

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR BİNADA AKIŞ LÜLELERİ VE ASPİRATÖR
KULLANIMININ SOĞUTMAYA ETKİSİ

Makine Mühendisi Erkan MERT

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Haydar EREN

ARALIK-2019

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR BİNADA AKIŞ LÜLELERİ VE ASPIRATÖR KULLANIMININ
SOĞUTMAYA ETKİSİ

Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisi Erkan MERT
171120102

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Enerji Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Haydar EREN

Elâzığ-2019

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR BİNADA AKIŞ LÜLELERİ VE ASPIRATÖR KULLANIMININ
SOĞUTMAYA ETKİSİ

Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisi Erkan MERT
171120102

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:

Tezin Savunulduğu Tarih: 20.12.2019

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Haydar EREN (F.Ü.)

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Cengiz YILDIZ (F.Ü.)

Doç. Dr. Ömer Faruk CAN (D.Ü.)

Elâzığ-2019

ÖNSÖZ

İnsanlar tarih boyunca bilimsel çalışmalar yapıp çeşitli buluşlar yaparak yaşamlarını daha konforlu hale getirmeye çalışmışlardır. İklimlendirme ve havalandırma sistemleri bu buluşlardandır. Bu sistemler ile insanlar bulundukları kapalı ortamları insan yaşamı için uygun konfor şartlarına getirmek istemişlerdir. İklimlendirme ve havalandırma sistemleri sayesinde insanlar kapalı ortamların sıcaklığını değiştirip bu ortam içindeki yaşamlarını daha verimli hale getirmeye çalışmışlardır. Tabi ki bu sistemleri çalıştırmak için enerji gerekmektedir. Artan insan sayısı dolayısıyla bu sistemlerin kullanımı artmış ve daha çok enerji ihtiyacı doğmuştur. Bu araştırmada enerjisini bulunduğu ortamın havasından ve güneşten karşılayabilen bir havalandırma sistemi üzerinde çalışılmıştır. Kapalı bir ortamın bir penceresine akış lüleleri yerleştirilmiş diğer penceresine bir aspiratör yerleştirilmiştir. Akış lülelerinden geçen havanın soğuyarak kapalı ortama girmesi ve aspiratörün de devreye girmesiyle soğumanın artması hedeflenmiştir. Aspiratör enerjisini bağlı bulunduğu bir aküden almıştır. Akünün gücünün azalması durumunda ise bir güneş enerjisi paneli aküyü şarj etmiştir. Bu sistem enerjisini havadan ve güneşten karşıladığı için bu araştırmada insanların enerji ücreti ödmeden yaşamlarını daha konforlu hale getirmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür araştırmasında bu tez konusuyla ilgili daha önce yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Teşekkür

Tezimde kullandığım malzeme ve cihazların alınmasını MF.18.46 proje numarası ile destekleyen Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) koordinatörlüğüne, çalışmamdaki katkılarından dolayı danışmanım Prof. Dr. Haydar EREN' e ve aileme teşekkürü borç bilirim.

Erkan MERT

Elâzığ-2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerjinin Üretimi ve Tüketilmesi	1
1.2. Enerji Tasarrufu Konusunda Yürütülen Çalışmalar	2
2. İKLİMLENDİRME	4
2.1. İklimlendirme	4
2.2. İklimlendirmenin Önemi	4
2.3. İklimlendirmenin Gelişim Süreci	4
3. İKLİMLENDİRME SİSTEMİ TÜRLERİ VE İKLİMLENDİRME CİHAZLARI.....	10
3.1. İklimlendirme Sistemlerinin Uygulandıkları Yerler	10
3.1.1. İklimlendirme Sistemlerinin Endüstrideki Uygulandığı Yerler	10
3.1.2. Konfor Amaçlı İklimlendirme Sistemlerinin Uygulandığı Yerler	10
3.2. Fan-coil Tipi Sistemler	11
3.2.1. İki Borulu Fan-coil Sistemi	12
3.2.2. Dört Borulu Fan-coil Sistemi	12
3.3. Split Tip Sistemler	13
3.3.1. Split Sistemi Oluşturan Elemanlar	13
3.3.2. İnverter Kontrollü Split Sistemler	15
3.4. Havalandırma Sistemleri	16
3.4.1. Doğal Havalandırma Sistemi	16
3.4.2. Mekanik Havalandırma Sistemi	18
4. MATERYAL VE METOD.....	19
4.1. Deney Sisteminde Kullanılan Malzemeler ve Cihazlar	19
4.1.1. Mdf Malzemesi	19
4.1.2. Aspiratör	19

4.1.3. Akış Lülesi	19
4.1.4. Akü	20
4.1.5. Güneş Paneli	21
4.1.6. Termometre	22
4.1.7. Yalıtım malzemesi	22
4.2. Deney Düzeneğinin Hazır Hale Getirilmesi ve Verilerin Toplanması	23
5. DENEYSEL SONUÇLAR.....	28
6. HATA ANALİZİ.....	34
7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR	38
EKLER.....	40
ÖZGEÇMİŞ.....	43

ÖZET

Bu araştırmada bir bina modelinin bir penceresine akış lüleleri diğer bir penceresine de aspiratör yerleştirilmiştir. Akış lülelerinin geniş ağzı bina modelinin dış tarafına, dar ağzı ise iç tarafına bakmaktadır. Akış lülelerinden içeri giren havanın hızı artmakta, basınç ve sıcaklığı düşmektedir. Bunun kapalı alanda da sıcaklığı düşüreceği düşünülerek sistem tasarlanmıştır. Ayrıca aspiratör de içerdeki sıcak havayı hızla dışarı atacağından soğumanın daha da artması hedeflenmiştir. Aspiratör, gücünü bir aküden almaktadır. Aküyü ise bir güneş paneli şarj etmektedir. Böylece yenilenebilir enerjiyle çalışan bir havalandırma sistemi oluşturmak amaçlanmıştır.

Bina modelinin yalıtımsız olduğu durum için dört deney yapılmıştır. Birinci deneyde modelin iç havası ile dış ortam hava irtibatı tamamen kesilmiştir. İkinci deneyde aspiratörlü pencere hava almayacak şekilde kapatılmıştır. Akış lüleli pencere tamamen açılmıştır. Böylece doğal havalandırmanın etkisi gözlenmiştir. Üçüncü deneyde aspiratörlü pencere kapalı tutulmuştur. Akış lüleli pencere kapatılarak lülelerden içeriye hava girişi sağlanmıştır. Bu şekilde akış lülelerinin etkisi gözlenmiştir. Dördüncü deneyde akış lülelerinden içeriye hava girmeye devam etmiştir, ayrıca aspiratör devreye alınmıştır. Böylece akış lüleleri ve aspiratörün birlikte etkisi gözlenmiştir. Bu durumların hepsinde günün belirli saatlerinde iç ve dış ortam sıcaklığı ölçülmüştür. Daha sonra bina modeli yalıtımla kaplanmıştır. Yalıtımlı durum için ilk dört deneydeki işlemler tekrarlanarak dört deney daha yapılmıştır.

Veriler toplandıktan sonra bu sekiz deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarını gösteren grafikler çizilmiştir. Gün boyunca iç ve dış sıcaklıklar arasındaki farkın aritmetik ortalaması alındığında birinci deneyde 2.8 °C, ikinci deneyde 2.2 °C, üçüncü deneyde 2.0 °C ve dördüncü deneyde ise 1.7 °C değerleri elde edilmiştir. Bina modelinin yalıtımlı olması halinde yapılan 5,6,7 ve sekizinci deneylere ait grafikler incelendiğinde ilk dört deneye benzer bir karakter görülmüştür. Sekizinci deneyde gün boyu sıcaklık farklarının ortalaması 1.5 °C hesaplanmıştır. Bu ise binanın yalıtımsız halindeki aynı deney şartları ile kıyaslandığında daha düşüktür. Dış ortam havasına göre iç ortam havasının en soğuk olduğu durumun binanın yalıtımlı, aspiratör ve akış lülelerinin devrede olduğu sekizinci deney olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akış lülesi, yenilenebilir enerji, havalandırma

SUMMARY

THE EFFECT OF USING FLOW NOZZLES AND ASPIRATOR ON COOLING IN A BUILDING

In this research, flow nozzles were placed in one window of a building model and an aspirator was placed in another window. The wide mouth of the flow nozzles faces the outside of the building model and the narrow mouth faces the inside. The speed of the air entering the flow nozzles increases and the pressure and temperature decrease. The system was designed considering that this will reduce the temperature in the closed area. In addition, the aspirator will throw out the hot air inside quickly and the cooling is aimed to increase even more. The aspirator draws its power from a battery. A solar panel charges the battery. Thus, it is aimed to create a ventilation system that works with renewable energy.

Four experiments have been conducted for the case where the building model is uninsulated. In the first experiment, the model's internal air and external air were completely disconnected. In the second experiment, the aspirator window is closed so that it does not receive air. The flow nozzle window is fully opened. Thus, the effect of natural ventilation was observed. In the third experiment, the aspirator window was kept closed. The flow-nozzle window was closed and air was introduced from the nozzles. In this way the effect of flow nozzles was observed. In the fourth experiment, air continued to enter the flow nozzles, and the aspirator was switched on. Thus, the effect of flow nozzles and aspirator together was observed. In all of these cases, indoor and outdoor temperature was measured at certain times of the day. Then the building model was covered with insulation. For the isolated condition, the procedures in the first four experiments were repeated and four more experiments were performed.

After the data were collected, graphs were drawn showing the indoor and outdoor temperatures of these eight experiments. The arithmetic mean of the difference between internal and external temperatures during the day was 2.8 °C in the first experiment, 2.2 °C in the second experiment, 2.0 °C in the third experiment and 1.7 °C in the fourth experiment. When the graphics of the 5,6,7 and eighth experiments were examined, the building model was insulated, a character similar to the first four experiments was observed. In the eighth experiment, the average temperature difference during the day was calculated at 1.5 °C. This is lower compared to the same experimental conditions in the uninsulated state of the building. It was observed that the lowest level of indoor air relative to outdoor air was the eighth experiment in which the insulated, aspirator and flow nozzles of the building were activated.

Keywords: Flow nozzle, renewable energy, ventilation

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Türkiye'nin son yıllardaki birincil enerji arzında kaynakların payı.....	1
Şekil 2.1. 1905'te yapılmış bir iklimlendirme santrali	7
Şekil 2.2. Günümüz klima santrallerinin mono blok şeması	7
Şekil 2.3. Komple bir iklimlendirme sistemine ait şema.....	9
Şekil 3.1. Çeşitli fan-coil üniteleri.....	11
Şekil 3.2. İki borulu fan-coil sistemine ait şema	12
Şekil 3.3. Dört borulu fan-coil sistemine ait şema.....	13
Şekil 3.4. Split sisteme ait iç ünite.....	14
Şekil 3.5. Split sisteme ait dış ünite	14
Şekil 3.6. İnverter özellikli DC motor ve kompresör tatbiki	15
Şekil 3.7. Doğal havalandırmada hava akımı	17
Şekil 4.1. Aspiratör	19
Şekil 4.2. Akış lüleleri.....	20
Şekil 4.3. Akü.....	20
Şekil 4.4. Güneş paneli.....	21
Şekil 4.5. Deney sisteminde kullanılan güneş paneline ait değerler.....	21
Şekil 4.6. Termometre.....	22
Şekil 4.7. XPS yalıtım malzemesi.....	23
Şekil 4.8. Deney düzeneğinin dıştan görünüşü (a; düzeneğin akış lüleli tarafı, b; düzeneğin aspiratörlü tarafı).....	24
Şekil 4.9. Deney düzeneğinin iç kısmının görünüşü.....	25
Şekil 4.10. Deney düzeneğinin yalıtımlı hali (a; düzeneğin aspiratörlü tarafı, b; düzeneğin akış lüleli tarafı).....	27
Şekil 5.1. Birinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi.....	28
Şekil 5.2. İkinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi.....	29
Şekil 5.3. Üçüncü deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi.....	29
Şekil 5.4. Dördüncü deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi.....	30
Şekil 5.5. Beşinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi.....	30

Şekil 5.6. Altıncı deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi.....	31
Şekil 5.7. Yedinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi.....	31
Şekil 5.8. Sekizinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi.....	32
Şekil 6.1. Problem çözümüne analitik yaklaşım.....	34

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Türkiye'nin 1990-2016 yılları arası enerji durumu	1
Tablo 5.1. Birinci deneye ait veriler.....	28

SEMBOLLER LİSTESİ

$T_{iç}$	: İç ortama ait sıcaklık
$T_{dış}$	: Dış ortama ait sıcaklık
ΔT	: İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı

1. GİRİŞ

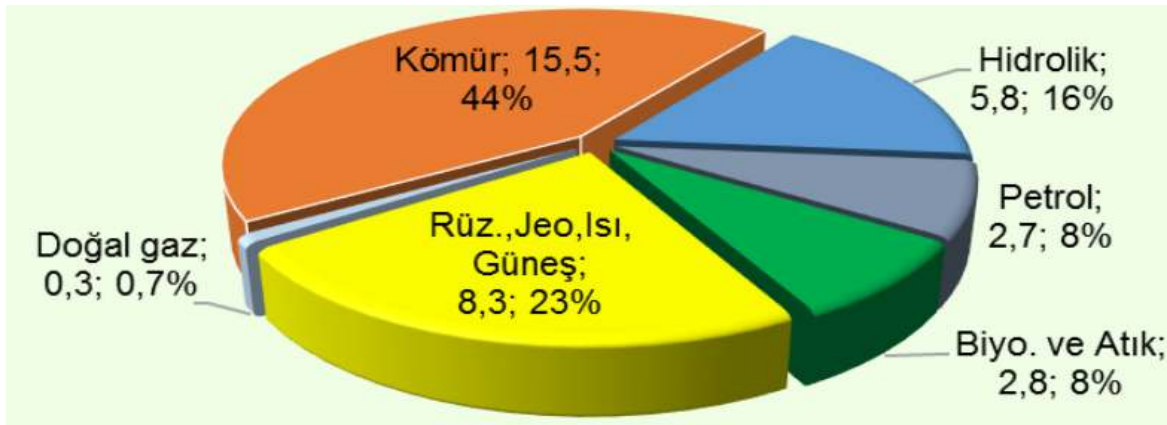
1.1. Enerjinin Üretimi ve Tüketilmesi

Hem insanların yaşadığı alanlarda hem de endüstriyel alanlarda belli bir konforun sağlanabilmesi için iklimlendirme sistemlerine ihtiyaç vardır. Bu sistemlerin kullanılabilmesi için de enerjiye ihtiyaç vardır. İnsanların sosyal hayatının gelişim göstermesi ve ülkelerin sanayileşmeye hız vermesi sonucu enerji ihtiyacı artış göstermektedir.

Tahminlere göre petrolün 40-45 yıl, doğalgazın 60-65 yıl, kömürün 200-350 yıl sonra tükeneceği düşünülmektedir. Türkiye'nin 1990-2016 yılları arasındaki enerji durumu detaylı olarak Tablo 1.1' de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Türkiye'nin 1990-2016 yılları arası enerji durumu [1]

1990-2016 Türkiye Toplam B. Enerji Arzı, Üretimi, İthalat, İhracatı (mtep) ve Üretim/T. Arz (%) Değişimleri							
	1990	2000	2010	2015	2016	2000-2016 Artışı (%)	1990-2016 Artışı (%)
T. B. Enerji Arzı	52	79	106	129	136	72	160
T. B. E. Üretimi	25	26	32	31	35	34	41
T. B. E. İthalatı	31	55	85	113	113	105	269
T. B. E. İhracatı	2,1	1,6	8	8	7,3	358	245
E. Üretimi / T.E. (%)*	48	33	30	24	26	-7	-22



Şekil 1.1. Türkiye'nin son yıllardaki birincil enerji arzında kaynakların payı [1]

Türkiye'deki nüfusun artması ve sanayinin gelişim göstermesi nedeniyle enerji tüketimi günden güne artış göstermektedir. Türkiye'nin son yıllardaki birincil enerji arzında kaynakların

payı Şekil 1.1’ de görülmektedir. Türkiye, enerjisinin büyük bir kısmını diğer ülkelerden aldığı için ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. Türkiye’nin bir yıldaki ortalama enerji tüketimi 2016 yılında 136 milyon TEP değerine ulaşmıştır.

Fosil yakıtların kısa süre sonra tükeneceği tahminlerinde bulunulması ve bu yakıtların yanması sonucu açığa çıkan gazların doğaya zarar vermesi nedeniyle alternatif enerji kaynakları arayışına başlanmıştır.

Enerji fiyatlarının sürekli artış göstermesi sonucu enerji tasarrufuna olan önem artmıştır. Konfor şartlarında değişiklik yapmadan kullanılan iklimlendirme sistemlerinde bazı değişiklikler yapılması sonucu enerjiden tasarruf etmek mümkündür. Enerjiden tasarruf edilirken sadece faturalardaki ücret aşağı çekilmiş olmaz, ayrıca enerji kaynakları da verimli bir şekilde kullanılmış olur. Bu tasarruf sonucu gelecek kuşaklara mevcut enerji kaynaklarının iletilmesinin imkânı daha da artmış olacaktır. Bunun yanı sıra enerjide tasarruf yapılmasıyla yakıtların kullanılmasıyla oluşan zararlı gazların atmosfere salınması azalmış olacak ve dünya yaşam açısından daha sağlıklı olacaktır.

1.2. Enerji Tasarrufu Konusunda Yürütülen Çalışmalar

“Sanayide Enerji Yönetim Esasları” [2] adlı yayının 4. cildinde atık haldeki ısıdan enerjinin nasıl geri kazanılacağı ve enerji tasarrufu konusunda yapılan yatırımların mali analiz yöntemleri hakkında bilgiler vermektedir.

Karagözyan [3] çok üniteye sahip klimaların kanallı tipteki split klima sistemleri ile karşılaştırılmasını, bu sistemlerin maliyet analizlerinin yapılmasını, en ideal şartların belirlenmesini ve bu sistemler arasında enerji tüketimi konusunda kıyaslanmasını yapmıştır. Soğutma yükünün fazla olduğu yerlerde çok üniteli klima sistemlerini kullanmanın kanallı tip split klima sistemlerine göre ekonomik açıdan daha avantajlı olduğunu belirlemiştir.

Akkaya [4] Adana kentinden 1 zemin, 4 normal kata sahip bir yapının merkezi ısıtma sistemi ve her kata ısı pompası sistemi kurularak iklimlendirmenin yatırım ve işletme harcamaları yönünden incelenmesini yapmıştır. Bu binadaki ısı kayıplarını hesaplamış daha sonra merkezi ısıtma ve duvar tipi split klima sistemi ile soğutmayı, ısı pompalı sisteme göre kıyaslamıştır. Isı pompalı sistemler çevreye daha az zarar vermesine rağmen ilk yatırım harcamasının yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Gültekin [5] binaların iklimlendirilmesinde enerjinin nasıl tasarruf edileceği hususunda inceleme yapmıştır. Ayrıca verim ve maliyet analizi üzerinde çalışmıştır. Isı geri kazanım

sistemleri ile enerji tasarrufunun nasıl yapılacağını incelemiştir. Enerji tasarrufunun yapılması sonucunda yatırımın geri dönüş süresini hesaplamıştır.

Ergin [6] merkezi sistemle çalışan klimaları uygulama ve enerji harcamaları yönünden karşılaştırmıştır. Hangi bina tipine hangi iklimlendirme sisteminin kurulmasının avantajlı olduğunu belirtmiştir

Mathews vd. [7] bir makalelerinde iklimlendirme tesisatı elemanlarının kontrol edilmesiyle tüketilen enerji miktarının minimuma düşürülebileceğini belirtmiştir. Bu makalede iklimlendirme sisteminin kısımları olan vantilatör, pompa, ısıtma ve soğutma cihazlarının her birinin tükettiği enerji hesaplanmış ve bunlar üzerinde kontrolün nasıl sağlanacağı belirtilmiştir.

Bu çalışmada akış lülelerinin dar kesitinden çıkan havanın sıcaklığının düşmesi prensibinden faydalanarak bir bina modelinin minimum enerjiyle havalandırılması ya da soğutulması konusunda araştırma yapılacaktır. Böylece enerjiden tasarruf edilmesi amaçlanmaktadır.

2. İKLİMLENDİRME

2.1. İklimlendirme

Kapalı alanların sıcaklık, temizlik, nem ve hava dolaşımını insanların sağlık ve konforuna veya üzerinde çalışılan endüstriyel işleme göre en ideal seviyede tutmak için bu mahaldeki havanın şartlandırılmasına iklimlendirme denir [8]. İklim anlamına gelen klima ise Latince bir kelimedir [9]. İklim kelimesinden bir ülkeyi etkisi altına alan coğrafya ya da atmosferle ilgili şartlar veya sıcaklık, atmosfer basıncı, rüzgâr ve fırtına gibi atmosferle ilgili durumu ve bu durumun belli bir yerdeki değişimini karakterize eden meteorolojik vakaların tamamı anlaşılır.

Teknik olarak iklimlendirme bir ya da birden fazla mahallin dış hava koşullarından bağımsız olarak istenen iklim şartlarına yapay olarak getirilmesine denir. Bu iklim koşullarını oluşturan unsurlar ise havanın tazeliği, temizliği, sıcaklığı, hareketi, basınç ve nemidir [10].

2.2. İklimlendirmenin Önemi

Tarih boyunca insanlar olanakları ölçüsünde yaşadıkları mahalleri iklimlendirmek için çalışma yapmışlardır. Barınma ve beslenme gibi birincil ihtiyaçlarını artık rahatça karşılayabilen insanlar üretim toplumundan tüketim toplumuna dönüşürken daha konforlu, daha rahat yaşamak için arayışlara girmiştir. Klima sektörü bu arayışın sonucunda doğmuş ve gelişim göstermiştir [11].

Klima cihazlarının kullanımı evler, işyerleri, endüstriyel alanlar ve taşıtlar gibi hemen hemen insanların bulunduğu her kapalı ortamda giderek artmaktadır. İklimlendirme sistemlerini tasarlayabilmek için nemli havanın hangi özelliklere sahip olduğu hususunda iyi bilgiye sahip olmak gereklidir [11].

2.3. İklimlendirmenin Gelişim Süreci

Soğutmanın en eski ve en basit biçimi soğuk bölgelerde bulunan doğanın oluşturduğu kar ve buzu koruyup, bunları sıcaklığın düşürülmesi veya ısısının alınması gereken yerlere koyarak soğutmanın gerçekleştirilmesidir. Kışın oluşan kar ve buzu koruyup yılın sıcak zamanlarında soğutma amaçlı kullanma usulü M.Ö. 1000 yıllarından bu yana uygulanmaktadır. Mısırlılar, geceleyin açık gökyüzünü görebilecek şekilde yerleştirilen topraktan kaplar içerisindeki sıvıların soğutulabileceği tespitinde bulunmuşlardır.

İmparator Neron, güneşten korunmak için duvarları samanla yalıtılmış mahaller yaptırmış ve bu mahallerde sebze ve meyvelerin uzun süre korunmasını sağlamıştır.

Ticaret maksadıyla ilk büyük buz satışını 1806 yılında Frederic TUDOR 130 tonluk buzlu Favorite isimli tekneyle Antil adalarına götürmesiyle başlatmıştır. Bu ilk maceradan ekonomik olarak zarar etmesine rağmen bu durumun depolanmadan kaynaklı olduğunu, aslında buz işinde kazancın iyi olduğunu görmüş ve taşıma esnasında teknesine buzlu uzun süre koruyabilecek takviyeler yaparak senede 150.000.000 tona varan buz ticaret hacmine ulaşmıştır. Başka ülkelere de buzlu ihraç etmiştir. Doğanın sağladığı buzlu soğutma usulünden 1800'li yıllara kadar geniş ölçüde faydalanılmıştır.

Buz ve kar ile yapılan soğutmanın zaman ve yer bakımından kullanışlı olmadığı ve ucuz bir soğutma şekli olmayacağı anlaşıldığından mekanik sistemlerle soğutma üzerinde araştırmalara başlanmıştır.

1755 yılında Dr. William CULLEN eline eter sürdüğü zaman buharlaşan eterin elini serinlettiğinin farkına varmış ve bu olay mekanik soğutmaya bir temel oluşturmuştur. Dr. William CULLEN bu olaydan esinlenerek 1775 yılında vakum prensibine dayanan buz üreten bir cihaz yapmış ama bu cihaz laboratuvar gereci olarak kalmış ve geliştirilememiştir.

1792 yılında Pelas adlı bir Norveçli yönetiminde bir kâşif ekibi Sibirya'nın kuzeyinde bulunan Lena Irmağı yakınlarında kamp kurmuştur. Aşırı soğuktan korunmak için çadırlarına sığınan kâşifler köpeklerine havlamaya başlamasıyla çadırlarından çıkınca köpekleri karları eşelerken görmüşlerdir. Köpeklerin yanına gittiklerinde karın altında bir mamutun bozulmadan kalmış başını görmüşlerdir. Mamutun üstündeki kar ve buzlu temizleyip mamuttan bir parça et kesmişlerdir. Bu eti pişirip yiyen kâşifler etin bozulmadan kaldığını fark etmişlerdir. Bu olay, besinlerin soğuk ortamda uzun süre bozulmadan korunabileceğine bir örnektir. Bu olayı duyan bilim insanları 1792 yılından sonra soğutma üzerinde tekrar araştırmalara başlamışlardır. 1834 yılında, Amerikalı bir mühendis olan Jakop PERKINS adlı bir kişi eter ile çalıştırılan bir soğutma sisteminin patentini almıştır. Sonraki otuz yıl bu prensibe dayanan soğutma makineleri yapılmıştır. Elektriğin olmadığı yerlerde de çalışabilen bir makine üzerinde de çalışılmış ve 1858 yılında, bir Fransız olan Ferdinand CARRE absorpsiyon sistemini keşfetmiştir.

1868 yılında Windhausen adlı bir mühendis karbondioksit ile çalışan ve -80 °C düşük sıcaklık elde eden bir sistem yapmıştır. Bu tarihten itibaren buz endüstrisi gelişme göstermiş ve evlerde besinlerin korunmasına buzlu başlanılmıştır.

1910 yılında J.M. Larsen şirketi tarafından ilk defa mini bir buzdolabı yapılmış ama otomatik olmadığı için ilgi görmemiştir.

1918 yılında Kelvinatör isimli bir şirket otomatığı olan ilk buzdolabını üretmiştir.

1930 yılında R-12 gazının bulunması CFC soğutuculara temel oluşturmuştur.

1935 yılında R-22 soğutucu akışkanı bulunmuş ve buluş HCFC kökenli akışkanların geliştirilmesine yardımcı olmuştur.

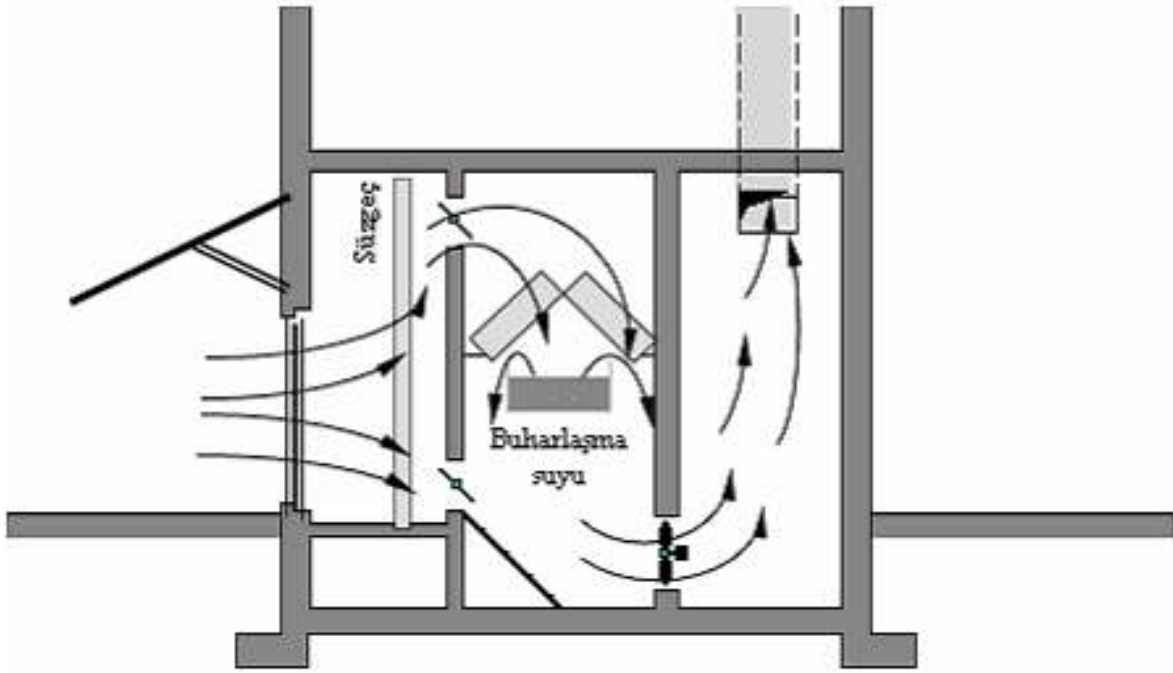
1989 yılında R-134 A ve R-123 soğutucu akışkanları bulunmuş ve bunlar sayesinde ozon tabakasını olumsuz yönde etkilemeyen HFC kökenli soğutucu akışkanlar geliştirilmiştir. 1990'ların başında R-22 ve R-502 soğutucu akışkanların yerine kullanmak amacıyla ikili ve üçlü akışkan karışımları geliştirilmiştir.

Klima cihazının bundan yaklaşık 100 yıl önce, Cornell Üniversitesi'nden yeni mezun olan ve haftada 10 dolar ücretle çalışan bir mühendis olan Willis Haviland Carrier tarafından icat edildiği yaygın bir kabuldür. 1911 senesinde havanın özellikleri ile ilgili bazı formüllerin tanıtımını yapan Carrier iklimlendirmenin gerçek babası olarak kabul edilir. Bu hipotezler ve formüller ilk psikrometrik grafiğe kaynak teşkil etti ve iklimlendirme hususundaki hesaplamalar için bir bilgi kaynağı oluşturdu.

Willis H. Carrier 1922 yılında ilk santrifüj soğutma cihazını geliştirdi ve ikinci dünya savaşı esnasında Ulusal Havacılık Danışma Komitesi için havayı rüzgâr tüneli içinde -55 °C ye kadar soğutabilecek bir sistemin oluşturulmasını içeren bir çalışmayı yönetti.

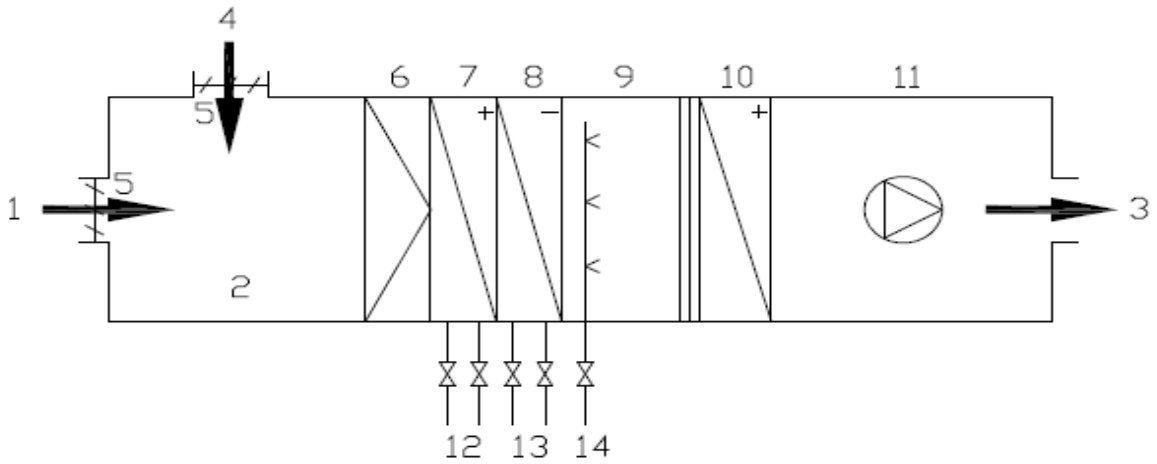
Konfor amaçlı iklimlendirme geniş ölçüde ilk olarak 1920'lerin başında sinema salonlarında kullanmaya başlandı, 1920'li yılların sonunda odaları iklimlendirmeyi amaçlayan ünitelerin tanıtımı yapıldı, ikinci dünya savaşı bittikten sonra pencere tipi iklimlendirme sistemleri kullanım için hazır hale geldi, 1960'ların ilk yıllarında ise paket tip iklimlendirme sistemleri gelişme göstermiştir [11].

1890'larda kapalı alana verilen havanın nem miktarını çoğaltmak için hava kanallarına sıcak su kaplar yerleştirilmiş (Şekil 2.1), ileriki zamanlarda ise sıcak suyun havanın içine püskürtülmesiyle nem miktarının artması sağlanmıştır [10].



Şekil 2.1. 1905'te yapılmış bir iklimlendirme santrali [12]

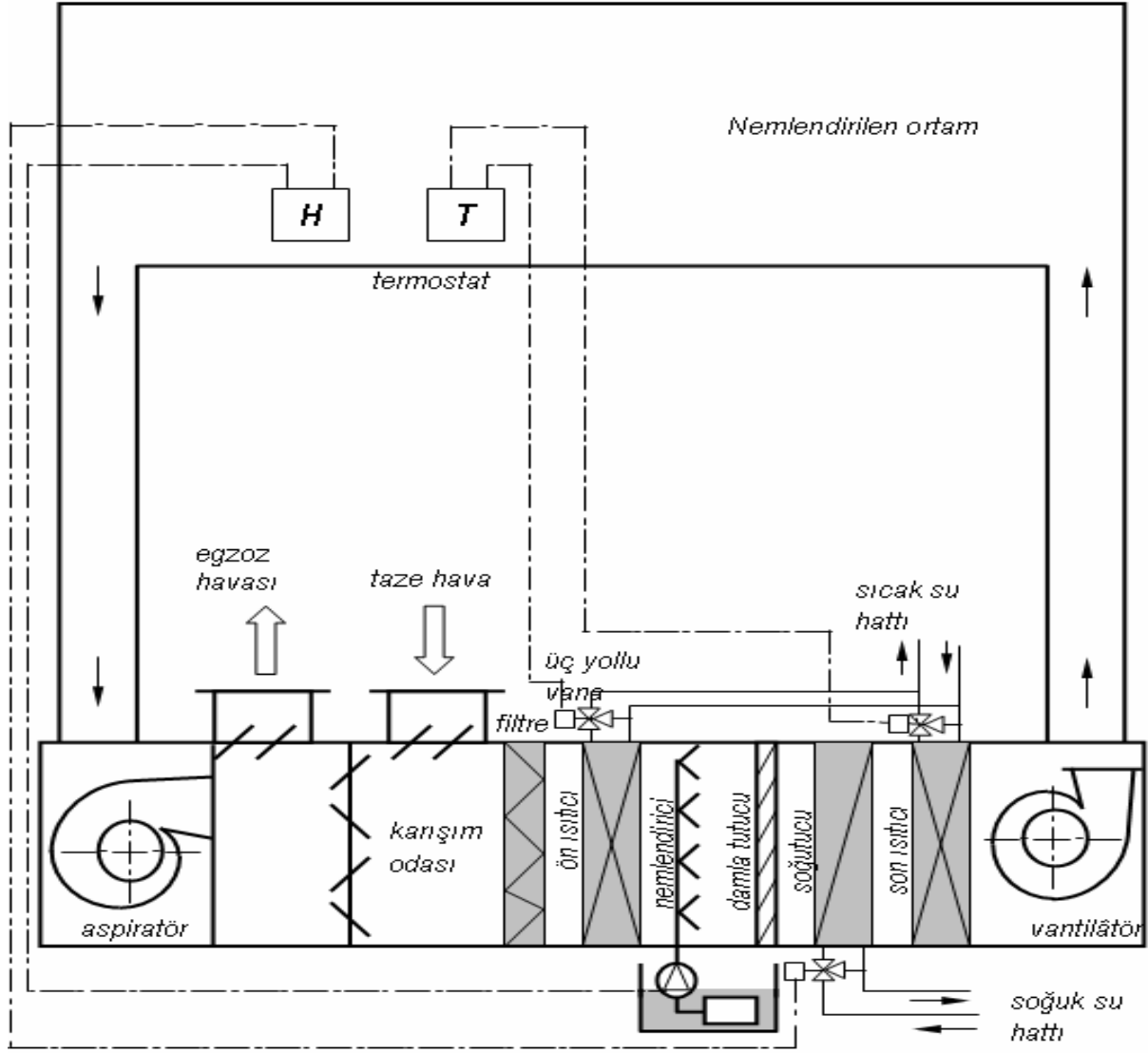
1930'lu yıllardan itibaren klima sistemleri küçülerek Şekil 2.2'de de görüldüğü gibi sandık şeklini almış ve bu sandıklar bölümlere ayrılarak; ısıtıcı, soğutucu, nemlendirici filtreler ve fanlar koyularak tam gelişmiş klima santralleri oluşmuştur [10].



Şekil 2.2. Günümüz klima santrallerinin mono blok şeması [13]

- | | |
|-------------------|-----------------------------------|
| 1. Dış hava | 8. Hava soğutucu |
| 2. Karışım kutusu | 9. Nemlendirici |
| 3. Besleme havası | 10. Yeniden ısıtıcı |
| 4. Dönüş havası | 11. Vantilatör |
| 5. Hava damperi | 12. Soğutucu akışkan giriş çıkışı |
| 6. Filtre | 13. Isıtıcı akışkan giriş çıkışı |
| 7. Ön ısıtıcı | 14. Nemlendirici besleme hattı |

İklimlendirme santralleri günümüzde; fabrikalar, işyerleri, evler, depolar, hastaneler gibi ortamlar için değişik şartlara ve isteklere göre tasarlanmaktadır. Amacı ısıtma, soğutma, nemlendirme yapmak olan iklimlendirme sistemleri otomatik kontrol sistemleriyle de birleşerek insanlara daha konforlu ve daha yaşanılabilir bir hayat sunmaktadır. Şekil 2.3’de gösterilen şema komple bir iklimlendirme sisteminin elemanlarını göstermektedir.



Şekil 2.3. Komple bir iklimlendirme sistemine ait şema [14]

3. İKLİMLENDİRME SİSTEMİ TÜRLERİ VE İKLİMLENDİRME CİHAZLARI

İnsanlar yaşadıkları veya çalıştıkları ortamın koşullarının rahatsız edici olmamasını isterler. Ayrıca bazı malzemeler üretilirken, üretimin daha verimli ve kaliteli olması için ortam şartlarının belirli özelliklere sahip olması gerekir. Bu ortam özelliklerini sağlayan sistemlere klima ya da iklimlendirme sistemleri denilmektedir. Bir iklimlendirme sisteminde aşağıdaki özellikler kontrol altında bulundurulmalıdır [15].

- Nem
- Sıcaklık
- Basınç
- Gürültü
- Havanın hızı

3.1. İklimlendirme Sistemlerinin Uygulandıkları Yerler

3.1.1. İklimlendirme Sistemlerinin Endüstrideki Uygulandığı Yerler

- Tekstil sektörü
- Şeker sektörü
- Tütün sektörü
- Gıda sektörü
- İlaç sektörü
- Maden sektörü
- Kimya sektörü

3.1.2. Konfor Amaçlı İklimlendirme Sistemlerinin Uygulandığı Yerler

- Hastaneler
- Evler
- Bankalar
- Sinema ve tiyatrolar
- Mağazalar
- Terminaller
- Kara, hava ve deniz taşıtları
- Oteller

Gerekli ısı yükünü karşılayıp arzu edilen konfor ortamını sağlayan sistemler aşağıdaki gibidir:

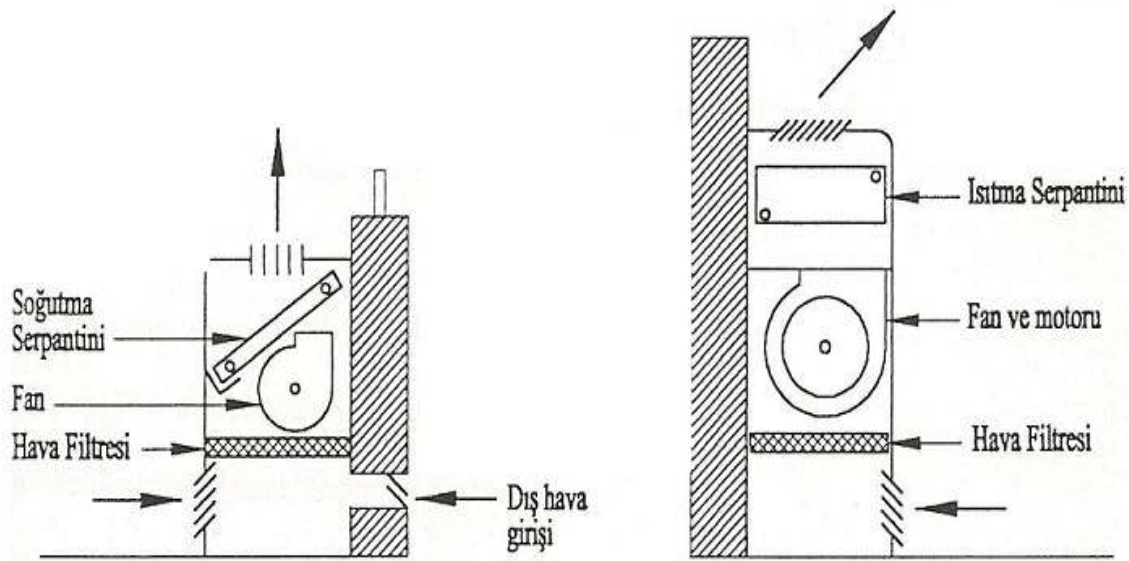
- Fan-coil sistemleri
- Split sistemler
- Kanallı havalandırma sistemleri

Sadece ısıtma amaçlı olan sistemler ise;

- Sıcak su ile ısıtma sağlayan kalorifer sistemleri (yerden ısıtma yapan sistemler, radyatörle ısıtma yapan sistemler)'dir

3.2. Fan-coil Tipi Sistemler

Bir ısıtma ve soğutma sistemi olan fan-coil cihazına üfleli konvektör ya da salon tipi sıcak hava cihazı da denir. Şekil 3.1'de görüldüğü üzere bu cihazın üstte kanatlı borulardan serpantini, altta ise hava hareketini sağlayan radyal fanı ve filtresi bulunur [15].

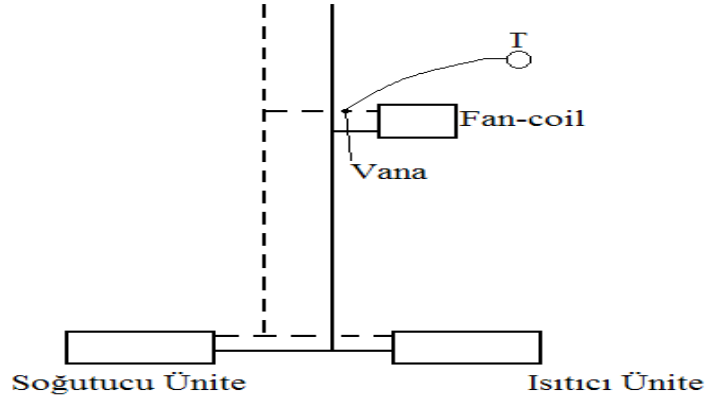


Şekil 3.1. Çeşitli fan-coil üniteleri [15]

Fan-coili oluşturan kısımlar fan-coil cihazı, primer hava sistemi ve kanalları, hava filtresi, egzoz sistemi ve kanalları, üfleme ve emme menfezleri, otomasyon sistemi, soğutma ve ısıtma suyunun dağıtımını yapan sistemden oluşur. 2 borulu ve 4 borulu olmak üzere iki çeşit fan-coil sistemi vardır [15].

3.2.1. İki Borulu Fan-coil Sistemi

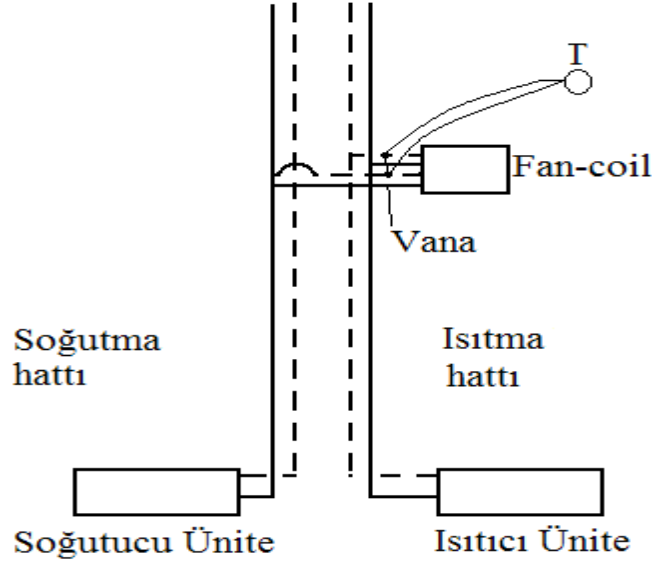
Mevsimlik olarak ısıtma ya da soğutma yapabilen bu sistemler ile her mahal aynı anda ısıtılabilmekte ya da soğutulabilmektedir. Mahaller arasında olan ısıtma ya da soğutma dereceleri farklılığını, otomatik kontrol sistemlerinin kontrol altında bulundurduğu 3 yollu motorlu valfler sağlar [15]. Şekil 3.2’ de gösterilen şema iki borulu fan-coil sisteminin elemanlarını göstermektedir.



Şekil 3.2. İki borulu fan-coil sistemine ait şema [3]

3.2.2. Dört Borulu Fan-coil Sistemi

Dört borulu fan-coil sisteminde soğutma gidiş-dönüş ve ısıtma gidiş dönüş boruları olmak üzere 4 adet boru bulunur. Yoğuşan suyu almak için ise bunlara ek olarak drenaj borusu sisteme ilave edilir. Isıtıcı ve soğutucu olmak üzere iki adet serpantin bulunur. Aynı anda farklı mahallerde arzulanan konfor şartlarının elde edilebilmesi bu sistemin en önemli özelliğidir [15]. Şekil 3.3’ de gösterilen şema dört borulu fan-coil sisteminin elemanlarını göstermektedir.



Şekil 3.3. Dört borulu fan-coil sistemine ait şema [3]

3.3. Split Tip Sistemler

Bu sistemlerin en önemli özelliği konfor şartları istenen mahalde istenilen sıcaklıkta ve fan hızında ısıtma ya da soğutma yapabilmeleridir. Cihazın üzerindeki düğmeye basarak ya da cihazın kumandasıyla gerekli düğmeye basarak ısıtma ya da soğutma yapılır. Bu sistemlerin teknolojisinin gelişmesiyle birlikte son zamanlarda split sistemler mahallin nemini alma ve filtreizasyon işlemlerini de yapabilmektedir [15].

3.3.1. Split Sistemi Oluşturan Elemanlar

İki tane ısı değişiricisi (kondenser ve evaporatör), bakır boru bağlantıları, kompresör, genişleme valfi yahut kılcal borular, kontrol elemanları ve fanlar split sistemi oluşturan elemanlardır. Kompresör split sistemin dış ünitesinde bulunur. Bu sistemin iç ünitesi yere, duvara, pencereye veya tavana yerleştirilebilir. Kanal tipli iç üniteler de vardır. Şekil 3.4'deki görülen duvar tip olanı en yaygın kullanılan iç ünite çeşididir. Bu sistemde bir adet iç ünite ve Şekil 3.5'deki gibi bir adet de dış ünite bulunur. Bir dış ünite birden çok iç üniteye bağlanabilir; bunlar multi sistemlerdir. İç ünite ve dış ünite arasında akışkanın dolaştığı bakır borular ve elektrik bağlantısı bulunur. Bu sistemde akışkan olarak freon gazı kullanılır. Son zamanlarda çevreye zarar vermemesi nedeniyle üreticiler R410 gazını tercih etmektedir. İç üniteye evaporatör ve dış üniteye kondenser olmak üzere iki adet ısı değişiricisi soğutma çevrimini yapar. Soğutma çevriminde ısı iç ortamdan dışarıya doğru ittirilir. Akışın ters çevrildiği ısıtma

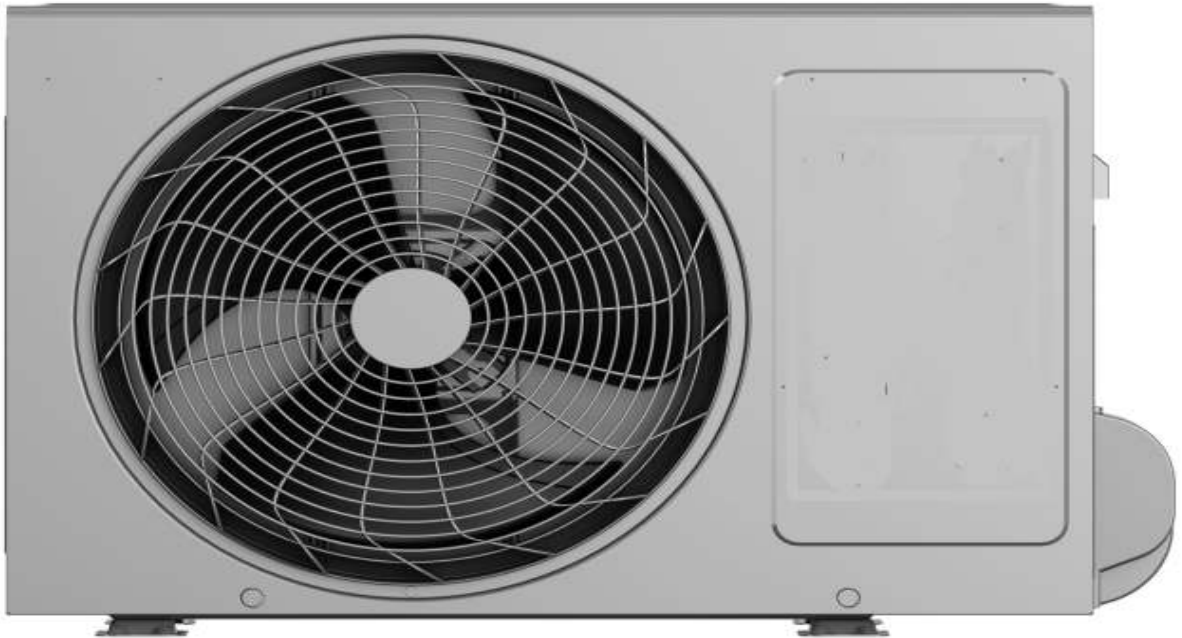
çevriminde ise sistemin iç ünitesi kondenser, dış ünitesi ise evaporatör görevi görür. Bu işlemin sonucunda ise ısı dış ortamdan içeriye doğru alınmış olur [15].

Duvar tip ünitelerin üzerinde bulunan kanatlar ile hava akışı istenilen şekilde yönlendirilebilir. Üfleme fanının hızını ise kademeli olarak değiştirmek mümkündür. Bu cihazlarda filtre bulunması nedeniyle ortam havasının filtrelenmesi işlemi gerçekleştirilir [15].

Sistemin dış ünitesinde bulunan kondenserin serpantin yüzeyi ne kadar büyük olursa cihazın verimi o kadar fazla olur [15].



Şekil 3.4. Split sisteme ait iç ünite [16]



Şekil 3.5. Split sisteme ait dış ünite [17]

3.3.2. İnverter Kontrollü Split Sistemler

Split sistemin inverter özelliğine sahip olması enerji tasarrufu açısından oldukça önemlidir. İnverter özelliği olmayan sistemlerde mahal istenilen sıcaklığa ulaşıncaya sistem kapanır. Fakat inverter özellikli sistemlerde DC motor ve DC kompresör sayesinde istenilen sıcaklığa ulaşmak için yüksek performansla çalışır, istenilen sıcaklığa ulaşıncaya da motorun devrini düşürür ama kapanmaz [15].

Örneğin; nominal çalışması 22.000 BTU olan bir split sistem, inverter özelliği sayesinde 4.000-30.000 BTU aralığında çalışabilir. Sistemde durup tekrar çalışma olmadığı için sistemin verimi artmaktadır. Motorların DC özellikli olması sebebiyle elektrik enerjisinde daha az kayıp olur güç tüketimi oldukça azalmış olur [15]. Şekil 3.6' da inverter özelliğe sahip DC motor ve kompresörün uygulanışı gösterilmektedir.



Şekil 3.6. İnverter özellikli DC motor ve kompresör tatbiki [15]

Yeni çıkan yasalara göre klima cihazlarının ne kadar enerji tükettiğinin cihazın üzerinde belirtilmesi mecburi hale gelmiştir. Bu uygulamanın amacı tüketicinin enerji tüketimi konusunda doğru bilgi almasını sağlamak ve tüketicileri çevreye zararı daha az ürünler kullanmaya teşvik etmektir [15].

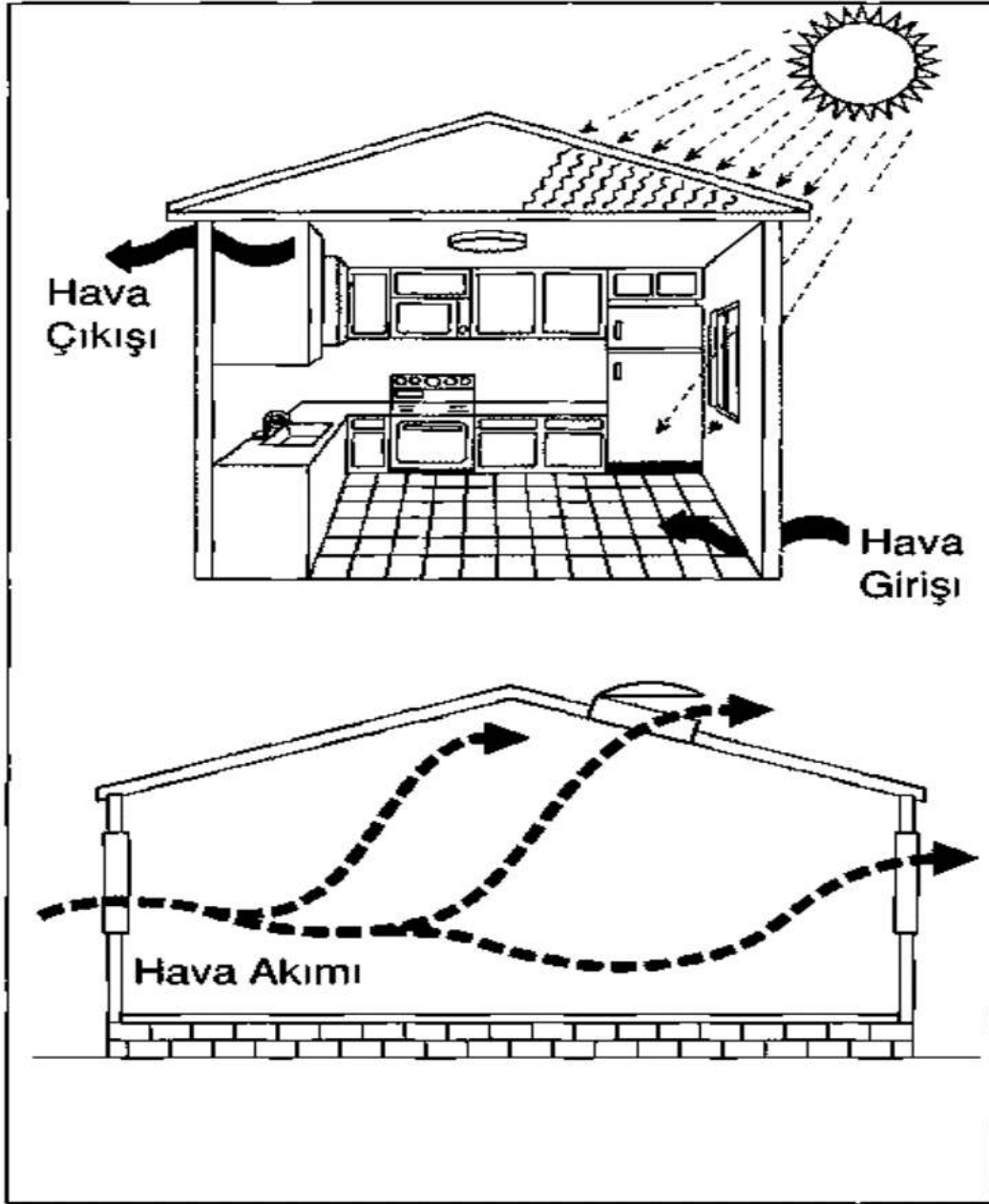
3.4. Havalandırma Sistemleri

Havalandırma, mahallin içerisine dış ortamdan temiz havanın aktarılması olarak tanımlanabilir. Enerjiden kazanç sağlayabilmek için mahal doğal yollarla havalandırılmalı ya da havalandırma için enerji harcanıyorsa içerdeki hava iklimlendirilince yeniden iç ortama gönderilir veya dış ortamdan gelen hava ile karıştırılıp iç ortama tekrar gönderilir. Havalandırma ile iç ortamdaki kirli hava nemlendirilir ve kirlenmiş havanın birazı dış ortama atılırken iç ortama temiz hava transfer edilir [18].

Havalandırma doğal yollarla ya da zorlanarak yapılır. Doğal havalandırma herhangi bir mekanik sistem olmadan mahallin açık pencerelerinden, kapılarından veya mahalle kasıtlı olarak açılmış kısımlardan gerçekleşir. Zorlanmış havalandırma ise fanlar ve üfleyiciler yardımıyla dış ortam havasının iç ortama alınması veya iç ortam havasının dışarıya atılması için tasarlanmış mekanik sistemlerle gerçekleşir [18].

3.4.1. Doğal Havalandırma Sistemi

Doğal havalandırma kasıtlı olarak mahalle açılan kısımlardan rüzgâr ya da iç ve dış ortam arasındaki basınç farkı gibi nedenlerle gerçekleşir. Bu kısımlardan alınan hava dolayısıyla iç ortam istenilen sıcaklıkta tutulur ve iç ortamdaki kirli hava atılabilir. Öte yandan havanın değişmesi iç ortamın nem miktarını artırır. İç ve dış ortam arasındaki basınç farkı, rüzgâr hızı, ortamlar arası sıcaklık farkı, mahaldeki açık kısımların büyüklükleri havalandırmanın kapasitesini tayin eder. Bu havalandırma türü genellikle iç ortamı iklimlendirmek için mekanik bir sistem olmaması durumunda içeriği soğutma amaçlı kullanılır [18]. Şekil 3.7' de doğal havalandırmada hava akımının nasıl gerçekleştiği gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Doğal havalandırmada hava akımı [18]

3.4.2. Mekanik Havalandırma Sistemi

Mekanik havalandırma sistemlerinde istenen soğutma veya ısıtma şartları ortama taze hava verilmesi ve başka bir yerden ortamdaki havanın dışarı atılması sayesinde sağlanır [15].

Ortama verilen havadaki konfor şartları santral diye adlandırılan bir cihazda sağlanır. Santral fan, ısıtma serpantini, soğutma serpantini, karışım hücresi, filtre, ayar damperi, sıcaklık ölçüm cihazı, basınç ölçüm cihazı kısımlarından oluşur [15].

Santralde istenen şartlar sağlanınca kanallar aracılığıyla taze hava ortama taşınır. Ortamdan atılmak istenen havanın bir kısmı kanallar aracılığıyla giren taze hava ile karıştırılmak üzere santrale bir kısmı ise atmosfere gönderilir [15].

Havalandırma sisteminin türleri şunlardır:

- Tek zonlu sistem
- Sekonder ısıtmalı sistem
- Hava karışımli sistem
- Hava karışımli-çift kanallı sistem
- İndüksiyonlu sistem
- Değişken hava hacimli sistem

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Deney Sisteminde Kullanılan Malzemeler ve Cihazlar

4.1.1. Mdf Malzemesi

Mdf, ahşap liflerin belirli bir ısı işlem ve sıkıştırılmasıyla oluşturulan bir tür mobilya malzemesidir. Deneyde kapalı ortam oluşturulmasında kullanılmıştır.

4.1.2. Aspiratör

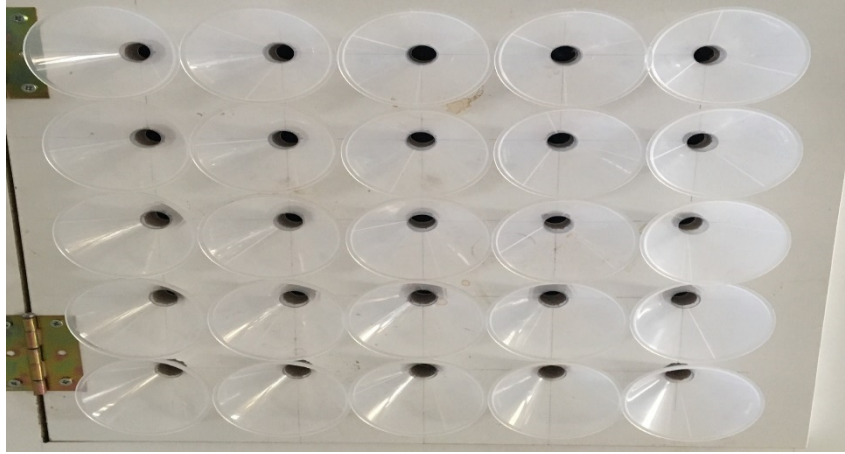
Havayı bir ortamdan diğer bir ortama aktarmak için kullanılır. Deneyde kapalı ortamdaki havayı dış ortama atmak için kullanılmıştır. Deneyde 12 volt, 0.33 amper değerinde ve 107 mm. kanatçık çaplı aspiratör kullanılmıştır. Şekil 4.1 deneyde kullanılan aspiratörün fotoğrafıdır.



Şekil 4.1. Aspiratör

4.1.3. Akış Lülesi

Giriş ve çıkış çapları farklı olduğundan akışkan basıncını değiştirmeye yarayan alettir. Deneyde geniş ağzı 65 mm., dar ağzı 12 mm. ve uzunluğu 68 mm. olan akış lüleleri kullanılmıştır. Bu akış lülelerinden bina modelinin penceresine 25 adet yerleştirildiği Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2. Akış lüleleri

4.1.4. Akü

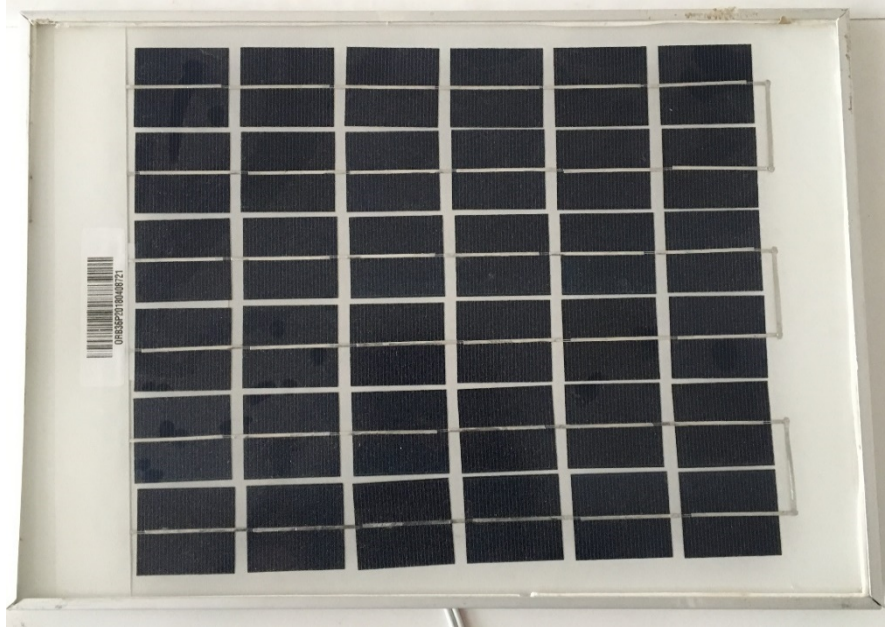
Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, ihtiyaç halinde bunu elektrik enerjisi olarak veren cihazdır. Şekil 4.3’de görüldüğü üzere deneyde 12 volt, 7 amperlik akü kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Akü

4.1.5. Güneş Paneli

Silikon hücreleri sayesinde üzerine düşen güneş ışınlarını direkt olarak elektrik enerjisine çeviren bir alettir. Şekil 4.5’de görüldüğü üzere deneyde 17 voltluk panel kullanılmıştır. Şekil 4.4 deneyde kullanılan güneş panelinin görüntüsüdür.



Şekil 4.4. Güneş paneli

CE	
ORBUS one sun, one world	
MODEL NO: ORB-10P	
Serial No.	ORB36P20180408721
Maximum Power	10Wp+3%
Open Circuit Voltage (Voc)	21.50 V
Short Circuit Current (Isc)	0.64 A
Voltage at Maximum Power (Vmp.)	17 V
Current at Maximum Power (Imp)	0.59 V
Maximum System Voltage	1000 V
Nominal Cell Operating Temperature	45 +/- 2deg C
Module Size	280 x 345 x 17
Power Measured in Standard Conditions (STC): Irradiation 1000W/m2, AM 1.5, Cell Temperature 25deg C	
URETICI/İTHALATCI: TEKSAN İÇ VE DİŞ TİC LTD ŞTİ 2824 SOK NO:61.SANAYİ SİTESİ, İZMİR, TURKEY	
☐ Warning Electric Hazard II This unit Produces Electricity, Do not disconnect under load	

Şekil 4.5. Deney sisteminde kullanılan güneş paneline ait değerler

4.1.6. Termometre

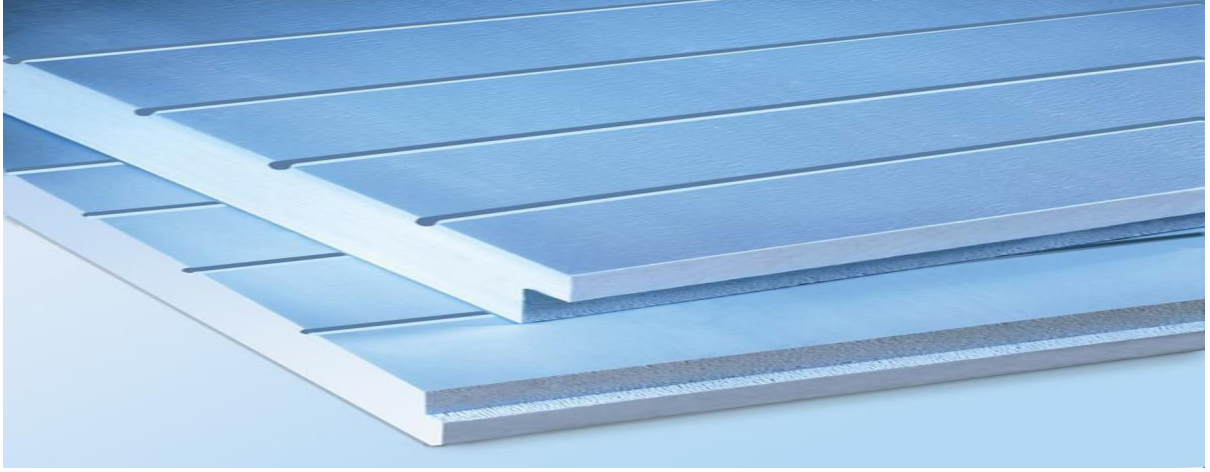
Sıcaklık ölçmeye yarayan alettir. Deneyde Şekil 4.6' da görülen -20/+50 °C aralığında ölçüm yapabilen, 1 metre uzunluğunda kablolu, kablosunun ucunda ölçme probu bulunan, iç ve dış ortam sıcaklığı ölçümü yapabilen, virgülden sonra tek hanelik ölçüm yapabilen dijital termometreler kullanılmıştır. Ayrıca termometrelerin hassasiyeti +/- 0.1 °C dir.



Şekil 4.6. Termometre

4.1.7. Yalıtım malzemesi

Yalıtım malzemeleri yapı elemanlarını, her türlü istenmeyen etkilerden korumak maksadıyla kullanılan malzemelerdir. Deney düzeneğinde özellikle dış cephe kaplamalarında ve izolasyonlarında kullanılan Şekil 4.7' de görülen XPS türü yalıtım malzemesi kullanılmıştır.



Şekil 4.7. XPS yalıtım malzemesi

4.2. Deney Düzenekinin Hazır Hale Getirilmesi ve Verilerin Toplanması

Tabanı 1x1 m. ve yüksekliği 0.7 m. olan mdf malzemeden kapalı bir alan oluşturulmuştur. Bu alana 0.3 m. yüksekliğinde yine mdf malzemeden olmak üzere bir çatı yerleştirilmiştir. Alt kısımdaki kapalı alanın karşılıklı iki kenarında açılıp kapanabilen pencereler oluşturulmuştur. Şekil 4.8’ de görüldüğü üzere bu pencerelerden birine bir adet aspiratör yerleştirilip diğerinin yüzeyi ise 25 adet plastik akış lülesiyle kaplanmıştır. Bu akış lülelerinin geniş ağzı kapalı alanın dış tarafına, dar ağzı ise iç tarafına bakmaktadır. Akış lülelerinden içeri giren havanın hızı artmakta, basınç ve sıcaklığı düşmektedir. Bunun kapalı alanda da sıcaklığı düşüreceği düşünülmüş ve sistem tasarlanmıştır. Diğer penceredeki aspiratör, gücünü bağlı bulunduğu bir aküden almaktadır. Akü ise enerjisini çatıda bulunan bir güneş enerjisi panelinden almaktadır. Akış lülelerinden giren havanın soğumasına ek olarak aspiratörün de devreye girmesiyle içerdeki hava sirkülasyonunun hızlanması ve soğumanın daha da güçlenmesi hedeflenmiştir. Kapalı alanın dış yüzeyine yerleştirilmiş 5 adet termometrenin kabloları içeriye uzatılmış ve bu kabloların uçlarında bulunan probalar tabandan tavana kadar uzatılan bir çubuğa Şekil 4.9’da görüldüğü üzere eşit mesafelerde tutturulmuştur. Böylece içerdeki havanın sıcaklığı aynı kesit üzerinde ölçülmektedir. Dış ortam sıcaklığı ise ayrı bir termometre ile sistemin dış tarafında gölgede ölçülmektedir.



a)



b)

Şekil 4.8. Deney düzeneğinin dıştan görünüşü (a; düzeneğin akış lüleli tarafı, b; düzeneğin aspiratörlü tarafı)



Şekil 4.9. Deney düzeneğinin iç kısmının görünüşü

Deney düzeneği hazır hale getirildikten sonra sekiz farklı durum için sonuçlar elde edilmiştir:

1. Deney: Deney düzeneğinin yalıtımsız olduğu durum için akış lülelerinin ve aspiratörün olduğu pencereler mdf malzeme ile kapatılmıştır. Böylece dış ortamla iç ortamın hava irtibatı tamamen kesilmiştir. Bu vaziyette düzenek en az yirmi dört saat bekletilip düzeneğin termodinamik dengeye ulaşması beklenmiştir. Düzenek her deneyde akış lüleli taraf kuzeye, aspiratörün olduğu taraf güneye gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Düzenek termodinamik dengeye ulaşınca 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00, 00:00, 04:00 saatlerinde iç ve dış ortam sıcaklıkları ölçülmüştür. Aralarındaki fark kıyaslanmıştır.

2. Deney: Akış lüleli pencere lülelerden faydalanmadan tamamen açılmıştır. Bu durum tıpkı bir evin bir penceresinin açık olduğu durum gibidir. Böylece doğal havalandırma gözlemlenmeye çalışılmıştır. Düzenek bu halde termodinamik dengeye ulaştıktan sonra aynı saatler için iç ve dış ortam sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Aralarındaki fark kıyaslanmıştır.

3. Deney: Aspiratör tarafı tamamen kapalı iken akış lüleli pencere kapatılmış ve akış lülelerinden içeriye hava girişi sağlanmıştır. Böylece akış lülelerinin etkisi gözlenmiştir. Sistem termodinamik dengeye ulaşınca aynı saatlerde sonuç alınmıştır.

4. Deney: Akış l  lelerinden içeriye hava girişi sağlanırken aynı zamanda aspirat  r devreye alınmış ve aspirat  rden dışarı hava  ıkı ı sağlanmıştır. Bu halde termodinamik dengeye ulaşınca bilinen saatlerde sonuçlar alınmıştır.

Be , altı, yedi ve sekizinci deneylerde deney düzeneği  ekil 4.10’da görüldüğü gibi yalıtımla kaplanmış ve sırasıyla ilk dört deneydeki işlemlerin aynıları yapılmıştır. Böylece bu sonuçlara yalıtımın etkisi gözlenmeye çalışılmıştır. Deneysel sonuçlar tüm termometreler aynı şartlarda kalibre edildikten sonra alınmıştır.



a)



b)

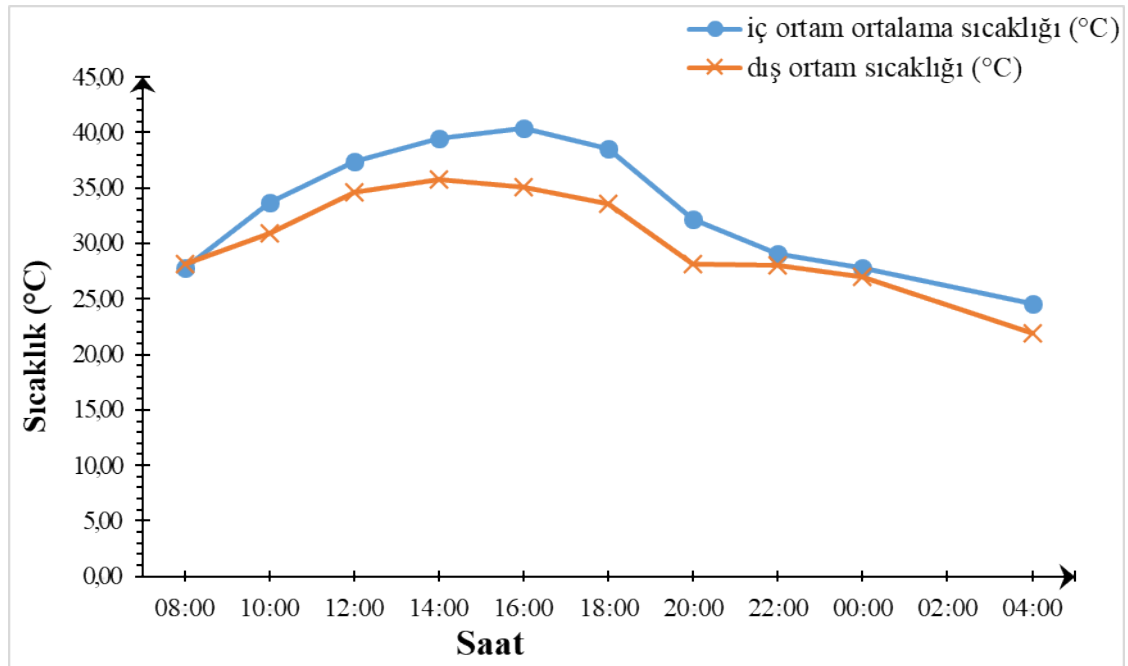
Şekil 4.10. Deney düzeneğinin yalıtımlı hali (a; düzeneğin aspiratörlü tarafı, b; düzeneğin akış lüleli tarafı)

5. DENEYSEL SONUÇLAR

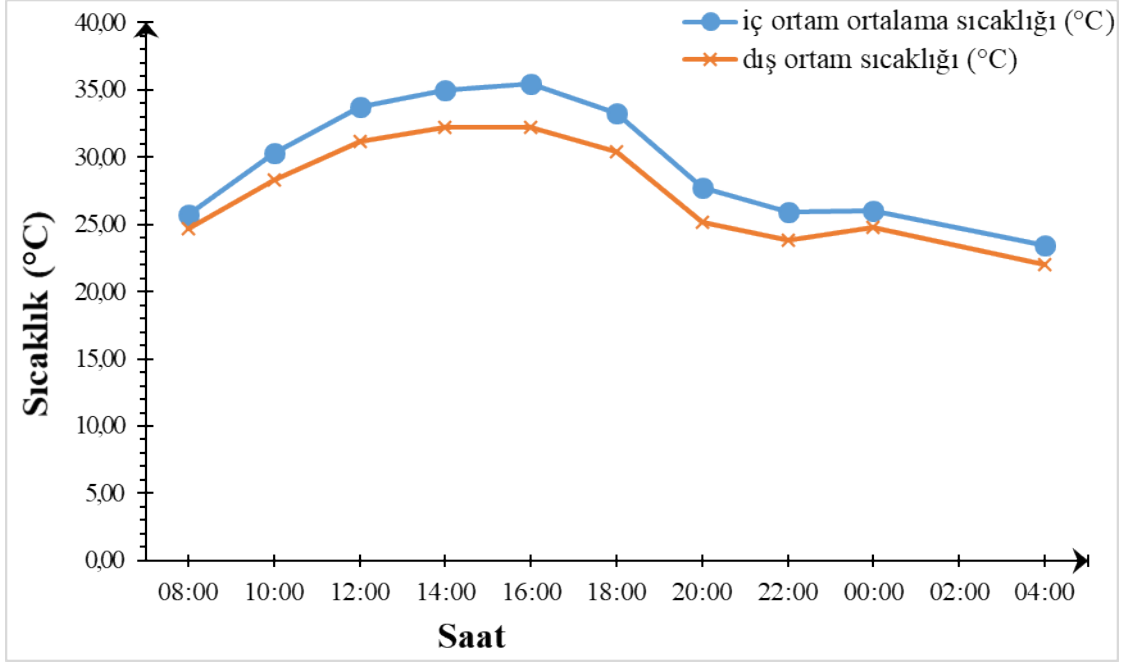
Tablo 5.1’ de pencere ve aspiratörün kapalı olduğu birinci deney sonuçlarına ait veriler yer almaktadır. Diğer sayısal sonuçlar ise tablolar halinde düzenlenmiş ve eklerde verilmiştir. Deney sonuçlarının grafik gösterimi ise aşağıdaki şekillerde görülebilir.

Tablo 5.1. Birinci deneye ait veriler

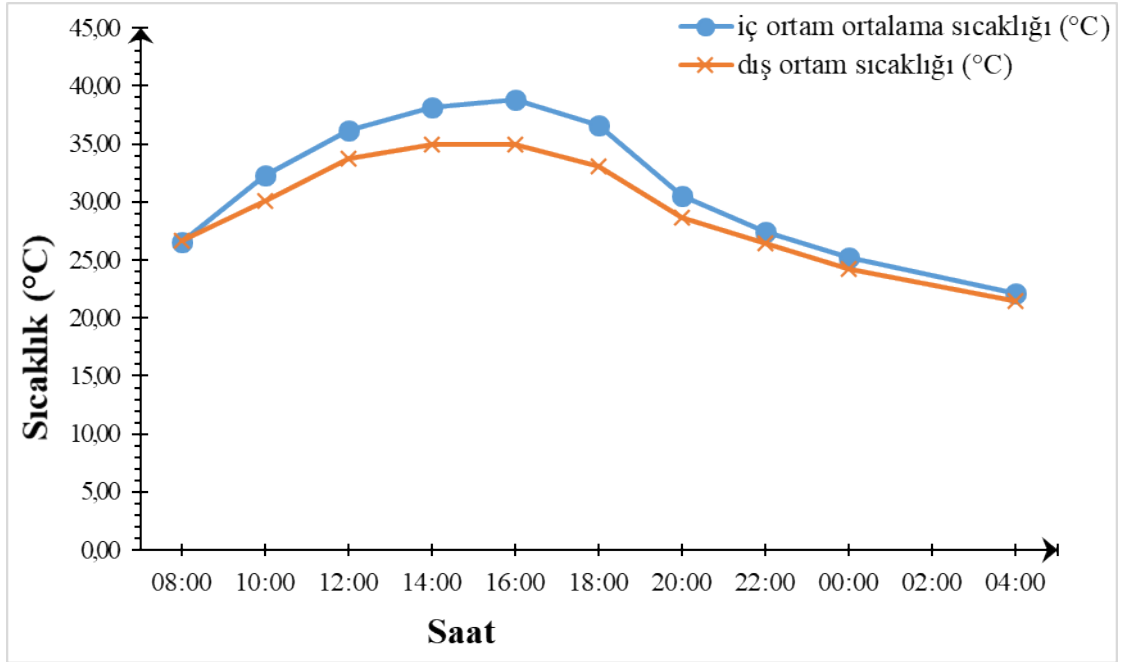
Saat	$T_{iç}$	$T_{dış}$	$\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$
08:00	27.8	28.1	-0.3
10:00	33.7	30.9	2.8
12:00	37.3	34.6	2.7
14:00	39.5	35.8	3.7
16:00	40.4	35.1	5.3
18:00	38.6	33.6	5.0
20:00	32.2	28.1	4.1
22:00	29.1	28.0	1.1
00:00	27.8	27.0	0.8
04:00	24.6	21.9	2.7
Ortalama	33.1	30.3	2.8



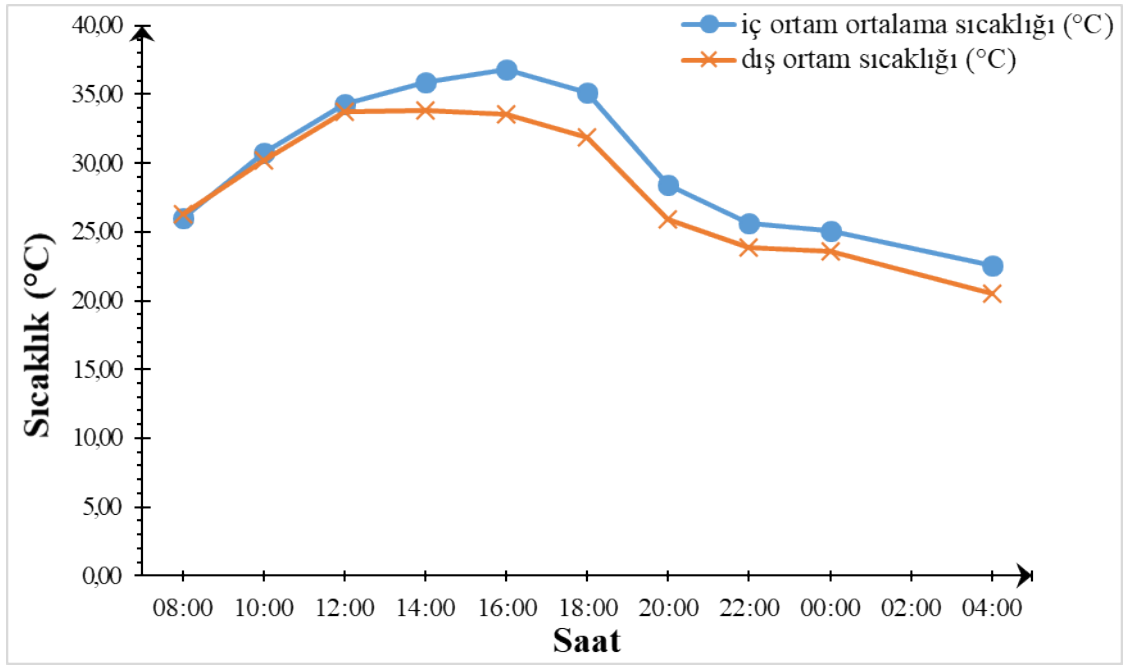
Şekil 5.1. Birinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi



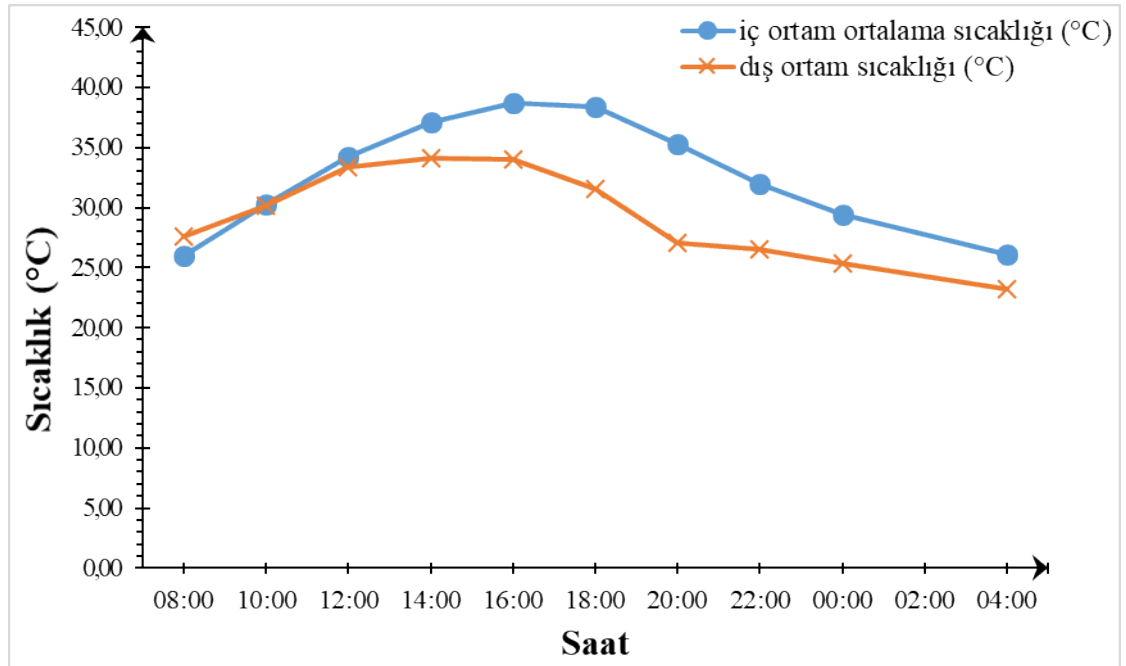
Şekil 5.2. İkinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi



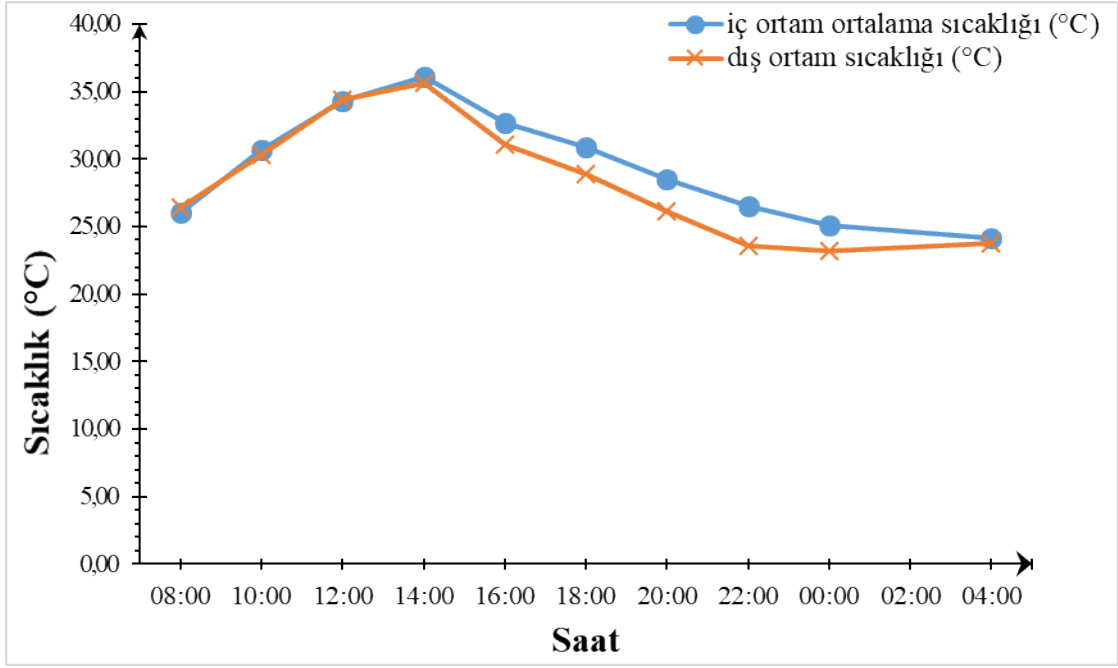
Şekil 5.3. Üçüncü deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi



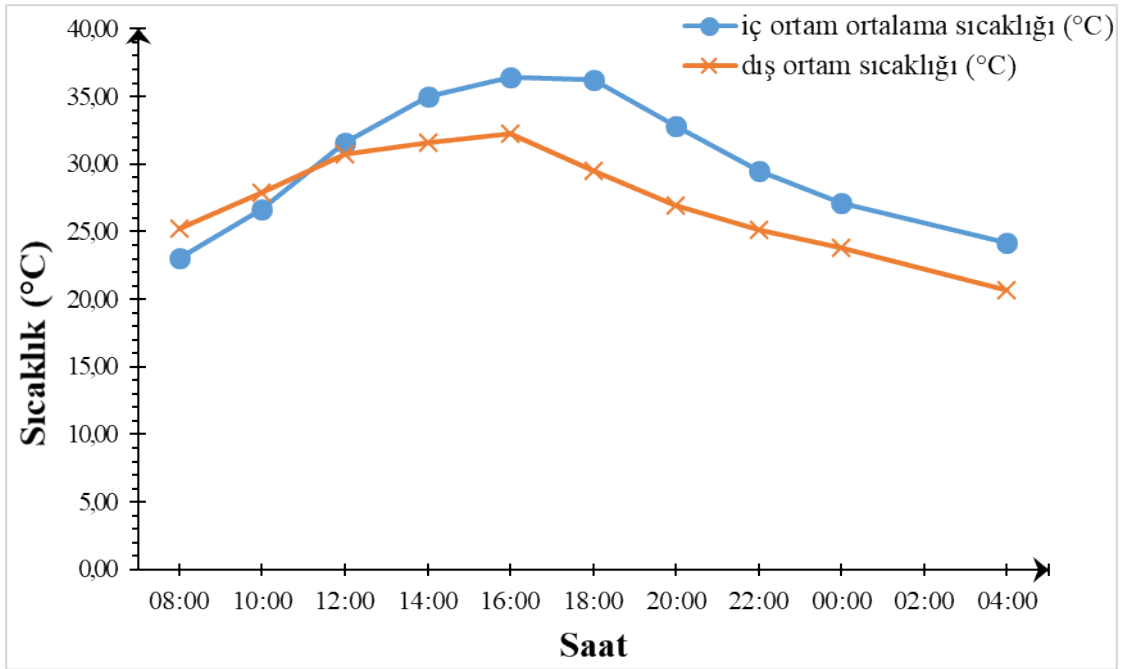
Şekil 5.4. Dördüncü deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi



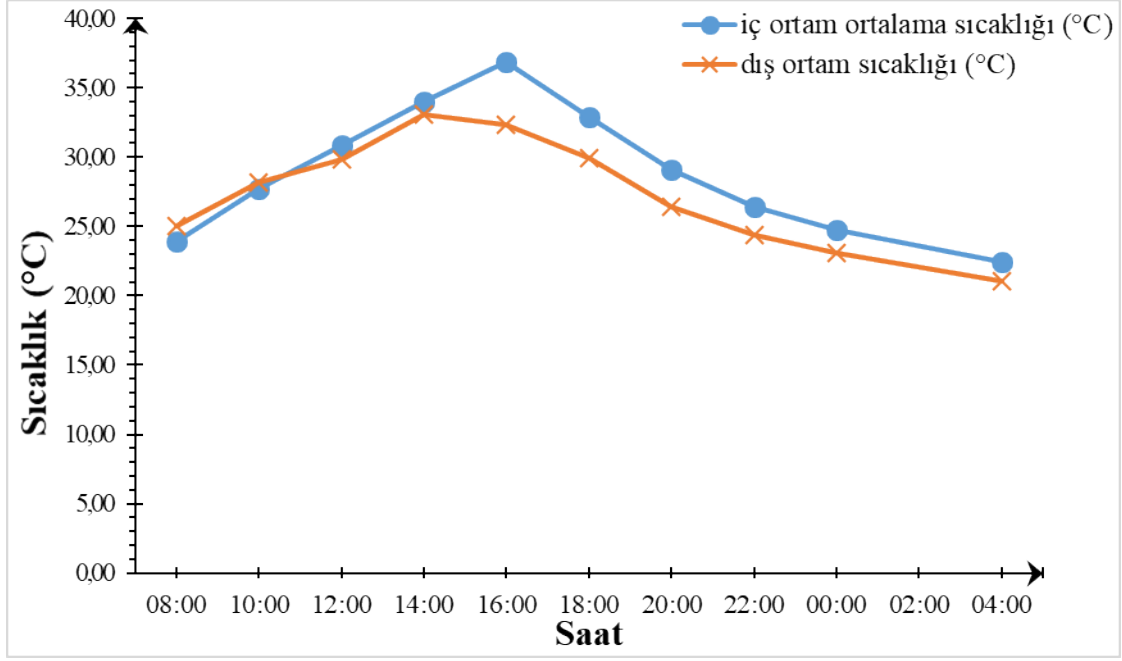
Şekil 5.5. Beşinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi



Şekil 5.6. Altıncı deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi



Şekil 5.7. Yedinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi



Şekil 5.8. Sekizinci deneye ait iç ve dış ortam sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimi

Bütün deneylere ait grafikler incelendiğinde genel olarak iç ortam sıcaklığının dış ortama göre yüksek olmasının nedeni bina modeli üzerinde ısıma ve rüzgâr etkisinin fazla olmasıdır.

İlk dört şekil bina modelinin yalıtımsız olması durumunda, pencere ve aspiratörün konumuna bağlı olarak bina iç ve dış sıcaklıklarının günün saatlerine göre değişimini göstermektedir.

Günün en yüksek sıcaklıkları hem iç hem de dış ortam için 14.00 ile 18.00 saatleri arasında görülmektedir. En düşük sıcaklıklar ise sabah saat 04.00 civarında oluşmaktadır. Günün en yüksek sıcaklık farkları ($T_{iç}-T_{dış}$) yine öğle saatlerinde görülürken, en düşük sıcaklık farkları ise saat 08.00 civarında oluşmaktadır.

Günün en yüksek sıcaklıklarının görüldüğü 14.00-18.00 saatleri arasında grafikler karşılaştırıldığında iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı, pencere ve aspiratörün kapalı olduğu birinci deneyde yaklaşık 4.7 °C bulunmuştur (Şekil 5.1). Sadece pencerenin açık olduğu ikinci deneyde (Şekil 5.2) bu fark 3 °C, akış lülelerinin kullanıldığı üçüncü deneyde (Şekil 5.3) ise fark 3.5 °C olmaktadır. Hem akış lülesi hem de aspiratörün kullanıldığı dördüncü deneyde ise bu fark 2.8 °C a kadar düşmektedir (Şekil 5.4). Bu saatlerde en etkili havalandırmanın akış lülesi- aspiratör ikilisinin kullanıldığı **dördüncü** deney şartlarında olacağı görülmektedir.

Gün boyunca iç ve dış sıcaklıklar arasındaki farkın aritmetik ortalaması alındığında birinci deneyde 2.8 °C, ikinci deneyde 2.2 °C, üçüncü deneyde 2.0 °C ve dördüncü deneyde ise 1.7 °C

değerleri elde edilmiştir. Buna göre en etkin havalandırma **dördüncü** deney şartlarında oluşmaktadır.

İkinci ve üçüncü deneyler birbiriyle kıyaslandığında sadece pencere ile havalandırma yerine akış lüleli havalandırmanın kullanımı, güneş ışıınının en etkili olduğu öğle saatlerinde çok da etkili olmazken günün tüm saatleri dikkate alındığında akış lüleli havalandırmanın pencereye göre daha etkin olduğu görülmektedir.

Yapılan bu analizlere göre havalandırma açısından birinci deney şartlarına kıyasla kötüden iyiye doğru bir sıralama yapacak olursak ikinci, üçüncü ve dördüncü deney şartlarını sayabiliriz.

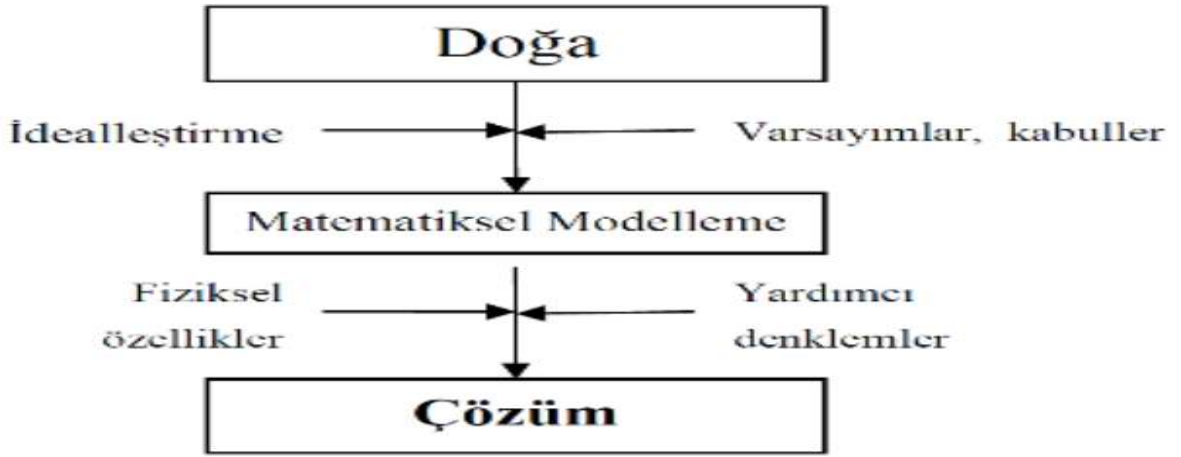
Bina modelinin yalıtımlı olması halinde yapılan 5,6,7 ve sekizinci deneylere ait grafikler incelendiğinde ilk dört deneye benzer bir karakter görülmüştür. Ancak altıncı deneyin yapıldığı günde havanın kapalı olması, sonuçlar üzerinde ciddi bir etki yaratarak karşılaştırmada kullanımını kısıtlamıştır (Şekil 5.6). İleriki günlerde diğer deneyler tamamlanmış ancak altıncı deney tekrar edilemeden kış hava şartları geldiğinden bu deneyin tekrarı mümkün olamamıştır.

Son dört deney kıyaslandığında (altıncı deney hariç) günün tüm saatlerinde en etkin havalandırmanın akış lülesi- aspiratör ikilisinin kullanıldığı sekizinci deney şartlarında oluştuğu görülmektedir (Şekil 5.5, 5.7, 5.8).

Sekizinci deneyde gün boyu sıcaklık farklarının ortalaması 1.5 °C hesaplanmıştır. Bu ise binanın yalıtımsız halindeki aynı deney şartları ile kıyaslandığında daha düşüktür.

6. HATA ANALİZİ

Bilimin ve teknolojinin son yıllarda gelişme sağlamasının sebebi kuşkusuz ki bilim insanlarının doğayı modellemek için yollar araştırmasıdır. Bir çeşit doğayı taklit etme yöntemi anlamına gelen bu olay bilim ve teknolojiye önemli gelişme sağlamıştır. İmkânsız gibi görünen hesaplamalar ve üretimler çeşitli matematiksel modellemelerin yardımıyla mümkün olabilmektedir (Şekil 6.1.) [19]. Bilim ve teknolojiye gelişme sağlamak için sıklıkla kullanılan yöntem deneysel çalışmalardır. Deney sırasında belirli zaman ve aralıklarda ölçüm alınması deneysel çalışmanın temelini oluşturur. Deneysel çalışma esnasında alınan ölçüm sonuçlarının güvenilirliği ise birçok etmene bağlıdır. Çok sayıda faktör deneyde belirsizliğe neden olabilir [20].



Şekil 6.1. Problem çözümüne analitik yaklaşım [21]

Deneysel çalışmalarda alınan sonuçlardaki hatalar şunlardan kaynaklanır:

a) Dikkatsizlik ve tecrübesizlikten kaynaklanan hatalar: Ölçme cihazının doğru seçilmemesinden ya da ölçme sisteminin yanlış dizayn edilmesinden kaynaklanan hatalardır. Bu tip hataların düzeltilmesi tecrübeli bir deneycinin deneyi yapması ile mümkündür. Örneğin gerçek sıcaklıktan daha düşük ölçüm yapan bir termometre tecrübeli bir deneyci sayesinde kolaylıkla tespit edilip değerlendirme dışı bırakılabilir [22].

b) Sabit ve sistematik hatalar: Ölçüm sonucuna aynı yön ve miktarda tesir eden küçük hatalardır. Ölçümler ne kadar tekrar edilirse edilsin bu tür hatalar aynı kalır. Bu tür hatalar genelde yinelenen okumalarda görülür ve sebepleri genellikle bilinmez. Örneğin bir termometrenin üretiminden kaynaklı hata bu tür hatalardandır [22].

c) Rastgele hatalar: Ölçümleri bazen (+) bazen de (-) yönde etkileyen küçük miktardaki hatalardır. Bu hatalar insan kabiliyetinin yetersizliği, cihazların ayarlarının iyi yapılamaması, sıcaklık, rüzgâr gibi dış etkenlerin değişkenlik göstermesinden kaynaklanır. Kaba hatalardaki gibi ölçümlerin tekrar edilmesiyle ya da düzenli hatalardaki gibi ölçüm sonuçlarında düzeltme yapılarak giderilmesi mümkün değildir.

Deneyleri yapan ve sonuçlarını kullanmak isteyen araştırmacılar sonuçların ne kadar geçerli olduğunu bilmek isterler. Ayrıca deney esnasında araştırmacı ne kadar dikkatli olursa olsun yine de sonuçlarda hata görülebilir [22].

Bütün sistematik hatalar giderilse bile rastgele hatalar düzeltilemeyeceğinden ölçüm sonuçları yine de hata içerir. Ayrıca sistematik hataların düzeltilmesi mükemmel derecede olamayacağından ölçülen değerde hata bulunur. Bu nedenlerden dolayı ölçülen değer hiçbir zaman gerçek değeri ifade edemez.

Deney yapıldıktan sonra bu deneye ait sonuçlarda sabit ve sistematik hataların hangi oranda bulunduğunu anlamak için birkaç yöntem vardır. Bunlar akılcı yaklaşım ve belirsizlik analizidir. Belirsizlik analizi yöntemini J.P. Holman, S.J. Kline, F.A. McClintock ortaya atmış ve bu yöntem hakkında açıklayıcı bilgiler vermişlerdir.

Belirsizlik analizi ile hata oranı (6.1) denklemi ile bulunur.

$$W_R = \left[\left(\frac{\partial R}{\partial x_1} W_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_2} W_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_3} W_3 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial R}{\partial x_n} W_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (6.1)$$

- ✓ n adet bağımsız değişkeni olan bir ölçümede
- ✓ R: ölçülecek boyut
- ✓ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$: ölçümü etkileyen değişkenler
- ✓ $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$: bağımsız değişkenle ilgili hata oranı ise
- ✓ Toplam hata oranı W_R dir.

Bu çalışmada deney ortamında dijital termometre ile sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar deney ortamında sıcaklık ölçülmesinden ve termometre ile ilgili hatalardan etkilenmiştir. Akpınar [23] bir makalesinde bazı hata miktarlarının aşağıdaki gibi olduğunu belirtmiştir. Bu verilere göre bu çalışmanın sonuçlarındaki hata oranı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

(a) Thermokupl lardan kaynaklanabilecek hata = $\pm 0.25-0.5$ °C

(b) Dijital termometreden kaynaklanan hata = ± 0.1 °C

(c) Bağlantı elemanları ve noktalarından kaynaklanan hata = ± 0.1 °C

(d) Çevre ya da deney ortamı sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata= ± 0.25 °C

$$W_R = [(a)^2 + (b)^2 + (c)^2 + (d)^2]^{1/2} = [(0.5)^2 + (0.1)^2 + (0.1)^2 + (0.25)^2]^{1/2}$$

$$= \pm 0.577 \text{ °C}$$

7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak binanın yalıtımlı olması, pencerelerinde akış lüleleri ve içerideki sıcak havayı dışarı atmak için emiş yapan bir aspiratör kullanılması halinde çok daha etkin bir havalandırma sağlanmıştır. Öğle saatlerinde bu tip bir havalandırma sıcaklık farkını yaklaşık olarak 2 °C azaltmıştır, günün tüm saatlerinde ise yaklaşık 1.3 °C lik bir rahatlama sağlamıştır. Bu sıcaklık düşüşü, akış lülelerinin daralma oranının artırılması ya da aspiratörün bina içinde sıcaklığın en yüksek olduğu bölgeye yerleştirilmesi gibi önlemlerle daha da iyileştirilebilir.

Yukarıda bahsedilen önerilere ek olarak sonraki çalışmalarda bina konumunun (ya da akış lülelerinin yerleştirilme şeklinin) etkisi ve aspiratör hızının etkisi de araştırılabilir. Havalandırmanın günün belli saatlerinde yapılması incelenebilir. Radyasyonun ve rüzgârın bina sıcaklığına ve havalandırmaya etkisi incelenebilir. Radyasyonun etkisini azaltmak için daha büyük ve gerçeğe yakın bina modeli kullanılabilir. Mdf yerine betonarme bina yapılarak deney tekrarlanabilir.

Bu önerilerin hayata geçirilmesi, deneylerin yazın en sıcak günlerinde yapılması gerekliliği sebebiyle uzun zaman alacaktır. Bu ise muhtemelen birkaç yaz boyunca deneylerin sürdürülmesi demektir.

KAYNAKLAR

1. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018_1.pdf, “09.01.2019 tarihinde erişildi”.
2. EİE-UETM, 2003. Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Ankara: Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi
3. **Karagözyan, A.**, 2002. Çok üniteli klima sistemlerinin kanallı tip split klima cihazları ile karşılaştırılması, maliyet analizlerinin yapılması, optimum şartlarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. **Akkaya, A.**, 1998. Adana’da 1 zemin, 4 normal katlı bir binanın merkezi ısıtma ile kat bazında ısı pompasıyla iklimlendirmenin yatırım ve işletme masrafları yönünden incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. **Gültekin, T.**, 2001. Bina iklimlendirmesinde enerji tasarrufu, verim ve maliyet analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
6. **Ergin, A.G.**, 2000. Merkezi klima sistemlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
7. **Mathews vd.** 2001. HVAC control strategies to enhance comfort and minimise energy usage. Energy and Buildings, 853-863.
8. **Özkoç, N.**, 1981. İklimlendirme, Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Yayınları, Ankara, 42:1.
9. **Zorkun, M.E., Ardic, A.R.**, 1980. Soğutma tekniği ve klima, Milli Eğitim Yayınevi, İstanbul, 196.
10. **Doğan, H.**, 2002. Havalandırma ve iklimlendirme esasları, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 82, 83, 94-97, 159, 163-165
11. Endüstriyel okullar için soğutma ve iklimlendirme, Milli Eğitim Basımevi, Ankara, 2: 466-467-469-471 (1994).
12. **Anık, A.**, 2007. İklimlendirme sistemlerinde ozon kullanımının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
13. Klima sistemleri, Alarko-Carrier Yayınları, Kocaeli, 33 (2001).
14. **Bulgurcu, H.**, 2001. Soğutma ve iklimlendirme meslek resmi, Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara, 277.

15. **Sülük, H.**, 2010. İklimlendirme sistemlerinde enerji tasarrufu ve sistemdeki akışkana katkılı sıvı ilavesinin ısı transferine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
16. <https://www.vestel.com.tr/vestel-plazma-inverter-9-a+++-wifi--klima>, “09.01.2019 tarihinde erişildi”.
17. <https://www.arcelik.com.tr/ev-tipi-klima/09325-ekolojik-klima>, “09.01.2019 tarihinde erişildi”.
18. **Öztürk, H.K., Yılcı, A., Atalay, Ö.**, 2005. Konutlarda Doğal ve Zorlanmış Havalandırma Sistemleri, Tesisat Mühendisliği, 89, 21-26.
19. **Coleman, H.W. ve Steele**, 2009. W.G. Experimentation, Validation, and Uncertainty Analysis for Engineers. 3. Baskı, John Wiley&Sons, Inc., New York, NY.
20. **Sadikhov, E., Kang, R., Uğur, S.**, 1995. Ölçüm Belirsizliği UME 95-104. Ulusal Metroloji Enstitüsü.
21. **Demirpolat, A.B.**, 2018. Etilen glikol bazlı nanoakışkanların üretilmesi, viskozite ve termal özelliklerinin deneysel incelenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ.
22. <http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/BOLUM2.pdf>, “06.11.2019 tarihinde erişildi”.
23. **Akpınar, E. K.**, Deneysel Çalışmalarda Hata Analizine Bir Örnek: Kurutma Deneylerindeki Hata Analizi, Mühendis ve Makina Dergisi, 46(540), 41-48.

EKLER

Ek 1. Yalıtımsız Bina Modeli Deneyleri

Ek 1.1. Birinci deneye ait veriler

Saat	$T_{iç}$	$T_{dış}$	$\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$
08:00	27.8	28.1	-0.3
10:00	33.7	30.9	2.8
12:00	37.3	34.6	2.7
14:00	39.5	35.8	3.7
16:00	40.4	35.1	5.3
18:00	38.6	33.6	5.0
20:00	32.2	28.1	4.1
22:00	29.1	28.0	1.1
00:00	27.8	27.0	0.8
04:00	24.6	21.9	2.7
Ortalama	33.1	30.3	2.8

Ek 1.2. İkinci deneye ait veriler

Saat	$T_{iç}$	$T_{dış}$	$\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$
08:00	25.7	24.7	1.0
10:00	30.3	28.3	2.0
12:00	33.7	31.2	2.5
14:00	35.0	32.2	2.8
16:00	35.5	32.2	3.3
18:00	33.2	30.4	2.8
20:00	27.7	25.2	2.5
22:00	26.0	23.8	2.2
00:00	26.0	24.8	1.2
04:00	23.5	22.0	1.5
Ortalama	29.7	27.5	2.2

Ek 1.3. Üçüncü deneye ait veriler

Saat	$T_{iç}$	$T_{dış}$	$\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$
08:00	26.5	26.7	-0.2
10:00	32.3	30.1	2.2
12:00	36.2	33.7	2.5
14:00	38.1	34.9	3.2
16:00	38.8	34.9	3.9
18:00	36.6	33.1	3.5
20:00	30.6	28.7	1.9
22:00	27.4	26.4	1.0
00:00	25.2	24.2	1.0
04:00	22.1	21.5	0.6
Ortalama	31.4	29.4	2.0

Ek 1.4. Dördüncü deneye ait veriler

Saat	$T_{iç}$	$T_{dış}$	$\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$
08:00	26.1	26.3	-0.2
10:00	30.8	30.2	0.6
12:00	34.3	33.7	0.6
14:00	35.9	33.8	2.1
16:00	36.8	33.6	3.2
18:00	35.1	31.9	3.2
20:00	28.5	25.9	2.6
22:00	25.6	23.9	1.7
00:00	25.0	23.6	1.4
04:00	22.5	20.5	2.0
Ortalama	30.0	28.3	1.7

Ek 2. Yalıtımlı Bina Modeli Deneyleri**Ek 2.1.** Beşinci deneye ait veriler

Saat	$T_{iç}$	$T_{dış}$	$\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$
08:00	26.0	27.6	-1.6
10:00	30.3	30.2	0.1
12:00	34.2	33.4	0.8
14:00	37.1	34.1	3.0
16:00	38.7	34.0	4.7
18:00	38.4	31.5	6.9
20:00	35.3	27.1	8.2
22:00	31.9	26.5	5.4
00:00	29.4	25.4	4.0
04:00	26.1	23.2	2.9
Ortalama	32.7	29.3	3.4

Ek 2.2. Altıncı deneye ait veriler

Saat	$T_{iç}$	$T_{dış}$	$\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$
08:00	26.0	26.4	-0.4
10:00	30.7	30.3	0.4
12:00	34.3	34.4	-0.1
14:00	36.1	35.6	0.5
16:00	32.7	31.1	1.6
18:00	30.9	28.9	2.0
20:00	28.5	26.1	2.4
22:00	26.5	23.6	2.9
00:00	25.1	23.2	1.9
04:00	24.1	23.8	0.3
Ortalama	29.5	28.3	1.2

Ek 2.3. Yedinci deneye ait veriler

Saat	$T_{iç}$	$T_{dış}$	$\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$
08:00	23.0	25.2	-2.2
10:00	26.7	27.9	-1.2
12:00	31.6	30.7	0.9
14:00	35.0	31.6	3.4
16:00	36.5	32.3	3.2
18:00	36.2	29.5	6.7
20:00	32.8	26.9	5.9
22:00	29.5	25.1	4.4
00:00	27.1	23.8	3.3
04:00	24.2	20.7	3.5
Ortalama	30.2	27.4	2.8

Ek 2.4. Sekizinci deneye ait veriler

Saat	$T_{iç}$	$T_{dış}$	$\Delta T = T_{iç} - T_{dış}$
08:00	24.0	25.0	-1.0
10:00	27.7	28.2	-0.5
12:00	30.9	29.8	1.1
14:00	34.0	33.1	0.9
16:00	36.8	32.3	4.5
18:00	32.9	29.9	3.0
20:00	29.1	26.4	2.7
22:00	26.4	24.4	2.0
00:00	24.8	23.1	2.0
04:00	22.4	22.1	0.3
Ortalama	28.9	27.4	1.5

ÖZGEÇMİŞ

Erkan MERT, 10.09.1989 tarihinde Mersin’ de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Mersin’ de tamamladı. 2007 yılında Anamur Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2007 yılında eğitimine başladığı Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nü 2011 yılında bitirdi. 2017 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Yüksek Lisans programına başladı ve halen devam etmektedir.