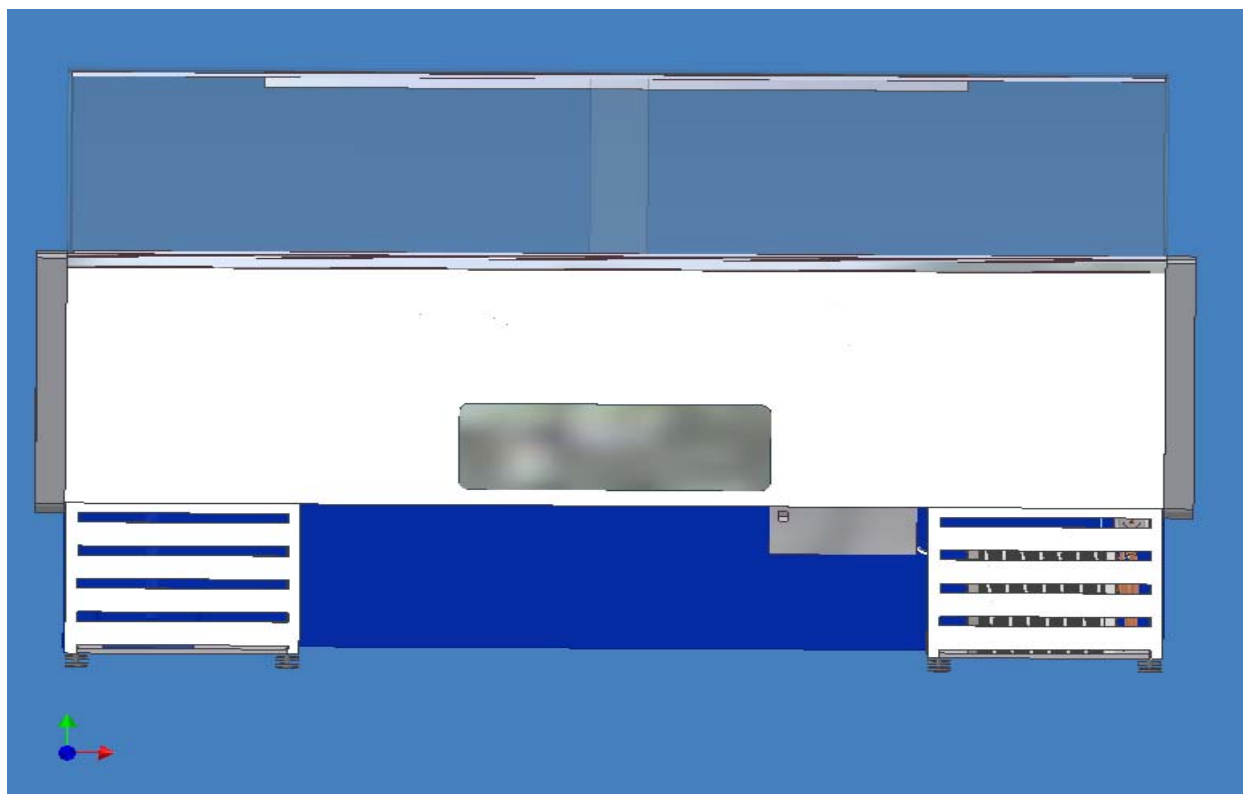


Fig. 13.3 Vedere din spate

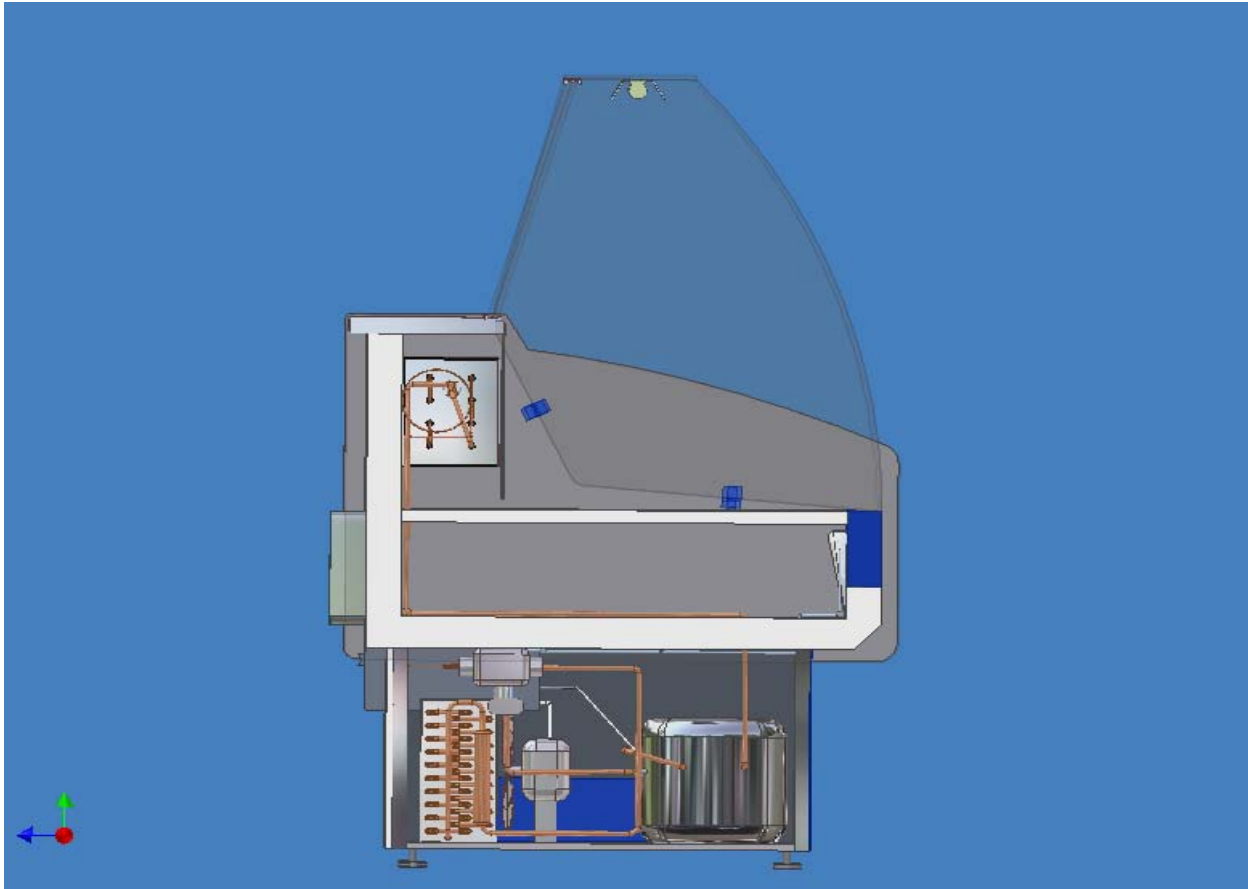
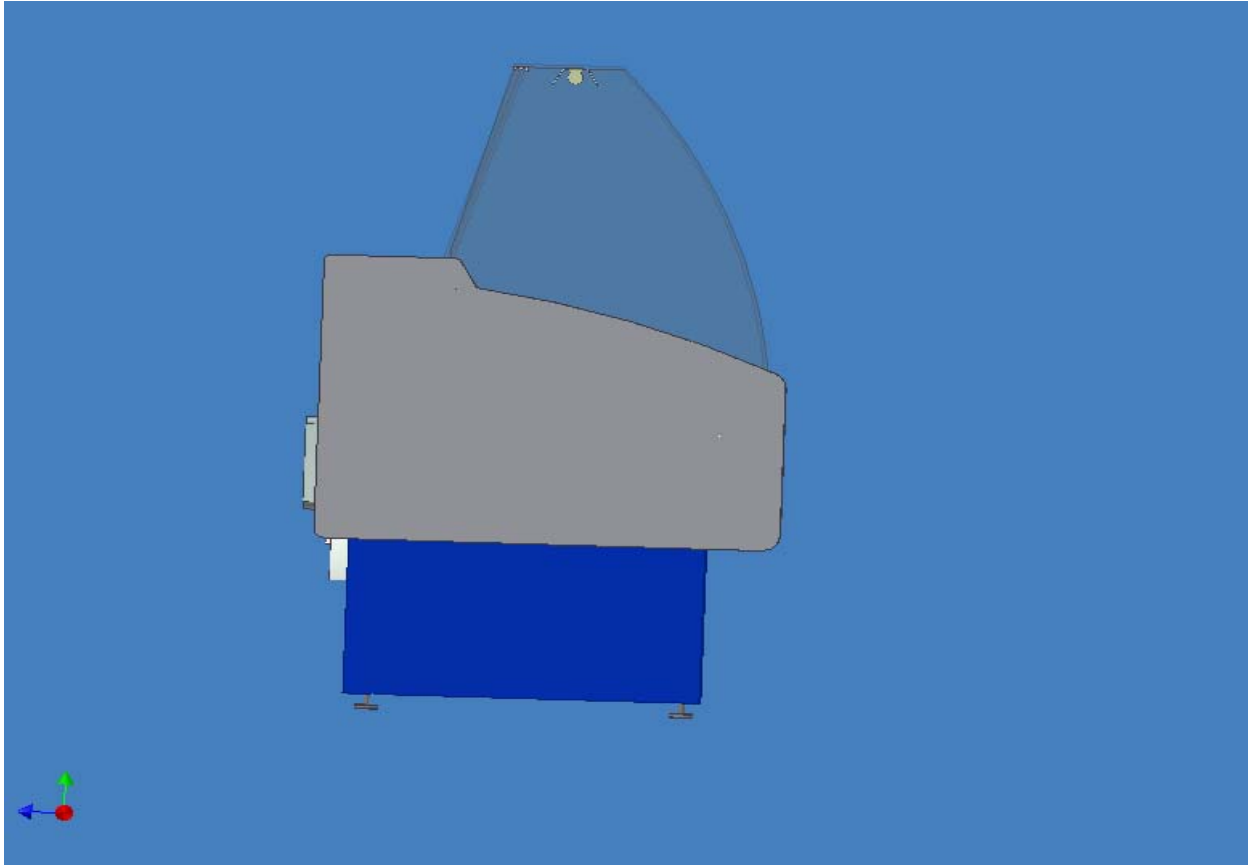


Fig. 13.3 Vederi din lateral

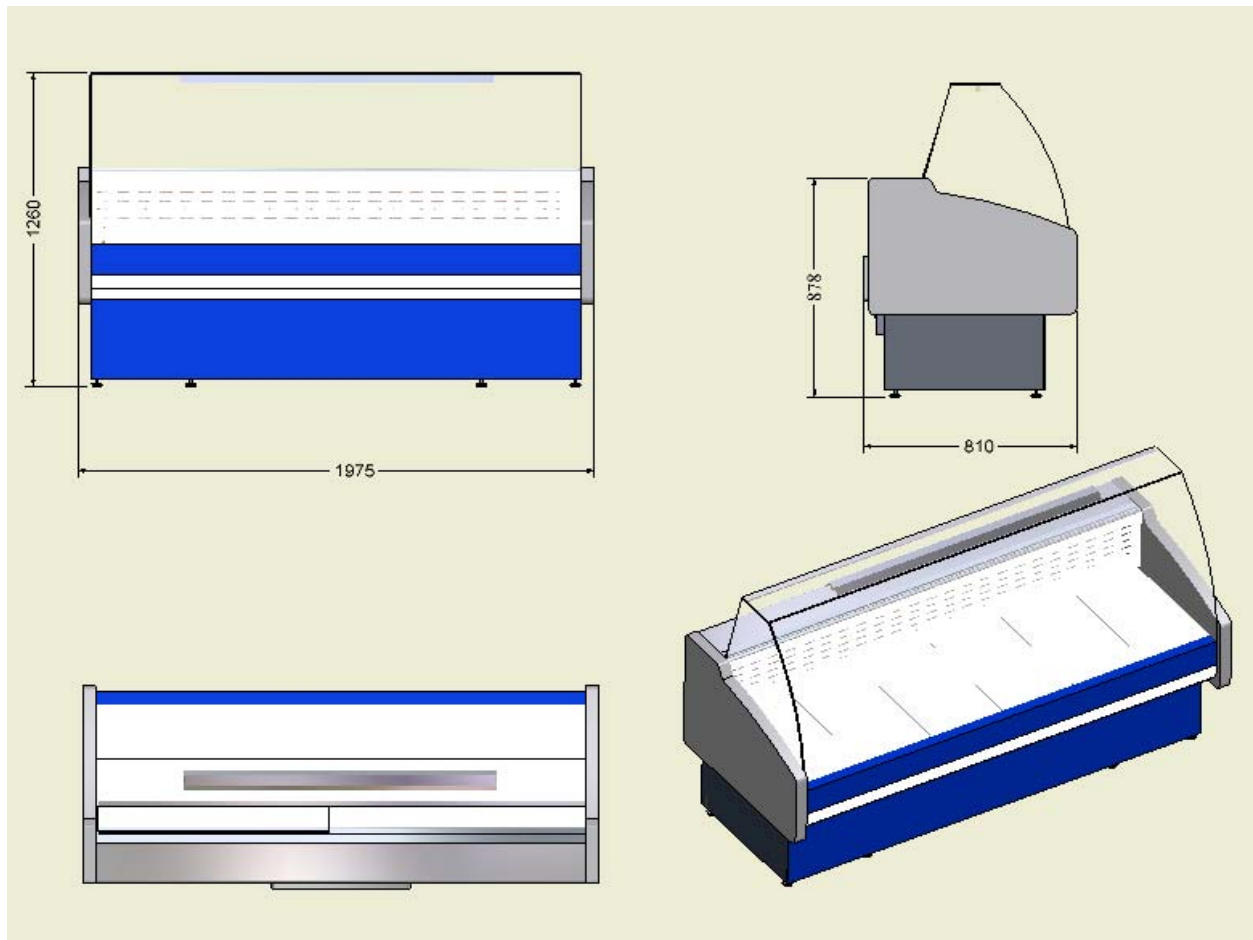


Fig. 13.4 Dimensiuni

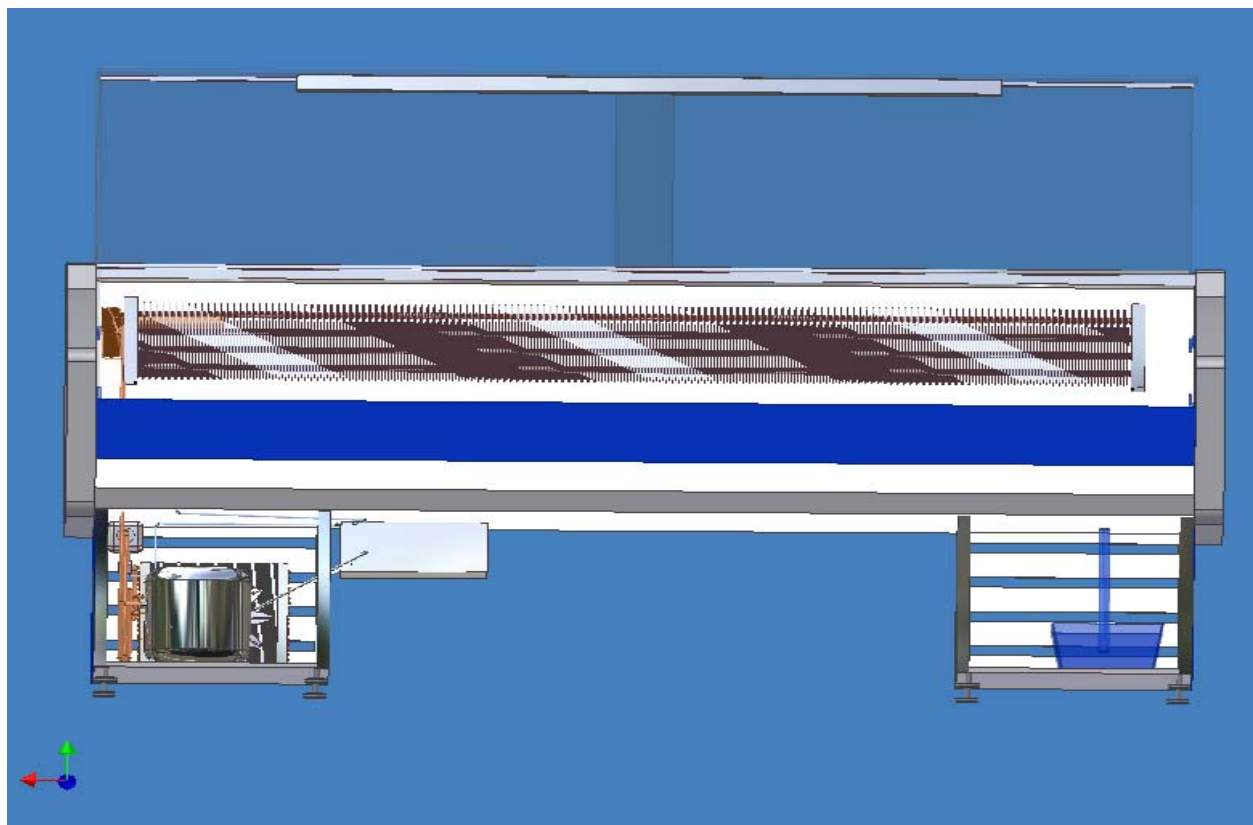


Fig. 13.5 Vedere la instalație din față

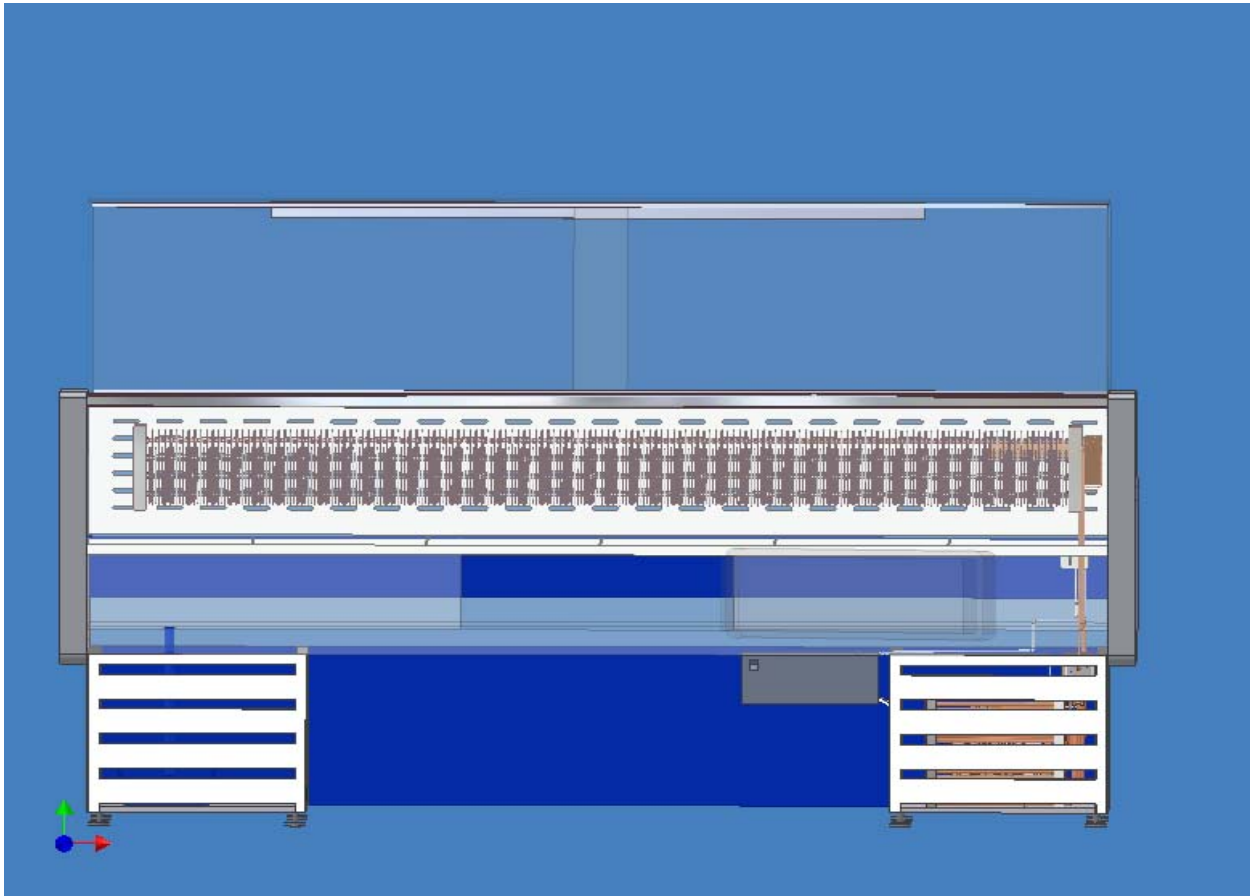
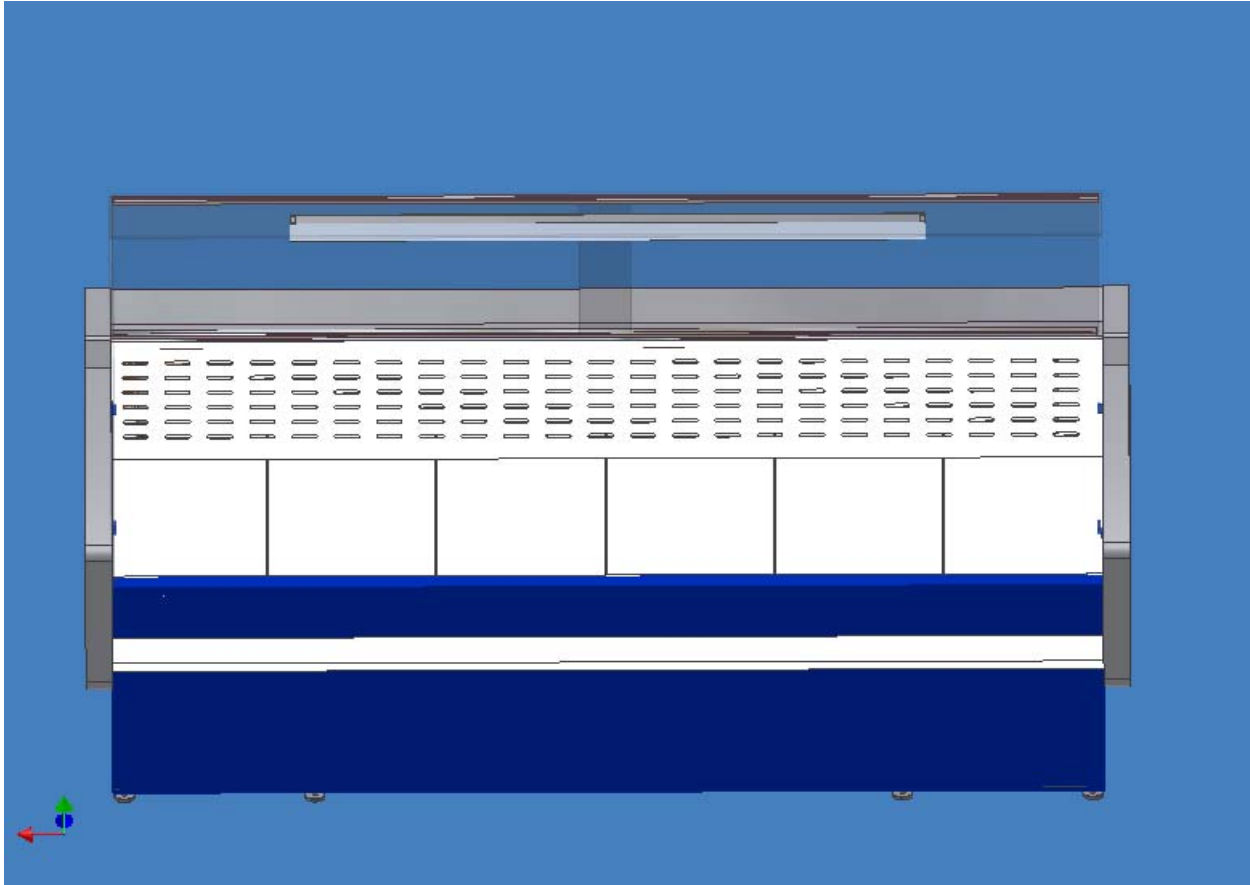


Fig. 13.6 Loc de păstrare a alimentelor

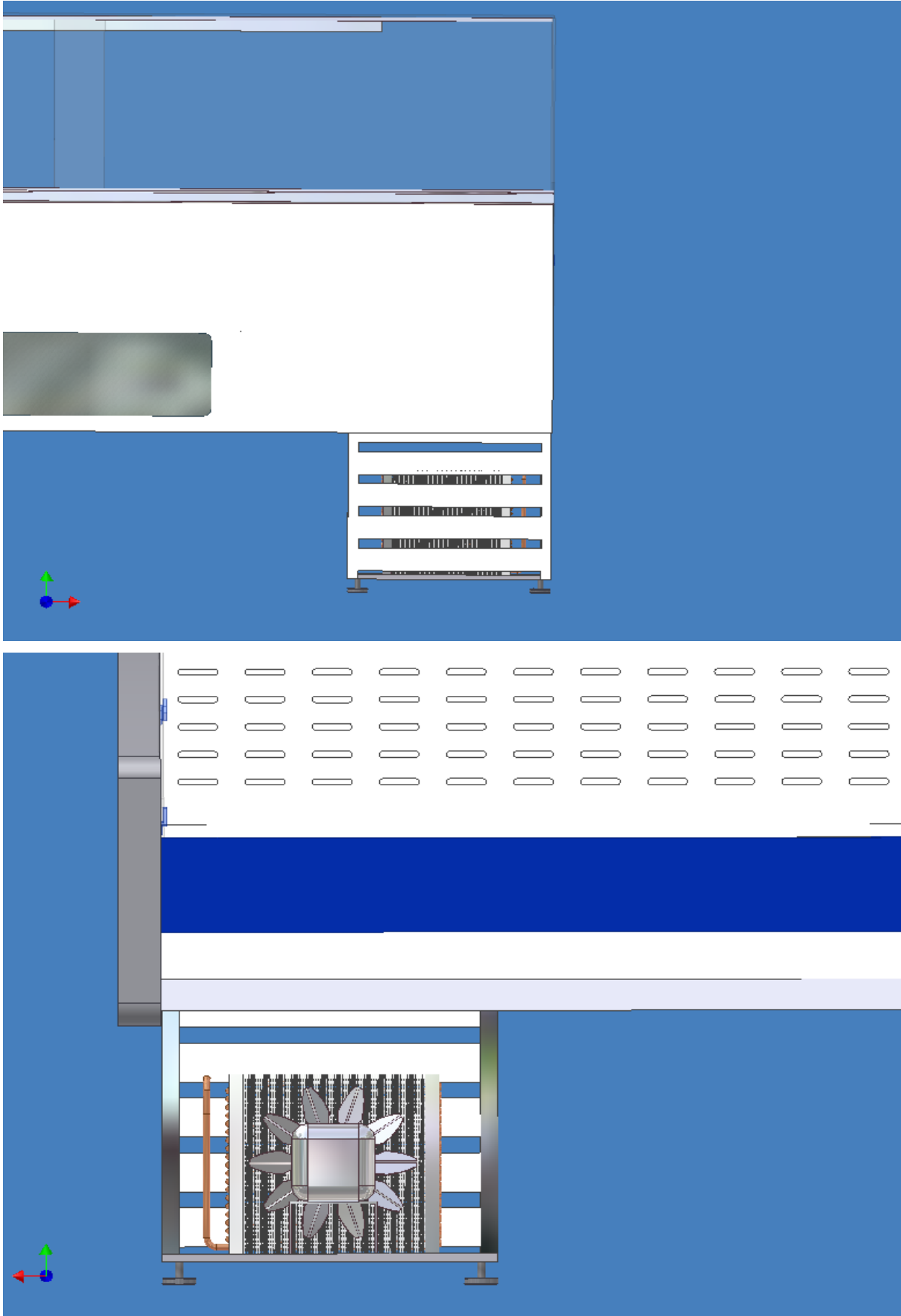


Fig. 13.7 Amplasarea condensatorului

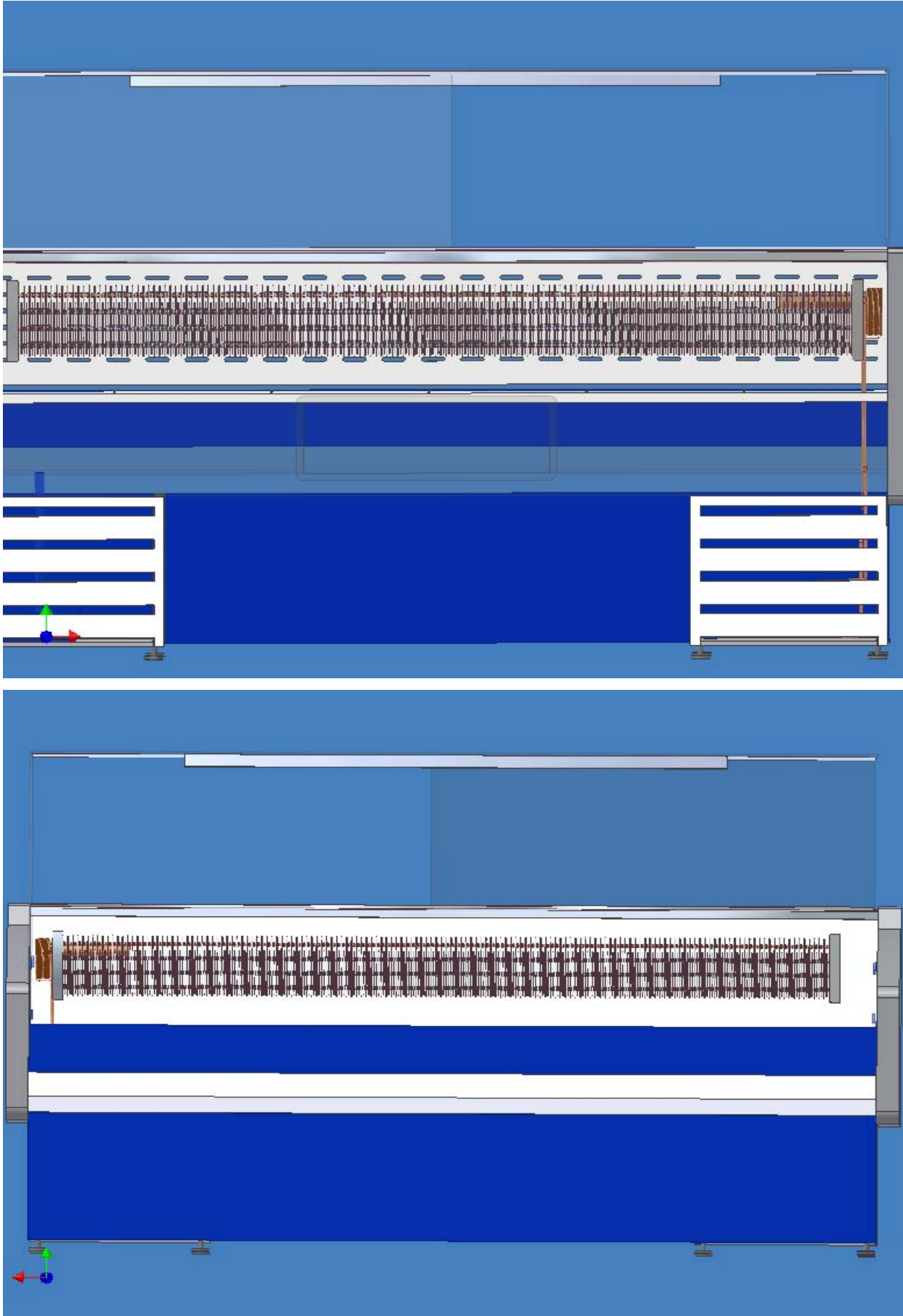


Fig. 13.8 Amplasarea vaporizatorului



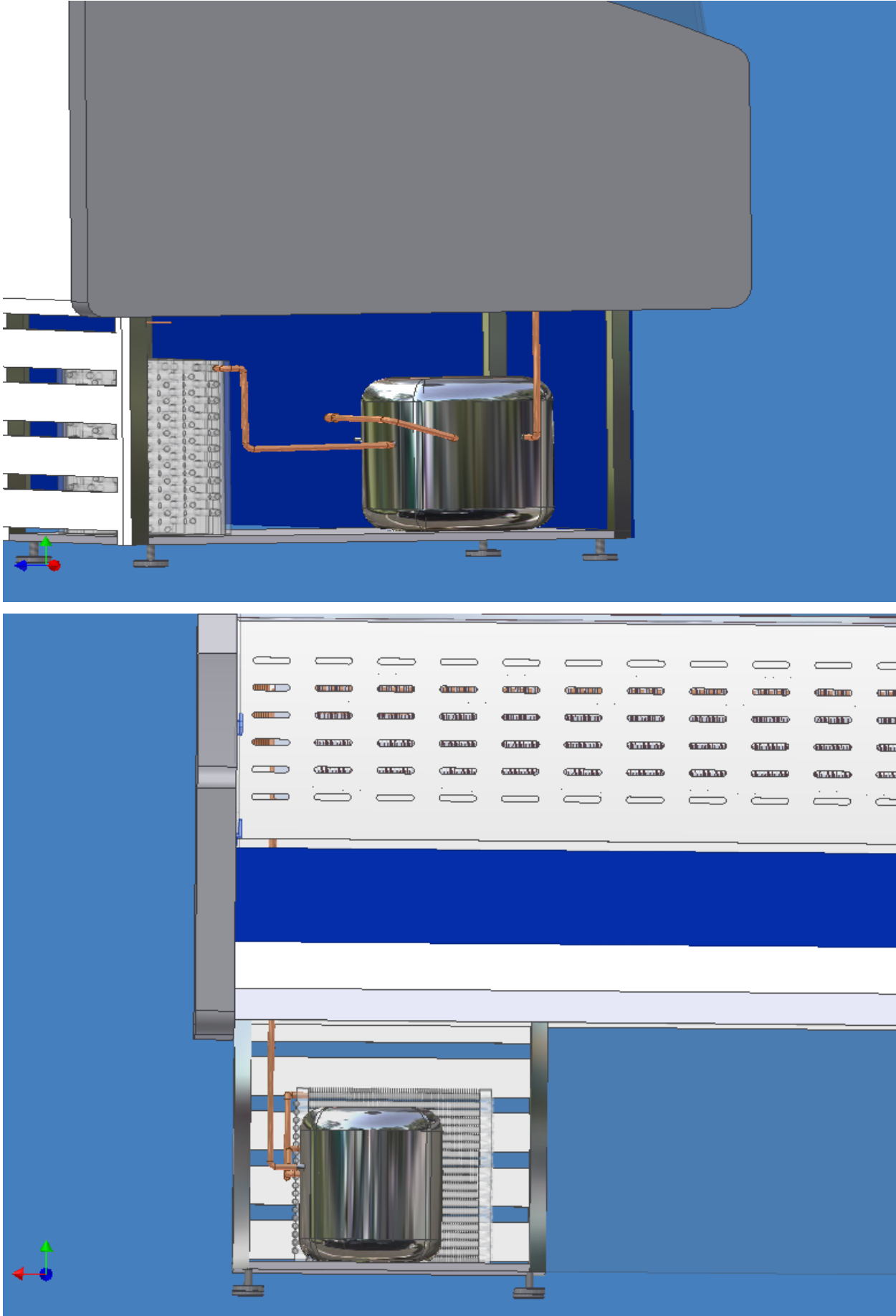


Fig. 13.9 Amplasarea compresorului

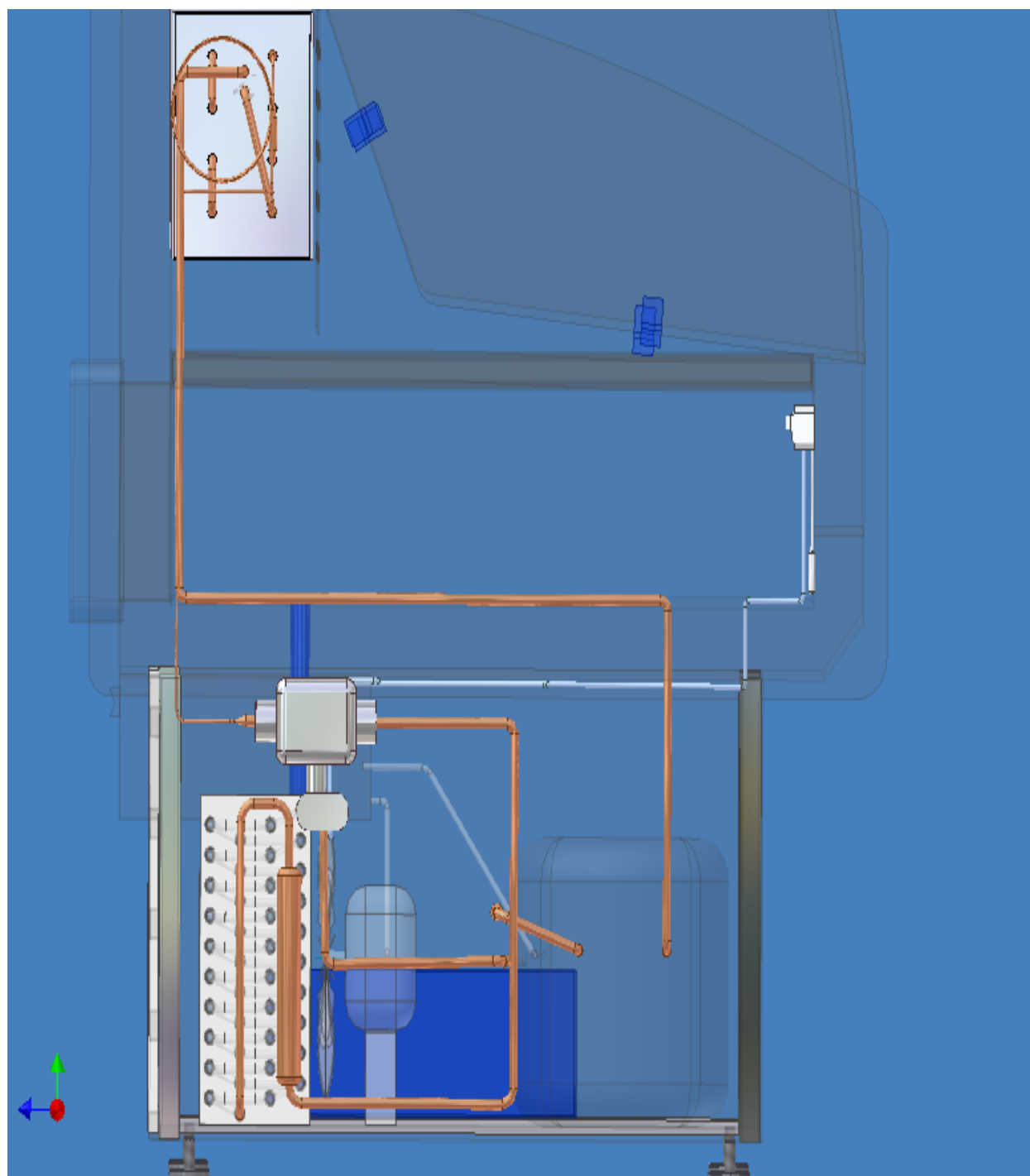


Fig. 13.10 Instalația completă

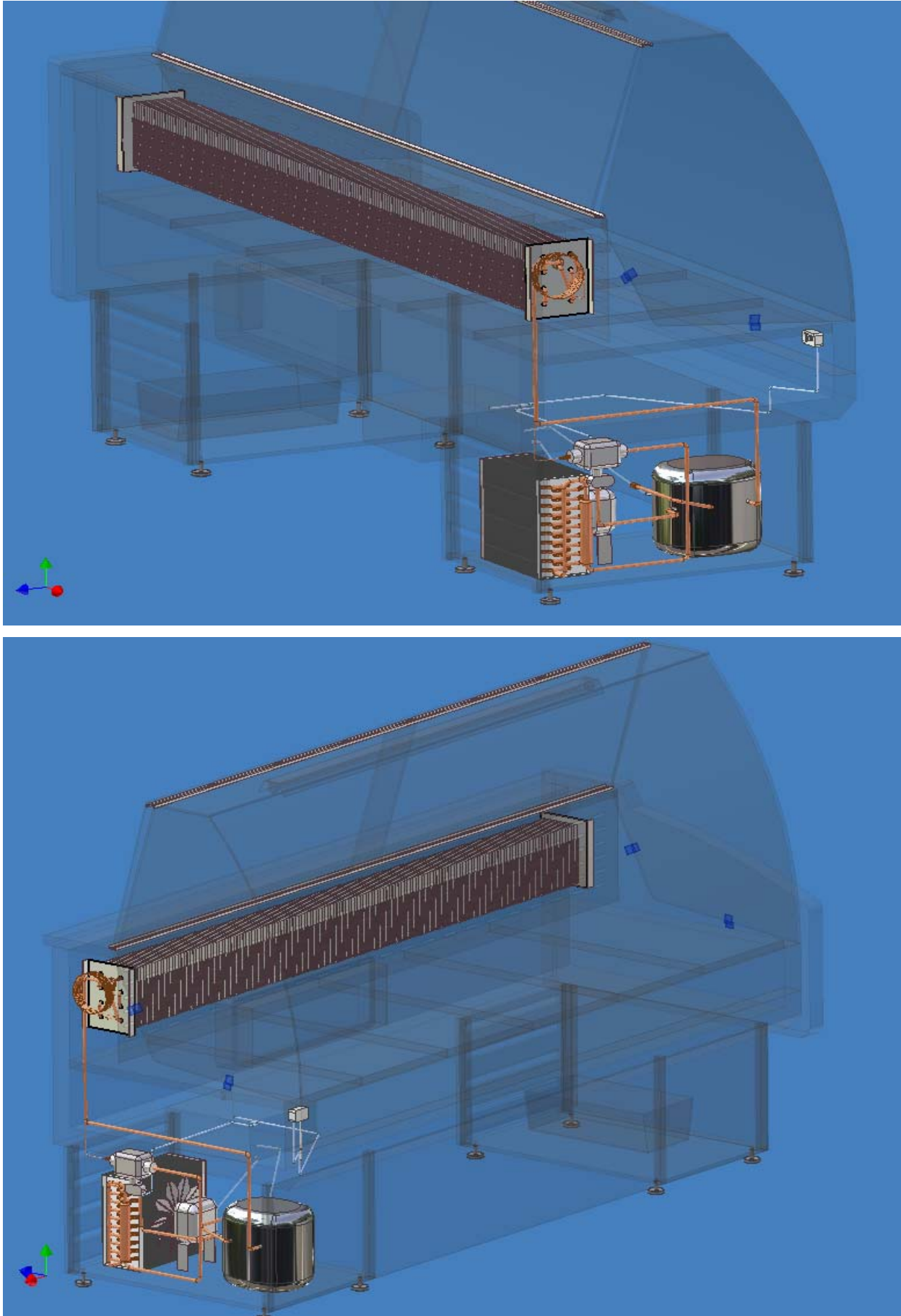


Fig. 13.11 Amplasarea instalației

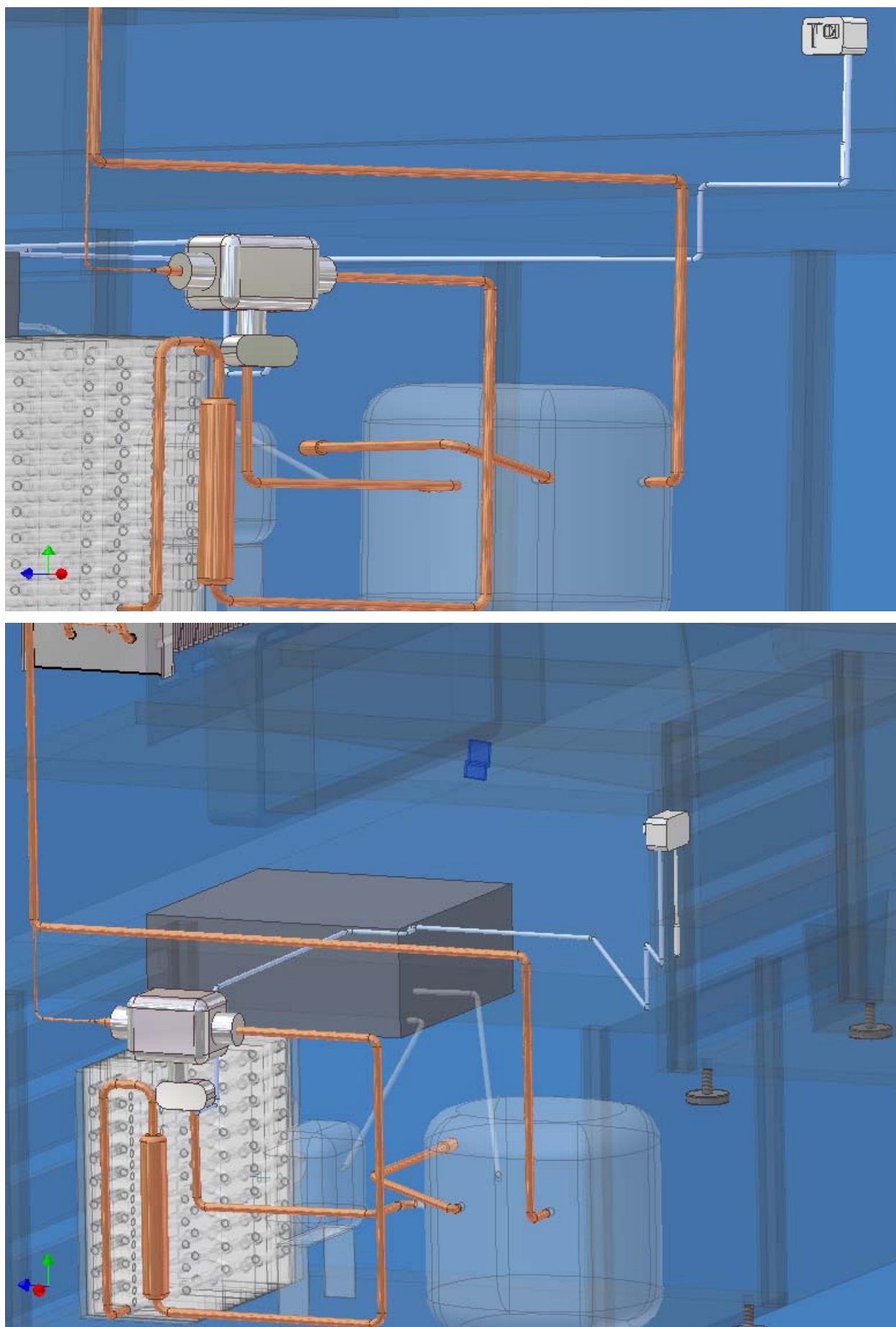


Fig. 13.12 Prezentarea termostatului și a electroventilului

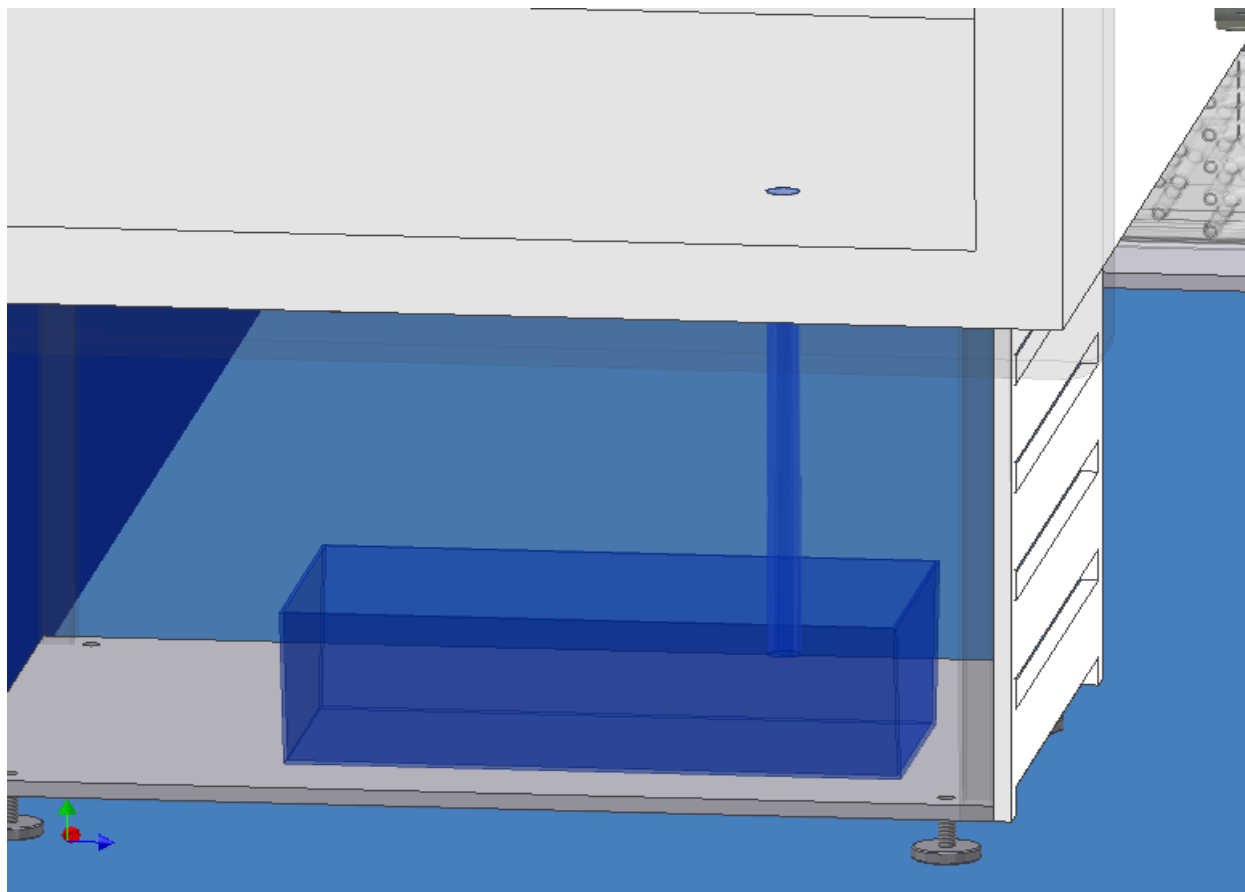


Fig.13.13 Instalație de colectare a apei la degivrare

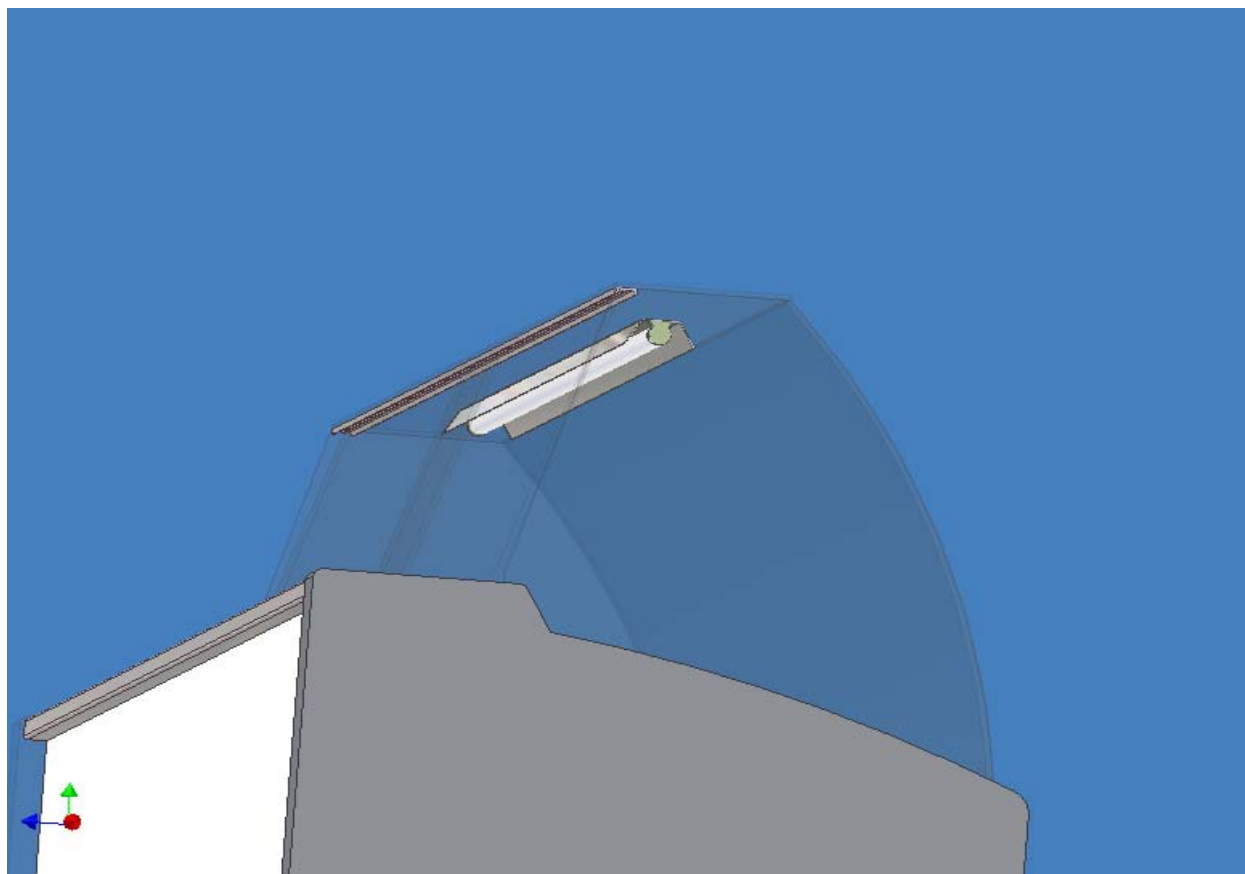


Fig.13.14 Instalația de iluminare a vitrinei

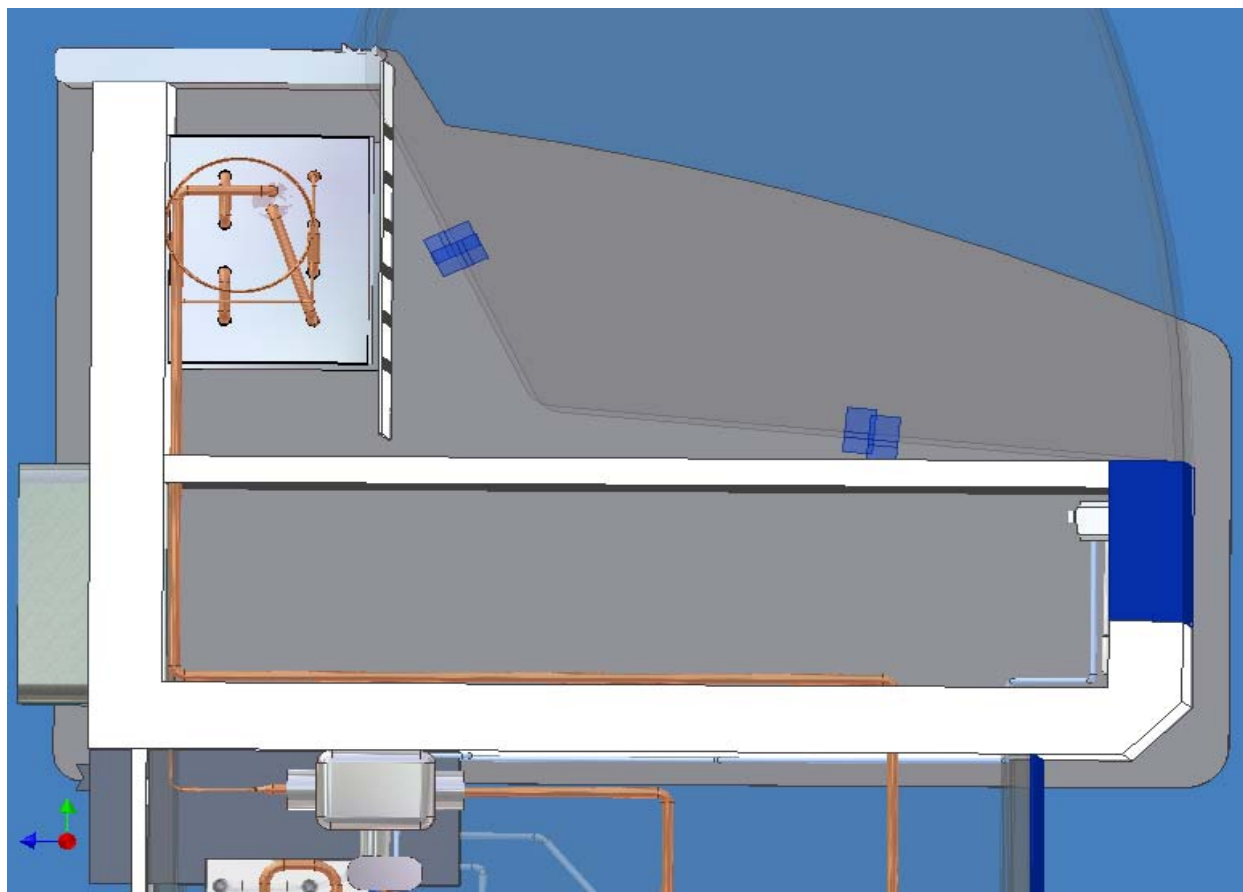


Fig.13.15 Izolația instalației

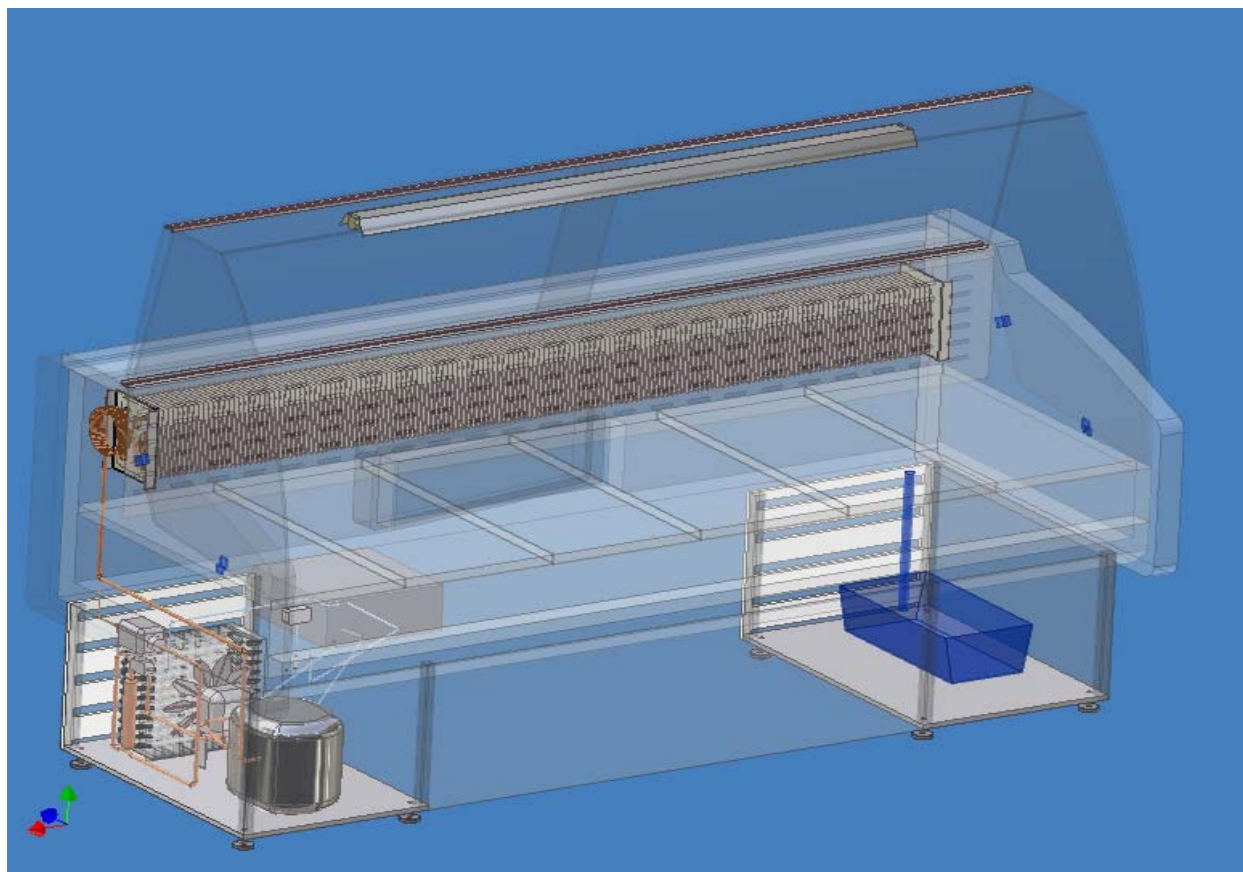


Fig.13.16 Vedere de ansamblu a vitrinei

## Bibliografie

1. Bălan, Mugur – Curs de pompe de căldură, instalații frigorifice și criogenie, anul IV.
2. Bălan, Mugur – Curs de componente de proces, calcul, și construcția instalațiilor frigorifice, anul IV.
3. Bălan, Mugur – „Instalații frigorifice – Teorie și programe pentru instruire”, editura Todesco, Cluj Napoca, 2000.
4. Bărbosu, Dumitru; Tacenco, Valentin – „Ventilatoare. Construcție. Utilizare. Exploatare. Întreținere”, editura Tehnică, București, 1998.
5. Burchard, Bill; Pitzer, David – „Totul despre AutoCad 2000”, editura Teora, București, 2000.
6. Câmpean, Ioan – Curs de bazele cercetării experimentale a mașinilor termice, anul IV și V
7. Chiraleu, I; Romașcanu, F; Zaharia, C – „Instalații frigorifere” editura Tehnică, București, 1962.
8. Cinca, Mihai – „Aparate termice. Cazane și schimbătoare de căldură”, editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1998.
9. Ciobanu, Aurel; Lascu, Gabriela; Bercescu, Vasile; Nicolescu, Lidia – „Frigul artificial în fabricarea și conservarea produselor alimentare”, editura Tehnică, București, 1971.
10. Dșnescu, Alexandru, ș.a. – „Termotehnică și mașini termice” editura Didactică și Pedagogică, București, 1985.
11. Hârdău, Mihail – Curs de metoda elementului finit, anul III.
12. Hârdău, Mihail – Curs de rezistența materialelor, anul II.
13. Hârdău, Mihail – Metoda elementului finit. Îndrumător de lucrări. Litografia U.T.C.-N., Cluj Napoca 1980.
14. Hodor, Victor – Curs de dinamica gazelor, anul III.
15. Hodor, Victor – Curs de transfer de căldură și masă, anul III.
16. Hulpe, Gh., ș.a. – „Desen industrial”, litografia U.T.C.-N., Cluj Napoca 1980.
17. Mădărășan, Teodor – „Bazele termodinamicii”, editura Sincron, Cluj Napoca, 1980.
18. Mădărășan, Teodor – „Curs de termotehnică” anul III.
19. Mreneș, Mircea – Curs de AutoCad14, anul III.
20. Niculiță, Petru – „Îndrumătorul specialiștilor frigotehniști din industria alimentară”, editura Ceres, București, 1991.

21. Niculiță, Petru; Purice, Nicolae – „Tehnologii frigorifice în valorificarea produselor alimentare de origine alimentară”, editura Ceres, București, 1986.
22. Niculiță, Petru; Purice, Nicolae – „Tehnologii frigorifice în valorificarea produselor alimentare de origine vegetală”, editura Ceres, București, 1986.
23. Popa, B; Vintilă, Constanța – „Termotehnică și mașini termice”, editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.
24. Popa, B; Vintilă, Constanța – „Termodinamică, mașini și instalații termice. Probleme”, editura Didactică și Pedagogică, București, 1973.
25. Porneală, Sava; Porneală, Dan – „Instalații frigorifice și climatizare în industria alimentară. Teorie și aplicații numerice”, editura Alma, Galați, 1997.
26. Sârbu, Ioan – „Instalații frigorifice-Teorie și aplicații”, editura Miron, Timișoara, 1998.
27. Șomotecan, Mărioara; Hârdău, Mihail – „Rezistența materialelor”, editura ICPIAF, Cluj-Napoca, 1997.
28. Teborean, Ioan; Mădărășan, Teodor – „Agenți termodinamici și mașini termice”, editura Dacia, Cluj-Napoca, 1999.
29. \*\*\*[www.thermo.utcluj.ro](http://www.thermo.utcluj.ro)
30. \*\*\*[www.oscartielle.it](http://www.oscartielle.it)
31. \*\*\*[www.embraco.com](http://www.embraco.com)