

T.C
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARIŐIMLI HAVALANDIRMA SANTRALİNDE OTOMASYON SİSTEMİ
KULLANARAK ENERJİ VERİMLİLİĞİN ARTIŞI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burçin ÖZDEMİR

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı
Enerji Sistemleri Mühendisliği Programı

Tez Danıőmanı: Doç.Dr.Aytaç GÜLTEKİN

AĞUSTOS, 2021

T.C
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARIŐIMLI HAVALANDIRMA SANTRALİNDE OTOMASYON SİSTEMİ
KULLANARAK ENERJİ VERİMLİLİĞİN ARTIŞI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burçin ÖZDEMİR

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı
Enerji Sistemleri Mühendisliği Programı

Tez Danıőmanı: Doç. Dr. Aytaç GÜLTEKİN

AĞUSTOS, 2021

TEZ ONAYI

Burçin Özdemir tarafından hazırlanan “*Karışımli Havalandırma Santralinde Otomasyon Sistemi Kullanarak Enerji Verimliliğın Artışı*” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı / oy çokluğu ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Aytaç GÜLTEKİN

Jüri Üyeleri

İmza:

Doç. Dr. Aytaç GÜLTEKİN

Dr. Öğretim Üyesi Gamze KARANFİL

Dr. Öğretim Üyesi Şafak ATAŞ

Tez Savunma Tarihi: 08/09/2021

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Doç.Dr. Ahmet Kayabaşı
Enstitü Müdürü



BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

**Burçin
ÖZDEMİR**





Anneme..



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda karışımli havalandırma santrallerinde taze hava karışım oranları ile otomasyon entegre kullanılması durumunda enerji verimlilikleri incelenmiştir.

Lisans eğitimimde iklimlendirme dalını bana sevdiren değerli hocalarım Dr.Öğretim Üyesi Şafak Ataş, Prof. Dr. İlhan Ceylan ve Doç. Dr. Alper Ergün'e teşekkür ederim.

Lisans tezime karar verirken bana güvenen, destekleyen sabrını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Aytaç Gültekin'e ve desteklerini benden esirgemeyen Dr. Öğretim Üyesi Gamze Karanfil'e çok teşekkür ederim.

Lisans tezim boyunca çalışmalarına destek veren müdürlerim Doğan Kaymal ve Mehmet Ela'ya teşekkür ederim. Aynı zamanda Ssystemair HSK arge ekibine, otomasyon kısmında Sercan Tuncer'e, Regin Controls'den Burak Kurtuluş'a sağladıkları destek ve verilerden ötürü teşekkür ederim.

Arkamda korkmadan ilerlememe destek veren, beni cesaretlendiren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2021

Burçin ÖZDEMİR
Enerji Sistemleri Mühendisi



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xviii
ÇİZELGE LİSTESİ	xix
RESİM LİSTESİ	xxi
ÖZET	xxiii
ABSTRACT	xxv
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1 Havalandırma Santrali.....	5
2.1.1 Konfor nedir?	11
2.1.2 Uygulama alanları ve sınıflandırma	12
2.2 Havalandırma Santrali Seçimi	12
2.2.1 Klima santralleri seçimi	12
2.2.2 Nemli hava prosesleri.....	13
2.2.2.1 Isıtma ve soğutma	13
2.2.2.2 Soğutma ve kurutma	15
2.2.2.3 Adyabatik nemlendirme	17
2.3 İki Ayrı Hava Akımın Adyabatik Karışımı.....	19
2.4 Havalandırma Santrali Otomasyonu	20
2.4.1 Otomasyon avantajları	21
2.4.2 Otomasyon gerekli midir?.....	22
2.5 Havalandırma Santralinde Enerji Verimliliği Ve Eurovent Sertifikasyonu	31
2.6 Kaynak Araştırılması	34
3.METARYAL VE METOD	43
3.1 %50, % 40, %30, %20 Karışıklı Havalandırma Santralleri Konfigürasyonları ve Aralarındaki Farklar	45
4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA	57



KISALTMALAR

HVAC	: Heating Ventilating and Air Conditioning, Isıtma Havalandırma ve İklimlendirme
AHU	: Air Handling Unit, Havalandırma Santrali / Havalandırma Ünitesi
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design, Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik
EC	: Electronically Commutated, elektronik değişkenli
AC	: Alternatif Current, Alternatif Akım





SEMBOLLER

kW	: KiloWatt
m²/s	: İvme birimi
Hz	: Hertz, Frekans birimi
l	: Litre
s	: Saniye
m	: Metre
C°	: Centigrade, derece (santigrat)







ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Klima santrali genel konfigürasyonu.....	3
Şekil 2.1: HVAC sistemi basit gösterimi	5
Şekil 2.2: Havalandırma şeması.....	6
Şekil 2.3: Klima santrali konfigürasyonu	7
Şekil 2.4: ASHRAE psikrometrik grafik no. 1	13
Şekil 2.5: Nemli havanın ısıtılması/soğutulması	14
Şekil 2.6: Nemli havanın soğutulması / kurutulması.....	16
Şekil 2.7: Nemli hava içerisine su/buhar püskürtülmesi.....	18
Şekil 2.8: İki hava akımının adyabatik karışımı	19
Şekil 2.9: Regin kontrol cihazı	20
Şekil 2.10: Karışımli havalandırma santrali	35
Şekil 2.11: Karışımli havalandırma santrali konfigürasyon gösterimi	36
Şekil 2.12: Karışımli havalandırma santrali gösterimi	36
Şekil 2.13: Karışımli havalandırma santrali nem alma prosesi	20
Şekil 2.14: Systemair Eurovent sertifikası.....	33
Şekil 2.15: LEED sertifikası	33
Şekil 3.1: Karışımli havalandırma santrali konfigürasyonu	45
Şekil 3.2: Karaman ili ölçüm periyodu	45
Şekil 3.3: %50 Taze havalı AC/EC grafiği.....	47
Şekil 3.4: %40 Taze havalı AC/EC grafiği.....	49
Şekil 3.5: %30 Taze havalı AC/EC grafiği.....	51
Şekil 3.6: %20 Taze havalı AC/EC grafiği.....	53
Şekil 3.7: %100 Taze havalı AC/EC grafiği.....	54

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Ortam bağıl nemi (%).....	11
Çizelge 2.2: Otomasyon ile parametrelerin kontrol edilebilirliği.....	22
Çizelge 2.3: Bms+klıma santrali kullanımı	24
Çizelge 3.1: %50 Karışımılı EC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	46
Çizelge 3.2: %50 Karışımılı AC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	47
Çizelge 3.3: %40 Karışımılı EC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	48
Çizelge 3.4: %40 Karışımılı AC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	48
Çizelge 3.5: %30 Karışımılı EC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	50
Çizelge 3.6: %30 Karışımılı AC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	50
Çizelge 3.7: %20 Karışımılı EC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	52
Çizelge 3.8: %20 Karışımılı AC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	52
Çizelge 3.9: %100 Karışımılı EC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	53
Çizelge 3.10: %100 Karışımılı AC fan olması durumunda enerji tüketimi.....	54



RESİM LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Resim 2. 1: DDC pano örnekleri	25
Resim 2.2: MCC pano örnekleri.....	25
Resim 2. 3: MCC+DDC pano örnekleri	26
Resim 2. 4: MCC+DDC pano yardımcı ekipmanları	26





ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
Karışım Havalandırma Santralinde Otomasyon Sistemi Kullanarak Enerji Verimliliğinin Artışı

Burçin Özdemir
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Aytaç GÜLTEKİN
Ağustos, 2021, 89 Sayfa

Bu tezin amacı, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi kampüsünde bulunan 15 Temmuz Konferans Salonu için Karaman hava sıcaklıkları baz alınarak tasarlanan, karışım havalı klima santralini otomasyon ile kontrol ederek enerji verimliliğini arttırmak ve tüketilen enerji miktarını azaltmaktır. Bu sayede ortamın hava kalitesini arttırarak aynı zamanda enerji tasarrufu elde edilmiştir. Çalışmada iç hava kalitesi korunurken, kullanılan enerjiden tasarruf edilmiştir. Yapılan çalışmada otomasyon sisteminin havalandırma cihazına entegre ederek, yıllık ortalama ne kadar enerji verimi kazancı olacağı hesaplanmıştır. Bu sayede ortamın hava kalitesini arttırırken yıllık tüketilen enerji miktarını düşürülmüştür.

Anahtar kelimeler: Hvac, klima santrali, otomasyon, enerji verimliliği



ABSTRACT

MsThesis

Increasing Energy Efficiency by Using Automation System in Mixed Ventilation Plant

Burçin Özdemir

**Karamanoğlu Mehmetbey University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Advanced Technologies**

Supervisor: Doç. Dr. Aytaç GÜLTEKİN

August, 2021, 89 Pages

The aim of this thesis is to increase energy efficiency and reduce the amount of energy consumed by controlling the mixed air air handling unit, which will be designed based on Karaman air temperatures, for the 15 Temmuz Auditorium in the Karamanoğlu Mehmetbey University campus. In this way, energy savings were achieved by increasing the air quality of the environment. In the study, while maintaining the indoor air quality, the energy used was saved. In the study to be done, the annual average energy efficiency gain was calculated by integrating the automation system into the ventilation device. In this way, while increasing the air quality of the environment, the amount of energy consumed annually is reduced.

Keywords: Hvac, air handling unit, automation, energy efficiency



1.GİRİŞ

Klima santralleri hava şartlandırma üniteleri olarak tanımlanabilir. Kullanım amacı; kapalı bir mahaldeki havanın sıcaklığının ve neminin istenilen sınır şartlarında sabit tutulmasıdır. Bu proses bilinen dört termodinamik hava şartlandırma fonksiyonu ile gerçekleştirilir,

- Isıtma
- Soğutma
- Nemlendirme
- Nem Alma

Klima santralleri bu fonksiyonların dışında, kapalı mahaldeki kişilerin ihtiyacı olan temiz havayı da temin etmek ayrıca temiz hava veya geri dönüş havasındaki katı partikülleri, gazları, mikroorganizmaları tutabilmek amacıyla kullanılmaktadır. (Bilge, 2004)

Klima santrallerini endüstriyel ve konfor olmak üzere iki ana sınıfta söyleyebilmek mümkündür. Konfor amaçlı klima santralleri insanların yaşam alanlarındaki uygun hava koşullarını elde etmek için kullanılmaktadır. Endüstriyel tip klima santrallerinin amacı ise üretilen ürün için uygun hava koşullarının elde edilmesidir.

Bir klima santrali en genel anlamıyla aşağıda tanımlanan hücrelerden oluşmaktadır, (Bilge, 2004)

- Damperli karışım hücreleri
- Filtre hücresi
- Soğutucu batarya
- Isıtıcı batarya
- Nemlendirici
- Isı geri kazanım ünitesi (reküperatör, rotor, run a round vs.)

- Emiş ve üfleme hücreleri
- Fan hücreleri
- Susturucu

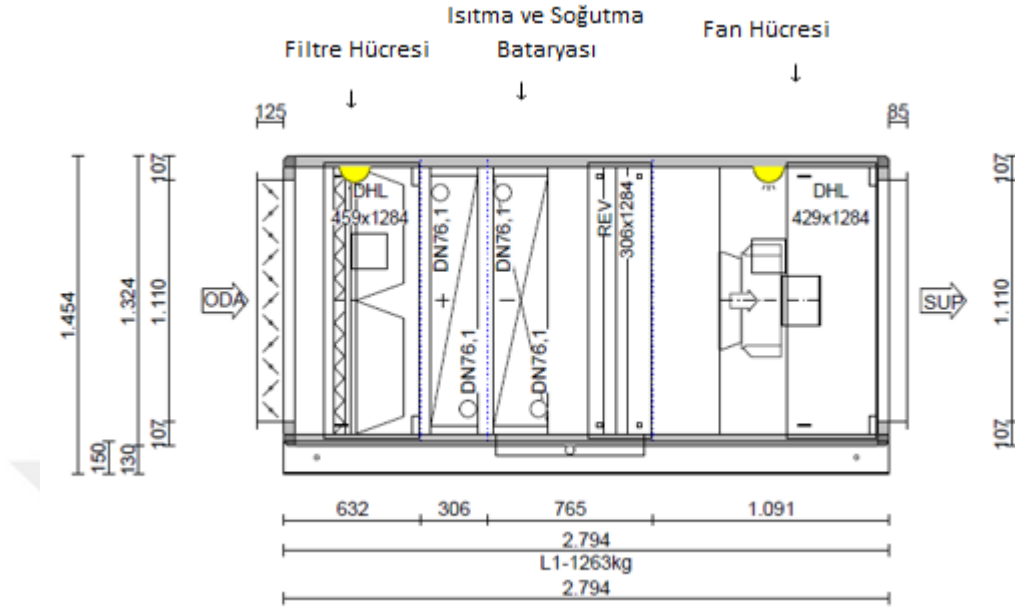
Isıtma, soğutma, havalandırma ve klima sistemleri tasarımlarının hem enerji tasarrufu hem de daha iyi konfor şartlarının sağlanması amacıyla otomasyon sistemleriyle geliştirilmesi ve iyileştirilmesi mümkündür (Tuğra, 2002). Otomasyon sistemi ile karışım havalı havalandırma santrali kontrol edilebilecek ve içerideki insan sayısına göre taze hava oranı ortama verilebilecektir. Otomasyonda kullanacağımız parametreler ile ortamın hava kalitesi kontrol edilebilecek ve buna göre sistem çalıştırılacaktır.

Bir elektrik kaynağında ortaya çıkan gerilimde periyodik olarak yön ve şiddet değişimi yaşıyorsa ve bu kaynağa iletkenler aracılığı ile bağlı bir yükteki akımda aynı şekilde yön ve şiddet değiştiriyorsa ortaya çıkan elektrik akımına “alternatif akım” (alternating current [AC]) denmektedir. AC motor, işte bu akımdan yararlanarak ivme kazanan elektrik motorlarına verilen genel addır.

Seçilecek olan karışım havalı klima santrali, Dünya’da pazar lideri olan Systemair HSK (Havalandırma Soğutma ve Klima Sistemleri) nin klima santrali seçim programı olan Aircalc ile seçilmiştir. Seçilen klima santrali kullanılması planlanan ortama uygun olarak dizayn edilmiş ve gerçek değerler olacaktır. Klima santralinde kullanılan otomasyon sistemi REGIN ve Systemair ile ortak olarak çalışılıp hesaplanmış ve kullanılan değerler asıl olacaktır. Üzerinde çalışılan klima santrali ve otomasyon maliyet hesabı yapıлып, karşılanıp karşılanmayacağına bakılmıştır. Hesaplanan değerler üretime alındığında herhangi bir sorun oluşturup oluşturmayacağı gözlemlenmiştir.

Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri hastane, alışveriş merkezi, sinema, büyük ticari binalar ve eğitim kurumlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Havalandırma sistemlerinin amacı ortamın taze hava oranını artırırken aynı zamanda hava kirliliğini gidermek, iç hava kalitesini arttırarak sağlık sorunları risklerini önlemektir (Akpınar, 2019). Otomasyon ile kullanılacak olan havalandırma santralleri ortama gerekmediğinde taze hava vermeyeceğinden enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Karışım havalı klima santralinde dışarıdan alınacak olan taze hava oranı ile sistemin verimliliği artarken aynı zamanda ortamdaki doluluk oranı az olduğunda tam yükte

çalışmayı otomasyon ile önlenilecektir. Ortamdaki doluluk oranı az olduğunda sistem tam yükte çalıştırılmaması enerji tüketimini azaltacaktır.



Şekil 1.1: Klima santrali genel konfigürasyonu.

Bizim tez çalışmamızdaki sistem, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi kampüsü içerisinde bulunan 15 Temmuz Konferans salonu için klima santrali ile havalandırmayı sağlarken aynı zamanda otomasyonda bulunan yukarıda sıraladığımız parametreler ile enerji verimliliğinin ve tüketilen enerji miktarını hesaplamış olduk. Hesaplanan sonuçlar çerçevesinde hangi parametrenin sistemde ne gibi etkisi olduğunu otomasyonlu ve otomasyonsuz olarak verimliliği nasıl etkilediğini gözlemlendi.

Yapılan tez çalışmasında Karaman hava şartlarında Aircalc programı ile santrali belirlenen debilerde ve belirlenecek olan taze hava oranları ile sistemin verimliliği hesaplanmıştır. Aircalc programı Systemair HSK firmasının arge ekibinin alt yapısını oluşturduğu iklimlendirme ürünlerinin seçilebileceği programdır.

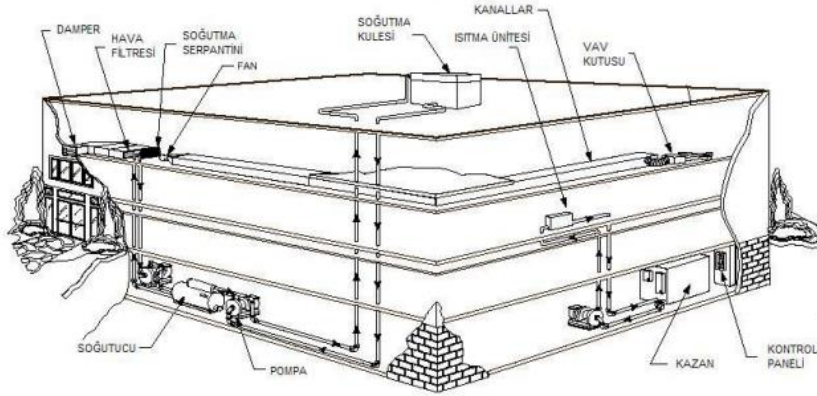
Fanın ve motorun verimliliğinin yanı sıra tüketilecek enerji miktarını hesaplayarak ve bu sayede sistemin tam yükte çalışması ile otomasyon ile günlük 10 saat çalışması arasındaki farkı da karşılaştırmış olduk. Bu sayede otomasyon ile kullanılan karışım havalı klima santralinde hangi parametrenin nasıl etkilediğini, verimliliği nasıl etkilediğini, sistemde otomasyon kullanıldığı zaman ne gibi faydaların olduğunu göstermiş olduk.



2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Havalandırma Santrali

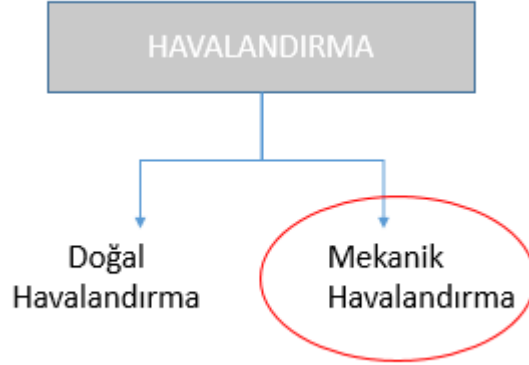
HVAC, Isıtma, soğutma ve iklimlendirme anlamına gelmektedir. Bir HVAC sisteminin tasarımı aşamasında, kapasite gereksinimleri, kabul edilebilir seviyede kurulum ve işletme maliyetleri, sistem güvenilirliği ve kurulum için gereken ve mevcut olan yer göz önüne alır. Ticari binalardaki kontrol sistemi birçok döngüden oluşmaktadır ve alansal ya da merkezi kontrol döngülerine bölünebilir. Aşağıdaki şekil 2.1 'de HVAC sisteminin basit bir yapısı görülmektedir (A. Güngör, S. Güngör, syf.219). Kontrol paneli, kazan, motorlar ve soğutucular genel olarak binanın aşağı katlarında konumlandırılmaktadır. Soğutma kulesi ve chiller genel olarak çatı katında yer almaktadır.



Şekil 2.1: Hvac sistemi basit gösterimi (A. Güngör, S. Güngör, syf.219).

Havalandırma, dış mekân havasının bir alana kasıtlı olarak sokulmasıdır ve esas olarak iç mekân kirleticilerin seyreltilmesi ve yer değiştirmesi yoluyla iç ortam hava kalitesini kontrol etmek için kullanılır; Ayrıca termal konfor veya nem alma amacıyla da kullanılabilir (Ventilation, Havalandırma, 2019). Havalandırma mekanik veya doğal olarak iki şekilde yapılabilmektedir. Isıl ve konfor şartlarının korunması bağlamında Ülkemizin birçok yerinde doğal havalandırma kesin çözüm değildir, ancak mekanik havalandırmada enerji tasarrufuna destek sağlayabilmektedir. Bu sebeple konfor miktar olarak gereksinimleri tam olarak yerine getirebilen sistemler mekanik havalandırma olarak nitelendirilmektedir (Yayın 714). Isıtma ve soğutma mevsimsel olarak yapıldığı halde havalandırma tüm yıl boyunca yapılması durumundadır. Hem

hava debilerinin artırılması hem de tüm yıl boyunca çalışma zorunluluğu, havalandırma sistemlerinde enerji tasarrufuna azami dikkat etmek gerektiği anlamına gelmektedir.



Şekil 2.2: Havalandırma şeması.

Klima santralleri, genel olarak hava şartlandırma üniteleri olarak tanımlanmaktadır. Kullanım amacı; kapalı bir mekâna istenilen sıcaklık ve nem değerlerinde filtrelenmiş temiz hava sağlamaktır. Fakat şartlandırma esnasında hava, farklı klima santrali bileşenleriyle karşılaşmakta, dolayısı ile her karşılaştığı engel bir basınç düşümü oluşturmaktadır. Basınç düşümlerinin yüksek olması ise daha büyük güç gerektiren motor seçimine sebebiyet verecektir. Dolayısı ile iç kayıplar azaltıldığında kapasiteler küçülecek, daha düşük enerji tüketen klima santralleri tasarlanabilecektir. Klima santralinin işletilmesi en fazla enerji tüketimi fazla gerçekleştirmektedir (HVAC Sistemleri, 2004).

Basit bir klima santrali yapısı, G4 Metal Fitre, ısıtma bataryası (sulu), soğutma bataryası (sulu), Fan hücresinden oluşmaktadır (Şekil 4). İstenilen sıcaklık, bağıl nem ve üfleme göre seçilen kapasitelerdeki bataryaların içeride oluşturduğu toplam basınca göre fan seçilmektedir. İçeride oluşan toplam basınç değeri seçilen motorun kapasitesini etkilemektedir. Fanlar, klima sisteminde kütle transferini, dolayısı ile basınç farkı sağlayarak havanın akışını sağlayan cihazlardır. Klima santrallerinde kullanılan fanlar çeşitli büyüklüklerde seyrek veya sık kanatlı, galvanizli sac, alüminyum veya plastik malzemedeki üretilen radyal fanlardır. Fanlar havanın çark üzerindeki akış doğrultusuna bağlı olarak santrifüj (merkezkaç) veya aksiyel (eksenel) olarak sınıflandırılırlar. Radyal Fanlar; Sık(ileri eğik) kanatlı fanlar, Seyrek (geriye eğik) kanatlı fanlar, Plug fanlar.

2. Hava çevrim katsayısı

3. Egzoz kriteri

Taze hava ihtiyacı iki şekilde belirlenebilir;

A - Kişi başına

- TS 3419 göre 25 ile 30 m³/h
- ASHRAE 62 (2001) göre

Sigara içilmeyen ofislerde: 10 L/s Lobi,

resepsiyon alanlarında: 7,5 L/s Bar,

sigara odası vb. yerlerde: 30 L/s

Sınıflarda: 7,5 L/s

Laboratuvarlarda: 10 L/s

B - Mahalin ve/veya bölümün özelliğine göre (mimo İzmir, 2017)

Mahalin havalandırma debisi, mahal havasının bir saatteki çevrim katsayısı ile belirlenir. Hava çevrim katsayıları standart, yönetmelik ve literatürlerde belirtilmektedir. Büro ile atölyede, havanın kirlenmesi, taze havaya duyulan ihtiyaç gibi çeşitli nedenlerle birbirinden farklıdır. Dolayısı ile mahallerin kullanım türüne göre saatteki hava çevrim katsayıları farklılık göstermektedir (Ashrae , 2019).

Taze Hava Debisinin Belirlenmesi ASHRAE Standard 62.1-2010 (TS 3419).

Taze hava miktarı (2.1)

$$V_{bz} = R_p \times P_z + R_a \times A_z$$

R_p : Kişi başı dış hava gereksinimi (l/s.kişi)

P_z : Mahaldeki kişi sayısı (kişi)

R_a : Birim alan için dış hava gereksinimi (l/s. m²)

A_z : Mahal taban alanı (m²)

$$V_{oz} = V_{bz} \div E_z$$

E_z : Mahal hava dağılım verimliliği

V_{oz} : Mahal dış hava miktarı

% 100 taze havalı Tek mahalden oluşan sistemler (2.2)

$$V_{ot} = V_{oz}$$

% 100 taze havalı Çok mahalden oluşan sistemler (2.3)

$$V_{ot} = \sum_{\text{tüm mahaller}} \times V_{oz}$$

Hava Karışımli Sistemler (2.4)

$$Z_p = V_{oz} \div V_{pz}$$

V_{pz} : Mahale üflenen toplam hava debisi

$$V_{ot} = V_{oz} \div E_v$$

E_v : Sistemin havalandırma verimi

İklimlendirme kapalı bir ortamın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlığına ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak üzere bu kapalı ortamdaki havanın şartlandırılmasıdır.

Sertifikalarda ve kalite belgeleri ürünün güvenli ve yasal olduğunu temsil eder. Ürünlerde vaat edilen tüm özelliklerin bağımsız bir kuruluş tarafından güvence altına alınmış olduğunun belgesidir. Ayrıca sertifikalı ürünler, gümrüklerden kolay geçiş imkânı ile müşteriye teslim süreleri anlamında da avantaj sağlar.

Mekanik Havalandırma (Tam İklimlendirme)

Mekanik havalandırmada hava değişimi ve hareketi için fan veya fanlardan yararlanır.

Mekanik havalandırmada 3 sistem vardır:

- a. Doğal hava girişi, mekanik hava emişi.
- b. Mekanik hava beslemesi, doğal hava çıkışı.
- c. Dengeli havalandırma olarak adlandırılan mekanik hava beslemesi ve mekanik hava emişi

Mekanik sistem doğal havalandırmadaki gibi şartlara bağılı değildir. Zorlanmış olarak sürekli hava hareketi temin edilir.

AC fan olarak adlandırdığımız aslında AC(alternatif akım) motor ile çalışan fanlar, alternatif akım ile entegre olarak çalışan fanlar mevcuttur. Sanayilerde, havalandırma cihazlarında, fanlarda son derece yaygın olarak kullanılan bir motor türüdür. AC motor ile kullanılan fanlar frekans invertörü ile sürülerek çalışmaktadırlar. Kolay ve hızlı konumlanma avantajını gösterirler. AC motorlu fanlar genel olarak bir bakım ihtiyacı göstermezler. AC motorların çalışma prensibini söyleyecek olursak stator ve rotor arasında kalan hava boşluğunda döner manyetik alana dayanmaktadır. (Sew-euridrive)

EC'nin açılımı olan "Electronically Commutated" elektronik değişkenli doğru akım (DC) motordur. Elektrik akımının yönü ileri veya geriye elektronik olarak değişebilmesidir. Ac motorlarda bu durum mekanik olarak yapılabilmektedir. EC motolar sabit miktansız olduğundan akıma göre dönüş yönünü elektronik olarak ayarlayabilmektedir. Bu sebeple alternatif akım ile çalışan motorlarda olduğu gibi akım değişmelerinde güç kaybına neden olmamaktadır. Alternatif akım, sürekli olarak negatiften pozitif, daha sonra tekrar negatife dönen şekilde bir eğri olarak tanımlayabiliriz. Motorun içindeki bu dönme, motoru hareket ettiren manyetik itme alanlarını oluşturur. Alternatif akımlı motorlardaki bu kayıp verimsizliğe ve motorda ısınmaya neden olur. EC motorlu fanlar 0-10 V doğru akım ile kontrol edilebilmektedir. Herhangi bir sürücüye gerek yoktur. Düşük ses seviyesine sahip oldukları gibi daha verimli motorlardır. İşletme ve bakım maliyeti düşüktür. (Tesisatmarket)

2.1.1 Konfor nedir?

Termal konfor, sadece sıcaklıkla değil, nemle de doğrudan alakalıdır.

Nemin düşük olduğu ortamda, vücudumuzdan daha fazla buharlaşma olur. Buharlaşma ise vücudumuzdan ısı çekilmesi demektir ve bu serinlik hissi yaratır. Çizelge 2.1 de ortam bağıl neminin Ashrae ye göre %50 mertebelerinde olması gerektiğini görebiliriz.

	Ortam Bağıl Nemi (%)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Sağlık Sorunları	■	■	■								
Ashrae Önerisi					■	■	■				
Güvenlik Marjı							■	■			
Mikrobiyolojik Üreme									■	■	■

Çizelge 2.1: Ortam bağıl nemi (%).

Nemin yüksek olduğu ortamda ise, vücudumuzdan buharlaşma az olur, bu da hissedilen sıcaklığın fazla olduğu anlamına gelir.

Konfor şartları aşağıdaki gibi olmalıdır;

- 60% bağıl nem aşılmamalı
- En düşük bağıl nem 30 %
- Genelde ısıtma ve soğutma set değerleri arasında 7°C fark olur.

İnsan, yaşamının yaklaşık %70'ini iç ortamda geçirir. Kış aylarında bu oran %90'a kadar çıkar. Kalitesiz hava soluduğumuzda üretkenliğimizi kaybederiz. Bu, sağlıklı kararlar veremememize ve işlerimizde başarısız olmamıza sebep olur. Hava kalitesi, havanın içerisindeki CO₂ seviyesini ölçerek kontrol edilir.

Yetersiz havalandırma baş ağrısı, halsizlik, göz rahatsızlıkları, salgın hastalık ve solunum rahatsızlıklarına da yol açar.

Konfor, insanın psikolojik, fizyolojik, kültürel ve sosyal olarak kabul edilebilir memnuniyet durumunda olmasıdır. Isıl konforun birinci şartı insan vücudu ile çevre arasında ısı dengenin olması durumudur. Isıl konfor ile ilgili olarak Avrupa'da ISO 7730,

Amerika'da ASHRAE Standart 55 kabul görmektedir. ASHRAE' ye göre konfor bölgesinde, % 10 memnuniyetsiz insan oranına müsaade edilir.

2.1.2 Uygulama alanları ve sınıflandırma

Uygulama Alanları;

- Ofisler
- Endüstriyel Uygulamalar
- Konut Havalandırma
- Okul & Devlet Binaları
- Petro-Kimya
- Alışveriş Merkezleri
- İlaç Sanayi ve Hastaneler
- Tüneller
- Veri Merkezleri
- Yüzme Havuzları, Spor Kompleksleri

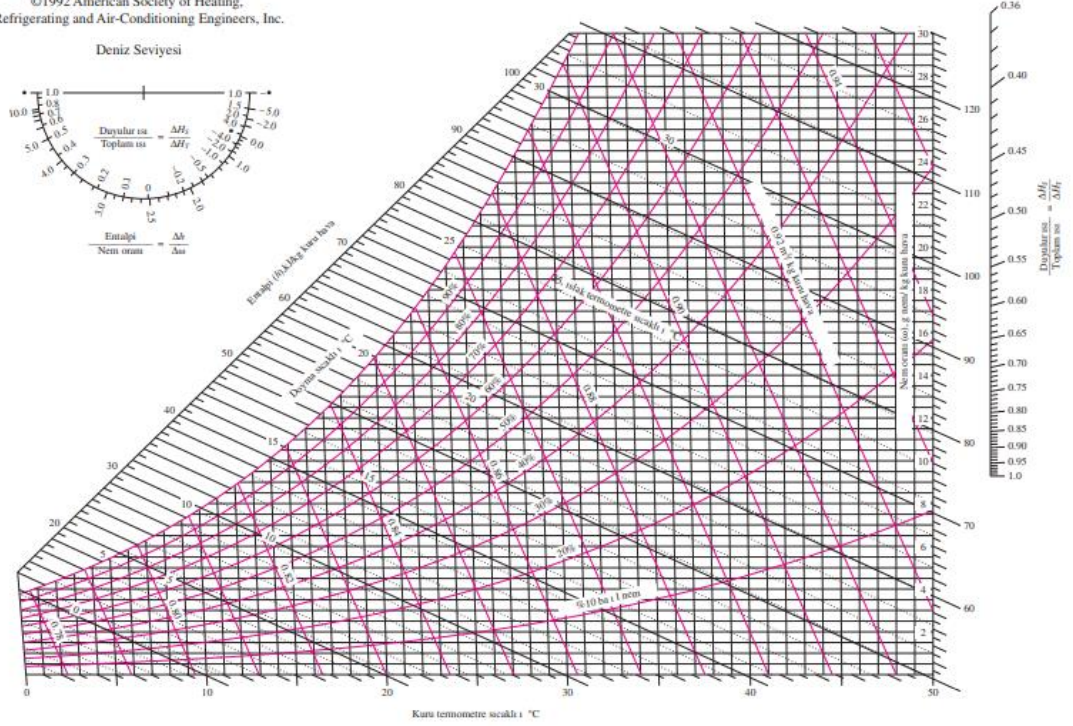
2.2 Havalandırma Santrali Seçimi

2.2.1 Klima santralleri seçimi

Havalandırma, ısıtma, soğutma ve iklimlendirme uygulamalarındaki temel alan, su buharı ve kuru havanın karışımı, “Nemli Hava” diğer bir söylemle atmosferik havadır. Nemli havanın termodinamiği yani “Psikrometri” , su buharı ve hava karışımının özelliklerini inceleyen bilim dalıdır.

İklimlendirme, soğutma-ısıtma, havalandırma sistemleriyle ilgilenen bir kişi, cihaza giren havanın, çıkan havaya, içerisinde dolaşan ve geçen havanın termodinamik özelliklerine hakim olmalıdır. Bunun yapılabilmesi için psikrometrik diyagramdan yararlanır. Bu sebeple psikrometrik diyagram en temel vazgeçilmez unsurlardan biridir (MMO Bildiriler Kitabı, 2019).

ASHRAE Psikometrik Diyagram No. 1
Normal Sıcaklık
Barometrik Basınç: 101.325 kPa
©1992 American Society of Heating,
Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
Deniz Seviyesi

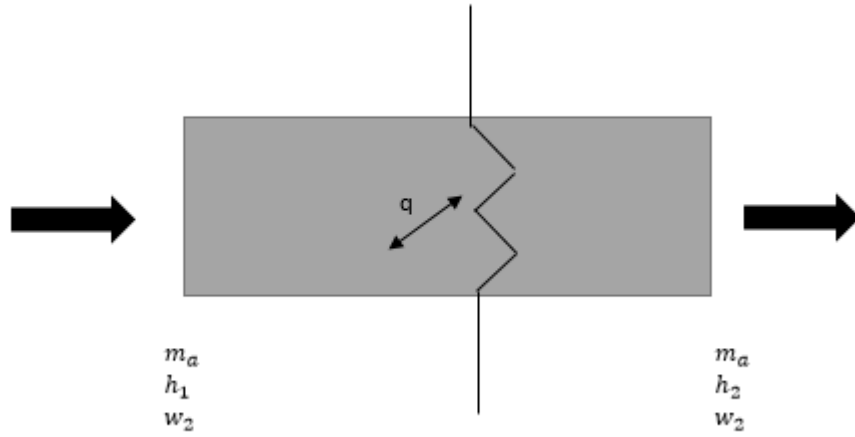


Şekil 2.4: ASHRAE psikometrik grafik no. 1 (*thermodynamics*, 2008).

2.2.2 Nemli hava prosesleri

2.2.2.1 Isıtma ve soğutma

Nemli hava içerisindeki nem miktarını azaltmadan ısıtıldığında veya soğutulduğunda Psikometrik diyagram üzerinde yatay düz çizgi olarak hareket eder. Havalandırma santrali içerisinde olan ısıtma serpantini bu duruma örnek verilebilir.



Şekil 2.5: Nemli havanın ısıtılması/soğutulması (*Klima Santrali Seçim Esasları, 2015*).

Termodinamiğin 1. Kanunu ve Kütlenin Korunumu ilkesini kullanarak bir ısıtma veya soğutma serpantini (Cooling and Heating) için toplam ısı kapasite,

$$Q = m_a(h_2 - h_1) \text{ olarak ifade edilmektedir.} \quad (2.5)$$

Bu formülde;

Q : Serpantin toplam kapasitesi, kW

m_a : Kütleli hava debisi, kg/s

h : Entalpi, kJ/kg

Nemli havayı ideal gaz olarak kabul edersek, serpantin ısı kapasitesi olan Q ,

$$Q = m_a \times C_p \times (t_2 - t_1) \text{ şeklinde olabilmektedir.} \quad (2.6)$$

$$C_p = C_{pa} + w \times C_{pv}, \quad (2.7)$$

Bu formülde,

C_p : Sabit basınç spesifik ısı değeri, kJ/kg°C

t : Sıcaklık, °C

w : Nem oranı (kgm/kg)

Nemli hava problemlerindeki normal sıcaklık aralıklarındaki değerler aşağıdaki gibi alınabilmektedir,

$$C_{pa} = 1.00 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{pv} = 1,872 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$w = 0,01 k_{gm}/k_{ga}$$

Bu bilgiler doğrultusunda hesaplırsak eğer,

$$C_p = 1.00 + 0,01 \times 1,872$$

$$C_p = 1,01872 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \text{ olmaktadır}$$

Serpantin ısı kapasitesi,

$$Q = d \times C_p \times (V) \times (t_2 - t_1) \text{ (Watt)} \quad (2.8)$$

Bu formülde,

d : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

d : Debi (L/s)

Eğer, $F_1 = d \times C_p$ ise

$Q = F_1 \times (V) \times (t_2 - t_1) \text{ (Watt)}$ olarak ifade edebiliriz.

Deniz seviyesinde, standart hava için serpantin kapasitesi,

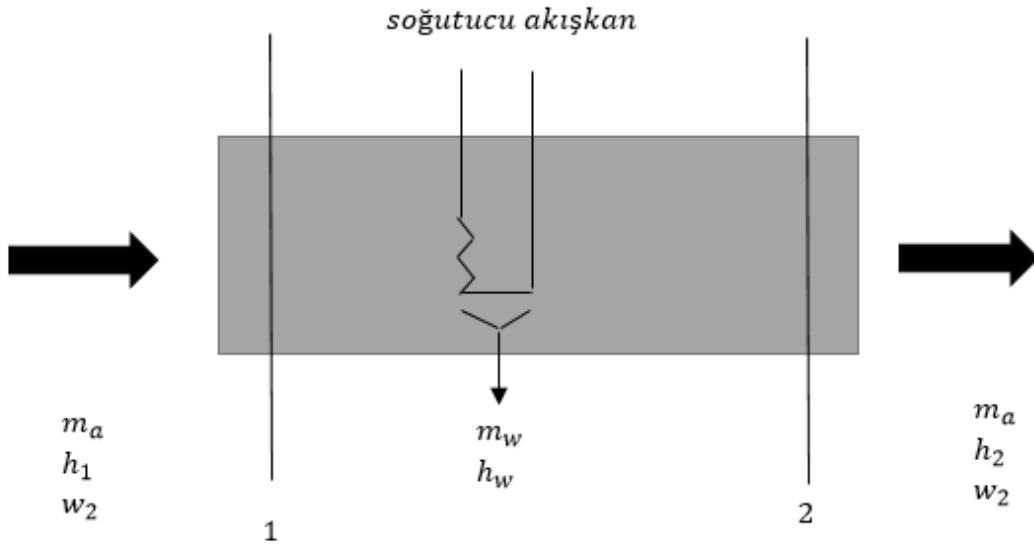
$$Q = 1,23 \times (V) \times (t_2 - t_1) \text{ (Watt)}$$

Deniz seviyesinden farklı yükseklikler için F_1 faktörü düzeltilmelidir

2.2.2.2 Soğutma ve kurutma

Nemli hava kendi çığ noktasının altındaki bir sıcaklığa soğutulduğunda, içerisindeki su buharının bir kısmı yoğunlaşarak havadan ayrılacaktır.

Aşağıdaki şematik olarak gösterimde soğutma ve kurutma cihazı görebiliriz,



Şekil 2.6: Nemli havanın soğutulması / kurutulması (*Klima Santrali Seçim Esasları, 2015*).

Termodinamiğin 1. Kanunu ve Kütlenin Korunumu ilkesini kullanarak, bir soğutma ve

kurutma serpantini için toplam ısı kapasite aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır;

$$Q = m_a \times (h_1 - h_2) - m_w \times h_w \times (W_1 - W_2) \text{ (kW)} \quad (2.9)$$

Soğutma ve kurutma prosesi hem duyulur ısı transferini hem de gizli ısı transferini içermektedir. Duyulur ısı transferi kuru termometre sıcaklığındaki düşüş ile ilişkilirken, gizli ısı transferi nem oranındaki azalma ile ilişkilidir. Toplam soğutma kapasitesini gösteren formülde duyulur ısı ve gizli ısı olmak üzere iki parçaya ayırmak gerekmektedir. Bu durumda;

$$Q = Q_S + Q_L \quad (2.10)$$

Bu formülde,

Q_S : Duyulur Isıl Kapasite (kW)

Q_L : Gizli Isıl Kapasite (kW)

Ve ya,

$$Q_S = m_a \times C_p \times (t_1 - t_2) \text{ (kW)} \quad (2.11)$$

$$Q_L = m_a \times h_w \times (W_2 - W_1) \text{ (kW)} \quad (2.12)$$

Bu durumda;

$$h_w = h_g - h_f = 2500 \text{ kJ/kg} \quad (2.13)$$

2500 kJ/kg yaklaşık olarak 24°C KT ve %50 BN deki havanın içindeki su buharının ısı içeriyinden 10°C suyun ısı içeriyinin farkıdır. Buradaki 24°C ve %50 BN kullanılan en yaygın oda konfor şartı, 10°C ise soğutma – kurutma serpantinleri için normal yoğuşma sıcaklığıdır.

Formülü düzenlersek,

$$Q_L = d \times V \times 2500 \times (W_1 - W_2) \text{ (Watt)} \quad (2.14)$$

$F_2 = d \times 2500$ olarak tanımlanırsa,

$$Q_L = F_2 \times V \times (W_1 - W_2) \text{ (Watt)} \quad (2.15)$$

Toplam ısı kapasite,

$$Q = m_a(h_1 - h_2) = d \times V \times (h_1 - h_2) \text{ (Watt)} \quad (2.16)$$

Deniz seviyesinde, standart hava için serpantin duyulur ve gizli ısı kapasiteleri;

$$Q_s = 1,23 \times V \times (t_2 - t_1) \text{ (Watt)} \quad (2.17)$$

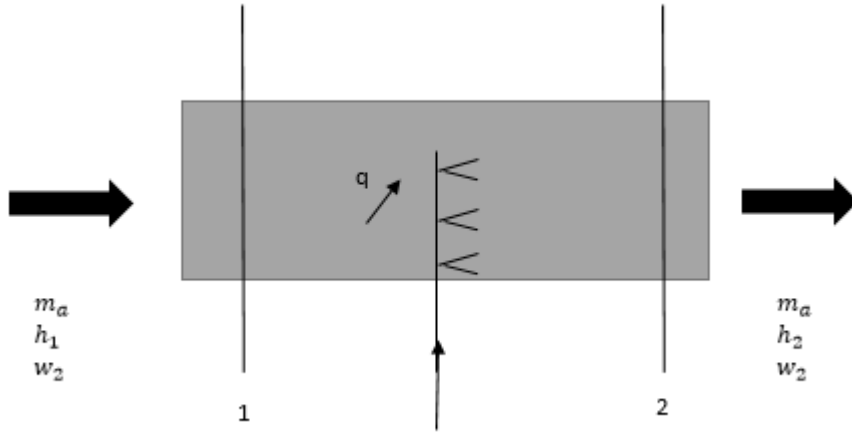
$$Q_L = 3010 \times V \times (W_1 - W_2) \text{ (Watt)} \quad (2.18)$$

Toplam ısı kapasite,

$$Q = 1,20 \times V \times (h_1 - h_2) \text{ (Watt)} \quad (2.19)$$

2.2.2.3 Adyabatik nemlendirme

Nemli hava içerisine adyabatik bir ortamda (ısı transferi olmaksızın) buhar veya su enjekte edildiği zaman nem oranı yükselir.



Şekil 2.7: Nemli hava içerisine su/buhar püskürtülmesi.

Enerjinin ve Kütlenin Korunumu ilkelerini kullanarak;

$$m_a h_1 + m_w h_w = m_a h_2 \quad (2.20)$$

$$m_a W_1 + m_w = m_a W_2 \quad (2.21)$$

Bu iki formülden,

$$h_2 - \frac{h_1}{w_2 - w_1} = h_w \quad (2.22)$$

Eğer enjekte edilen buharsa ve sıcaklığı da bilinmekteyse buhar tablolarından entalpi değerini bulmak mümkündür. Nemlendirme işlemi oda konfor şartlarını sağlayacak nem oranına kadar yapılacağından nemlendiricinin çıkışındaki nem oranını tespit etmek daha kolay olmaktadır (Klima Santrali Seçim Esasları, 2015).

Eğer nemli havaya yaş termometre sıcaklığında su enjekte edildiğini varsayarsak, sabit bir yaş termometre sıcaklığı eğrisi üzerinde doyma noktasına ginceye kadar (%100 BN) proses devam edecektir. Nemlenen havanın kuru termometre sıcaklığı düşerken nem oranı arttığı gözlemlenecektir. Uygulamada bu proses “Evaporative Cooling” olarak bilinmekte ve nemli hava %100 BN noktasına gelmeden proses sona ermektedir. Nemlendiricinin veya evaporatif soğutucunun verimlilik değeri, çıkış noktasının belirlenmesinde etkili olacaktır.

Buna göre;

Sulu tip nemlendirici için Verimlilik E_{ff} ; (Klima Santrali Seçim Esasları, 2015).

$$E_{ff} = \frac{(Tdb_1 - Tdb_2)}{(Tdb_1 - Twb_1)} \quad (2.23)$$

Bu formülde,

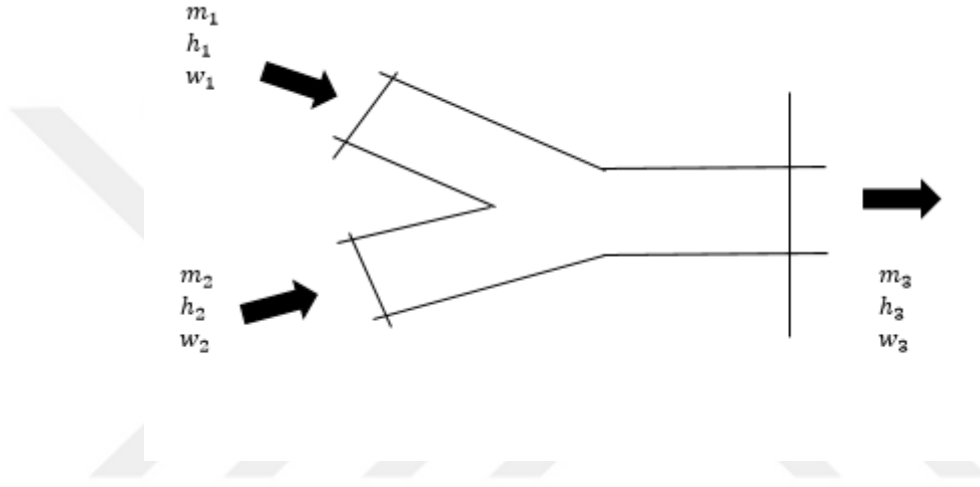
Tdb_1 : Nemlendirici girişi kuru termometre sıcaklığı , °C

Tdb_2 : Nemlendirici çıkışı kuru termometre sıcaklığı , °C

Twb_1 : Nemlendirici girişi yaş termometre sıcaklığı, °C

2.3 İki Ayrı Hava Akımının Adyabatik Karışımı

Bir havalandırma santrali içerisinde kullanımı oldukça yaygın bir prostestir. Aşağıdaki şekil iki hava akımının karışımını göstermektedir.



Şekil 2.8: İki hava akımının adyabatik karışımı.

Enerjinin korunumu ilkesi, (Klima Santrali Seçim Esasları, 2015).

$$m_{a1}h_1 + m_{a2}h_2 = m_{a3}h_3 \quad (2.24)$$

Kuru havadaki kütlenin korunumundan,

$$m_{a1} + m_{a2} = m_{a3} \quad (\text{Klima Santrali Seçim Esasları, 2015}). \quad (2.25)$$

Su buharı üzerindeki kütlenin korunumu ilkesi,

$$m_{a1}w_1 + m_{a2}w_2 = m_{a3}w_3 \quad (\text{Klima Santrali Seçim Esasları, 2015}). \quad (2.26)$$

Bu üç formülü birleştirdiğimiz zaman aşağıdaki formülü elde edebiliriz,

$$\frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{m_{a1}}{m_{a2}} \quad (\text{Klima Santrali Seçim Esasları, 2015}). \quad (2.27)$$

İki ayrı hava akımının karışım noktası, bu iki hava noktasını birleştiren doğrusal çizgi üzerinde olmak zorundadır (Klima Santrali Seçim Esasları, 2015).

2.4 Havalandırma Santrali Otomasyonu

Birçok havalandırma santralleri otomasyonsuz kullanılmaktadır. Bu durumda kullanılan klima santralleri ortama devamlı olarak sabit debide hava üflemetedir. Gün boyunca mahaldeki insan sayısı oranı değişmektedir. Ortamın gereğinden fazla havalandırılması ısıtma soğutma enerjisi kaybına neden olur (emo, 0). Bu durumda otomasyon kullanılan klima santrallerinde mahalin yani ortamın hava kalitesini düşürmeden gerekli taze hava ihtiyacını karşılarken aynı zamanda aşırı havalandırmadan oluşan ısı kayıplarını önlemektedir.

Havalandırmada daha iyi sınıflandırmada otomasyon kontrolü ile değişen iç ortam şartlarına göre (VAV Kontrol Sistemi olduğu zaman), arzu edilen taze hava miktarını dönüş havası ile karıştırarak sisteme vermek amacıyla taze hava giriş debisi ölçülüp kontrol edilebilmektedir. Bina otomasyon sistemi ile ortamın soğutulması istenildiğinde soğutma kulesinden gelecek olan suyun ne zaman geleceğini hangi saatler arasında soğutma yapması gerektiğini otomasyon kontrolü ile yapılabilmektedir. Bu sayede elektrik tüketimi azaltılarak enerji verimi artırılmış olacaktır (Pekmen, 2004).



Şekil 2.9: Regin kontrol cihazı (Regin).

İklimlendirme sistemlerinde yüksek konfor koşullarının optimum enerji tüketimi ile sağlanabilmesi ancak doğru kontrol sistemi ile mümkündür. Proje ihtiyacına göre doğru sistem seçildikten sonra, seçilen sistemin hangi koşulda hangi tepkiyi vereceğini belirleyen kontrol sistemine karar verilir (Systemair FLNG, 2019).

Bina Otomasyon Sistemlerinin diğer sistemlerle ilişkili çalışabilme yeteneği, doluluk, bakım, bina ile ilgili aktivite planları vb. gibi bilgileri diğer bilgisayar sistemlerinden

olarak en optimum çalışmayı gerçekleştirecektir. En optimum çalışmanın ise, sadece cihaz hatalarını değil, optimumdan uzaklaşmayı da tespit edebilecek bir yetenek sağlayacaktır.

Hatasız çalışma ne demektir ve nasıl sağlanacaktır? Hatasız çalışma sistemin istenen performansta çalıştığından, yani en uygun konfor koşullarını, en düşük enerji tüketimi ve maliyetlerde karşılamak ve en az emisyon yaratmaktır (Selçuk).

Nasıl sağlanacağı ise bilgisayarların gittikçe gelişmekte olan teknolojisinde yatmaktadır. Sürekli işletmeye alma sistemleri bina otomasyon sistemleriyle düşük maliyetlere gerçekleştirilmekte ve sistemin performansından emin olunmaktadır.

2.4.1 Otomasyon avantajları

- Enerji ve Su tasarrufu
- Personele ve cihazlara oluşacak zararların önlenmesi
- Bakım maliyetlerinin azaltılması.
- Yaşam kalitesinin ve personel verimliliğinin artması
- Müteahhit açısından ise, sistemin zamanında ve etkin teslimini sağlayarak, oluşacak en düşük maliyetle sistemin teslim edilmesi
- Çizelge 2.2 de otomasyon ile batarya, fan, ortam hava kalitesini kontrol edilebileceği özetlenmiştir.

	Otomasyonlu İle
Soğutma Bataryası	Ortam sıcaklıklarını veya üfleme havası sıcaklıklarını istenilen değerlerde korumak amacıyla soğutma suyunun kontrol edilmesi.
Isıtma Bataryası	Ortam sıcaklıklarını veya istenilen üfleme havası sıcaklıklarını İstenilen kapasitelerdeki değerlerde korumak amacıyla soğutma suyunu kontrol edebilmektedir.

Fan	Ortam statik basınç ve kanal basınç değerlerini istenilen seviyelerde korumak amacıyla fan debilerinin ayarlanması ve kontrol edilmesi.
Havalandırma	Ortam statik basınç ve kanal basınç değerlerini istenilen seviyelerde korumak amacıyla fan debilerinin ayarlanması ve kontrol edilmesi.

Çizelge 2.2: Otomasyon ile parametrelerin kontrol edilebilirliği.

- Otomatik çalışma için programlanmış rutin ve tekrarlayıcı fonksiyonlarla daha basit çalışma
- Ekrandan komutlar ve bunu destekleyen grafik görüntülerle teknisyenin daha kısa zamanda eğitilebilmesi,
- Binada bulunan insanların ihtiyaçlarına ve acil durumlara daha iyi ve daha hızlı tepki verme
- Tesisin ihtiyaçlarına, büyüklüğüne, organizasyonuna ve genişleme ihtiyaçlarına göre programlama esnekliği,
- Yangın alarm sistemleriyle yazılım ve donanım olarak entegrasyon sayesinde HVAC sistemlerinin yangın senaryosu içerisinde daha etkin kullanımı
- Arşivleme, bakım yönetimi programları ve otomatik alarm raporlaması yardımıyla ak - saklıkların ve verimsiz çalışan kısımların belirlenmesi
- Daha düşük enerji sarfiyatı (Yaparoğlu).

2.4.2 Otomasyon gerekli midir?

Genel olarak bakarsak Klima Santralinin hitap ettiği mahalın uygun iklim koşullarına getirilmesini sağlayan sistemdir. Klima Santralinde bulunan damperlerin, fanların ,bataryaların, filtrelerin, rotorun ve IGK pompasının uygun ve uyumlu şekilde çalışmasını sağlar

Bu ekipmanların çalışması için kesinlikle bir otomasyon sistemine ihtiyaç duyulur. Bunun farklı çözümleri mevcuttur.

Klima Santrali otomasyonu Enerji verimliliğini esas alır. Santralin uzun ömürlü çalışması amacı güdülmektedir.

Klima santrallerinde otomasyon uygulamalarında iki tip mevcuttur, bunlar;

- BMS+MCC panosu
- Otomasyonlu Klima santrali

BMS+MCC panosu, birbirine yakın olan santraller tek bir panoda toplanır . Kontrol ve santrallerdeki bilgi tedarik sorumluluğu BMS firmasına aittir.

- Sensor Aktivatör montajları kablo çekimi uç bağlantıları şantiyede yapılması gerekir.
- Fazlaca kablo kirliliği mevcuttur.
- Senaryolar BMS firması tarafından belirlenir.
- Dejavantajlarından bir tanesi DDC de oluşabilecek bir haberleşme kopması, bütün santrallerin çalışmamasına neden olur.

Otomatik Kontrollü Klima Santrali, her Klima Santralin üzerinde self kontrolörü vardır. Kendi başına yaşayan ünite diyebiliriz. Üretim yerinde yapılan profesyonel işçilik sayesinde şantiyede yapılacak işlemleri ve işlemlerden oluşabilecek hatalar minimuma indirgenir. Sensor Aktivatör montajları kablo çekimi uç bağlantıları fabrikada yapılmış olur. Şantiyede konumlandırıldıktan itibaren fişe takılıp devreye alınmış hazır kompakt bir sistem sunar. Santral yerleştirildikten sonraki otomasyon işlemleri fabrikada bitmiş olur. Santral özelindeki self kontrolör sayesinde tesiste oluşabilecek herhangi bir haberleşme hatası olsa dahi santral kendi senaryosundan sapma yapmaz ve aktif olarak çalışmaya devam eder. Aşağıdaki çizelge 2.3 de BMS+Klima santrali kullanımı dahil olmak üzere diğer durumlardaki kablolama, pano detayları ve servis durumları gösterilmiştir.

		Otomatik Kontrollü Klima Santrali	Klima Santrali + BMS
KABLOLAMA	Güç Kablosu + Tava İşlemleri	1 adet	Her aspiratör güç kablosu için 1 adet
		-	Her vantilatör güç kablosu için 1 adet
		-	Her aydınlatma kablosu için 1 adet
	Zayıf akım kablolama işlemleri	1 adet yangın alarm bilgisi	Her sensör ve aktivatör için kablo çekim işlemleri (Yaklaşık 20 adet)
		1 adet haberleşme kablosu	
PANO	Güç dağıtım pano işlemleri	Toplam güce tek şalter çıkışı	Her aspiratör fanı için güç şalteri 1 adet
			Her vantilatör fanı için güç şalteri 1 adet
			Her aydınlatma için 1 adet sigorta
			MCC otomasyon kumanda devreleri bulundurması gerekmektedir
		MCC+DCC Kompakt Pano	MCC+DCC Ayrı Pano
Ekipman Montaj Uç Bağlantı Reglaş İşçilik		Fabrika çıkıştan itibaren hazır kompakt sistem	Santral yerleşimi kanal bağlantıları kablo çekimi ve reglaj işlemleri yapıldıktan sonra başlanacaktır
Servis Sorumluluk		Systemair	Systemair + BMS + VRF Servis (Varsa)

Çizelge 2.3: BMS+Klima santrali kullanımı.

MCC (Motor Control Center); Motor besleme kontaktörü, frekans sürücü, motor koruma şalteri vs. gibi motor besleme birimindeki elektrik malzemelerini içeren pano birimidir.

DDC (Direct Dijital Control); Kontrol cihazının bulunduğu, dijital ve analog giriş çıkışların bulunduğu pano birimidir. Görevleri, bağlı olduğu sistemdeki bütün verileri toplamak ve bu bilgilere göre yazılan program aracılığı ile sistemi süren ve alarm arıza durum bilgilerini toplayıp yayınlayan pano birimidir. MCC panodaki motor sürme birimlerini kontrol ederek gelen motorun çalışma bilgisi ve arızalarına göre sistemdeki özel senaryoları başlatır.

DDC Pano Örnekleri,



Resim 2. 1: DDC pano örnekleri (*Systemair*).

MCC Pano Örnekleri,



Resim 2.2: MCC pano örnekleri (*Systemair*).

MCC+DDC Pano Örnekleri,



Resim 2. 3: MCC+DDC pano örnekleri (*Systemair*).

MCC+DDC pano yardımcı ekipmanları, otomasyon uyumlu panolar için içerisinde belirli koşullarla enerji veren şalt ekipmanlarıdır.



Resim 2. 4: MCC+DDC pano yardımcı ekipmanları (*Systemair*).

Saha Ekipmanları,

- Kanal tipi sıcaklık hissedicisi
- Fark basınç hissedicisi
- Kanal hava hız hissedicisi
- Kanal tipi nem ve sıcaklık hissedicisi
- Kanal tipi CO_2 ve sıcaklık hissedicisi
- Fark basınç anahtarı
- Donma koruma termostatu
- Aç-Kapa ve Oransal damper motoru
- Oransal vana motoru
- Isıtma / Soğutma Vana gövdeleri (3 Yollu, 2 Yollu ve 2 Yollu Kombine)

Damper Motorları – ON/OFF Kontrol;

- AC/DC 24 V besleme ile çalışır.
- ON/OFF kontrol edilir.
- Geri bildirim açık/kapalı kontak olarak verir.
- Yay Geri Dönüslü
- 4 Nm 10 Nm 20 Nm ve 30 Nm Torkta modelleri mevcuttur.

Damper Motorları – Oransal Kontrol;

- Karışım olan santrallere verilir.
- AC/DC 24 V besleme ile çalışır. DC (0)2...10 V ile oransal kontrol edilir.
- DC 2...10 V geri bildirim alınır.
- Yay geri dönüşlü
- 4 Nm 10 Nm 20 Nm ve 30 Nm Torkta modelleri mevcuttur.

Damper Motorları – Haberleşmeli;

- Bütün santrallere verilebilir.
- AC/DC 24 V besleme ile çalışır.
- Haberleşme ile oransal kontrol edilir.
- Yay geri dönüşlü
- 10 Nm ve 20 Nm Torkta modelleri mevcuttur.

Vana Motorları;

- AC/DC 24 V besleme ile çalışır.
- DC (0)2...10 V ile oransal kontrol edilir.
- DC 0 ..10 V geri bildirim alınır.

Fark basınç anahtarı (DTV....X-OEM);

- Genellikle Filtre Kirlilik için kullanılır
- Filtrenin iki tarafındaki basınç farkını ölçer.
- Dijital değer verir.

TG-KH3/PT1000 sıcaklık sensörü;

- Sıcaklık sensörüdür.
- Analog değer direnç olarak okunur.
- -30...+70 °C arasını ölçebilir.

CTDT2 karbondioksit ve sıcaklık sensörü;

- Ortamın karbondioksit miktarını ve sıcaklık değerini ölçer.

HTDT2500 sıcaklık ve nem sensörü;

- Ortamın nem miktarını ve sıcaklık değerini ölçer.

PDT75C basınç sensörü;

- Fan Debi ölçümü için kullanılır
- Anlık olarak basınç değeri veren sensördür.

Donma termostatı (FT60R);

- Çok soğuk havalarda ısıtma bataryasının patlama riskine karşı bataryayı korur.
- Dijital bilgi verir.
- Manuel ve otomatik reset özelliği vardır.
- Çalışma aralığı -10/10 derecedir.

Yüksek Sıcaklık Termostatı (MTIC90R);

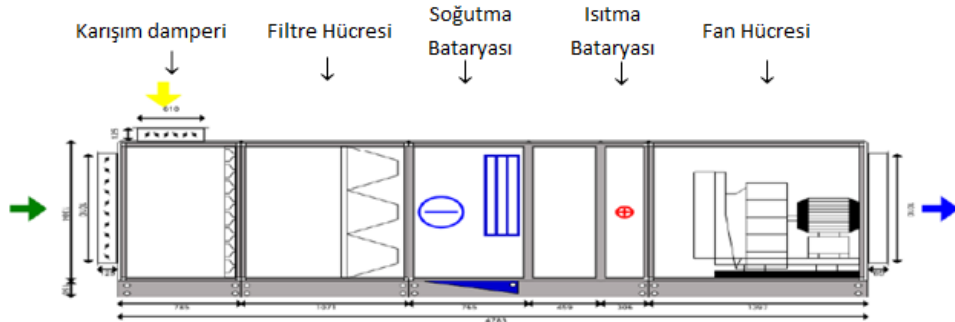
- Elektrikli ısıtıcının sıcaklık kapasitesini aştığı durumlarda santralin yanma riskini önlemek için kullanılır.
- Dijital bilgi verir.
- Manuel reset özelliği vardır.

- Çalışma aralığı 20/90 derecedir.

Door Switch;

- Kapının açılması durumunda otomasyon sistemine bilgi vermek için kullanılır.
- Özellikle Fan Kapıları için kullanılır
- Dijital bilgi verir.
- NO veya NC Kontak verir.

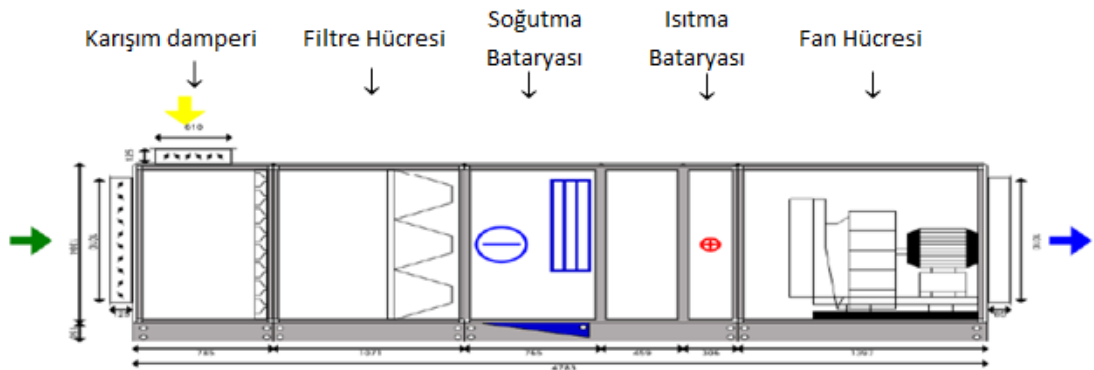
Karışım Damper Senaryoları-1 Sıcaklık Kontrolü;



Şekil 2.10: Karışımli havalandırma santrali.

Dönüş ve taze hava tarafında sıcaklık ölçümü yapılarak sıcaklık setine göre karışım PI olarak sağlanır.

Karışım Damper Senaryoları-2 CO_2 ppm Limitlemeli Sıcaklık Kontrolü;

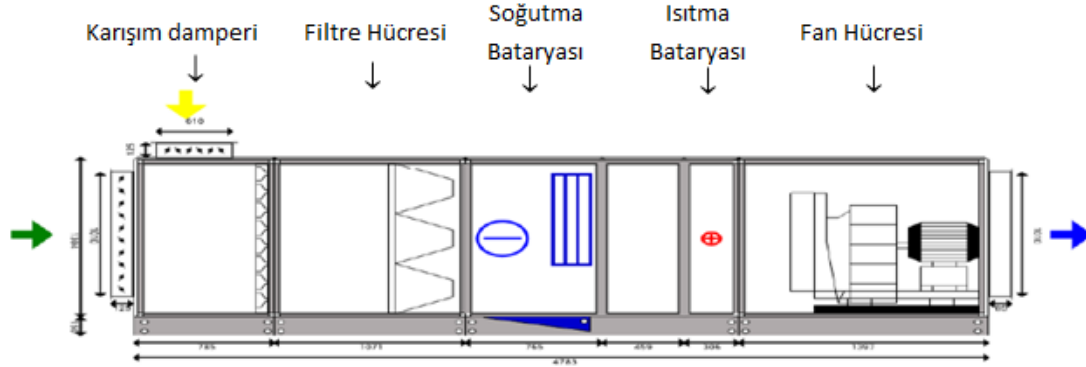


Şekil 2.11: Karışımli havalandırma santrali konfigürasyon gösterimi.

- Dönüş ve taze hava tarafında sıcaklık ölçümü yapılarak sıcaklık setine göre karışım PI olarak sağlanır.
- Ayrıca dönüş havasında CO_2 ppm değeri ölçümü için Sensor kullanılır (CO_2 + Sıcaklık Sensörü kullanılır)

- Ekrandan set edilen hava kalitesi değerine uygun olarak limitleme yapılarak karışım oranı belirlenir.

Karışım Damper Senaryoları-3 Entalpi Kontrolü;



Şekil 2.12: Karışımli havalandırma santrali gösterimi.

Entalpi kontrolü yapılması için havanın bağıl nemi ve sıcaklığının ölçülmesi gerekir.

- Entalpi ye göre karışım damperi kontrolü;
 - Soğutma ihtiyacı varken

Taze havanın entalpisi, dönüş havanın entalpisinden küçükse taze hava damperi %100 açılır, karışım damperi kapatılır.

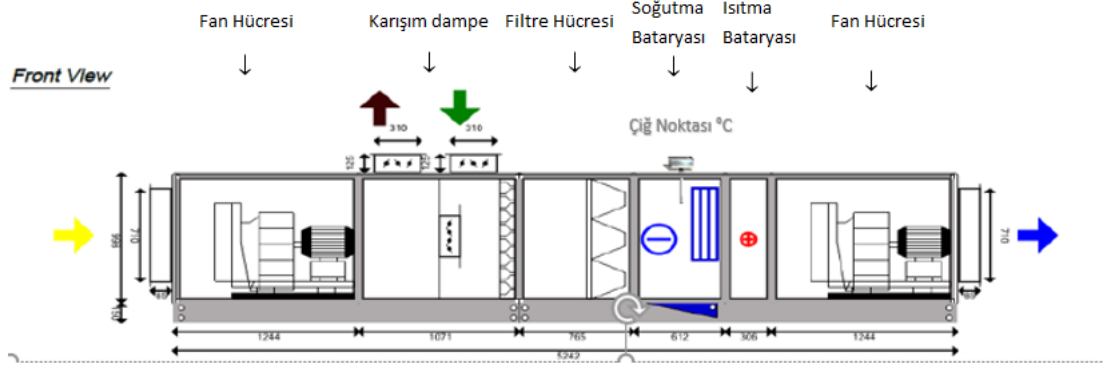
Taze havanın entalpisi, dönüş havanın entalpisinden büyükse taze hava damperi minimum pozisyonda açılır.

- Isıtma ihtiyacı varken

Taze havanın entalpisi, dönüş havanın entalpisinden küçükse taze hava damperi minimum pozisyonda açılır.

Taze havanın entalpisi, dönüş havanın entalpisinden büyükse taze hava damperi % 100 açılır, karışım damperi tam kapatılır.

Nem Alma Prosesi;



Şekil 2.13: Karışımli havalandırma santrali nem alma prosesi.

Nem alma prosesi yapılırken havayı, set değerindeki dew pointe kadar soğutup, ardından istenilen sıcaklık set değerine kadar ısıtmamız gerekir.

Örneğin;

- Set değeri %60 bağıl nem, 22 °C olan bir klima santralinde nem alma prosesi yapılacaksa eğer, öncelikle psikometrik diyagramdan çığ noktasını bulmamız gerekiyor. Bu noktanın çığ noktası 13.54 °C çıkmaktadır. Yani biz taze havayı 13.54°C'ye kadar soğutup ardından 22 °C'ye kadar ısıtırsak, mahale üflenen havanın değerleri 22°C , %60 bağıl nem olacak şekilde istenilen şartlara getirilecektir.
- Otomasyon senaryosunda soğutma bataryasından sonra 1 adet sıcaklık sensörü kullanılıp, bu sensörün değeri dew point'e düşene kadar soğutma bataryasının vanasına PI kontrol ile oransal çıkış gönderilir. Ardından ısıtma bataryasının vanasınida üfleme hava sıcaklık set değerini sağlamak için oransal PI kontrole tabi tutulur.

2.5 Havalandırma Santralinde Enerji Verimliliği Ve Eurovent Sertifikasyonu

Avrupa'da geçerli olan ve aşağıda açıklanan klima santralleri ile ilgili normlar verilmiştir,

- EN, Avrupa Standartı
- DIN 194604, Alman Hijyenik klima santral normları
- Eurovent, kalite sertifikasyonu programı

Klima sistemlerinde elektrik enerjisi kullanıldığı için konfordan vazgeçmeden sağlanabilecek tasarruf işletme maliyetlerinde önemli azalma sağlayacaktır. Bu duruma göre;

- Yazın iç sıcaklık değerinin 1 °C fazla seçilmesi enerji tüketiminde % 7 gibi bir tasarruf sağlamaktadır.
- Isı kazancı, yapıda alınabilecek pasif önlemlerle azaltılarak soğutma yükü düşürülebilir.
- Isı yalıtımı ile ısı kayıp ve kazançları azaltılmasının yanı sıra, dış duvar iç yüzey sıcaklığının daha yüksek olması sağlanarak konforun artması sağlanır. Pencerelerde çift cam kullanımı ve pencere alanlarının azaltılması, pencere ve kapı aralıklarından sızdırmanın engellenmesi, kışın ısı kayıplarını yazın da ısı kazançlarını azaltacaktır.
- Klima sistemlerinde en fazla enerji tüketen elemanlardan biri olan fanlarda enerji tasarrufu önemlidir. Sabit debili fanlar değişken debiye dönüştürülebilir.
- Bu durumda sistemde otomasyon kullanılarak fan, motor ile debiyi kontrol edebilir üfleme gereken havayı otomasyon ile kontrol edilebilir.
- Otomasyon ile sağlanacak gerekli konfor dışında enerji verimliliği artarken elektrik kullanımı azalacağından ekonomik anlamda fayda sağlanabilir.
- Otomasyon ile gerekli ısıtma konforu veya soğutma kapasitesi ayarlanarak enerji tasarrufu sağlanmaktadır.
- Otomasyon kullanılmayan klima santrali çalıştırıldığında ortama sürekli sabit debili hava üflemedir fakat bu durum otomasyon kullanılarak değiştirilebilmektedir.

Eurovent Sertifikasyon sistemi, üretilen ve montajı yapılan ürünler için gönüllü bir sertifikasyon sistemidir. Bu sistem mühendisler, üreticiler, tasarımcılar, danışmanlar için güvenilebilir bir sertifikasyon markasıdır. Bu sertifikayı alan ürünler Şekil 2.14'deki ürün performans logosunu kullanırlar.



Şekil 2.14: Systemair eurovent sertifikası (Systemair).

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Sertifikası, dünyada ve Türkiye’de en çok tercih edilen Çevreye Duyarlı Yapı Sertifikasıdır.

USGBC (Amerikan Yeşil Binalar Konseyi) tarafından oluşturulmuş yeşil bina sertifikasıdır (Sertifica, 2019). Şekil 2.15’ deki LEED sertifikasyonu, enerji verimliliği için fosil tabanlı enerji tüketiminin azaltılmasını şart koştuğundan Class A ve B tipi santraller LEED sertifikasyonu için de bir gerekliliktir. Bu nedenle tasarımcıların EUROVENT A veya enve SFP<2 olmasına dikkat etmesi gerekmektedir.



Şekil 2.15: LEED sertifikası (Systemair).

2.6 Kaynak Araştırılması

Cho, W. ve arkadaşları (2015), Kore'deki evler için talep kontrollü ve enerji tasarruflu havalandırma için yaptıkları simülasyon sonuçlarında, gereken iç hava kalite seviyesinin sağlanmasında önerilen havalandırma sisteminin, çalışma saatinin % 50'sinden biraz daha az, dış hava indüksiyonunun çalışma hızını düşürdüğünü ve havayı boşalttıkça enerji kullanımını yaklaşık % 20 düşürdüğünü ölçmüşlerdir.

Roulet ve arkadaşları (2001), yapmış oldukları bu çalışmalarında; giderek daha fazla sayıda hava kontrol ünitesi, ısı geri kazanım sistemleriyle donatıldığından bahsetmişlerdir. Isı geri kazanım sisteminin verimliliği genellikle enerji tasarrufunu hesaplamak için kullanılır. Ancak, klima santralleri her zaman planlandığı gibi çalışmaz. Özellikle, parazitik kısıyollar ve sızıntı önemli ölçüde azalabilir. Ek olarak, bu üniteler fanlar için, tasarruf edilen ısıdan daha değerli olabilecek elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Çalışma da İzleyici gaz seyreltme tekniği kullanılarak yapılan ölçümler, birkaç ünite çeşitli arızaların tespitine olanak sağlamıştır. Roulet yapmış olduğu çalışmada, klima santralleri ile gerçek enerji geri kazanımını ele almaktadır. Küresel ısı geri kazanım verimi, % 80 nominal verime sahip üniteler için % 60 ile % 70 arasındadır. En kötü üç durumda, küresel verimlilik % 10'dan az olarak belirlenmiştir. Bu gibi durumlarda, ısı geri kazanım sistemi tasarruf ettiği için daha fazla enerji kullanır.

Seem ve arkadaşları (1998) yaptıkları çalışmada; Bir HVAC sisteminin bir hava tarafı ekonomizerini kontrol etmeye yönelik bir strateji çalışması yapmışlardır ve binaya minimum ve maksimum miktarda dış hava girdiğinde yükü iki modda tahmin etmek için sistemdeki hava akımı modelini kullanmışlardır. Minimum dış hava ve maksimum dış hava kullanımı arasındaki geçişler, tercih edilen bir düzenlemede soğutma yükleri olan tahmini yüklere dayanarak gerçekleştirmişlerdir. Bu ekonomizer kontrol stratejisinin ikinci düzenlemesi, HVAC sistemindeki yükü minimize eden dış hava fraksiyonunu belirlemek için modeli ve tek boyutlu bir optimizasyon rutini kullanmışlardır.

SEEM ve arkadaşları (2002), bir başka çalışmalarında hava kontrol ünitesini kontrol etmek için bir kontrol sistemi tasarlamışlardır. Bu kontrol sistemi, bir egzoz havası damperinin pozisyonunu ve bir devridaim havası damperinin konumunu bağlar, böylece egzoz havası damperi açılır, resirkülasyon havası damperi aynı miktarda

kapatılır ve bunun tersi de geçerlidir. Dış hava damperi her zaman tamamen açık kalır. Egzoz havası damperinin ve devridaim havası damperinin göreceli konumları, dış hava damperi aracılığıyla hava kontrol ünitesine yayılan dış hava miktarını kontrol eder. Minimum dış hava ile ısıtma, dış hava ile soğutma, maksimum dış hava ile mekanik soğutma ve minimum dış hava ile mekanik soğutma durumlarının her biri için, dış hava damperi tamamen açık kalır ve egzoz hava damperi ve devridaim havası damperi, belirli bir duruma göre kontrol edilir. Sıralama stratejileri, damperlerin bu pozisyonlarını kullanan kontrol durumları arasındaki geçişlerde kullanılır.

Fan, Y. ve arkadaşları (2014), paket klima cihazlarında ısı geri kazanım içeren tavan tipi HVAC sistemlerinin termal performansını incelemek ve CO₂ talep kontrollü havalandırma sistemlerinin enerji tasarrufu verimliliğini test etmek için yaptıkları saha çalışmalarında; kullanım altındaki bölgeye (0-1.8 m) ve üst havalandırma alanına (tavan yüksekliğine) yerleştirilen algılayıcılardan alınan ölçümler, sıcaklık, bağıl nem ve CO₂ konsantrasyonu dağılım senaryoları için değerlendirilmiştir. Ölçümler sonucunda ısı geri kazanımın bina için belirlenen bir havalandırma oranı ile sürekli olarak çalıştırıldığı koşullarla karşılaştırıldığında CO₂ -DCV sisteminin yaklaşık % 30 enerji tasarrufu sağladığını söylemişlerdir.

Onur Tuğra (2002), yapmış olduğu çalışmada ki amacı, kullanıcı tarafından verilen değişken yük ve dış hava koşullarında çalışan genel bir klima havalandırma santrali modelini oluşturmak ve sabit durum çalışma karakterlerinin benzediğini gerçekleştirecek bir bilgisayar programı geliştirmek ve bu konuyla ilgili mühendislere istenilen tasarım kriterlerini doğru olarak tespit etmekte yardımcı olacak bir etkileşimli bilgisayar programı kazandırabilmektir. Bu amaçla, Delphi program ile santralin gerekli parçaları modellenmiş ve psikrometrik etüdler yapılmıştır. Bir ısıtma, havalandırma ve klima proses tasarımının enerji tasarrufu ve daha iyi konfor şartlarının sağlanması amacıyla sayısal yöntemler aracılığı ile geliştirilmesi ve en iyilenmesi mümkündür.

Adem Akpınar' ın(2019) yapmış olduğu çalışma talep kontrollü havalandırma; sistemin hizmet verdiği alanların doluluk oranı, tasarımın doluluk oranından az olduğunda, dış hava girişinin (hava akış kontrolü) tasarım hızlarının altında otomatik olarak indirilmesini sağlayan bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Bu sistem gereksiz havalandırmayı azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak için kullanılabilir. CO₂

(karbondioksit) algılama, bir alandaki insan sayısını veya insanlar ile ilgili kirletici kaynakların gücünü tahmin etmek için kullanılabilir. Bu kontrol yaklaşımı CO₂ tabanlı Talep Kontrollü Havalandırma olarak adlandırılır. Bu yaklaşım, ASHRAE Standardı 62.1-2010'a göre gereken havalandırmayı sağlarken havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde enerji tüketimini azaltma için bir fırsat sunmaktadır. Bu çalışmada esas alınan konu havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde verimliliği düşürmeden maliyeti azaltmak için yapılabilecek çalışmaları esas almaktır. Akpınar çalışmasında hava akış kontrolü yapılarak, CO₂ tabanlı Talep Kontrollü Havalandırma sisteminin optimal kontrol çalışma çözümlerini belirlemek amacıyla Türkiye'de bir üniversite kampüsü çok bölgeli bir eğitim binasında CO₂ tabanlı Talep Kontrollü Havalandırma sisteminin yerinde uygulanması ve geçerliliği üzerine bir çalışma yapılmıştır.

Baba ve arkadaşları (2010) enerji kaynaklarının en önemlisini oluşturan petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtların, hızla tükenmekte olması sebebiyle ve bu kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar; enerji verimliliğini, dolayısıyla da enerji yönetimi kavramını gündeme getirmiştir. Bu sebeple, enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak için çok çeşitli programlar uygulanmaktadır. Bu çalışmada, klima sistemlerinde enerji yönetimi ve optimizasyonu ele alınarak incelenmeye çalışılmıştır.

Buna göre;

- a. Örnek olarak ülkemizin dört farklı iklim bölgesinden seçilen İstanbul, Ankara, Antalya ve Erzurum illerinde bulunan bir alışveriş merkezinin klima santrallerindeki saatlik sıcaklık ve nem değerleri ile ısıtma yükleri hesaplanmış,
- b. Tasarlanan sistemlerde, plakalı ve döner tip ısı değiştirici kullanılarak tekrar saatlik sıcaklık ve nem değerleri ile ısıtma yükleri hesaplanmış,
- c. Geri kazanımlı ve kazanımsız durumlar; ilk yatırım maliyetleri, klima sistem ekipmanları, doğalgaz ve elektrik masrafları açısından karşılaştırılmış,
- d. Bu sistemlerde kullanılan elektrik motorları yerine yüksek verimli motorların kullanılması durumunda oluşacak yeni tüketim değerleri ve ilk yatırım maliyetleri belirlenmiş,
- e. İklimlendirme sistemine uygulanacak olan otomasyon sistemi seçimi yapıp ilk yatırım masrafları ve sağlayacağı faydalar tespit edilmiş,

f. Alışveriş merkezinin bulunduğu şehrin dış hava sıcaklık değerleri incelenerek; geçiş ayları ve soğutma sezonu boyunca saatlik serbest soğutma potansiyeli belirlenmiş ve toplam enerji tüketimi hesaplanmıştır.

g. Yapılan yeni sistem tasarımları bir bütün olarak incelenmek suretiyle ekonomik analizler yapılmıştır.

Hao X. ve arkadaşları(2007), yapmış oldukları çalışmada, nemli bir bölge olan Hong Kong'daki bir ofis odasına tavandan soğutma sistemi kurulmuş ve oda içerisine giren temiz hava kontrollü olarak soğutulmuş ve nemi alınmıştır. Bu şekilde, tavandan soğutma sistemlerinden oldukça iyi verim alındığı belirtilmiştir.

Binghooth ve Zainal (2012), üç farklı hava debisi için yaptıkları deneyler sonucunda; 243 kg/h kütleli debide ve 2673 kg/h yüksek kurutma kapasitesiyle ısıtma yapmaksızın, mahal içerisindeki bağıl nemi %40 oranına kadar 10 dakika içerisinde düşürmüşlerdir. Ayrıca, aynı ısı konfor şartları altında tavan yüksekliğinin enerji tüketimine etkisini incelemişlerdir. Elde ettikleri bulgulara göre, yerden 2 m yükseklikte enerji sarfiyatı açısından en düşük değerlere ulaşıldığını görmüşlerdir.

Ali Rabzan (2019), klima Santralinin (AHU) enerji verimliliğini artırmak için gerçek zamanlı bir enerji yönetim sistemi geliştirilmiştir. Sistem, AHU işletiminden toplanan gerçek veriler kullanılarak kablosuz izleme yoluyla test edilen bir AHU' daki alt sistemlerin performansını analiz etmeye yönelik modellerden oluşmuştur. Sistem, soğutma bobinini ve ön ısıtma bobini aynı anda açmak gibi kontrolle ilgili arızaları tespit eder. Sistem, bu tip kontrol arızasının, soğutma bobini ve ön ısıtma bobini içerisinde 63.455 kWh boşa harcadığını tahmin etmiştir. Ayrıca, sistem belirlenen değişikliklerle diğer enerji tasarrufu fırsatlarının belirlenmesine yardımcı oldu. Test edilen durumda, belirlenen fırsatlar Aynı çalışma süresi boyunca enerji tasarrufu 77.141 kWh potansiyeline sahiptir.

Shea ve arkadaşları (2019), yapmış oldukları çalışmada, (Kontrol tabanlı enerji verimliliği önlemleri ile üniversitenin hava kontrol ünitesi enerji kullanımını azaltmak), ABD'deki ticari bina enerji kullanımının en büyük kısmını tüketen ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) ile HVAC enerji verimliliği önlemlerinin belirlenmesi büyük bir etkiye sahip olabilir. Bu nedenle, bu araştırma, üç enerji verimliliği ile enerji tasarrufu için analiz edilen beş farklı binadaki on iki toplam hava işleme ünitesinin (AHU) on bir adet toplam binadaki (akademik, atletizm, idari, ibadet

yeri ve kütüphane) bir üniversite vaka çalışmasından elde edilen sonuçları sunmaktadır.

-Beş binadaki on iki üniversitede hava kontrol ünitesi (AHU), potansiyel enerji tasarrufu için analiz edilmiştir.

-11 AHU, aşırı basınç altındayken, statik basınçlarını azaltarak % 33 fan enerji tasarrufu sağlanmıştır.

-9 AHU gece boyunca boş bölgelere hizmet etti; Bunları kapatmak, % 35 oranında fan enerji tasarrufu sağlanmıştır.

-Tüm ekonomizörler tamamen ya da kısmen hatalı çalışıyorlardı, kontrollerini sabitlemek % 17 soğutma tasarrufu sağlayabilir.

Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri, düşük enerjili binalarda ana enerji tüketicileri olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı ve AHU bileşenlerinde $30^{\circ}C + 10^{\circ}C$ değişken ortam sıcaklığındaki ekserji tahribatını hesaplamak için Performans Katsayısı (COP), evrensel ve fonksiyonel ekserji verimliliklerini içeren termodinamik parametreler kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları göstermektedir ki HRE kullanarak COP ve ekserji verimleri, HRE olmayan AHU ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak daha iyidir. Verimliliği yüksek olan HRE kullanılarak, termodinamik göstergeler önemli ölçüde iyileştirilebilir. Çalışma, HP ile gelişmiş kontrol yöntemi ve İHE ile donatılmış AHU'ların, araştırılan diğer AHU'lara kıyasla daha avantajlı olduğunu göstermektedir (Martinaitis, 2018). referans sıcaklık değişimlerini dikkate alarak Klima Santrallerinin (AHU) değerlendirilmesi için yeni bir metodoloji sunmaktır. Isı eşanjörleri için geliştirilen ve daha önce yazarlar tarafından yayınlanan, coenthalpy kavramını kullanan metodoloji kullanılmıştır. Sudan Havaya Isıtıcı (WAH), Isı Geri Kazanım Eşanjörü (HRE) ve Isı Pompası gibi enerji aktarma cihazlarını içeren dört AHU (HP) araştırıldı.

Noussan (2017) yaptığı çalışmada alan ısıtma ve soğutma hem konut hem de üçüncül sektör binalarında enerji tüketiminin en önemli nedenlerinden biri olduğunu söylemektedir. Özellikle, hizmet binaları ve ofislere çoğunlukla, kontrol mantığının güvenilirliği ve performansı sağlamak için temel teşkil ettiği tamamen havalandırılmalı HVAC sistemleri tarafından hizmet verilmektedir. Bu nedenle bina otomasyon sistemleri, bu bağlamlarda enerji tüketimini azaltmak için bir destek aracı olarak

giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu nedenle, operasyonel verilerin gerçek birimlerden ayrıntılı analizi, tüm hava sistemlerinin performansını ve işleyişini etkileyen ana değişkenleri anlamada yardımcı olabilir. Bu çalışma, büyük bir üniversite sınıfına hizmet veren bir Klima Santralinin (AHU) işletme verileri analizinden bazı sonuçlar sunmaktadır. Enerji tüketiminin ana etkenleri vurgulanır ve sınıfın doluluk oranının sistemin enerji dengesinde önemli bir önemi olduğu tespit edilir. Geçmiş işlem verilerinin varlığı, AHU'nun fiili çalışması ile nominal parametrelerden beklenen performans arasında bir karşılaştırma yapılmasına olanak sağlar. Isı geri kazanım ünitesinin farklı yıllar boyunca işletme analizi dikkate alınarak bir arıza tespit örneği önerilmiştir.

E.Pakanen 2003 yılında yaptığı araştırmada bina otomasyon sistemleri (BAS), ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) süreçlerinin arıza tespiti ve izolasyonunda (FDI) yaygın olarak kullanıldığını söylemektedir. Genellikle sürece doğrudan arayüz ile bağlanan bir BAS, sadece FDI algoritması için veri izler veya toplar. Otomasyon sisteminin hem kontrol hem de izleme eylemleri nadiren DYY için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, binalarda böyle bir teşhis yaklaşımı mümkündür ve bu çalışmada gösterilmiştir. Arıza tespiti, bir sürece uygulanan bir dizi kontrol ve izleme eylemi olan çevrimiçi bir tanı testine (ODT) dayanmaktadır. Bir ODT gerçekleştirmek, öngörülen giriş sinyallerini kullanarak, yanıtları denetleyerek ve sonuçları bir süreç modeliyle karşılaştırarak otomatik süreci heyecanlandırıcı anlamına gelir. Tüm işlemler çevrim içi, sürecin normal yukarı durumunda yapılır ve otomasyon sistemi tarafından kontrol edilir. Arıza tespit yöntemi bir hava kontrol ünitesi (AHU) için ana hatlarıyla belirtilir ve ön ısıtma işlemi için uygulanır. Yaklaşım gerçek bir binada, bir BEMS'deki teşhis algoritmalarını programlayarak, bir üniversite binasına kurulan ve daha fazla test çalışması yaparak gösterilmektedir. Hatalar, toplanan verilerin istatistiksel bir modelle karşılaştırılmasıyla tespit edilmiştir.

Michel Noussan (2017) yaptığı çalışmada klima Santralinin operasyonel performansı: veri analizinden elde edilen bilgiler isimli bir makalede büyük bir üniversite sınıfına hizmet veren bir Klima Santrali'nin (AHU) çalışma verileri analizinden bazı sonuçlar sunmuştur. Enerji tüketiminin ana itici güçleri vurgulanmış ve sınıftaki doluluk oranının sistemin enerji dengesinde önemli bir önemi olduğu bulunmuştur. Geçmişteki işletim verilerinin mevcudiyeti, AHU'nun gerçek işletimi ile nominal parametrelerden beklenen performans arasında bir karşılaştırma yapılmasını

sağlamıştır. Isı geri kazanım ünitesinin farklı yıllar boyunca çalışma analizi dikkate alınarak bir arıza tespiti örneği örneklendirilmiştir. AHU'nun güç tüketimi yıl boyunca sabitken, ısıtma kullanımı ve soğutma kullanımında, varyasyonların ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Isı varyasyonunun ana itici gücü dış ortam sıcaklığı gibi görünmektedir, ancak sınıf doluluk oranı, sınıf dolduğunda ısı tüketimini düşürmede kritik bir etkiye sahiptir. Operasyonel verilerin izlenebilmesi, ısı geri kazanım ünitesinde bir arıza bulmasına neden olmuştur. Otomatik bir algoritmanın uygulanması, gelecekte bir arıza tespitine yol açabilir. Bu veri analizi, tek başına raporlaştırma sorunlarının veya hatalarının performansını canlı olarak kontrol edebilen bazı otomatik algoritmaların tanımının temelini oluşturmaktadır.

Jingkun Gao'nun (2018) yapmış olduğu otomasyonu bina üzerindeki gösterdiği verimi ele alarak, yaptığı çalışmalarda binaların enerji verimliliği üzerine değinmiştir. Bina otomasyon sistemleri, diğer şeylerin yanı sıra, binanın enerji verimliliğini artırmak için veri analitiği kullanma potansiyelini sağlamak için bol miktarda sensör verisi sağlamıştır. Sorunun doğasının yanı sıra mevcut çözümlerin performansını ve ölçeklenebilirliğini daha iyi anlamak için, 35 bina sahasında kullanılan 614 hava işleme ünitesinden (AHU) sensörlere 6 farklı zaman serisi tabanlı meta veri çıkarım yaklaşımı uygulanmış ve test edilmiştir. FDD uygulaması için gerekli olan AHU'lara 12 tip sensör ve aktüatör çıkarılmıştır: AHU performans ve değerlendirme kuralları (APAR). Sonuçları şunları göstermektedir;

- 1) Bu yaklaşımların doğruluk açısından ortalama performansı, şantiyeler arasında benzerdir, ancak önemli bir farklılık vardır.
- 2) Yeni bir görünmeyen bina için APAR'ın ihtiyaç duyduğu nokta tiplerini sınıflandırmanın beklenen doğruluğu ortalama % 75'tir.
- 3) Eğitim verileri ve test verileri bitişik aylardan çıkarıldığı sürece modelin performansı düşmez.

FDD uygulamaları için, bu yaklaşımlar gerekli meta verileri % 75 doğrulukla çıkarabilmektedir. Sonuçlar, eğitim / test verilerindeki mevsimsellik etkilerine özellikle duyarlıdır. Doğruluk ve etiketleme maliyeti değişimleri yumuşak eşikleme ile azaltılabilmektedir.

Ryan P. ve arkadaşları (2019) kontrollere dayalı enerji verimliliği ile üniversitedeki klima santrali enerji kullanımının azaltılması konulu çalışmada, beş binadaki on iki Dayton Üniversitesi klima santrali ünitesi (AHU) potansiyel enerji tasarrufu açısından analiz edilmiştir. 11 AHU'ya aşırı basınç uygulandı; statik basınçlarının düşürülmesi % 33 fan enerji tasarrufu ile sonuçlanmıştır. Dokuz AHU gece boyunca boş alanlara hizmet etti; bunların planlanması, % 35 fan enerji tasarrufu ile sonuçlanmıştır. Tüm ekonomizörler tamamen veya kısmen hatalı olarak tanımlanmıştır; kontrollerinin sabitlemesi % 17 soğutma tasarrufu sağlayabildiği görülmüştür.

Araştırmalar sonucunda genellikle iklimlendirme sektöründe klima santralleri veya diğer adlandırılmasıyla havalandırma santralleri sadece tek veya iki parametre ile hesaplamalar makale adı altında yapılmıştır. En güncel olarak gösterebileceğimiz çalışma CO₂ kontrol tabanlı planlanan "Eğitim Binalarında Kullanılan Klima Santrallerinin Enerji Kazancı Uygulamalı Modeli" isimli çalışma yüksek lisans tezi ile 2019 yılında yapılmıştır.



3.METARYAL VE METOD

Aircalc programı batarya, plaka, nemlendirici, fan, motor tedarikçilerinden alınan asıl veri değerlerinin programa entegre edilerek mahale uygun konfor şartlarında seçimlerin yapıldığı bir programdır. Bu program sayesinde yapılan seçimler istenilen konfor şartlarını yerine getirebilmekte ve seçilen cihaz konfigürasyonlarının doğru çalışmasına olanak sağlamaktadır. Örnek olarak ziehl-abegg dünyaca bilenen bir fan-motor markasıdır. Bu markaya ait fan motor standartları parametreleri sistem içerisinde programlandırılmıştır. Yapılan seçimler mahale uygun olarak çalışmakta ve taze hava standartlarını karşılamaktadır. Aircalc programı sayesinde havalandırma santrallerinin mahal koşullarına ait hava şartlarını girerek cihazın tasarımı yapılmaktadır. Cihaz tasarımı sonrasında üretime gerekli dokümanları iletilip üretilmesi akabinde müşteriye gönderilmesi ile işlem tamamlanmaktadır. Bu program sayesinde mahalın hava kalitesini arttıran cihaz seçimleri yapılmaktadır.

Biz bu programı kullanarak Karaman ilinde bulunan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesinin konferans salonun, hava kalitesine arttırabilecek santral seçimi yapıldı. Yaptığımız santral seçimi sayesinde belirttiğimiz karışım oranlarına istinaden teknik dokümanlar toplandı.

Aircalc programını kullanarak istediğimiz hava şartlarını sisteme girdiğimizde üretilen ve hava şartlarını iyileştiren bir tasarım/cihaz elde edilmiştir.

Seçilen cihaz tamamen Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi konferans salonuna uygun hava standartlarında seçilen ve alınan veriler hava standartlarını konforlu hale getirmektedir.

İlk olarak aircalc seçim programı ile Karaman il sıcaklık şartları olan KT Kış: -12, KT Yaz: 34, YT Yaz: 21 alınarak karışım havalı klima santrali seçilmiştir. Aircalc programı; klima santralini ortamın istenilen hava şartlarına göre, ısıtma ve soğutma ihtiyacını karşılayacak olan bataryaları dahil olmak üzere sistemi tasarlayacağımız programdır.

Teknik dokümandaki veriler sayesinde batarya, fan-motor elektrik tüketimini, verimlerini hesaplayarak verimli olan cihaz gösterilmiştir. Santral konfigürasyonumuz karışımli havalandırma santralini örnek alarak hesaplama yapılmaktadır. Bu sayede ortamdaki insan sayısı değiştikçe ortama gerekli olan taze hava oranını karışım damperleri ile ayarlayabiliyoruz. Karışım damperleri ile ayarlanan taze hava debisi

daha az elektrik tüketimi, daha fazla verimli cihazı göstererek karışimli santralin önemi ön plana çıkarılmıştır. Aynı zamanda seçim programı sayesinde seçtiğimiz karışimli havalandırma santraline otomasyon eklersek ne olur, bize ne gibi sonuçlar gösterir, nasıl verimli tüketici oluruz gibi sorularımızın cevabını bulmuş oluyoruz.

Klima santrallerinde birçok sensör çeşidi kullanılır. Kullanıldığı yere göre basınç, sıcaklık, nem miktarı, karbondioksit miktarı, hava hızı, hava kalitesi vb. kriterleri ölçen sensörler bulunur. Karışım havalı klima santralini kontrol edebileceğimiz otomasyon sisteminde kullanacağımız parametreler kanal sıcaklık sensörü, oda sıcaklık sensörü, damper motoru aç/kapa oransal kontrolü, fark basınç sensörü, donma koruma, sulu ısıtma ve soğutma bataryaları kapasite kontrol, CO_2 sensörü, nem sensörü kullanılmıştır. Kullanılan sensörleri aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

Klima santralindeki havanın sıcaklığını ölçmeye yarayan sensörlerdir.

CO_2 + sıcaklık sensörü; Klima santralindeki havanın CO_2 miktarını ve sıcaklığını ölçmeye yarayan sensördür.

Sıcaklık + nem sensörü; Klima santralindeki havanın nem miktarını ve sıcaklığını ölçmeye yarayan sensördür.

Basınç sensörleri; Klima santralindeki havanın basıncını ölçmeye yarayan sensördür.

Donma termostatu; Çok soğuk havalarda ısıtma bataryasının patlama riskine karşı bataryayı korur.

Yüksek Sıcaklık Termostatu; Isıtıcının sıcaklık kapasitesini aştığı durumlarda santralin yanma riskini önlemek için kullanılır.

Karışım havalı klima santrali önce tam yükte çalıştırılacak ve sistemin ne kadar enerji tükettiğini, fan ve motorun enerji verimliliği hesaplanmıştır.

Konferans salonundaki kişi sayısına göre karışım havalı klima santralinin, karışım hücreindeki taze hava damper motoru otomasyon ile ayarlanıp ve buna göre klima santrali ortama gerekli taze hava hesaplamaları yapılmıştır. Damper motoru, ısıtma-soğutma ve havalandırma sistemlerinde hava debisi kontrol damperlerinin kumandası için kullanılmaktadır.

Kişi sayısı arttıkça ortama üflenecek taze hava oranı artacağından debiyi değiştirerek verimlilik hesaplanmıştır. Ortamdaki kişi sayısı azaldığını varsayarsak eğer sistemin tam kapasitede çalışması yerine yarı kapasitede veya daha az kapasitede çalışması

sağlanacaktır. Karışım havalı klima santralindeki karışım hava oranı damper ile ayarlanacak aynı zamanda ortama %100 debide hava üflenmemiştir. Bu sayede sistemi tam kapasitede çalıştırmayıp enerjiden tasarruf sağladığımızı görebilmekteyiz.

Sistem ortamdaki kişi sayısına göre taze hava miktarını ayarlayacaktır. Bu sayede klima santrali ortama gerekmediğinde taze hava vermeyecek ve sürekli çalışmayacaktır. Bu sayede gereksiz havalandırmayı azaltmış ve verimliliği arttırmış olduk.

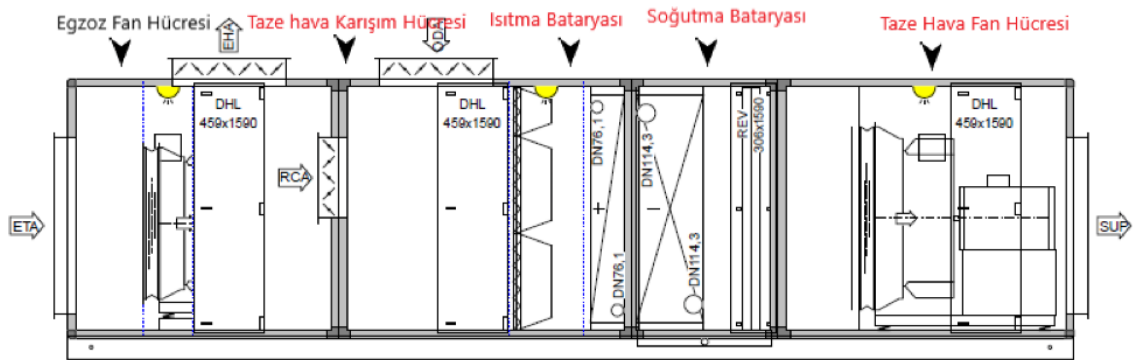
Hesaplamalar sonucunda otomasyonda kullanılan parametrelerin hangisinin ne kadar enerji verimliliği etkilediğini gözlemlemiş ve kesinleştirilmiştir.

3.1 %50, % 40, %30, %20 Karışım Havalandırma Santralleri Konfigürasyonları ve Aralarındaki Farklar

Systemair HSK fabrikasında daha önce üretilen santrallerin test raporları incelendiğinde, seçim çıktısı ve test aşamasında görülen değerler birbiri ile uyumlu olduğunu görebilmekteyiz. Bu sebeple yaptığımız tez çalışmasında seçim çıktısındaki verileri kullanmak doğru sonuçları elde etmemizi sağlamaktadır.

Seçtiğimiz santral konfigürasyonunda taze hava oranını üretilip otomasyon ile değiştirmedığımız için, mevcut seçtiğimiz santralde taze hava oranını değiştirip seçimleri taze hava oranına göre yaptığımızda doğru kıyaslamayı sağlamış olacağız.

Öncelikle belirlediğimiz santral konfigürasyonunu tanıyalım;



Şekil 3.1: Karışım havalandırma santrali konfigürasyonu.

Belirlediğimiz santral tasarımı soldan sağa doğru şekil 3.1 üzerinde de isimlendirdiğimiz gibi; Egzoz fan hücresi, taze hava karışım hücresi, ısıtma bataryası, soğutma bataryası ve taze hava fan hücresinden oluşmaktadır.

Klima santrali seçimimizde alınan sıcaklık değerleri Karaman İli yerleşkesi içindir,

Karaman	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mays	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1951-2018)													
Ortalama Sıcaklık °C	0,5	1,9	6,3	11,5	16,0	20,2	23,4	22,9	18,7	12,9	6,9	2,5	12,0

Şekil 3.2: Karaman ili ölçüm periyodu.

Mahal konfor şartı 22°C olarak kabul edilmiştir. Santrallerin Pazartesi-Cuma haftaiçi günlük 10 saat çalıştığı kabul edilmiştir.

Dış hava sıcaklıkları için meteoroloji sayfasından Karaman'nın aylık ortalama sıcaklıkları alınmış ve mahal ısı kayıp&kazanç kapasitelerine göre mahali istenilen şartlara getirmek için gereken ısıtma-soğutma kapasiteleri hesaplanmıştır. Isıtma soğutma kapasiteleri dış hava sıcaklıklarının ekstrem değerlerine göre (örneğin kış için -12, yaz için 30 derece) yapıldığından geçiş mevsimleri ve sıcaklıkların konfor şartlarına daha yakın olduğu günlerde ihtiyaçtan daha fazla ısıtma soğutma yapılmaktadır. Hâlbuki otomasyonlu santrallerde dış hava sıcaklığı ölçülerek istenilen mahal sıcaklığını yakalamak için ihtiyaç kadar su bataryadan geçirilecektir (motorlu vana kısılacaktır).

Öncelikle santral konfigürasyonumuzda %50 taze hava karışımli olarak santral seçilmiş olup aldığımız değerler aşağıdaki gibidir,

	OTOMASYONSUZ		OTOMASYONLU	
	KS-1 EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ (kWh)	KS-1 EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ (kWh)
50% EC				
FAN GÜCÜ (kW/h)- ASP	3,5X4	140	4X3,43	137,2
FAN GÜCÜ (kW/h)- VAN	5X4	200	4X4,8	192
ISITMA BATARYA (kW/h)	389	3890	146	1460
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	362	3620	28,2	282

Çizelge 3.1: %50 Karışımli EC fan olması durumunda enerji tüketimi.

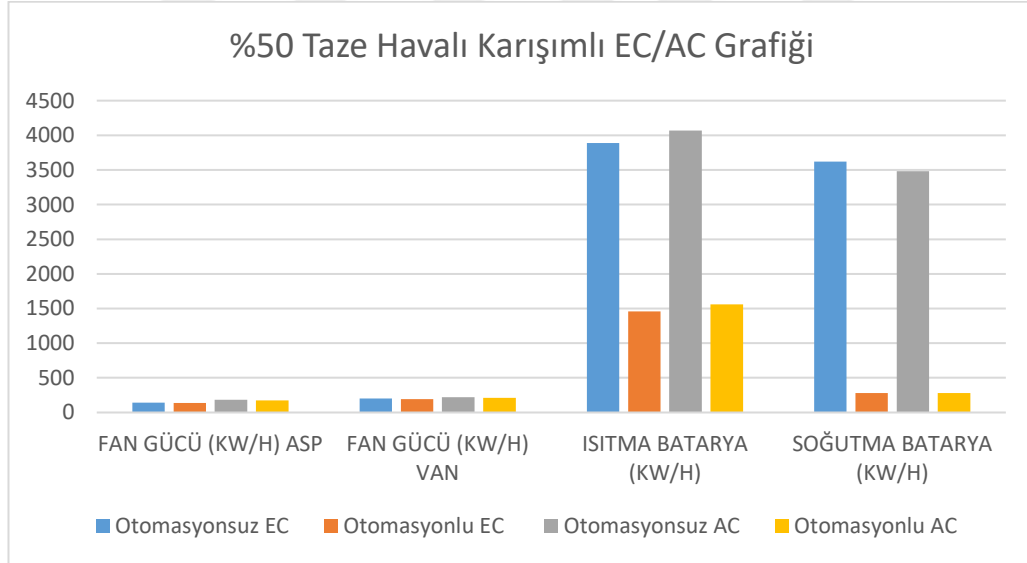
OTOMASYONSUZ	OTOMASYONLU
--------------	-------------

50% AC	KS-1 AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ (kWh)	KS-1 AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ (kWh)
FAN GÜCÜ (kW/h) – ASP	18,5	185	17,42	174,2
FAN GÜCÜ (kW/h)- VAN	22	220	21,21	212,1
ISITMA BATARYA (kW/h)	407	4070	156	1560
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	348	3480	28,21	282,1

Çizelge 3.2: %50 Karışımli AC fan olması durumunda enerji tüketimi.

%50 Taze havalı seçtiğimiz santralde AC ve EC fan olarak seçildiğinde elde ettiğimiz veriler neticesinde otomasyon kullandığımızı varsayarak karşılaştırmalı tablo olan Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2 de gösterilmiştir.

Havalandırma santralinde hem EC fan kullandığımızda hem de Otomasyon kullandığımızda ne kadar elektrik tüketiminden kar elde ettiğimizi ve verimliliği görebilmekteyiz, aynı şekilde tabloda elde edilen veriler grafik ile de gösterilmiştir.



Şekil 3.3: %50 Taze havalı AC/EC grafiği.

Yaptığımız seçimlerde de görebileceğimiz gibi %50 taze hava karışımli klima santralinde kullandığımız AC motorlu fan için alınan değer günlük 10 saat çalıştığını varsayarsak toplam enerji tüketimi 185 kW/h iken EC motorlu fan kullandığımızda bu değer 140 kW/h olmaktadır. Günlük olarak 45 kW/h enerji tüketimi azaldığında aylık olarak bu değer 45 kW/h x 20 (iş günü) olmaktadır. Aynı zamanda otomasyon ile entegre edildiği zaman bu aradaki oran artmaktadır. Dolayısı ile hem EC fan motor

kullanıldığında hem de otomasyon kullandığımızda aylık enerji tüketimi 740 kW/h olmaktadır. Aspiratör fanı, vantilatör fanı, ısıtma ve soğutma bataryası göz önünde bulundurulduğunda aylık enerji kazancı 3144 kW/h olmaktadır.

Isıtma bataryasını hem otomasyonlu hem de otomasyonsuz kontrol ettiğimizde otomasyonsuz çalıştığında günlük 10 saat çalışması durumunda aldığımız veri 3890 kW/h tüketim olmaktadır. Eğer otomasyon kullanmamız durumunda bu değer 1460 kW/h olacaktır. Aradaki fark günlük olarak enerji tüketimi 2430 kW/h düşmektedir. Otomasyon entegre olduğunda cihaz verimini buradan da anlayabilmekteyiz.

%40 Taze hava karışıklı klima santralimizde EC ve AC fan olarak alınan değerler Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4 olarak aşağıdaki gibidir;

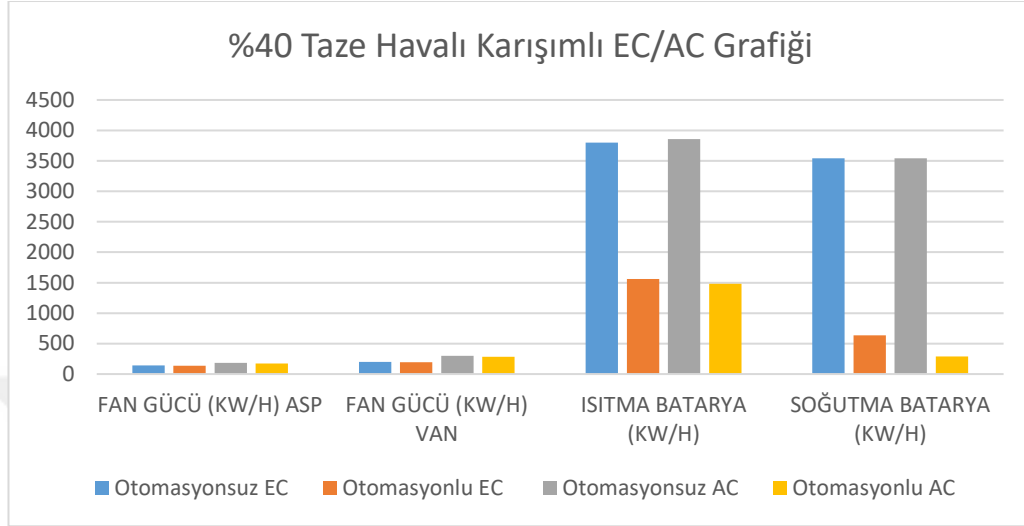
40% EC	OTOMASYONSUZ		OTOMASYONLU	
	KS-1EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	KS-1EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ
FAN GÜCÜ (kW/h) ASP	3,5x4	20	4X3,43	137,2
FAN GÜCÜ (kW/h) VAN	5,4x4	216	4X4,8	192
ISITMA BATARYA (kW/h)	399	3990	156	1560
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	350	3500	63,36	633,6

Çizelge 3.3: %40 Karışıklı EC fan olması durumunda enerji tüketimi.

40% AC	OTOMASYONSUZ		OTOMASYONLU	
	KS-1AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	KS-1AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ
FAN GÜCÜ (kW/h) ASP	18,5	185	17,42	174,2
FAN GÜCÜ (kW/h) VAN	30	300	28,26	282,6
ISITMA BATARYA (kW/h)	386	3860	147,95	1479,51
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	354	3540	28,70	286,96

Çizelge 3.4: %40 Karışıklı AC fan olması durumunda enerji tüketimi.

%40 Taze havalı seçtiğimiz santralde AC ve EC fan olarak seçildiğinde elde ettiğimiz veriler neticesinde otomasyon kullandığımızı varsayarak karşılaştırmalı tabloda gösterilmiştir.



Şekil 3.4: %40 Taze havalı AC/EC grafiği.

Ortamdaki kişi sayısına göre karışım oranını otomasyon sayesinde kontrol edilebilmektedir. Otomasyon klima santraline entegre edilmesi durumunda ortamdaki kişi sayısına göre ortamın ihtiyacı olan taze hava miktarı hesaplanabilmektedir. Bu sayede taze hava karışım miktarı kontrol edilebilmektedir.

%40 taze havalı çalıştırıldığında sadece aspiratör fanından elde edilen günlük 10 saatlik çalışması durumunda enerji kazancımız 2000 kW/h olmaktadır. AC fan motor kullanımında günlük 10 saatlik enerji tüketimi 185 kW/h olmakta iken AC fan motor kullanımına aynı zamanda otomasyon eklediğimizde 10 saatlik enerji tüketimimiz 174,2 kW/h olmaktadır. AC fan motora sahip klima santralinde aynı zamanda otomasyon kontrol panosu ile kullanıldığında aylık enerji tüketimimiz 216 kW/h azalmaktadır. Aynı oranı diğer ürünlerde de görebilmekteyiz.

%40 karışım havalı olan cihazımız için aynı zamanda ısıtma bataryasını da kontrol edilmiştir. Sadece ısıtma bataryasında hem otomasyon entegre olduğunda hem de otomasyon olmadığında çalışması durumunda enerji tüketimimiz azalır azalmadığını görebiliriz. EC fan ile çalışan cihazımız için otomasyon kullanmadığımızda günlük 10 saat çalıştığını varsayarsak eğer günlük 3990 kW/h tüketim olmaktadır. Eğer bu cihazımızı otomasyon entegre olarak kullanırsak günlük enerji tüketimimiz 1560 kW/h olmaktadır. Ortalama %40 enerji tüketimi farkını görebilmekteyiz. Otomasyon entegre

kullandığımız cihazda ortam sıcaklığı istenilen sıcaklığa geldiğinde çalışmayacağından sistem ekstra sıcak hava üflemez. Bu sayede verimliliğimizi arttırabilmekteyiz.

%30 Taze hava karışımı klima santralimizde EC ve AC fan olarak alınan değerler Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6 da gösterilmiştir;

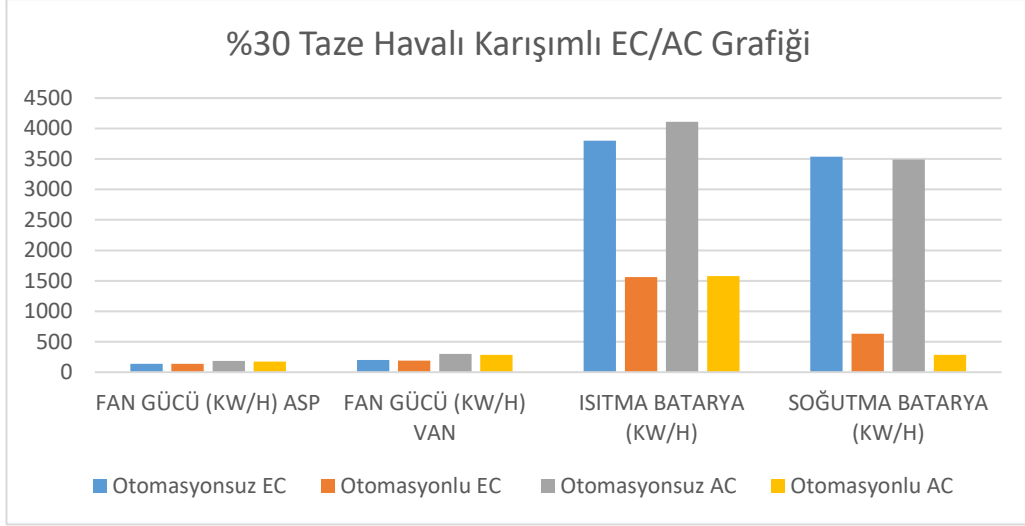
Çizelge 3.5: %30 Karışımı EC fan olması durumunda enerji tüketimi.

	OTOMASYONSUZ		OTOMASYONLU	
	KS-1EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	KS-1EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ
30% EC				
FAN GÜCÜ (kW/h) ASP	3,5x4	140	4X3,43	137,2
FAN GÜCÜ (kW/h) VAN	5x4	200	4X4,8	192
ISITMA BATARYA (kW/h)	380	3800	156	1560
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	354	3540	63,36	633,6

	OTOMASYONSUZ		OTOMASYONLU	
	KS-1AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	KS-1AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ
30% AC				
FAN GÜCÜ (kW/h) ASP	18,5	185	17,42	174,2
FAN GÜCÜ (kW/h) VAN	30	300	28,26	282,6
ISITMA BATARYA (kW/h)	411	4110	157,53	1575,33
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	349	3490	28,29	282,91

Çizelge 3.6: %30 Karışımı AC fan olması durumunda enerji tüketimi.

%30 Taze havalı seçtiğimiz santralde AC ve EC fan olarak seçildiğinde elde ettiğimiz veriler neticesinde otomasyon kullandığımızı varsayarak karşılaştırmalı tabloda gösterilmiştir.



Şekil 3.5: %30 Taze havalı AC/EC grafiği.

Taze hava oranını %30 a çektiğimiz zaman enerji tüketimimizi bu kez vantilatör fanını da göz önünde bulundurarak hesaplayalım;

%30 taze havalı çalıştırıldığında aspiratör fanı AC ve EC otomasyonsuz olarak kontrol ettiğimizde AC motorlu çalıştığı durumda 10 saatlik enerji tüketimimiz 185 kW/h olmakta iken EC fan motor kullandığımız günlük 10 saatlik enerji tüketimimiz 140 kW/h olmaktadır. Aylık olarak 20 iş günü varsayarsak toplam enerji tüketimimiz EC fan motor olması durumunda 900 kW/h azalmaktadır.

Aynı zamanda AC fan motor kullanımında otomasyon panosu entegre ettiğimizde günlük 185 kW/h enerji tüketimi olurken otomasyon kullanmamız durumunda bu değer 174,2 kW/h e düşmektedir. Hem AC fan motor kullanımında otomasyon entegre şekilde çalışması durumunda aylık olarak 216 kW/h enerji tüketiminin düştüğünü görmekteyiz. Aslında sadece otomasyon entegre ettiğimiz zamanlarda bile enerji tüketiminin minimum %6 azaldığını görmekteyiz.

EC fan motor ve otomasyon kullandığımızda, otomasyon kullanmadığımız durumunda günlük enerji tüketimimiz 140 kW/h olmakta iken otomasyon entegre bir şekilde cihazımızı kullandığımızda 137,2 kW/h enerji tüketimimiz olmaktadır. Aylık olarak bu değer 56 kW/h olmaktadır.

Burada görebileceğimiz gibi AC fan motor kullandığımız sistemlerde otomasyon panosunu entegre ettiğimiz zaman aldığımız verim aylık enerji tüketimimizi yarı yarıya düşürmektedir. Sistemi doğru kullanmak ciddi kazanç elde etmemizde olanak sağlamaktadır.

%20 Taze hava karışımı klima santralimizde EC ve AC fan olarak alınan değerler aşağıdaki gibidir;

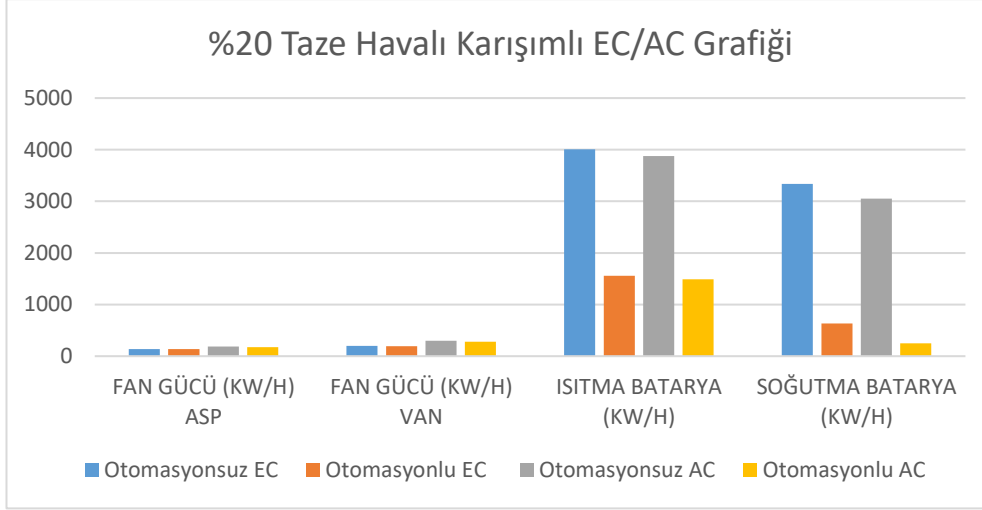
Çizelge 3.7: %20 Karışımı EC fan olması durumunda enerji tüketimi.

20% EC	OTOMASYONSUZ		OTOMASYONLU	
	KS-1EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	KS-1EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ
FAN GÜCÜ (kW/h) ASP	3,5x4	140	4X3,43	137,2
FAN GÜCÜ (kW/h) VAN	5x4	200	4X4,8	192
ISITMA BATARYA (kW/h)	401	4010	156	1560
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	334	3340	63,36	633,6

20% AC	OTOMASYONSUZ		OTOMASYONLU	
	KS-1AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	KS-1AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ
FAN GÜCÜ (kW/h) ASP	18,5	185	17,42	174,2
FAN GÜCÜ (kW/h) VAN	30	300	28,26	282,6
ISITMA BATARYA (kW/h)	388	3880	148,72	1487,174447
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	305	3050	24,72	247,2428161

Çizelge 3.8: %20 Karışımı AC fan olması durumunda enerji tüketimi.

%20 Taze havalı seçtiğimiz santralde AC ve EC fan olarak seçildiğinde elde ettiğimiz veriler neticesinde otomasyon kullandığımızı varsayarak çizelge 3.7 ve çizelge 3.8 de gösterilmiştir.



Şekil 3.6: %20 Taze havalı AC/EC grafiği.

İçerideki kişi sayısına göre otomasyon ile cihazımı kontrol edebildiğimizde aslında aylık olarak enerji tüketimimiz ciddi oranda düşmektedir. Bu sayede verimli cihazlar çalıştırarak hem cihazın ömrünü uzatmış oluyoruz hem de cihazı gerektiğinde ortamın ihtiyacı kadar taze hava sağlamosunda yardımcı oluyoruz.

%20 taze havalı klima santralinde AC fan motor kullanımı yerine EC fan motor kullanmamız durumunda aylık enerji tüketimimiz 800 kW/h düşmektedir. Otomasyon entegre ettiğimiz durumda aylık olarak hesaplanıldığında bu oran 740 kW/h olmaktadır. Ec fan motor kullanımında aslında enerji tüketimimiz ortalama 40 kW/h düşmekteyken hem EC hem de otomasyon entegre çalıştırdığımız cihazlardaki verim daha fazladır.

%100 Taze hava karışımli klima santralimizde EC ve AC fan olarak alınan değerler Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10 de gösterilmiştir;

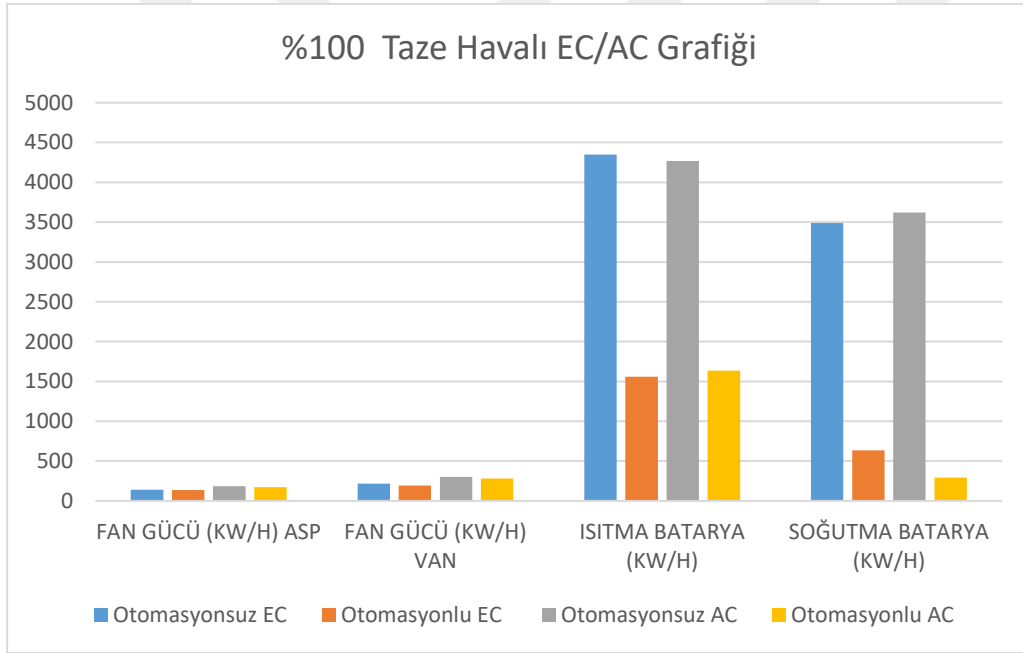
Çizelge 3.9: %100 Karışımli EC fan olması durumunda enerji tüketimi.

	OTOMASYONSUZ		OTOMASYONLU	
	KS-1EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	KS-1EC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ
100% EC				
FAN GÜCÜ (kW/h) ASP	3,5x4	140	4X3,43	137,2
FAN GÜCÜ (kW/h) VAN	5,4x4	216	4X4,8	192,0
ISITMA BATARYA (kW/h)	435	4350	156	1560,0
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	349	3490	63,36	633,6

100% AC	OTOMASYONSUZ		OTOMASYONLU	
	KS-1AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ	KS-1AC	GÜNLÜK 10 SAAT TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ
FAN GÜCÜ (kW/h) ASP	18,5	185	17,42	174,2
FAN GÜCÜ (kW/h) VAN	30	300	28,26	282,6
ISITMA BATARYA (kW/h)	427	4270	163,67	1636,7
SOĞUTMA BATARYA (kW/h)	362	3620	29,34	293,4

Çizelge 3.10: %100 Karışımli AC fan olması durumunda enerji tüketimi.

% 100 Taze havalı seçtiğimiz santralde AC ve EC fan olarak seçildiğinde elde ettiğimiz veriler neticesinde otomasyon kullandığımızı varsayarak karşılaştırmalı olarak çizelge 3.9 ve çizelge 3.10 da gösterilmiştir.



Şekil 3.7: % 100 Taze havalı AC/EC grafiği.

%100 taze havalı çalıştırdığımızda, yine ortamın ihtiyacı olan taze havayı otomasyon ile kontrol edebildiğimiz bir kez daha altını çizebilmekteyiz.

%100 taze havalı çalıştığı durumda AC fan motor otomasyonsuz kullandığımız durumda günlük 10 saat cihazı çalıştırdığımızı varsayarsak eğer enerji tüketimimiz 185 kW/h olduğunu tablolardan görebilmekteyiz. Eğer EC fan motor kullanmış olursak günlük enerji tüketimimiz 140 kW/h olmaktadır. Aylık olarak enerji tüketimimiz EC fan motor kullanmamız durumunda 800 kW/h azaldığını görmekteyiz. Aynı hesaplamaları diğer konfigürasyonlarımız için de yaptığımızda görebilmekteyiz.

EC fan motor kullanımında otomasyon olmadan çalıştırdığımız durumda ortalama günlük 40 kW/h düşen enerji tüketimimiz yıllık bazda bakıldığında 208.000 kW/h enerji tüketimimizin düştüğünü görebilmekteyiz.





4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Karaman yerleşkesinde bulunan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Edebiyat Fakültesinin yanında bulunan 15 Temmuz Konferans Salonu için hesaplanan ve şu anda mevcut kullanılan bir havalandırma santrali mevcuttur.

Projede hesaplanan debi 20000 m³/h, Qısıtma 325000 kcal/h, Qsoğutma 300000 kcal/h olarak hesaplanmış ve sadece G4 panel filtre kullanılarak dizayn edilmiştir. G4 panel filtre sadece vantilatördeki fanı korumak amacıyla kullanılmıştır.

Tezde hesaplanan değerlere istinaden hem enerji tasarrufu yapabilmek hem de verimli tüketim sağlanmak amacıyla karışimli havalandırma santrali kullanılarak seçimler yapılmıştır. Karışım havalı olarak cihaz kullandığımızda ortamdaki kişi sayısına göre gerekli hava miktarına istinaden karışım oranları %50, %40, %30, %20 karışım havalı olarak cihazlar seçilmiştir. Seçilen cihazlarda ayrı ayrı enerji tüketim oranları hesaplanmıştır.

Seçilen havalandırma santrallerini kW değerlerini ve ortamdaki kişi sayısına göre hesaplamak amacıyla havalandırma santralleri önce %50 karışimli ve sonrasında %40, %30 ve %20 taze hava oranına göre seçimler yapılmış olup hem EC hem de AC motorlu fan olarak seçimler yapılmıştır. Bu durumda seçtiğimiz havalandırma santralleri EC motor veya AC motor olunca verimlilik nasıl değiştiğinin yanı sıra otomasyon kullanıldığında ne gibi farklılıklar olduğunu grafik ve tablolar ile sunulmuştur.

Seçim programımızdan aldığımız seçim çıktılarındaki değerlerin doğrululuğunu göstermek adına daha önce seçim yapıp üretilen ve test edilen cihazların raporlarını ekte görebilirsiniz. Ekte verilen başka bir projeye ait cihazın test sonuçlarına bakıldığında fanın seçim çıktısı değerlerini sağladığı ve komponentlerin basınç kayıplarının seçim çıktısı değerlerini sağladığı görülmektedir.

%50 karışım havalı EC motor fanlı santralde otomasyon kullanıldığında diğer karışım havalı cihazlara istinaden soğutma bataryası günlük enerji kazancını yıl bazında değerlendirdiğimizde daha verimli olduğu görülebilmektedir. %50 karışimli havalandırma santrali diğer karışım havalı cihazlara göre ısıtma bataryasında da daha verimli olduğunu söyleyebiliriz aynı zamanda cihaz %100 taze havalı kullanıldığında ısıtma bataryasından elde edilen enerji tüketim kazancı %2 daha verimli olduğunu

görebilmekteyiz. Vantilatör fanının enerji tüketim miktarı %50 karışım havalı santral konfigürasyonundan elde ettiğimiz enerji tüketim verimliği en fazla olmakla birlikte %100 taze havalı kullanıldığında cihaz verimi birbiri ile aynı seviyededir.

Seçim programından aldığımız verilere dayanarak söyleyebiliriz ki otomasyon ile entegre olarak kullanılan cihazların verimlilikleri yüksektir. Otomasyon ile entegre olarak kullanılan cihazlarda günlük enerji tüketimleri minimum %40 daha azdır.



KAYNAKLAR

(2017). mmo İzmir: <http://mmoizmir.org/> adresinden alındı

A. Güngör, S. Güngör, syf.219. (tarih yok). *İklimlendirme Sistemlerinde Enerji Yönetimi*. VIII. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ.

Akpınar, A. (2019).

Akpınar, A. (2019). Eğitim Binalarında Kullanılan Klima Santrallerinin Enerji Kazancı Uygulamalı Modeli. *Yüksek Lisans Tezi*.

Akpınar, A. (2019). Eğitim Binalarında Kullanılan Klima Santrallerinin Enerji Kazancı Uygulamalı Modeli, 2019 Adem Akpınar Yüksek Lisans Tezi, 2019.

Ali Razban, A. K. (2019, Haziran). Modelling of air handling unit subsystem in a commercial building, Ali Razban, Akram Khatib, David Goodman, Jie Chen, Haziran 2019.

Ashrae . (2019). <https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook> adresinden alındı

ASHRAE. (tarih yok). Psychrometric Chart 1 Normal Temperature - Sea Level (0 to 50 degrees C db) 11 x 17 (SI). 50-sheet pad.

Baba, E. (2010). Klima santrallerinde enerji ekonomisi / Energy economy in HVAC systems, Ezgi Baba, 2010 İstanbul. İstanbul.

Bilge, D. M. (2004). *Klima Santralleri*. İstanbul: ISKAV.

Binghooth A.S., Z. Z. (2012). Binghooth A.S., Zainal Z.A., Performance of desiccant dehumidification with hydronic radiant cooling system in hot humid climates, *Energy and Buildings*, 51, 1-5, 2012. 51, 1-5.

Cho, W. S. (2015). Cho, W., Song, D., Hwang, S., & Yun, S. (2015). Energy-efficient ventilation with air-cleaning mode and demand control in a multi-residential building . *Energy and Buildings*, 90, 6-14.

Çakmanus, D. İ. (24 Eylül 2013). Havalandırma Sistemlerinde Enerji Verimliliği. *Yeşil Bina Dergisi*.

E.Pakanen, J. (February, 2003). *Automation-assisted fault detection of an air-handling unit; implementing the method in a real building*.

emo. (0). www.emo.org.tr adresinden alındı

- Fan, Y. K. (2014). n, Y., Kameishi, K., Onishi, S., & Ito, K. (2014). Field-based study on the energy-saving effects of CO2demand controlled ventilation in an office with 52 application of energy recovery ventilators. *Energy and Buildings*, 68(PARTA), 412-422. 68(PARTA), 412-422.
- Hao X., Z. G. (2007). Hao X., Zhang G., Chen Y., Zou S., Moschandreas D.J., A combined system of chilled ceiling, displacement ventilation and desiccant dehumidification, *Building and Environment*, 42, 3298-3308, 2007. 42, 3298-3308.
- Havalandırma Sistemlerinde Enerji Verimliliği. (Yayın 714). *Yeşil Bina Dergisi*.
- HVAC Sistemleri. (2004). *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 2032.
- İstanbul. (2005). *Bina Otomasyon Sistemleri*. İstanbul: YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ .
- Jingkun Gao, M. B. (August 2018). A large-scale evaluation of automated metadata inference approaches on sensors from air handling units. *Advanced Engineering Informatics*, 14-30.
- Klima Santrali Seçim Esasları*. (2015, Aralık 15). Tesisat: tesisat.org adresinden alındı
- Martinaitis, V. S. (2018). A comparative thermodynamic analysis of air handling units at variable reference temperature , Martinaitis, V., Streckiene, G., Bagdanavicius, A., & Bielskus, J. (2018).
- Michel Noussan, G. C. (October 2017). Operational performance of an Air Handling Unit: insights from a data analysis. *Energy Procedia*, 386-393.
- MMO Bildiriler Kitabı*. (2019). İzmir.
- mmo izmir*. (tarih yok). <http://mmoizmir.org/> adresinden alındı
- Noussan, M. C. (2017). Operational performance of an Air Handling Unit: insights from a data analysis, Noussan, M., Carioni, G., Degiorgis, L., Jarre, M., & Tronville, P. (2017).
- Pekmen, İ. (2004). *İlhan Pekmen., (2004), "Care Yazılım Detayları " Eğitim Ders Notları, Honeywell Bina Otomasyonu AŞ., İstanbul*. İstanbul.
- Regin. (tarih yok). <https://www.regincontrols.com/en/se/> adresinden alındı
- Roulet, C. A. (2001). Real heat recovery with air handling units. . *Energy and Buildings*, 33(5), 495-502.
- Ryan P. Shea, K. K. (1 July 2019). Reducing university air handling unit energy usage through controls-based energy efficiency measures. *Energy and Buildings*, 105-112.
- Seem, J. E. (1998, Aug. 11). Seem, John E. "Air handling unit including control system that prevents outside air from entering the unit through an exhaust air damper." U.S. Patent No. 5,791,408. 11 Aug. 1998.

- Seem, J. E. (2002). Patent No. 6,415,617. U.S. Patent and Trademark Office. Washington, DC.
- Selçuk, E. M. (tarih yok). Bina Otomasyon Sistemi ile Devreye Alma İşlemleri ve Diğer Sistemlerle Bilgi Alış Verişi. Bina Otomasyon Sistemi ile Devreye Alma İşlemleri ve Diğer Sistemlerle Bilgi Alış Verişi , M. Selçuk ERCAN ARAŞTIRMA / İNCELEME ISITMA.
- Sertifica, L. (2019). LEED Sertifica: <http://www.xn--leedsertifika-jgc.com/leed.html> adresinden alındı
- Sew-eurodrive*. (tarih yok). <https://www.sew-eurodrive.com.tr>: https://www.sew-eurodrive.com.tr/ueruenler/motorlar/ac_motorlar/ac_motorlar.html adresinden alındı
- Shea, R. P. (2019). Reducing university air handling unit energy usage through controls-based energy efficiency measures, Shea, R. P., Kissock, K., & Selvacanabady, A. (2019).
- Systemair FLNG. (2019). Systemair FLNG Genel Kataloğu.
- Systemair. (tarih yok). *Systemair Global*. www.systemair.com.tr adresinden alındı
- Tesisatmarket*. (tarih yok). <https://www.tesisatmarket.com/ec-fanlar> adresinden alındı
- thermodynamics*. (2008). sayginer.com adresinden alındı
- TS 3419. (tarih yok). *TS 3419'a göre Klima Tesisatı* . (Isısan Yayın no 305).
- Tuğra, O. (2002). Computer simulation of year around air conditioning unit under varying load conditions.
- Tuğra, O. (2002). Değişken yük koşullarında çalışan klima havalandırma santralinin bilgisayar ortamında benzeşimi, Onur Tuğa , Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- Ventilation, Havalandırma*. (2019). Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ventilation> adresinden alındı
- Yaparoğlu, E. T. (tarih yok). Bina Yönetim Sistemleri ve HVAC Otomasyon Sistemlerinde Enerji Tasarrufu.