

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KONUT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN İKLİMLENDİRME  
SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ: SPLIT KLİMA  
ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Taner KANBUR  
(Y1613.080015)

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Makine Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zafer UTLU

Şubat, 2018





T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı **Y1613.080015** numaralı öğrencisi **Taner KANBUR** 'un "**KONUT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ SPLIT KLİMA ÖRNEĞİ**" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 09.01.2018 tarih ve 2018/01 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **başarıyla** ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak **..kabul..** edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 10/02/2018

1) Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zafer UTLU

2) Jüri Üyesi : Yrd.Doç. Dr. Behiye YÜKSEL

3) Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Barış KINACI

*(Handwritten signatures in blue ink)*

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Konut Sektöründe Kullanılan İklimlendirme Sistemlerinde Enerji Ve Ekserji Analizi: Split Klima Örneği” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (10/02/2018)

**Taner KANBUR**





## **ÖNSÖZ**

Bu tez Makine Mühendisliği Yüksek Lisan eğitimi için yazılmıştır. Tez çalışmasında klimalar ait teknik bilgiler ve kullanılan akışkanlarla ilgili birçok veri klima akademik personelleri tarafından paylaşılmıştır.

Çalışmam da bilgi ve deneyimleriyle önemli katkılarda bulunan danışman hocam Prof. Dr. Zafer UTLU ' ya teşekkürlerimi sunarım. Benden desteklerini esirgemeyen aileme ve yardımlarından dolayı Şener YILDIRIM ' a teşekkür ederim.

**Şubat, 2018**

**Taner KANBUR**

---







## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT .....	xix
<b>1 GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2 ÖNCEKİÇALIŞMALAR.....</b>	<b>3</b>
<b>3 İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN TANITILMASI .....</b>	<b>5</b>
3.1 İklimlendirme .....	5
3.1.1 İklimlendirme sistem çeşitleri .....	6
3.1.2 İklimlendirme sistemi parça ve elemanları .....	9
3.1.3 İklimlendirmenin uygulama alanları .....	11
3.2 Isı Pompaları.....	11
3.3 Soğutucu Akışkanlar .....	11
3.4 Split Klimalar .....	13
3.4.1 Bakır Borular.....	16
3.4.2 Bakır Boru İzolasyonu .....	17
3.4.3 Ara Bağlantı Kabloları .....	18
3.4.4 Drenaj Hortumu .....	18
3.4.5 Enerji Kablosu.....	18
3.4.6 Konutlar da Klima Seçim Kriterleri.....	19
3.4.7 Projelendirme Aşamasında Öncelikler.....	19
3.4.8 Split Klima Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları .....	20
<b>4 MATERYAL YÖNTEM .....</b>	<b>21</b>
4.1 Split Klima Sistemlerinde Ekserji Analizinin Gerekliliği .....	21
4.2 Enerji ve ekserji.....	22
4.3 Enerji Analizi.....	22
4.4 Ekserji Analizi .....	24
4.4.1 Ölü Hal .....	25
4.4.2 Ekserji Bileşenleri .....	25
4.5 İleri Ekserji Analizi: .....	27
<b>5 SİSTEMİN TERMODİNAMİK ANALİZİ .....</b>	<b>31</b>
5.1 Sistemin Geleneksel Ekserji Analizi: .....	35
5.2 Sistemin İleri Ekserji Analizi ve Kaçınılmaz Ekserji Yıkımları .....	36
<b>6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>41</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>43</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>45</b>



## KISALTMALAR

<b>COP</b>	:Performanskatsayısı
<b><math>c_{ph}</math></b>	:Havanın sabit basınçtaki özgül ısısı(kj/kgK)
<b><math>c_{p, sb}</math></b>	:Su buharının sabit basınçtaki özgül ısısı(kj/kgK)
<b><math>E_x</math></b>	:Ekserji akımı (kW)
<b><math>E_{xtahrip}</math></b>	:Ekserji tahribi akımı (kW)
<b>F</b>	:Ekserjetik yakıt akımı(kW)
<b>H</b>	:Entalpi(kJ/kg)
<b><math>m_{hava}</math></b>	:Havadebisi ( $m^3/sn$ )
<b><math>m_{sa}</math></b>	:Soğutucu akışkan debisi (kg/s)
<b>P</b>	:Basınç(kPa)
<b><math>R_h</math></b>	:Gaz sabiti(kj/kgK)
<b>s</b>	:Özgü entropi (KJ/kgK)
<b><math>s_o</math></b>	:Referans entropisi(KJ/kgK)
<b>Q</b>	:Isı transferakımı (kW)
<b>T</b>	:Sıcaklık( $^{\circ}C$ )
<b><math>T_o</math></b>	:Referans sıcaklığı( $^{\circ}C$ )
<b>w</b>	:Mutlak nem (kg su/ kghava)
<b><math>W_{komp}</math></b>	:Kompresörgücü(kW)
<b><math>W_{komp, fan}</math></b>	:Kompresör Fangücü(kW)
<b><math>W_{evap, fan}</math></b>	:Evaporatör Fan gücü(kW)
<b>W</b>	:Özgül nem (kgsu/kghava)



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 3.1:</b> Karışımla elde edilmiş bazı soğutucu akışkanlar .....	12
<b>Çizelge.3.2:</b> Değişik Çaplara ait Bakır Borular ve Et kalınlıkları .....	17
<b>Çizelge 3.3:</b> R410 A kullanılan bakır boruların özellikleri .....	17
<b>Çizelge 5.1:</b> Split Klimanın Teknik Özellikleri .....	31
<b>Çizelge 5.2:</b> Termodinamiksel Veriler .....	33
<b>Çizelge 5.3:</b> Sistemin geleneksel Analizi .....	36
<b>Çizelge 5.4:</b> Teorik işlemleri ve Kaçınılmaz Ekserji Yıkımlarını Hesaplamak için Varsayımlar .....	36
<b>Çizelge 5.5:</b> Kaçınılmaz İşletme Şartlarında Herbir Durum İçin Termodinamik Veriler .....	37
<b>Çizelge 5.6:</b> Sistemin Kaçınılmaz Koşulları için Ekserji Analizi .....	38
<b>Çizelge 5.7:</b> Split Klima için İleri ekserji sonuçları .....	39



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1: Bir havalandırma (iklimlendirme) cihazı .....	5
Şekil 3.2: Pencere tipi klima .....	7
Şekil 3.3: Klima çeşitleri .....	7
Şekil 3.4: İklimlendirme sistemini parça ve elemanları .....	10
Şekil 3.5: Split klima dış ünitesi .....	14
Şekil 3.6: Split klima iç ünitesi .....	15
Şekil 3.7: Bakır Borular .....	16
Şekil 3.8: Bakır Boru İzolasyonu .....	18
Şekil 3.9: Drenaj Hortumu .....	18
Şekil 3.10: Klima Enerji kabloları .....	19
Şekil 4.1: Split Klimanın Soğutma Çevrimi .....	24
Şekil 5.1: Split Klimanın Soğutma Çevrimi Noktaları .....	32
Şekil 5.2: Soğutma Çevriminin P-h Diyagramı .....	32
Şekil 5.3: Enerji verim tablosu .....	34
Şekil 5.4: Sistemin Sankey diagram .....	35
Şekil 5.5: Sistemin Grossman Diagramı .....	38





# KONUT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ: SPLIT KLİMA ÖRNEĞİ

## ÖZET

İnsanlar son yıllarda vakitlerinin birçoğunu kapalı alanlarda geçirdiğinden, iklim değişimi ve küresel ısınmadan dolayı artan sıcak hava, seri üretimle ucuzlayan ürünlerin alımının kolay olması soğutma sektöründe hızlandırmıştır. Ucuz, elde edilmesi ve kolay bakımı olması açısından split klimalar en çok tercih edilen çeşittir. Çalışma prensibi buhar sıkıştırmalı sistemdir. Bu kadar kolaylığın yanında temizlik açısından da çok önem verilmelidir. Uygun temizlik işlemleri için servisler kullanılmalıdır. Temizlik periyotları yapılan klimalar ısıtma ve soğutmada verimliliklerinde artış meydana gelmektedir. Hastalık oranlarında ciddi düşüşler meydana gelir. Bu çalışmada konut sektöründe kullanılan iklimlendirme sistemlerinde enerji ve ekserji analizini split klima örneğinden bahsedilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *İklimlendirme, Split klima, İleri Ekserji ve Enerji Analizi*



**ENERGY AND EXERGY ANALYSIS IN AIR CONDITIONING  
SYSTEMSUSED IN HOUSING SECTOR : SPLIT AIR CONITIONING  
EXAMPLE**

**ABSTRACT**

As people have spent most of their time in enclosed spaces in recent years, increased warmth due to climate change and global warming have accelerated the cooling sector, making it easier to purchase products that are cheaper by mass production. Split air is the most preferred variety in terms of being cheap, easy to obtain and easy to maintain. The operating principle is the steam compression system. In addition to being so easy, cleanliness should also be taken very seriously. Services should be used for proper cleaning operations. Climates with cleaning periods are increasing in efficiency in heating and cooling. Serious decreases in disease rates occur. In this study, the energy and exergy analysis of the air conditioning systems used in the residential sector is mentioned as an example of split air conditioner.

**Keywords:** *Air Conditioning, Split Air Conditioning, Advanced Energy and Exergy Analysis*



## 1 GİRİŞ

Bilimsel gelişmelerle birlikte teknolojik gelişmelerin sürekli artması, nüfus yoğunluğunun artışı enerjiye olan ihtiyacımız gün geçtikçe arttırmaktadır. Enerji tüketim hızımızdaki bu artış kısıtlı olan enerji rezervlerimizi azaltmaktadır. Yaşam, konfor ve hava kalitesi standartlarımızı iklimlendirme çeşitleri ile sağlar. Elektrik enerji üretimi çok yaygın, ucuz ve kullanılabilir olması açısından en çok tercih edilen enerji kaynağıdır. Elektrikle çalışan split klima sistemleri iklimlendirme de geniş kullanım alanlarına sahiptir. Sürekli enerji ihtiyacımızın artış içinde olması ve çevreye verilen zararlar göz önüne alındığında iklimlendirme çeşitlerinin enerji verimliliği açısından çalışmalar hız kazandırılmalıdır.

Tasarlanan sistemlerde enerjinin bir kısmı tersinmezlikler sonucunda kullanılmayan enerji olarak açığa çıkmaktadır. İklimlendirme sistemlerinde verimli enerji kullanımı artışı için enerji ve ekserji analizleri sonucunda ekserji kayıpları belirtilmelidir.

Ekserji, tersinir sistemlerin dışında enerji gibi korunamaz. Ekserjinin bir miktarı sistemin içinde oluşan tersinmezliklerden dolayı yok olurken bir kısmında sistemin dışında yok olmaktadır. Ekserji analizi bir sistemde uygulanırken yok olan miktarı ve yerinin hesaplanması yapılır. Bu hesaplar sonunda sistem tasarımında iyileştirmeler yapılarak en verimli şekilde enerjinin kullanılabilirliği belirlenir. Hesaplanan sistemde ekserji verimi bize sistemin optimum şartlara ne kadar yakın olduğunu göstermek için yardımcı olur.

Termodinamiğin 1. yasası, enerji analizi yapılırken tüm sistemin niceliği hakkında bize yol gösterir. Hesaplanan sistemin içindeki tersinmezlikler sonucu oluşan kayıpları incelemeyiz.

Termodinamiğin 1. ve 2. yasaları ile birlikte kullanılan enerji kaynağından doğru ve verimli bir şekilde kullanımını belirlenir. Termodinamiğin 1. yasasına göre var olan bir enerji yok edilemez. Bazen kullanışlı bir sistem ve ısı

analizler yardımıyla bozulabilir. Enerjide bu fikir uygulanamaz fakat ekserji de termodinamiğin 2. Yasasına göre uygulanabilir. Farklı sistemlerde elde edilen, belirli miktar enerjinin kullanışlılığı, kalitesi ve ekonomik olması aynı değildir. Ekserji, enerji kaynaklarının daha verimli olarak kullanılması için bizlere yardımcı olur. Termodinamiğin 1. yasadını anlamamızı da sağlar.

İleri ekserji analizinde ilk olarak geleneksel ekserji hesaplanır daha sonra sistemin ileri ekserji analizi yapılır. Ekserji kaybının en çok olduğu ter belirlenir ve geliştirme potansiyelinin en fazla olduğu yer bulunur. Tasarım iyileştirmeleri ile sistemde enerjinin kullanılabilirliği artırılır.

Bu çalışmada, bir split klima sistemini farklı akışkan türlerinde enerji ve ekserji analizlerini ve verimlerini belirlemektedir.

## 2 ÖNCEKİÇALIŞMALAR

Evlerde en yüksek elektrik enerjisi ile çalışan cihazlar arasında buzdolapları vardır. Bundan dolayı enerji verimliliği uygulaması yapılmalıdır. Bu alanda ekserji verimliliği bulunamamıştır. Buzdolabını 4 ana başlık altında ; içsel, dışsal, kaçınılabılır, kaçınılamaz olarak ileri ekserji çalışması yapılmıştır. (Açikkalp ve ark.).

Bir split klimanın farklı hava sıcaklıklarında ekserji ve enerji hesapları yapılmıştır. Tüm sistemin entropi, ekserji verimi, ekserji yok oluşu incelenmiştir. Atmosfer sıcaklığının artışıyla sistemdeki ekserji yok oluşu artmıştır (Bilgili ve ark. ).

Soğutma sistemi tarihçesi, buhar sıkıştırımalı mekanik soğutma sistemleri, soğutma sistemleri temel ve yardımcı elemanları, iklimlendirme ve klima sistemleri hakkında bilgi vermiştir (Bulut).

Son zamanlarda fosil yakıtlarımız azalmaktadır. Bu durum bizleri yenilenebilir enerjiye yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji tasarım değişiklikleri yapılarak ekserji verimliliği arttırılabilir. Çalışmalarda ekserji verimliliğinin tasarımla arttırılabileceği gösterilmiştir (Gökgedik ).

Isı pompası seçimi yapılırken sistem tüm yönüyle ele alınmalıdır. Çevre şartlarının hangisinin uygun olduğu hangi enerji kaynaklarının kullanılacağı belirtilmiştir. Seçim için dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmiştir (Erdoğan ve ark. ).

Küresel ısınmada en çok rolü ozon tabakası oynar. Kullandığımız akışkan türlerinin ozon tabakasına verdiği zararlardan bahsedilmiştir. Farklı gaz akışkan türlerinin oluşumları hakkında bilgi vermiştir (Koyun ve arkd.).

Split klima parçaları hakkında bilgi vermiştir. Sistemin çalışma prensibi hangi elemanlardan oluştuğu bu elemanların görevlerinin ne olduğu hakkında bilgiler vermiştir ( Özdemir ).

Gelişen teknoloji ile hvac sistemleri çok kullanılmaya başlanılmıştır. Bu kadar fazla yoğunluk sonucu enerji kullanımında artış meydana getirmiştir. Sistemin ekserji ve enerji miktarlarının hesaplanması yapılmıştır. Enerjinin en verimli kullanımı kullanılması gerektiği belirtilmiştir (Özgener ve Hepbaşlı).

Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi TTMD, Isı Pompası Sistemleri [9], Isı pompaları genel olarak tanıtılmıştır. Isı pompası elemanlarından bahsedilmiştir. Tasarım esaslarına yer verilmiştir. Isı pompası çevrimlerinden bahsedilmiştir. Isı kaynak ve çukurları hakkında bilgi verilmiştir.

Split klima parçaları, kullanım alanları sistem çalışması hakkında genel bilgiler verilmiştir. Split klimaların çevre ile olan ilişkisi, insan sağlığı açısından önemi, periyodik bakımları önemi hakkında bilgiler verilmiştir (Şimşek ve ark.).

Son zamanlarda kullanımı artan merkezi VRV sistemi genel olarak ele alınmıştır. Hangi noktalarda ne kadar ekserji ve enerji kayıpları yaşandığı belirtilmiştir. Enerjiye olan ihtiyacımız her geçen gün artmaktadır. Bundan dolayı yeni tasarımlarla kullanılan enerjiyi en verimli şekilde kullanmamız gerekmektedir (Yıldırım).

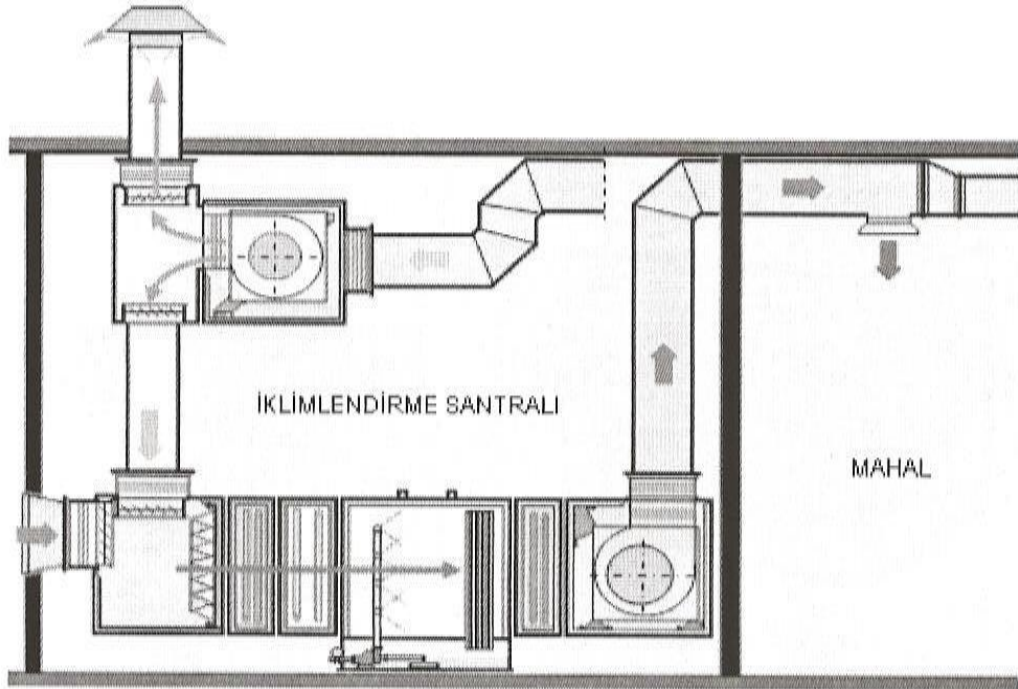


### 3 İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN TANITILMASI

#### 3.1 İklimlendirme

İklimlendirme; İngilizce olarak air condition (hava şartlandırılması) ve Almanca olarak klima terimlerine karşılık gelir.

İklimlendirme mahal havasının nemi alınarak soğutma ve ısı konforunun sağlanmasıdır. Genel uygulamaları soğutma işlemleri için kullanılır. Daha geniş bir tanımı için ısıtma, soğutma, havalandırma ve mahal havasının nemini konfor şartlarına getirilmesi olarak tanımlanabilir. Soğutma sisteminde binalarda, ofislerdışı alma işlemi klima cihazı ve ekipmanları ile sağlanır [11].



**Şekil 3.1:** Bir havalandırma (iklimlendirme) cihazı

Bir havalandırma (iklimlendirme) cihazı dışarıdan alınan temiz havayı istenilen şartlara getirilerek mahale verildikten sonra aynı şartlarda tutulmasına kısmi iklimlendirmedir.

### **3.1.1 İklimlendirme sistem çeşitleri**

Bireysel ve merkezi olarak iklimlendirme sistemleri iki ana başlık altında toplanır.

#### **Merkezi sistemler:**

##### **Merkezi tam havalı sistemler**

Bir merkezi sistemde akışkan olarak doğal ortamdan alınan hava kullanılan sistemlerdir. Bu sistemler nem oranının istenilen seviyelere getirilerek duyulur ve gizli ısı ile soğutma yaparak, ısıtılmış havayı mahallere yollayarak ısıtma işlemi yapılır. Bu sistemler kirli havayı mahallerden alarak filtrelenen taze havayı istenen mahallere geri verir.

##### **Merkezi fan-coil (Tam sulu) sistemler**

Merkezi Fan-coil sistemlerinde akışkan olarak su kullanılır. İstenilen şartlara kazanlar yardımıyla getirilen sıcak su dağıtım elemanı olan fan-coil sistemlerine gönderilir. Soğuk su ise merkezi soğutma grubu sistemlerinde istenen şartlara getirilip dağıtım elemanı olan fan-coil sistemlerine verilir. Mimari özelliklere göre istenilen yerlere göre montaj kolaylığı vardır. Hava fanlar yardımıyla odadan alınır, serpantin yüzeylerinden geçirilen hava istenilen şartlara getirilerek tekrar mahallere geri verilir. İstenilen akışkan sıcaklığı sistemde daha hızlı tepkiler vermesi için sirkülasyon pompaları kullanılır [13].

##### **Merkezi havalı-sulu klima sistemleri**

Akışkan olarak kullanılan hava ve suyun merkezi bir sistemde ısıtılarak veya soğutulur mahallerde bulunan iç ünitelere ulaştırılan sistemlerdir. Dağıtım ünitelerine olarak fan-coil ve hava dağıtım elemanları olarak jet nozullar, slotları, difüzörler kullanılır.

#### **Bireysel sistemler:**

##### **Pencere tipi paket klimalar;**

Bir üniteden oluşan dış ortamla direk temas halinde bulunan duvarlara ve pencerelere kolay montajı yapılabilen içerisinde kompresör, evaporatör, kondanser bulunur. İlk oluşturulan klima örneğidir. Dış ortama direk açıldığı iç ortam şartlandırılırken bir miktar taze havada istenilen mahallere verilir. Havanın neminin alınması ve filtreleme işlemlerininide yerine getirmektedir.



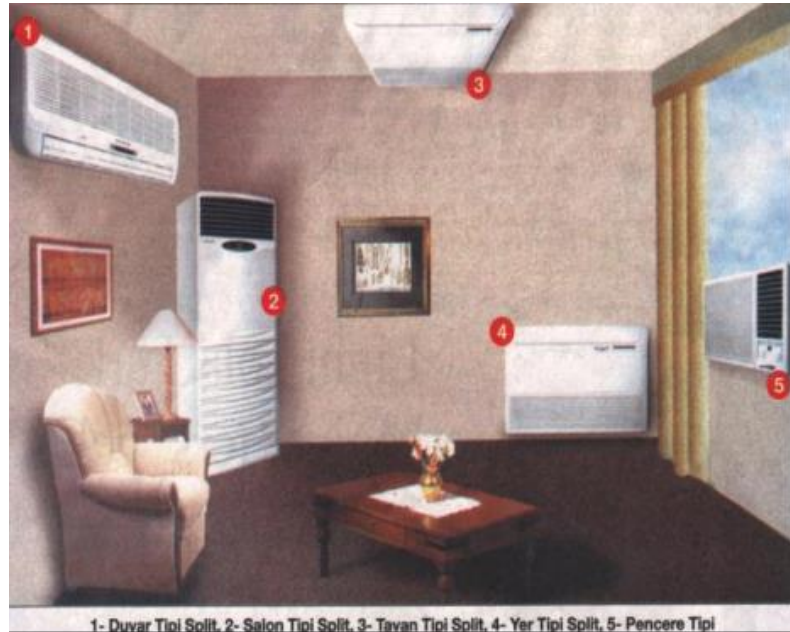
Şekil 3.2: Pencere tipi klima

### Split tipi klimalar:

Pencere tipi paket klimaların daha gelişmiş versiyonu olarak düşünebiliriz. Pencere tipi klimalar gibi tek üniteli değildir iç ve dış üniteden oluşmaktadır. İç ve dış üniteleri birbirine bakır borularla bağlayan içerisinde soğutucu akışkanın bulunduğu sistemlerdir. Dış ünitenin içinde kompresör ve kondanser bulunur. İç üniteler incelendiğinde evaporatörden oluştuğu gözlenir.

- Duvar tipi mono split klimalar
- Duvar tipi multi split klimalar
- Salon tipi klimalar
- Yer/tavan tipi split klimalar

Mimari açıdan her ortama uygun bulunmaktadır. Dış ünite sistemi dışarıda olduğu için sesiz çalışma ortamı sağlamaktadır [7].



Şekil 3.3: Klima çeşitleri

### **Duvar tipi mono split klimalar**

Dış ve iç ünitelerden oluşur, dış ünite kondansere ve kompresörden iç ünite filtre, evaporatör, fan, drenaj hortumu ve elektrik kabloları oluşur. İç ve dış ünitelerin birbirine bakır borularla içinde akışkan geçerek bağlanır. Bu sistemler soğutma yaptığı gibi ısı pompası gibi çalışarak ısıtmada yapabilmektedir.

İç ünite yardımıyla üfleme yönü, nem oranı, antibakteriyel filtre ayarlamaları, fan hızları kumanda yardımıyla ayarlanabilmektedir.

### **Duvar tipi multi split klimalar**

Birden fazla bölümün iklimlendirme ihtiyacını karşılamak için ve yük ihtiyacının sürekli değiştiği yerde kullanılabilir. Mimari açıdan kanalların tavan yüksekliğinin düşmesinin istenmediği yerlerde kullanılabilir. İç ve dış üniteler arasındaki bakır boru çapları düşük olduğu için tercih edilebilir. Bu sistemde harcanan enerji faturaları daha düzgün şekilde pay edilir. Bakım ve montaj kolaylığından dolayı multi split klimalar tüm projelerde kullanılabilir.

### **Salon tipi split klimalar**

Büyük, geniş, kişi sayısının fazla olduğu yerlerde kullanılabilir. Düşük dış ortam sıcaklıkların ek ısıtıcı ilavesi ile verimli olarak çalışmaya devam eder. Hava dağılımı ortama homojen olarak özel fanları sayesinde yerleşir. Cihazlar genellikle kumanda aracılığı ile kontrol edilir. Drenaj hortumları vardır. Filtre sistemleri ile hava istenilen konfor şartlarına getirilir.

### **Yer/ Tavan tipi split klimalar**

Kaset tipi klimalar; otel, avm gibi yapılarda sıklıkla kullanılır. Dışa bağlantı yapılarak temiz hava alınabilir. Mimari açıdan estetik bir görünüş oluşturduğu için genellikle asma tavanın olduğu yerlerde kullanımı daha uygundur. Havanın homojen olarak ortama yayılması için iki ve dört yönlü üfleme çeşitleri mevcuttur. Drenaj sistemi cihazda bulunan pompa yardımıyla çekilmiş olan drenaj hattına yönlendirilir.

Gizli tavan tipi klimalar; taze hava bağlantısını yapmak mümkündür, tavandaki boşluğa tamamen gizlenebilir. Duvara, yere, tavana yerleştirilerek homojen hava dağıtımı yapılır.

### **Portatif(Mobil) klimalar**

Taşınabilirlik özelliğinden dolayı sabit bir mahalde istenilen hava şartlarını sağlamasına gerek yoktur. Tekerlekli yapısı sayesinde bir odadan diğer odaya taşınabilme özelliğine sahiptir. Taşıma işlemi esneklik yapısı fazla olmasından dolayı hareket yeteneği kazanmıştır.

- Mono blok.(tek gövdeli)
- Kondanser ayrılabilen tip
- Portatif split

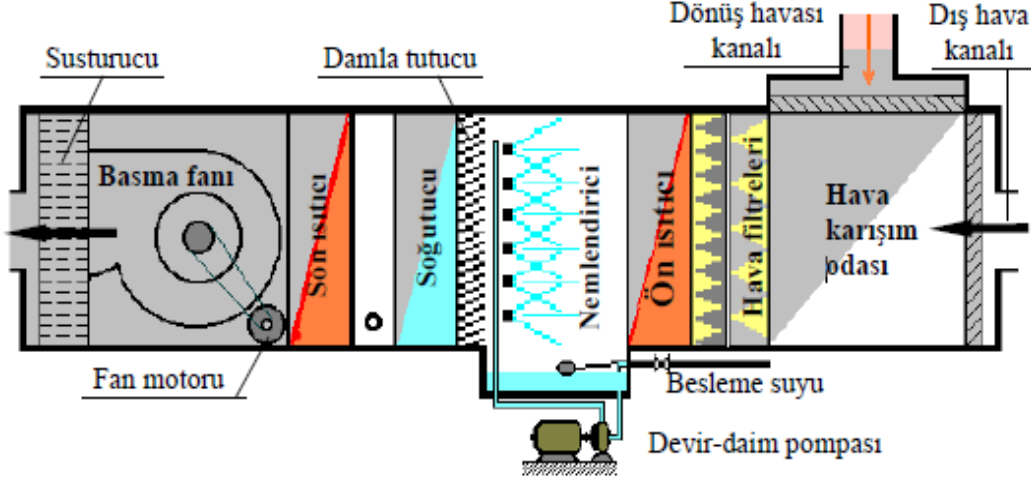
Mono blok portatif klima; kondanseri, evaporatör, kompresör tek bir ünite içinde yer alır. Tek çıkışlı spiral borunun ucu atmosfere çıkartılmalıdır. Çalışma esnasında nem alırken içindeki haznesinde su birikmeye başlar dolma seviyesine ulaınca cihaz kendine zarar vermemek için durur. Haznesi boşaltılıp yerine yeniden koyulunca çalışmaya devam eder.

Kondanseri ayrılan tip; İki ayrı üniteden oluşur. İç ve dış üniteler birbirine elastik boru ile bağlanmıştır. Kondanser atmosfere ayrı sabitlenir. Kompresör ve evaporatör iç üniteye montajı yapılmıştır.

Portatif split klima; split klimadan farklı olarak borusu esnek, bükülebilir ve sökülüp takılabilir. Kompresör iç üniteye yer aldığı için çalışma ses frekansı yüksektir.

### **3.1.2 İklimlendirme sistemi parça ve elemanları**

Bir iklimlendirme sistemi şekilde kesit detayları verilmiştir. Sistemi oluşturan parça ve elemanlarda kesit görünüşte görülmektedir. Bu parça ve elemanların görevlerini açıklayalım [3] .



Şekil 3.4: İklimlendirme sistemini parça ve elemanları

**Karışım odası:** Mahalden çekilen hava ile atmosferden alınan havanın karıştırılarak istenen iklimlendirme şartlarını elde etmek için kullanılan bölümdür.,

**Toz filtresi:** Atmosferden gelen taze hava ve çevrim havasının temizlenmesi için kullanılır. Hastane, ilaç ve gıda fabrikaları için Hepa filtre çeşitleri kullanılır.

**Ön ısıtıcı:** Kışları aktif hale gelen sistem elemanıdır. Havanın farklı sıcaklıklara ait nem alma kapasitesi vardır. Nem tutma kapasitesini artırmak için kullanılan sistem elemanıdır.

**Nemlendirici:** Optimum nem konfor şartlarını sağlamak için kullanılan sistemlerdir. Bu sistem elemanında %35-40 nem değerine göre nem alma ve ya nemlendirme işlemi yapılmaktadır.

**Soğutucu:** Yaz aylarında borulardan geçen soğuk havanın istenen hava konfor şartlarının elde edilmesine yardımcı olan elemanlardır.

**Damla tutucu:** Nemlendirme işlemlerinde sonra havanın içinde bulunan su damlacıklarını engellemek için kullanılır.

**Susturucular:** Hava giriş ve çıkışlarında havanın geçişini kolaylaştırır. Projelerde belirlenen ses seviyesi sınırlarının ayarlanmasında kullanılır.

**Fanlar:** Havanın istenen statik basıncını karşılayacak ve istenen debilerde hareketini sağlayan sistemlerdir. Salyangoz, eksenel, dik akımlı çeşitleri vardır.

### 3.1.3 İklimlendirmenin uygulama alanları

Konfor amaçlı uygulamalar; evlerde, otellerde, konaklama tesislerinde insan konforunu sağlamak için kullanılan sistemlerdir.

**Hassa cihaz ve makinelerin kullanıldığı alanlar:** hassas iklim koşullarında çalışması gereken durumlarda kullanılır.

**Endüstriyel uygulamaların yapıldığı yerler:** Tekstil, kimya, ilaç, gıda, vb. iş kollarında ürün veya prosesin gerektirdiği özel ortamların sağlanması amacıyla kullanılır.

### 3.2 Isı Pompaları

Chiller'ler ve iklimlendirme cihazları gibi soğutma çevrimi ile çalışan cihazların hepsi birer ısı pompasıdır. Isı pompaları sadece soğutma yapan cihazlar değil, ısıtmaya da yararlar. Hem ısıtma hem de soğutma yapan ısı pompaları mevcuttur. Isı geri kazanımı ısı pompaları ısıtmak amacıyla kullanılır. Bu cihazlar hem ısıtma hem soğutma yapan sistemlere de entegre olabilmektedir [10].

Isı pompalarının büyük bir bölümü elektrik motorlu tahrik elemanı bulunsa da benzin ve türbinle tahrikli olarak da kullanılmaktadır [9].

Uygulamalı ısı pompaları bina ısıtma, soğutma, kullanım sıcak suyu üretiminde, yüzme havuz suyu ısıtılmasında endüstriyel proses ısıtılmasında son zamanlarda kullanılmaya başlanılmıştır [5].

### 3.3 Soğutucu Akışkanlar

Bir soğutma çevriminde soğutucu akışkanlar ısının bir mahalden diğer bir mahalle aktarılırken genellikle sıvı halden buhar hale (evaporatör devresinde) buhar halden sıvı hale geçerken (kondenser devresinde) gerçekleşir.

Soğutucu akışkanlar, yukarıda belirtilen görevlerine yerinen getirilirken ekonomik ve güvenilir olması için bazı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olması gerekir. Bu özellikler uygulama ve çalışma şartlarına göre değişiklik meydana gelirken her zaman istenilen sonuçları elde etmek mümkün olmayabilir. Genel olarak bir soğutucu akışkanda aranması gereken özellikler

her şart altında hepsini yerine getiren soğutucu akışkan günümüzde yoktur. Uygulama şartlarına göre bazı inisiyatifler kullanılabilir [6].

Bazı soğutucu akışkan türleri; R11, R12, R123, R134A, R401A, R402A, R404, R407C, R410A, R500, R507, R717 örnek olarak verilebilir.

**Çizelge 3.1:** Karışımla elde edilmiş bazı soğutucu akışkanlar

Soğutucu Madde	Bileşimi (Ağırlıkça)
R401A	% 52 R22 + % 33 R124 + % 15 R152a
R402A	% 38 R22 + % 60 R125 + % 2 R290
R404A	% 44 R125 + % 4 R134a + % 52 R143a
R407A	% 20 R32 + % 40 R125 + % 40 R134a
R407B	% 10 R32 + % 70 R125 + % 20 R134a
R407C	% 23 R32 + % 25 R125 + % 52 R134a
R410A	% 50 R32 + % 50 R125
R500	% 73,8 R12 + % 26,2 R152a
R502	% 51,2 R115 + % 48,8 R22
R507	% 50 R125 + % 50 R143a

#### Soğutucu akışkanlarda aranan özellikler

- Pozitif buharlaşma basınca sahip olmalıdır. Buharlaşma basıncı çevre basıncının üzerinde olmalıdır ki havanın getirdiği su buharı soğut kısımlarda katılarak çalışmasını ve verim düşüşü önlenmelidir.
- Yoğuşma basıncı düşük olmalıdır. Yüksek basınçlara dirençli kompresör, kondenser, boru türleri tesisat yer almalıdır.
- Buharlaşma gizli ısısının yüksek olması istenir. Buharlaşma gizli ısının yüksek olması o oranda akışkan kullanılması demektir.
- Kimyasal açıdan birleşik pasif olması gerekir. Tesisat malzemesiyle tepkimeye girmemesi korozif olmaması, yağlama yağının özelliklerine karşı bir değişim gerçekleştirmemelidir.
- Yanıcı, parlayıcı, zehirli olmamalıdır.
- Ekonomik olmalıdır.



- Isı geçirgenlik katsayısının yüksek olması gerekir.
- Yalıtkan olmalıdır.
- Donma derecesi sıcaklığı düşük olmalıdır.
- Düşük viskoziteye sahip olmalıdır.
- Küçük özgül hacmi olmalıdır.
- Kritik sıcaklığı yüksek olmalıdır.

### 3.4 Split Klimalar

MS. 1500 yıllarda köleler ortamların soğutulmasını fanlar yardımıyla yaparken daha sonra elektriğin bulunması ve fan sistemlerin gelişimi ile ortamlar istenilen konfor şartlarına gelmektedir. Teknoloji gelişimi ile konutlarda, işyerlerinde, değişik büyüklükteki mekanlarda ısınma ve soğutma amaçlı kullanılmaya başlanılmıştır. Klima teknolojisinde en yaygın olarak split klimalar kullanılır. Farklı teknoloji ve türlerde üretilmeye başlanılmıştır [15].

Split klimalar, bağımsız üniteler ve çevre dostu akışkanlarla bir araya getirilen yüksek verimli klima çeşididir. Ekonomik ve kullanımı çok basit olduğu için kullanım alanı çok fazladır.

Split klima, mahallin ısıtılıp soğutulması için klimalara verilen isimdir. Klimalarda iç ve dış üniteler birbirinden bağımsız hareket eder. Şehirlerde yaşam alanları sınırlı olduğu için tek bir dış ünite ile birden fazla iç ünite bağlanarak soğutma ve ısıtma işlemleri yapılarak büyük kolaylık sağlar. Dünya üzerinde çok fazla kullanılan klima türüdür. Talebi fazla olduğu için yeni nesil teknolojiler için öncü olmuştur. Çok çeşitli ürün yelpazesine sahiptir. Genellikle mahalleri soğutma işleminde kullanılırken, ısıtma amaçlıda kullanılabilir [14].

Split klima çalışmasında enerji ve ısı transferi konularının temeline dayanır. Eğer sistem soğutma için kullanılıyorsa soğutma çevrimi, ısıtma için kullanılıyorsa ısıtma çevrimi olarak adlandırılır. Düşünüldüğü gibi bu sistem hava transferi değildir. Split klimaların kontrolü elektronik kartlar yardımıyla yapılır. Fuzzy logic (bulanık mantık) ve pid (oransal integral diferansiyel) yöntemleri sayesinde verimliliği artırıldı.

Split klimalarda dış ünite de kompresör, genleşme valfi, kondenser mekanik parçalar yer alır. İç ünite de evaporatör(buharlaştırıcı) ve radyal fan sistemiyle

iklendirme işlemi yapılır. Dış üniteye birden fazla iç ünite bağlanılabilir. İç ve dış üniteler arasındaki bağlantı gazın içerinden geçen izolasyonlu bakır borular yardımıyla yapılır.

Soğutucu akışkan sıvı halde girip gaz olarak mahalden ayrılması soğutma serpantininde ( buharlaştırıcıda ) meydana gelir. Evaporatör e giren soğutucu akışkan ısıyı ortamdan emerken buharlaşmaya başlar. Soğutucu akışkan sisteme sıvı halde girer ama gaz halinde sistemden uzaklaşır. Bu sayede ortam ısı alınarak soğuk ve ya serin hava ortama verilir. Isıtma işleminde, kompresörde buharlaşmış olan soğutucu akışkan ısı transferiyle sıvı hale yeniden gelir. Dış üniteye gelmiş olan gaz, sıvı hale dönüşürken ortama ısı verir.



**Şekil 3.5:** Split klima dış ünitesi



**Şekil 3.6:** Split klima iç ünitesi

Split klima, ünitelerin birbirinden bağımsız olması yer tasarrufu, hem ısıtma hem de soğutma işlemi görmesi en büyük avantajları arasında sayılır.

- Mimari açıdan diğer klimalara göre verimli, dekoratif, ekonomik, sessiz, tasarruflu ve ekolojik olması.
- Sesli ve çalışan parçaların kompresörün dış üniteye yer almasından dolayı iç üniteye rahatsız edici düzeyde ses vermemesi.
- İki ünite arasında sadece soğutucu akışkanı taşıyan izolasyonlu borular vardır. Bağımsız olan üniteler arasındaki optimizasyonu esnetir. Bundan dolayı verim artışı sağlanır.
- İki ünite arasında ilave boru ve kablo bağlantısına gerek yoktur.
- Tek bir dış üniteye birden fazla iç ünite bağlanabilir olması yer tasarrufu sağlar.
- Birden fazla ortamı tek bir dış üniteye birden fazla iç ünite bağlantısı yapıldığı için ısıtma ve ya soğutma işlemi yapılır. Bir tek dış üniteye 10 un üzerinde iç ünite bağlanabilen split klima türleri vardır.
- Yer tasarrufu sağlar
- İç üniteler duvara, yere, asma tavan arasına yerleştirilebilir.
- Dış ve iç ünite parçaları az olduğu ve boyut açısından küçük olduğu için kolay montaj sağlar.

- Oteller, bankalar, camiler, toplantı salonları, restoranlar, konferans salonları çok farklı yapıların ihtiyacını karşılayacak ürün gamına sahiptir.
- Hava durumuna göre kısa sürede verimli ve performanslı iklimlendirme işlemi yapılır.
- İnsan oğlu konuşurken yaklaşık olarak 66 db ses çıkartırken bu klimalar yaklaşık olarak 30 db ses çıkartır.
- Çalışırken ya da otururken istediğiniz zaman istediğiniz ihtiyaçlara kısa sürede uzaktan kuman aracılığı ile müdahale edebilirsiniz.

Split klimalar, yeni teknoloji ile üretilen iklimlendirme sistemleridir. Soğutucu gazlar olarak hidroflorokarbon (HFC) karışımı olan ve “R410A” kullanılır. Split klimalar, mono ve multi split klima olarak iki çeşittir.

**Mono split klimalar;** ev, ofis, kafe gibi küçük alanlarda kullanılıp iç ve dış ünitelerden oluşur.

**Multi split klimalar;** iki ve ya üç tane iç üniteden ve bir tane dış üniteden oluşur. Mağaza, toplantı salonu, okullar gibi yerlerde kullanılır. Alandan tasarruf sağlar ve ekonomik klima sistemidir.

**Split klima çeşitleri;** duvar tipi, salon tipi, kanallı tip, gizli tavan tipi iklimlendirilmesi istenen alanlara göre çeşitleri vardır.

### 3.4.1 Bakır Borular

Split klimalar; iç ünite ve dış ünite arasında gaz akışını sağlayan bakır borulardan oluşur.



**Şekil 3.7:** Bakır Borular

Bakır borular, farklı çap ve et kalınlıklarında üretilirler. Aşağıda değişik boyutlandırmalara ait bakır boruların özellikleri görülmektedir.

**Çizelge.3.2:** Değişik Çaplara ait Bakır Borular ve Et kalınlıkları

Nominal Çap ( inç )	Nominal Çap ( mm )	Et Kalınlığı (mm )
1 / 4 "	6,35	0,8
3 / 8 "	9,52	0,8
1 / 2 "	12,70	0,8

Soğutucu gaz çeşitleri ve kullanılacak klimanın kapasitelerine uygun BTU değerlerine göre bakır boruların çapı ve et kalınlıkları değişir. R410A gazına uygun olarak kullanılacak bakır borunun özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

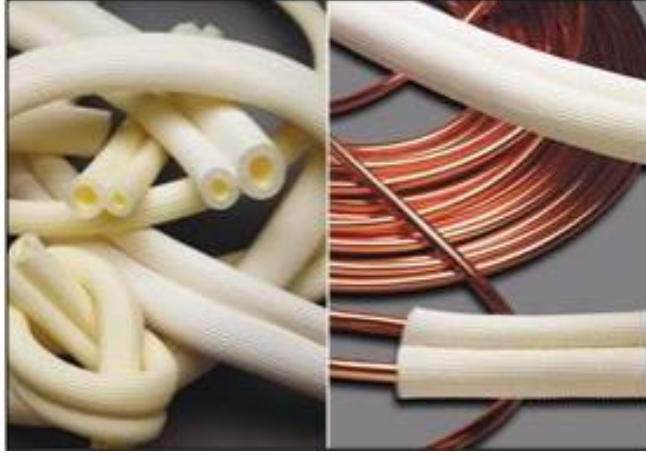
**Çizelge 3.3:** R410 A kullanılan bakır boruların özellikleri

BTU	9	12	18	24	30
Sıvı soğutucu borusu çapı	1 / 4 "	1 / 4 "	1 / 4 "	3 / 8 "	3 / 8 "
Gaz soğutucu borusu çapı	3 / 8 "	3 / 8 "	1 / 2 "	5 / 8 "	5 / 8 "
Boru uzunluğu	3 m	3 m	4 m	4 m	4 m
Eklenecek gaz miktarı	20 gr / m	20 gr / m	30 gr / m	30 gr / m	30 gr / m
İç ünite ile dış ünite arası mesafe	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m
Gaz tipi	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A

Genellikle bakır borular 50 m-30 m kangallar halinde satışları yapılır. İhtiyaca göre 3- 5 m aralığında da bakır borular bulunabilir.

### 3.4.2 Bakır Boru İzolasyonu

Bakır borularda korozif etki, sıcaklı ve nem gibi dış etkilerden korumak için izolasyon malzemeleri kullanılır. Bakır borular izolasyonun içinden geçirilerek koruyucu kılıf şeklinde elde edilir. Bakır boru izolasyonları 50 m rulolar halinde kullanılır.



**Şekil 3.8:** Bakır Boru İzolasyonu

### **3.4.3 Ara Bağlantı Kabloları**

Klimaların iç ve dış ünitelerinin birbirleriyle olan elektrik bağlantısı ara bağlantı kabloları ile yapılır. Ara bağlantı kabloları tek telli ve esnek yapılıdır. Sarı-yeşil, mavi, kahve ve siyah renkten oluşur [7].

### **3.4.4 Drenaj Hortumu**

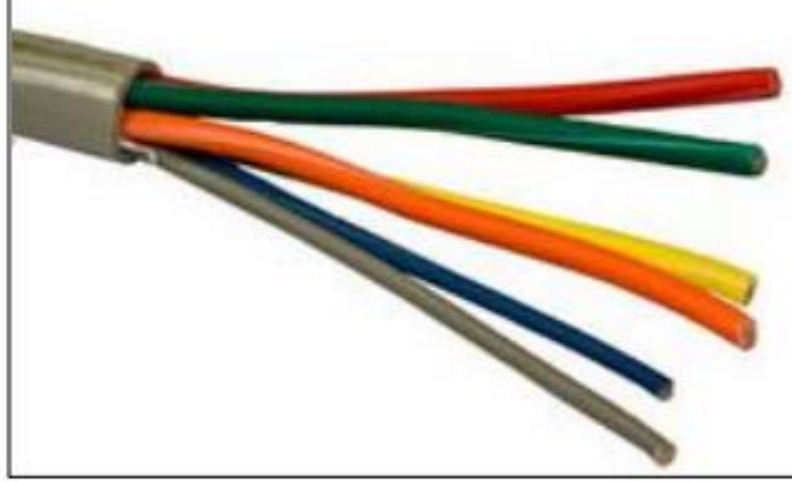
Klimalarda iklimlendirme esnasında meydana gelen suyun dışarı atılması drenaj hortumları ile yapılır. Rulolar halinde değişik uzunluklarda kullanılır.



**Şekil 3.9:** Drenaj Hortumu

### **3.4.5 Enerji Kablosu**

Klimayla enerjiyi buluşturan kablodur. Klima kapasitesi BTU değeri ve kompresör gücüne göre değişik kesit ve özellikleri taşır.



**Şekil 3.10:** Klima Enerji kabloları

#### **3.4.6 Konutlar da Klima Seçim Kriterleri**

- Kullanım zamanları ve amacı
- Isı kazancının olduğu bir sistem
- Rüzgar ve sıcaklık etkisiyle hava kaçıışı
- Kapı transfer merkezleri
- Odalarda ısı kazan sistemi
- Enerji verimliliği ve konforu
- Çok katlı binalarda basıncın etkisi
- Islak mahallerde egzoz sistemi
- Konut uygulamalarında dönüş kanalı olmayan sistemler kullanılır.

#### **3.4.7 Projelendirme Aşamasında Öncelikler**

- Binanın yapısı ve mal sahibinin istekleri
- Binanın işletme türü
- Sistemin kuruluş maliyeti
- Sistemin işletme maliyeti
- İç ve dış ünitelerin mimari tasarıma uygunluğu
- Ses seviyelerinin standartla uygunluğu
- Konut içindeki iç ünitelerin konum ve estetikliği
- Havalandırma sisteminin yeterliliği

### 3.4.8 Split Klima Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları

Split klima avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir. Split Klima sisteminin,

#### Avantajları

- İlk yatırım maliyeti ısıtması ve soğutulması kontrol edilmek üzere merkezi olarak tasarlanan sistemlere göre genellikle daha ucuzdur.
- Makine dairelerinden hava ve soğuk su ihtiyacı karşılanmadığı için enerji tüketimi daha düşüktür.
- Kanallara ve makine daireleri gibi büyük yapılara ihtiyacı olmadığından dolayı yerden tasarruf sağlarlar.
- Montaj için duvardan küçük bir geçiş ve kapasitesine uygun elektrik bağlantısı yeterlidir.
- Hasarlı cihaz kolayca servis tarafından değiştirilebilir.
- Sistem bireysel sıcaklık kontrole gerektiren yerlere uygundur.

#### Dezavantajları

- Yüksek nem ihtiyaçlarını karşılamak için ayrı bir cihaza ihtiyaçları vardır.
- Dış üniteler binanın çevre duvarına montajının yapılması
- Kritik ihtiyaçlar açısından gürültü seviyesi uygun değildir.
- Enerji kullanımları merkezi sistemler göre bazı durumlarda yüksek olabilir.
- Sıcaklık kontrolü iki konumludur.
- Hava dağıtımının kontrol edilmesi sınırlıdır
- Taze hava ihtiyaçlarının karşılanması sınırlıdır.
- İç ve dış ortamda görüntüsü rahatsız edici olabilir.
- Hava filtreleme seçeneği sınırlıdır.
- Yaşlanma ömrü kısa olabilir [12].



## 4 MATERYAL YÖNTEM

### 4.1 Split Klima Sistemlerinde Ekserji Analizinin Gerekliliği

Günümüzde küresel ısınmadan dolayı açık bir şekilde iklim değişiklikleri meydana gelmesi, enerji maliyetlerinin her geçen gün artması, hava şartlarında beklenmeyen ani değişimlerin olması ve ekonomik olması açısından split klima kullanımı yaygınlaşmıştır. İhtiyaç doğrultusunda piyasada çok farklı tiplerde ve özelliklerde split klima çeşitleri ortaya çıkmıştır. Çok fazla ihtiyacın artmasından dolayı split klima kullanımı ve enerji verimliliği konularında daha fazla araştırma yapılması ortaya konulmuştur. Son zamanlarda yapılan araştırmalar ve yayınlar bizlere bunu kanıtlamıştır. Evaporatör soğutma kapasitesi ve ısı transferi katsayılarını etkileyen unsurlar; hava hızı, kanatçıkların yüzeyi, boru çapları, evaporatör sıcaklığı ve soğutucu olduğu belirlenmiştir [2]. Split klimaların kondenserleri gölgelendirerek elektrik enerjisinden tasarruf edilmesi üzerine yapmış oldukları çalışmalarda COP %2.5 oranında artış meydana gelmiştir. Bir ortamı soğutmak için fotovoltaik (PV) panel içeren ve DC akımla çalışan bir iklimlendirme sistemi tasarımı yapılmıştır. R410 A akışkanı kullanılan bir klima sisteminin simülasyonu yapılmış. Elde edilen deneysel verilerle birkaç performans değerleri karşılaştırılmıştır. Bu modelleme sistem verimliliğinin artırılmasının yanında kondense ve evaporatör şekillerinin tasarımında da kullanılmıştır [2].

Ekserji ve enerji analizleri birbirinden farklıdır. Ekserji analizlerinin sonuçlarında sistemdeki enerji değişimi ve dönüşümleri daha bilinçli bir anlayışla geliştirmelerine sağlamaktır.

Enerji tanımı en doğru şekilde; hareket ya da hareket üretebilmesi diyebiliriz. Ekserji ise ; iş ya da iş yapabilme olarak adlandırılabilir. Enerji her zaman korunurken, ekserji sadece tersinir durumlarda korunur, gerçek durumda ise tersinmezliklerden dolayı sürekli azalır [8].

## 4.2 Enerji ve ekserji

Kullanılan enerji kaynağının, dönüştürülmek istenen enerji türüne en yüksek verimde dönüştürülmesi istenir. Enerjinin tamamının dönüştürülmesi mümkün değildir. Çevresel faktörler ve dönüşümünün yapılması istenen sistemlerin verimleri göz önüne alındığında enerji kaynağının enerjisinin tamamı mekanik ve ya ısı enerjisine dönüştürülemez. Bu olay enerji kaynağından elde edilebilecek maksimum enerji (ekserji) ile sınırlıdır. Bu enerji dönüşümleri tersinmezliklerin belirlediği sınırlarda gerçekleşir. Enerji üretim sistemleri ve bu sistemlerin belirlediği elemanlar göz ön alınırken bu sınırlardan yararlanılmalıdır. Bu analize ekserji analizi denir. Ekserji analizi yardımıyla, ekserji kaybına neden olan tersinmezliklerin miktarı ve yeri belirlenir [8].

Enerji ve ekserji kavramlarının karşılaştırılması;

- Enerji, madde veya enerji akışına bağlıdır. Çevreden bağımsızdır.
- Ekserji, madde, enerji ve çevre faktörlere bağlıdır.
- Enerji, sıfırdan farklı değerleri olabilir.
- Ekserji, ölü hal durumunda sıfırdır.
- Enerji, tüm sistemlerde termodinamiğin 1. yasası ile ifade edilir.
- Ekserji, yalnızca tersinir sistemlerde termodinamiğin 1. yasası ile ifade edilir.
- Enerji, tüm sistemlerde termodinamiğin ikinci yasası ile sınırlıdır.
- Ekserji, termodinamiğin ikinci yasası gereği tersinir sistemler için sınırlı değildir.
- Enerji, hareket ve ya hareket üretilir.
- Ekserji, iş ve ya iş üretilir.
- Enerji, sistemde her zaman korunur.
- Ekserji, tersinir durumlarda korunur, tersinmez durumlarda tüketilir.
- Enerji, miktarı niceliğini belirtir.
- Ekserji, nicelik ve entropi ile birlikte kalitenin ölçüsüdür [8].

## 4.3 Enerji Analizi

Tek akışlı sürekli akış sistemleri için kütle korunumu yasası;

$$m_1 = m_2 \quad (3.1)$$

Bir sistemde hal değişimi gerçekleşirken birim zamandaki enerji dengesi;

$$E_g = E_$$

Enerjini korunumu denklemi şu şekildedir;

$$\dot{Q}_g + \dot{W} + \sum_g \dot{m} \left[ h + \frac{v^2}{2} + gz \right] = \dot{Q}_c + \dot{W} + \sum_c \dot{m} \left[ h + \frac{v^2}{2} + gz \right] \quad (3.2)$$

Buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde kontrol hacmindeki soğutucu akışkan sürekli hareket ediyormuş gibi dşnld. Kinetik ve potansiyel enerji değişimi ihmal edildi. Kondenser, evaporatör, genleşme valfi, borulardaki basınc düşümleri göz önüne alınmadı. Kompresörde adyabatik sıkıştırma varsayılarak, kompresörün gücü;

$$\dot{W}_{komp} = \dot{W}_{komp,elek} \times \eta_{komp,elek} \times \eta_{komp,mek} \quad (3.3)$$

$\dot{W}_{komp,elek}$ ; kompresörü tahrik eden elektrik gücüdür. Kompresörün elektrik ve mekanik değerleri %95 ve %80 olarak alınmıştır.

Sistemdeki akışkanın kütlesel debisi (m)

$$\dot{m} = \dot{W}_{komp} / (h_2 - h_1) \quad (3.4)$$

$h_1$  = Kompresör girişi entalpisi

$h_2$  = Kompresör ıkış entalpisi

Isı makinesi verimi:

$$\eta = W_{net} / Q_{verilen} \quad (3.5)$$

Kondanserde dış ortama atılan ısının denklemi;

$$\dot{Q}_{kond} = \dot{m} (h_2 - h_3) \quad (3.6)$$

$h_2$  = Kondenser girişi entalpisi

$h_3$  = Kondenser ıkış entalpisi

İzantropik verimler;

$$\eta = 1 - T_L / T_H \quad (3.7)$$

Akışkan; kılcal boru kullanılan sistem genişleme işlemi sabit entalpide gerçekleşir.

$$h_3 = h_4 \quad (3.8)$$

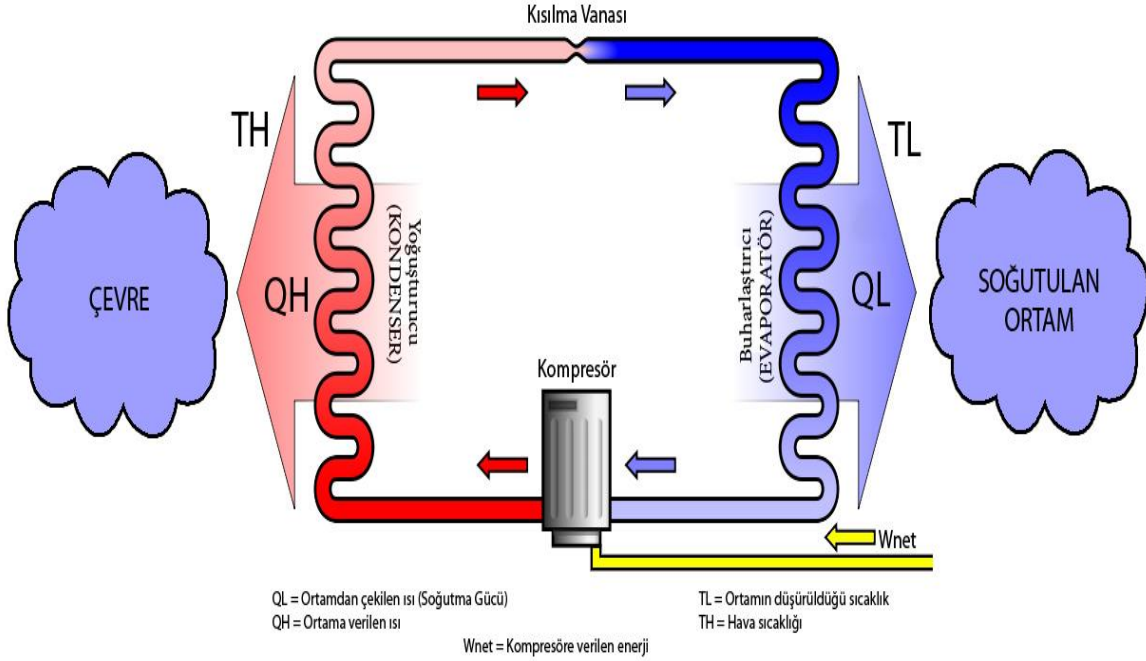
$Q_{evap}$ , soğutucu akışkan buharlaşırken i ortamdan çektiği ısının denklemi;

$$\dot{Q}_{\text{evap}} = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (3.9)$$

$h_1$  = Evaporatör çıkış entalpisi

$h_2$  = Evaporatör giriş entalpisi

COP; istenilen soğutma çevrimine karşılık harcanan enerjiyi belirtir.



Şekil 4.1: Split Klimanın Soğutma Çevrimi

#### 4.4 Ekserji Analizi

Termodinamiğin 1. ve 2. yasaları ile birlikte kullanılan enerji kaynağından doğru ve verimli bir şekilde kullanımını belirlenir. Termodinamiğin 1. yasasına göre var olan bir enerji yok edilemez. Bazen kullanışlı bir sistem ve ısı analizler yardımıyla bozulabilir.

Enerjide bu fikir uygulanamaz fakat ekserji de termodinamiğin 2. Yasasına göre uygulanabilir. Farklı sistemlerde elde edilen, belirli miktar enerjinin kullanışlılığı, kalitesi ve ekonomik olması aynı değildir. Ekserji, enerji kaynaklarının daha verimli olarak kullanılması için bizlere yardımcı olur. Termodinamiğin 1. yasasını anlamamızı da sağlar.

Ekserji analizinin önemi;

Enerji kaynaklarını kullanırken çevreye olan etkilerinin belirlenmesini sağlar.

Enerji sistemlerinin analizinde, kütle ve enerjinin korunumu ile birlikte termodinamiğin 2. yasasını kullanan en doğru sistemdir.

Verimli kaynakların kullanımını destekler. Atık enerji büyüklüklerini, yerlerinin belirlenmesine yardımcı olur.

Çeşitli sistemlerinin verimin artırılmasını sağlayan nasıl yapılacağını belirlemesini de kullanılır.

Enerji politikaları projelendirilirken önemli bir yere sahiptir.

Sürdürülebilir sistemlerde anahtar görevi yapar [8].

#### 4.4.1 Ölü Hal

Sistem değişiklikleri çevre ile denge halinde ise bu hale ölü hal denir. Ölü halde, sistem ve çevre arasında mekanik, kimyasal, ısı denge vardır. Sistemin çevre ile olan yükselti farkı eşit ve hızın sıfır olduğu durumdur. Bu tür sistemde çevre ve ya kendi içerisinde bir etkileşim oluşturmaz.

Sistem ve çevre arasında dengenin belirlenmesi için koşullar belirlenmek zorundadır. Bu koşullar mekanik ve ısı dengeyle belirlenir.

#### 4.4.2 Ekserji Bileşenleri

##### Potansiyel ve Kinetik Enerji:

Bir sistemin ekserjisi dört bölümden incelenir. Kinetik ekserji  $E_{KE}$ , potansiyel ekserji  $E_{PE}$ , fiziksel ekserji  $E_F$ , kimyasal ekserji  $E_{KM}$ . Sistemin toplam ekserjisi,

$$E_X = E_{KE} + E_{PE} + E_F + E_{KM} \quad (3.10)$$

Özgül ekserji ise;

$$e_X = e_{KE} + e_{PE} + e_F + e_{KM} \quad (3.11)$$

Kinetik ve potansiyel enerjinin tamamı işe dönüştüğünde ise,

$$e_{KE} = 0,5V^2 \quad (3.12)$$

$$e_{PE} = gz \quad (3.13)$$

Bu formüllerde; hızımız  $V$  yükselti farkı ise  $z$  dir. Sistem çevre ile denge durumunda ise  $e_{KE}$  ve  $e_{PE}$  0 olur. Fiziksel ekserji bu durumda en yüksek

olabilir. T sıcaklığındaki ve P basıncındaki sistem, T<sub>0</sub> sıcaklığında, P<sub>0</sub> basıncında çevreyle etkileşim içerisinde ise maksimum kimyasal iş elde edilebilir.

### **Fiziksel Ekserji:**

Kapalı bir sistemde fiziksel ekserji şu şekildedir.

$$E_F = (U - U_0) + P_0(V - V_0) - T_0(S - S_0) \quad (3.14)$$

U iç enerji, V hacim, S sistemin entropisidir. U<sub>0</sub>, V<sub>0</sub>, S<sub>0</sub> ise aynı şekilde sistemin sınırlı denge hali içindir.

### **Kimyasal Ekserji:**

Kimyasal ekserji ile oluşacak maksimum iş, sınırlı denge halindeki sistemin ya da maddenin denge haline geçmesiyle oluşur. Çevre dengesi ( T<sub>0</sub>, P<sub>0</sub>) ve kısmi basınçları (P<sub>00,i</sub>) giderken her bileşenin kimyasal ekserjisi,

$$E_{0i} = RT_0 \ln(P_0 / P_{00,i}) \quad (3.15)$$

Gaz karışımları ve ideal suların ekserjileri;

$$e_{KM} = \sum_i x_i [ e_{0i} + RT_0 \ln(x_i) ] \quad (3.16)$$

x<sub>i</sub> = Maddenin birleşiminin molar kesri

e<sub>0i</sub> = Kimyasal ekserji

Bu bağıntıların yanında aşağıdaki bağıntılardan yararlanılabilir;

$$e_{KM} = \sum_i x_i [ e_{0i} + RT \ln(\gamma_i x_i) ] \quad (3.17)$$

γ<sub>i</sub> = Bileşenin aktiflik katsayısı

### **Ekserji Kayıpları ve Termodinamik Bağlılar**

Giren ekserji (E<sub>xg</sub>), çıkan ekserjiden (E<sub>xç</sub>) daima büyüktür. Tersinmezliklerden dolayı oluşan farka, (E<sub>x tahrip</sub>) ve ya (E<sub>x yok</sub>) denilir. Sistemden çıkan ekserji, ürün (E<sub>xü</sub>) ve atık ekserji (E<sub>xa</sub>) olmak üzere ekserji kayıplarının toplamıdır. Tersinmezliklerin ekserjisi bulunmaz bu yüzden doğrudan çevreye etkileri yoktur. Giren ekserjinin fazla miktarda kullanılması ve büyük miktarda ekserji kayıpları çevresel zararlara neden olur [10].

Bir sistemdeki genel denklem şu şekildedir.

$$E_{xg} + E_{xü} - E_{xç} - E_{xt} = E_{xd} \quad (3.18)$$

$E_{xd}$  = Depolanan miktar

$$E_g - E_{\dot{c}} = E_d \quad (3.19)$$

$$E_{xg} - E_{x\dot{c}} - E_{xt} = E_{xd} \quad (3.20)$$

İki ayrı denklemde yazılacak olursa;

$$E_{\dot{c}} = E_{\dot{u}\dot{c}} - E_{a\dot{c}} \quad (3.21)$$

$$E_{x\dot{c}} = E_{x\dot{u}\dot{c}} - E_{x_{a\dot{c}}} \quad (3.22)$$

$$\dot{E}x_{giren} - \dot{E}x_{çıkan} = \dot{E}x_{yok olan} \quad (3.23)$$

Soğutucu akışkan özgül akış enerjisinin denklemi;

$$ex = (h-h_0) - T(s-s_0) \quad (3.24)$$

$T_0$  ve  $P_0$  sistemin ölü halindeki sıcaklık ve basınçlardır.  $m$  kütlesine sahip bir cismin ekserji denklemi şu şekildedir.

$$\dot{E}x = \dot{m}(ex) \quad (3.25)$$

Ekserji veriminin denklemi şu şekildedir;

$$\varepsilon = \frac{\text{Elde edilen ekserji}}{\text{Sağlanan ekserji}} = \frac{\dot{E}x_{çıkan}}{\dot{E}x_{giren}} \quad (3.26)$$

Hesaplamalarda kondenser çıkışı doymuş sıvı ve evaporatör çıkışı doymuş buhar olarak kabul edilmiştir [2].

#### 4.5 İleri Ekserji Analizi:

Geleneksel ve ileri ekserji arasındaki temel fark sistemde bileşenler arasındaki ilişkiyi ve geliştirme potansiyelini belirlenmesinde yararlanır. İlk olarak ekserji yok oluşu tespit edilir. Sonra ekserji yok oluşu içsel, dışsal, kaçınılabılır ve kaçınılamaz ekserji yok oluşları olarak incelenir [4].

$$E_f = E_p + E_d \quad (3.27)$$

Sistemde elde edilmesi gereken ürün ekserjisi ( $E_f$ ), Sistemde alınması arzu edilen ürün ( $E_p$ ), Ekserji yok oluşu ( $E_d$ ) dur.

İçsel ekserji yok oluşu ( $E_D^{EN}$ ), kendisinden kaynaklanan tersinmezliklerden dolayı meydana gelir.

$$E_{D,k}^{EN} = E_f - E_D \quad (3.28)$$

Dışsal ekserji yok oluşu ( $E_D^{EX}$ ) diğer bileşenler dolayı meydana gelen tersinmezliklerden oluşur;

$$E_{D,k}^{EX} = E_{D,k} - E_{D,k}^{EN} \quad (3.29)$$

İçsel ekserji yok oluşu hesaplanırken; incelenen bileşen dışındaki tüm bileşenler tersinir olarak kabul edilir ve hesaplama yapılır.

Dışsal yok oluşu bileşeni hesaplanırken; ekserji yok oluşundan içsel ekserji yok oluşu çıkarılarak hesaplanır.

Daha sonra kaçınılabilir ( $E_D^{AV}$ ) ve kaçınılamaz ( $E_D^{UN}$ ) ekserji yok oluşları hesaplanır. Kaçınılabilir koşullar gerçek koşullardır.

$$E_{D,k}^{AV} = E_{p,k} - E_{D,k}^{UN} \quad (3.30)$$

Kaçınılamaz ( $E_D^{UN}$ ); zaman içerisinde ön görülen koşullardır.

$$E_{D,k}^{UN} = E_{p,k} (E_{D,k} / E_{p,k})^{UN} \quad (3.31)$$

Kaçınılabilir ekserji yok oluşu, bileşenin ekserji yok oluş değerinden kaçınılmaz ekserji yok oluş değeri çıkarılarak bulunur. Kaçınılabilir ekserji yok oluşu; bileşenin geliştirme potansiyelidir.

Kaçınılabilir içsel ( $E_D^{AV,EN}$ ); gerçek koşullarda kendisinden kaynaklanan tersinmezliklerden dolayı meydana gelir.

$$E_{D,k}^{AV,EN} = E_{D,k}^{EN} - E_{D,k}^{UN,EN} \quad (3.32)$$

Kaçınılabilir dışsal ( $E_D^{AV,EX}$ ), gerçek koşullarda diğer bileşenler dolayı meydana gelen tersinmezliklerden oluşur;

$$E_{D,k}^{AV,EX} = E_{D,k}^{AV} - E_{D,k}^{AV,EN} \quad (3.33)$$

Hesaplamalar yapılırken on yıl içinde meydana gelebilecek koşullara göre kabuller yapılır. Bu kabuller sonucunda hesaplanan ekserji yok oluşu kaçınılmaz ekserji yok oluşudur [1].

$\varepsilon_r$ ; zaman içerisinde ön görülen koşulların verimi

$$\varepsilon_r = \frac{E_{p,k}}{E_{f,k}} \quad (3.34)$$

$E_{D,k}$ ; incelenen bileşenin toplamekserji yok oluşudur.

$$E_{D,k} = E_{f,k} - E_{p,k} \quad (3.35)$$



Kaçınılamaz içsel (  $E_D^{UN,EN}$ );zaman içerisinde ön görülen koşullarda kendisinden kaynaklanan tersinmezliklerden dolayı meydana gelir.

$$E_{D,k}^{UN,EN} = E_{D,k}^{EN} (E_{D,k} / E_{p,k})^{UN} \quad (3.36)$$

Kaçınılamaz dışsal (  $E_D^{UN,EX}$  ) ekserji yok oluşları da hesaplanır; gerçek koşullarda diğer bileşenler dolayı meydana gelen tersinmezliklerden oluşur;

$$E_{D,k}^{UN,EX} = E_{D,k}^{UN} - E_{D,k}^{UN,EN} \quad (3.37)$$



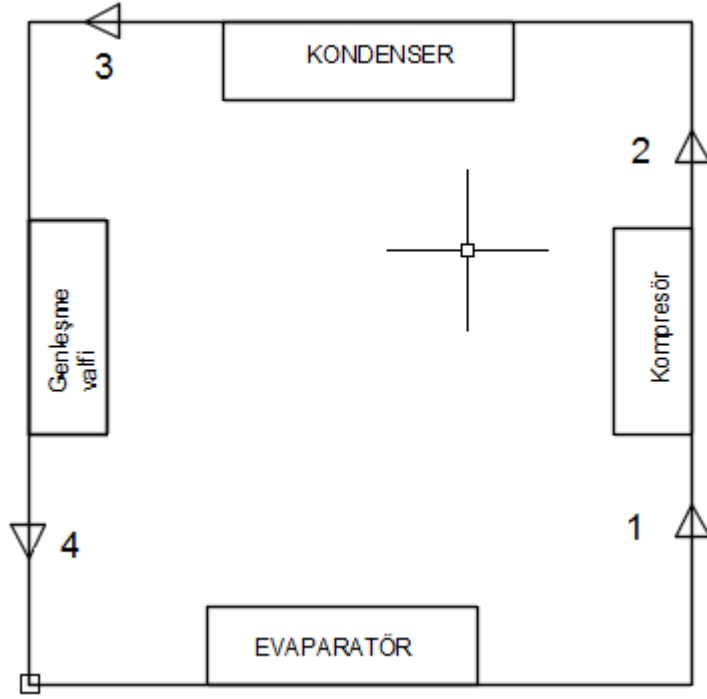


## 5 SİSTEMİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

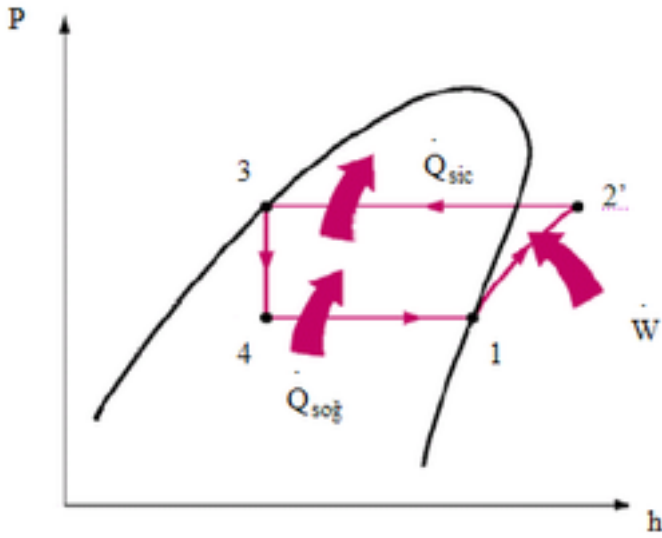
Sistem bileşenleri kompresör, genişleme valfi, evaporatör, kondenserden oluşur. Soğutucu akışkan olarak R410A kullanılmıştır. Soğutulan ortamın yüksekliği 2,7 m toplam alanı 18 m<sup>2</sup> dir. Boru çapı basma hattı için standartlara uygun 1/4 emme hattı ise 3/8 seçilmiştir.

**Çizelge 5.1:** Split Klimanın Teknik Özellikleri

Teknik Özellikleri		
Soğutma		
İç ünite		Dış ünite
Kapasite	3,32 kw	
Güç peslemesi	220 V	220 V
Ses basıncı seviyesi	41 dba	62 dba
Fan hava debidi	10,1 m <sup>3</sup> /dk	33,5 m <sup>3</sup> /dk
Yıllık enerji tüketimi	285 kw/h	
Ağırlık	14 kg	30 kg
Soğutucu akışkan	R410A	
Çalışma sıcaklığı	10-46 °C	-15 / 18 °C
Evaporatör Fanı	0,022 kw	
Kompresör		0,6 kw
Kondenser Fanı		0,047 kw



Şekil 5.1: Split Klimanın Soğutma Çevrimi Noktaları



Şekil 5.2: Soğutma Çevriminin P-h Diyagramı

**Çizelge 5.2: Termodinamiksel Veriler**

ANALİZ NOKTALARI	P bar	T °C	Entalpi (kJ/kg)	Entropi(KJ/kgK)	Nem (kgsu/kg hava)
Hava	1,0132 5	25	67,45	5,846	
Ölü Hal R410	1,0132 5	25	459,9	2,169	0,016
1 Nolu	11	14	449	1,84	
2 Nolu	23	65	485	1,86	
3 Nolu	26	32	420	1,69	
4 Nolu	8	5	440	1,84	
Kondenser giriş havası	1,0132 5	39	78,91		
Kondenser çıkış havası	1,0132 5	29,5 1	70,18		
Evaporatör giriş havası	1,0132 5	39	45,3		
Evaporatör çıkış havası	1,0132 5	20	21,63		

$$\dot{W}_{\text{komp}} = \dot{W}_{\text{komp,elek}} \times \eta_{\text{komp,elek}} \times \eta_{\text{komp,mek}} = 0,456 \text{ kw}$$

$$\dot{m} = \dot{W}_{\text{komp}} / (h_2 - h_1) = 0,013 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q}_{\text{kond}} = \dot{m} (h_2 - h_3) = 0,845 \text{ kw}$$

$$\dot{Q}_{\text{kond hava}} = \dot{m} (h_g - h_c) = 0,11 \text{ kw}$$

$$\dot{Q}_{\text{evap}} = \dot{m} (h_1 - h_4) = 0,12 \text{ kw}$$

$$\dot{Q}_{\text{evap hava}} = \dot{m} (h_g - h_c) = 0,31 \text{ kw}$$

### Kompresör verimi:

$$\dot{W}_{\text{komp}} = \dot{W}_{\text{komp,elek}} \times \eta_{\text{komp,elek}} \times \eta_{\text{komp,mek}} = 0,456 \text{ kw}$$

Isıl verim;

$$\eta = 1 - T_L / T_H = 0,15$$

### Kondenser verimi:

$$\dot{Q}_{\text{kond hava}} = \dot{m} (h_g - h_\varphi) = 0,11 \text{ kw}$$

$$\dot{W}_{\text{kond fan}} = 0,047 \text{ kw}$$

$$\eta = 0,42$$

### Genleşme vanası verimi:

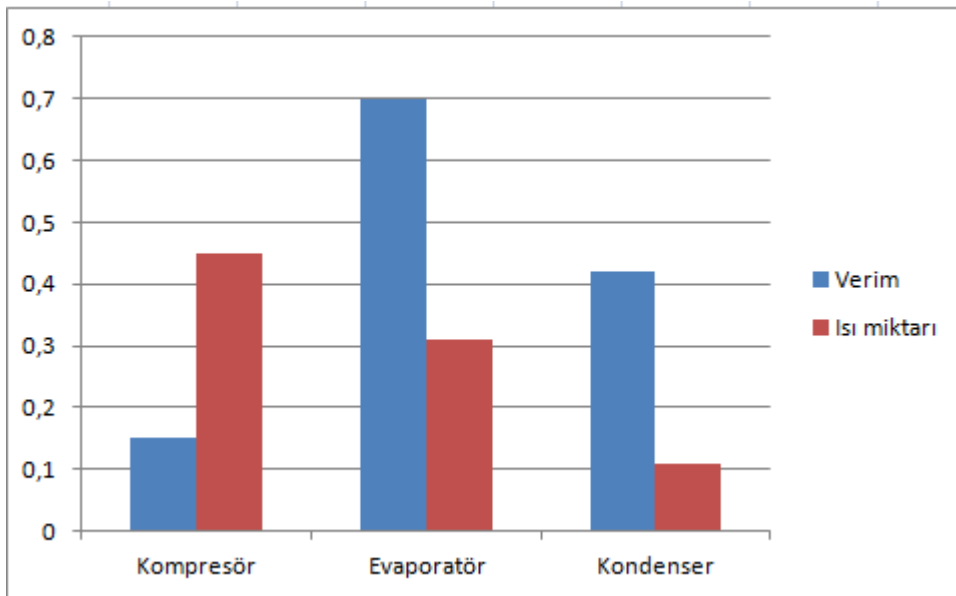
$$h_3 = h_4 \quad \eta = 0$$

### Evaporatör verimi:

$$\dot{Q}_{\text{evap hava}} = \dot{m} (h_g - h_\varphi) = 0,31 \text{ kw}$$

$$\dot{W}_{\text{evap fan}} = 0,22 \text{ kw}$$

$$\eta = 0,70$$



Şekil 5.3: Enerji verim tablosu

## 5.1 Sistemin Geleneksel Ekserji Analizi:

### Kompresör için;

$$\dot{W}_{\text{komp}} = \dot{m}(h_2 - h_1) = 0,47 \text{ kw ( Gerçek güç üretimi)}$$

$$\dot{W}_{\text{tr}} = \dot{m} [(h_1 - h_0) - T_0 (s_1 - s_0)] = 1,15 \text{ kw ( Elde edilebilecek en büyük güç)}$$

$$\eta = 0,41 \text{ (2. Yasa verimi: Yararlı işin bu kadarı yitiriliyor.)}$$

Birim zamanda oluşan tersinmezlikler,

$$I_{\text{tersinmezlik}} = 1,15 \text{ kw} - 0,47 \text{ kw} = 0,68 \text{ kw}$$

### Kondenser için;

$$\dot{W}_{\text{kond}} = \dot{m}(h_2 - h_3) + \dot{Q}_{\text{kond hava}} = 0,96 \text{ kw ( Gerçek güç üretimi)}$$

$$\dot{W}_{\text{tr}} = \dot{m} [(h_2 - h_0) - T_0 (s_2 - s_0)] = 1,49 \text{ kw ( Elde edilebilecek en büyük güç)}$$

$$\eta = 0,66 \text{ (2. Yasa verimi: Yararlı işin bu kadarı yitiriliyor.)}$$

Birim zamanda oluşan tersinmezlikler,

$$I_{\text{tersinmezlik}} = 1,49 \text{ kw} - 0,96 \text{ kw} = 0,53 \text{ kw}$$

### Genleşme valfi için;

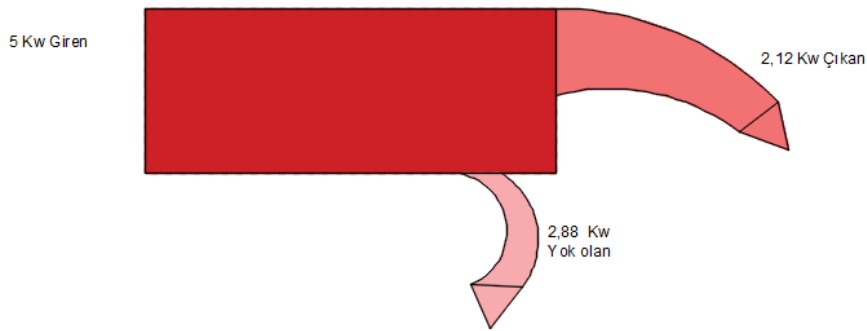
$$\dot{W}_{\text{genleşme}} = \dot{m}(h_4 - h_3) = 0,26 \text{ kw}$$

$$\dot{W}_{\text{tr}} = \dot{m} [(h_3 - h_0) - T_0 (s_3 - s_0)] = 1,34 \text{ kw}$$

$$\eta = 0,19 \text{ (2. Yasa verimi: Yararlı işin bu kadarı yitiriliyor.)}$$

Birim zamanda oluşan tersinmezlikler,

$$I_{\text{tersinmezlik}} = 1,34 \text{ kw} - 0,26 \text{ kw} = 1,08 \text{ kw}$$



Şekil 5.4: Sistemin Sankey diagram

### Evaporatör için;

$$\dot{W}_{\text{evaporatör}} = \dot{m} (h_1 - h_4) + \dot{Q}_{\text{evaporatör hava}} = 0,43 \text{ kw ( Gerçek güç üretimi)}$$

$$\dot{W}_{\text{tr}} = \dot{m} [(h_4 - h_0) - T_0 (s_4 - s_0)] = 1,02 \text{ kw ( Elde edilebilecek en büyük güç)}$$

$$\eta = 0,42 \text{ (2. Yasa verimi: Yararlı işin bu kadarı yitiriliyor.)}$$

Birim zamanda oluşan tersinmezlikler,

$$I_{\text{tersinmezlik}} = 1,02 \text{ kw} - 0,43 \text{ kw} = 0,59 \text{ kw}$$

### Çizelge 5.3: Sistemin geleneksel Analizi

	$E_x$ giren	$E_x$ çıkan	$E_x$ yok olan	$\epsilon$	Gerçek koşullar	Kaçınılmaz Koşullar
1	1,15	0,47	0,68	0,41	$\epsilon = 0,41$	$\epsilon = 0,47$
2	1,49	0,96	0,53	0,66	$\epsilon = 0,66$	$\epsilon = 0,67$
3	1,34	0,26	1,08	0,19	$\epsilon = 0,19$	$\epsilon = 0,23$
4	1,02	0,43	0,59	0,42	$\epsilon = 0,42$	$\epsilon = 0,43$

### 5.2 Sistemin İleri Ekserji Analizi ve Kaçınılmaz Ekserji Yıkımları

Fiziksel, teknolojik olarak on yıl içinde oluşabilecek kaçınılmaz işletme şartları için kabuller yapılarak bulunur.

### Çizelge 5.4: Teorik işlemleri ve Kaçınılmaz Ekserji Yıkımlarını Hesaplamak için Varsayımlar

Bileşen k	Kaçınılmaz Şartlar	Teorik Şartlar
1	$T_{\min} = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\Delta P = 0$	$\Delta P = 0$ $\Delta T = 0$ $\epsilon = 100$
2	$T_{\min} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\Delta P = 0$	$\Delta P = 0$ $\Delta T = 0$ $\epsilon = 100$
3	$T_{\min} = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\Delta P = 0$	$\Delta P = 0$ $\Delta T = 0$ $\epsilon = 100$
4	$T_{\min} = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\Delta P = 0$	$\Delta P = 0$ $\Delta T = 0$ $\epsilon = 100$



**Çizelge 5.5:** Kaçınılmaz İşletme Şartlarında Herbir Durum İçin Termodinamik Veriler

Analiz Noktaları	Pbar	T <sup>0</sup> C	Entalpi(kj/kg)	Entropi(KJ/kgK)
1	11	17	450	1,85
2	23	69	490	1,88
3	26	34	421	1,74
4	8	8	441	1,85

**Kompresör için;**

$$E_P = \dot{m} (h_2 - h_1) = 0,52 \text{ kw}$$

$$E_F = \dot{m} [(h_1 - h_0) - T_0 (s_1 - s_0)] = 1,1 \text{ kw}$$

$$\eta_c = 0,47$$

Birim zamanda oluşan tersinmezlikler,

$$E_D = 1,1 \text{ kw} - 0,52 \text{ kw} = 0,58 \text{ kw}$$

**Kondenser için;**

$$E_P = \dot{m} (h_2 - h_3) + \dot{Q}_{\text{kond hava}} = 1,01 \text{ kw}$$

$$E_F = \dot{m} [(h_2 - h_0) - T_0 (s_2 - s_0)] = 1,5 \text{ kw}$$

$$\eta_c = 0,67$$

Birim zamanda oluşan tersinmezlikler,

$$E_D = 1,02 \text{ kw} - 0,43 \text{ kw} = 0,49 \text{ kw}$$

**Genleşme valfi için;**

$$E_P = \dot{m} (h_4 - h_3) = 0,27 \text{ kw}$$

$$E_F = \dot{m} [(h_3 - h_0) - T_0 (s_3 - s_0)] = 1,16 \text{ kw}$$

$$\eta_c = 0,23$$

Birim zamanda oluşan tersinmezlikler,

$$E_D = 1,02 \text{ kw} - 0,43 \text{ kw} = 0,89 \text{ kw}$$

### Evaporatör için;

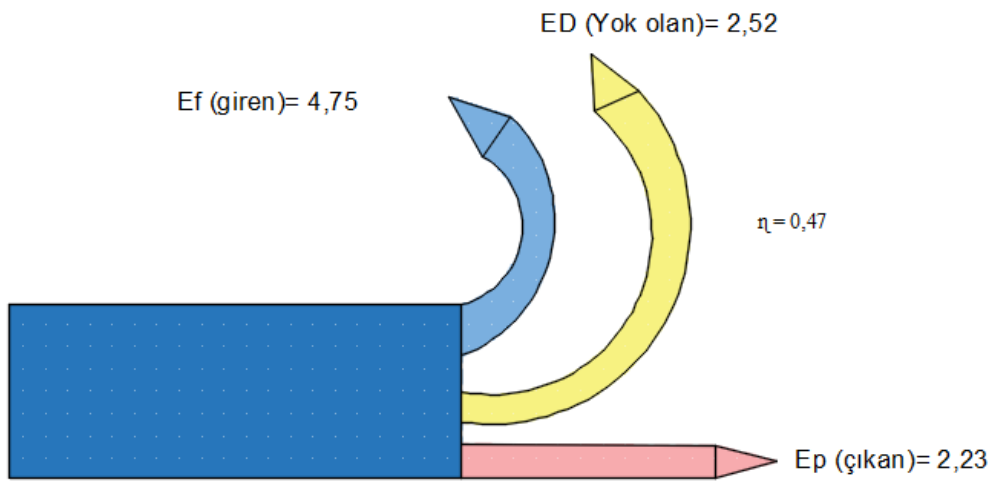
$$E_P = \dot{m} (h_1 - h_4) + \dot{Q}_{\text{evaporatör hava}} = 0,43 \text{ kw}$$

$$E_F = \dot{m} (h_4 - h_0) - T_0 (s_4 - s_0) = 0,99 \text{ kw}$$

$$\eta = 0,43$$

Birim zamanda oluşan tersinmezlikler,

$$E_D = 1,02 \text{ kw} - 0,43 \text{ kw} = 0,56 \text{ kw}$$



Şekil 5.5: Sistemin Grossman Diagramı

Çizelge 5.6: Sistemin Kaçınılmaz Koşulları için Ekserji Analizi

	$E_P$	$E_F$	$E_D$	$\eta$
1	0,52	1,1	0,58	0,47
2	1,01	1,5	0,49	0,67
3	0,27	1,16	0,89	0,23
4	0,43	0,99	0,56	0,43

**Çizelge 5.7:** Split Klima için İleri ekserji sonuçları

	$E_D$	$E_D^{EN}$	$E_D^{EX}$	$E_D^{AV}$	$E_D^{UN}$	$E_D^{UN,EN}$	$E_D^{UN,EX}$	$E_D^{AV,EN}$	$E_D^{AV,EX}$
<b>1</b>	0,58	0,92	-0,34	-0,03	0,55	0,97	-0,42	-0,05	0,08
<b>2</b>	0,49	0,67	-0,18	0,39	0,62	0,41	0,21	0,26	-0,4
<b>3</b>	0,89	0,1	0,79	0,03	0,3	0,11	0,2	-0,1	0,59
<b>4</b>	0,56	0,54	0,02	-0,05	0,48	0,6	-0,12	-0,06	0,14



## 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Son zamanlarda kullanımı artmış olan split klima sistemi incelenmiş, tüm sistem ve sistem elemanları ekserji analizi yöntemi kullanılarak ele alınmıştır.

Split klima, ortamda bulunan ısıyı istenilen seviyede tutmak için soğutucu akışkanın buharlaşma ve yoğuşma özelliğinden yararlanan cihazlardır. İç ünitesinde bulunan serpantinlerden geçen akışkanın ortamın ısını tutarken buharlaştığı için ortam soğutulur. Buharlaşmış akışkan dış üniteye geldiğinde yoğuşma ile ortamdaki ısıyı dış ortama verir. Bu sistem akışkanın kılcal borularda dolaşımı iç ünite ve dış ünite fanları yardımıyla dolaşım tamamlanır. İç, dış ünite fanları ve gazın borular içinde dolaşmasını sağlayan kompresör elektrik enerjisi ile sağlanır.

Yapılan çalışmalar sonucunda en fazla tersinmezliğin meydana geldiği yer genişleme vanası olarak belirlenmiştir. 1,08 kw enerji tersinmezliklerden dolayı kullanılmamıştır. Ekserji verimi 0,19 olarak belirlenmiştir.

İçsel ekserji yok oluşu en büyük olan kompresördür. Diğer bileşenlerle ilişkisinin en az olduğunda gösterir.

Dışsal ekserji yok oluşu en büyük olan bileşen genişleme vanasıdır. Diğer bileşenlerle ilişkisi en fazla olduğunu gösterir. Geliştirme potansiyeli en büyük olan bileşende genişleme vanasıdır.

Bu kayıpları en aza indirmek ve ekserji verimliliğini arttırmak için ısı kayıpları ve tasarım değişiklikleri yapılabilir.

Farklı hava sıcaklıklarını algılayan ve farklı akışkan türlerine göre ekserji verimliliği artırılabilir.



## KAYNAKLAR

- [1] **Açıklalp E., Hepbaşlı A., Karakoç H.,**(2015) Bir ev Tipi Buzdolabı İçin İleri Ekserji Analizi Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi Balıkesir 02-0 Eylül 2015.
- [2] **Bilgili M., Şimşek E., Karacaylı İ.,**(2016) Bir Split Klimanın farklı Atmosfer Hava Sıcaklıklarında Enerji ve Ekserji Analizi, International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences Afyon Kocatepe University, Turkey 21-26 April 2016.
- [3] **Bulut H.,** (2017)Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Ders Notları, Şanlıurfa 2017.
- [4] **Gökgedik H,** (2013)İleri Ekserji Analizi ile Jeotermal Güç sisteminde Termodinamik Performansın İyileştirilmesi Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Muğla Kasım 2013.
- [5] **Erdoğan S., Yılmaz M., Şahin B., Özyurt Ö.**(2006), Isı Pompası Sistem Seçimi Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı 92 , s.40-49 2006.
- [6] **Koyun T., Koyun A., Acar M.,**(2005) Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Bu Akışkanların Ozon Tabakasına Etkisi, Tesisat Mühendisliği Dergisi sayı:85s.46-53,2005.
- [7] **Özdemir A.**(2015), Atölye 2-3 Ders Kitabı Bolu, 2015.
- [8] **Özgener L., Hepbaşlı A.,** Hvac Sistemlerinde Ekserji Analizini Gerekliliği ve Uygulamaları VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sayısı.
- [9] Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi TTMD, Isı Pompası Sistemleri 87.sayı, Eylül Ekim 2013.
- [10] **Şimşek E., Bilgili M., Şahin B.,**(2014) Duvar Tipi Split Klimanın Montajında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, Tesisat Mühendisliği Dergisi sayı141, Mayıs Haziran 2014
- [11] **Yıldırım A,** (2014) Değişken Soğutuculu Akışkan Debili Klima Sistemlerinde Ekserji Analizi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye, Eylül 2014.
- [12] [www.frigoblock.com.tr/iklimlendirme-nedir](http://www.frigoblock.com.tr/iklimlendirme-nedir) 01.09.2017
- [13] [www.onikibilgi.com/split-klima-nedir](http://www.onikibilgi.com/split-klima-nedir) 04.10.2017.
- [14] [www.tesisat.org/fancoil-sistemi-ozellikleri.html](http://www.tesisat.org/fancoil-sistemi-ozellikleri.html) 02.09.2017.
- [15] [www.tesisat.org/klima-tipleri-ve-uygulama-alanlari.html](http://www.tesisat.org/klima-tipleri-ve-uygulama-alanlari.html) 03.10.2017.





## ÖZGEÇMİŞ

01.05.1990 yılında İstanbul da doğdum. Arnavutköy İlköğretim Okulu Arnavutköy/ İSTANBUL da ilköğretimimi tamamladım. Keirtepe Anadolu Öğretmen Lisesi Lüleburgaz/ KIRKLARELİ ortaöğretimi tamamladım. Namık Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği Çorlu/ TEKİRDAĞ bitirdim. İstanbul Aydın Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsünde Makine Mühendisliği yüksek lisan eğitimime devam etmekteyim. İş hayatım; VIATEMA İNŞ. 2015-2016, Proyapı Mühendislik ve Müşavirlik 2016- halen devam etmekteyim

