

**TAM OTOMATİK ÇİFT KOMPRESÖRLÜ AKILLI AŞI VE  
İLAÇ DOLABI TASARIMI**

**Ali Serhat KIRBAŞ**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAM OTOMATİK ÇİFT KOMPRESÖRLÜ AKILLI AŞI VE İLAÇ DOLABI  
TASARIMI**

**Ali Serhat KIRBAŞ**

Orcid No : 0000-0001-5177-4522

Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI

(Danışman)

Orcid No : 0000-0002-9763-6464

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

## TEZ ONAYI

Ali Serhat Kırbaş tarafından hazırlanan “Tam Otomatik Çift Kompresörlü Akıllı Aşı ve İlaç Dolabı Tasarımı” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI  
Orcid No : 0000-0002-9763-6464

**Başkan:** Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI  
Orcid No : 0000-0002-9763-6464  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

**Üye:** Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ  
Orcid No : 0000-0003-0087-2629  
Bursa Uludağ Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

**Üye:** Prof. Dr. Yusuf Ali KARA  
Orcid No : 0000-0001-5598-7293  
Bursa Teknik Üniversitesi  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

**Yukarıdaki sonucu onaylarım.**

**Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN**  
Enstitü Müdürü

20/09/2019

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
  - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
  - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
  - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

20/09/2019

İmza

**Ali Serhat KIRBAŞ**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TAM OTOMATİK ÇİFT KOMPRESÖRLÜ AKILLI AŞI VE İLAÇ DOLABI TASARIMI

**Ali Serhat KIRBAŞ**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI

Hastanelerde, tıp merkezlerinde, kan ve embriyo bankalarında, veterinerlerde, eczanelerde ve onkoloji hastanelerinde kullanılan dolaplar ev tipi buzdolaplarıdır. Bazı yerli ve yabancı menşeli firmalar endüstriyel aşı, kan ve ilaç saklama dolapları üretse de bu ürünler herhangi bir teknik arıza durumunda tek kompresörlü olmasının yanı sıra haberleşme yetenekleri kısıtlı olan ürünler oldukları için yetkili kişinin arızayı fark etmesi ve ilgili servisin arızayı giderene kadar geçen süre içinde, dolabın içerisindeki hem hayati önem taşıyan hem de oldukça pahalı ürünler için büyük risk oluşturmaktadır. Bu sebeple bir çok sağlık ürünü nitelikli ekipman sıkıntısı, kullanıcı dikkatsizliği ve servis yetersizliğinden dolayı heba olmaktadır.

Günümüzde özel evaporatör sistemi ve çift kompresör ile çalışan, akıllı yönetim ve haberleşme sistemine sahip ürünün emsali ya da üretimi mevcut değildir.

Bu tez çalışmasında insan hatası faktörünü azaltmak, kontrol mekanizmasını güçlendirmek, servis gereksinimini minimize etmek, sağlık sektörünün ihtiyacı olan güvenli ve akıllı soğutma dolabının tasarımı ve üretimi yapılmıştır.

Tez kapsamında, başta aşı ve ilaç dolabının tasarım aşamaları verilmiş ardından ısı kazancı hesapları yapılmıştır. Soğutma elemanları seçimleri yapılmış ve arızaların önüne geçilmesi, arızalara erken müdahale edebilmek için emniyet sistemleri uygulanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** aşı, ilaç, dolap, çift kompresör, uzaktan erişim, özel tasarım evaporatör

**2019, x + 49 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **FULL AUTOMATIC DOUBLE COMPRESSOR SMART VACCINE AND DRUG CABINET DESIGN**

**Ali Serhat Kırbaş**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of MechanicalEngineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI

The cabinets used in hospitals, medical centers, blood and embryo banks, veterinarians, pharmacies and oncology hospitals are home type refrigerators. Although some domestic and foreign companies produce industrial vaccines, blood and medicine storage cabinets, these products are single compressors in case of any technical failures and they are products with limited communication capabilities, so that the authorized person notices the malfunction and the related service resolves the malfunction, it poses a great risk for both vital and highly expensive products inside the cabinet. For this reason, many health products are wasted due to shortage of qualified equipment, user carelessness and lack of service.

At present, there is no precedent or production of the product, which operates with special evaporator system and dual compressor, and has intelligent management and communication system.

In this thesis, to reduce the human error factor, to strengthen the control mechanism, to minimize the need for service, the design and production of the safe and intelligent cooling cabinet that the health sector needs.

Within the scope of the thesis, firstly design stages of vaccine and medicine cabinet were given and then heat gain calculations were made. The selection of cooling elements has been made and safety systems have been implemented in order to prevent faults and to intervene early.

**Keywords:** vaccine, medicine, cabinet, dual compressor, remote access, special design evaporator

**2019, x + 49 pages.**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, hem ülkemizin aşı ve ilaç kaynaklarının heba olmaması, verimli kullanılması ile sosyal ve ekonomik kalkınmaya katkı sağlamak hem de insanların sağlık durumlarının olumsuz etkilenmesinin önüne geçebilmek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca bu tür çalışmaların örnek teşkil ederek ülkemizin diğer kurumlarında da uygulanması ile ekonomik gelişim ve çevreye karşı sorumluluk bilincinin arttırılması da hedeflenmiştir.

Öncelikle yüksek lisans eğitimime başlamam için beni teşvik eden, tez çalışmam boyunca çok değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, hoşgörü ve anlayışıyla bu çalışmanın ortaya çıkmasında bana destek olan saygıdeğer tez danışmanım Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma süresince, çalıştığım kurumda bana destek ve katkılarını esirgemeyen babam İbrahim KIRBAŞ'a, abim Hasan Can KIRBAŞ'a, otomasyon kısmında bana yardımcı olan Elektronik Müh. Sn. Zübeyr Melik DEMİR'e ve tüm mesai arkadaşlarıma en derin teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Son olarak, çalışmalarım sırasında ilgi ve anlayışlarıyla bana her zaman destek olan sevgili eşim Ayşe Nazlıcan KIRBAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Adı ve Soyadı  
Ali Serhat KIRBAŞ

20.09.2019

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Buhar Sıkıştırılmalı (Mekanik) Soğutma Çevrimi .....	3
2.2. Tıp Sektöründe Kullanılan Soğutucular .....	5
2.2.1. Aşı, kan ve serum saklama dolapları.....	5
2.2.2. Plazma dondurucular.....	6
2.2.3. Medikal derin dondurucular .....	6
2.2.4. Çok amaçlı medikal soğutucular .....	7
2.2.5. Aşı, kan ve serum taşıma çantaları .....	8
2.2.6. Tıbbi soğutucuların kullanım alanları .....	8
2.3. Soğuk Zincir.....	9
2.3.1. Soğuk zincirin önemi .....	9
2.3.2. Soğuk zinciri bozan etkenler .....	10
2.3.3 Aşı ve ilaçlar için soğuk zincir uygulaması .....	11
2.4. Aşı ve İlaç Dolaplarının Özellikleri .....	11
2.5. Soğutma Sisteminde Kullanılan Ekipmanlar .....	12
2.5.1. Kompresör.....	12
2.5.2. Kondenser .....	12
2.5.3. Likit deposu.....	13
2.5.4. Kurutucu filtre.....	13
2.5.5. Genleşme valfi .....	14
2.5.6. Evaporatör .....	15
2.6. Sistemin Kumanda Devresinde Kullanılan Ekipmanlar .....	16
2.6.1. Dijital termostat.....	16
2.6.2. Alçak ve yüksek basınç presostatı.....	16



2.6.3. Kontaktör .....	16
2.6.4. PLC ve HMI.....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Uygulama Yapılacak Aşı ve İlaç Dolabının Yapımı .....	18
3.1.1. Dolabın karkasının yapılması.....	19
3.1.2. Poliüretan enjeksiyon ile yalıtımının yapılması .....	21
3.1.3. Kaplama bölümünde sac ile kaplanması .....	23
3.2. Isı Kazancı Hesapları .....	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....	26
4.1. Isı Kazancı Hesapları .....	26
4.1.1. Dolabın yüzeylerinden kaynaklanan ısı kazançları.....	26
4.1.2. İnfiltrasyon ısısından kaynaklanan ısı kazancı.....	28
4.1.3. Soğutulan hacme konulan ürünlerden gelen ısı kazancı .....	29
4.1.4. Soğutulan hacmin içerisindeki ısı kaynaklarından gelen ısı kazancı .....	29
4.1.5. Dolaptaki toplam ısı kazancı .....	30
4.1.6. Emniyet Faktörü.....	30
4.2. Soğutma Ekipmanlarının Seçimi.....	30
4.2.1. Kompresör seçimi .....	30
4.2.2. Evaporatör seçimi.....	31
4.2.3. Kondenser seçimi .....	33
4.2.4. Likit deposunun seçimi .....	35
4.2.5. Kurutucu filtrenin seçimi .....	35
4.2.6. Genleşme valfinin seçimi .....	35
4.3. Kumanda Ekipmanlarının Uygulanması .....	35
4.3.1. Prosestatın sisteme uygulanması.....	35
4.3.2. Kontaktörün sisteme uygulanması .....	35
4.3.3. Dijital termostatların sisteme uygulanması .....	36
4.3.4. PLC ‘nin sisteme uygulanması .....	36
4.3.5. HMI ‘in sisteme uygulanması .....	36
5. SONUÇ .....	42
KAYNAKLAR.....	44
EKLER.....	46

EK 1 Kondenserin teknik resmi .....	47
EK 2 Valf orifis seçim kataloğu .....	48
ÖZGEÇMİŞ .....	49

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
P	Basınç
H	Entalpi
T	Sıcaklık
s	Entropi
N	Negatif
P	Pozitif
C	Celsius
V	Volt
Hz	Hz
K	Kelvin
F	Fahrenheit
Q	Isı kazancı miktarı
A	Yüzey alanı
U	Toplam ısı geçiş katsayısı
$\Delta T$	Yapı bileşenlerinin iki tarafındaki sıcaklık farkı
$h_i$	Havanın iç yüzey ısı taşınım katsayısı
$h_d$	Havanın dış yüzey ısı taşınım katsayısı
$k_{ps}$	304 paslanmaz sacın ısı iletim katsayısı
$k_p$	Poliüretanın ısı iletim katsayısı
$\Delta x_{is}$	İç 304 paslanmaz sacın kalınlığı
$\Delta x_{ds}$	Dış 304 paslanmaz sacın kalınlığı
$\Delta x_p$	Poliüretanın kalınlığı
$Q_i$	İnfiltrasyon ısısı
$n_h$	Hava değişimi
$V_{kabin}$	Dolabın net hacmi
$h_d$	Dış ortamdaki havanın entalpisi
$h_i$	Kabin içindeki havanın entalpisi
$Q_m$	Ürünlerden gelen ısı kazancı
m	Dolabın alabileceği günlük maksimum ürün miktarı
$C_p$	Aşı ve ilaçların özgül ısısı
$Q_{ik}$	Dolap iç kaynaklarından gelen ısı kazancı
n	Adet
P	Isı kaynaklarının gücü
$Q_{ük1}$	Üst karkasın 1 numaralı parçasından gelen ısı kazancı
$Q_{ük2}$	Üst karkasın 2 numaralı parçasından gelen ısı kazancı
$Q_k$	Karkastan gelen ısı kazancı
$A_{yp}$	Yan panelin alanı
$Q_{yp}$	Yan panelden gelen ısı kazancı
$Q_{ypt}$	Yan panellerden gelen toplam ısı kazancı
$A_c$	Camın alanı
$Q_c$	Camdan gelen ısı kazancı
$Q_{ct}$	Camlardan gelen toplam ısı kazancı
$Q_{öç}$	Ön çerçeveden gelen toplam ısı kazancı
$O_{tk}$	Dolabın kabininden kaynaklanan toplam ısı kazancı

$Q_d$	Dolaptaki toplam ısı kazancı
$Q_{kond}$	Yoğuşturucu kapasitesi
$Q_{komp}$	Kompresör kapasitesi
$W_{komp}$	Kompresörün çektiği güç

### **Kısaltmalar**

### **Açıklamalar**

<b>AABB</b>	American Association of Blood Banks
<b>ANRC</b>	Autism Nutrition Research Center
<b>FDA</b>	Food and Drug Administration
<b>TS 825</b>	Türk Standartları 825 Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği
<b>NTC</b>	Negative Temperature Coefficient
<b>PTC</b>	Pozitive Temperature Coefficient
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller
<b>HMI</b>	Human- Machine Interface
<b>I/O</b>	Input / Output
<b>CNC</b>	Computer Numerical Control
<b>PMDI</b>	Polimerik izosiyanat
<b>VNC</b>	Virtual Network Computing

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Buhar sıkıştırırmalı çevrimin şeması.....	4
Şekil 2.2. Soğutma Çevrimi P-h diyagramı .....	4
Şekil 2.3. Soğutma Çevrimi T-s Diyagramı. ....	5
Şekil 2.4. Aşı, serum ve kan saklama dolabı.....	5
Şekil 2.5. Plazma dondurucular.....	6
Şekil 2.6. Derin dondurucular. ....	7
Şekil 2.7. Çok amaçlı medikal soğutucular.....	7
Şekil 2.8. Serum, aşı, kan nakil çantası.....	8
Şekil 2.9. Kurutucu filtrenin yapısı. ....	13
Şekil 2.10. Genleşme valfinin yapısı. ....	15
Şekil 2.11. Dijital termostat.....	16
Şekil 3.1. Dolabın L şeklindeki üst karkası.....	19
Şekil 3.2. Dolabın yan paneli .....	20
Şekil 3.3. Dolabın ön çerçevesi.....	20
Şekil 3.4. Poliüretan enjeksiyon makinesi .....	21
Şekil 3.5. Dolap yan panellerinin içine poliüretan basılan kalıp.....	22
Şekil 3.6. Dolap karkasına poliüretan basılan kalıp.....	22
Şekil 4.1. Kompresör seçim programı.....	31
Şekil 4.2. Üretimi yapılan evaporatör .....	33
Şekil 4.3. 1-2 Anahtar / Anahtar 1 konumunda.....	37
Şekil 4.4. 7 °C 'nin üzerindeki durumlarda HMI görüntüsü .....	38
Şekil 4.5. 2-7 °C arasındaki durumlarda HMI görüntüsü .....	38
Şekil 4.6 Mail ile arıza bildirimini .....	39

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.1. Isı kazançları .....	30
Çizelge 4.2. Evaporatör dizaynı için programa verilen girdiler .....	32
Çizelge 4.3. Evaporatörün dizaynı için çıktılar .....	32
Çizelge 4.4. Kondenser seçimi için programa verilen girdiler .....	34
Çizelge 4.5. Kondenser seçimi için çıktılar .....	34
Çizelge 4.6. Soğutma ekipmanlarının özellikleri .....	37

## 1. GİRİŞ

Canlı virüsleri içeren aşılar, etkinliği sürdürmek için tatbik edilene kadar dondurulmalıdır. Aynı şekilde, soğutulmuş aşilar ve ilaçlar öngörülen sıcaklık sınırları içinde tutulmalıdır. Uygun olmayan taşıma ve depolama, aşiların ve ilaçların etkinliğini yitirmesine ve muhtemelen kamu güvenliği için bir tehdit oluşturmalarına neden olarak, inaktif veya kirlenmiş hale gelmesine neden olabilir.

Aşı ve ilaçların hasar görmemesi, tehlikeye girmemesi ve düzgün bir şekilde taşınmasını sağlamak için protokoller yayınlanmıştır ki, bunlar da depolanmış stokların sıcaklığının düzenli ve doğru bir şekilde izlenmesinin ve aşı sıcaklığının belirtilen sınırların içinde kalmasını sağlamak için gerekli olduğunu belirtmektedir (Rusnack 2018).

Hastalık tanısı, tedavisi ve hastalıklardan korunmada yararlanılan tıbbi ürünlerin üretiminde sağlanan dayanıklılığın raf ömrü süresince devam ettirilmesi için etiket bilgilerinde belirlenmiş depolama şartlarına uyulmalıdır. Bazı tıbbi mamullere yönelik ise saklama şartı ya da soğuk zincir uygulaması şarttır. Soğuk zincir; sıcaklıktan etkilenen tıbbi ürünlerin hammaddeden ambalajlama sürecinden tüketiciye teslim edilene kadar geçen periyotta, ruhsat sahibi tarafından belirlenmiş sıcaklık değerlerinde kalmasını sağlayan, depolama, taşıma ve dağıtımında uygulanan özel saklama prosedürüdür (Küçüktürkmen ve Bozkır 2018).

Ürün kalitesi ve stabilitesinin aynı kalması için nakliye esnasında soğuk zincir sıcaklığının sürdürülmesi, bu amaçla sıcaklığının gözlenmesi zorunludur. Soğuk zincir sürecinde buzdolapları veya medikal soğutucular devreye girmekte olup, klinik alanlarda mevcut ekipmanın en önemli parçalarından biridir. Üretici prosedürleri göre sınırlı bir sıcaklık aralığında güvenli bir şekilde depolanmasını yerine getirmek için kullanılırlar. Yaygın olarak + 2°C ve + 8°C aralığında ve ideal olarak + 5°C değerindedir (Hatchett 2017).

Gelişmekte olan ülkelerde enerji ve dolap yetersizlikleri soğuk zincirin sürdürülebilirliği açısından dezavantaj oluşturmaktadır. Bu duruma ilave olarak ilaç ve aşiların optimum şartlarda saklanmadığı veya depolanmadığı tespit edilmiştir (Aksoy 2012).

Bu çalışmada, insan sağlığı açısından önemli bir role sahip aşı ve ilaçların saklanması

kayda değer bir yeri olan tam otomatik aşı ve ilaç dolabı tasarlanmıştır. Tasarımı itibariyle tıbbi ürünlerin her türlü şartta istenilen sıcaklık aralığında kalmasının sağlanması yönünden bu cihazın önemli olduğu değerlendirilmektedir.



## **2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI**

Dünyada aşı ve ilaçların güvenliğinin sağlanması için en önemli eleman muhafaza edilecekleri soğutma aygıtlarıdır. Soğutma insanlık tarihi boyunca bir ihtiyaç olmuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda gelişen teknolojilere paralel olarak soğutma teknolojileri de çok hızlı gelişme göstermiştir.

Çağımızda teknolojik gelişmelerle beraber enerji gereksinimi de artmaktadır. Ne var ki, fosil kökenli enerji kaynakları azalmaktadır. Enerji kaynaklarının hızla azalması sebebiyle alternatif enerji kaynakları bulunmaya çalışılırken enerjinin daha verimli kullanımı yöntemleri araştırılmaktadır.

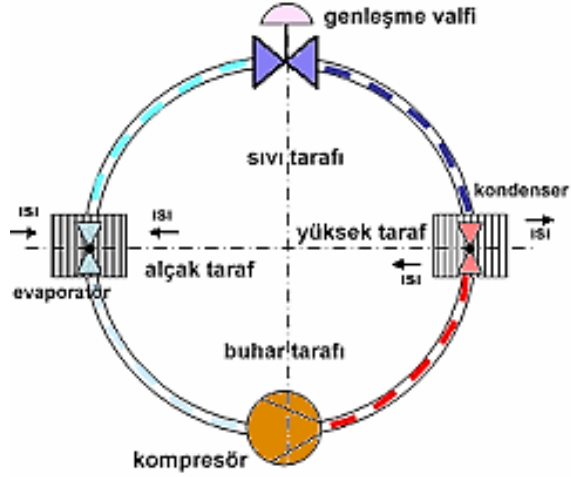
Bu çalışmada kullanılan soğutma sistemi buhar sıkıştırımlı (mekanik) soğutma çevrimi esastır. Literatür incelemelerinde bu çevrimin kullanıldığı pek çok sistem görülmüştür. Ancak tam otomatik bir aşı ve ilaç dolabı ile ilgili herhangi bir veriye rastlanmamıştır.

### **2.1. Buhar Sıkıştırımlı (Mekanik) Soğutma Çevrimi**

Soğutma çevrimleri arasında en yaygın kullanılan çevrimdir. Düşük basınçtaki soğutucu akışkanın çevre ısını alarak buharlaşması ve ortamın soğuması prensibine dayanır. Çevrimde kullanılan ana unsurlar; kompresör, genişleme valfi (kısılma vanası), kondenser (yoğuşturucu), evaporatör (buharlaştırıcı)'dür. Kontrol ve yardımcı unsurlar ise; likit deposu, kurutucu filtre, gözetleme camı, termostat, selenoid valf, presostat ve ısı değiştiricilerdir.

Bu çevrimde, evaporatörün görevi kılcal boru veya genişleme valfinden basıncı düşürülerek püskürtülen soğutucu akışkanın buharlaşma ısını çevreden almak suretiyle ortamı soğutmaktır. Evaporatörden doymuş şekilde emilen soğutucu akışkan buharını sıkıştırıp, basınç ve sıcaklığını arttırıp kondensere yollayan eleman kompresördür. Kondenserin görevi kompresörden kızgın halde gelen soğutucu akışkanın ısını alarak hal dönüşümüyle yoğunlaşmasını sağlayan elemandır. Sıvılaştıran soğutucu akışkan likit deposunda toplanır. Likit deposundan gelen soğutucu akışkanın pulvarize etmek suretiyle basıncını düşüren ve soğutucu akışkanın ısı alarak buharlaşmasına yardımcı olan eleman genişleme valfidir (Yakın 2007).

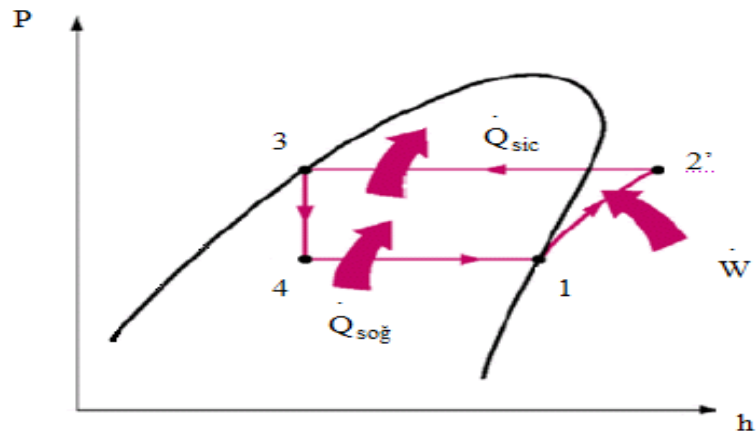
Şekil 2.1.'de buhar sıkıştırımlı çevrimin şeması verilmiştir. Şekil 2.2. ve 2.3.'de soğutma çevriminin P-h ve T-s diyagramları verilmiştir.



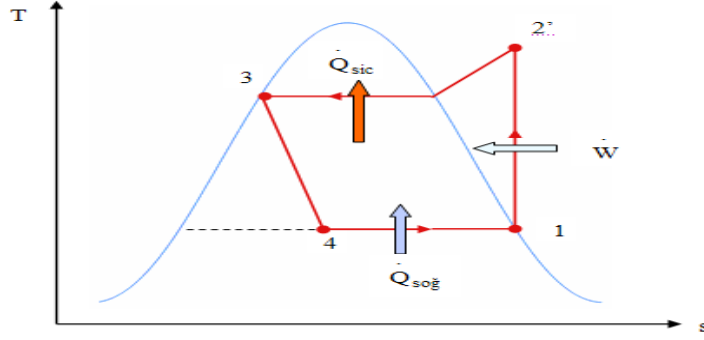
Şekil 2.1. Buhar sıkıştırımlı çevrimin şeması (Sögüt ve ark. 2013).

Bu soğutma çevriminde

- Kompresörde izantropik sıkıştırma 1-2 arasında
- Sabit basınç altında kondenserde ısı atılması 2-3 arasında
- Genleşme valfinde basınç düşümü 3-4 arasında
- Sabit basınç altında evaporatöre ısı alınması 4-1 arasında



Şekil 2.2. Soğutma Çevrimi P-h diyagramı (Sögüt ve ark. 2013).



Şekil 2.3. Soğutma Çevrimi T-s Diyagramı (Söğüt ve ark. 2013).

## 2.2. Tıp Sektöründe Kullanılan Soğutucular

### 2.2.1. Aşı, kan ve serum saklama dolapları

Aşı, kan ve serum saklama dolapları +2 °C ile +8 °C arasında ürünleri muhafaza eder. Korozyona engel olmak amacıyla dış gövde elektrostatik boya ile kaplanmaktadır. Dijital termometre vasıtasıyla dolap içi sıcaklıkları kolayca görülebilmektedir. Bu dijital termometre ısı hassasiyeti termostat yardımıyla 0,1 °C ile 0,5 °C olarak ayarlanabilmektedir. Aydınlatılmasında floresans lamba kullanılmaktadır. Sistemlerinde otomatik defrost özelliği bulunmakta olup bu dolaplarda karlanma ve buzlanmaya rastlanmamaktadır. Bazı modellerinde stok kontrolü amacıyla manyetik conta, çift katlı ısıcam ve kilitlenebilir kapı sistemi mevcuttur (Şekil 2.4.) (Okay 2013).



Şekil 2.4. Aşı, serum ve kan saklama dolabı (Okay 2013).

### 2.2.2. Plazma dondurucular

Kan plazması için gerekli yüksek performansa sahip şok dondurucu cihazlardır. Plazma dondurucuları güvenlik gerekçeleri ve yasal zorunluluklar nedeniyle  $-30^{\circ}\text{C}$  çalışma sıcaklığına sahiptir. Aynı zamanda AABB, ANRC, FDA kurumları tarafından yayınlanan plazma muhafaza koşullarına uygun olmalıdır. Numunenin korunması ve güvenliği plazma muhafazada önemlidir. Şekil 2.5.'de plazma dondurucu örneği verilmiştir (Anonim 2018a).



Şekil 2.5. Plazma dondurucular (Anonim 2018a).

### 2.2.3. Medikal derin dondurucular

Bu tarz dolaplar ısıya hassas medikal ürünlerin istenilen koşullarda muhafazası için tasarlanmıştır. Bu dolaplar  $-86^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa kadar ürünü soğutabilmektedir. Maksimum 793 litre kapasiteye ulaşabilen dolaplar mevcuttur. Şekil 2.6.'da derin dondurucu örneği verilmiştir (Okay 2013).



Şekil 2.6. Derin dondurucular (Okay 2013).

#### 2.2.4. Çok amaçlı medikal soğutucular

İlaçların, farmasotik ürünlerin ve diğer medikal malzemelerin etkili bir şekilde saklanabilmesi amacıyla dizayn edilmiş, tıp sektörünün her türlü gereksinimini karşılayabilmek için üretilmiş medikal soğutuculardır. +4 °C ile +5 °C ve 150 ile 13000 litre arasında değişen farklı modelleri bulunmaktadır. Şekil 2.7.'de çok amaçlı medikal soğutucuların örnekleri verilmiştir (Okay 2013).



Şekil 2.7. Çok amaçlı medikal soğutucular (Okay 2013).

### 2.2.5. Aşı, kan ve serum taşıma çantaları

Aşı, kan, serum ve farmasotik soğuk zincire tabi ürünlerin istenilen sıcaklıkta güvenle taşınmaları gerekmektedir. Bu çantalarla +2 ve +8°C arasında taşınması gereken malzemeler dışardaki hava koşulları ne olursa olsun rahatlıkla ve güvenle taşınabilmektedir. Bu tip çantalar genellikle aşılardan, ilaçların, kan numunelerinin, analizi yapılacak su ve kimyasalların taşınması amacıyla kullanılmaktadır. Çantalar çantanın içindeki sıcaklığın takibine olanak sağlamak üzere üzerinde dijital termometre bulunmaktadır. Bu sayede taşınacak malzemenin soğuk zincir şartlarında taşınıp taşınmadığı görülebilmektedir. 2 litre ila 44 litre arasında model seçenekleri bulunmaktadır. Buz aküleri ile de soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.8.'de serum, aşı, kan taşıma çantası örneği verilmiştir (Okay 2013).



Şekil 2.8. Serum, aşı, kan nakil çantası (Okay 2013).

### 2.2.6. Tıbbi soğutucuların kullanım alanları

Tıp sektöründe kullanılan soğutucuların kullanım amacı yönetmeliklerde belirlenmiş şartlarda medikal malzemelerin sağlıklı bir şekilde muhafaza edilmesidir. Ayrıca aşağıda belirtilen malzemelerin saklanması ve taşınması amaçlanmaktadır:

- Aşıların muhafazası ve nakli
- Kan torbalarının muhafazası ve nakli
- Serumların muhafazası ve nakli
- Organların muhafazası ve nakli
- Tıbbi ilaçların muhafazası ve nakli
- Numunelerin muhafazası ve nakli (Okay 2013).

### **2.3. Soğuk Zincir**

Belirlenen sıcaklık aralığında saklanması ve muhafaza edilmesi mecbur olan kan ürünleri, ilaçlar, gıda maddeleri vb. ürünlerin üretimden başlayarak son tüketiciye ulaşana kadar her an kontrollü soğutma işleminin sağlanmasına soğuk zincir denilmektedir (Emanet 2018).

#### **2.3.1. Soğuk zincirin önemi**

Etkili bir aşılamanın yapılabilmesi için aşılardan imal edildikleri fabrikadan kişiye uygulanacak sağlık birimine varıncaya kadar (fabrika - merkezi depo - il deposu - sağlık kuruluşu) uygun ısı ortamında taşınması ve güneş ışınlarından muhafaza edilmesi gerekmektedir.

Bir aşının etkin olabilmesi için, üretildiği andan kullanıldığı ana kadar potansiyelini koruması gerekmektedir. Soğuk bir yerde muhafaza edilmesine rağmen, gerektiği biçimde saklanmamış bir aşı; kişileri, aşılandıktan sonra enfeksiyonlara karşı koruyamaz.

Soğuk zincir, aşılardan etkinliğini korumayı sağlayan sadece depolama, soğutucu, izotermik kutu ve buz kutularından oluşmamaktadır. Bunlara ilave olarak insanlar soğuk zincirin son derece önemli bir elemanıdır. En modern cihazlar kullanılsa bile personel aşığı ve cihazları gerektiği şekilde kullanamıyorsa soğuk zincir etkili olamayacaktır (Uzun 2007).

İlaç güvenliği, ilaçların üretim safhasından hastaya ulaşınca dek her aşamada, ilaç yapısının bozulmasına yol açacak tüm etkenlere karşı gerekli tedbirleri almak ve riskleri en aza indirmek demektir. İlaç güvenliğinin sağlanmasına yönelik en büyük tedbir hiç kuşku yok ki soğuk zincir uygulamasının yerine getirilmesidir. Bir ilacın etkinliğinin korunabilmesi için üretiminin yapıldığı andaki kimyasal özelliklerinin bozulmasına veya değişmesine uğramadan korunması gerekmektedir. İlaçların ve de en önemlisi aşılardan depolandıkları veya muhafaza edildikleri ortamın ısısına karşı hassasiyete sahiptirler. İlaç lojistiğinin esas amacı, ilacın üreticiden alındıktan sonra son tüketici olarak isimlendirilen hastaya ulaşana kadar etkinlik durumunun devam ettirilmesidir. Bu amacın garanti altına alınması soğuk zincir mekanizmasının ilk aşamadan son aşamaya kadar korunması ile

mümkün olur. Soğuk zincirin eksiksiz bir şekilde devam etmesi için insan ve malzeme faktörlerinden en etkili biçimde yararlanılması gerekmektedir (İzer 2017).

Bazı ilaçların özellikle de aşuların tümünün soğuk zincir koşullarında taşınması gerekmektedir. Dağıtım prosesi içinde olan ecza depoları, eczaneler, hastaneler ve son kullanıcı olan hastalar arasında ürünün taşınması esnasında muhafaza ısısının hiçbir şekilde değişmemesi gerekmektedir (Aksoy 2012).

### **2.3.2. Soğuk zinciri bozan etkenler**

Soğuk zincir birbirini tamamlayan iki bölümden oluşmaktadır: Yerleşik zincir (soğutucular) ve hareketli zincir (İzotermik kutular buz kutuları). Bu zincirin bozulması veya kırılması ilaç ve aşı güvenliği açısından istenmeyen bir durumdur. Soğuk zincirin kırılmaması için aşağıda verilen sorunların önceden bertaraf edilmesi gerekmektedir:

- Ürün Sıcaklıkları İle İlgili Sorunlar
- Taşımacılık Ekipmanları İle İlgili Sorunlar
- Ürün Kalitesi İle İlgili Sorunlar
- Sevkiyat Öncesi Yürütmeler İle İlgili Sorunlar
- Paketleme İle İlgili Sorunlar
- Ön Soğutma İle İlgili Sorunlar
- Hava Sirkülasyonu İle İlgili Sorunlar
- Sıcaklık Kontrolü İle İlgili Sorunlar
- Hava Tazeleme İle İlgili Sorunlar
- Diğer Yüklerle Çapraz Bulaşma İle İlgili Sorunlar
- Böcek İstilasası İle İlgili Sorunlar
- Ulaşım Süresi İle İlgili Sorunlar
- Soğutmasız Süre İle İlgili Sorunlar
- Perakende Satış İle İlgili Sorunlar
- Genel Sorunlar (ulaşım süresi, ulaşım türü, çevresel sorunlar) (Emanet 2018)



### **2.3.3 Aşı ve ilaçlar için soğuk zincir uygulaması**

Güvenli aşı ve ilaç soğuk zincir mekanizması oluşturmak için, aşağıdaki kurallara uyulmalıdır:

- Aşılar her safhada belirlenen sıcaklık aralığında muhafaza edilmelidir.
- Aşı ve ilaçların paketlenmesi ve taşınması belirtilen kurallar çerçevesinde yapılmalıdır.
- Aşılama süresince soğuk zincir kurallarına uyulmalıdır.

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi ve Amerikan Halk Sağlığı Birimi tarafından desteklenen aşı yan etki bildirim sistemi verileri, 2000-2013 yılları arasında Amerika'daki aşılama hatalarının %23'ünün saklama ve hazırlama aşamalarından kaynaklandığını göstermiştir. Bu hatalar aşının stabil olduğu saklama sıcaklığı dışında tutulması ya da önerilen saklama sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta tutulması ile ortaya çıkmıştır. Hatalar incelendiğinde, buzdolabı sıcaklığının uygun olmadığı ve hastalara yanlış sıcaklıkta muhafaza edilen aşıların uygulandığı tespit edilmiştir (Küçüktürkmen ve Bozkır 2018).

### **2.4. Aşı ve İlaç Dolaplarının Özellikleri**

Sağlık kuruluşları, aşıların muhafaza edildiği buzdolaplarını güneş ışığından uzak, soğuk bir yerde ve arka bölümü duvara minimum 20 cm uzak olacak şekilde yerleştirmelidir. Buzdolaplarının konulduğu ortam 28 °C'nin altında olmalıdır. 30 °C'nin üstünde olan ortamlarda aşıların etkinliği bozulmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün standartlarına göre elektrik kesintisinden sonra kapakları açılmadan buzdolapları içeride ki sıcaklığı minimum 6 saat 0-10 °C arasında tutmalıdır. Ancak araştırmalar şunu gösteriyor ki buzdolaplarının sadece %50-%70'i bu yalıtıma sahip olup, istenilen derecelerde iç sıcaklığı tutabiliyor. Özellikle polio ve kızamık aşıları ısıya çok hassas olduğu için bu aşılar iyi korunmalıdır. Buzdolabının üzerinde muhakkak sıcaklık kontrol cetveli bulunmalı ve periyodik olarak ölçümler bu cetvele yazılmalıdır. Bu ölçümlerin grafik ile kaydı tutulmalıdır. Buzdolaplarının kapakları gereksiz yere açılmamalıdır (Taşyürek T. ve ark. 2000).

## **2.5. Soğutma Sisteminde Kullanılan Ekipmanlar**

Bu bölümde sistemde kullanılmış olan ekipmanların tanımları yapılmıştır.

### **2.5.1. Kompresör**

Kompresör, evaporatörde buharlaşan düşük basınç altındaki soğutucu akışkanı emip, sıkıştırarak basıncını ve sıcaklığını artırır, kondensere basar. Kompresör basma ve emme tulumla ya da pompa görevi yapar (Savaş 2004).

Pistonlu kompresörler: Aletler, mesken klima, hafif ticari klima, ticari klima, soğutma ve endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir.

Döner kompresörler: Aletler ve konut klima ünitelerinde kullanılabilir.

Scroll kompresörler: Konut, hafif ticari klima, ticari klima ve soğutma uygulamalarında kullanılabilir.

Vidalı kompresörler: Ticari klima, soğutma ve endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir.

Santrifüjlü kompresörler: Ticari klima sistemlerinde kullanılabilir (Nguyen 2017).

### **2.5.2. Kondenser**

Soğutma sistemlerinde kondenserin görevi, kompresörün sıkıştırdığı buhar fazındaki yüksek basınçlı soğutucu akışkanın ısısının alınarak yoğuşturulmasıdır. Kondenserden atılan ısı, evaporatörden alınan ısı ve kompresörden akışkana geçen ısının toplamıdır.

Kondenserleri üç ana gruba ayırabiliriz.

- Su ile soğutulan kondenserler
- Evaporatif kondenserler
- Hava ile soğutulan kondenserler

Kondenserler sistemlerin yüksek basınç bölümüne konumlandırılmaktadır. Kondenserin kapasitesini etkileyen dört faktör bulunmaktadır;

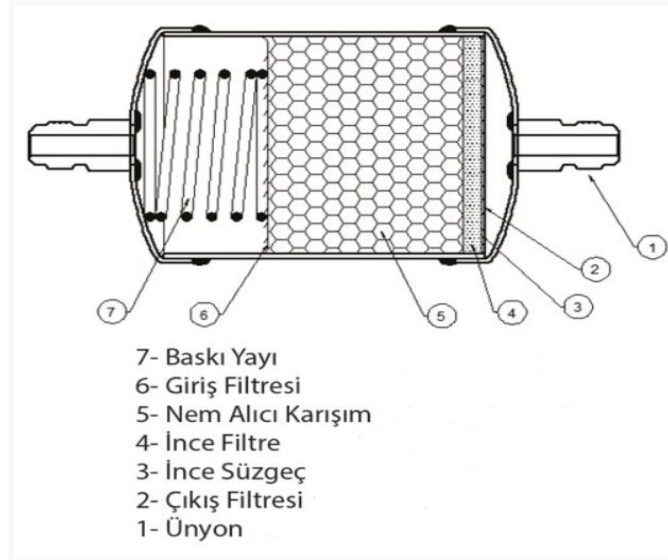
- Kondenser yapılırken kullanılan malzemeler
- Yoğuşma ortamı ile kondenserin yüzeyi arasındaki temas alanına ,
- Soğutucu akışkan buharı ve yoğuşma ortamı arasındaki sıcaklık farkına ,
- Kondenserin temizliğine (Anonim 2009).

### 2.5.3. Likit deposu

Likit depoları sistemlerin yüksek basınç kısmında, buharlaştırıcıya soğutucu akışkan buharının geçmesini engellemek, sistemde soğutucu akışkan likitinin dinlenmesini sağlamaktadır. Üstelik servis ihtiyacı oluştuğunda, sistemden soğutucu akışkanın toplanıp depolanmasını sağlamaktadır (Anonim 2019).

### 2.5.4. Kurutucu filtre

Kurutucu filtre sistemin verimli ve sorunsuz çalışmasına yardımcı olur. Asıl olarak görevi ise sistemden asidi ve nemi temizleyip, sistemde asit oluşmasına engel olmaktır. Kurutucu filtre ayrıca sistemin montajında veya oksijen kaynağında oluşan, dışarıdan gelen, zaman içerisinde ekipmanlardan kopup sisteme katılan, aşınmaya sebebiyet veren yabancı maddelerin tutulmasını sağlamaktadır (Anonim 2013).



Şekil 2.9. Kurutucu filtrenin yapısı (Anonim 2013).

### 2.5.5. Genleşme valfi

Soğutucu akışkanın hareketini soğutma yük gereksinimine göre başlatıp, durduran ve modülasyon yapan eleman genleşme valfidir. Genleşme valfini verimli kullanabilmek için soğutma sistemine kurutucu filtre (drayer) eklenmelidir. Genleşme valflerini genel olarak üç grupta toplayabiliriz.

Günümüzde, elektronik genleşme valfleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Elektronik genleşme valfleri; darbe modülasyonlu, ısı-motor kontrollü, adım-motor kontrollü, elektromanyetik modülasyonlu olarak kontrol tiplerine göre sınıflandırılır.

Soğutma sistemlerinde ilk olarak sabit basınçlı genleşme valfleri kullanılmıştır. Bu tip valflerin çalışma prensibi, buharlaştırıcı veya valf çıkış basıncına göre buharlaştırıcıya girecek soğutucu akışkanın debisini ayarlamaktır.

Termostatik genleşme valflerinin çalışma prensibi ise, buharlaştırıcıdan ayrılan soğutucu akışkan kızgınlık sıcaklığına göre buharlaştırıcıya girecek soğutucu akışkan miktarını ayarlar. Bu tip valflerin başlıca görevi, likit fazdaki soğutucu akışkanın kompresöre girmesini engellemek ve buharlaştırıcının en verimli olacak şekilde çalışmasını sağlamaktır.

Termostatik genleşme valflerinde, evaporatörde emilen ısı ile soğutucu akışkanın tamamının buharlaşabileceği miktarının evaporatöre girmesine izin verilir. Valf, soğutucu akışkanın kızgınlık (superheat) derecesine ve bu derecedeki değişimlerine göre çalışmakla birlikte, evaporatörün bir kısmını da soğutucu akışkanı kızgınlıktırılmak için kullanır.

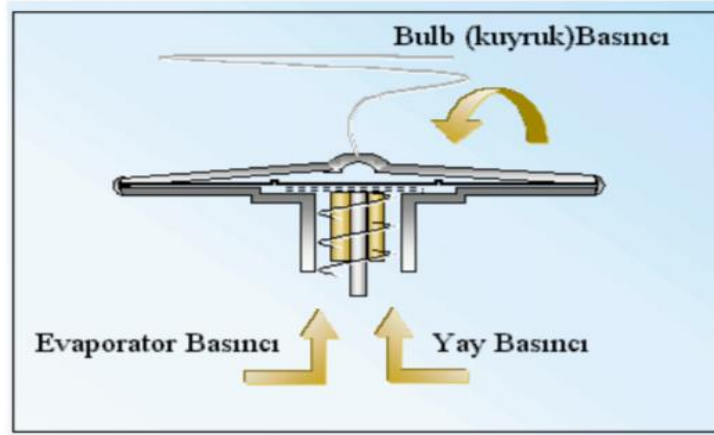
Bu tip valfler üç bölümden oluşur. Valf gövdesi, termostatik element ve orifisdir.

Termostatik genleşme valfleri basınç dengeleme şekline göre;

İçten dengeli valfler, tek kompresör ve tek buharlaştırıcı sistemlerde kullanılır. Bu tip valflerin çalışma prensibi, valf çıkış basıncı, gövde içindeki bir kanal vasıtasıyla termostatik elementin diyaframının altına iletilir, bu şekilde soğutucu akışkan miktarı ayarlanır.

Dıştan dengeli valfler basınç kaybının yüksek olduğu distribütörlü buharlaştırıcılarda kullanılır. Buharlaştırıcının çıkışındaki basınç dış denge hattı vasıtası ile, termostatik elementin diyaframının hemen altına iletilir.

Termostatik genişleme valfinin çalışmasını etkileyen tüm basınçlar şekil 2.10.'da şematik olarak gösterilmiştir (Anonim 2010).



Şekil 2.10. Genleşme valfinin yapısı (Anonim 2010).

### 2.5.6. Evaporatör

Bir soğutma sisteminde buharlaştırıcı içindeki sıvı halde bulunan soğutucu akışkanın buharlaştığı bununla birlikte olduğu ortamdan ısıyı çektiği soğutma elamanıdır. Diğer bir deyişle, evaporatör bir soğutucu serpantindir. Soğutma miktarı; toplam ısı transfer katsayısına, soğutulacak madde ile soğutucu akışkan arasındaki sıcaklık farkına , evaporatör yüzey alanına bağlıdır. Yoğuşturucudan çıkıp, bir basınç alçaltıcı elemanda adyabatik olarak genişleyen soğutucu akışkanın çoğu sıvı halde olup sıvı-buhar karışımıdır. Buharlaştırıcıdan çıkmadan soğutucu akışkana bir miktar daha ısı verilerek kızgın buhar durumuna gelmesinin faydası, soğutucu akışkanın likit fazında kompresöre gelmesini önlemektir.

Buharlaştırıcı kısmındaki soğutucu akışkan basıncı her zaman yoğuşturucu kısımdaki soğutucu akışkan basıncından az olduğu için sistemin buharlaştırıcılı kısmına alçak basınç tarafı denilmektedir (Yamankaradeniz ve ark. 2009).

## 2.6. Sistemin Kumanda Devresinde Kullanılan Ekipmanlar

### 2.6.1. Dijital termostat

Ortam sıcaklığını istenilen seviyede tutulmasını sağlayan, soğutma ve ısıtma sektörlerinde kullanılan parçaya termostat denir. Soğutma ve ısıtma termostatu olarak iki ayrı termostat olmasına rağmen hem ısıtma hem soğutma yapabilen kombine termostatlarda vardır. Soğutma termostatlarının kısaca çalışma prensibi, istenilen ortam sıcaklığına gelindiğinde kompresör devreden çıkar, ortam sıcaklığı yükseldiğinde soğutma sistemi devreye girecek şekildedir. Şekil 2.11.'de soğutma dijital termostatu gösterilmiştir (Anonim 2018b).



Şekil 2.11. Dijital termostat (Anonim 2018b).

### 2.6.2. Alçak ve yüksek basınç presostatı

Alçak ve yüksek basınç presostatı, çalışma anında emme ve basma basınçlarını devamlı olarak kontrol edip, istenilen basınç değerleri aralığından sapıldığı zaman kompresörün çalışmasına engel olur. Normal çalışma esnasında kontaklar kapalıdır ve akım geçer. İmalatçı firma alt ve üst basınç değeri sınırlarını ayarlar ve sistem buna bağlı olarak çalışır (Anonim 2016).

### 2.6.3. Kontaktör

Kontaktör, yay kuvvetiyle açılan, elektromanyetik bir bobin kuvvetiyle kapanan, anahtarlama düzenidir. Güç devrelerini anahtarlama kontaktörleri kullanılır. Rölelerden farkı daha büyük akımlar için üretilmişlerdir.

Kontaktörün devreyi açıp kapayan kontak mekanizmalarının oluşturduğu devreye kontaktörün güç devresi, kontaktarı hareket ettiren elektromanyetik bobin devresine de kontaktörün kumanda devresi denir (Anonim 2011).

#### **2.6.4. PLC ve HMI**

Genellikle makinelerin kontrol edilmesi ve üretim hatlarında otomasyon cihazı olarak PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) kullanılır. PLC’de bir çok giriş ve çıkış (I/O) bulunmaktadır. Mekanik vurunlara, elektriksel gürültülere ve sıcaklık farklarına karşı dayanıklıdır. Her PLC üreticisi kendisine göre bir işletim sistemi yükler. PLC girişinden aldığı bilgileri çok hızlı bir şekilde tarayarak, çıkış verilerini gerçek zamana yakın verir. PLC, hataları mümkün olduğunca yok ederek, az zamanda çok daha fazla kaliteli üretim yapmaya olanak sağlar. PLC’ler dört ana bölümden oluşmaktadır; merkezi işlem birimi, bellek birimi, giriş birimi, çıkış birimi (Selek 2015).

Genellikle endüstride otomasyon alanında kullanılan, açılımı “Human-Machine Interface” olan HMI, “İnsan-Makine Arayüzü” anlamına gelmektedir. Ayrıca operator panel, dokunmatik panel vb. deyişlerle de karşımıza çıkmaktadır. HMI, kullanıcının makine ve üretim tesisleri ile iletişim kurmasına olanak sağlayan bir cihazdır. HMI temel görevi, operatörden aldığı emirleri otomasyon sistemine iletir, otomasyon sisteminden aldığı proses verilerini de ekranında görüntüler.

Otomasyon sisteminin ölçeğine göre veriler birkaç sayfada gösterilebileceği gibi, onlarca ana ve alt sayfadan oluşan karmaşık bir yapı da görülebilir (Bulut 2015).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan pazar araştırmalarına göre, Türkiye'de hastane, tıp merkezleri, kan ve embriyo bankaları, veterinerler, eczanelerde ve özellikle Onkoloji hastanelerinde kullanılan dolapların bir kısmı ev tipi buzdolaplarıdır. Bazı yerli ve yabancı menşeli firmalar endüstriyel aşı, kan ve ilaç saklama dolapları üretse de bu ürünler herhangi bir teknik arıza durumunda tek kompresörlü ve haberleşme yetenekleri kısıtlı olan ürünler oldukları için yetkili kişinin arızayı fark etmesi ve ilgili servisin arızayı giderene kadar geçen süre içinde özellikle Onkoloji hastaneleri aşı ve kan bankaları için içerisinde hem hayati önem taşıyan hem de oldukça pahalı ürünler için büyük risk oluşturmaktadır.

Günümüzde hastanelerde ve tıp merkezlerinde, kan ve embriyo bankalarında, eczanelerde ve özellikle Onkoloji hastanelerinde kullanılan ev tipi buzdolapları ve endüstriyel aşı, ilaç dolapları yerine;

- Soğutucu akışkanları birbiriyle karışmayan özel bir evaporatöre sahip
- Çift kompresörlü,
- Arıza durumunda kullanıcıya ve üreticiye mesaj atan,
- İkaz sesi veren,
- Uzaktan haberleşmeye izin veren

bir dolap üretilmesi planlanmıştır.

Aynı zamanda bu dolap 1.kompresörün arızası durumunda 2. kompresörü otomatik olarak devreye alan tam otomatik, dokunmatik panelle yönetilebilir bir üründür.

Evaporatör, dolabın arka sırt kısmına konumlandırılmıştır. Evaporatör ortak alüminyum lamelli, her soğutma sisteminin kendine ait bakır boruları olacak şekilde dizayn edilmiştir.

#### 3.1. Uygulama Yapılacak Aşı ve İlaç Dolabının Yapımı

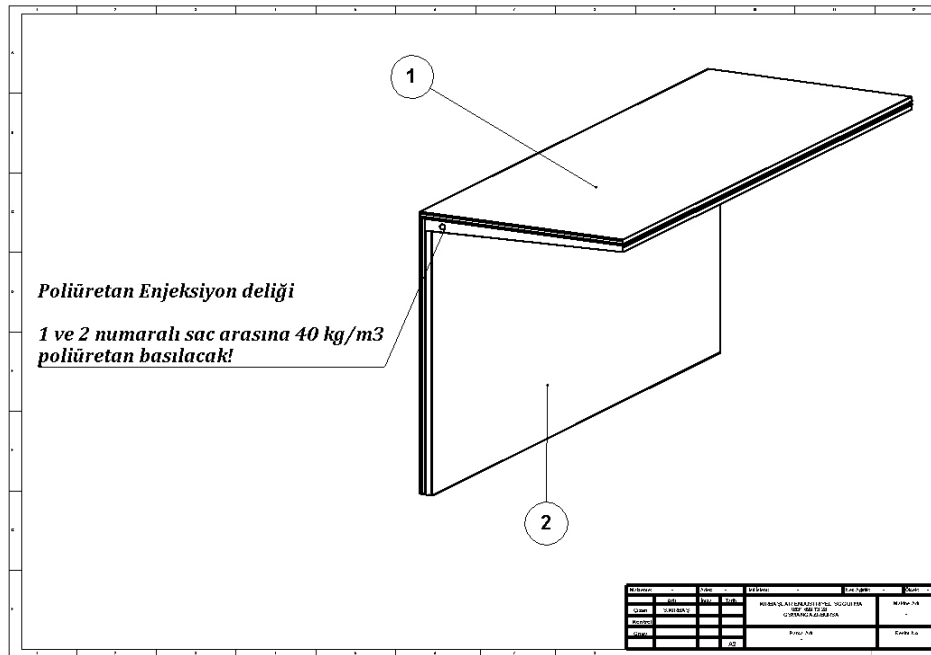
Aşı ve ilaç dolabının karkasının yapılmıştır. Bu işlemden sonra poliüretan enjeksiyon ile yalıtımının gerçekleştirilmiştir. Son olarak kaplama bölümünde sac ile kaplama işlemleri yapılmıştır.



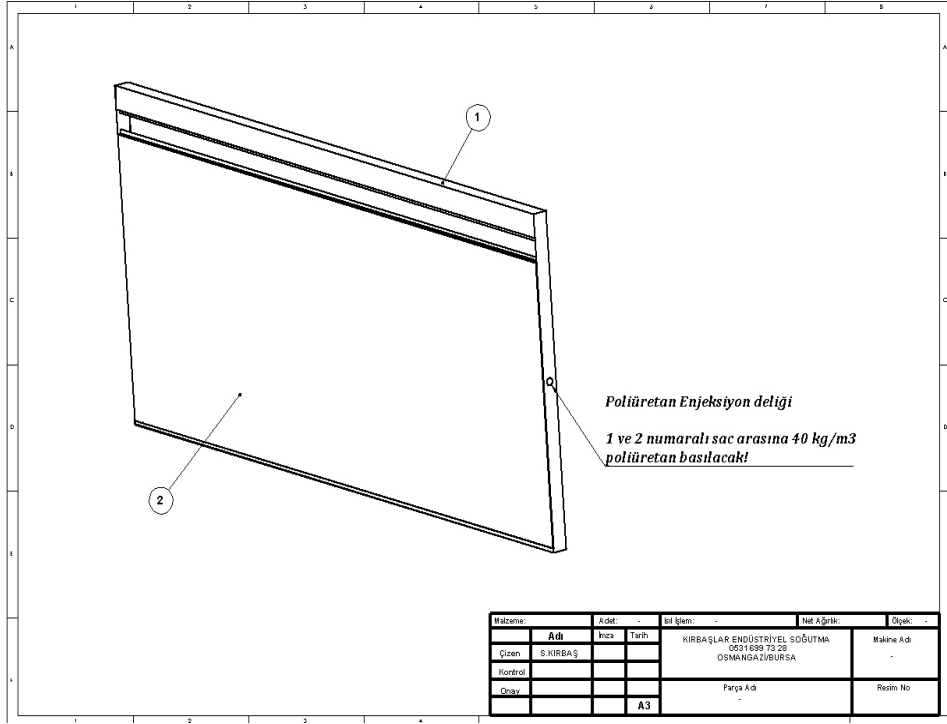
### 3.1.1. Dolabın karkasının yapılması

Dolabın yapımında ilk olarak 20 x 40 x 1,20 mm kutu profille iki adet karkası yapılmıştır. Bu karkaslar L harfi biçiminde d:720 x h:920 x l:1920 mm ebatlarında bir alt bir üst parçadan oluşmaktadır. Daha sonra bu karkas 0,50 mm 304 kalite paslanmaz sac ile kaplanarak, dolabın yalıtımı için iki sacın arasına poliüretan basılmak üzere dolaba poliüretan enjeksiyon bölümünde poliüretan enjekte edilmiştir.(Şekil 3.1.)

Dolabın iki yan panel saclarının ilk olarak CNC PUNCH makinesinde delikleri ve köşe çıkartmaları yapılarak, CNC Abkant makinesinde kıvrımları yapılmıştır. Daha sonra yalıtım için poliüretan enjeksiyon gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2.).

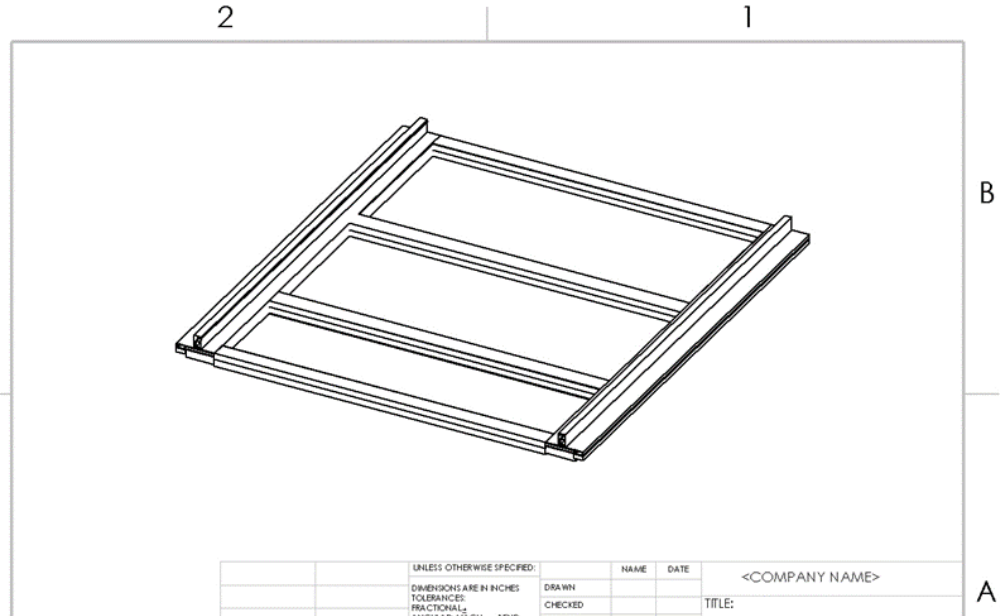


Şekil 3.1. Dolabın L şeklindeki üst karkası



Şekil 3.2. Dolabın yan paneli

Dolabın ön çerçevesi demirhane bölümünde imal edilmiştir (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Dolabın ön çerçevesi

### 3.1.2 Poliüretan enjeksiyon ile yalıtımının yapılması

Poliüretan, poliöl sistem ve polimerik izosiyanat (PMDI) karışımı, bir kabartıcı yardımıyla genişerek sert bir köpük oluşturmaktadır. Oluşan köpük hücrelerinin %90-92 si kapalı olduğu ve rigid bir yapı verdikleri için bu köpüklere sert (rigid) köpükler denir. İyi bir ısı tutucudurlar. Bundan dolayı rigid sistemler ısı yalıtımı amacıyla kullanılır (Anonim 2018c).

Poliüretan bölümünde karkas ve yan saclar, 40 tonluk kalıpların içine konularak poliüretan enjeksiyon makinesi ile sacların arasına  $40 \text{ kg/m}^3$  poliüretan enjekte edilmiştir. Bu işlemden sonra karkaslar ve dolap yanları kaplama bölümünde birleştirilmeye başlanmıştır.



Şekil 3.4. Poliüretan enjeksiyon makinesi



**Şekil 3.5.** Dolap yan panellerinin içine poliüretan basılan kalıp



**Şekil 3.6.** Dolap karkasına poliüretan basılan kalıp

### 3.1.3 Kaplama bölümünde sac ile kaplanması

Kaplama bölümünde ilk olarak dolap ve dolabın ön çerçevesi profil karkas halinde iken üzerine sac kaplanmıştır. Dolabın yanları da bu bölümde hazırlanmıştır. Poliüretan enjeksiyon işleminden sonra dolabın bu parçaları montaj yapılmaya başlanmıştır. Dolabın tavaları, sırt sacları, rafları, üfleme ve emiş sacları, CNC Punch makinesinde işlendikten sonra CNC Abkant makinesinde bükülerek yarı mamul halini almıştır. Daha sonra dolaba monte edilmiştir.

Kullanılan bütün saclar 304 kalite paslanmaz sactır. Dolabın kapak kısmı dolabın içerisinin görünmesine olanak sağlayan ısıcamlı, kapağın açılınca kendi kapanmasına olanak sağlayan yaylı menteşeli kapak olarak tasarlanmıştır.

### 3.2. Isı Kazancı Hesapları

Soğutma yükünü meydana getiren ısı kazançlarını dört grupta toplamak mümkündür:

1. Transmisyon ısısı, soğutulan hacmi çevreleyen duvar, döşeme ve tavandan geçen ısı
2. İnfiltrasyon ısısı, soğutulan hacme dışarının daha yüksek ısı tutumundaki havasının girmesiyle meydana gelen ısı
3. Soğutulan hacme konulan malların ısısı
4. Soğutulan hacmin içerisindeki ısı kaynaklarından gelen ısı (aydınlatma, fan motoru, vs.)

İlk olarak dolabın kabininin yüzeylerinden kaynaklanan ısı kazançlarını hesaplayacak olursak;

Oda sıcaklığında saklanan ilaçlar da, depo, eczane ve evlerde sıcaklık 25 °C derecenin altında, uygun nem % 60'ın altında olmalıdır (Çakır 2015).

Dolabı çevreleyen karkas, yan paneller, ön çerçeveden olan ısı kazançları, dolabın konstrüksiyonuna, yalıtım malzemesinin cinsine ve kalınlığına, iç ve dış sıcaklık farkına bağlıdır. Denklem 3.1'de bağıntı verilmiştir (Yamankaradeniz ve ark. 2009).

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (3.1)$$

Q : Isı kazancı miktarı (W)

A : Yüzey alanı (m<sup>2</sup>)

U : Toplam ısı geçiş katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

$\Delta T$  : Yapı bileşenlerinin iki tarafındaki sıcaklık farkı (K )

olup n adet katmandan meydana gelen düzlem bir cidar için aşağıdaki denklem 3.2 yardımıyla hesaplanır (Yamankaradeniz ve ark. 2009).

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x_{is}}{k_{ps}} + \frac{\Delta x_p}{k_p} + \frac{\Delta x_{ds}}{k_{ps}} + \frac{1}{h_d} \quad (3.2)$$

$h_i$  : Havanın iç yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

$h_d$  : Havanın dış yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

$k_{ps}$  : 304 paslanmaz sacın ısı iletim katsayısı (W/mK)

$k_p$  : Poliüretanın ısı iletim katsayısı (W/mK)

$\Delta x_{is}$  : İç 304 paslanmaz sacın kalınlığı (m)

$\Delta x_{ds}$  : Dış 304 paslanmaz sacın kalınlığı (m)

$\Delta x_p$  : Poliüretanın kalınlığı (m)

İnfiltrasyon ısısı denklem 3.3 yardımıyla hesaplanır (Yamankaradeniz ve ark. 2009).

$$Q_i = n_h \times V_{kabin} \times (h_d - h_i) \times \rho \quad (3.3)$$

$Q_i$  : İnfiltrasyon ısısı (kJ / gün)

$n_h$  : Hava değişimi (defa/gün)

$V_{kabin}$  : Dolabın net hacmi (m<sup>3</sup>)

$h_d$  : Dış ortamdaki havanın entalpisi (kJ/kg)

$h_i$  : Kabin içindeki havanın entalpisi (kJ/kg)

$\rho$  : Havanın yoğunluğu (kg / m<sup>3</sup>)

Soğutulan hacme konulan ürünlerden gelen ısı kazancı denklem 3.4 yardımıyla hesaplanır (Yamankaradeniz ve ark. 2009).

$$Q_m = m \times C_p \times \Delta T \text{ (kJ / gün)} \quad (3.4)$$

$m$  : Dolabın alabileceği günlük maksimum ürün miktarı (kg/gün)

$C_p$  : Aşı ve ilaçların özgül ısısı (kJ/kgK)

$\Delta T$  : Aşı ve ilaçların dolaba geliştteki ve dolaptaki sıcaklık farkı (K)

Soğutulan hacmin içerisindeki ısı kaynaklarından gelen ısı kazancı denklem 3.5 yardımıyla hesaplanır.

$$Q_{ik} = n \times P \text{ (W)} \quad (3.5)$$

$n$  = Isı kaynağının sayısı (adet)

$P$  = Isı kaynaklarının gücü (W)

Dolaptaki toplam ısı kazancı;

Dolaptaki toplam ısı kazancı; dolabın kabininden kaynaklanan toplam ısının, infiltrasyon ısısının, soğutulan hacme konulan mallardan gelen ısının ve soğutulan hacmin içerisindeki ısı kaynaklarından gelen ısının toplamına eşittir.

Emniyet faktörü;

Soğutmada tasarımdaki hata ve varyasyonları hesaba katmak için hesaplamaya %10 ile %30 arası emniyet faktörü uygulanır (Frigoblock 2018).

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Isı Kazancı Hesapları

#### 4.1.1. Dolabın yüzeylerinden kaynaklanan ısı kazançları

Dolabın üst ve alt karkasından oluşan ısı kazançları;

Dolap üst karkası L şeklinde olup üst kısmı (Şekil 3.1 – 1 numaralı parça) 720 mm x 1920 mm ebadında, alt kısmı (Şekil 3.1 – 2 numaralı parça) 920 mm x 1920 mm ebadındadır. Üst ve alt karkasın birleşimiyle dolabın karkası oluşur.

Sac kalınlığı  $\Delta x_{is}$  ve  $\Delta x_{ds} = 0,50 \text{ mm} = 0,0005 \text{ m}$ 'dir.

Poliüretan ısı iletim katsayısı  $k_p = 0,024 \text{ (W/mK)}$  (Anonim 2014).

Poliüretan kalınlığı  $\Delta x_p = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$ 'dir.

304 kalite paslanmaz sacın ısı iletim katsayısı  $k_{ps} = 14,4 \text{ (W/mK)}$  alınmıştır.(Anonim 2005)

Havanın  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  'deki ısı taşınım katsayısı  $h_d = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$  bulunur (Yamankaradeniz ve ark. 2009).

Havanın  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  'deki ısı taşınım katsayısı  $h_i = 35 \text{ W/m}^2\text{K}$  bulunur (Yamankaradeniz ve ark. 2009).

$$k_{ps} = 14,4 \text{ (W/mK)}$$

Denklem 3.2 bağıntısıyla;

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{35} + \frac{0,0005}{14,4} + \frac{0,04}{0,024} + \frac{0,0005}{14,4} + \frac{1}{7} \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

$$U = 0,544 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Denklem 3.1 bağıntısıyla;



$$Q_{\text{ük1}} = (0,72 \times 1,92) \times 0,544 \times (25 - 2)$$

$$Q_{\text{ük1}} = 17,3 \text{ W}$$

$$Q_{\text{ük2}} = (0,92 \times 1,92) \times 0,544 \times (25 - 2)$$

$$Q_{\text{ük2}} = 22,1 \text{ W}$$

$$Q_{\text{ük1}} + Q_{\text{ük2}} = 39,4 \text{ W}$$

Alt karkasta aynı ebatlarda olduğu için üst ve alt toplam karkas;

$$Q_k = 39,4 \times 2 = 78,8 \text{ W}$$

Dolap yan panelleri için ısı kazancı;

Dolapta iki adet yan panel bulunmaktadır. Bir adet dolap yan panelinin ebadı;

$$A_{yp} = 1950 \text{ mm} \times 830 \text{ mm} = 1,62 \text{ m}^2$$

Isı kazancı denklem 3.1 bağıntısıyla hesaplanır.

$$Q_{yp} = 1,62 \times 0,544 \times (25 - 2)$$

$$Q_{yp} = 20,27 \text{ W}$$

Dolapta iki adet yan panel olduğu için

$$Q_{ypt} = 20,27 \times 2 = 40,54 \text{ W}$$

Dolabın ısı cam kapaklarından gelen ısı kazancı;

Dolapta üç adet ısı cam bulunmaktadır. Dolabın bir adet ısı camının ebadı;

$$A_c = 540 \text{ mm} \times 1430 \text{ mm} = 0,77 \text{ m}^2$$

Dolapta 4 mm cam + 20 mm hava + 4 mm cam = 28 mm ısı cam kullanılmıştır.

TS 825 Standartlarına göre 28 mm kalınlığındaki ısı camının toplam ısı geçiş katsayısı  $U_c : 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  bulunmuştur.

Isı kazancı denklem 3.1 bağıntısıyla hesaplanır.

$$Q_c = 0,77 \times 2,6 \times (25 - 2)$$

$$Q_c = 46,05 \text{ W}$$

Dolapta üç adet cam olduğundan;

$$Q_{ct} = 46,05 \times 3 = 138,15 \text{ W}$$

Dolabın ön çerçevesinden gelen ısı kazancı;

Dolabın camlar dahil ön çerçevesinin toplam alanı =  $1950 \text{ mm} \times 1920 \text{ mm} = 3,74 \text{ m}^2$

Toplam ısı cam alanı =  $2,31 \text{ m}^2$

Ön çerçevenin alanı =  $3,74 - 2,31 = 1,43 \text{ m}^2$

Isı kazancı denklem 3.1 bağıntısıyla hesaplanır.

$$Q_{öç} = 1,43 \times 0,544 \times (25 - 2)$$

$$Q_{öç} = 17,9 \text{ W}$$

Dolabın kabininden kaynaklanan toplam ısı kazancı;

$$Q_{tk} = Q_{öç} + Q_{ct} + Q_{yp} + Q_k = 275,39 \text{ W}$$

#### **4.1.2. İnfiltrasyon ısısından kaynaklanan ısı kazancı**

Dolabın hacmi yaklaşık  $3,2 \text{ m}^3$ 'tür. Normal kullanımda kapı açılmalarından meydana gelen hava değişimi  $n_h : 50 \text{ defa/gün}$  bulunmuştur (Yamankaradeniz ve ark. 2009). Sık kullanımlarda bu değer iki katı alınır. Bu sebeple  $n_h : 100 \text{ defa/gün}$ .

Kabin içindeki hava 2 °C - % 60 nem oranı için psikometrik diyagramdan  $h_i = 8,779$  kJ/kg bulunmuştur.

Dolabın bulunduğu ortamdaki hava 25 °C - % 50 nem oranı için psikometrik diyagramdan  $h_d = 50,587$  kJ/kg bulunmuştur.

Dolap içindeki havanın özgül ağırlığı  $\rho : 1,278$  kg / m<sup>3</sup> bulunmuştur (Kılıç ve Yiğit 2014).

Denklem 3.3 bağıntısıyla;

$$Q_i = 100 \times (1,95 \times 2 \times 0,83) \times (50,59 - 8,78) \times 1,278$$

$$Q_i = 17296,32 / 24 \text{ saat} = 720,7 \text{ kJ/h} = 200,2 \text{ W}$$

#### **4.1.3. Soğutulan hacme konulan ürünlerden gelen ısı kazancı**

Dolabın alabileceği bir günde maksimum ilaç kapasitesi 900 kg 'dır.

Aşı ve ilaçlar soğuk zincir gereği 2-8 °C arasında olmalıdır.

Aşılar yüksek oranda sudan oluştuğundan suyun özgül ısısı alınmıştır. Buradan yola çıkarak 8 °C'deki suyun  $C_p$ 'si 4,2 kJ/kgK bulunmuştur (Kılıç ve Yiğit 2014).

Denklem 3.4 bağıntısıyla;

$$Q_m = 900 \times 4,2 \times (8 - 2)$$

$$Q_m = 22680 / 24 \text{ saat} = 945 \text{ kJ / h} = 262,5 \text{ W}$$

#### **4.1.4. Soğutulan hacmin içerisindeki ısı kaynaklarından gelen ısı kazancı**

Dolapta dört adet 25 W 'lık fan ve dört adet 18 W' lık aydınlatma floresanı bulunmaktadır.

Denklem 3.5 bağıntısıyla;

$$Q_{ik} = 25 \times 4 + 4 \times 18 = 172 \text{ W}$$

#### 4.1.5. Dolaptaki toplam ısı kazancı

$$Q_m + Q_{ik} + Q_i + Q_{tk} = 262,5 + 172 + 200,2 + 275,39 = 910,09 \text{ W}$$

Dolaptaki ısı kazançları tablosu Çizelge 4.1. de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Isı kazançları

Isı kazançları	Elde edilen ısı kazancı değeri
Transmisyon ısısı	275,39 W
İnfiltrasyon ısısı	200,2 W
Soğutulan hacme konulan malların ısısı	262,5 W
Soğutulan hacmin içerisindeki ısı kaynaklarından gelen ısı	172 W
Toplam ısı kazancı	910,09 W

#### 4.1.6. Emniyet Faktörü

Bu dolapta emniyet faktörünü %30 olarak alıyoruz.

Buradan yola çıkarak toplam gereken ısı yükü;

$$Q_d = 910,09 \times 1,30 = 1183,12 \text{ W}$$

#### 4.2. Soğutma Ekipmanlarının Seçimi

##### 4.2.1. Kompresör seçimi

Dolap +2 / +8 °C derecelerde çalışacağı için -5 °C buharlaşma sıcaklığında, 45 °C yoğuşma sıcaklığında yaklaşık 1,2 kW kapasiteli R404A soğutucu akışkanı kullanan bir kompresöre ihtiyaç duyuluyor. Cantaş Select Smart programı yardımıyla bu kapasiteye uygun kompresör seçilmiştir (Şekil 4.1.). Kullanılan kompresör Embraco NE U6215GK 'dır.

Soğutma Kompresörleri
Klima Kompresörleri

**Kompresör Tipi**

HERMETİK PİSTONLU

**Marka**

DANFOSS

EMBRACO

KULTHORN

WANSHENG

**Kompresör Modeli** Embraco NEU 6215

**Soğutucu Akışkan** R404A

**Frekans** 50 Hz

**Voltaj / Motor Tipi** Hepsi Hepsi

Soğutma Kapasitesi 5000 Watt

**Alt / Üst Aralık (±%)** 20 20

**Çalışma Şartları** Kullanıcı Modu MHBF

**Evaporasyon Sıcaklığı** -5 °C

**Emiş Gazı Sıcaklığı** 20 °C

**Kondenzasyon Sıcaklığı** 45 °C

**Aşırı Soğutma** 0 K

Sonuçları Göster

**Sonuçlar (1 adet)**

Stok Kodu	Üretici Kodu	Modeli	Hp	Disp. (cm <sup>3</sup> /rev)	Frekans (Hz)	Q(Watt)	P (Watt)	Pla (A)	COP (w/w)	Motor Tipi	Emiş H. inch	Basma H. inch	Liste Fiyatı
32.02.067	-	EMBRACO NEU6215GK	1/2	12.11	50	1.270,45	691	3,78	1,84	1 FAZ - CSIR	5/16"	1/4"	

Belirtilen değerler teorik olarak hesaplanmış olup +/-5 % sapma gösterebilmektedir.

**Şekil 4.1.** Kompresör seçim programı

#### 4.2.2. Evaporatör seçimi

Dolaptaki toplam ısı kazancı olan yaklaşık 1,2 kW kapasiteli bir evaporatöre ihtiyaç duyulmaktadır. Evaporatör dizaynı Unilab Srl programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Evaporatör dizayn edilirken programa şu veriler girilmiştir (Çizelge 4.2.).

**Çizelge 4.2.** Evaporatör dizaynı için programa verilen girdiler

<b>Girdiler</b>	<b>Değerler</b>
Evaporatör kalıp geometrisi	40 mm x 60 mm
Evaporatörün ebatları	1720 mm x 720 mm x 72 mm
Evaporatörde kullanılacak bakır boru iç/dış çapı	15,2 mm / 16 mm
Buharlaşma Sıcaklığı	-5 °C
Dolabın çalışma derecesi /çalışma aralığı sıcaklık farkı	+2 °C / +5 °C
Sistemde kullanılacak soğutucu akışkan	R404 A
Evaporatörde kullanılacak alüminyumun kalınlığı	0,25 mm
Dolapta kullanılacak dört adet fanın debisi	1800 m <sup>3</sup> /h

Bu girdilere göre seçilecek evaporatör boyutlandırıldı. Unilab programında elde edilen çıktılar Çizelge 4.3.' de verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Evaporatörün dizaynı için çıktılar

<b>Evaporatörün Özellikleri</b>	<b>Değerler</b>
Kapasite	1,31 kW
Isı transer alanı	14,34 m <sup>2</sup>
Boru sayısı	10 adet
Boru sıra sayısı	2 sıra
Lamel aralığı	12 mm

Sonuçlara bağlı olarak evaporatörün üretimi gerçekleştirildi (Şekil 4.2.).



**Şekil 4.2.** Üretimi yapılan evaporatör

#### **4.2.3. Kondenser seçimi**

Kondenserin kapasitesi;

$Q_{kond} = Q_{evap} + W_{komp}$  (W) bağıntısıyla bulunur.

Seçilmiş olan kompresörle ilgili veriler Cantaş Select Smart programı kullanılarak verilmiştir(Şekil 4.1.).

Buradan elde edilen girdilere göre;

$$Q_{kond} = 1310 + 691 = 2001 \text{ W}$$

Kondenser seçimi yapılırken Unilab programından faydalanıldı. Programa şu veriler girildi (Çizelge 4.4.).

**Çizelge 4.4.** Kondenser seçimi için programa verilen girdiler

<b>Girdiler</b>	<b>Değerler</b>
Kondenserin ebatları	410 mm x 190 mm x 340 mm
Buharlaştırma Sıcaklığı	45 °C
Çevre Sıcaklığı	32 °C
Kondenserde kullanılacak fanın debisi / fanın çapı	1400 m <sup>3</sup> /h – 300 mm
Sistemde kullanılacak soğutucu akışkan	R404 A
Kondenserde kullanılacak alüminyumun kalınlığı	0,12 mm
Kondenserde kullanılacak bakır boru iç/dış çapı	9,60 mm / 10,3 mm

Bu girdilere göre kondenser ile ilgili çıktılar alındı (Çizelge 4.5.). Planer Soğutma'nın üretmiş olduğu kondenser sisteme konuldu. Kondenserin teknik resmi EK 1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Kondenser seçimi için çıktılar

<b>Kondenserin Özellikleri</b>	<b>Değerler</b>
Kapasite	2,28 kW
Boru sayısı	10 adet
Sıra sayısı	4 sıra
Lamel aralığı	3,2 mm
Isı transfer alanı	7,13 m <sup>2</sup>
Batarya iç hacmi	1 litre



#### **4.2.4. Likit deposunun seçimi**

Tesisattaki bütün boruların hacmi 1 litre soğutucu akışkanın kaplayacağı hacimden azdır ancak piyasada en kolay temin edilebilen likit deposu 1 litre olduğundan sistemin vakum edilmesi, arıza durumunda soğutucu akışkanın depolanması ve kondenserin faydalı alanının sıvı depolaması olarak harcamamak için sistemde likit deposu kullanılmıştır.

#### **4.2.5. Kurutucu filtrenin seçimi**

Likit deposundan çıkan boru çapı 1/4 inç olduğundan sistemde 1/4 inç girişli kurutucu filtre kullanılmıştır.

#### **4.2.6. Genleşme valfinin seçimi**

Evaporatördeki basınç düşümü az olduğundan ve her soğutma sisteminin kendi kompresörü ve evaporatörü olup sistemde distribütör bulunmadığından iç dengeli valf kullanılmıştır. Evaporatörün kapasitesi 1,31 kW olduğundan valf kataloğundan -5 °C buharlaşma ve 45 °C yoğuşma sıcaklığına göre valfe 1 numara orifis seçilmiştir. Valf kataloğu EK 2’de verilmiştir.

### **4.3. Kumanda Ekipmanlarının Uygulanması**

#### **4.3.1. Prosestatın sisteme uygulanması**

Alçak-yüksek basınç prosestatı kompresörlerin emiş hattına bağlanmıştır. Bir sebepten dolayı sistemde gaz eksikliği, tıkanıklık gibi olaylarda alçak basınçtan dolayı prosestat devreyi keser. Kondenser kirliliği, kondenser fan arızası gibi durumlarda da yüksek basınçtan dolayı prosestat devreyi keser ve daha büyük arızalara yol açılmasının önüne geçer. Ekran da arıza ikazı verir, kullanıcı ve üreticiye mail gider.

#### **4.3.2. Kontaktörün sisteme uygulanması**

Kontaktörün güç devresi motor ve kondenser fanının enerji beslemesinde kullanılmıştır. Kontaktörün kumanda devresi normalde açık konumundadır. Kumanda kontakları herhangi bir kontak arızasından dolayı sistem etkilenmesin diye birbirine köprülenmiştir.

PLC veya dijitallerin ve prosestatın çıkış vermesi sonucu kontak kapalı durumuna geçer. Güç devresinden kompresör ve kondenser fanının çalışması için enerji gider.

#### **4.3.3. Dijital termostatların sisteme uygulanması**

Dijital termostatlar içindeki parametrelerle sistemin yönetimini sağlamaktadır. Isı duyar elemanı ile iç ortam sıcaklığını hafızaya almaktadır. Dijital termostatta enerji beslemesi kontakları, sıcaklık duyar eleman kontağı, kompresör ve fan çıkış kontakları, defrost kontağı mevcuttur. Dijital termostat dolabın iç sıcaklığını ölçerek sistemin kaç derecede, kaç derece sıcaklık aralığında çalışacağını, enerji geldiğinde kaç dakika sonra kompresörün devreye gireceğini, fanların iç kabin sıcaklığı kaç dereceye geldiğinde çalışacağını, defrost süresi sıklığını vb. işlemleri içindeki parametreler yardımıyla kumanda etmektedir.

#### **4.3.4. PLC 'nin sisteme uygulanması**

PLC'nin programlanması yapılmıştır. PLC ile HMI arasındaki haberleşme Ethernet kablo ile sağlanmıştır. Dijitallerdeki parametreler HMI üzerinden PLC'ye aktarılmıştır. PLC üzerinden arıza durumlarında kullanıcı ve üreticiye mail atılma işlemi yapılmış, HMI üzerinden arıza ibaresi gösterilmiş ve ikaz alarmı çaldırılmıştır. Sistemlerin eş yaşlandırma işlemi için PLC programlanmıştır. Arıza durumlarında iki sistemde devrede iken herhangi birinin defrost işlemine girmesi engellenmiştir.

#### **4.3.5. HMI 'ın sisteme uygulanması**

HMI ile PLC Ethernet kablo ile haberleştirilmiştir. HMI ile dijitaler RS 485 kablo ile haberleştirilmiştir. HMI programlanarak parametrelerin girilmesi, dolabın set değerlerinin girilmesi, arıza kaydı, hangi sistemin devrede olup olmadığı, dolap fanlarının devrede olup olmadığı, sistemin defrostta olup olmadığı durumları ekranda gösterilmiştir. VNC mobil uygulaması ile telefonda sisteme uzaktan erişim sağlanarak; sistemin durumu, sistemdeki arızalar, parametrelerin kontrolü ve düzenlenebilme işlemi gerçekleştirilmiştir.

#### 4.4. Dolabın Özellikleri ve Çalışma Prensibi

Soğutma ekipmanlarının kapasiteleri ve giriş,çıkış boru çapları Çizelge 4.6.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Soğutma ekipmanlarının özellikleri

Ekipman	Kapasite	Giriş Boru Çapı (inç)	Çıkış Boru Çapı (inç)
Kompresör – Embraco NEU 6215GK	1,27 kW	1/2	1/4
Kondenser – Planer 6.7 m <sup>2</sup>	2,28 kW	1/4	1/4
Evaporatör – Kırbaşlar 14.34 m <sup>2</sup>	1,31 kW	1/2	1/2
Genleşme Valfi – İç dengeli- 1 no orifisli	1,4 kW	1/4	1/2
Likit Deposu – 1 litre	1 litre	1/4	1/4
Kurutucu Filtre – 1/4 inç	3/8 inç	1/4	1/4

Dolabın kontrol sistemi için PLC ve dijital kullanılmıştır. Sistemde bir adet şekilde görüldüğü üzere 1-2 anahtar kullanılmıştır (Şekil 4.3.).



**Şekil 4.3.** 1-2 Anahtar / Anahtar 1 konumunda

Anahtar 1 konumunda iken sistem PLC üzerinden çalışmaktadır. Dolabın derecesi 7 °C 'nin üzerinde ise iki soğutma sistemi de devrede olmaktadır (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. 7 °C 'nin üzerindeki durumlarda HMI görüntüsü

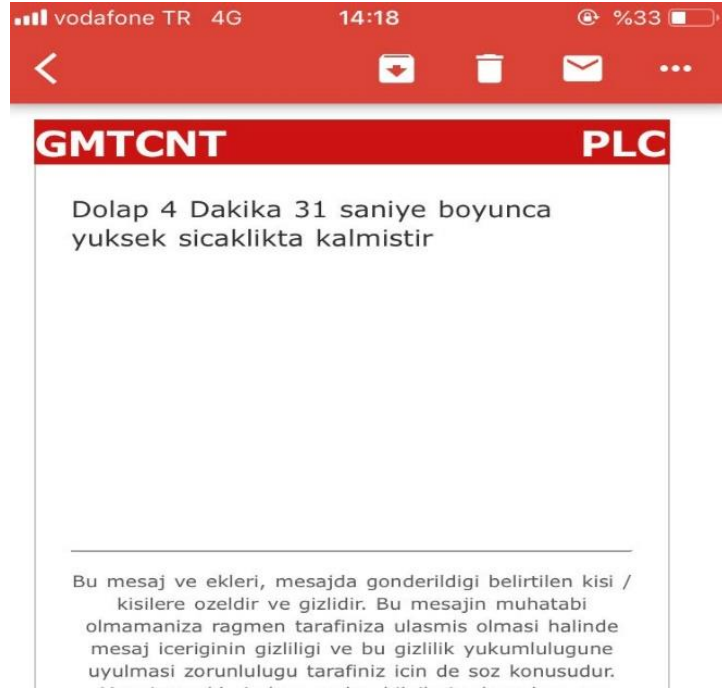
Dolap 7 °C nin altına düştüğü zaman bir soğutma sistemi devreden çıkmaktadır. Devrede olan soğutma sistemi dolap 7 °C nin üzerine çıkmadığı taktirde bir gün boyunca tek başına dolabı soğutabilmektedir. Ertesi gün diğer soğutma sistemi devreye girip bu soğutma sistemi durmakta böylelikle eş yaşlandırma uygulanmış olmaktadır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. 2-7 °C arasındaki durumlarda HMI görüntüsü

Dolabın herhangi bir sebepten dolayı 2 °C nin altına veya 7 °C nin üzerine çıkması

durumunda sistem hem kullanıcıya hem üreticiye mail atmaktadır, sesli ikaz ve ekranda arıza ibaresi vermektedir. PLC ile dolabın kaç dakika istenilen derecelerin dışında çalıştığı bilgisi mail yoluyla iletilmektedir (Şekil 4.6.) ve ekranda alarmlar bölümünde hafızaya alınmaktadır.



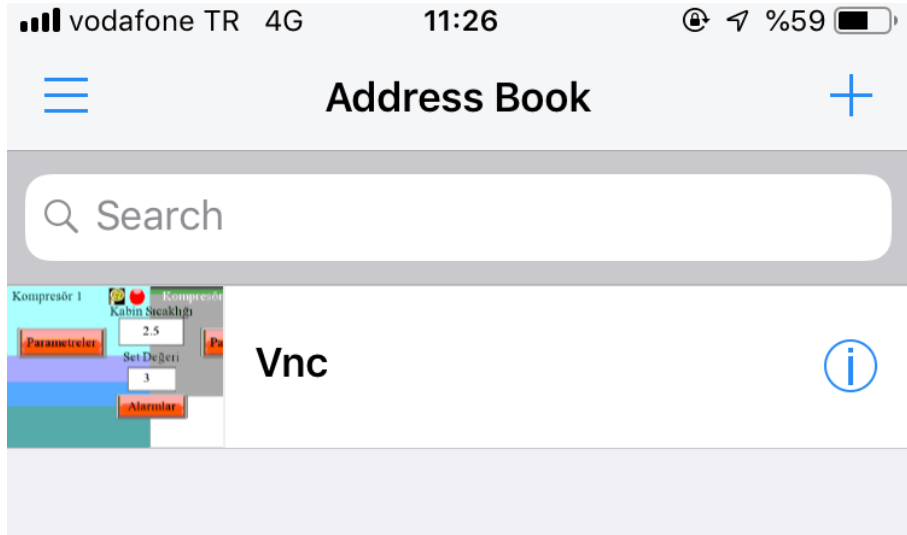
**Şekil 4.6** Mail ile arıza bildirimini

Herhangi bir sebepten dolayı PLC den yaşanabilecek arızalar durumunda anahtar 2 konumuna alınıp dijital üzerinden sistem kontrolü sağlanmıştır. Sistemde 2 adet dijital mevcuttur. Bir dijitalin set değeri 2 °C ye, diğer dijitalin derecesi 5 °C ye ayarlanmıştır. Böylelikle birinci soğutma sistemindeki herhangi bir arıza durumunda ikinci soğutma sistemi devreye girecek, dolabın normal derecelerde çalışması sağlanacaktır. Dijitalde çalışma aralık sıcaklığı +4 °C olarak ayarlanmıştır. Şekil 4.7.'de dijital termostatlar gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Dolaptaki dijital termostatlar

VNC Viewer ile dolabın uzaktan kontrolü sağlandı. ( Şekil 4.8.)



Şekil 4.8. VNC Viewer programı ile uzaktan erişim

Dolabın bitmiş hali Şekil 4.9.'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.9.** Aşı ve ilaç dolabının bitmiş hali

## 5. SONUÇ

Ülkemiz medikal sektöründe kullanılan aşı ve ilaç dolapları ürünlerin güvenli bir şekilde muhafaza edilmesi için elverişli değildir. Bu sebeple çift soğutma sistemine sahip, evaporatörü özel bir şekilde dizayn edilmiş, arıza durumunda hem kullanıcıya hem üreticiye haber verip sesli ikaz veren, ikinci soğutma sistemini otomatik devreye alan hem PLC hem dijital kontrolü olan aşı ve ilaç dolabı tasarımı yapıp uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca kullanılan dolaplarda kullanıcı hatası ve arızaların geç farkına varılması gibi durumlardan aşı ve ilaçların yapılarında bozulmalar meydana gelip, bu şekilde insanların kullanımına sunulabilmektedir. Bu durum insanlarda kalıcı sakatlık ve sağlık sorunlarına sebebiyet verebilmektedir. Bir sonraki seviyede de binlerce doz aşı ve ilaç her sene heba olmaktadır. Bu da ülke ekonomisini ciddi zarar vermektedir.

Üretimi yapılan aşı ve ilaç dolapları içten motorlu olup iç ortamı ısıtmaktadır. Halbuki iç ortamı klimatize etmek için klima kullanılmaktadır. Klima içerisini soğutmaya çalışırken dolabın kondenseri içerisini ısıttığı için ekstradan klimaya soğutma yükü oluşturmaktadır. Bu da fazladan elektrik sarfiyatına neden olmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı hem ülkenin sağlık sektöründeki ithalatını azaltarak ülkenin dövizini içeride tutarak, ekonomiye destek olmak hem de insan sağlığı için çok önemli olan aşı ve ilaçların yapılarında bozulma meydana gelmemesi ve heba olmasının önüne geçmek için tam otomatik akıllı aşı ve ilaç dolabı yapılmıştır.

Aşı ve ilaçlar soğuk zincir gereği 2 ile 8 °C arasında muhafaza edilmelidir. Tez kapsamında, ilk olarak dolabın yapılış aşamasından bahsedilmiştir. Daha sonra ısı kazancı hesapları yapılarak dolabın gerekli toplam soğutma yükü bulunmuştur.

Elde edilen toplam ısı kazancı emniyet faktörü (%30) ile çarpılarak 1183,12 W 'lık toplam soğutma yükü elde edilmiştir. Toplam soğutma yüküne göre bu soğutma kapasitesine uygun, soğutma ekipmanları soğutma yazılım programları ve kataloglar yardımıyla seçilmiştir. Evaporatörün dizaynı; kompresör, kondenser , likit deposu, valf ve orifisi, kurutucu filtre seçimleri yapılmıştır.



Son olarak dolaba otomasyon için PLC, HMI ve dijital termostatlar bağlanarak tasarlanan dolabın üretimi gerçekleştirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Aksoy, T. 2012.** Tokat il merkezindeki eczanelerde soğuk zincir uygulamalarının incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Anonim, 2005.** Thermal Conductivity of Metals, Metallic Elements and Alloys. [https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-metals-d\\_858.html](https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-metals-d_858.html)-(Erişim Tarihi:02.02.2019).
- Anonim, 2009.** Kondenser nedir?. <https://www.termoment.com/?pnum=34&pt=Kondanser+Nedir>-(Erişim tarihi: 20.02.2019). %3F
- Anonim, 2010.** Termostatik genişleme valfleri. <http://www.totem.com.tr/Termostatik%20Genlesme%20Valfleric230.pdf?id=486>-(Erişim tarihi: 20.04.2019).
- Anonim, 2011.** Kontaktör. <http://www.trek.com/teknik/8/kontaktor/index.html>-(Erişim tarihi: 25.05.2019).
- Anonim, 2013.** Filter Drier. <http://www.erdemsogutma.com.tr/urunler/filter-drier>-(Erişim tarihi:21.04.2019).
- Anonim, 2014.** Poliüretan. <http://m.inceten.com/wp-content/uploads/2014/09/Panel-Poliüretan-Föy.pdf>-(Erişim tarihi: 08.05.2019).
- Anonim, 2016.** Soğutma sisteminde yardımcı kontrol elemanları. <https://www.iskteknik.com/teknik/sogutma-sisteminde-yardimci-kontrol-elemanlari>-(Erişim tarihi: 15.05.2019).
- Anonim, 2018a.** Plazma dondurucular. <http://www.kayralabtek.com/revco/plazma-donduruculari/>-(Erişim tarihi: 10.01.2019).
- Anonim, 2018b.** Termostat Nedir? Nasıl Çalışır? Ne İşe Yarar?. <https://teknolojiProjeleri.com/teknik/termostat-nedir-nasil-calisir-ne-ise-yarar>-(Erişim tarihi: 05.05.2019).
- Anonim, 2018c.** Rijit ve Semi Rijit. [http://www.jitpol.com.tr/sayfa-rijit\\_ve\\_semi\\_rijit-738.html](http://www.jitpol.com.tr/sayfa-rijit_ve_semi_rijit-738.html)-(Erişim tarihi: 15.03.2019).
- Anonim, 2019.** Likit depoları. <http://www.gvn.com.tr/UserFiles/File/2019%20KATALOK/LIQUID%20RECEIVER.pdf> (Erişim tarihi:04.04.2019).
- Bulut, C. 2015.** HMI Sistemlerini Yakından Tanıyalım. <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/hmi-sistemlerini-yakindan-taniyalim/16489#ad-image-0>-(Erişim tarihi: 21.05.2019).
- Çakır, K. 2015.** İlaç Saklama Koşulları. ([https://www.keo.org.tr/dosyalar/vatandas\\_portal/saklama.pdf](https://www.keo.org.tr/dosyalar/vatandas_portal/saklama.pdf)) (Erişim tarihi: 25.05.2019).
- Emanet, S. 2018.** Türkiye’de üretilen soğuk zincir ilaçların lojistik faaliyetlerinin iyileştirilmesi üzerine bir çalışma. *Yüksek Lisans Tezi*, OÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Anabilim Dalı, İstanbul.
- Frigoblock, 2018.** Soğutma Yüğü Nasıl Hesaplanır? (<http://www.frigoblock.com.tr/blog/sogutma-yuku-nasil-hesaplanir>) (Erişim tarihi: 18.04.2019).
- Hatchett, R. 2017.** The medicines refrigerator and the importance of the cold chain in the safe storage of medicines. *Nursing Standart*, 32(6): 53-63.

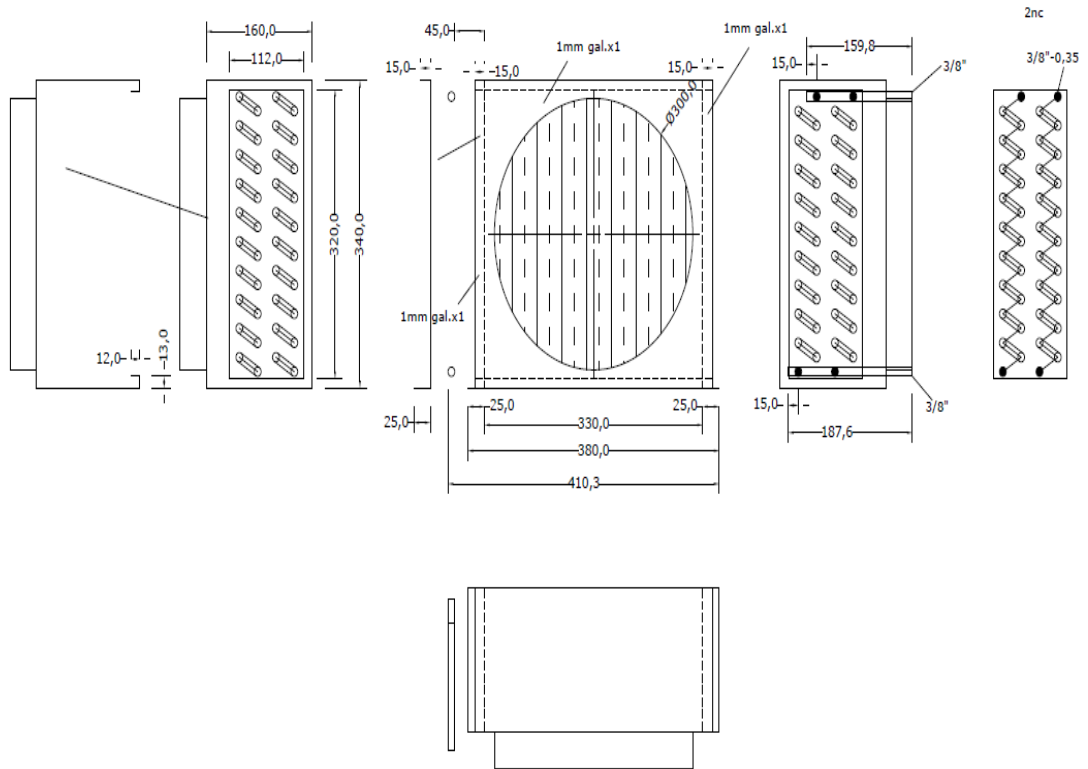
- İzer, D.A. 2017.** Soğuk zincir lojistiği içinde risklerin azaltılmasında yeni teknolojiler. 6.Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 17-19 Mayıs 2017, Antalya.
- Kılıç, M., Yiğit A. 2014.** Ekler: Isı Transferi, Editör: Aktüel Yayınları, Alfa, s. 443-504.
- Küçüktürkmen, B., Bozkır, A. 2018.** Özel saklama koşulu gerektiren veya soğuk zincire tabi ilaçlar ve uygulamalar açısından değerlendirmeler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 75(3): 305-322.
- Nguyen, O., 2017.** ,What Is an HVAC Compressor?. <https://www.refrigerationschool.com/blog/hvacr/what-is-an-hvac-compressor/>
- Okay, M. 2013.** Taşınabilir medikal bir soğutucu tasarımı ve yapay zeka ile kontrolü. *Yüksek Lisans Tezi*, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı, Konya.
- Rusnack, M. R. 2018.** Improving Vaccine Safety by Using an Algorithmic Model as a Replacement for a Physical Thermal Buffer. *Innovations in Pharmacy*, 9(1): 1-6.
- Savaş, S. 2004.** Tek kademeli soğutma devreleri: Soğutma tekniği ve örnek proje çalışmaları, Editör: Savaş S., Taner, Balıkesir, s. 10-12.
- Selek, A. 2015.** PLC Nedir? Ne İşe Yarar?. [https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/plc-nedir-ne-ise-yarar/15033#ad-image-0-\(Erişim tarihi: 21.05.2019\)](https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/plc-nedir-ne-ise-yarar/15033#ad-image-0-(Erişim tarihi: 21.05.2019)).
- Söğüt, M. Z., Bulgurcu, H., Yalçın, E. 2013.** Soğutma sektöründe soğutucu akışkanlara bağlı emisyon envanteri. *Tesisat Mühendisliği*, 137: 5-15.
- Taşyürek T., Altay B. 2000,** Genişletilmiş bağışıklama programı kapsamında soğuk zincir, aşuların saklanması ve uygulanması. Ankara, [http://www.ttb.org.tr/STED/sted0900/10.html-\(Erişim tarihi: 05.12.2018\)](http://www.ttb.org.tr/STED/sted0900/10.html-(Erişim tarihi: 05.12.2018)).
- Uzun, E. 2007.** Isparta il ve ilçe merkezlerindeki “aile sağlığı merkezlerinde” soğuk zincir, mevcut durum ve uygulamalar. *Uzmanlık Tezi*, SDÜ Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Isparta.
- Yakın, M. 2007.** Buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminde ejektör kullanımının performansına etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük.
- Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Kaynaklı, Ö., Çoşkun, S., Yamankaradeniz, N. 2009.** Soğuk Depolar: Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları, Editörler: Korbek, İ. M., Aydoğmuş, Ö., Dora, s. 331-504.

## **EKLER**

**EK 1** Kondenserin teknik resmi

**EK 2** Valf orifis seçim kataloğu

# EK 1 Kondenserin teknik resmi



EK 2 Valf orifis seçim kataloğu

<b>Honeywell</b>	<b>HIZLI SEÇİM TABLOSU SOĞUTMA KAPASİTESİ Q<sub>0</sub> (kW)</b>	<b>TÜM GENLEŞME VANA SERİLERİ İÇİN</b>	<b>R404A</b>
------------------	--	--	--------------

Kondenzasyon Sıcaklığı t <sub>c</sub> (°C)	Orifice size	Evaporasyon Sıcaklığı t <sub>0</sub> (°C)														
		+ 30	+ 20	+ 10	+ 5	± 0	- 5	- 10	- 15	- 20	- 25	- 30	- 35	- 40	- 45	- 50
<b>+ 50</b>	0.3		0.30	0.32	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.14	0.11	0.09	0.07
	0.5	0.49	0.57	0.60	0.61	0.61	0.61	0.60	0.52	0.44	0.37	0.31	0.26	0.21	0.17	0.13
	0.7	0.70	0.81	0.86	0.87	0.88	0.87	0.86	0.74	0.64	0.54	0.45	0.37	0.30	0.24	0.19
	1.0	1.01	1.17	1.25	1.26	1.27	1.26	1.25	1.08	0.92	0.78	0.65	0.53	0.43	0.35	0.27
	1.5	1.60	1.86	1.98	2.01	2.01	2.01	1.98	1.71	1.46	1.23	1.03	0.84	0.68	0.55	0.43
	2.0	2.02	2.34	2.50	2.53	2.54	2.53	2.50	2.16	1.84	1.55	1.29	1.06	0.86	0.69	0.55
	2.5	2.93	3.39	3.62	3.66	3.68	3.66	3.62	3.13	2.67	2.25	1.87	1.54	1.25	1.00	0.79
	3.0	4.67	5.41	5.77	5.84	5.87	5.84	5.78	4.99	4.26	3.59	2.99	2.45	1.99	1.60	1.26
	3.5	6.13	7.11	7.58	7.68	7.70	7.67	7.59	6.55	5.59	4.71	3.92	3.22	2.61	2.10	1.66
	4.5	8.57	9.94	10.59	10.73	10.77	10.72	10.60	9.16	7.82	6.59	5.48	4.50	3.65	2.93	2.32
	4.75	11.29	13.09	13.95	14.13	14.18	14.12	13.97	12.06	10.30	8.68	7.22	5.93	4.81	3.86	3.05
	5	14.64	16.97	18.08	18.32	18.38	18.31	18.10	15.64	13.35	11.25	9.36	7.69	6.24	5.00	3.96
6	21.33	24.72	26.35	26.69	26.79	26.68	26.38	22.78	19.45	16.39	13.64	11.20	9.09	7.29	5.76	
7	27.39	31.75	33.84	34.28	34.40	34.26	33.88	29.26	24.98	21.05	17.52	14.38	11.68	9.36	7.40	
8	32.27	37.41	39.87	40.38	40.53	40.36	39.92	34.47	29.43	24.80	20.64	16.95	13.76	11.03	8.72	
10	37.77	43.79	46.67	47.27	47.45	47.25	46.73	40.36	34.45	29.04	24.16	19.84	16.10	12.91	10.21	
<b>+ 40</b>	0.3		0.28	0.32	0.33	0.34	0.35	0.35	0.31	0.27	0.23	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09
	0.5	0.35	0.52	0.61	0.63	0.65	0.66	0.66	0.58	0.50	0.43	0.36	0.30	0.25	0.20	0.16
	0.7	0.51	0.75	0.87	0.90	0.92	0.94	0.94	0.82	0.71	0.61	0.51	0.43	0.35	0.29	0.23
	1.0	0.73	1.08	1.25	1.31	1.34	1.36	1.36	1.20	1.04	0.88	0.75	0.62	0.51	0.42	0.33
	1.5	1.16	1.71	1.99	2.07	2.12	2.15	2.16	1.90	1.64	1.40	1.18	0.99	0.81	0.66	0.53
	2.0	1.47	2.16	2.51	2.61	2.68	2.72	2.73	2.39	2.07	1.77	1.49	1.24	1.02	0.83	0.67
	2.5	2.12	3.13	3.63	3.78	3.88	3.93	3.95	3.46	3.00	2.56	2.16	1.80	1.48	1.20	0.97
	3.0	3.39	4.99	5.80	6.03	6.19	6.27	6.30	5.53	4.78	4.09	3.45	2.87	2.36	1.92	1.54
	3.5	4.45	6.56	7.61	7.92	8.12	8.24	8.28	7.26	6.28	5.37	4.53	3.77	3.10	2.52	2.03
	4.5	6.22	9.17	10.64	11.07	11.36	11.52	11.57	10.15	8.78	7.50	6.33	5.27	4.34	3.53	2.84
	4.75	8.19	12.07	14.02	14.58	14.96	15.17	15.24	13.36	11.57	9.88	8.33	6.94	5.71	4.65	3.73
	5	10.62	15.65	18.17	18.90	19.39	19.66	19.76	17.32	14.99	12.81	10.80	9.00	7.41	6.02	4.84

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali Serhat KIRBAŞ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa 23.03.1992  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bursa Şükrü Şankaya Anadolu Lisesi (2006-2010)  
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Elektronik Mühendisliği  
Bölümü (2010-2014)  
Yüksek Lisans : T. C. Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü  
Genel İşletme MBA (2014-2015)  
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı (2015-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Kırbaşlar Endüstriyel Soğutma LTD. ŞTİ.

İletişim (e-posta) : serhat.kirbas@gmail.com

## ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

## TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Ali Serhat KIRBAŞ
Tez Adı	TAM OTOMATİK ÇİFT KOMPRESÖRLÜ AKILLI AŞI VE İLAÇ DOLABI TASARIMI
Enstitü	FEN BİLİMLERİ
Anabilim Dalı	MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
Tez Türü	YÜKSEK LİSANS
Tez Danışman(lar)ı	Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	<input checked="" type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	<input checked="" type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin Veriyorum

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 20.09.2019

İmza :

