

**İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE OZON  
KULLANIMININ İNCELENMESİ**

**Arif ANIK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2007  
ANKARA**

ARİF ANIK tarafından hazırlanan İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE OZON KULLANIMININ İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Hikmet DOĞAN .....  
Tez Danışmanı, Makina Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İsmail ÇOŞKUN .....  
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, G. Ü.  
Prof. Dr. Hikmet DOĞAN .....  
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, G. Ü.  
Prof. Dr. M. Sahir SALMAN .....  
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, G. Ü.  
Prof. Dr. H. Serdar YÜCESU .....  
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, G. Ü.  
Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA .....  
Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Z. K. Ü.

Tarih: 05/10/2007

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN .....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Arif ANIK

# İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE OZON KULLANIMININ İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Arif ANIK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2007

## ÖZET

Bu çalışmada Ozon (O<sub>3</sub>) gazının iklimlendirme sistemlerinde kullanımına yönelik deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bir hacmin, taze ve karışım havalı iklimlendirme sistemi ile ısıtılması, soğutulması ve nemlendirilmesi işlemleri yapılmıştır. İklimlendirilen mahaldeki sıcaklık ölçümleri kumanda panelinden takip edilerek cihazların çalıştırılması otomatik kumanda ile yapılmıştır. İklimlendirilen mahale belirli oranlarda ozon gazı verilerek hava içerisinde bulunan bakteri, virüs ve mikroplar'a olan etkileri araştırılmıştır. Kurulan sistem ve sisteme ait tüm değerler dijital ekrandan takip edilmiştir. Tarafımızdan yapılan deney sisteminde bulunan 0,6 m<sup>3</sup>'lük hacimde, Ozon (O<sub>3</sub>) kullanılarak yapılan deneyler sonucunda bakteri, virüs ve mikrop oluşumunu % 95 azalttığı, havadaki istenmeyen kokuların ise tamamını yok ettiği tespit edilmiştir. Bu sonuçların, özellikle hastanelerdeki sağlık açısından hassas mahaller (yoğun bakım, ameliyathane üniteleri gibi) için çok önemli olduğu kanısındayız.

Bilim Kodu : 708.2.077  
Anahtar Kelimeler : İklimlendirme, ozon  
Sayfa Adedi : 102  
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Hikmet DOĞAN

**THE EXAMINATION OF USING OZONE IN AIR CONDITIONING  
SYSTEMS**

**(THE PAST GRADUATE STUDY DISSERTATION)**

**(M. Sc. Thesis)**

**Arif ANIK**

**GAZİ UNIVERSITY**

**INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**October 2007**

**ABSTRACT**

**In this study, experimental research has been carried out for use in climatization systems. A volume was heated, cooled, and humidified with a fresh and mixed air climatization system. Measurements of temperature in the climatized volume were followed on the operation panel and the devices were operated with an automated remote control. Effects of the ozone on the bacterias, viruses, and germs in the air were studied by giving ozone gas into the climatized volume. The installed system and all the values belonging to the system were followed on the digital display. After the experiments carried out by us in a 0.6 m<sup>3</sup> volume on the experiment system by using O<sub>3</sub>, it was determined that formation of bacterias, viruses, and germs decreased by 95 %, and all the undesired odours in the air were eliminated. We think that these results are of significance particularly for health conditions in sensitive places (intensive care, operation rooms, etc).**

**Science Code : 708.2.077**

**Key Words : Air conditioning, ozone**

**Page Number: 102**

**Adviser : Prof. Dr. Hikmet DOĞAN**

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca, sektörel olarak teknolojik gelişmelerle iklimlendirme konusunda yapılacak daha çok iş olduğunu bana aşıl原因 ve mesleği bana öğreten merhum Mak. Yük. Müh. Erol BAYSAL'a, çalıőmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Hikmet DOĞAN'a, yardımlarından dolayı öğreten arkadaşlarım; Hakan KILIÇKAYA, Cengiz DEMİR, İsmail KARAKAYA ve Kimya öğretmeni Zehra ÇELİK'e, JOCO Kimya'ya, çevirilerinden dolayı Erdoğan BOZ ve Lucia DOĞANAY'a, yüksek lisans öğrenimim için bana önyak olan ve manevi desteğini hep üzerimde hissettiğim babama ve anneme, hayata birlikte tutunduğum sevgili eşim Selma ve biricik kızım Özge Nur ANIK'a teşekkürü borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xvi
1. GİRİŞ .....	1
2. İKLİMLENDİRME .....	3
2.1. İklimlendirmenin Tanımı .....	3
2.2. İklimlendirmenin Önemi .....	3
2.3. Geçmişten Günümüze İklimlendirme .....	4
3. TANIMLAR .....	9
3.1. Havanın Tanımı .....	9
3.1.1. Kuru hava .....	11
3.1.2. Islak hava .....	12
3.1.3. Hava kirliliği .....	12
3.1.4. Tabii hava kirleticileri .....	12
3.1.5. Suni hava kirleticileri .....	13
3.1.6. Hava kirliliğinin genel yapısı ve hava kalitesi kavramı .....	13
3.2. Kuru Termometre Sıcaklığı .....	16

**Sayfa**

3.3. Yaş Termometre Sıcaklığı .....	16
3.4. Nem .....	16
3.4.1. Mutlak nem .....	17
3.4.2. Özgül nem .....	17
3.4.3. İzafi nem (bağlı nem).....	18
3.5. Psikrometri.....	19
3.5.1. Psikrometrik diyagram.....	19
3.5.2. Psikrometrik diyagramda işlem yönleri.....	20
3.6. Havanın Nemlendirilmesi .....	22
3.6.1. Havayı nemlendirme ihtiyacı .....	23
3.6.2. Hava nemliliğın insan sağılığı açısından önemi.....	24
3.7. Konfor Bölgesi.....	26
3.8. İklimlendirme Sistemleri .....	27
3.8.1. Tamamen havalı sistemler .....	28
3.9. İklimlendirmede Yapılan Ölçümler ve Kontrol Elemanları .....	30
3.9.1. Sıcaklık ölçümü .....	30
3.9.2. İzafi nemin ölçülmesi .....	30
3.10. Otomatik Kontrol .....	30
4. OZON GAZI (O <sub>3</sub> ).....	32
4.1. Ozon .....	32
4.1.1. İyi ve kötü ozon nedir .....	37
4.2. Tarihi Süreç İçinde Ozon.....	37



**Sayfa**

4.3. Ozonun Genel Özellikleri .....	39
4.3.1. Oluşum ve içerik bilgileri .....	39
4.3.2. Fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	40
4.3.3. Sabitlik ve reaktivite .....	40
4.3.4. Toksikolojik bilgiler .....	40
4.3.5. Ekolojik bilgiler .....	41
4.3.6. Nakil bilgileri .....	41
4.3.7. Yönerge bilgileri .....	41
4.4. Hacimsel Olarak Havadaki Ozon Konsantrasyonu .....	42
4.5. Ozonun Sudaki Etki Nitelikleri ve Özellikleri .....	44
4.6. Ozonun Etkileri .....	45
4.6.1. Ozon nasıl üretilir nerelerde kullanılır .....	46
4.6.2. Ozon dönüşümleri .....	49
5. HAVADA BULUNAN ELEMENTLER .....	51
5.1. Havada Bulunan Kirletici Maddelerin Özellikleri .....	52
5.2. Lejyoner Hastalığı ve Mekanik Tesisat .....	54
5.3. Mikroplar .....	56
5.4. Fiziksel Faktörler .....	57
5.5. Sıcaklığın ve Soğukun Etkisi .....	58
5.6. Bakteriler ve Ozon .....	63
5.7. Partiküller .....	64
5.8. Mikroorganizmalar .....	68

**Sayfa**

6. METERYAL VE METOT .....	69
6.1. İklimlendirme Sisteminin Tasarımı.....	69
6.2. İklimlendirilen Oda .....	70
6.3. Mahalin Isı Kazancı ve Kayıpları .....	70
6.4. Santral ve Kanallar .....	72
6.5. Ozon Üreten Cihazın Özellikleri.....	81
6.6. Sıcaklıkların Ölçülmesi .....	82
6.7. Kumanda Devresi.....	82
7. DENEYİN YAPILIŞI VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	84
7.1. Isı Kayıp ve Kazancının Hesabı.....	84
7.2. İklimlendirme Santralindeki Cihazların Seçimi.....	85
7.2.1. Isıtıcı güçler.....	85
7.2.2. Soğutma sistemi.....	85
7.2.3. Nemlendiriciler.....	85
7.3. Yapılan Deneyler .....	85
7.4. Ozon Gazının Bakterilere Etkisi .....	86
7.5. Ozonun Yok Ettiği Kokular .....	88
8. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	96
KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	101

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Kuru havanın gaz muhtevası ve oranları .....	9
Çizelge 3.2. Değişik sıcaklıklardaki havanın yoğunluğu .....	12
Çizelge 3.3. Hava kalitesi sınır değerleri.....	15
Çizelge 3.4. Normal şartlardaki havanın belirli basınç ve sıcaklığa göre ihtiva ettiği nem miktarları.....	17
Çizelge 4.1. Ozon testi.....	34
Çizelge 4.2. Havadaki ozonun bakteriler üzerine etkisi.....	35
Çizelge 4.3. Farklı sıcaklıklarda O <sub>3</sub> yarılanma ömrü ( Gaz halinde ).....	41
Çizelge 4.4 Farklı sıcaklıklarda O <sub>3</sub> yarılanma ömrü ( Suda çözülmüş halde).....	41
Çizelge 4.5. Ozon ve klorun sudaki etki karşılaştırması.....	44
Çizelge 4.6. Çeşitli tipteki şişelenmiş suların dezenfeksiyon zamanları verilmiştir.....	45
Çizelge 4.7. Ozona materyallerin dayanıklılık tablosu.....	50
Çizelge 5.1. Bazı kapalı ortam hava kirleticilerinin sağlığa olan etkileri.....	51
Çizelge 5.2. Bazı ortamlarda kişi başına bulunması gereken hava miktarları.....	52
Çizelge 5.3. Değişik ülkelerde kullanılan standart elek ölçüleri ile tanecik boyutları arasındaki bağıntı.....	54
Çizelge 5.4. Bazı mikropların en az, ortalama ve en çok üreme sıcaklıkları ile termal ölüm noktaları.....	62
Çizelge 7.1. Ozon gazının bakteri, virüs ve küflere etkisi.....	86
Çizelge 7.2. Ozonun yok ettiği kokular.....	89
Çizelge 7.3. 5°C de Karşılaştırmalı dezenfeksiyon verimi.....	89
Çizelge 7.4. Bakterilerin ne oranda, hangi süre ile yok olacağı.....	90

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 7.5. Virüslere ne oranda, hangi süre ile yok olacağı.....	90
Çizelge 7.6. Kist ve parazitlere ne oranda, hangi süre ile yok olacağı.....	90

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1.1905'te yapılmış bir iklimlendirme santrali .....	7
Şekil 2.2. Klima santrali şeması .....	7
Şekil 2.3. Komple bir iklimlendirme tesisatı şeması .....	8
Şekil 3.1. Psikrometrik diyagram.....	20
Şekil 3.2. Psikrometrik diyagramda işlem yönleri.....	21
Şekil 3.3. Nemlendirme odasının santraldeki yeri.....	23
Şekil 3.4. Mahal havası sıcaklığı + mahal hava nemi ilişkisi .....	25
Şekil 3.5. Yaz ve kış konfor bölgelerini gösteren diyagram.....	26
Şekil 3.6. Efektif sıcaklığın bulunmasına yarayan diyagram.....	27
Şekil 3.7. İklimlendirme tesisatı şeması.....	29
Şekil 4.1. Havadaki ozona maruz kalan escherichia coli (üst) ve staphylococcus aureus (alt) kültürleri.....	35
Şekil 4.2. Ozon üretme yöntemi-1.....	47
Şekil 4.3. Ozon üretme yöntemi-2.....	47
Şekil 4.4. Ozon oluşumu resmi.....	48
Şekil 4.5. Ozonun sterilizasyon özellikleri.....	49
Şekil 6.1. Klima santrali fan hücresi bağlantı detayı.....	73
Şekil 6.2. Isıtma ve soğutma devre bağlantısı.....	80
Şekil 7.1. Bakteri toplama oranları (1m <sup>3</sup> 'lük alanda).....	92
Şekil 7.2. Bakteri sayısındaki azalmalar (1m <sup>3</sup> 'lük alanda).....	93
Şekil 7.3. Hızlı oranda çalışırken bakteri sayısındaki azalmalar (1m <sup>3</sup> 'lük alanda)...	94

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 7.4. Mikrop toplama oranları (1m <sup>3</sup> 'lük alanda).....	94
Şekil 8.1. Hızlı oranda çalışırken bakteri sayısındaki azalmalar (1m <sup>3</sup> 'lük alanda)...	97
Şekil 8.2. Genel mikrop sayısındaki azalmalar (1m <sup>3</sup> 'lük alanda).....	97

**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 4.1. Ozon uygulanmadan önce ve sonra mikroskop görüntüleri.....	36
Resim 6.1. İklimlendirme santrali .....	69
Resim 6.2. İklimlendiren mahal (Tiyatro salonu).....	70
Resim 6.3. Sistem ve kanal resmi.....	73
Resim 6.4. İklimlendirme santral resmi .....	74
Resim 6.5.Tiyatro salonu menfez resimleri .....	75
Resim 6.6.Taze hava ve egzost hava kanalı resimleri .....	75
Resim 6.7. İklimlendirme santraline cihazların yerleşimi .....	77
Resim 6.8. Hava emiş cihazının yerleşimi.....	77
Resim 6.9. Karışım havasının bağlantısı.....	78
Resim 6.10. Nemlendirme hücresi ve damla tutucu resmi .....	79
Resim 6.11. BSE-388 Ozon üretme cihazı.....	82
Resim 6.12. Kontrol panosunun görüntüsü.....	83
Resim 7.1. Ozon gazının bakterilere etkisi .....	88

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>A</b>	Isı geçiş alanı ( $m^2$ )
<b>D</b>	Doymuluk şartı
<b>h</b>	Üfleme ve oda havasının entalpileri (kJ/kg)
<b>K</b>	Toplam ısı iletim katsayısı ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )
<b>L</b>	Litre
<b>M</b>	Molar kütle (kg/kmol)
$\dot{m}$	Dış havanın kütleli debisi (kg/s)
$\dot{m}_h$	Kütleli hava debisi (kg/s)
$m_{KH}$	Kuru havanın kütlesi (kg)
$m_B$	Su buharının kütlesi (kg )
$m_{DB}$	Doymuş su buharı kütlesi (kg )
<b>p</b>	Basınç ( $N/m^2=Pa$ )
<b>P</b>	Fan gücü (Watt)
<b>p<sub>B</sub></b>	Su buharının basıncı ( $N/m^2=Pa$ )
$\rho_B$	Su buharının yoğunluğu ( $kg/m^3$ )
$P_{DB}$	Doymuş su buharı basıncı ( $N/m^2=Pa$ )
<b>p<sub>din</sub></b>	Hav hızına karşılık gelen dinamik basınç (Pa)
<b>p<sub>KH</sub></b>	Kuru havanın basıncı ( $N/m^2=Pa$ )
<b>ppm</b>	Milyonda bir birime verilen isim
$\rho_{KH}$	Kuru havanın yoğunluğu ( $kg/m^3$ )
<b>Q</b>	İletimle olan ısı geçişi (W)
<b>Q<sub>max</sub></b>	Odanın ısı kazancı veya kaybı (W)
<b>R</b>	Gaz sabiti (kJ/kgK)
$R_B$	Su buharının özgül gaz sabiti (kJ/kgK)



$R_{KH}$	Kuru havanın özgül gaz sabiti (kJ/kgK)
$T$	Sıcaklık (°C)
$V$	Hacimsel hava debisi (m <sup>3</sup> /s)
$v$	Hava hızı (m/s)
$V_B$	Su buharının özgül hacmi (m <sup>3</sup> /kg)
$V_{KH}$	Kuru havanın özgül hacmi (m <sup>3</sup> /kg)
$x$	Mutlak nem (g/kg)
$\varphi$	Bağıl nem (%)
$\eta$	Verim
$\Delta p$	Toplam basınç düşümü (Pa)
$\Delta p_{\delta}$	Özel parçadan olan basınç kaybı (Pa)
$\Delta \dot{X}_{SU}$	Saatte ayrılan su miktarı (kg/h)
$\Delta T$	İç-dış sıcaklık farkı (°C)
$\rho$	Havanın yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )
$\alpha$	İç ve dış yüzeyi sı taşıyım katsayısı (W/m <sup>2</sup> °C)
$\lambda$	Bileşenlerin ısı iletim katsayısı (W/m <sup>2</sup> °C)
$\xi$	Özel parçalara ait basınç düşme katsayısı
$\delta$	Havanın yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )
$l$	Bileşenlerin kalınlıkları (m)

### Kısaltmalar

**ASHRAE**

**MTA**

**EPA**

**GRAS**

**IEP**

**USDA**

**FAD**

**OSHA**

### Açıklama

Handbook-Systems and Equipment

Maden Tetkik Arama

Çevre Koruma Örgütü

A.B.D. Gıda örgütü

Endüstri Birliği Paneli

A.B.D. Tarım Dairesi

Yiyecek Katkı Maddesi Dilekçesi

Zarar İletişim Standartı

## 1. GİRİŞ

Günümüzde insanların hayatının büyük bir bölümü kapalı mahallerde geçmektedir. İnsanların bu mahallerde teneffüs ettikleri havanın özellikleri insan hayatı üzerinde doğrudan etkilidir. İnsanların daha rahat ve huzurlu bir yaşam sürmeleri için bu mekânlarda solunan havanın şartlandırılması gerekmektedir.

İnsanın biyolojik yapısı yanında ruh ve beden sağlığı da meteorolojik olgulardan etkilenir. Çevremizi, çevremizde geçen doğa olaylarını algılanan duygularla ancak, anlayabilir ve değerlendirilebilir. Atmosferik ortamda dokunma duygusu ile algılanan duyguların başında sıcaklık ve soğukluk duyguları gelir. Yerine göre, insan sıcaklık duygusu algılandığı zaman serinlemek, soğukluk duygusunu algılandığı zaman ise ısınmak ister.

İnsan tabiatı gereği her zaman rahat olmak ister. İnsan çok sıcak veya çok soğuk, çok nemli veya çok kuru olmayan bir ortamda yaşamak ister. Fakat insan vücudunun rahat edebileceği şartlarla, iklim şartları genellikle birbirleriyle uyumsuzdur. İnsan vücudunun rahat edebileceği şartların, kısaca konforun sağlanması için sıcaklık, nem ve havanın içerisinde bulunan bakteri, mantar, küf, virüs ve mikroplar gibi bazı değişkenlerin sürekli denetim altında tutulmasını gerektirir.

Rahat çalışabilecek, rahat dinlenebilecek ve rahat eğlenebilecek bir ortamın oluşturulması için yapay yollarla ve teknolojik yöntemlerle atmosferik çevre şartlarının değiştirilmesi gerekir.

Kapalı mekânlarda kullanılacak olan havanın istenen sıcaklık, temizlik (Hijyen), hava hızı ve nemde tutulmaya çalışılması iklimlendirmenin temel amacıdır. Fazla sıcak ya da fazla soğuk, gereğinden fazla nemli ya da kuru, tozlu, kokulu, dumanlı ortamlarda yaşamak veya çalışmak insan sağlığı, iş gücü ve üretim kalitesi açısından olumsuzluklara yol açmaktadır. Bu olumsuzlukları gidermek amacıyla iklimlendirme cihazlarına da bazı teknik özellikler kazandırılması zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışmada iklimlendirme sistemlerinde hijyenik ortamı sağlamak için ozon (O<sub>3</sub>) kullanımının konforun sağlanması yönünden deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda ozon gazının; bilinen en etkili dezenfektan olması, klordan yaklaşık 3125 kat daha hızlı temizleme özelliğine sahip olması, etkisinin anlık olması, oksijene dönüşerek atık bırakmaması, çevre dostu olması, gıdalarda kullanımı güvenli olması ve tüm mikroorganizmaları yok ederek tekrar oluşumunun engellemesi ayrıca, havalandırma yapılan hacime 0,05 ppm.'lik bir ozon seviyesi verilerek yeni bakteri ve mikrop oluşumunu engelleyeceği, ortamdaki hava kirliliği ve kötü kokuları yok etmesi sayesinde, insanlarda ferahlık ve zindelik hissi yarattığı ve çalışma ortamında motivasyon sağladığından dolayı ozon gazı kullanılmıştır.

Küçük bir hacmin ısıtma, soğutma, nemlendirme, taze hava ve karışım havalı iklimlendirilmesi yapılarak, iklimlendirilen mahalin kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, üfleme havası sıcaklığı, dış hava sıcaklıkları ve iklimlendirme santralindeki cihazların çalıştırılması otomatik kumanda ile kontrol edilmiştir. Yapılan çalışmada kurulan sistem bu sisteme ait ısı değerleri dijital ekranda göstermektedir. Bu veriler ve mevcut veriler yardımı ile iklimlendirme sistemlerinde ozon (O<sub>3</sub>) kullanımının havanın içerisinde bulunan bakteri, virüs, mikroplar ve kötü kokular gibi bazı değişkenlerin üzerindeki etki ve faydaları araştırılmıştır.

## **2. İKLİMLENDİRME**

### **2.1. İklimlendirmenin Tanımı**

İklimlendirme; mahallerin, sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlık ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak üzere bu kapalı ortamdaki havanın şartlandırılmasıdır [1]. Latin kökenli bir sözcük olan klima ise iklim anlamına gelir [2]. İklim sözcüğünden bir ülkeyi etkisi altında bulunduran coğrafi ve atmosferik şartlar ya da sıcaklık, atmosferik basınç, rüzgâr ve fırtına gibi atmosferin durumunu ve belirli bir yerdeki değişimini karakterize eden meteorolojik olayların tümü anlaşılır.

Teknikte; bir ya da birkaç mahalın havasının dış hava şartlarından bağımsız olarak, istenilen iklim şartlarına sun'i olarak getirilmesine iklimlendirme denilmektedir. Bu iklim şartlarını da; havanın tazeliği, temizliği, sıcaklığı, hareketi, basınç ve nemi oluşturmaktadır [3].

### **2.2. İklimlendirmenin Önemi**

Tarihte insanlar imkanları ölçüsünde buldukları mahalleri iklimlendirmeye çalışmışlardır. Barınma beslenme gibi temel ihtiyaçlarını artık rahat karşılayabilen insanoğlu, üretim toplumundan tüketim toplumuna geçerken, daha iyi, daha rahat yaşama arayışlarına başlamıştır. Klima sektörünün doğuşu ve gelişimi işte bu arayışın sonucudur [4].

Klima cihazlarının evlerden işyerlerine, fabrikalara ve ulaşım araçlarına kadar her yerde gitgide yaygınlaşarak kullanılmaktadırlar. İklimlendirme cihazlarının tasarlanabilmeleri için, nemli havanın özelliklerinin, yani psikrometrisinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

### 2.3. Geçmişten Günümüze İklimlendirme

En basit ve en eski soğutma şekli; soğuk yörelerde tabiatın meydana getirdiği kar ve buzu muhafaza edip, bunların sıcak veya ısı alınmak istenen yerlere koyarak soğutma sağlanmasıdır. Kış aylarında meydana gelen kar ve buzu muhafaza ederek sıcak mevsimlerde soğutma maksatları için kullanma usulü M.Ö. 1000 yıllarından beri uygulanmakta olduğu bilinmektedir. Mısırlılar, geceleri açık gökyüzünü görecektarızda yerleştirilen toprak kap içindeki sıvıların soğutulabileceğini tespit etmişlerdir. Bu soğutma şekli, gökyüzünün karanlıktaki sıcaklığını mutlak ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) seviyesinde olmasından ve ışıma (radyasyon) yolu ile ısının gökyüzüne iletilmesinden yararlanılarak gerçekleşmektedir. İmparator Neron, güneşin etkisinden korunmak için duvarları samanla izole edilmiş odalar yaptırmış ve bu odalarda sebze ve meyvelerin uzun zaman muhafazasını sağlamıştır.

Ticari maksatla ilk büyük buz satışı Frederic TUDOR (1806) tarafından Antil adalarına 130 tonluk buz Favorite adlı tekneyle götürülmesi ile başlamıştır [4]. İlk macerasından zarar etmesine rağmen bu olumsuzluğun depolanmadan kaynaklandığını, gerçekte ise buz işinde büyük kazançlar olduğunu görmüş, nakliye esnasında buzu uzun süre muhafaza etmek için teknesinde değişiklikler yaparak yılda 150,000,000 tona ulaşan bir buz ticareti hacmi geliştirmiştir. Hatta başka ülkelere buz satmıştır. Tabiatın bahşettiği buz ile soğutma şeklinden 1880’li yıllara kadar geniş ölçüde yararlanılmıştır.

Buz ve kar ile elde edilen soğutma şeklinin gerek zaman gerekse bulunduğu yer bakımından çoğu kez pratik ve ucuz bir soğutma sağlayamayacağı bir gerçek olduğundan mekanik araç ve cihazlarla soğutma teknikleri üzerinde araştırmalar başlamıştır.

Dr William Cullen (1755), eline eter sürdüğünde meydana gelen buharlaşma sonucuda elinin serinlediğini hissederek ilk mekanik soğutmanın temelini atmıştır [4]. Dr. William Cullen bu olaya dayanarak, 1775 senesinde vakum prensibine dayanan buz yapma makinasını imal etmiş fakat laboratuvar aleti olarak kalmış ve geliştirilememiştir.

Pelas (1792) adında bir Norveçlinin yönettiği kaşifler gurubu Kuzey Sibiryanın Lena Nehri yakınında kamp kurmuşlar, dondurucu soğuktan korunmak için çadırlarına sığınmış olan gezginler köpeklerin havladıklarını duyarak dışarıya çıkarlar, karları telaşla eşeyen köpekleri görürler, köpeklerin yanına gittikleri zaman kar altında gömülü duran bir mamutun bozulmamış başını görürler [4]. Dev mamutun gövdesini saran buzları temizleyip bir parça et keserler. Mamutdan kesilen bir parça eti pişirip yiyen gezginler etin bozulmamış olduğunu fark ederler.

Bu öykü, besinlerin soğuk ortamda uzun zaman saklanabileceğini gösteren gerçek bir örnektir. Bu öyküyü duyan bilim adamları 1792 senesinden sonra soğutma işine tekrar önem vermeye başlamışlardır. Jakop Perkins (1834) adında Amerikalı bir Mühendis Londra'da eter ile çalışan pistonlu bir soğutma makinasının patentini almıştır [4]. Otuz yıl boyunca bu prensiple çalışan makineler yapılmış, elektrik enerjisi olmayan yerlerde çalışan bir makine üzerinde de durulmuş ve Fransız Ferdinand Carre (1858) absorpsiyon sistemini bulmuştur [4]. Mühendis Windhausen CO<sub>2</sub> (1886) gazı ile çalışan sistem yaparak -80°C düşük sıcaklık elde etmiştir [4].

Bu tarihten sonra buz endüstrisi gelişerek, evlerde gıda maddelerinin muhafazasına buz ile başlanılmıştır.

J.M. Larsen (1910) şirketi tarafından ilk küçük buzdolabı yapılmış fakat otomatik olmadığı için pek fazla tutulmamıştır [4].

Kelvinatör (1918) şirketi ilk otomatik buz dolabını piyasaya sürmüştür [4].

1930'da R-12 gazı bulunarak CFC soğutucuların temeli atılmıştır.

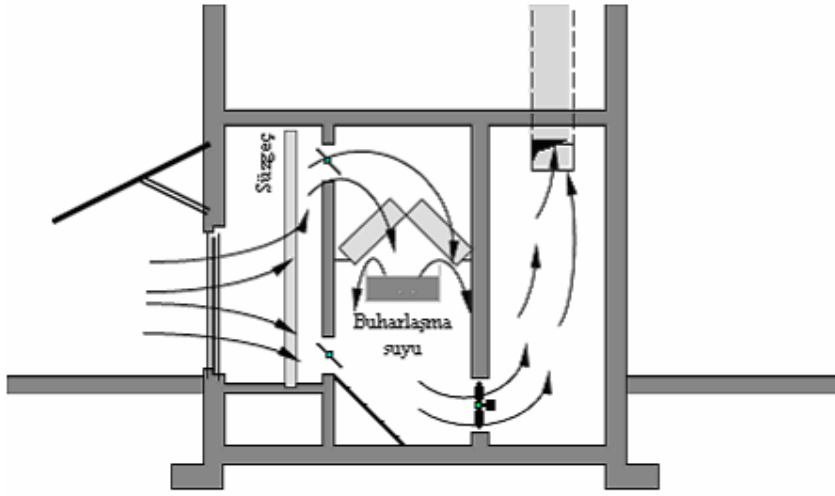
1935'te R-22 soğutucu akışkanı bulunarak HCFC kökenli akışkanlar geliştirildi.

1989'da R-134 A ve R-123 soğutucu akışkanları bulunarak ozon tabakasına zarar vermeyen HFC. kökenli akışkanlar geliştirilmiştir. 1990'lı yılların başında R-22 ve R-502 yerine kullanılmak üzere ikili ve üçlü alternatif soğutucu akışkan karışımları geliştirildi.

Klima cihazı bundan 1 asır önce, Cornell Üniversitesi'nden yeni mezun Willis Haviland Carrier adlı, haftada 10 dolar maaşla çalışan bir mühendis tarafından icat edildiği yaygın olarak kabul edilmektedir [4]. İklimlendirmenin gerçek babası olarak kabul edilen Carrier 1911 yılında havanın özellikleri ile ilgili formülleri tanıttı. Bu varsayımlar ve formüller ilk psikrometrik grafik için bir temel oluşturdu ve iklimlendirme endüstrisindeki temel hesaplamalar için güvenilir bilgi kaynağı haline geldi. Carrier 1922'de ilk santrifüj soğutma makinasını geliştirdi, ikinci dünya savaşı sırasında Ulusal Havacılık Danışma Komitesi için rüzgar tüneline havayı  $-55^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutacak sistemin oluşturulmasını yönetti [4].

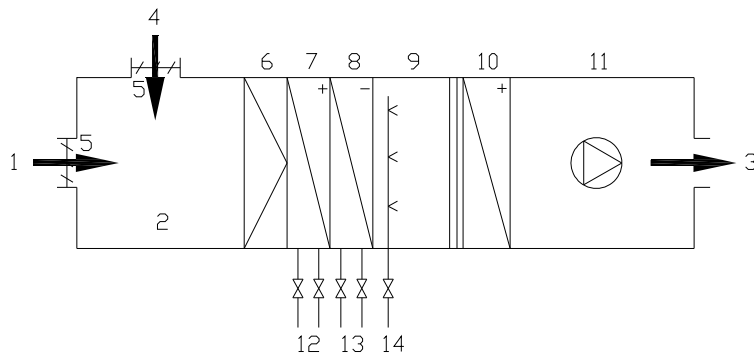
Konfor iklimlendirmesi büyük çapta ilk defa 1920'lerin başında sinemalarda kullanılmaya başlandı, 1920'lerin sonunda oda iklimlendirme üniteleri tanıtıldı, ikinci dünya savaşıdan sonra pencere tipi iklimlendirme sistemleri uygulanabilir hale geldi, Altmışlı yılların başında ise paket tip iklimlendirme sistemleri gelişmeye başladı [4].

1890'lı yıllarda mahale verilen havanın nemini artırmak için hava kanallarına kızgın su dolu kaplar konulmuş (Şekil 2.1), daha sonraları da su hava içine püskürtülerek nemlendirme sağlanmıştır [3].



Şekil 2.1. 1905'te yapılmış bir iklimlendirme santrali [3]

1930'lu yıllardan sonra iklimlendirme santralleri küçülerek sandık biçimini almış ve bu sandıklar kısımlara ayrılarak; ısıtıcı, soğutucu, nemlendirici filtreler ve fanlar yerleştirilerek tam tekâmül iklimlendirme santralleri ortaya çıkmıştır [3]. Şekil 2.2'de günümüz klima santralleri için basit bir şema gösterilmiştir.

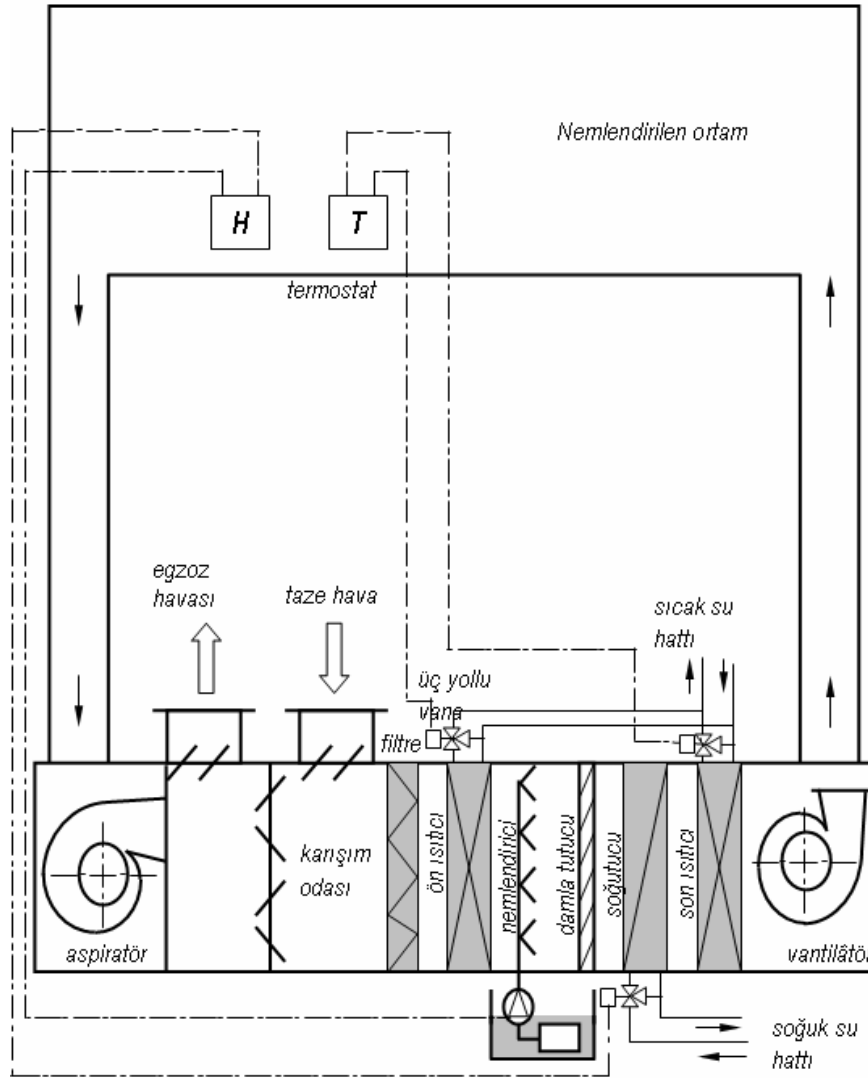


Şekil 2.2. Klima santrali mono blok şeması [5]

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



Günümüzde iklimlendirme santralleri; evlerde, işyerlerinde, fabrikalarda, depolarda, hastanelerde değişik şartlara ve isteklere uygun olarak tasarlanmaktadır. Isıtma, soğutma ya da nemlendirme amacıyla tasarlanan bu sistemler otomatik kontrol sistemleriyle de bütünleşerek insanlara daha kolay, konforlu ve kaliteli bir hayat sunmaktadır. Şekil 2.3'te komple bir iklimlendirme sisteminin şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Komple bir iklimlendirme tesisatı şeması [6]

### 3. TANIMLAR

#### 3.1. Havanın Tanımı

Atmosferi meydana getiren ve çeşitli gazlarla su buharı karışımından oluşan akışkana *hava* denir.

Havayı oluşturan gazların bir kısmının derişiklikleri hemen hiç değişmezken, bir kısmının yoğunlukları yere ve zamana bağlı olarak değişebilmektedir. Havada bulunan su buharı ve karbondioksitin miktarı sabit değildir.

Neden havalandırma; Hava içindeki değişik gazlar (oksijen, azot, karbondioksit, vs.), su buharı ve partiküller ( toz, polen, tüy, vs.) ile atmosferi dolduran renksiz ve kokusuz bir gazdır. Havayı oluşturan gazların dağılım oranları aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Kuru havanın gaz muhtevası ve oranları [2]

GAZLAR	SEMBOLÜ	AĞIRLI ORANI (%)
Azot	N <sub>2</sub>	78,084
Oksijen	O <sub>2</sub>	20,9476
Argon	Ar	0,934
Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	0,0314
Neon	Ne	0,0018
Helyum	He	0,000524
Kripton	Kr	0,0001
Hidrojen	H <sub>2</sub>	0,00005
Xenon	Xe	0,000008
Metan	CH <sub>4</sub>	0,002
Ozon	O <sub>3</sub>	0.000001

Bu karışım içinde canlı hayat ve insan için en önemli gaz oksijendir. Oksijensiz bir ortamda canlı hayat yoktur.

Dikkat edilirse insan ömrünün büyük çoğunluğunun (ev, ofis, fabrika, alışveriş merkezleri, sağlıklı yaşam birimleri, toplu ulaşım araçları ..vs.) kapalı hacimlerde geçtiği görülür. Bu hacimlerde ve birimlerde konfor şartlarının sağlanması ve korunması için yapılacak en akıllı işlem havalandırmadır. Özellikle tozsuz, kokusuz ve yüksek oksijenli bir solunum havası sağlanmasının en pratik çözümü havalandırma yapılmasıdır. Uygulanabilecek diğer sistemler (oksijen enjeksiyonu gibi) yüksek maliyetli ve komplikedir. Buna karşılık tam bir havalandırma da sağlanamaz.

Havalandırma en basit ifade ile, kullanılmış havanın, yeni ve temiz hava ile değiştirilmesi olarak ifade edilebilir.

Ancak; kısmen tanımlanan amaca hizmet etse dahi ;

- a. Yaşanılan birimin kapı-pencerelerinin açılması,
- b. Fanlarla içeriye temiz hava basılması,
- c. Fanlarla içerideki kirli havanın dışarıya atılmaya çalışılması havalandırma olarak algılanmamalıdır.

Kirli havanın kontrolsüz olarak egzost edilmesi veya temiz havanın kontrolsüz olarak içeriye basılması, beraberinde başka ciddi sorunlar yaratabilir. Gerçek bir havalandırmadan bahsedilebilmesi için, hava emme ve hava basma ile birlikte kullanıldığı sistemler kurulmalıdır. Havalandırılan hacimdeki basınç kontrol edilmeli, içeriden dışarıya veya dışarıdan içeriye kontrolsüz hava akımları-kaçakları önlenmeli, ısı kayıp ve kazançlarına izin verilmemelidir.

Kapalı hacimlerdeki hava kullanıldıkça doğal karışım oranlarını kaybeder ve canlılar için taşıdığı konfor şartlarından uzaklaşır. Böyle durumlarda; sıcaklığın artması ile terleme, düşmesi ile üşüme, nemin artması ile cilt solunumunun yavaşlaması, nemin

azalması ile cilt kuruluğu, oksijen oranının azalması ile nefes alma zorluğu ve benzer sorunlar yaşanmaya başlar.

İhtiyaç duyulan oksijen normal solunum hızı ile sağlanamadığı için solunum ve kan dolaşımı hızlanır, kan basıncı yükselir, baş ağrısı ve yorgunluk arazları başlar. Bu olgular, solunan havanın içindeki oksijen oranının % 21'in altına düşmesinin sonucudur.

Çözüm ise, ortamdaki havanın oksijen oranının tekrar % 21 seviyesine yükseltilmesidir. Kapalı hacimlerdeki oksijen oranının doğal koşullarda olması gereken seviyede tutulmasını sağlamanın en kolay yolu havalandırma yapılmasıdır.

Kullanım sonucu oksijen oranı azalmış ve kirlenmiş (halı-elbise tüyü, parfüm-ter kokusu vs.) hava atmosfere atılır, yerine dışarıdan, yüksek oksijenli ve kirlenmemiş (gerekli filtre sistemlerinden geçirilerek) taze hava alınır. İnsan sağlığının verimliliğinin en önemli koşullarından birisi budur.

### **3.1.1. Kuru hava**

Kuru hava; içinde hiç su buharı bulunmayan, belli oranlarda yalnız gaz karışımından oluşan bir maddedir. Kuru hava, ancak teorideki havadır. Yerküreyi çevreleyen ve en az yaklaşık 11 kilometrelik tabakada teorideki kuru havaya rastlamak mümkün değildir [7]. Çizelge 3.2'de değişik sıcaklıklardaki havanın yoğunluk oranları verilmiştir.

Çizelge 3.2. Değişik sıcaklıklardaki havanın yoğunluğu [2]

Sıcaklık t °C	Yoğunluk p kg/m <sup>3</sup>	Sıcaklık t °C	Yoğunluk p kg/m <sup>3</sup>	Sıcaklık t °C	Yoğunluk p kg/m <sup>3</sup>
0	1,293	100	0,946	200	0,746
20	1,204	120	0,898	300	0,616
40	1,127	140	0,853	400	0,524
60	1,059	160	0,815	500	0,456
80	1,000	180	0,778	1000	0,277

### 3.1.2. Islak hava

Karışımında belli oranlarda su buharı bulan havaya *ıslak hava* denir. Atmosferdeki hava daima belli oranlarda su buharı ihtiva etmektedir. Bu nedenle atmosfer havası ıslak havadır. Havada bulunan su buharı miktarı zaman ve mekana göre kararsızlık göstermekte olup, kara ikliminin hüküm sürdüğü yerlerde az, kıyı ikliminin hâkim olduğu yerlerde de daha fazladır.

Havanın nemlilik derecesi deyimiyle tanımladığımız bu kavram, havada bulunan su buharının yüzde oranı cinsinden ifade edilir ve hava içindeki su buharı yüzdesi insanın konfor şartlarını etkiler [8].

### 3.1.3. Hava kirliliği

Havayı kirleten maddeler, menşeleri, kimyasal ve fiziksel durumları itibariyle iki kısımda değerlendirilir:

### 3.1.4. Tabii hava kirleticileri

a. Duman, toz ve denizlerden yayılan kükürtlü gazlar ile deniz suyunun buharlaşması

esnasında havaya geçen klorürler.

b. Volkanlardan ve orman yangınlarından yayılan gazlar.

### **3.1.5. Suni hava kirleticileri**

a) Yanma olayından çıkan mahsuller (Hakiki duman ve tozlar, SO<sub>2</sub>, CO gibi gazlar, NO<sub>2</sub>, HCl ve benzopiren).

b) Kavurma ve ısıtma ocaklarından çıkan mahsuller (Çelik ve izabe fırınları, kireç ocakları, kok ve çimento fabrikalarından çıkan tozlu dumanlarla SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S ve flüorürler).

c) Demir ocaklarından ve çöplüklerden çıkan tozlar ve dumanlar.

d) Mutfak işlerinden çıkan gazlar (Gıda maddeleri hazırlanmasında çıkan balık kokuları, tutkal kokuları ve diğer fena kokular).

e) Kimyevi ameliyeler mahsulleri (Toz ve dumanlar, zehirli olan Pb, As, HCl v.b gibi buharlar).

f) Atomik ve nükleer prosesler ile meydana gelen radyoaktif toz ve dumanlar, nükleer tesirler ve buna benziyen hâdiseler [9].

### **3.1.6. Hava kirliliğinin genel yapısı ve hava kalitesi kavramı**

Hava kirlenmesi havanın doğal bileşiminin çeşitli nedenlerle değişmesi olarak tanımlanabilir. Kirletici maddelerin havaya karışması ile ortaya çıkan bu olayda;

a. Bir kaynak

b. Bir taşıyıcı ortam (burada alt atmosfer)

c. Bir alıcı ortam bulunur.

Hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek derişim ve sürede bulunmasıdır.

Bazı kirleticiler düşük derişimlerde çok uzun sürede olumsuz etki yaparken diğer bazı kirleticilerin düşük derişimleri uzun sürede insanlarda ölümcül sonuç

doğurmaktadır. Alıcı için hava kalitesinin ne olması gerektiği "hava kalitesi" kriterleri denilen listeler yardımıyla ortaya konur. Kriterlerin yasal hale gelmiş şekli ise standartları oluşturur. Genellikle hava kalitesi sınır değerleri, uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerler olmak üzere iki şekilde tanımlanmıştır.

*Uzun Vadeli Sınır Değer (UVS):* Hava kirleticilerin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için verilen üst sınır değerleri gösterir.

*Kısa Vadeli Sınır Değer (KVS):* Kısa sürede hava kirleticilerin yüksek derişimlerinin solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerlerdir.

Çizelge 3.3'de Hava Kalitesi Sınır Değerleri verilmiştir.

Yer kabuğuna yakın atmosfer katında (traposfer) doğal ve yapay fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlardan kaynaklanan nem ve karbondioksitin yanı sıra daha çok insan etkinlikleri ile ilişkili olan kükürt dioksitler, karbon monoksit, azot oksitleri, ozon, hidrokarbon buharları ve süspanse katı veya sıvı damlacıkları da yer alır. Bu maddelerin havadaki miktarları azot ve oksijen gibi sabit olmayıp zaman ve mekan içinde değişkendir [10].

Havada yalnızca milyonda bir kısım mertebesinde bulunan bu gazlar, sıvı veya katı maddeler buldukları yerdeki koşullara bağlı olarak hava kirlenmesine neden olurlar.

Atmosferde gazların dışında sıvı veya katı taneciklerin gaz ortamında askıda (suspended) durmasıyla oluşan partiküller bulunmaktadır. Hava kirleticileri kısaca; havanın doğal bileşimini değiştiren gaz, sıvı veya katı haldeki kimyasal maddelerdir.

Bunlar şu şekilde sıralanabilir.

Partiküller,  
Kükürtlü maddeler,

Çizelge 3.3. Hava kalitesi sınır değerleri [10]

NO	HAVA KİRLLETİCİLERİ	BİRİM	UVS	KVS
1	Kükürt Dioksit (SO <sub>2</sub> )			
	Kükürt Trioksit (SO <sub>3</sub> ) Dahil			
	a) Genel	(µg/m <sup>3</sup> )	150	400(900)
	b) Endüstri Bölgeleri	(µg/m <sup>3</sup> )	250	400(900)
2	Karbon Monoksit (CO)	(µg/m <sup>3</sup> )	10000	30000
3	Azot Dioksit (NO <sub>2</sub> )	(µg/m <sup>3</sup> )	100	300
4	Azot Monoksit (NO)	(µg/m <sup>3</sup> )	200	600
5	Klor (CL <sub>2</sub> )	(µg/m <sup>3</sup> )	100	300
6	Klorlu Hidrojen (HCL) ve Gaz Halde Anorganik Klorürler (CL-)	(µg/m <sup>3</sup> )	100	300
7	Florlu Hidrojen (HF) ve Gaz Halde Anorganik Florürler (F-)	(µg/m <sup>3</sup> )	-	10(30)
8	Ozon (O <sub>3</sub> ) Fotokimyasal Oksitleyiciler	(µg/m <sup>3</sup> )		(240)
9	Hidrokarbonlar (HC)	(µg/m <sup>3</sup> )		140(280)
10	Hidrojen Sülfür (H <sub>2</sub> S)	(µg/m <sup>3</sup> )		40 (100)
11	Havada Asılı Partikül maddeler (PM) (10 Mikron ve Daha Küçük Partikül) Genel	(µg/m <sup>3</sup> )	150	300
	b) Endüstri Bölgeleri	(µg/m <sup>3</sup> )	200	400
12	PM içinde kurşun (Pb) ve Bileşikleri	(µg/m <sup>3</sup> )	2	-
13	PM içinde Kadmiyum (CD) ve Bileşikleri	(µg/m <sup>3</sup> )	0,04	-
14	Çöken Tozlar	(µg/m <sup>2</sup> gün)		
	(10 mikrondan büyük partiküller ) Genel	(µg/m <sup>2</sup> gün)	350	650
	b) Endüstri Bölgeleri	(µg/m <sup>2</sup> gün)	450	800
15	Çöken Tozlarda Kurşun ve Bileşikleri	(µg/m <sup>2</sup> gün)	500	-
16	Çöken Tozlarda Kadmiyum ve Bileşikleri	(µg/m <sup>2</sup> gün)	7,5	-
17	Çöken Tozlarda Talyum (TI) ve Bileşikleri	(µg/m <sup>2</sup> gün)	10	-



(\*) UVS Uzun Vadeli Sınır Değerleri.

(\*\*) KVS Kısa Vadeli Sınır Değerleri

Not: Parantez içindeki rakamlar referans maksimum saatlik sınır [10].

İklimlendirme tekniğinde kullanılan tarif ve kavramların bazıları aşağıdaki gibidir.

### **3.2. Kuru Termometre Sıcaklığı**

Doğrudan ıslak havanın herhangi bir ısı yayan kaynağa maruz kalmadan normal oda termometresi ile ölçülen sıcaklığına kuru termometre sıcaklığı denir. Kuru termometre sıcaklığı “ $t_k$ ” ile gösterilirken, birimide “°C” olarak ifade edilir [3].

### **3.3. Yaş Termometre Sıcaklığı**

Belirli şartlarda bulunan ıslak havanın ısını değiştirmeden doyma durumuna getirildiğinde ölçülen sıcaklığına yaş termometre sıcaklığı denir. Birimi “°C” olarak ifade edilir [3].

### **3.4. Nem**

Nem, hava içerisinde bulunan su buharıdır. Atmosferde belirli miktarlarda, bölgeye göre daha doğrusu bölgenin iklimsel özelliklerine göre nem bulunur.

Nem yeryüzündeki suların, basınç ve sıcaklık etkisiyle buharlaşıp gaz fazına geçerek atmosfer havasına karışması ile oluşur [3].

Atmosferdeki su buharı hava koşullarını birçok bakımdan etkiler. Su buharı hem güneşten hem de yeryüzünden ısı ışınlarını soğurarak hava sıcaklığını düzenler [11].

1 kg kuru hava, sıcaklık derecesine bağlı olarak, belirli bir miktarda, su buharı taşıyabilir. Eğer havada taşıyabileceği en yüksek miktarda su buharı varsa, buna

*doymuş hava* denir. Sıcak havanın su buharı alma yeteneği, soğuk havanınkinden daha yüksektir.

### 3.4.1. Mutlak nem

1 kg havanın gram cinsinden ihtiva ettiği su buharı miktarına mutlak nem denir. Havanın sıcaklığı ve basıncına bağlı olarak taşıyabileceği su buharı miktarı da değişir. Çizelge 3.4'te havanın basınç ve sıcaklık durumuna göre nem durumu verilmiştir [3].

Çizelge 3.4. Normal şartlardaki havanın belirli basınç ve sıcaklığa göre ihtiva ettiği nem miktarları [3]

Sıcaklık t (°C)	Basınç p (mmss)	Mutlak nem x (g/kg)
-30	0,30	0,35
-20	0,79	0,90
-10	1,97	2,17
0	4,58	4,85
10	9,18	9,39
20	17,41	17,19
30	31,51	30,41
40	54,97	50,80

1 mmss  $\cong$  1mbar; 1bar =  $10^5 \text{N/m}^2 = 10^5 \text{Pa}$

### 3.4.2. Özgül nem

Birim miktar nemli havanın içindeki su buharı kütesinin, toplam nemli havanın kütesine oranına özgül nem denir ve “w” sembolü ile gösterilir. Birimi kg nem/kg veya g nem/kg hava dır [3].

### 3.4.3. İzafi nem ( bağıl nem )

Mevcut havada bulunan su oranına miktarının aynı sıcaklıktaki doymuş havada bulunan su buharı miktarına bağıl nem denir. Doymuş havanın bağıl nemi % 100'dür. Hava ısındıkça doyma sınırından uzaklaşacağından bir miktar daha nem alabilir [3].

Bağıl nem hava içinde bulunan su buharı miktarının oranı olduğundan, hava içindeki buharın kütesine  $m_B$  denilirse, toplam kütle;

$$m = m_B + m_H \quad (3.1)$$

olarak yazılır. Genel gaz eşitliğinden (Eş. 3.2) gidilerek m değeri için;

$$m = \frac{V}{T} \frac{1}{R} p \quad (3.2)$$

eşitliği yazılır. Bu eşitliklerde p toplam basınç olduğundan buhar basıncı;

$$P_B = \phi \cdot p_D \quad (3.3)$$

$$P_H = P - P_D = P - \phi \cdot P_D \quad (3.4)$$

olarak yazılır.

Havanın herhangi bir sıcaklıktaki kısmi su buharı basıncının, aynı sıcaklık derecesindeki doymuş buharın kısmi su buharı basıncına oranına, ya da aynı şekilde, herhangi bir atmosfer şartında bulunan havanın mutlak neminin ve kütesinin doyumluk durumundaki mutlak nem ve kütesine oranını ifade ettiğinden, bağıl nem;

$$\phi = \frac{P_B}{P_{DB}} = \frac{x}{x_D} = \frac{m_B}{m_{BD}} \quad (3.5)$$

eşitlikleri ile belirlenmektedir.

### 3.5. Psikrometri

Psikrometri hava ile su buharı karışımının özelliklerini inceleyen bilim dalıdır. Atmosferik havanın tamamen kuru olmaması, içinde su buharının da bulunması nedeniyle psikrometri önem kazanır [12].

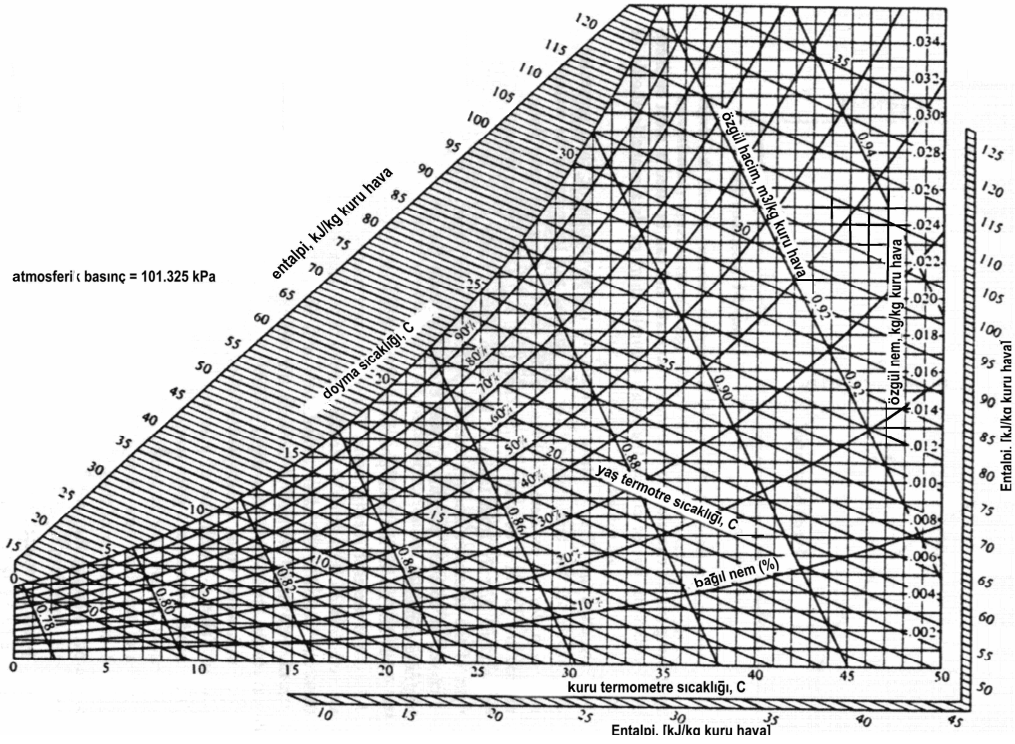
#### 3.5.1. Psikrometrik diyagram

Psikrometrik diyagram, hava ve havadaki su buharının farklı sıcaklıklardaki durumunu gösteren ve bu şartların değiştirilmesi durumunda oluşacak yeni durumların anlaşılmasında kullanılan en iyi araçtır [13].

Çeşitli eşitliklerle bulunan nemli havaya ait termodinamik özellikler bir grafik üzerinde de görülebilir. Bu grafiğe “psikrometrik diyagram” denilir. İlk defa 1923 yılında Richard Mollier tarafından yapılmıştır.

Diyagramın koordinatlarını oluşturan entalpi ve özgül nemden başka havanın diğer karakteristikleri olan kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, özgül hacim, bağıl nem ve doyma derecelerinin de diyagram üzerinde gösterilmeleri mümkündür [14].

İklimlendirme işlemlerinde ara akışkan, kontrol edilen ortam hava olduğu için ve atmosfer havasının içinde belli oranda nem olduğundan nemli havanın basınç, sıcaklık, özgül hacim ve entalpi gibi özelliklerinin bilinmesi gerekir. Psikrometrik diyagram yardımıyla nemli havanın tüm termodinamik özellikleri bulunabilir. Havanın iki özelliği bilindiğinde, diğer bütün özellikleri diyagramdan okunabilir. Şekil 3.5’de psikrometrik diyagram gösterilmiştir.

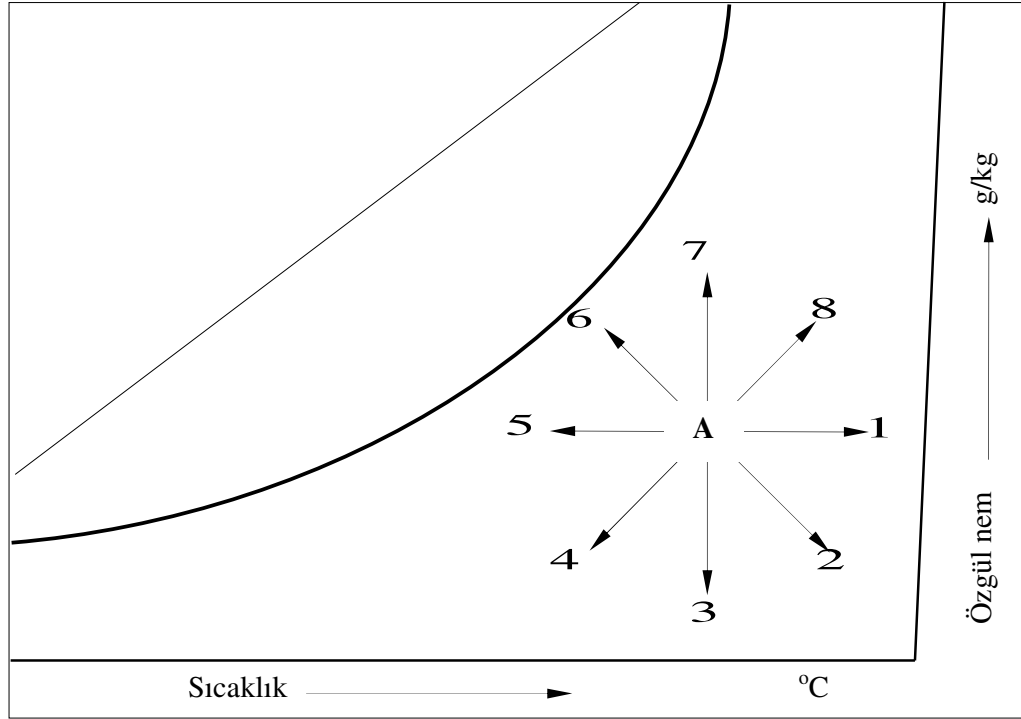


Şekil 3.1. Psikrometrik diyagram [6]

Şekil 3.1'deki diyagram üzerindeki yatay çizgiler özgül nem değerlerini, dikey çizgiler kuru termometre sıcaklıklarını göstermektedir. Sağa az eğik çizgiler yaş termometre sıcaklıklarını, fazla eğik olan seyrek çizgiler ise özgül hacim eğrilerini göstermektedir.

### 3.5.2. Psikrometrik diyagramda işlem yönleri

Belli şartlarda bulunan bir havanın diyagram üzerindeki tespit edilen yeri "A" noktası olarak kabul edilirse, bu hava üzerinde yapılan termodinamik işlemlerin hareket yönleri aşağıdaki Şekil 3.2'de verilen yönlere olacaktır.



Şekil 3.2. Psikrometrik diyagramda işlem yönleri [3]

**A-1 (Duyulur ısıtma):** İklimlendirme santralında havanın ihtiva ettiği nem miktarını değiştirmeden, yalnızca ısıtıcıda havanın ısıtılması işlemidir.

**A-2 (Adyabatik kurutma):** Soğurma usulü ile havanın neminin alınması hali ki, bu şekilde nem almada kanal içine yerleştirilen nem soğurucu kimyasal madde (Silikagel gibi) kanaldan geçmekte olan havanın nemini çekerken, bir miktar yoğunlaşma ısıyı açığa çıkar. Böylece, hava ısınırken, özgül nemi de düşer.

**A-3 (Nem azalması):** Havanın kuru termometre sıcaklığının sabit kalırken bağıl ve özgül neminin azalma halidir.

**A-4 (Nem alma):** Hava çiy noktası sıcaklığının altına kadar soğutulduğunda bir miktar nem soğutucu yüzeyinde yoğunlaşarak sıvı hale geçer. Böylece; havanın hem sıcaklığı ve hem de nemi düşer.

**A-5 (Duyulur soğutma):** İklimlendirme santralinden geçen havayı çiy noktası sıcaklığının üstünde soğutulduğu zaman, ihtiva ettiği nemde bir değişme olmazken, sıcaklığı düşer.

**A-6 (Adyabatik nemlendirme):** Buna yıkayarak nemlendirme de denir. Dışardan hiç ısı alış-verişi olmadan, nemlendiricide havanın nemi yükselirken, kuru termometre sıcaklığının da düşmesi hali.

**A-7 (Sabit sıcaklıkta nemlendirme):** İklimlendirme santralinden geçen havaya, nemlendirme odasında, havayla aynı sıcaklıkta su püskürtülerek yapılan nemlendirme hali.

**A-8 (Buharla nemlendirme):** Santralden geçen havayı, kendi sıcaklığından daha yüksek sıcaklığa sahip ıslak buhar ile nemlendirme halidir. Bu durumda havanın sıcaklığı, entalpisi ve özgül nemi yükselmektedir [3].

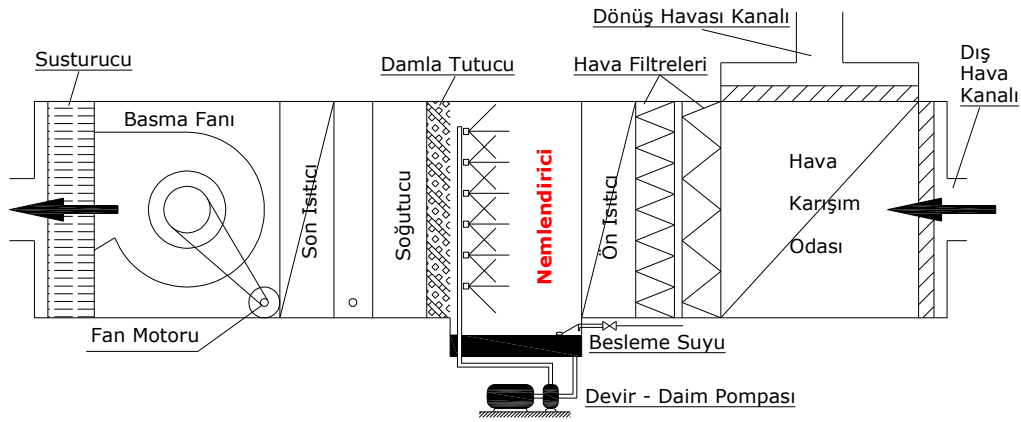
### 3.6. Havanın Nemlendirilmesi

Havanın nemlendirilmesi; önceki bölümlerde bahsedilen nedenlerden dolayı ihtiyaca uygun olarak değişik miktarlarda nemi havaya kazandırmak ve istenilen oranlarda kalmasını sağlamak işlemi olarak kısaca tanımlanabilir. Günümüzde artık hemen hemen her ihtiyaca uygun nemlendirme tekniği uygulanmaya başlamıştır. Teorik olarak yapılan işlem; herhangi bir teknik kullanılarak suyu doğrudan havaya püskürtmek ya da sıvı halden buhar hale getirerek havaya karıştırmaktır.

Konfor şartlarında %30 civarında bağıl nem insan rahatı açısından alt sınırdır. Bunun altındaki durumlarda, özellikle kış mevsiminde mahaldeki ısıtma sisteminin de etkisiyle ortamdaki hava kurumakta ve rahatsız edici bir hal almaktadır, bu yüzden iklimlendirme santrallerinde nemlendiriciler önem kazanmaktadır.

Nemlendirme işlemleri içinde en önemli en çok kullanılan tip adyabatik nemlendirme olup, bu tip nemlendirmede havanın ısısı sabittir [15].

"Nemlendirme odası" denince akla ilk gelen sistem havasının nemlendirilmesi olmakla birlikte, nemlendirme odaları değişik amaçlar için kullanılabilirler. Bazı durumlarda nemlendirme odası "hava yıkayıcı" olarak da adlandırılmaktadır. Çünkü sistem havası nemlendiricide doğrudan su ile temas ettiğinden, aynı zamanda yıkamış da olmaktadır [16]. Şekil 3.3'de nemlendirme odasının santraldeki yeri görülmektedir.



Şekil 3.3. Nemlendirme odasının santraldeki yeri

Kaynak kitaplarda genel olarak üç şekilde nemlendirmeden bahsedilir: Bunlar;

1. Su püskürtmeli nemlendirme,
2. Sulu sistem nemlendirme,
3. Buharlı nemlendirme olarak belirlenmiştir.

### 3.6.1. Havayı nemlendirme ihtiyacı

Nemlendirme bilhassa kışın, soğuk iklimlerde dış havanın fazla kullanıldığı uygulamalarda mutlaka gereklidir

Kuru hava ortam havasından nemi çeker. Bu durum insanlar, hayvanlar, bitkiler, malzemeler ve üretim işlemleri üzerinde zararlı etkilere sahip olabilir [17].

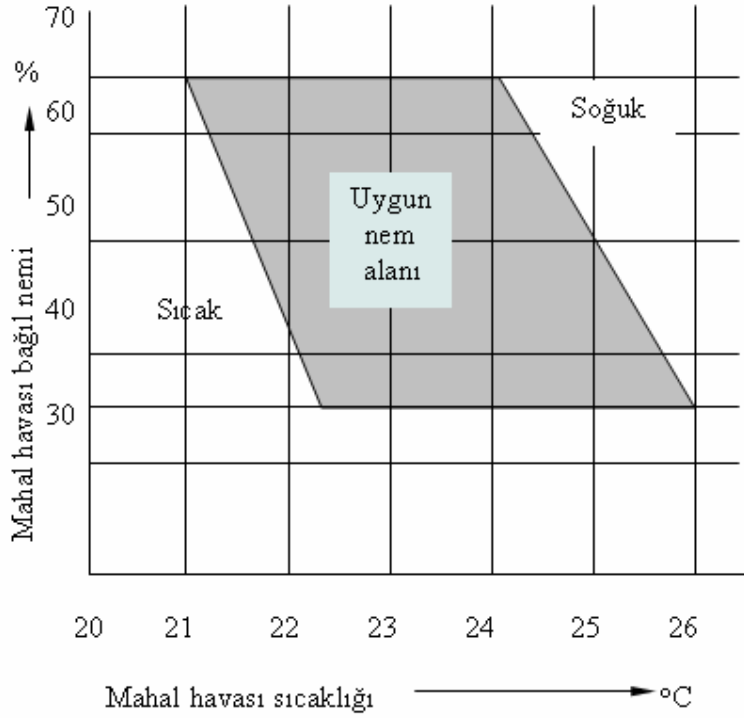


Eğer havanın bağıl nemi %40 altında ise insanların hastalıklara karşı dirençleri çok düşer. Deri ve mukoza kuruyacağı için, davetsiz gelen virüs ve bakteriler ile vücut etkili bir şekilde savaşılamaz. Hayvanlar, doğru nem seviyeli ortamlarda tutulduklarında daha sağlıklı olurlar ve daha iyi büyürler. Bitkiler, doğru nem seviyelerinde daha sağlıklıdır. %50'den yüksek olan bağıl nem seviyeleri tehlikeli elektrostatik boşalmaları engeller. Bu şartın sağlanması özellikle bilgisayar odalarında başlıca bir gerekliliktir [18].

Birçok üretim işlemi uygun hava nem seviyelerinde doğru uygulanabilir. Örneğin, ekmek pişirmek için gerekli hamur sadece doğru nem seviyelerinde kabarıp ve peynir düzgün bir şekilde mayalanır. Yiyecek ve gıda maddeleri, tazeliklerini ve sağlık bakımından yararlı durumlarını sadece soğuk oda veya depolarda su kaybetmeleri önlenirse sürdürebilirler. Birçok malzeme, havadaki nem seviyesinin değişmesinden etkilenir. Örneğin kâğıt, tahta veya kumaşın kurumması, yırtılması veya biçiminin bozulmasını önlemek için tanımlanmış sabit bir neme ihtiyaç vardır [18].

### **3.6.2. Hava nemliliğinin insan sağlığı açısından önemi**

İnsan vücudu yediği besinleri yakarak her motorda olduğu gibi ısı verir. Sıcaklığını 37 °C'de sabit tutmak zorunlu olunca, üretilen fazla ısının havaya verilmesi gerekir. Bu ısı verme, kısmen ışıınım ve konveksiyon yoluyla, kısmen de terin cilt üzerinde buharlaşması ile olur. Bu buharlaşma ısıyı vücuttan alınır. Buharlaşma yolu ile alınan ısı, özellikle zorlu çalışmada çok yüksektir. Çevredeki havada ne kadar az su buharı varsa, yani hava ne kadar kuru ise, cilt üzerindeki ter o kadar çabuk buharlaşır. Bir buhar banyosundaki doymuş havada, çok fazla ter akar. Çünkü bunu doymuş haldeki hava alamaz. Buna karşılık kuru hava ağız ve burunda kurumalara neden olur. Bundan başka çabuk buharlaşma sonucu olarak, yüksek soğuma hızı, soğuk alma tehlikesini artırır. Şekil 3.4'de mahal havası sıcaklığının mahal hava nemi ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Mahal havası sıcaklığı + mahal hava nemi ilişkisi [3]

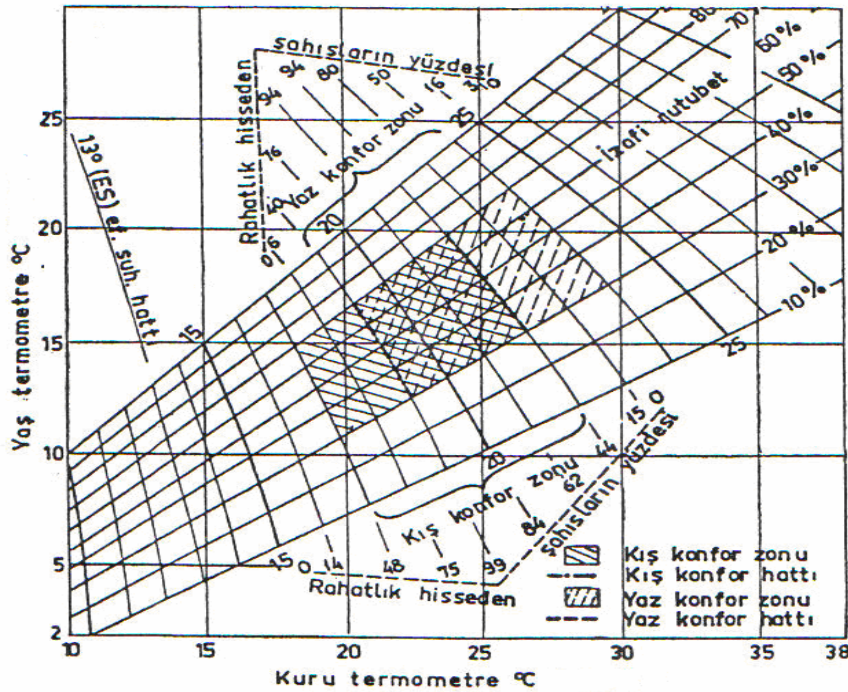
Havanın nemlilik derecesinin düşük olması sonucu solunum işlevi güçleşir, bu tür bir rahatsızlık duygusu, nemlilik derecesi %30 dolaylarında bulunduğu ortaya çıkar. Nemlilik derecesi için kabul edilebilir alt sınır işte bu %30 oranıdır [18].

Havanın nemlilik derecesi %60 oranından daha yüksek değerler aldığı anda ise insan bedeninden oluşan ter rahatça buharlaşamaz ve yine bir tür rahatsızlığa yol açar [18].

İklimlendirme tekniğinde, insan sağlığı açısından normal şartlar için %35'den az bağıl nem düşük ve %65'den fazla olan bağıl nem de yüksek kabul edilmektedir [3].

### 3.7. Konfor Bölgesi

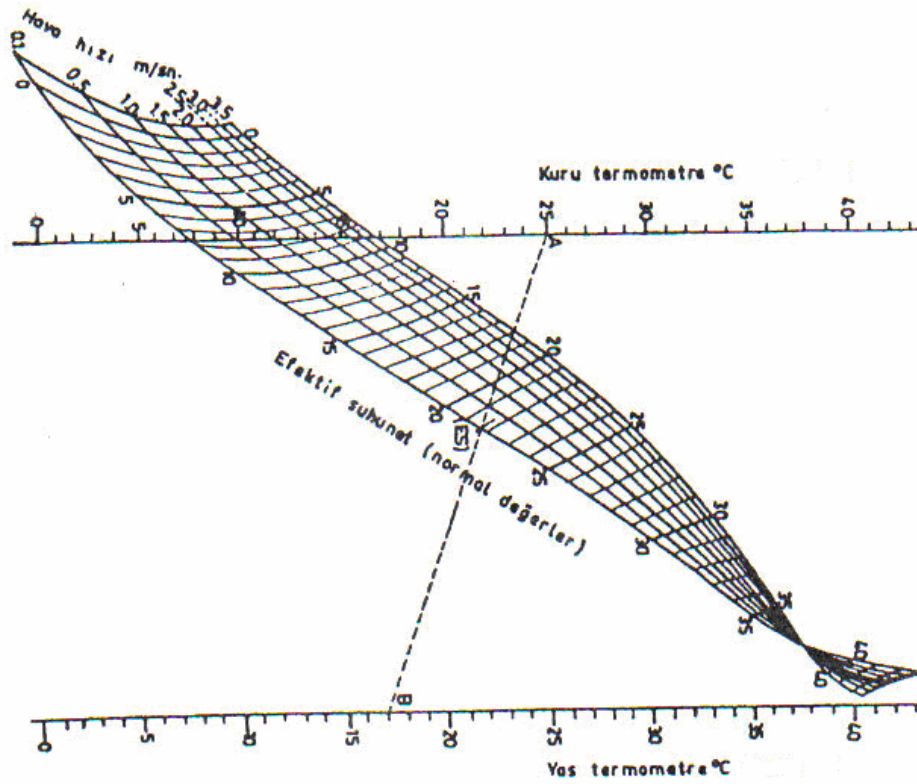
Havanın sıcaklığı, izafi nemi ve hareketlerinin insanlarda rahatlık hissi verecek şekilde ayarlanmasına “ısı konfor” denilmektedir. Konfor bölgesiyle ilgili hazırlanan tablo ve diyagramlardan biri de Şekil 3.5’de görülen ASHRAE tarafından hazırlanan diyagramdır. Çok sayıda kişiye sorularak yapılan ölçüm ve testlerde; test edililenlerin %97’sinin ortak konfor hissinde buldukları bölge belirlenmiştir. Bu diyagramda sanal bir “efektif sıcaklık” skalası kullanılmaktadır. Efektif sıcaklık; hava hareketi, nem ve sıcaklığın insanlar üzerindeki konfor tesirinin bir ölçüsüdür (Tamer,1990). Yaz konforu; 22 °C – 25 °C efektif sıcaklıklar ile %30 ile %70 izafi nem arasındaki bölgedir. Kış konforu; 20 °C ile 22 °C efektif sıcaklıklar ile %30 ile %70 izafi nem arasındaki bölgedir.



Şekil 3.5. Yaz ve kış konfor bölgelerini gösteren diyagram [Tamer, 1990]

Kuru ve yaş termometre sıcaklıkları ile hava hızına bağlı olarak efektif sıcaklık değerlerinin bulunmasına yarayan diyagram Şekil 3.6’da verilmiştir.

İklimlendirilen mahallin kullanım şekline ve enerji tasarrufuna yönelik olarak konfor bölgesinde hareket edebilir. Örneğin dış sıcaklığın 40°C'yi bulduğu bir anda iç efektif sıcaklığın 19°C düşürülmesi hem gereksizdir; hem de fazla enerji harcamayı gerektirir. Fakat yine konfor şartlarında kalınarak efektif sıcaklık 25°C'da gayet konforlu hissedilebilir.



Şekil 3.6. Efektif sıcaklığın bulunmasına yarayan diyagram [7]

### 3.8. İklimlendirme Sistemleri

İklimlendirme sistemleri iki amaç için yapılırlar;

1. İnsan faktörü esas olarak alınmışsa “Konfor iklimi”,
2. Üretilen mamul madde esas olarak alınmışsa “Endüstriyel İklim” adını alırlar.

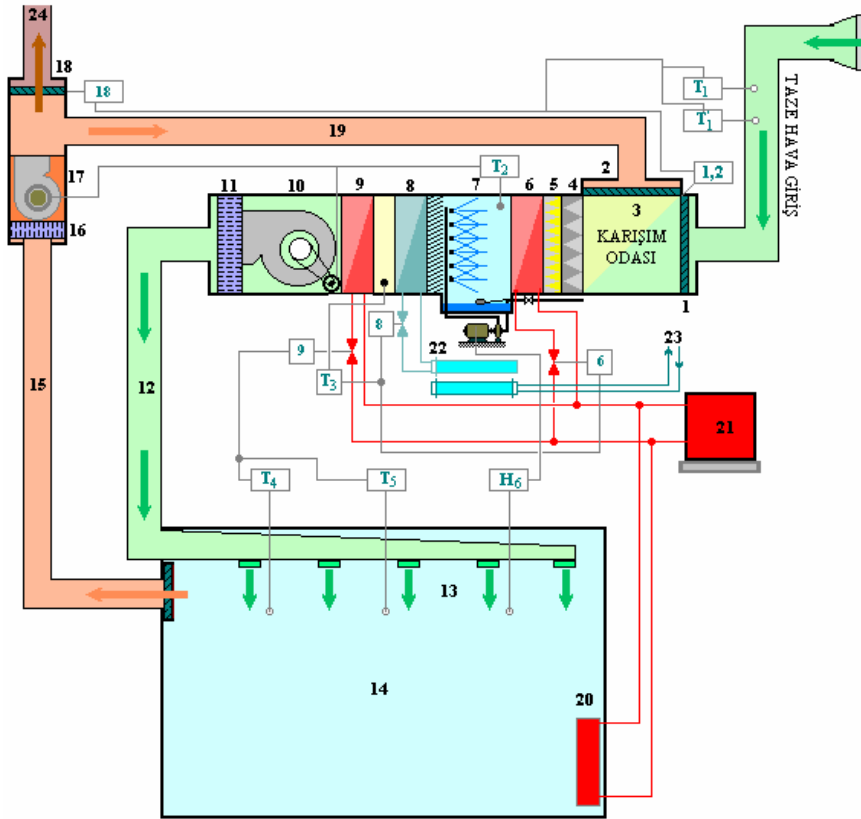
Farklı kriterlere göre değerlendirilen iklimlendirme sistemleri genel olarak şu şekilde sınıflandırılabilirler [Erdoğan, 1990].

1. Doğrudan genişmeli sistemler.
  - a. Pencere tipi klima cihazları
  - b. Salon tipi klima cihazları
  - c. Ayrık (Split) tip klima cihazları
  - d. Tavan tipi klima cihazları vb.
2. Tamamen sulu sistemler.
  - a. İki borulu sistemler.
  - b. Üç borulu sistemler.
  - c. Dört borulu sistemler.
3. Tamamen havalı sistemler.
4. Hem havalı hem sulu sistemler.

İklimlendirme sistemleri seçimi yapılırken bu türler içerisinde; istenilen konfor durumu, iklimlendirilecek mahalin özellikleri, çevre şartları göz önüne alınmalıdır. Bunun yanında, konfor şartlarını sağlayabilme açısından en iyi sistem tamamen havalı sistemlerdir.

### **3.8.1. Tamamen havalı sistemler**

Hava, merkezi bir iklimlendirme santralinde şartlandırılarak kanallar vasıtasıyla istenilen mahallere gönderilir. Konfor açısından diğer tiplerden daha iyidir. Fabrika gibi büyük tesisler ile konfor istenilen yerlerin iklimlendirilmesinde kullanılır. İklimlendirme santralinde ısıtma, soğutma, nemlendirme ve temizleme bölümleri vardır (Şekil 3.7). İstenilen konfor bölgesine bağlı olarak bu bölümlerden bazıları bulunmayabilir. Yaz kış durumuna göre karışım odasındaki damperler (kapaklar) vasıtasıyla dış hava oranı ayarlanabilir.



Şekil 3.7. İklimlendirme tesisatı şeması [3]

- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1-) Dış hava kapağı          | 14-) İklimlendirilmiş mahal    |
| 2-) Dönüş havası kapağı      | 15-) Kirliliği atma kanalı     |
| 3-) Karışım odası            | 16-) Susturucu                 |
| 4-) Kalın hava filtresi      | 17-) Hava emme fanı (Asp.)     |
| 5-) İnce hava filtresi       | 18-) Kullanılmış hava kapağı   |
| 6-) Ön ısıtıcı               | 19-) Karışım havası kapağı     |
| 7-) Nemlendirici             | 20-) Kalorifer radyatörü       |
| 8-) Soğutucu                 | 21-) Kalorifer kazanı          |
| 9-) Son ısıtıcı              | 22-) Soğutma makinesi          |
| 10-) Hava basma fanı (Vant.) | 23-) Soğutma kulesine          |
| 11-) Susturucu               | 24-) Atık hava (Egzost)        |
| 12-) Hava dağıtım kanalı     | T-) Sıcaklık ölçer (Termostat) |
| 13-) Üfleyiciler             | H-) Nem ölçer (Higrostat)      |

İklimlendirme tesisatlarında konumuna göre 7 çeşit havadan söz edilmektedir.

Bunlar:

1-) Dış hava (DH): Mahal dışından alınan hava.

2-) İç hava: Mahalde bulunan mevcut hava.

3-) *Dönüş havası (DöH)*: Enerji tasarrufu sağlamak amacıyla, belli oranlarda dışarıdan alınan taze hava ile karıştırılmak üzere, karışım odasına gönderilen kullanılmış bayat hava.

4-) *Karışım havası (KH)*: Karıştırma odasında, belli oranlarda dış hava ile kullanılmış bayat iç havanın karıştırılmasından oluşan sistem havası.

5-) *Atık hava (AH)*: Mahalde kullanıldıktan sonra, egzosttan dışarıya atılan hava.

6-) *Bayat hava (BH)*: Mahalden alınan, kullanılmış, oksijen yönünden fakir hava.

7-) *Temiz hava (TH)*: İklimlendirme santralında işlenip, istenilen şartlara getirilerek mahale kullanılmak üzere üflenen hava.

### **3.9. İklimlendirmede Yapılan Ölçümler ve Kontrol Elemanları**

İklimlendirme sistemlerinde konforu iyi ayarlayabilmek için sıcaklık, basınç, izafi ve özgül nem, hava hızı, hava debisi, vb. ölçümlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

#### **3.9.1. Sıcaklık ölçümü**

İklimlendirme sisteminde sıcaklık ölçümünün alanı oldukça geniştir. Hem mekanik hem de elektriki yollarla ölçümler yapılmaktadır. Bunlar metal tel sıcaklık ölçerler (Pt ve Ni), yarı iletken sıcaklık hissedici dirençler (PTC ve NTC'ler), termokupllar, mekanik sıcaklık hissedicilerdir.

Bu çalışmada LCD display dijital termometre TPM-10 kullanılmıştır. Bunların kullanım aralığı -50 °C ile 70 °C arasındadır.

#### **3.9.2. İzafi nemin ölçülmesi**

Neme duyarlı maddeler yardımıyla izafi nem ölçülmektedir. Bu çalışmada yaş ve kuru termometre sıcaklıkları vasıtasıyla Psikrometrik diyagramdan izafi nem tesbit edilmiştir.

### **3.10. Otomatik Kontrol**

Fiziksel değerlerin insan g¼c¼ne bağlı olmaksızın denetlenmesine ve kontrol altında tutulmasına “otomatik kontrol” adı verilmektedir. Çeşitli otomatik kontrol teknikleri ve t¼rleri bulunmaktadır. Bu çalışmada klima santrali hava emme ve hava basma fanları elle çalıştırıldıktan sonra soğutma ve ısıtma otomatik olarak istenilen ayarda yapılmaktadır.



#### 4. OZON GAZI (O<sub>3</sub>)

Ozon, üç tane oksijen (O<sub>3</sub>) atomunun birleşmesiyle oluşmaktadır. Atmosferde bulunan Azot (N)-%78, Oksijen (O<sub>2</sub>)-%21 ve Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)-%1 gibi temel gazlara göre oldukça düşük oranda bulunan ozon, iklimi etkilemekte ve yeryüzündeki canlıların korunmasında önemli rol oynamaktadır. Güneşten gelen yüksek enerjili ultraviyole radyasyonunun (Görünür ve uzun dalga boyulu) etkisiyle atmosferde oksijen molekülü (O<sub>2</sub>) parçalanarak, serbest oksijen atomu haline dönüşmektedir.

##### 4.1. Ozon

Aktif oksijen (Ozon) bilinen en etkili mikrop öldürücü ve koku gidericidir. Ozon doğada, güneşin ultraviyole ışınları veya yıldırımlar vasıtasıyla meydana gelir. Doğanın kendini arındırma ve temizleme yöntemidir. Ormanlarda ve deniz kıyılarında soluduğumuz temizlik ve sağlık kokan havanın nedeni bu mucize moleküldür. Bir oksijen molekülü O<sub>2</sub> bir oksidasyon süreci sonucunda üçüncü bir oksijen atomuyla birleştiğinde ozon O<sub>3</sub> oluşur. Son derece karakteristik bir kokusu vardır. Ozon ismi Yunanca koklamak anlamına gelen "Ozien" kelimesinden çok belirgin olan kokusuna istinaden türetilmiştir. Özellikle fırtınalardan sonra taze hava kokusu diye içimize çektiğimiz havada bu hissi yaratan, yıldırımlar sırasında yükselmiş olan ozon konsantrasyonudur.

Daha sonra bu serbest haldeki oksijen atomları (O) yine ultraviyole radyasyonunun etkisiyle oksijen molekülüyle (O<sub>2</sub>) birleşerek ozon molekülünü (O<sub>3</sub>) oluşturmaktadırlar.

Ozon, günlük hayatımıza Güney Kutbu üzerindeki ozon katmanında oluşan delik sayesinde girdi. Bu sayede onun bizi zararlı ışıklardan koruyan bir katman olduğunu geniş halk kesimleri öğrenmiş oldu. Ozon flordan sonra dünyanın en güçlü oksitleyicisidir, ayrıca bilinen en etkin su arıtıcısıdır. Bakteri ve virüsleri klordan yaklaşık 3000 defa daha hızlı ve etkin bir şekilde öldürür.

Ozon doğaldır ve gerektiği gibi kullanıldığında son derece sağlıklıdır. Deniz kenarlarında soluduğumuz havadaki doğal ozon seviyelerinin 0,003 – 0,005 ppm olduğu tespit edilmiştir.

Bu seviyeler dağlarda çok daha yüksektir.

En son teknoloji ozon jeneratörleri bile ortalama her bir gram ozon üretimi için yaklaşık aşağıdaki miktarlarda elektrik enerjisi kullanır:

1. Kuru havadan ozon ürettiyse 13 – 22 Watt-h/gram-O<sub>3</sub>
2. Saf oksijenden ozon ürettiyse 7 – 10 Watt-h/gram-O<sub>3</sub>

Yüksek enerjili ultraviyole radyasyonu (UV) ozonun hem oluşumunda, hemde parçalanmasında tek başına etken bir rol oynamaktadır.

Ozonun (O<sub>3</sub>) bilinen özellikleri aşağıda verilmiştir;

- a. Bakterilere, virüslere ve mantarlara karşı ozon klordan çok daha etkilidir, ve klorla nazaran 1/10 konsantrasyonda ozona ihtiyaç duyulur.
- b. Ozonun kısa bir reaksiyon süresi vardır ve diğer kimyasallardan daha az temas zamanına ihtiyaç duyar.
- c. Ozon güçlü bir oksidandır ve kötü kokuları elimine ettiği gibi kötü kokulara neden olan mikro-organizmaları da yok eder.
- d. Ozon yerinde, sadece elektrik ve havadan üretildiği için zararlı kimyasalların taşınması ve saklanması sorunu ortadan kalkar.
- e. Doğru ozon miktarı elektronik olarak sağlanır ve yıkama solüsyonlarının manuel olarak hazırlanmasına gerek kalmaz.
- f. İşletmede ne zaman, ne kadar suya ihtiyaç duyulursa duyulsun uygulanan ozon miktarı sabit kalır.
- g. İşletmenin ihtiyacına ve çeşitli uygulamalara göre bir sistem geliştirilir ve tam sterilizasyonu sağlanır
- h. Çevre dostudur.

- i. Gıdalarda kullanımı güvenlidir.
- j. Depolanamaz. Kullanım yerinde üretilmelidir.

ABD St. Louis kentinde ozonlu hava devir daimi yapılan ve yapılmayan iki okullarda yapılan gözlemlerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.1).

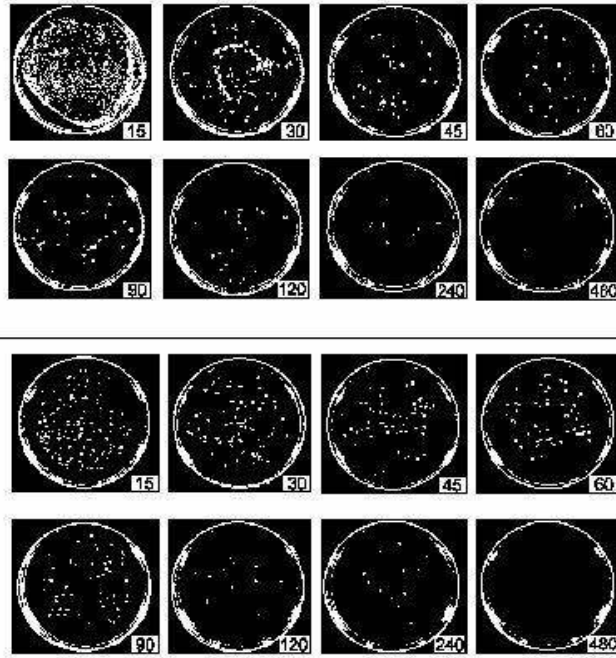
Çizelge 4.1. Ozon testi

<b>HASTALANAN ÇOCUK SAYISI</b>		
<b>Hastalık</b>	<b>Ozonlu Hava</b>	<b>Ozonsuz Hava</b>
Bademcik	13	57
Boğaz ağrısı	24	60
Soğuk algınlığı	46	64
Baş ağrısı	9	66
Mide ağrısı	0	25
Kulak ağrısı	1	15
Diş ağrısı	0	20
Hazımsızlık	0	9
Ateşlenme	1	49
Pnemoni	0	4

Pennsylvania State Üniversitesi'nde 1998 yılında yayınladıkları makalede ozonun çok iyi kanıtlanmış olan suda mikrop öldürme özelliğinin kütle bazında benzer oranlar kullanıldığında havada da geçerli olması gerektiği savını incelemiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.2. Havadaki ozonun bakteriler üzerine etkisi  
(Tüm çalışmalarda ozonla muamele süresi 15 saniyedir)

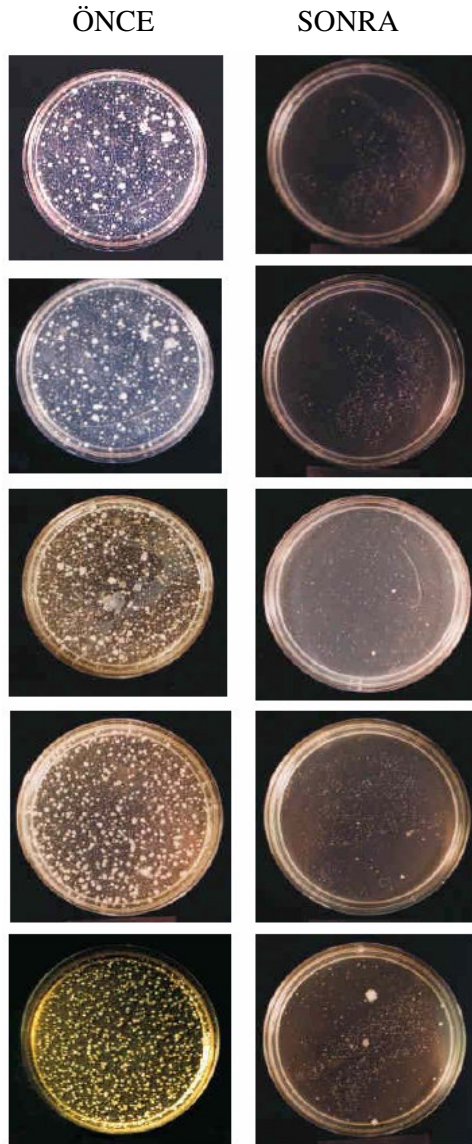
Bakteri	Ozon ppb	Kontrol sayısı	Kontrol KOB*	Deneme sayısı	Yaşayan Oranı		
					Min.	Max.	
Ortalama							
<i>E. coli</i>	300	5	180,000	21	0,056	0,042	0,064
<i>E. coli</i>	327	3	401,000	23	0,005	0,002	0,006
<i>E. coli</i>	389	4	717,000	24	0,021	0,019	0,022
<i>E. coli</i>	631	5	180,000	8	0,007	0,007	0,008
<i>S. aureus</i>	300	5	188,000	26	0,004	0,003	0,004
<i>S. aureus</i>	389	3	195,000	24	0,004	0,003	0,004
<i>S. aureus</i>	631	5	188,000	8	0,005	0,004	0,006
<i>S. aureus</i>	1500	4	415,000,000	18	0,003	0,003	0,003



Şekil 4.1. Havadaki ozona maruz kalan Escherichia coli (üst) ve Staphylococcus aureus (alt) kültürleri (Rakamlar saniye cinsinden ozonla temas sürelerini göstermektedir)

Deneylerde elde edilen *E. coli* ve *S. aureus* ölüm eğrileri havadaki ozonun etkin bakteri sterilizasyonu için alt limitinin 0,1 ppm dolaylarında olduğunu göstermiştir. Bu da sudaki bakteri sterilizasyonunun etkinliğine yakın bir etkinliğe işaret etmektedir.

Sonuç olarak Ozon, bu belirtilen özellikleriyle ev, işyeri, okul, sinema, vb yerlerdeki ortamın kalitesini artırarak yaşamımızı çok daha güvenli ve huzurlu bir şekilde sürdürmemize olanak sağlayacaktır.



Resim 4.1. Ozon uygulanmadan önce ve sonra mikroskop görüntüleri

#### 4.1.1. İyi ve kötü ozon

İyi ozon tüm ozonun %90'nıdır ve aynı zamanda stratosferik ozon olarak da adlandırılır. Stratosferdeki ozonun oluşturduğu tabaka, doğal bir filtre vazifesi görerek yeryüzündeki tüm yaşam türlerini güneşin zararlı UV ışınlarına karşı koruduğu için "iyi ozon" dur. Ozon tabakası olmasaydı birçok insan cilt kanseri, katarakt gibi hastalıklara yakalanacaktı, hayvanlar ve tarım ürünleriyle bitkilerin yanı sıra okyanusların üst seviyelerindeki canlı organizmalar da bundan zarar göreceklerdir.

Stratosferik ozon doğal olarak atmosferde oluşur ve aynı zamanda yine doğal olarak stratosferde bozulur. Atmosferde ozon; doğal olarak güneş ışınları ve nitrojen, hidrojen ve klor da dahil olmak üzere çeşitli bileşiklerle kimyasal reaksiyona girerek bozulur. Bu kimyasalların hepsi çok az miktarda atmosferde doğal olarak mevcuttur. Kirlenmiş bir atmosferde üretilen ozon miktarıyla tüketilen ozon miktarı tam bir denge halindedir. Böylece stratosferdeki ozonun toplam konsantrasyonu nispeten sabit kalır.

Diğer %10'luk miktar ise "kötü ozon"dur ve araç egzostları ve endüstriyel emisyonların oluşturduğu uçucu organik karışımların ve de nitrojen oksitlerin havaya karışmasıyla ortaya çıkan insan aktivitelerinin sebep olduğu ciddi bir hava kirliliğiyle yer seviyesinde oluşur. Özellikle yazın sıcak günlerinde uçucu organik karışımlar ve nitrojen oksitler güneş ışınlarıyla reaksiyona girdiklerinde "duman" olarak isimlendirilirlen tehlikeli bir "kentsel-endüstriyel pus" halini alırlar. Kısaca yeryüzünde ozon, fotokimyasal dumanın anahtar bileşenidir.

#### 4.2. Tarihi Süreç İçinde Ozon

Ozon gazının tarihi gelişimi aşağıdaki gibi olmuştur.

1781 - Van Marum adında bir kimyager elektrik kıvılcımları geçen bir havada ozon gazını fark etti.

1840 - Alman kimyacı Christian Fredrick Schönbein tarafından ozon adı verildi.

1856 - Ameliyathane dezenfeksiyonunda kullanıldı.

1860 - Monaco'da suların ozonla temizlenmesine başlandı. Ozonun, bakteri ve virüsleri öldürmenin yanı sıra sudaki koku ve kötü tadı da ortadan kaldırdığı görüldü.

1886 - Ozon hakkında ilk deneyler Fransa'da başladı.

1893 - Dezenfektan olarak ozonu kullanan ilk içme suyu işletmesi Hollanda da kuruldu.

1900 - Nicola Tesla, ilk ozon jeneratörünün patentini aldı. 1902'de H.J. Clarke ozonun anemi, kanser, diyabet, influenza ve morfin zehirlenmesinde kullandı.

1902-1903-1906 - Almanya ve Fransa'da ozon su işletme fabrikaları kuruldu.

1915 - Dr. Albert Wolf, 1. Dünya Savaşı sırasında kangren ve yaraları ozonla tedavi etti.

1926 - Dr. Otto Warburg Berlin'de kanserin hücre düzeyinde oksijen azlığından meydana geldiğini bildirip, bu saptaması ile 1931 ve 1944 Nobel ödüllerini aldı. Bu alandaki ödülü arka arkaya 2 kez alan tek kişi olarak tarihe geçti.

1939 - Meyvelerin depolanmasında ozonun maya ve küfün yayılmasını önlediği bulundu.

1950 - Ozon, Avrupa genelinde havuz işletmelerinde kullanılmaya başladı

1957 - Dr. J. Hansler kendi medikal ozon jeneratör patenti aldı.

1960' - Binlerce laboratuvar ve üniversite araştırmaları başladı.

1973 - Uluslararası Ozon Birliği (IOA) kuruldu. Ozon havuzculuğun geleceği olarak gösterildi.

1977 - Dr. Renate Viebahn ozonun vücuttaki etkilerini teknik olarak açıkladı.

1979 - Dr. George Freibott ilk AIDS hastasını ozonla tedaviye aldı.

1980 - Dr. Horst Kief, ozonla AIDS tedavisinde başarı kazandığını öne sürdü.

1980 - ABD de 50 yıldır kullanılmakta olan klorun, üniversite ve kliniklerde yapılan araştırmalar sonucu su arıtımında kullanıldığında, bilinen bir kanserojen olan kloroform ürettiği ve havuz suyundaki idrar ve terle karıştıdaysa ciddi göz yakıcılar olarak bilinen kloraminler ürettiği açıklanmıştır. Bu açıklamalardan sonra EPA (çevre koruma örgütü) içme suları, yüzme havuzları ve atık sularda kullanılan kloru alternatif olacak etkili bir çare bulunmasını istedi. Ozon ve klor karşılaştırıldıktan sonra EPA ozonu kloru bir alternatif olarak kabul etti.

1982 - Ozonun şişelenmiş suda kullanılması için FDA, GRAS deklarasyonunu yayınladı ve ozonu güvenli ilan etti.

1990 - ABD Gıda Birliği ozona "genel olarak güvenilebilir" (GRAS) onayını verdi. Ozon diğer kullanım alanlarında da güvenle kullanılmaya başlandı.

1992 - Ozon, 1992'den bu yana da Rusya'da yanık tedavilerinde kullanılıyor.

1994 - Tıp sektörü ozonu dezenfektan olarak kabul etti.

1997 - IEP (Endüstri Birliği Paneli) ozonun GRAS ve FDA şartlarına uygun olduğunu ilan etti. Düzenleyiciler daha sonra ozonun kullanımının kontrolünü ekledi.

1999 - USDA (Amerika Birleşik Devletler Tarım Dairesi) etler için kullanılan ozon protokolünü reddetti ve FDA bulunan yerlerde "diğer bütün kullanımlar için FAP (Yiyecek Katkı Maddesi Dilekçesi) ile düzenlenmeli" kararını içeren 1982 - GRAS su deklarasyonuna dava açtı.

2000 - FAP ozonun hem sulama hemde havalandırmada kullanım tanımları hazırlandı. FDA dilekçe teklifinin altı ay içerisinde onay alacağını açıkladı. FDA ve USDA ozona onay verdi. Ozon, EPA tarafından DBPR gibi iyi huylu ve itaatkar ilan edildi.

2005 - Ozon jeneratörleri günümüzde pek çok sektörde kabul görmüş olup güvenle kullanılmaktadır.

### 4.3. Ozonun Genel Özellikleri

Eş anlamlısı	: Üç atomlu oksijen
CAS no	: 10028-15-6
Moleküler ağırlığı	: 48.0
Kimyasal formülü	: O <sub>3</sub>

#### 4.3.1. Oluşum ve içerik bilgileri

İÇERİK	CAS NO	YÜZDESİ
OZON GAZI	10028-15-6	%1-15



### 4.3.2. Fiziksel ve kimyasal özellikleri

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| a. Özgül ağırlığı( $H_2O=1$ )        | : 2,144 g/l.   |
| b. Moleküler ağırlığı                | : 48,00  |
| c. Kaynama noktası                   | : -119,9 °C  |
| d. Erime noktası                     | : -192,7 °C  |
| d. Buhar basıncı                     | : N/A (mevcut değil)   |
| e. Buhar oranı( $BuAc=1$ )           | : N/A (mevcut değil)   |
| f. Buhar yoğunluğu( $Air=1$ )        | : 1,7  |
| g. Sudaki çözünürlüğü (ağırlık %'si) | : 0,49   |
| h. Görünüm ve koku                   | : Renksiz, açık mavi denilebilecek şeffaf, keskin kokulu bir gazdır. |

### 4.3.3. Sabitlik ve reaktivite

*Sabitlik:* Ozon olağan durumlarda, kendiliğinden çözüldüğünden üretildiği an haricinde ozon ile karşılaşılmamaktadır. Çözünme katı yüzeyler ve kimyasal maddeler sayesinde hızlanır.

*Zararlı çözümler:* Bağımsız radikal oksijen O

*Uyumsuzluk:* Ozon güçlü bir oksidasyon ajanı olup tüm organik ve inorganik okside edilebilir materyallerle reaksiyona girer. Bazı reaksiyonlarda yüksek derecede yakıcıdır. (Alkalit, benzin ve diğer aromatik bileşenler, lastik, bromin diethyl ether, dinitrogen tetroksit, nitrogen trichlorit, hidrojenbromil ve tetrafluorohydrazine).

### 4.3.4. Toksikolojik bilgiler

Ozonun karakteristik keskin kokusu düşük konsantrasyonlarda bile algılanabilir (0,02/0,05 ppm) ve uzun süre doğrudan solunması durumunda üst ve alt solunum yollarında olumsuz etkileri görülebilir.

#### 4.3.5. Ekolojik bilgiler

Çevreye olumsuz etkisi: Böyle bir olumsuz etki oluşmaz, tanımsızdır. Çevre toksitlemesi: Toksitleme oluşmaz, tanımsızdır [26].

#### 4.3.6. Nakil bilgileri

Ozon üretildiği yerde kullanılmalıdır, depolanamaz ve nakledilemez.

#### 4.3.7. Yönerge bilgileri

*SARA TITLE III* : N/A (mevcut değil)

*TSCA* : Ozonun içerikleri TSCA'nın envanter listesinde yer almaktadır.

*OSHA* : Zarar iletişim standartları (29 CFR 1910.1200) nun insan sağlığı ve fiziği açıklamalarına göre ozon zararsız bir maddedir.

Çizelge: 4.3. Farklı sıcaklıklarda O<sub>3</sub> yarılanma ömrü (gaz halinde) [26]

Sıcaklık (°C)	Yarılanma Ömrü
-50	90 gün
-35	18 gün
-25	8 gün
20	3 gün
120	1,5 saat
250	1,5 saniye

Çizelge: 4.4 Farklı sıcaklıklarda O<sub>3</sub> yarılanma ömrü suda çözülmüş halde) [26]

Sıcaklık (oC)	Yarılanma Ömrü
15	30 dakika
20	20 dakika
25	15 dakika
30	12 dakika
35	8 dakika

Önemli: Bu değerler termal çözünürlüğe dayanır, duvar veya diğer katalitik etmenler göz önünde bulundurulmamıştır.

$$1000 \text{ litre} = 1 \text{ m}^3 = 264 \text{ US galon}$$

$$1 \text{ mg/l} = 1 \text{ ppm} = 1 \text{ g/m}^3$$

#### 4.4. Hacimsel Olarak Havadaki Ozon Konsantrasyonu

Hava kalitesi indeksine göre havadaki ozon düzeyi:

0 -0,064 ppm iyi

0,065-0,084 ppm orta

0,85-0,104 ppm duyarlı kişiler için sağlıksız

0,105- 0,124 ppm sağlıksız

0,125 -0,404 ppm çok sağlıksız olarak nitelendirilir [19].

Ozonun koku eşiği şahıslara göre değişmekle birlikte havada, metreküpte 0,01 ppm miktarı bir çok kimse tarafından hissedilmektedir. Bu oran, 0,04 ppm/Nm<sup>3</sup> olduğunda, herkes tarafından hissedilebilir, ancak insanları rahatsız etmez.

$$1 \text{ g O}_3 / \text{m}^3 \text{ hava} = 467 \text{ ppm O}_3 \text{ havada (hacim olarak)}$$

$$\%1 \text{ O}_3 \text{ havadaki ağırlık} = 12,80 \text{ g O}_3 / \text{m}^3 \text{ hava}$$

Ozon (O<sub>3</sub>) oksijenin modifikasyonu, durağan olmayan, bir gazdır. Ozon molekülü, oksijen atomundan oluşur ve simetrik açılıdır. -112 °C de koyu mavi bir sıvı olup, -215 °C de ise siyah-mavi renkte kristalleşir.

Teknolojik olarak ozon, dielektrikum vasıtasıyla birbirinden ayrılmış olan iki elektrot arasındaki gaz ortamında elektron boşalmasıyla elde edilir. Elektrotlar arasında, en az 50 Hz. frekanstaki alternatif akım uygulanır.

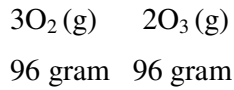
Ozonun kuvvetli elektrofilik yapısı, ozonu pek çok organik ve organometalik fonksiyon gruplarıyla reaksiyon vermesini sağlar. Ozon reaksiyonlarının çoğu karbon-karbon çift bağının parçalanması esasına dayanır.

Ozonun inorganik kimyası, periodik sistemin diğer üyelerine benzer. Ozonun 2.09 V potansiyel oksidasyon özelliği vardır. Ozon, kalsiyum ve sodyum gibi metal iyonlarla reaksiyon vermez. Bunun yanı sıra, flor hariç serisinin bütün elementleriyle reaksiyon verir. Flor ile reaksiyon vermemesinin sebebi ise florun oksidasyon potansiyeli ozondan yüksek tek element olmasıdır.

Ozonun etkilerinden söz ederken kullanılan “artık ozon”, suya ilave edilen ozon miktarından, suyun tükettiği ozon miktarı çıkarıldığında bulunan miktardır. Suyun tükettiği ozon miktarı, suda ozon ile reaksiyona girecek maddelerin varlığına bağlı olarak değişmektedir. Bu hesaplamalar yapılırken, ozon gazının suda çözünürlüğü ve suda çözölemeyen ozonun bir kısmının dışarı atıldığı dikkate alınmalıdır.

Oksijen ve ozon birbirlerinin allotropları olup, aralarındaki mevcut bir takım farklılıkların ozon molekölü yapısının kompleksliliğinden kaynaklanmaktadır, trioksijen diatomik moleköl, (O<sub>2</sub>) ve ozon ise triatomik moleköl (O<sub>3</sub>) halinde tabiatta bulunurlar.

Kimyasal benzerliliklerinin sebebi ise hiç kütle değişimine uğramadan birinin diğerine dönüştürülebilirlik gerçeği ile gösterilir, yani;



Ozon, açık mavi, -119,9 °C’de kaynayan bir gazdır. Ozonun keskin kokusu çalışan elektrikli aletlerin arkalarından veya önemli elektrik deşarj işleminin olduğu yer altı metro istasyonlarında hissedilir.

Ozon ya moleküler oksijen'in fotokimyasal yöntemlere maruz bırakılarak ya da, elektrik deşarj metoduyla elde edilir.

1. Fotokimyasal metod:  $3O_2 + hv \text{ (Energy)} \rightarrow 2O_3(g)$

2. Elektriksel deşarj yöntemi ile

Bu gün ozon başlıca içme suyu temizleme işlemlerinde, havayı ve artık gazların pis kokusunu gidermede, kandillerin, yağların lekelerini çıkarma ve beyazlatmada, tekstil sanayiinde de gene aynı ağartma amaçları için kullanılır.

#### 4.5. Ozonun Sudaki Etki Nitelikleri ve Özellikleri

$O_3$  ozon, üç atomlu bir oksijen molekülü olup dezenfeksiyon prosesi sırasında bir oksijen atomunu kaybedip normal oksijen molekülüne dönüşür. Oksijen toksik değildir ve toksin maddeler üretmez. Her miktarda ozon tekrar oksijene dönüşür.

Çizelge 4.5. Ozon ve klorun sudaki etki karşılaştırması

SUDAKİ ETKİLERİ	KLOR	OZON
Oksidasyon potansiyelleri (Volt)-	1.36	2.07
Dezenfeksiyon bakteri	Orta	Çok iyi
Dezenfeksiyon virüs	Orta	Çok iyi
Çevre dostu	Hayır	Evvet
Renk giderimi	İyi	Çok iyi
Kanserojen oluşumu	Olası	Yok
Organizma oksidasyonu	Orta	Yüksek
Mikro folükülasyon	Yok	Orta
pH Etkisi	Değişken	Düşürür
Su yarı ömrü	2-3 Saat	20 dak.
İşletme riski deri toksitlenmesi:	Yüksek	Yüksek
İşletme riski solunum toksitlenmesi:	Orta	Yüksek
Çözünürlük	Düşük	Yüksek
Kurulum maliyeti	Düşük	Yüksek
Aylık kullanım maliyeti	Orta-Yüksek	Düşük

Çizelge 4.6. Çeşitli tipteki şişelenmiş suların dezenfeksiyon zamanları verilmiştir  
( $20 \pm 2$  °C)

Başlangıç Ozon Konsantrasyonları			
Su Tipi	0,64 mg / l	0,32 mg / l	0,16 mg / l
Yüksek filtre edilemeyen kalıntı (500 mg / l)	28,5 Dakika	22,8 Dakika	17,1 Dakika
400-450 mg / l filtre edilemeyen kalıntı içeren	3,7 Saat	2,9 Saat	2,2 Saat
Çok az filtre edilemeyen kalıntı içeren su	9,9 Saat	7,9 Saat	6,0 Saat

#### 4.6. Ozonun Etkileri

Filtre edilmiş (temizlenmiş) sularda ozon daha uzun süre kalmaktadır. Örneğin 1 mg / l filtre edilemeyen kalıntı içeren suda ozonun 0,02 ppm den daha küçük seviyeye inmesi için 9,9 saat beklemesi gerekir.

0,1 – 1,0 ppm arasında ozona maruz kalındığında görülecek semptomlar baş ağrısı, boğaz kuruluğu, solunum yollarında irritasyon ve gözlerin yanmasıdır.

1 – 100 ppm arasında ozona maruz kalındığında astım benzeri semptomlar, yorgunluk ve iştahsızlık görülür.

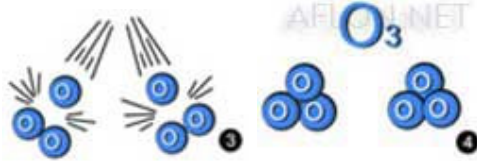
Yüksek konsantrasyonda kısa müddet solunduğunda boğaz irritasyonu, kanamalar ve akciğer ödemeine sebep olabilir. Ozondan meydana gelen semptomlar akut semptomlardır. Normal sağlıklı şahıslarda kronik semptomlar görülmez 24 saat süreyle 2,4 ppm lik miktarda ozona maruz bırakılan farelerin % 20'si ölmüşlerdir. Ozonun kan üzerine etkisi olmayıp hematokrit ve hemoglobin seviyelerinde bir değişiklik olmamıştır.

#### 4.6.1. Ozon nasıl üretilir nerelerde kullanılır

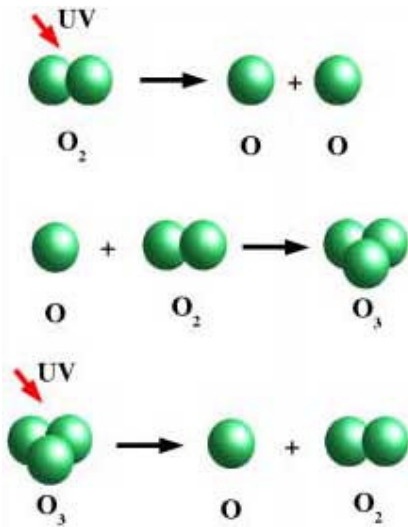
Ozon, güneşin UV ışınları ve yüksek enerji boşalımıyla oluşur.



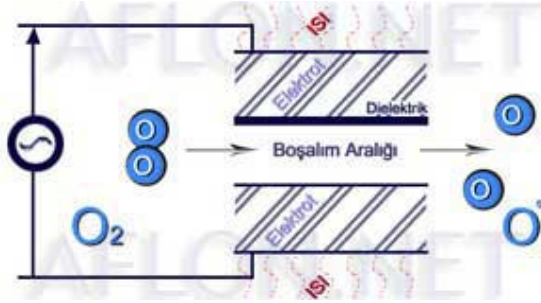
- 1- Yüksek enerjili mor ötesi ışınlar bir oksijen molekülüne ( $O_2$ ) çarpar.
- 2- Bu çarpma ile oksijen molekülü iki serbest oksijen atomuna ayrılır.



- 3- Serbest kalan oksijen atomları, oksijen molekülleriyle birleşir.
- 4- Bu birleşimle ozon molekülü ( $O_3$ ) oluşur.



Yüksek enerji boşalımının yaşandığı durumlarda oluşan elektrik arkları oksijen molekülünü parçalar ve bu atomu bir diğer oksijen molekülüne bağlar. Sonuçta oluşan bu molekülün adı ozondur. Yıldırım sırasında oluşan yüksek voltajlı elektrik boşalımı ozon üretimini sağlar. Her yıldırım ve sağanak sonrasında taze ve temiz bir koku fark edilir. Bu koku havada oluşan ozonun kokusudur [19].



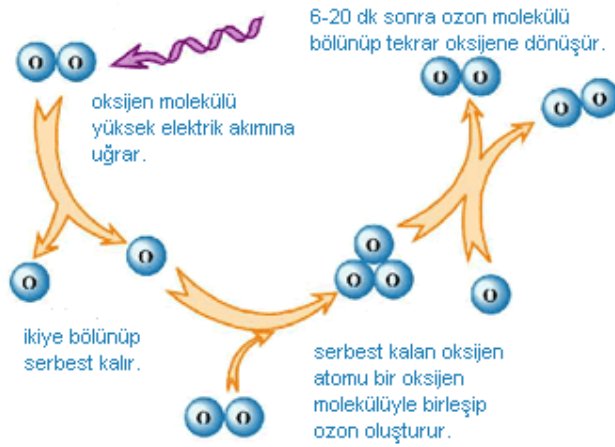
Şekil 4.2. Ozon üretme yöntemi-1 [24]



Şekil 4.3. Ozon üretme yöntemi-2

Yüksek konsantrasyon ve miktarda ozon üretimi, kuvvetli bir elektriksel alandan “oksijen zengin bir gaz” geçirilerek gerçekleştirilir (“corona discharge” metodu). Yoğun enerji nedeniyle bazı oksijen molekülleri parçalanır ve oluşan oksijen atomları diğer oksijen molekülleriyle birleşerek 3 oksijen atomlu ozon molekülünü oluşturur. Ozon stabil bir gaz olmadığından depolanamaz ve kullanılacağı yerde üretilmelidir. Bu amaçla ozon üretim sistemleri (ozon jeneratörleri) kullanılır. Açıklanan ozon üretim prosesinde ısı açığa çıkmakta ve jeneratör ısınmaktadır. Bu nedenle ozon jeneratörleri uygun özellikte soğutma suyu ile sürekli soğutulmalıdır (küçük kapasiteli ozon jeneratörleri hava soğutmalı olabilirler).





Şekil 4.4.Ozon oluşumu resmi

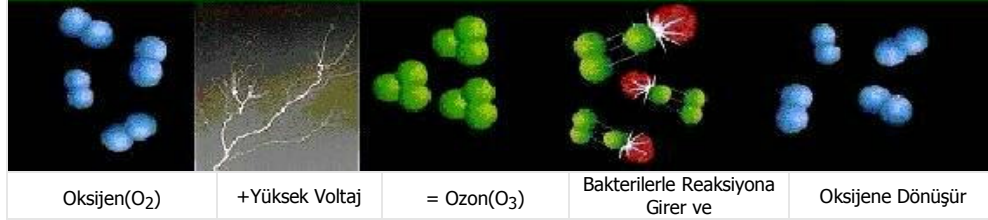
$O_3$  ozon üretimi, oksijen molekülünün oldukça kararsız olan iki oksijen atomunun parçalanmasıyla başlar. Ozon gazı, ozon jeneratörleri sayesinde üretilir, bu jeneratörler sadece elektrik gücüyle çalışır.

1gr.  $O_3$  için 15-20 W elektrik enerjisi kullanılır. 1gr. Ozon  $500 m^3$  havadaki bakteri miktarını %95 oranında indirir.  $2 mg/m^3 = 1 ppm$  (Şekil 4.5). Ozonun sterilizasyon özellikleri).

Corona Discharge yönteminde ise sabit elektrik akımı verilerek elektronları hızlandırmak suretiyle oksijen çift bağının bozulması sağlanmaktadır. Bu şekilde parçalanan oksijen molekülü ozonu oluşturmak üzere diğer oksijen molekülleriyle birleşir. Corona discharge yöntemiyle çok daha yüksek miktarlarda ozon üretimi mümkündür. Aynı zamanda diğer ozon üretim yöntemine göre daha ekonomiktir. Buna göre 1 kg. ozon oluşturmak için 721 kcal'ye ihtiyaç duyulur.

Corona Discharge yöntemiyle üretilen ozon jeneratörlerinde sarfedilen elektrik enerjisinin %5'i ozon üretiminde kullanılmaktadır. Harcanan elektrik enerjisinin büyük bölümü ısı ve önemsiz miktarda ışık enerjisi olarak serbest kalmaktadır.

Bu nedenle Corona Discharge yöntemiyle ozon üretiminde jeneratörü ısıdan koruyabilmek amacıyla iyi bir soğutma işlemi yapılmalıdır.



Şekil 4.5. Ozonun sterilizasyon özellikleri

#### 4.6.2. Ozon dönüşümleri

Fiziksel Özellikler, Standart ortam P=1013,25 mbar, T=273,3 K;

- Ozon yoğunluğu : 2,14 kg/m<sup>3</sup>
- Oksijen yoğunluğu : 1,43 kg/m<sup>3</sup>
- Hava yoğunluğu : 1,29 kg/m<sup>3</sup>
- Su yoğunluğu : 1000 kg/m<sup>3</sup>

Gerekli Dönüşüm Faktörleri:

- 1000 litre = 1 m<sup>3</sup> =264 US galon
- 1 mg/L = 1-PPM = 1 g/m<sup>3</sup>

Hacim olarak havadaki ozon konsantrasyonu;

1 g O<sub>3</sub> / m<sup>3</sup> hava = 467-ppm O<sub>3</sub> havada (hacim olarak)

1 % O<sub>3</sub> havadaki ağırlık =12,8 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> hava

Çizelge 4.7. Ozona materyallerin dayanıklılığı

Materyal	Dayanıklılık *(Cole Parmer)	Materyal	Dayanıklılık *(Cole Parmer)
ABS Plastik	B-iyi	Magnezyum	D-zayıf
Acetal (delrin®)	C-orta	Monel	C-orta
Alüminyum	B-iyi	Doğal lastik	D-sert etki
Pirinç	B-iyi	Neoprene	C-orta
Bronz	B-iyi	NORYL®	N/A
Buna-N(nitrile)	D-sert etki	Naylon	D-sert etki
Butyl	A-mükemmel	PEEK	A-mükemmel
Dökme demir	C-orta	Poliakrilit	B-iyi
Chemraz	A-mükemmel	Polikarbonat	A- mükemmel
Bakır	B-iyi	Polipropilen	C-orta
CPVC	A-mükemmel	Polisülfid	B-iyi
EPDM	A-mükemmel	PTFE (Teflon®)	A- mükemmel
EPR	A-mükemmel	PVC	B-iyi
Epoksi	N/A	PVDF (Kynar®)	A-mükemmel
Etilen-propilen	A-mükemmel	Santopren	A- mükemmel
Flürosilikon	A-mükemmel	Silikon	A- mükemmel
Galvenize çelik	Suda C-iyi Havada A mükemmel	Paslanmaz çelik AISI - 304	B-iyi/ mükemmel
Cam	A-mükemmel	Paslanmaz çelik AISI - 316	A-mükemmel
Hastelloy-C®	A-mükemmel	Çelik (Hafif, HSLA)	D-zayıf
Hypalon®	A-mükemmel	Titanyum	A-mükemmel
Hytrel®	C-orta	Tygon®	B-iyi
İnconel	A-mükemmel	Vamac	A-mükemmel
Kalrez	A-mükemmel	Viton®	A-mükemmel
Kel-F® (PCTFE)	A-mükemmel	Çinko	D-zayıf

A- Mükemmel (Etki yok)

B- İyi (Az etki, hafif aşınma veya renk kaybı)

C- Orta (Devamlı kullanım tavsiye edilmez.

Yumuşama, güçte azalma, şişme ortaya çıkabilir.)

D- Zayıf (Kullanılmamalı.)

N/A - Bilgi mevcut değil

\* - Ozon konsantrasyonları belirtilmemiştir.

## 5. HAVADA BULUNAN ELEMENTLER

Hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek derişim ve sürede bulunmasıdır (Çizelge 5.1).

Bu tanımda dikkati çeken önemli nokta "zararlı olabilecek" ifadesidir. Bu ifade zarar kavramının hava kirlenmesinde yeterli açıklıkta ve kesin olarak belirlenememesinin bir sonucudur. Hava kirliliğinin etki şekli ve derecesi yaş, dayanıklılık gibi kişisel faktörlere bağlıdır. Tanımda kullanılan diğer önemli terim ise süredir (Çizelge 5.2). Hava kirlenmesinde kirleticilere maruz kalma süresi oldukça büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 5.1. Bazı kapalı ortam hava kirleticilerinin sağlığına olan etkileri [20]

Kirletici	Sağlık Üzerine Olası Etkileri
Abest	Asbestosis, akciğer kanseri, mezotelyoma
Karbon monoksit	Baş ağrısı, bulantı, letarji, bilinç kaybı, kardiovasküler sisteme etkiler, ölüm
Çevresel sigara dumanı	Çocuklarda solunum sistemi hastalıkları, akciğer kanseri
Formaldehit	Göz ve üst solunum yolu irritasyonu, baş ağrısı, bulantı, sensitasyon, kanser
Azot oksitler	Baş ağrısı, bulantı, solunum sistemi etkileri ve çocuklarda solunum sistemi hastalıkları
Uçucu organik bileşikler	Göz ve solunum yolu irritasyonu, baş ağrısı, bulantı, hedef organ toksisitesi, kanser
Biyolojik partiküller (ev-tozu mantarları, mantar küfleri, polenler bakteri ve virüsler)	Alerjik reaksiyonlar, göz ve üst solunum yolu
Radon	Akciğer kanseri

Çizelge 5.2. Bazı ortamlarda kişi başına bulunması gereken hava miktarları [21]

Mekan	Kişi başına düşen oda hacmi(m <sup>3</sup> )	Taze hava hacmi (dk/m <sup>3</sup> )
Evlerde oturma odaları	30	0.9
Evlerde yatak odaları	20	0.4
Okul kışla yatakaneleri	15	0.4
Bürolar	20	0.4
Lokantalar	9	0.8
Okullarda dersaneler	6	0.9
Hasta koğuşları	6	1.9

### 5.1. Havada Bulunan Kirletici Maddelerin Özellikleri

Havada bulunabilen katı ve sıvı maddelerin boyut ve özellikleri,  $0,1 \mu$  çapından daha küçük tanecikler, aynen bir gaz molekülü gibi, Brownien hareketler ile yer değiştirirler ve bunların ölçülebilir bir çökme hızları yoktur.  $0,1$  ila  $1 \mu$  arasındaki çaplardaki taneciklerin hesaplanabilir bir çökme hızları vardır. Ancak bu hız çok küçük olduğundan genellikle ihmal edilir ve zaten normal hava akımları da bu çaptaki taneciklerin çökmelerine engel olur. Tipik bir atmosfer havasında bulunan taneciklerin adet olarak % 99 kadarı çapları  $1 \mu$  değerinden daha küçüktür [12].

$1$  ila  $10 \mu$  arasındaki çaplarda olan tanecikler, durgun havada sabit ve belirli bir hızla çöklerler. Ancak, normal hava akımları bu çaptaki tanecikleri, ihmal edilemeyecek bir süre havada asılı olarak tutarlar [12].

Endüstriyel hijyen ile uğraşan araştırmacılar, insan ciğerlerinde tutulabilme olasılığı fazla olan  $2 \mu$  çapından daha küçük tanecikler ile ilgilenirler (Morrow 1964).  $8$  ila  $10 \mu$  çapından daha büyük tanecikler üst solunum yolları tarafından ayrılır ve tutulurlar. Ara boyutlar akciğerin hava kanalları üzerine çökerek, buradan hızlıca temizlenerek yutulur veya öksürükle dışarı atılır. Nefes alınan havadaki taneciklerin % 50 veya daha azı solunum yollarında çökler.

$10\text{ m}$  çapından büyük tanecikler oldukça hızlı bir şekilde çökerler ve sadece çıktıkları kaynak yakınında ve kuvvetli rüzgar altında havada asılı kalabilirler. İstisna olarak, büyük çaplı olmalarına rağmen, bazı ayırık otu tohumlarının parçaları gibi hafif elyaf maddeleri ve uçuntular havada daha uzun süre kalabilirler.  $10\ \mu$  çapından büyük taneciklerin çoğu uygun aydınlatma ve kontrast olması halinde çıplak göz ile görülebilirler. Daha küçük tanecikler ancak yüksek derişiklikte olmaları halinde çıplak gözle görülebilirler. Buna en çok karşılaşılan iki örnek olarak, sigara dumanı (ortalama tanecik çapı  $0,5\ \mu$  değerinden küçük) ve bulutlar verilebilir [12].

Bir egzozun veya yanma gazlarının çıktığı bir bacanın yakınında veya kuvvetli bir hava kirliliğinin olduğu yerlerde çok daha büyük tanecik çapları görülür. Sis, metal buharı dumanları, buğu gibi daha küçük tanecikler havada daha uzun süre asılı kalırlar. Bu boyut aralığında, meteorolojik şartlar ve bölgenin topografik yapısı, taneciklerin fiziksel özelliklerinden daha önemlidir. Çökelme hızları küçük olduklarından, atmosferin bu tanecikleri dağıtabilmeleri, büyük oranda yerel hava durumuna bağlıdır.

Boyut karşılaştırılmasında, endüstriyel tozların ve granül maddelerin sınıflandırılmasında kullanılan elek ölçülerinden faydalanılır. Değişik ülkelerde kullanılan standart elek ölçüleri ile mikrometre olarak tanecik çapları arasındaki bağıntı çizelge 6.3'de verilmiştir.  $40\ \mu$  çapından daha büyük tanecikler, elek ölçüleri boyutunda,  $40\ \mu$  çapından daha küçük tanecikler ise elek altı veya mikroskopik boyuttadır [12].

Çizelge 5.3. Değişik ülkelerde kullanılan standart elek ölçüleri ile tanecik boyutları arasındaki bağıntı [12]

Alman DIN elekleri		Fransız A.F.N.O. R.		İngiliz standartı		J.M.M.		A.B.D. Tyler		U.S. ve A.S.T.M.	
A	B, $\mu$	A	B, $\mu$	A	B, $\mu$	A	B, $\mu$	A	B, $\mu$	A	B, $\mu$
6	1000	31	1000	16	1003	12	1057	14	1168	18	1000
12	500	28	500	44	353	20	635	48	295	35	500
20	300	25	315	60	251	40	347	65	204	60	250
30	200	24	200	85	178	60	211	100	147	100	149
45	133	22	125	120	124	80	157	150	108	140	105
60	100	20	80	170	89	100	127	200	74	200	74
80	75	18	50	240	66	150	84	270	53	325	44
100	60	17	40	300	53	200	63	325	43	400	37

A = Elek ölçüsü B = Maksimum tane büyüklüğü,  $\mu$

Bu üç eğri ile verilen değerler arasındaki farka dikkat etmek gerekir. Örnek olarak 0,1  $\mu$  veya daha küçük çaptaki tanecikler (elektron mikroskopunun ölçebildiği en küçük çap olan 0,005  $\mu$  değerinin üzerinde olmakla beraber) atmosferde bulunan taneciklerin sayıca %80 kadarını kapsamakta, fakat kütesel olarak sadece % 1 değerini almaktadır. Aynı zamanda 1  $\mu$  çapından daha büyük tanecikler sayıca ancak % 0,1 iken, toplam kütleinin % 70 kadarını oluşturmaktadır. Bu ise küresel bir taneciğin kütleinin, çapının kübü ile artmasının bir sonucudur. Kirliliğin % 80 kadarı, çapları 5  $\mu$  değerinden daha küçük taneciklerden meydana gelmektedir. En çok leke bırakıcılar ise 1  $\mu$  çapından daha küçük taneciklerdir. Kent içindeki havada bulunan taneciklerin çapı, genellikle 1  $\mu$  (birim yoğunluktaki bir küreye eşit olarak tanımlanan) değerinden daha küçüktür ve yaklaşık olarak *normal* bir dağılım gösterir [12].

## 5.2. Lejyoner Hastalığı ve Mekanik Tesisat

Lejyoner hastalığı Legionella bakterisi tarafından oluşturulan ve ölüme yol açabilen ciddi bir zatürree hastalığı biçimidir. Legionella bakterisi suda yaşar ve çoğalır. En yaygın bulaşma yolu binalardaki sıhhi tesisat ve klima tesisatıdır. Özellikle oteller, hastaneler, iş merkezleri ve fabrikalar gibi büyük, kompleks sistemlerde karşılaşılır. Lejyoner hastalığının oluşabilmesi için Legionella bakterisi ile kirlenmiş suyun

aerosol halinde solunması gerekir. Böylece mikrop ciğere ulaşarak hastalığı oluşturabilir.

Hastalığın oluşabilmesi için gerekli zincirin en önemli üç halkası, yani çoğalması, yayılması ve geçişi mekanik tesisatta meydana gelmektedir. Buna göre hastalıkla mücadelenin esas alanı bina tesisatı olmaktadır. Bu üç aşama iyi mühendislik tasarımı, iyi bakım ve işletme ile önlenebilir. Hastalığın bulaşabilmesi için mutlaka bakteri ile kirlenmiş suyun pülverize hale gelmesi, bu mikroplu aerosollerin solunması gerekmektedir. Solunabilen aerosolde su tanecik büyüklükleri 1-5 mikron çap aralığındadır. Buna göre hastalıkla mücadele için;

- a. Tesisatta Legionella bakterisinin üreyebileceği uygun ortamı yaratmamak gereklidir.
- b. Pülverize su oluşturulmamalı ve bu aerosol doğrudan veya hava ile insanlara ulaşmamalıdır.
- c. Üreyebilen bakteriler ise dezenfeksiyon ile yok edilmelidir.

Kirli havalandırma kanalları, lejyoner hastalığın yayılmasına en büyük etkendir.. İlk defa 1976'da yapılan Amerikan Lejyon Kongresi'nde rastlanan ve 221 hastadan 34'ünün ölümüne sebep olan hastalığın bakterisi, klimalar, su depoları ve havuzlarda oluşuyor. Türkiye'de görülen son örnek ise Marmaris'te kaldıkları otelde lejyoner hastalığına yakalanan Danimarkalı iki turistin ölümüydü. Doğada yaygın olarak bulunan ve 40'tan fazla çeşidi olan bakteri, binanın su sistemlerinde kolayca çoğalmaya başlıyor. Ayrıca klimalara da yerleşerek, ortam havasına da yayılıyor. Solunum yoluyla insandan insana kolayca bulaşan lejyoner bakterisi, tedavi edilmezse ölüme sebep olabiliyor.

Legionellanın 40'ın üzerinde çeşidi bulunmakla birlikte en tehlikelisi ve bizim açımızdan önemli olan lejyoner hastalığını oluşturan legionella cinsidir. Normal bağışıklığı olan sağlıklı insanların legionella bakterisinden etkilenme olasılığı çok azdır. Kurbanlar genellikle, yaşlı, hasta, bağışıklık sistemi zayıf olan ve ağır sigara bağımlısı olan kişilerdir.



Bu hastalıkla ilgili istatistikler fazla sağlıklı değildir. Örneğin İngiltere’de yılda yaklaşık 1000 kişi legionella yüzünden hastaneye yatmaktadır. Ama bu sayı çok daha fazla olabilir. Çoğu zaman hastalık zatürree olarak kaydedilmektedir. Türkiye’de de lejyoner hastalığına rastlanmaktadır. Ancak sayı konusunda elde sağlıklı bir veri bulunmamaktadır.

Özetle;

- a. Legionella bir bakteridir.
- b. Suda veya nemli bir ortamda yaşamını sürdürür.
- c. Suyun 5-8,5 pH değerleri yaşamı için uygun değerlerdir, 6,9 pH lejyonella’nın yaşamı için en uygun ortamı oluşturur.
- d. 5-68 °C sıcaklık aralığı yaşamı için sınır değerlerdir.
- e. 25-45 °C hızlı çoğalma sıcaklık aralığıdır.
- f. 37°C su sıcaklığında 2 saatte 2 kat çoğalır, 48 saat sonunda sayısal olarak patlama yaparak tehdit edici boyutlara ulaşır.
- g. Pülverize su içinde solunum yolu ile akciğerden alınır.
- h. Hastalığın alma riski i solunan mikrop sayısı ile orantılıdır.
- i. Bakteri pülverize su ile temas süresinin fazla olması risk faktörünü artırır.
- j. Solunum ile alındıktan 2-10 gün kuluçka döneminden sonra çoğalarak enfeksiyon yapar.
- k. Belirtileri; kuru öksürük, solunum sıkıntısı, halsizlik, bitkinlik, baş ağrısı, kas krampları, yüksek ateş vb.
- l. İnsandan insana geçtiğine dair bir bulgu yoktur [22].

### 5.3. Mikroplar

Mikroorganizmalar buldukları ortamlarda (kültürler de dahil), optimal koşullar altında, cins ve türlerinin genetik karakterine göre, iyi bir üreme ve gelişme gösterirler. Ancak, bu uygun şartlar, aynı durumda uzun bir süre devam etmez ve belli bir zaman sonra, mikroorganizmaların üremeleri sınırlanır ve durur. Eğer, olumsuz koşullar değiştirilmezse veya iyileştirilmezse, mikroorganizma popülasyonunda ölümler başlar, giderek artar ve canlı mikroorganizma sayısında

azalmalar meydana gelir. Ancak, canlı kalmayı başarabilen mikroplarda da, morfolojik bazı değişiklikler (şekillerinde bozukluklar: filamentöz, branşlı, pleomorfik ve diğer aberent formlar) ortaya çıkar.

Yukarıda bahsedilen durumlar, genellikle, doğal koşullar altında meydana gelen bazı olumsuz faktörlerin mikroorganizmaların üremeleri üzerine olan etkilerini kapsamaktadır.

Böyle etkiye sahip faktörleri başlıca 4 grupta toplamak mümkündür. Bunlar da,

- a. Fiziksel faktörler
- b. Kimyasal faktörler
- c. Biyolojik faktörler
- d. Mekanik faktörler

#### **5.4. Fiziksel Faktörler**

Yeryüzünde (toprakta, sularda, göllerde, denizlerde, havada, evlerde, barınaklarda, vs.) ve canlıların vücudunda, değişik fiziksel, kimyasal biyolojik ve doğal koşullara adapte olmuş, yaşayan ve üreyen mikroorganizmalar bulunmaktadır. Bakteriler, 20° Güney paralelinden 90° Kuzey Paraleline kadar, okyanus sularında, değişik derinliklerde ve ortamlarda oldukça farklı hidrostatik basınç altında kolayca yaşayabilecek tarzda bir adaptasyon göstermektedirler. Bazıları da sıcak su kaynaklarındaki 100°C civarındaki sıcaklıkta ve bir kısmı da donma derecesindeki çevrede kolayca yaşayabildikleri belirlenmiştir [22].

Doğada bu kadar değişken, fazla ve olumsuz koşullara direnç gösteren ve adapte olan mikroorganizmalardan ancak çok azı canlılarda hastalık oluşturabilmektedir. Çünkü, ekseri patogenlerin üreyebildiği sınırlar, üzerinde veya içinde yaşadıkları canlılarınkı ile bir uyum göstermektedirler. En fazla veya en az sıcaklık sınırlarına yaklaşıldıkça veya geçildikçe, mikroorganizmalar üreseler bile virulens faktörlerinin etkinliğinde inhibisyon veya zayıflamalar oluşmaktadır. Kapsüllü mikroplar, bakteri ve mantar

sporları çevre koşullarına çok dayanıklıdır ve uzun süre (yıllarca) canlı kalabilir ve infeksiyöz yeteneklerini koruyabilirler.

Mikroorganizmaların üremeleri üzerine etkileyen önemli fiziksel faktörler aşağıda özet olarak belirtilmiştir.

### 5.5. Sıcaklığın ve Soğukluğun Etkisi

Mikroorganizmalar üzerine ısı başlıca iki tarzda etkilemektedir.

*A) Sıcaklığın etkisi:* Ortamın sıcaklığı, mikroorganizmaların üremeleri üzerine büyük ölçüde etkiler. Mikroplar, genellikle, kendi türlerine özel sıcaklık limitleri (minimal ve maksimal) içinde gelişebilir ve üreyebilirler. Bu sınırlar arasında, üremenin en iyi meydana geldiği optimal sıcaklık bulunur. Bu uygun sıcaklıktan minimal veya maksimal hudutlara doğru gidildikçe üremenin yavaşladığı ve bu sınırları geçince üremenin durduğu görülür. Optimal sıcaklık maksimalden 5-10 °C daha düşük olmasına karşın, minimal sıcaklıktan genellikle 20-30 °C daha yüksektir. Maksimal limitin aşılması halinde yalnız üremede durma meydana gelmez, sıcaklığın yüksekliğine göre, mikroplarda az veya çok oranda ölümler de başlar. Buna karşılık minimal sıcaklık sınırının geçilmesi halinde üremede duraklama meydana gelir. Ölümler, sıcaklığın düşme hızına ve sıcaklık derecesine göre çok az olur. Mikroorganizmalar arasında sıcaklık limitleri bakımından bazı ayrılıklar vardır. Bu durum, mikropların doğal adaptasyon ve seleksiyonları sonu oluşturmuştur. Patogenik mikroplar, en iyi gelişme ısısını (optimal sıcaklık), adapte oldukları konakçının içinde bulurlar. Diğer bir deyimle, bu tür mikroorganizmalar en iyi, konakçı sıcaklığında ürerler. Bu nedenle de, hastalık yapıcı karakterde olan mikropların üreme sıcaklığı varyasyonları çok geniş olmayıp, belli ve dar limitler arasında bulunmaktadır. Buna karşın, saprofitikler ve doğada serbest yaşayan diğer mikroorganizmaların, sıcaklık genişlik limitleri arası daha geniştir [22].

Optimal sıcaklık, mikropların gelişmesi ve üremeleri için genellikle iyi olmasına karşın, bazı yan ürünlerin (çeşitli metabolitlerin, enzim, toksin, endüstride değeri

olan ürünlerin, vs.) sentez edilebilmesi için her zaman uygun olmayabilir. Optimal sıcaklık, hücre içinde enzimlerin aktivitesi için de genellikle, uygun kabul edilir. Sıcaklık arttıkça veya azaldıkça, enzim aktivitesinde de değişiklik oluşacağından, metabolizma üzerine olumsuz yönde etkiler.

Mikroorganizmalar üreme sıcaklığı derecelerine göre başlıca 3 bölüme ayrılırlar:

a) Soğuk seven (psikrofil) mikroplar: Toprak, su, deniz ve göllerde yaşayan bazı mikroplar ile balıklarda ve soğuk kanlı hayvanlarda hastalık oluşturan mikroorganizmalar bu bölüme girerler. Balıklarda hastalık meydana getiren gerek Gram negatif (*A. salmonicida*, *C. psychrophila*, *H. piscium*, *V. anguillarum*, vs.) ve gerekse Gram pozitif (korinebakteri, mikobakteri türleri, vs.) mikroplar 15-20°C arasında iyi gelişme olanaklarına sahiptirler. Soğuk seven bazı mikroplar ve mantarlar buzdolabı sıcaklığında (+4°C'de) kolaylıkla üreyebilir ve gıdaları bozabilirler. Bu nedenle psikrofilik mikroorganizmaların enzimleri -5°C ile +20 °C'ler arasında aktivite gösterebilirler [22].

b) Ilık seven (mezofil) mikroplar: Bu mikroplar, genellikle 20-45 °C'ler arasında gelişme ve üreme kabiliyetlerine sahiptirler. İnsan ve hayvanlarda hastalık oluşturan mikroorganizmaların büyük bir kısmı, bu gruba dahildirler. Bu nedenle optimal sıcaklıkları 35 °C ile 42 °C'ler arasındır. Mezofil mikroorganizmalar, 65°C'de 20 dakikada ve pastörizasyon sıcaklığında (70°C'de bir dakikada) ölürler [22].

c) Sıcak seven (termofil) mikroplar: Termofilik mikropların gelişme ve üreme sıcaklıkları, mezofillerin çok üstündedir (50-60 °C). Mezofiller bu sıcaklıkta yaşayamazlar. Bu tür mikroplara, sıcak su kaynaklarında, gübrelerde ve tropikal ülkelerde rastlamak mümkündür. Termofil mikroplar ve sporlar pastörizasyon ısısına dayanıklıdır. Sütlerin pastörizasyonundan sonra da ısıya dayanıklı birçok mikroplar canlı kalırlar. Konserve gıdaların sterilizasyonu bu nedenle önem kazanmaktadır. *T. aquaticus*, *B. stearothermophilus*, bu tür mikroplara örnek verilebilir.

Mikroplar yüksek sıcaklıkta ölürlür. Ancak, sıcaklık yardımı ile ölme üzerine, sıcaklıktan başka, birçok faktörlerin de etkisi bulunmaktadır. Bunlar da kısaca şöyledir:

1- Yüksek sıcaklık: Maksimal limiti aşan sıcaklık, mikropların karakterine göre kısa ve uzun bir süre içinde ölümlere neden olur. Psikrofilik mikropların çoğu 30-35 °C'de, mezofillerin ekserisi 65°C'de 20-30 dakikada, termofiller ise 80-90°C'de tahrip olurlar. Sporlar 100-110 °C'de ve bütün mikroorganizmalar da rutubetli sıcaklıkta 120°C'de 15-20 dakika içinde ölürlür (sterilizasyon).

2- Mikrop türü: Mikroorganizmaların ve getatif formları, kapsüllü ve sporlu olanlardan daha erken ölürlür. *B. anthracis*'in sporları 100-110°C'de 10-15 dakika canlı kalabilir. Buna karşın doğa koşulları altında 40-50 sene yaşayabilir ve hastalık yapma kabiliyetini muhafaza edebilir. Tüberküloz mikroorganizmalarının etrafında bulunan balmumu tabakası, bunları çevresel koşullarının her türlü olumsuz etkisinden koruduğu gibi ısıya da dayanıklı hale getirir. Isıya direnç bakımından mikroplar arasında farklar bulunmaktadır.

3- Mikrop sayısı: Bir ortamdaki ve kültürdeki mikrop sayısı arttıkça, bunları öldürmek için geçen süre de, artar. Bu artış, mikrop sayısındaki her logaritmik azalış için, bir sıcaklık birimi kadardır. Çünkü, belli zaman dilimleri içinde popülasyonda belli oranda logaritmik azalmalar olur. Örn. başlangıçta kültür içinde 24 milyon mikrop varsa, 100°C'de ilk dakika sonunda  $24 \times 10^5$ , ikinci dakikada  $24 \times 10^5$ , üçüncü dakikada  $24 \times 10^3$ , dördüncü dakikada  $24 \times 10^2$ ,.... ve böylece mikroorganizma miktarı ile orantılı olarak süre de uzayacaktır. Ancak, bu rakamlar yaklaşık olup tam kesin değildir [22].

4- Ortamın bileşimi: İçinde yağ, protein, mukoid sıvılar, organik maddeler, vs. bulunan ortamlardaki mikroplar daha yavaş ve geç ölürlür. Bazı durumlarda da, eğer süre ve sıcaklığın derecesi uygun değilse, ölmeyebilirler. Besiyerlerinin viskozitesi arttığında sıcaklık iletme kabiliyetinde azalma meydana gelir. Bu durumun, göz önünde tutulması gerekir.

5- Ortamın pH 'sı: Mikroorganizmalar, optimal pH derecelerinde ısıya karşı dayanıklı, maksimal ve minimal pH limitlerine doğru dirençlerinde azalmalar meydana gelir.

6- Mikropların üreme durumları: Sıvı kültürlerde üreme döneminde olan mikroplar, ısıya durma veya ölme periyodlarından daha duyarlıdırlar.

7- Rutubet: Rutubetli sıcaklık, kuru sıcaklıktan daha etkilidir. Otoklavda (rutubetli sıcaklık) 115 °C' de 15 dakikada ölen sporlar, Pasteur fırınında (kuru sıcaklıkta) 150°C' de bir saatte ölürlür [22].

8- Süre: Süre ne kadar uzun olursa, sıcaklığın mikroplar üzerinde olan etkisi de artar.

*B) Soğukun etkisi:* Mikroorganizmalar soğuğa sıcaktan, daha fazla dayanırlar. Minimal sıcaklığı geçince üremeleri duran mikroplar, bu limit çok aşılrsa bile ölmedikleri görülür. Soğukluk -80°C veya -190°C olunca canlılıklarını ve infeksiyöz kabiliyetlerini uzun süre (yıllarca) koruyabilmektedirler. Bu nedenle, mikroorganizmalar (bakteri, mantar, virus) ve çeşitli hücreler (doku hücreleri, sperma, vs.) sıfırın çok altında (-190°C'de) muhafaza edilmektedirler. Ancak, bazı mikropların özel duyarlılığını da göz önünde tutmak gereklidir. Ayrıca, donarken ve çözülürken popülasyonda canlılık miktarında ve hastalık oluşturma yeteneğinde de azalmalar meydana gelir. Bakterilerin hücre duvarı, donma ve çözülme sırasında parçalanabilir. Eğer mikroorganizmalar çok kısa süre içinde dondurulur, kurutulur ve havası alınmış ampuller içinde saklanırsa uzun yıllar canlılıklarını ve aktivitesini koruyabilir (liyofilizasyon). Mikropların ve hücrelerin liyofilizasyonunda, steril yağsız süt, serum, gliserin, laktalbumin, sodyum glutamat, vs. gibi ara maddelerden yararlanılır [22].

Çeşitli sıvılar ve serumlar aynı şekilde, ya çok soğuk derecelerde veya liyofilizasyon suretiyle uzun yıllar muhafaza edilmektedirler.

Mikroorganizmaların sıcaklık ile ilişkili fizyolojik karakterlerini saptamada bazı özel kriterler konulmuştur. Bunlardan biri, termal ölüm noktasıdır. Bu nokta, belli bir yoğunluk ve ortamda üretilen mikropların, 10 dakika içinde ölebildikleri en düşük sıcaklık derecesidir. Bu limit mikroplar arasında değişiklik gösterir. İyi bir kontrol sağlandığı takdirde, konservecilikte, süt ve gıda maddelerinin muhafazasında yararlar sağlayabilir. Diğer bir nokta da, termal ölüm süresidir. Bu süre, belli sıcaklık derecesinde veya sabit bir sıcaklık derecesinde bütün mikropların ölmesi için geçen zamanı kapsar. Bu süreye, ortamın viskozitesi, pH' sı, mikroorganizmaların tür ve yaşı, mikrop sayısı ve çevresel koşullar fazlasıyla etkiler. Aynı etkenler, termal ölüm noktasına da tesir ederler (Çizelge 5.4).

Aşağıdaki çizelgelerde, bazı mikropların minimal, optimal ve maksimal üreme sıcaklıkları ile termal ölüm noktaları gösterilmiştir [22].

Çizelge 5.4. Bazı mikropların minimal, optimal ve maksimal üreme sıcaklıkları ile termal ölüm noktaları [23]

Mikroorganizma	Minimum °C	Optimum °C	Maksimum °C
Psikrofiller	-5 5	15 30	19 35
Mezofiller	10 15	30 45	35 47
Termofiller	40 45	55 75	60 80
E. coli	8	37	47
B. subtilis	8	28 40	50 55
C. tetani	14	37	43
N. gonorrhoeae	30	37	40
B. stearothermophilus	33 37	50 65	70

## 5.6. Bakteriler ve Ozon

Ozon, flordan sonra, dünyanın en güçlü oksitleyicisidir, ayrıca bilinen en etkin su arıtıcısıdır. Bakteri ve virüsleri klordan yaklaşık 3,000 defa daha hızlı ve etkin bir şekilde öldürür.

Ozon doğaldır ve gerektiği gibi kullanıldığında son derece sağlıklıdır. Deniz kenarlarında soluduğumuz havadaki doğal ozon seviyelerinin 0.003 - 0.005 ppm olduğu tespit edilmiştir. Bu seviyeler dağlarda çok daha yüksektir

Oksijen ( $O_2$ ) + Yüksek Voltaj = Ozon ( $O_3$ ) bakterilerle reaksiyona girer oksijene dönüşür.

Ozon, yüksek reaktivitesi sayesinde çeşitli organik, inorganik molekül ve atomlarla reaksiyona girerek onları oksitler. Bu reaksiyonlar sonucunda havadaki bakteri ve mikroplar etkisiz hale getirilerek sterilizasyon sağlanmış olur.

Reaksiyon başladıktan sonra yarım saat içinde ozon molekülleri oksijene dönüşmeye başlar. Bu özelliği sayesinde ozon, diğer dezenfektan maddelerin aksine atık madde ve yan ürün oluşturma riski taşımaz.

Yeni gelişen teknolojilerle üretim maliyetlerinin aşağı çekilmesi ve ozon jeneratörlerinin geliştirilmesi, günümüzde ozonun kullanım alanını hızla genişletmektedir.

Ozon bilinen bütün virüs, bakteri, mantar ve küf çeşitleri için yok edici etkiye sahiptir. Bu nedenle otel, lokanta, kahvehane gibi insanların yoğun olarak bulunduğu ortamların sterilize edilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca ozon kullanımı, bu tür mekanlarda insanların hava yoluyla birbirlerine bulaştırabileceği hastalıkları da engellemektedir.



Ortamdaki hava kirliliği ve kötü kokuları yok etmesi sayesinde, insanlarda ferahlık ve zindelik hissi yaratır. Çalışma ortamında motivasyon sağlar.

Ozonun gıda sektöründe de yoğun kullanım alanı bulunmaktadır. Mikrop öldürücü özelliği bütün dünyadaki gıda depolarında sterilizasyon için kullanılmasını sağlamıştır. Yiyecek ihtiva eden buzdolapları, bodrum veya mahzenlerdeki gıda ürünlerinin saklanma sürelerinin uzatılmasını ve daha sağlıklı koşullarda muhafaza edilmelerini de sağlamaktadırlar. Ozon herhangi bir kalıntı bırakmayıp, gıda maddesinin kendisiyle herhangi bir reaksiyona girmediği için sterilizasyon için kullanılabilir en sağlıklı yöntemdir.

Her şeyin fazlasının zarar verdiği gibi ozonunda kullanımında bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. İnsan bulunan ortamlarda sürekli bulunacak ozon miktarının 0,1 ppm.'i aşmaması tavsiye edilmektedir. Bu miktarın üzerinde ozona maruz kalındığında üst solunum yollarında bazı rahatsızlıklara rastlanabilir (ABD'nin EPA, OSHA, USDA ve ACGIH kuruluşları 0,1 ppm miktarındaki ozon seviyesine 8 saat süreyle maruz kalmanın hiç bir yan etkisi olmadığını tespit etmişlerdir).

Mekanın büyüklüğüne ve istenmeyen madde yoğunluğuna göre jeneratörün çalışma ve durma süreleri ayarlanmalıdır. Hijyenin tam olarak sağlanması için mekanda insan olmadığı saatlerde yüksek konsantrasyonda ozon tutulması (0,2 - 0,3 ppm) ve mekan kullanıma açılmadan yarım saat önce jeneratörün durdurulması tavsiye edilir. Diğer zamanlarda ise 0,05 ppm.'lik bir ozon seviyesi yeni bakteri ve mikrop oluşumunu engelleyecektir.

Yüzyılı aşkın bir süredir ozonun mikrop öldürücü ve sudaki diğer organik kirlendiricileri ortadan kaldırıcı etkisi bilinmektedir.

### **5.7. Partiküller**

Saf su damlacıkları hariç, atmosferde bulunan çok küçük katı parçacıklarına ve sıvı damlacıklarına partikül denir. Partiküller de gazlar gibi atmosfer kirleticisi

maddelerdir. Zaman zaman çok ciddi problemler meydana getirirler. Partiküller, gaz moleküllerinden binlerce defa daha büyük olduklarından, er veya geç tekrar yeryüzüne dönerler. Yeryüzüne dönmeleri çeşitli şekillerde olur. Bu hususa daha sonra etraflıca değinilecektir [22].

Atmosfer kirliliği sözkonusu olduğu zaman, partikül kelimesinden başka bir de aerosol kelimesi kullanılır. Aerosol tanımı de partikül tanımına benzer. Bir katı veya sıvının bir gaz içinde çok küçük parçacıklar halinde dağılmış şekline aerosol denir.

Sis veya pus havadaki çok küçük su kürecikleridir. Bunlardan bazıları havadaki su buharının yoğunlaşmasıyla, bazıları da deniz suyunun sıçramasıyla meydana gelir. Duman, inorganik ve organik buharların havada yoğunlaşması sonucu meydana gelen parçacıklardır. Toz, büyük katı maddelerin ufalanmaları sonucu meydana gelen parçacıklardır (mermer ve mozaik fabrikalarında olduğu gibi).

İs yanma sonucu meydana gelen siyah parçacıklardır, işe kurum da denir (baca kurumu gibi). Atmosferde, yukarıda sayılan cansız partiküllerden başka canlı partiküller de vardır. Bunlar,

- 1) Bakteriler
- 2) Mantarlar

Partiküller ve büyük parçaların çok küçük parçalara ayrılmaları veya çok küçük parçacıkların bir araya gelmeleri (yoğunlaşma) suretiyle teşekkül ederler. Her yıl denizlerden yaklaşık bir milyar ton partikülün (deniz suyunun) atmosfere girdiği tahmin edilmektedir. Böyle partiküllere genellikle aerosol denir. Atmosfere orman yangınlarından, volkanik hareketlerden ve antropojenik kaynaklardan da çok büyük miktarlarda partikül girer. Bu şekilde atmosfere giren partiküllere primer partiküller denir [22].

Çeşitli kaynaklardan atmosfere giren terpenler, SOX, H<sub>2</sub>S, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> gibi gazlar su buharı toplayarak partiküller (aerosoller) meydana getirirler. Bu şekilde meydana

gelen partiküllere sekonder partiküller denir. Bunların atmosferdeki yıllık miktarının 1100 milyon ton kadar olduğu tahmin edilmektedir. Çeşitli kaynaklardan yılda atmosfere karışan partikül miktarları 204 milyon ton kadardır. Primer olanlar ise yaklaşık 82 milyon tondur.

Atmosferdeki partiküllerin kaynaklarına göre yüzdeleri partiküllerin yaklaşık yarısı (%50'si) primer, yarısı da sekonder kaynaklıdır.

Partiküller primer ve sekonder kaynaklı olarak yaklaşık birbirine eşittir, ama doğal ve antropojenik olarak karşılaştırılınca birbirinden çok farklıdır. Doğal kaynaklardan gelen partiküller, toplam partiküllerin % 83,6'sı kadardır.

Partiküllerin bileşimi büyük değişiklikler gösterir. Bazıları sadece organik veya inorganik iken, bazıları hem organik, hem de inorganiktir, inorganik maddeler, genellikle toprakla çok bulunan potasyum, kalsiyum, magnezyum, alüminyum, silisyum gibi metallerdir. Bunlardan başka partiküllerin içinde mikro büyüklükte bazı maddeler de bulunur. Bunlar başlıca şöyledir:

Odun talaşı, Nitrik asit damlacığı, Kömür parçası, Bitkisel parçacıklar, Yağ damlacığı, Hayvansal parçacıklar, Mineraller (çok çeşitli), Pestisitler, Sülfürik asit damlacığı, Antropojenik kaynaklar içinde partiküller en çok kömürün yakılmasından gelir. Kömür partikülleri içinde hem organik, hem de inorganik maddeler bulunur. Kömürdeki inorganik maddelerin çok büyük bir kısmı cüruf halindedir (cüruf lar başlıca alüminyum silikattır). Ancak, son zamanlarda geliştirilen toz kömür yakma ocaklarında yakılan kömürlerdeki inorganik maddelerin, yaklaşık %80'i baca tozu (fly ash) olarak, atmosfere verilir. Kömür yakan fırın bacalarından alınan tozların bileşimi büyük değişiklikler gösterir [22].

Partikül Büyüklüğü ( $\mu$ ) olarak verilirler. Bir  $\mu$  Partiküller genellikle mikrometre ( $\mu = 10^{-6}$  m). Partiküllerin büyüklükleri  $\mu$  mikrometre, metrenin milyonda biridir 1  $\mu$  arasında değişir. Bazı partiküllerin büyüklükleri  $\mu$  0,0003-5000 şöyledir:

İnsan saçları (kalınlığı) 50-300  $\mu$

Çinko tozları 3-100  $\mu$

Sigara dumanları 0,01-1  $\mu$

Kömür tozları 1-100  $\mu$

Baca tozları 1-120  $\mu$

Oto ekzost dumanları 0,03-1,5  $\mu$

Virüsler 0.01  $\mu$

Bakteriler 0,5-40  $\mu$

Deniz tuzu partikülleri 0,04-0,8  $\mu$

Pollenler 10-100  $\mu$

Büyüklikleri 0,1-4 mikrometre arasında olan partiküller akciğerler içirt son derecede m nin üstünde olan partiküller mekanik işlemlerden,μzararlıdır. Büyüklikleri 10  $\mu$  ekzost gazlarından ve  $\mu$ m büyüklükle olanlar fabrika bacalarından, 0.1-1  $\mu$  1-10 fotokimyasal olaylardan meydana gelir [22].

m'nin altında  $\mu$  büyüklükleri 0,1 bulunan partiküller molekül gibi davranırlar, devamlı ve gelişi güzel hareket halindedirler. Büyüklikleri ne olursa olsun partiküller er veya geç tekrar yer yüzüne dönerler. Yerçekimi dolayısıyla partiküllerin yeryüzüne dönmesine sedimentasyon denir.

Bazen partiküller havada çarpışarak birleşirler ve daha büyük partiküller meydana gelinirler. Böyle küçük partiküllerden büyük partiküllerin meydana gelmesine koagülasyon denir. Koagüle olmuş partiküller m ye kadar olan  $\mu$  daha çabuk yeryüzüne dönerler. Partikül büyüklüğü 10  $\mu$  parçacıklar havada uzun süre kalabilirler [22].

## 5.8. Mikroorganizmalar

Ozon, hücre protoplazmasına difüze olarak ve enzimleri inaktive ederek antimikrobiyal etki gösteren klor ile karşılaştırıldığında sporlu bakteriler, bozulma yapan patojen bakteriler ve virüsler üzerinde daha etkili ve daha hızlı antimikrobiyal etki göstermektedir.

Koliformlar ve salmonella gibi patojenler ozon inaktivasyonuna belirgin duyarlılık gösterirler.

Streptococci, Shigella, Legionella pneumophila, Pseudomonas aeruginosa, Yersinia enterocolitica, Campylobacter jejuni, Mycobacteria, Klebsiella pneumonia ve Escherichia coli gibi diğer bakteriler ise ozon dezenfeksiyonuna duyarlıdırlar.

Ozonun bakteriler üzerindeki aktivitesi, pH, mikroorganizmaların tipi, sıcaklık, nem ve organik materyalin varlığına bağlıdır. Ozon dezenfeksiyonu mikroorganizmaların hücre duvarını tahrip eder. Ozon aynı zamanda hücreden içeri girerek stoplazmik bütünlüğü de etkiler.

Küflerin çok katmanlı hücre duvarları yaklaşık %80 karbonhidrat, %10 protein ve glikoproteinlerden oluşmakta ve pek çok disülfid bağlarını içermektedir, bu da ozon tarafından oksidatif inaktivasyonu mümkün kılmaktadır.

Ozon mayaların enzimlerini denatüre ederek hücre zarının geçirgenliğinin kaybına neden olmakta ve aynı zamanda DNA'nın parçalanmasına yol açmaktadır.

## 6. METERYAL VE METOT

### 6.1. İklimlendirme Sisteminin Tasarımı

Tüm sistemin konulacağı 120 cm x 70 cm x 85 cm ebatlarında bir masa tasarlanmıştır. Alt bölüme sistemin ısıtma, soğutma, nemlendirme, ozon verme ve otomatik kontrolün yapılabilmesi için bölme yapılmıştır (Resim 6.1). Deney setinin üst kısmına hacmi 0,6 m<sup>3</sup> olan bir oda (mahal) ve bu oda havasını şartlandırabilecek kapasitedeki iklimlendirme santralinden oluşan deney düzeneğinin tasarımı yapılmıştır.



Resim 6.1. İklimlendirme santrali

## 6.2. İklimlendirilen Oda

İklimlendirilen (Tiyatro örneği) oda Resim 6.2’de görüldüğü gibi 1m x 1m x 0.6 m. Ölçülerinde bir dikdörtgen prizma olarak tasarlanmış veduvar et kalınlığı 0,5 mm kalınlıktadır.



Resim 6.2. İklimlendirilen mahal (tiyatro salonu)

Alüminyum profillerle çelik karkası yapıldıktan sonra fleksigals ile tüm yüzeyler dışarıdan hava girmeyecek şekilde birleşim yerlerinden vidalanmıştır, fleksigals ile alüminyum arasına boydan boyca conta konularak yalıtılmıştır. Ön tarafta 15 cm x 15 cm ebadında bir gözetleme ve numune almak için delik bırakılmıştır.

## 6.3. Mahalin Isı Kazancı ve Kayıpları

Santraldeki cihazları seçebilmek için önce mahalın yaz ısı kazancını ve kış ısı kaybını hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama için oda duvarlarından ısı geçişinde:

$$Q = k \times A \times \Delta T \quad (7.1)$$

Eşitlikte;

Q : İletimle olan ısı geçişi (W)

K : Toplam ısı iletim katsayısı (W/m<sup>2</sup> °C)

A : Isı geçiş alanı (m<sup>2</sup>)

ΔT: İç-dış sıcaklık farkı (°C)

olarak verilmiştir. Eşitlikteki toplam ısı iletim katsayısını bulmak için de:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (7.2)$$

eşitliği kullanılır [16].

Bu eşitlikte;

k : Toplam ısı iletim katsayısı (W/m °C)

α : İç ve dış ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup> °C)

λ : Bileşenlerin ısı iletim katsayısı (W/m °C)

l : Bileşenlerin kalınlıkları (m)

olarak alınmıştır.

Dışarıdan alınan taze havanın da ortamın ısı kazanç ve kayıplarına etkisi olduğundan, havalandırma havasının da ısı hesapları yapılmıştır. Bu da,

$$Q = \dot{m} \times (h_{iç} - h_{dış}) \quad (7.3)$$



eşitliği ile bulunur.

Bu eşitlikte,

$Q$  : Dış havanın odanın ısı yüküne katkısı (W)

$\dot{m}$  : Dış havanın kütleli debisi (kg/s)

$h$  : İç ve dış havaların entalpileri (kJ/kg)

olarak verilmiştir.

Hava debisi hesaplanırken;

(7.4)

$$\dot{m} : v \times A \times \delta$$

eşitliği kullanılır (Öztürk,1987)

Bu eşitlikte;

$\dot{m}$  : Dış havanın kütleli debisi (kg/s)

$A$  : Kanalın kesit alanı ( $m^2$ )

$v$  : Hava hızı (m/s)

$\delta$  : Havanın yoğunluğu ( $kg/m^3$ ).

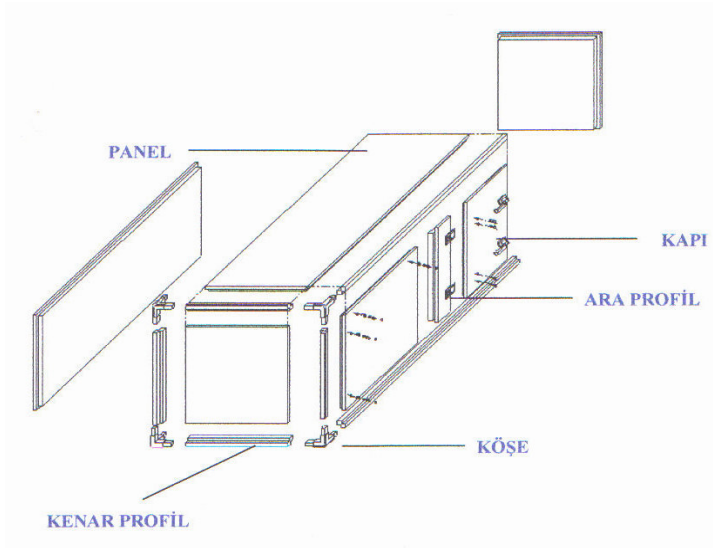
olarak verilmiştir.

#### 6.4. Santral ve Kanallar

Resim 6.3'deki gibi tasarlanan iklimlendirme sistemi içerisindeki tüm malzemelerin gözenmesi için alüminyum profillerle çelik karkası yapıldıktan sonra pleksiglas ile tüm yüzeyler dışarıdan hava girmeyecek şekilde birleşim yerlerinden vidalanmıştır, pleksiglas ile alüminyum arasına boydan boya conta konularak izole edilmiştir.



Resim 6.3. Sistem ve kanal resmi



Şekil 6.1. Klima santrali fan hücresi bağlantı detayı

Hava kanallarının tümü (üfleme, emme ve karışım) 0,9 mm kalınlığındaki galvanizli saçdan imal edilmiştir (Resim 6.4). Arıza, bakım ve taşıma durumları düşünülerek kanal parçaları ve klima santrali somunlu civatarla bağlanmıştır. Temiz hava, egzozst havası, karışım havası ve mahale bağlantı kanallarının hepsi 8 cm x 5 cm

kesitindedir. Santral bölümü ise cihazların yerleşebileceği en küçük kesit olarak 10 cm x 10 cm ölçülerindedir.



Resim 6.4. İklimlendirme santral resmi

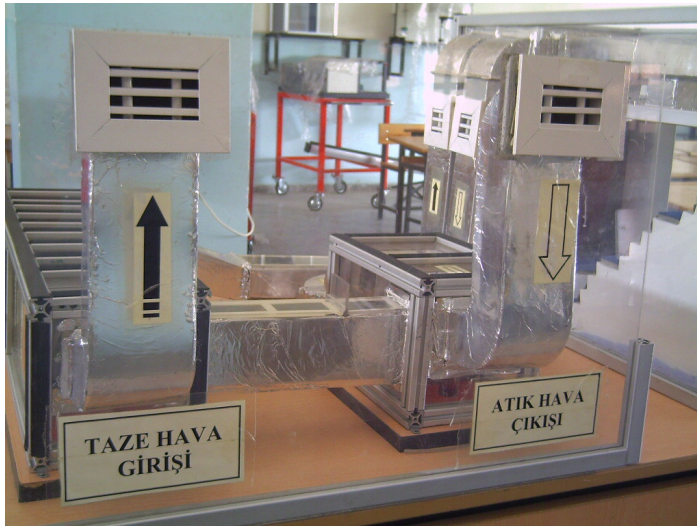
Santral uzunlukları ise taze hava basma fan kısmı 65 cm. Egzost emme fan kısmı 46 cm'dir. Santral giriş ve çıkışındaki kesit genişleme ve daralmaları (Redüksiyon) 15 cm uzunluğundadır.

Temiz hava ve girişinden mahale bağlantı noktasına kadar olan uzunluk 140 cm dir. Dönüş hattı ise buna eşittir. İklimlendirilen mahale üçer adet taze hava ve egzost havası için 5 cm x 5 cm menfez bağlanmıştır (Resim 6.5).



Resim 6.5. Tiyatro salonu menfez resimleri

Resim 6.6'daki gibi taze hava ve egzost menfezleri için 10 cm x 6 cm iki adet menfez bağlanmıştır.



Resim 6.6. Taze hava ve egzost hava kanalı resimleri

Hava kanallarının boyutlandırılmasında, önce hava hızı ve üfleme havasının oda havasından sıcaklık farkı seçilerek, odanın ısı ihtiyacı veya kaybından en fazla olanı karşılayacak olan hava debisi aşağıdaki eşitlik vasıtasıyla bulunmaktadır.

Sistemin kütleli hava debisi:

$$m_h : Q_{\max}/(h_{üf} - h_{oda}) \quad (7.4)$$

$$m_h : \text{Kütleli hava debisi} \quad (\text{kg/s})$$

$$Q_{\max} : \text{Odanın ısı kazancı veya kaybı} \quad (\text{W})$$

$$h : \text{Üfleme ve oda havasının entalpileri} \quad (\text{kJ/kg})$$

Kütleli hava debisine bağı olarak hacimsel hava debisi;

$$V = m / \delta \quad (7.5)$$

$$V : \text{Hacimsel hava debisi} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$m : \text{Kütleli hava debisi} \quad (\text{kg/s})$$

$$\delta : \text{Yoğunluk} \quad (\text{kg/m}^3)$$

eşitliği ile bulunur ve bu debi ve hava hızına bağı olarak kanal kesit alanı,

$$A = V / v \quad (7.6)$$

$$A : \text{Kanal kesit alanı} \quad (\text{m}^2)$$

$$V : \text{Hacimsel hava debisi} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$v : \text{Hava hızı} \quad (\text{m/s})$$

eşitliği ile bulunur.

Resim 6.7’de görüldüğü gibi santralde sırasıyla karışım bölgesi (boş hazne), ön filtre, fan, ısıtıcı (Kondenser), soğutucu (Evaporatör), nemlendirici, damla tutucu, susturucu, son filtre ve sisteme ozon gazı vermek için yapılan boş hücre bulunmaktadır. Santral kısımlarının kesit ölçüleri içerisindeki cihazların yerleşimini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Filtreler EU4 sentetik elyaf, fanlar 12W PP 200A,

ısıtıcı ve soğutucu bataryalar 12 cm x 12 cm dört borulu alüminyum kanatçıklı özel batarya dır, nemlendirici olarak bir su pompası ve fiskiye kullanılmıştır. Damla tutucu 12 cm x 12 cm kanal içerisine yerleştirilen keten dokuma kullanılmıştır. Susturucu ses yutumu 3 db standart veriler uygun 12 cm x 12 cm, kullanılmıştır.

Resim 6.7’de hava basma fanı hücrelerini, Resim 6.8’de hava emme cihazını, Resim 6.9’da ise karışım hücrelerinin yerleşimi görülmektedir.



Resim 6.7. İklimlendirme santraline cihazların yerleşimi



Resim 6.8. Hava emiş cihazının yerleşimi



Resim 6.9. Karışım havasının bağlantısı

Kesit ölçülerine bağlı olarak kanal kesit alanında;

$$A = a \cdot b \quad (7.7)$$

$A$  : Kanalın kesit alanı  $(m^2)$

$a, b$  : Kanal kesit ölçüleri  $(m)$

Eşitliği ile tespit edilir.

Havanın nemlendirilmesi için, tabandaki havuzdan çekilen su pülverize edilerek kanaldan geçmekte olan havaya püskürtülmektedir. Havuzun eksilen suyu şebekeden bir şamandıra vasıtasıyla ayarlanarak alınmaktadır.

Havanın nemlendirilmesi esnasında havaya püskürtülmesi gereken su miktarı,

$$m_{su} : m_h \cdot (w_c - w_g) \quad (7.8)$$

$m_{su}$  : Püskürtülecek su debisi  $(g/s)$

$m_h$  : Kütleli debisi  $(kg/s)$

$w$  : Havanın giriş ve çıkış özgül nem değerleri  $(g/kg)$

eşitliği kullanılarak tespit edilir.



Resim 6.10. Nemlendirme hücresi ve damla tutucu

12 cm x 12 cm bir çerçeve içerisine damla tutucu yerleştirilerek, Hava içerisindeki su damlalarının üzerine takılıp, havuza geri akmasını sağlamaktadır. (Resim 6.10) Santral içerisindeki basma fanı ile mahal içerisindeki emme fanı olarak birbirinin aynısı iki adet (12 cm x 12 cm ) 12 W PP (200 A) fan kullanılmıştır. Bu fanların seçimi kanal sisteminin basınç düşümü ve hava debisi göz önüne alınarak yapılmıştır. Basınç düşümü hesaplanırken, önceden seçilen hava hızları ve kesit ölçülerine göre her parçası için özel (lokal) ve doğrusal (lineer) basınç düşümleri tek tek hesaplanmıştır.

Doğrusal basınç kaybı:

$$\Delta p_{\text{ö}} : \xi \cdot p_{\text{din}}$$

$$\Delta p_{\text{ö}} : \text{Özel parçadan olan basınç kaybı} \quad (\text{Pa})$$

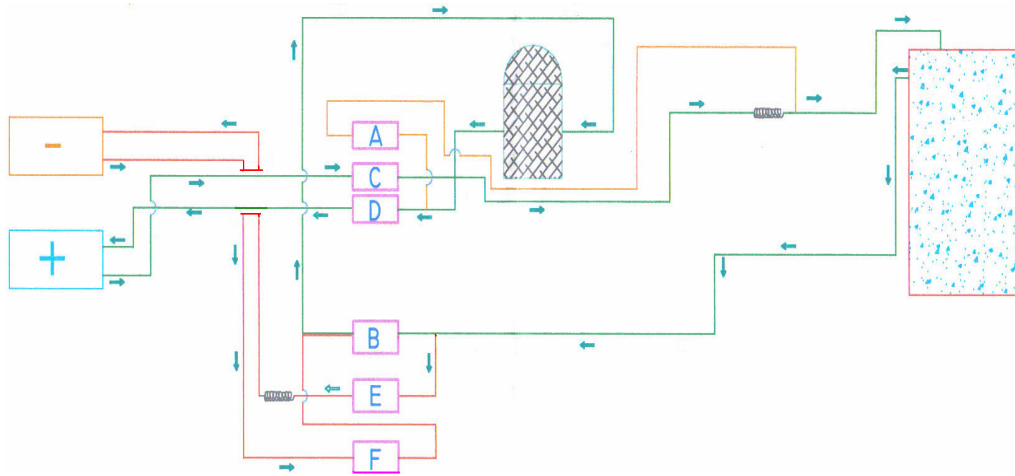
$$\xi : \text{Özel parçalara ait basınç düşme katsayısı} \quad (\text{Boyutsuz})$$

$$p_{\text{din}} : \text{Hava hızına karşılık gelen dinamik basınç} \quad (\text{Pa})$$



Hava hızı ölçümlerinde “ Model DA30, WM Dijital Anemometer” kullanılmıştır. Kanallardaki hava hızı ve dış hava konumunda emme ve egzost kanallarındaki hava hızı ölçülmüştür.

Soğutma tesisatında, pratikte “1/6 BG” olarak adlandırılan, bir kompresör ve ona uygun yoğuşturucu, buharlaştırıcı, kılcal boru, yoğuşturucu fanı ve soğutucu akışkan olarak da R 22’ nin kullanıldığı bir sistem kullanılmıştır. Isıtıcı ve soğutucu olarak soğutma çevriminden faydalanılarak kondenser kısmını ısıtıcı, evaporatör kısmını da soğutucu olarak tasarlanmıştır. Sistem selenoid vanalarla kontrolü yapılarak ısıtma çalışırken santral içerisindeki soğutma devre dışı bırakılıp, soğutma çalışırken de ısıtma devre dışı kalacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. Isıtma ve soğutma devre bağlantısı

Santralde Isıtma

- A – Kapalı
- B – Açık
- C – Açık
- D – Açık
- E – Kapalı
- F – Kapalı

Santralde soğutma

- A - Açık
- B – Kapalı
- C – Kapalı
- D - Kapalı
- E - Açık
- F – Açık

Kompresör AE 9430 ES marka olup, 220 – 240/50 – 50 Hz gücündedir.

Hava debisi ve basınç kaybı belli olduktan sonra fan gücü;

$$P = V \cdot \Delta p / \eta \quad (7.9)$$

P : Fan gücü (Watt)

V : Havanın hacimsel debisi ( $m^3 /s$ )

$\Delta p$  : Toplam basınç düşümü (Pa)

$\eta$  : Fan verimi (%)

Eşitliği ile bulunmuştur.

Klima santraline ozon gazı vermek için seçilen cihaz,  $cm^3$ 'ün 5 milyondan fazla negatif iyon oluşturarak havadaki sigara dumanı, polen, toz ve partikülleri etkin olarak yok edebilen BSE-388 seçilmiştir. Havadaki zararlı gazlar, kokular, mikroplar ve diğer kirleticiler 0,04 ppm, den daha az düzeydeki ozon yoğunluğuyla etkili olarak yok edilmektedir. Ayrıca klima santraline taze ve doğal bitki aroması vermek mümkündür.

### 6.5. Ozon Üreten Cihazın Özellikleri

Boyutları : 160 x 80 x 50 mm

Voltaj : DC 12 V

Güç : 2 W

Uygulanabilir alan :  $5 m^2$  (Resim 6.11)



Resim 6.11. BSE-388 Ozon üretme cihazı

### 6.6. Sıcaklıkların Ölçülmesi

Sıcaklığın ölçünde hissedici olarak Emko marka DIN 43760'a uygun PT 100'ler kullanılmıştır. PT 100'ler  $\alpha = 0,00385$   $1/^{\circ}\text{C}$  değerinde ve  $- 100...+100$   $^{\circ}\text{C}$  aralığında çalışmaktadır.

### 6.7. Kumanda Devresi

Sistem yaz çalışması ve kış çalışmalarında ayrıca istenilen sıcaklık ayarlarında çalışması için termostat ve selenoid vanalar kullanılmıştır (Resim 6.12).



Resim 6.12. Kontrol panosunun görüntüsü

## 7. DENEYİN YAPILIŞI VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 7.1. Isı Kayıp ve Kazancının Hesabı

İklimlendirme santralindeki cihazların seçilebilmesi için odanın yaz ısı kazancı ve kış ısı kaybının hesaplanması gerekir. Bunun için, önce oda duvarları bileşenlerinden faydalanılarak Eşitlik 7.2 ile toplam ısı geçirme katsayılarının hesaplanması yapılmıştır.

Yaz çalışmasında; Ankara için sabit değerler alınarak Eşitlik 7.1 kullanılarak toplam iletimli ısı kazancı  $Q = 205 \text{ W}$  ve kış şartlarında; Ankara için sabit değerler alınarak Eşitlik 7.1 kullanılarak toplam ısı kaybı  $Q = 407$  olarak bulunmuştur.

Konfor iklimlendirmesi olduğu için üfleme havası  $v = 3 \text{ m/s}$  almıştır [21]. Psikrometrik diyagramdan oda şartları için  $\delta = 0,80 \text{ kg/m}^3$  alınır. Hava kanalı  $80 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$  dikdörtgen kesit alınmıştır.

Dışarıdan alınan havanın yaz ısı kazancına etkisi Eşitlik 7.3 ile 7.4 kullanılarak  $m = 0,00765 \text{ kg/s}$  Olarak bulunmuştur.

Yaz için dış hava ısısı:  $Q = 1,071 \text{ kW} = 107 \text{ W}$

Yaz toplam ısı kazancı

$Q_t = 205 + 107 = 312 \text{ W}$  olarak hesaplanır.

Dışarıdan alınan havanın kış ısı kaybına etkisi Eşitlik 7.3 kullanılarak

Kış için dış hava ısısı:  $Q = 0,212 \text{ Kw} = 214 \text{ W}$

Toplam ısı kazancı;

$Q_t = 407 + 214 = 621 \text{ W}$

Olur.

## 7.2. İklimlendirme Santralindeki Cihazların Seçimi

Santral içerisine yerleştirilecek cihazların seçimindeki en önemli ölçüt iklimlendirilen odanın yaz ısı kazancını ve kış ısı kaybını sağlayabilmelidir.

### 7.2.1. Isıtıcı güçler

Isıtıcı 220 V gerilim altında 3,2 A akım çekmektedir.

$$P = 220 \cdot 3,2 = 704 \text{ W}$$

### 7.2.2. Soğutma sistemi

Kompresör katalogunda normal şartlarda soğutma gücünü 95 cal/s olduğu yazılmaktadır. Buradan kompresörün gücü;

$$P_{\text{soğ}} = 95 \text{ cal/s} = 95 \cdot 10^{-3} \cdot 4190 = 398 \text{ W}$$

olarak hesaplanır. Bu değer iklimlendirilen mahalin ısı kazancı olan 312 W'tan büyük olduğu için karşılayacak değerdedir.

### 7.2.3. Nemlendiriciler

Kullanılan nemlendiriciler 220 V gerilim altında çalışmakta ve gücü 28 W'dır Püskürttüğü su debisi 5,56 g/s olarak ölçülmüştür.

## 7.3. Yapılan Deneyler

Cihazın imalatı yapıp, 15 gün boyunca farklı çalışma aralıklarında deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerdeki bütün veriler kaydedilmiştir.

#### 7.4. Ozon Gazının Bakterilere Etkisi

Ozon, flordan sonra, dünyanın en güçlü oksitleyicisidir ayrıca bilinen en etkin su arıtıcısıdır. Bakteri ve virüsleri klordan yaklaşık 3,000 defa daha hızlı ve etkin bir şekilde öldürür.

Ozon doğaldır ve gerektiği gibi kullanıldığında son derece sağlıklıdır. Ozon, yüksek reaktivitesi sayesinde çeşitli organik, inorganik molekül ve atomlarla reaksiyona girerek onları oksitler. Bu reaksiyonlar sonucunda havadaki bakteri ve mikroplar etkisiz hale getirilerek sterilizasyon sağlanmış olur.

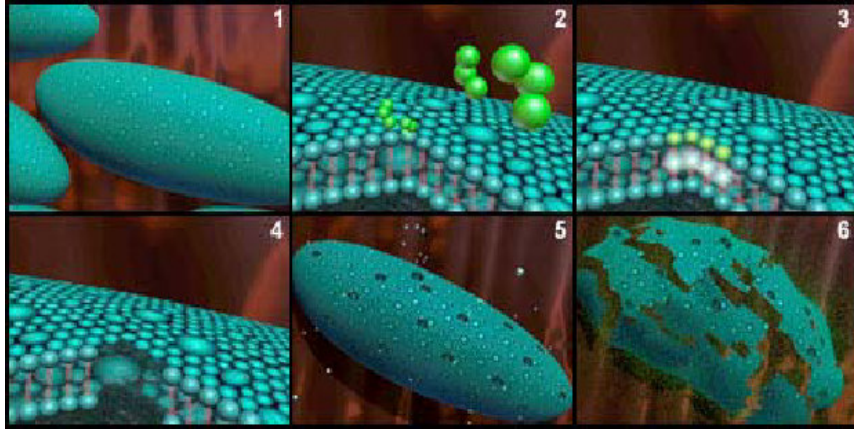
Çizelge 7.1.Ozon gazının spesifik bakteri, virüs ve küflere etkisi

Patojenler	Ozon Dozajı (mg/l)	Temas Süresi (dk.)	Giderme Verimi (%)
Aspergillus Niger (Kara dağ)	1,50-2,00		100
Bacillus Bacteria	0,20	0,5	100
Bacillus Anthracis (Besi hayvanlarında insana bulaşıcı anthrax'a yol açar.)		Ozona Hassas	
Bacillus cereus	0,12	5	100
B.cereus (spores)	2,30	5	100
Bacillus subtilis	0,10	33	90
Bacteriophage f2	0,41	0,16	99,99
Botrydis cinerea	3,80	2	100
Candida bacteria		Ozona Hassas	
Clavibacter michiganense	1,10	5	99,99
Cladosporium	0,10	12,1	100
Clostridium bacteria		Ozona Hassas	
Clostridium Botulinium	0,40 – 0,50		100
Coxsackie virüs A9	0,035	0,16	95
Coxsackie virüs B5	0,40	2,5	99,99
Diphtheria pathogen	1,50 – 2,00		100
Eberth bacillus	1,50 – 2,00		100
Echo virüs 29	1	1	99,99
Enteric virüs	4,10	29	95
Escherichia coli bacteria	0,20	0,5	100
E-coli (temiz suda)	0,25	1,6	99,99

Çizelge 7.1 (devam).Ozon gazının spesifik bakteri, virüs ve küflere etkisi

<b>Patojenler</b>	<b>Ozon Dozajı (mg/lit)</b>	<b>Temas Süresi (dk.)</b>	<b>Giderme Verimi (%)</b>
E-coli (atık suda)	2,20	19	99,99
Encephalomyocarditis virüsü	0,10 – 0,80	0,5	100
Endamoebic Cysts bacteria		Ozona Hassas	
Entero virüsü	0,10 – 0,80	0,50	100
Fusarium Oxysporium f.sp.lycopersici	1,10	10	100
Fusarium oxysporum f.sp. melonogea	1,10	20	99,99
GDVII Virüsü	0,10 – 0,80	0,5	100
Hepatitis A Virüsü	0,25	0,033	99,99
Herpes Virüsü	0,10 – 0,80	0,5	100
Influenza Virüsü	0,40 – 0,50		100
Klebs-Loffler Bacillus	1,50 – 2,00		100
Legionella pneumophila	0,32	20	100
Luminescent Basidiomycetes (melanin pigmentersiz)	100	10	100
Mucor piriformis	3,80	2	100
Mycobacterium foruitum	0,25	0,0167	90
Penicillium Bakteri		Ozona Hassas	
Phytophthora parasitica	3,80	2	100
Poliomyelitis Virüsü	0,30 – 0,40	3 – 4	99,99
Poliovirüs sürüm I	0,25	1	99,50
Proteus Bakteri		Çok Hassas	
Pseudomonas Bakteri		Çok Hassas	
Rhabdovirüs virüsü	0,10 – 0,80	0,5	100
Salmonella Bakteri		Çok Hassas	
Salmonella typhimurium	0,25	1	99,99
Schistosoma Bakteri		Çok Hassas	
Staph epidermidis	0,10	1,7	90
Staphylococci	1,50 – 2,00		100
Stomatitis Virüsü	0,10 – 0,80	0,5	100
Streptococcus Bakteri	0,20	0,5	100
Verticillium dahliae	1,10	20	99,99
Vesicular Virüsü	0,10 – 0,80	0,5	100
Virbrio Kolera Bakteri		Çok Hassas	
Vicia Faba progeny			





Resim 7.1. Ozon gazının bakterilere etkisi

- 1-Bilgisayar ortamında bakteri hücresi görüntüsü
- 2-Ozon molekülünün bakteri duvarı ile temasa geçişinin yakınlaştırılmış görüntüsü
- 3-Ozonun bakteri duvarının kırıp delmesi
- 4-Ozonun bakteri duvarına etkisi
- 5-Birkaç ozon molekülü ile bakteri hücresi (temas ettikten sonra)
- 6-Ozonlama sonrası hücrenin parçalanması.

### 7.5. Ozonun Yok Ettiği Kokular

Reaksiyon başladıktan sonra yarım saat içinde ozon molekülleri oksijene dönüşmeye başlar. Bu özelliği sayesinde ozon, diğer dezenfektan maddelerin aksine atık madde ve yan ürün oluşturma riski taşımaz, ayrıca ozon kullanımı bu tür mekanlarda insanların hava yoluyla birbirlerine bulaştırabileceği hastalıkları da engellemektedir.

Ortamdaki hava kirliliği ve kötü kokuları yok etmesi sayesinde, insanlarda ferahlık ve zindelik hissi yaratır. Çalışma ortamında motivasyon sağlar.

Çizelge 7.2. Ozonun yok ettiği kokular

Hayvan Kokuları	Halı Kokuları	Gübre Kokusu
Banyo Kokuları	Egzost Kokuları	Balık Kokusu
Sigara Kokusu	Lağım Kokuları	Soğan Kokusu
Boya Kokuları	Ekşi Kokular	Nikotin Kokusu
Alkol Kokusu	Küf Kokusu	Kimyasal Kokular
Kömür Kokusu	Anestetik Kokular	Çöplük Kokuları
Benzin Kokusu	Yemek Kokuları	Kümes Kokusu
Medikal Kokular	Propan Gazı	Hastane Kokusu
Vücut Kokuları	Amonyak Kokusu	Leş Kokuları
Yangın Kokuları	Ahşap Kokuları	Sarımsak Kokusu
Yapıştırıcı Kokuları	Su Kokusu	Yağ Kokusu
Karbon Monoksit Kokusu	Yanık Yemek Kokuları	

Ozon stabil bir özellik taşımaz, bu nedenle depo edilmesi ve nakli imkansız derecede zordur. Ancak uygulanacağı yerde üretilir. En ucuz imali, havadan veya oksijen içinden elektrik akımı geçirmektir. Yaklaşık 1 kg ozon için 30 - 35 kilowat - saatlik bir enerjiye ihtiyaç vardır. (Aynı harcama ile 6 - 7 kg klor elde edilebilir)

Çizelge 7.3. 5°C de Karşılaştırmalı dezenfeksiyon verimi

Dezenfektan	Enterik Bakteri	Virüs	Sporlar	Amoebik Kistler
O <sub>3</sub>	500	0,5	2	0,5
Cl <sub>2</sub> (HOCl)	20	1,0	0,05	0,05
Cl <sub>2</sub> (OCl <sup>-</sup> )	0,2	0,02	0,0005	0,0005
Cl <sub>2</sub> (HN <sub>2</sub> Cl)	0,1	0,005	0,002	0,02

Çizelge 7.4'de bakterilerin ne oranda hangi süre ile ve hangi pH da öldürüleceği gösterilmektedir. Suyun kalitesine göre (kirlilik derecesi açısından) şüphesiz bu oranlar değişebilir, ancak 0,1 – 0,5 mg / l O<sub>3</sub> hemen hemen tüm bakterileri öldürür ve temas süresi genelde 4 – 10 dakikadır.

Çizelge 7.4. Bakterilerin ne oranda, hangi süre ile yok olacağı [24]

Bakteri	Sıcaklık	Artık Ozon	pH	Temas Süresi
E. Coli	10 °C	0,12	6,0	5 Dakika
E. Coli	1 °C	0,5		1 Dakika
Clostridium perfrin.	24 °C	0,12	6,0	5 Dakika
Örnekteki Tüm Bakteriler		0,2	(5,0 – 8,0)	5 Dakika
Örnekteki Tüm Bakteriler	27,5 °C	0,2	(5,0 – 6,0)	5 Dakika
Örnekteki Tüm Bakteriler	27,5 °C	0,2	(7,0 – 9,0)	7,5 Dakika
Clostridium perfringens (spores)	24 °C	0,25	6,0	15 Dakika
Clostridium perfringens (spores)	24 °C	5,0	6,0	2 Dakika

Çizelge 7.5. Virüslere ne oranda, hangi süre ile yok olacağı [24]

Virüsler	Sıcaklık	Artık Ozon	pH	Temas Süresi
Polio	-	0,4	-	4 Dakika
Polio	-	0,45		2 Dakika
Polio		0,15	-	2 Dakika
Coliphage T <sub>2</sub>	-	0,5	-	5 Dakika
Entereviruses	-	0,2	-	15 Dakika

Çizelge 7.6. Kist ve parazitlere ne oranda, hangi süre ile yok olacağı [24]

Kist ve Parazitler	Sıcaklık	Artık Ozon	pH	Temas Süresi
Endamoeba Histolytics	-	0,5 – 1,0	-	1 – 3 Dakika
Schistosoma Mansoni	-	0,9	-	3 Dakika

Bu çalışmanın ana hedefleri:

1. Havayı biyomaddelerden temizlemenin filtre etkinliğinin değerlendirilmesi:
  - a. Havanın 1 m<sup>3</sup>'te mikrop sayısını tanımlama;
  - b. Havanın 1 m<sup>3</sup>'te maya ve 'mycelial' mantarların sayısını tanımlama; (Zeminin üzerinde) hava temizleyicisinin çalışması sırasında ozon yoğunluğunu tanımlamak.
2. Ozon konsantrasyonunu tanımlamak:

Havanın 1 m<sup>3</sup>'ünde mikrop sayısını tanımlamak genel olarak kabul edilmiş mikro floranın hava kalitesi değerlendirilmesinin sağlıklı endeksidir.

Maya ve mantarlar son zamanlarda kapalı mekan kirleticileri arasına alınmıştır. Eysel tozun bileşeni olan mantarların birçok alerjik hastalığın etiyolojik faktörü olabileceği ifade edilmiştir.

1 m<sup>3</sup> havada evsel alerji üretenler olarak maya ve mantar miktarının tanımı bu bağlantıda arındırma işleminin ana endeksi olarak alınmıştır.

Bir dizi hava testi, bakteriyolojik hava incelemesi için Krotov cihazı yardımıyla insan solunumu düzeyinde yapılmıştır. Bu testler 'aspirayon yöntemi'ne dayandırılmıştır. Hava dağılımının hızı 25 l/dakikaya eşittir ve tüm bakteri, maya, mantar ve 'staphylococcus' miktarı için cihazdan geçen hava miktarı ortalama 100 litredir. 1 metre küp havada toplam bakteri miktarını tanımlamak için, maya ve mantarları tanımlamak için-Saburo ortamı, 'staphylococcus'- Chistovich'in yumurta sarısı tuz gibi agar- tanımlamak için, 12-15 mm kaplara karıştırılan %2 besleyici agara seleksiyon uygulanmıştır. Besleyici agar üzerinde aşılama kapları 48 saat boyunca 37°C sıcaklıkta termostatta aşılandı ve Saburo ortamın aşılama için 96 saat boyunca 22-28°C sıcaklıkta ve daha sonra yetişmiş kolonilerin sayısı tahmin edildi ve 1 metre küplük alana göre yeniden sayıldı.

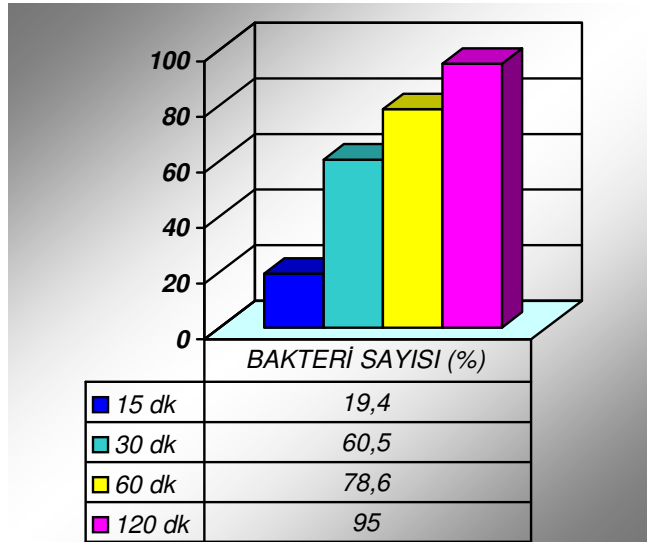
Tabakanın mikrobiyolojik araştırması için, agaric zar filtresi kullanıldı [25]. Koklanmış besleme ortamı steril metallerin eritildiği kaba eklendi. Test yapılmadan önce steril zarlı filtre №3 kokulu agara batırıldı ve daha sonra hemen hava temizleyicinin tabakasının yüzeyine yerleştirildi. Agar dondurulmasından sonra zar filtresi ortadan kaldırıldı ve kalın besleme ortamına getirildi: Genel saprophyte mikroflorası için et-sindirim agarı ve mantar florası için lapa-agar mantarları. Bakteriyolojik flora için aşılama 48 saat boyunca 37°C sıcaklıkta uygulandı ve mantar florası için 96 saat boyunca 26-28°C sıcaklıkta uygulandı.

Korona boşaltım kaynağının cihaz içine kurulduğu dikkate alınarak ozon ve hafif negatif aeroiyonların belli miktarının emisyonu hava temizleyicinin çalışmasına eşlik etmelidir. Bununla bağlantılı olarak hemiluminiscent ozon analiz yapıcısı 3-02 P LAK uygulandı.

Evrensel mobil aero iyon sayıcısı IT-8401 (Tartu) işlemin iyonik modunu çalışmak için kullanıldı. Bu cihaz aspirasyon yöntemi yardımıyla pozitif ve negatif aero iyon konsantrasyonlarını kaydeder. Bu yöntem elektrik alanınca toplanmış aero iyonların belirli hacim hızında havadan geçen aspirasyon ölçüm sayıcı yoğunlaştırıcısında kaydını belirtir.

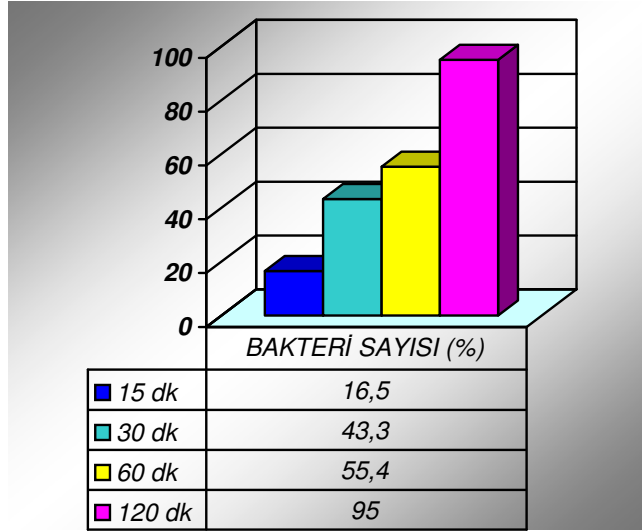
Deney odasında sabit hava hareketliliği sağlandı; Mikroorganizmaların serbestçe yerleşmesine böylece izin verilmedi. Deneysel araştırmada yaklaşık  $0,6 \text{ m}^3$ 'lük odada nominal hızda çalışan hava temizleyicinin belli bir hava arınması sağladığını kanıtladı:

Genel bakteri toplanmasının sırayla 15 dakikada bakteri sayısının %19,4 azaldı, 30 dakikada %60,5 azaldı, 60 dakikada %78,6 azaldı, 2 saatte % 95 azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Bakteri toplama oranları ( $1\text{m}^3$ 'lük alanda)

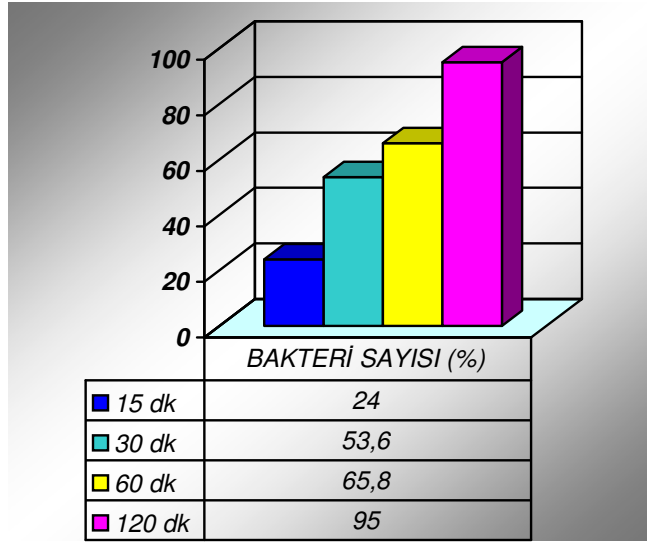
15 dakikada 1 m<sup>3</sup>'lük alanda bakteri sayısı %16,5 azaldı, 30 dk'da %43,3 azaldı, 60 dk'da %55,4 azaldı, 2 saatte %95 azaldığı tespit edildi (Şekil 7.2).



Şekil 7.2. Bakteri sayısındaki azalmalar (1m<sup>3</sup>'lük alanda)

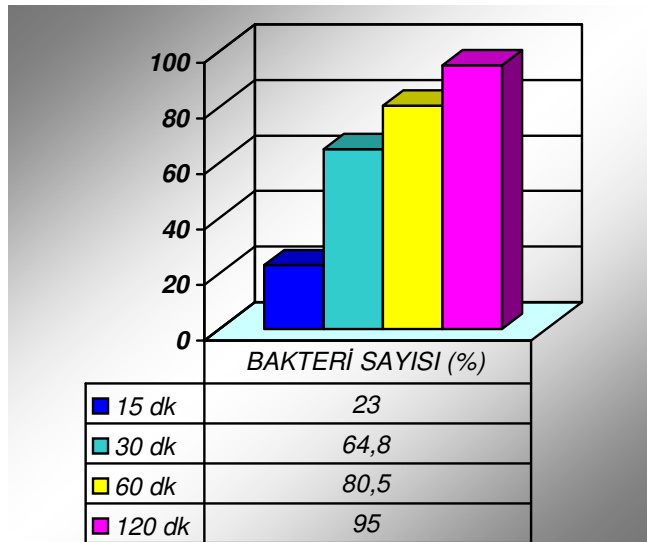
Hava arıtma etkinliğinin mantar florası için bakteri florasına oranla (%72.9) ve kısmen staphylococcus (71,8 %) ile karşılaştırıldığından iki saatte % 82.6 yüksek olduğu ifade edildi. Mikroskobik mantarların boyutu, bakteri boyutu 3-5 mikron iken mikronların birkaç skoru idi [25].

Hızlı oranda çalışırken hava temizleyici, havadan kirleticileri daha etkin şekilde yok etti. 1 m<sup>3</sup> havada 15 dakikada bakteri sayısının %24, 30 dakikada %53,6 azaldı, 60 dakikada %65,8 azaldı, 2 saatte % 95 azaldığı tespit edildi (Şekil 7.3).



Şekil 7.3. Hızlı oranda çalışırken bakteri sayısındaki azalmalar ( $1\text{m}^3$ 'lük alanda)

$1\text{ m}^3$ 'lük havada mikrop toplanması 15 dakikada %23 azaldı, 30 dk'da %64,8 azaldı, 60 dk'da %80,5 azaldı, 2 saatte %95 azaldığı tespit edildi (Şekil 7.4).



Şekil 7.4. Mikrop toplama oranları ( $1\text{m}^3$ 'lük alanda)

Böylece, kameral koşullarsa deneysel araştırma hava temizleyicinin havayı mikroorganizmalardan %95 etkinlikle temizlediğini ispatladı.

Deneyisel araştırma hava temizleyicinin tabakaları üzerinde mikroorganizmaların toplanmasını değerlendirmek için yapıldı. Bakteri ve mantar florası ile yapay hava kirliliği olan hava testleri yapıldı: Yapay hava kirliliğinden sonra arka plan ve hava temizleyicinin çalışmasından iki saat sonra hava temizleyicinin tabakalarının mikrobiyolojik araştırması yapıldı. Başlangıçta tabakalar yıpranma yöntemi ile sterilize edildi.

Araştırma sonuçları hava temizleyicinin 2 saatlik çalışması sırasında 270 cm<sup>2</sup>, lik tabakalarda yaklaşık %26 bakteri ve %28 mantar toplandığını gösterdi.

Nominal ve hızlı oranlarda hava temizleyici işleminin iyon-ozon modunun araştırılması cihazın farklı konumlarında yapıldı: Duvar, odanın ortasında ve masada. Masa verileri hafif iyonlar üretildiğinde pozitif yüklü iyonların hem nominal hem de hızlı oranlarda üstün geldiğini göstermektedir. Cihaz duvarda yerleştirildiğinde (kayıt sertifikasının gerektirdiği gibi) kısmen daha iyi olduğu not edilmiştir. Cihaz masanın ortasında yerleştirildiğinde pozitif iyonların sayısının belirsiz şekilde azaldı ancak konsantrasyonları negatif aero iyonların konsantrasyonunu geçti. Masa üzerinde hava temizleyicinin yatay konumu pozitif ve negatif aero iyonların eşit konsantrasyonunu sağlar.

Ozon konsantrasyonu MAC (maksimum izin verilebilir konsantrasyon) sınırları içindeydi veya nadiren 40 mg/m<sup>3</sup>'e ulaşıyordu (ozon için MAC 30 mg/m<sup>3</sup>'dür).

Cihaz duvara yerleştirildiğinde (kayıt sertifikasının gerektirdiği gibi) bu kısmen daha iyi görülmektedir.



## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

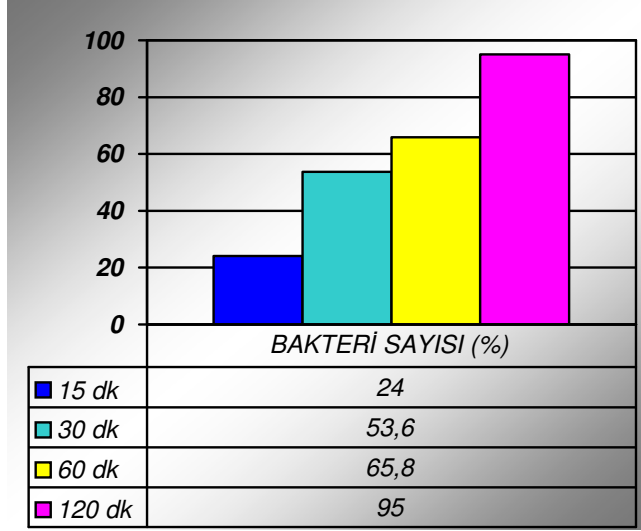
Bu çalışmada iklimlendirme sistemlerinde ozon (O<sub>3</sub>) kullanımının konforun sağlanması yönünden deneysel çalışmalar yapılmıştır. Küçük bir hacmin ısıtma, soğutma, nemlendirme, taze hava ve karışım havalı iklimlendirilmesi yapılmıştır. İklimlendirilen mahalin kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, üfleme havası sıcaklığı, dış hava sıcaklıkları, bu değerleri okumayı ve iklimlendirme santralindeki cihazların çalıştırılması otomatik kumanda ile kontrol edilmektedir. İklimlendirilen mahale belirli oranlarda ozon gazı verilerek hava içerisinde bulunan bakteri, virüs, mikroplar ve istenmeyen kötü kokulara karşı etkileri araştırılmış olup, yapılan çalışmada kurulan sistem bu sisteme ait değerleri dijital ekranda göstermektedir. Bu veriler ve mevcut veriler yardımı ile iklimlendirme sistemlerinde ozon (O<sub>3</sub>) kullanımının havanın içerisinde bulunan bakteri, virüs, mikroplar ve kokular gibi bazı değişkenlerin üzerindeki etki ve faydaları araştırılmıştır.

Teknolojinin ilerlemesiyle iç hava kalitesini yükseltmek için birçok yeni projelere ve mevcut yapılara klima cihazları monte edilmektedir. İklimlendirme sistemlerine ihtiyacın çoğalması, iklimlendirme uygulamaları konusunda daha fazla araştırma yapma gereğini ortaya çıkarmıştır.

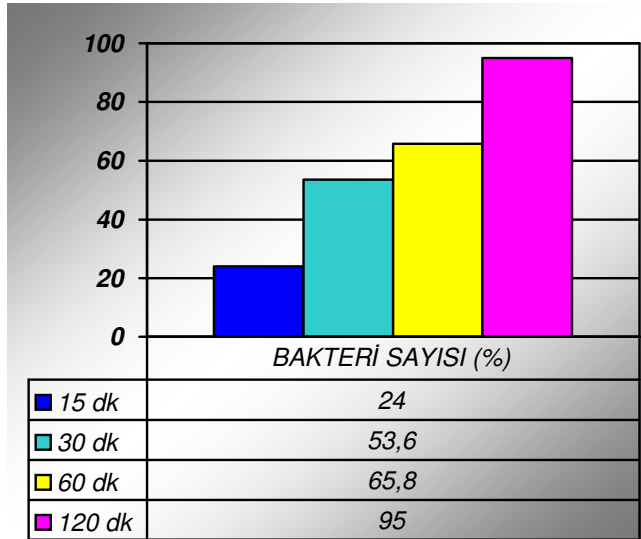
Geçmişte nemlendirme teknolojisi, ihtiyaç durumunun yeterli anlaşılabilmesi ya da uygun iklimlendirme tasarımının yapılamaması nedeniyle havalandırma projelerinin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olmuştur. Fakat şimdi iklimlendirme cihazları ve kontrol düzenekleri iklimlendirme ihtiyacını karşılayabilmektedir.

Literatürde ve şu an uygulanmakta olan iklimlendirme sistemleri üzerine yaptığımız araştırma sonucunda genel olarak iklimlendirme sistemlerinde ozon kullanımı sadece basit klima uygulamalarında kullanıldığı görülmüştür. Merkezi klima santrallerinde ise böyle bir uygulamanın yapılmadığı ortaya çıkmıştır. İklimlendirme santraline yerleştirilecek hücre ile sisteme belirli oranlarda ozon verilmesi halinde istenilen sonuçlara ulaşmak mümkündür.

Deneyisel araştırmada yaklaşık 0,6 m<sup>3</sup>'lük odada nominal hızda çalışan ozon üreten cihazın belli bir hava arınması sağladığını kanıtladı: 1gr. O<sub>3</sub> için 15-20 W elektrik enerjisi kullanılarak, 1gr. Ozon 0,6 m<sup>3</sup> havadaki bakteri (Şekil 8.1) ve mikropları (Şekil 8.2) % 95 oranında temizlediği tespit edilmiştir.



Şekil 8.1. Hızlı oranda çalışırken bakteri sayısındaki azalmalar (1m<sup>3</sup>'lük alanda)



Şekil 8.2. Genel mikrop sayısındaki azalmalar (1m<sup>3</sup>'lük alanda)

Hijyenin tam olarak sağlanması için mekanda insan olmadığı saatlerde yüksek konsantrasyonda ozon tutulması (0,2 - 0,3 ppm) ve mekan kullanıma açılmadan yarım saat önce jeneratörün durdurulması tavsiye edilir. Diğer zamanlarda ise 0,05 ppm.'lik bir ozon seviyesi yeni bakteri ve mikrop oluşumunu engelleyeceği, ayrıca ortamdaki hava kirliliği ve kötü kokuları yok etmesi sayesinde, insanlarda ferahlık ve zindelik hissi yarattığı ve çalışma ortamında motivasyon sağladığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada iklimlendirme sistemlerinde havanın içerisinde bulunan bakteri, virüs, mikrop ve kötü kokular gibi bazı değişkenlerin üzerinde ozon gazı kullanarak etki ve faydaları araştırılmış ve merkezi iklimlendirme tesislerinde kullanılması son derece yararlı olacağı, mevcut hava temizleme sistemlerinden çok daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada Ozon (O<sub>3</sub>)'ün iklimlendirme sistemlerinde kullanımına yönelik deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu sonuçların, özellikle hastanelerdeki sağlık açısından hassas mahaller (yoğun bakım, ameliyathane üniteleri gibi) için çok önemli olduğu tespit edilmiştir, bu çalışma daha küçük mekanlarda kullanılan split klima, salon tipi klima gibi cihazlarda kullanılması ve sonuçları araştırılmamıştır. Bu konu ile ilgili çalışma yapılması faydalı olur.

## KAYNAKLAR

1. Özkol, N., "İklimlendirme", *Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Yayınları*, Ankara, 42: 1 (1981).
2. Zorkun, M.E., Ardıç, A.R., "Soğutma Tekniği ve Klima", *Milli Eğitim Yayınevi*, İstanbul, 196 (1980).
3. Doğan, H., "Havalandırma ve İklimlendirme Esasları", *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 82,83,94-97,159,163-165 (2002).
4. "Endüstriyel okullar için soğutma ve iklimlendirme", *Milli Eğitim Basımevi*, Ankara, 2: 466-467-469-471 (1994).
5. "Klima Sistemleri", *Alarko-Carrier Yayınları*, Kocaeli, 33 (2001).
6. Bulgurcu, H., "Soğutma ve İklimlendirme Meslek Resmi", *Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları*, Ankara, 277 (2001).
7. Tamer, Ş., "Klima ve Havalandırma", *Meteksan A.Ş.*, Ankara, 2: 6 (1990).
8. Osborne, W.C., Turner, C.G., "Pratik Havalandırma Tesisleri Kılavuzu", *Birsan Kitabevi*, Çeviri Editörü Uğur Köktürk, İstanbul, 1: 10 (1975).
9. İnternet: "Suni hava kirleticileri"  
[www.mta.gov.tr/mta\\_web/kutuphane/mtadergi/63\\_9.pdf](http://www.mta.gov.tr/mta_web/kutuphane/mtadergi/63_9.pdf) (2007).
10. *Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği*, Resmi Gazete 2.11.1986 Tarih ve 19269 Sayılı.
11. "Ana Britannica", *Ana Yayıncılık*, İstanbul, 23: 357 (2006).
12. Stoecker, W.F., "İklimlendirme Esasları", Çeviri Editörü, Osman F. Genceli, *Teknik Üniversite Matbaası*, İstanbul, 187 (1992).
13. Sayar, E.,D., "Soğutma ve İklimlendirme Meslek Bilgisi Temel Ders Kitabı", *Milli Eğitim Yayınları*, Ankara, 2: 255 (2004).
14. Tamer, Ş., "Klima ve Havalandırma", *Meteksan*, Ankara, 1: 134 (1972).
15. Hızıroğlu, T., "İklimlendirme Notları", *Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Tesisat Bölümü*, Ankara, 27 (1977).
16. Doğan, H., "Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği", *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 104,106-108 (2002).

17. Önen, E., “Havalandırma ve Klima Tesisatı”, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik El Kitapları*, Ankara, 172 (1977).
18. Köktürk, U., “İklimlendirme ve Klimatoloji Tekniği”, *Eğitim Yayınları*, İstanbul, 1: 3-130 (1988).
19. İnternet: “*Ozon üretme yöntemi*”  
[www.environmentalprotectionagency.gov/26.12.2003](http://www.environmentalprotectionagency.gov/26.12.2003) (2003).
20. Amman, H.M., Berry M.A., “Health effects Associated with Indoor Air Pollution”, *EPA*, 600:d,87,324, (1987).
21. Appleby, P.H., “Bina hava kalitesi”, “*Building Related Illnesses, British Medical Journal*”, 313:674,677,2996 (1996).
22. Gündüz, T., “Genel Kimya deneyleri, Çevre sorunları”, *Bilge Yayıncılık*, Ankara, 1: 1-6 (1994).
23. Arda, M., “Temel mikrobiyoloji”, *Medisan Yayıncılık*, Ankara, 46: 2-8 (2000).
24. İnternet: “*Ozonun bakterilere etkisi*”  
<http://www.saglikvakfi.org.tr/saglik/cevrey1.asp550> (2007).
25. Gubernsky, J. D., “Hava temizleyicinin ekolojik, hijyenik uzman incelemesi”, *Rusya tıp bilimi akademisi*, 1: 1-15 (1993).



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ANIK, Arif  
 Uyuşu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 28.12.1973 Narman  
 Medeni hali : Evli  
 Telefon : 0 (312) 315 30 60, 0 (505) 476 45 51  
 e-mail : [arifanik@yahoo.com](mailto:arifanik@yahoo.com)  
                   : [arifanik@hotmail.com](mailto:arifanik@hotmail.com)  
                   : [arifanik@gmail.com](mailto:arifanik@gmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi / Makine Eğt. Böl.	1998
Lise	Yapı Meslek Lisesi	1992

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006–2007	Batıkent Endüstri Meslek Lisesi	Müdür Yardımcısı
2002–2006	Batıkent Endüstri Meslek Lisesi	Soğutma ve İklimlendirme Atelye Şefi
2000–2002	İzmit Atatürk Endüstri Meslek Lisesi	Sihhi Tesisat Öğretmeni
1999–2000	Mer İnşaat Klima ve Havalandırma	Yönetici
1997–1999	MEGAPOL-METRAPOL İnşaat Botaş Genel Müdürlük Binası	Şantiye şefliği
1996–1997	ANK Proje Bürosu	Tesisat proje çizimi
1991–1997	Erol BAYSAL Mühendislik Bürosu	Klima Hesap ve proje çizimi
1990–1991	İman Tesisat	Doğal gaz proje çizimi
1998–1990	Kürkçüoğlu Doğalgaz	Doğal gaz proje çizimi

.....

**Yayınlar**

1. MEGEP, Merkezi İklimlendirme cihaz seçimi modül kitabı yazımı
2. MEGEP, Merkezi İklimlendirme elemanlarının seçimi modül kitabı yazımı

**Hobiler**

Futbol, Bilgisayar Teknolojileri, Teknik doküman arşivi

