



**PANDEMİNİN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**2023  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Mehmet Tolunay GÖKER**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. İlhan CEYLAN**

**PANDEMİNİN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Mehmet Tolunay GÖKER**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. İlhan CEYLAN**

**T.C**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Haziran 2023**

Mehmet Tolunay GÖKER tarafından hazırlanan “PANDEMİNİN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İlhan CEYLAN .....

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 14/06/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. İlhan CEYLAN (KBÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Ali Etem GÜREL (DÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şafak ATAŞ (KBÜ) .....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU .....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Mehmet Tolunay Göker

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **PANDEMİNİN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Mehmet Tolunay GÖKER**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. İlhan CEYLAN**

**Haziran 2023, 81 sayfa**

Bu çalışmada, SARS-CoV-2 virüsünün neden olduğu COVID-19 pandemisinin iklimlendirme sistemleri üzerine olan etkileri ve bu etkilerin neden olduğu sonuçlar incelenmeye çalışılmıştır. 2019 yılında Çin’de ortaya çıkan ve kısa süre içerisinde Dünya’yı etkisi altına alan bu pandeminin en önemli bulaş yollarından birinin hava olması nedeniyle iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin çalıştırılma koşulları ve biçimleri büyük soru işaretlerine sebep olmuştur. İlk olarak pandemi nedeniyle insanların kapalı alanlarda daha fazla zaman geçirdiği ve bu nedenle iklimlendirme sistemleri daha sık kullanıldığı için bu sistemlerin işletilmesi ve bakımı daha önemli hale gelmiştir. Bununla birlikte havalandırma sistemleri enfekte olan kişilerden bulaşan virüsleri dağıtabileceği/taşıyabileceği üzerine yoğunlaşmıştır. Bu nedenle bu yer değiştirmenin engellenmesi için neler yapılabileceği üzerinde çalışmalar ortaya sunulmuştur. Pandemi iklimlendirme sistemlerinin işletilme koşullarının yanı sıra filtreleme sistemlerinin de nasıl daha etkili olabileceği üzerine çalışmalar başlatmıştır. Bu alanda farklı öneriler ortaya atılsa da SARS-CoV-2 virüsü hakkında az bilgiye

sahip olunması nedeniyle bu alandaki çalışmalar ne yazık ki sınırlı kalmıştır. Özellikle ortaya atılan filtreleme sistemlerinin etkinliğinin kanıtlanması üzerine gayret gösterilmiştir. Bu tez çalışması aracılığıyla yapılan çalışmaların gözden geçirilmesi tek bir filtreleme/dezenfeksiyon yönteminin kullanılmasıyla kesin bir sonuç elde edemeyeğimiz ve bu nedenle farklı kombinasyonlarla bu virüslerin yer değiştirmesinin ve yayılmasının en aza indirilebileceği öngörülmüştür ve önerilmiştir.

**Anahtar Kelime :** SARS-CoV-2, pandemi, Covid-19, iklimlendirme, dezenfeksiyon, filtreleme, virüs ve hava.

**Bilim Kodu :** 92808

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **THE EFFECT OF THE PANDEMIC ON AIR CONDITIONING SYSTEMS**

**Mehmet Tolunay GÖKER**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Energy Systems Engineer**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. İlhan CEYLAN**

**June 2023, 81 pages**

In this study, the effects of the COVID-19 pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus on air conditioning systems and the consequences of these effects were tried to be examined. Due to the fact that one of the most important transmission routes of this pandemic, which emerged in China in 2019 and affected the world in a short time, is air, the operating conditions and forms of air conditioning and ventilation systems have caused great question marks. First of all, the operation and maintenance of these systems has become more important as people spend more time indoors due to the pandemic and therefore air conditioning systems are used more frequently. However, it has been focused on that ventilation systems can disperse/carry viruses transmitted from infected people. For this reason, studies have been presented on what can be done to prevent this displacement. In addition to the operating conditions of the pandemic air conditioning systems, studies have started on how filtering systems can be more effective. Although different suggestions have been put forward in this area, unfortunately, studies in this area have been limited due to the lack of knowledge about

the SARS-CoV-2 virus. In particular, efforts have been made to prove the effectiveness of the proposed filtering systems. Reviewing the studies conducted through this thesis, it has been predicted and suggested that we cannot obtain a definitive result with the use of a single filtering/disinfection method, and therefore, the displacement and spread of these viruses can be minimized with different combinations.

**Key Word** : SARS-CoV-2, pandemic, Covid-19, climatization, disinfection, filtration, virüs and air.

**Science Code** : 92808



## TEŐEKKÖR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Prof. Dr. İlhan CEYLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımını esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xv
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 1 .....	3
HAVA .....	3
1.1. TANECİKLER.....	4
BÖLÜM 2 .....	5
HAVALANDIRMA.....	5
2.1. KONFOR ŞARTI NEDİR? .....	6
2.2. HAVALANDIRMANIN AMACI NEDİR? .....	6
2.3. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ NELERDİR?.....	7
2.4. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN TEMEL UNSURLARI .....	7
2.5. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN AMACI .....	8
2.6. HAVALANDIRMA YÖNTEMLERİ.....	8
2.6.1. Doğal Havalandırma .....	8
BÖLÜM 3 .....	10
İKLİMLENDİRME.....	10
3.1. İKLİMLENDİRME NEDİR?.....	10
3.1.1. Kişisel Önlemler .....	11
3.1.2. Kurumsal Önlemler .....	11

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.2. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN AMACI NEDİR? .....	12
3.3. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ NELERDİR?.....	12
3.4. İKLİMLENDİRME VE HAVALANDIRMA ARASINDAKİ FARK NEDİR? .....	12
3.5. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİ OLUŞTURAN EKİPMANLAR NELERDİR?.....	13
BÖLÜM 4 .....	15
KİRLETİCİLER.....	15
4.1. DOĞAL KİRLETİCİLER .....	16
4.2. ANTROPOJENİK KİRLETİCİLER .....	16
BÖLÜM 5 .....	17
FİLTRELEME .....	17
5.1. FİLTRELEME NEDİR?.....	17
5.2. FİLTRE YAKALAMA MEKANİZMASI.....	18
5.2.1. Elek Etkisi.....	18
5.2.2. Atalet Etkisi .....	19
5.2.3. Yakalanma Etkisi .....	20
5.2.4. Difüzyon Etkisi .....	20
5.2.5. Elektrostatik Etki .....	21
BÖLÜM 6 .....	22
VİRÜSLER VE SALGIN HASTALIKLAR .....	22
6.1. VİRÜS NEDİR? .....	22
6.2. ZOONOZ NEDİR?.....	22
6.3. DÜNYA'DAKİ SALGIN HASTALIKLARIN TARİHÇESİ .....	23
6.4. KORONAVİRÜS NEDİR? .....	25
6.5. COVID-19 NEDİR? .....	26
6.5.1. Belirtileri Nelerdir?.....	27
6.5.2. Nasıl Bulaşır?.....	27
6.5.3. COVID-19'dan Korunma Yolları Nelerdir?.....	29

	<b><u>Sayfa</u></b>
BÖLÜM 7 .....	31
DEZENFEKSİYON .....	31
7.1. DEZENFEKSİYON NEDİR? .....	31
7.2. DEZENFEKSİYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER NELERDİR? .....	31
7.2.1. Temas Süresi.....	31
7.2.2. Dezenfektan Konsantrasyonu .....	32
7.2.3. Sıcaklık .....	32
7.2.4. Mikroorganizmaların Türü ve Evresi .....	32
7.3. DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ NELERDİR?.....	32
7.3.1. Kimyasal Dezenfeksiyon .....	33
7.3.2. Isı ile Dezenfeksiyon .....	34
7.3.3. Ozon ile Dezenfeksiyon.....	35
7.3.4. Fotokatalitik Dezenfeksiyon.....	37
7.3.5. Ultraviyole (UV) ile Dezenfeksiyon.....	37
BÖLÜM 8 .....	41
PANDEMİNİN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ .....	41
8.1. KISA MENZİL.....	42
8.2. UZUN MENZİL .....	43
8.3. ISITMA, HAVALANDIRMA VE İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ .....	44
8.3.1. Hava Beslemesi ve Egzoz Havası.....	47
8.3.2. Pencere Kullanımı .....	48
8.3.3. İklimlendirmenin Etkisi .....	49
8.3.4. Isı Geri Kazanım Cihazları .....	50
8.3.5. Merkezi Resirkülasyon Kullanılmaması.....	51
8.3.6. Oda Seviyesi Sirkülasyonu .....	52
8.3.7. Kanal Temizliği .....	52
8.3.8. Hava Filtreleri .....	53
8.3.9. Bakım Personeli için Güvenlik Prosedürü.....	53
8.3.10. Oda Hava Temizleyicileri ve Ultraviyole Antiseptik Işınım (UVGI) ..	54
8.3.11. Tuvalet Kapağı Kullanımı .....	54
8.3.12. Kapatma Sonrası Lejyonella.....	55
8.3.13. İç Hava Kalitesi (IAQ).....	55

	<b><u>Sayfa</u></b>
8.4. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNDE ALINABİLECEK KAPSAMLI ÖNLEMLER .....	55
8.5. UV LAMBALAR.....	64
8.5.1. Kanal İçi UVC Sistemler .....	65
8.5.2. Üst-Oda UVC Sistemler .....	68
8.5.3. Resirkülasyonlu UVC Sistemler.....	68
8.6. KANAL İÇİN UVC SİSTEMLERİNDE DEZENFEKSİYON PERFORMANSI NELERE BAĞLIDIR? .....	69
BÖLÜM 9 .....	71
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	71
KAYNAKLAR .....	75
ÖZGEÇMİŞ .....	81

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1.	Atmosferde bulunan havanın içeriği. ....	3
Şekil 5.1.	Elek etkisi mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi. ....	19
Şekil 5.2.	Atalet etkisi mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi.....	19
Şekil 5.3.	Yakalanma etkisi mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi .....	20
Şekil 5.4.	Difüzyon etkisi mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi.....	21
Şekil 5.5.	Elektrostatik etki mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi.....	21
Şekil 8.1.	Maskenin damlacık boyutu ve yayılımı üzerine etkisi.....	42
Şekil 8.2.	Kapalı alanlarda düşük bütçeli uygulamalar .....	45
Şekil 8.3.	Klima santrali ile mahal havalandırması.....	47
Şekil 8.4.	Kapalı ortamdaki havanın sirkülasyon yoluyla dağılımı.....	58
Şekil 8.5.	Projelerde sıklıkla belirtilen fan yerleşim şekli.....	59
Şekil 8.6.	Sızıntıların önüne geçilebilmesi için fanların yerleşim şekli .....	59
Şekil 8.7.	Kişilerden ve ortamlardan yayılan damlacıkların dağılımı .....	61
Şekil 8.8.	Mikroorganizmaların iklimlendirme ve havalandırma santralleri aracılığıyla çoğalması ve dağılımı.....	62
Şekil 8.9.	Düşük orta dalga boyuna sahip UV lambaların enerji seviyesi ve antimikrobiyal etkinlik grafiği .....	65
Şekil 8.10.	Kanal içi UV sistem örneği.....	66
Şekil 8.11.	UV lambaların serpantin, filtre yüzeylerine ve santral çıkışlarına yerleştirilmesi.....	67
Şekil 8.12.	Mahal içerisinde tavana yakın monte edilen bir UVC cihazı .....	68

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 6.1. Dünya tarihinde meydana gelmiş pandemi vakaları.....	24
Çizelge 7.1. Uygulama alanlarına göre dakika başına uygulanan ozon dozu miktarı.....	36
Çizelge 8.1 Isı geri kazanım cihazlarının karşılaştırılması.....	49

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

O <sub>2</sub>	: oksijen
O <sub>3</sub>	: ozon
TiO <sub>2</sub>	: titanya
CO <sub>2</sub>	: karbondioksit
Pa	: pascal
Ppm	: milyonda bir
µm	: mikrometre
CH <sub>4</sub>	: metan
H <sub>2</sub> S	: hidrojen sülfür
NO <sub>2</sub>	: azot di oksit
CO	: karbon mono oksit
Pb	: kurşun
HC	: hidrokarbon



## GİRİŞ

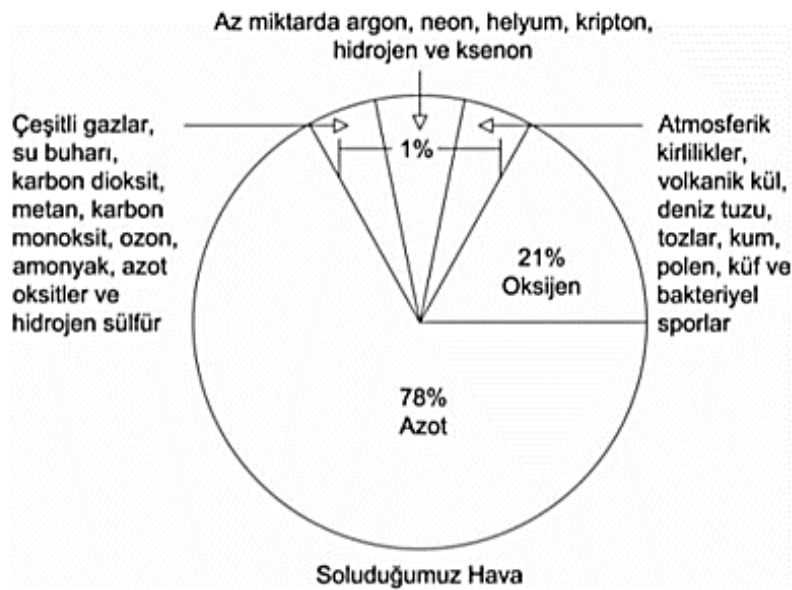
Pandemi, dünya genelinde sağlık sistemleri, işletmeler, ekonomi ve sosyal hayat gibi birçok alanda büyük değişikliklere neden oldu. Bununla birlikte, pandemi aynı zamanda iklimlendirme sistemleri üzerinde de etkili oldu. İklimlendirme sistemleri, hava kalitesini, sıcaklığı ve nem oranını kontrol ederek iç mekânlarda konforlu bir ortam sağlar. Ancak pandemi, bu sistemlerin kullanımını ve işleyişini değiştirdi. COVID-19 pandemisi, dünya genelinde iklimlendirme sistemlerinin kullanımı üzerinde önemli bir etkiye sahip oldu. Bu nedenle, pandemi ile mücadelede iklimlendirme sistemlerinin etkisini incelemek üzere birçok araştırma yapılmıştır. Birçok çalışma, pandemi sırasında kapalı ortamlarda virüsün yayılmasını önlemek için havalandırma sistemlerinin önemini vurgulamıştır. Havalandırma sistemlerinin iyileştirilmesi; pandemi sırasında, havalandırma sistemlerinin virüsün yayılmasını etkileyebileceği keşfedilmiştir. Bu nedenle, birçok araştırmacı, iklimlendirme sistemlerinin iyileştirilmesi için çözümler aramıştır. Bu çözümler arasında, filtrelerin daha sık değiştirilmesi, hava sirkülasyonunun artırılması ve ultraviyole ışık kullanımı yer alır. Virüsün bulaşma riskinin yüksek olduğu kapalı ortamlarda, havalandırma sistemi ile temiz hava akışının artırılması ve kirli hava akışının dışarı atılması önemli bir faktör haline geldi. Bu nedenle, birçok işletme ve kuruluş, havalandırma sistemlerini iyileştirmek ve yenilemek için çaba gösterdi. Pek çok araştırmacı COVID-19 salgını sırasında iklimlendirme sistemlerinin salgınla mücadelede nasıl kullanılabileceğini araştırmaktadır. Yazarlar, filtreleme sistemlerinin COVID-19 gibi virüsleri havadan uzaklaştırmada etkili olabileceğini belirtmektedir. Araştırmalar, yüksek nemin virüsün yayılmasını artırabileceğini göstermiştir. Bu nedenle, iklimlendirme sistemleri ve havalandırma, nem seviyelerinin düzenlenmesine yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, düzenli havalandırmanın da salgın yayılımını azaltmaya yardımcı olabileceğine dikkat çekmektedir. Havalandırma sistemlerinin düzgün çalışması, enfekte olmuş havayı dışarı atarak taze hava sağlayarak virüslerin ve diğer havadaki kirleticilerin yayılmasını engelleyebilir. Pandemi sırasında, kapalı mekânlarda hava sirkülasyonunu artırmak ve havayı sürekli

olarak temizlemek için filtreleme ve ultraviyole ışınları gibi teknolojilerin kullanımı artmıştır. Ayrıca, yüksek binalarda, yüzeylere ve havaya yayılan virüslerin yayılmasını önlemek için kapalı devre klima sistemleri tercih edilmiştir. Bu nedenle, pandemi dönemi iklimlendirme sistemleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuş ve gelecekte daha güvenli ve sağlıklı kapalı ortamlar için yeni teknolojilerin geliştirilmesine yol açmıştır. Pandemilerin iklimlendirme sistemleri üzerine etkisi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğu, pandemilerin havalandırma ve filtreleme sistemleri üzerindeki etkilerini araştırmaya odaklanmaktadır. Bu çalışmalar, pandemi sırasında insanların güvende kalmasına yardımcı olmak için iklimlendirme sistemleri ve havalandırmayı iyileştirmenin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, bu çalışmaların iklim değişikliği ile mücadelede de faydalı olabileceği düşünülmektedir, çünkü iklimlendirme sistemleri ve havalandırma enerjilerinin önemli bir kısmını oluşturur. Pandemi ayrıca, iklimlendirme sistemlerinin filtreleme ve temizleme işlevlerinin de önemini arttırmıştır. İyi bir filtreleme sistemi, havadaki partiküllerin ve virüslerin yayılmasını önleyerek, iç mekânlarda daha temiz bir hava sağlar. Bu nedenle, birçok işletme ve kuruluş, filtre sistemlerini güçlendirmek ve daha sık bir şekilde temizlemek için çalışmalar yapmıştır. Son olarak, pandemi, insanların evde daha fazla zaman geçirmesi nedeniyle, ev iklimlendirme sistemleri üzerinde de etkili oldu. İnsanlar evlerinde daha fazla zaman geçirdikleri için, evlerinde konforlu bir ortam sağlamak için iklimlendirme sistemlerine daha fazla yatırım yaptılar. Bu nedenle, ev iklimlendirme sistemleri için talep arttı ve birçok insan, daha modern ve verimli sistemler arayışına girdi. Sonuç olarak, pandemi, iklimlendirme sistemleri üzerinde büyük bir etki yarattı. Havalandırma, filtreleme ve temizleme sistemlerinin önemi arttı ve insanların ev iklimlendirme sistemlerine olan talebi de arttı. Bu değişiklikler, iklimlendirme teknolojilerinin geliştirilmesine ve daha verimli, temiz ve güvenli sistemlerin kullanılmasına yönelik çalışmaların artmasına neden oldu.

## BÖLÜM 1

### HAVA

Hava, dünya atmosferindeki gaz karışımına verilen genel bir isimdir. Atmosferdeki gazların bileşimi genellikle Şekil 1.1’de de görüldüğü gibi yaklaşık olarak %78 azot, %21 oksijen ve %1 diğer gazlardan oluşur. Hava hayatımız için hayati önem taşıyan birçok işleve sahiptir. Soluduğumuz havanın içindeki oksijen, vücudumuzun hücrelerine oksijen taşınması için gereklidir. Ayrıca, hava rüzgarlar, fırtınalar, yağmur, kar ve diğer doğal olaylar gibi çeşitli hava olaylarını da kontrol eder. Ancak, insan faaliyetleri hava kalitesini etkileyebilir. Hava kirliliği, endüstriyel atıklar, araç emisyonları, yangınlar ve diğer kaynaklar nedeniyle atmosferdeki gazların bileşimindeki değişikliklerden kaynaklanır. Bu nedenle, hava kalitesi ölçümleri ve kontrolü, insan sağlığı ve çevre koruma açısından son derece önemlidir. Sonuç olarak, hava hem yaşamımız hem de dünya ekosistemi için hayati öneme sahip bir unsurdur. Hava kalitesi ve bileşimini korumak, sağlıklı bir yaşam ve sürdürülebilir bir dünya için önemlidir [1].



Şekil 1.1. Atmosferde bulunan havanın içeriği [1].

## 1.1. TANECİKLER

Hava tanecikleri, atmosferde bulunan ve genellikle gözle görülmeyen küçük parçacıklardır. Bu tanecikler, çeşitli kaynaklardan kaynaklanabilir ve boyutları birkaç nanometreden birkaç yüz mikrometreye kadar değişebilir. Hava tanecikleri, havanın kalitesini ve görünürlüğünü etkileyebilir. Örneğin, havadaki yüksek miktarda partikül, sis veya pus gibi havanın görünürlüğünü azaltabilir. Ayrıca bu partiküller insan sağlığı üzerinde de olumsuz etkilere sahip olabilir. Örneğin, ince partiküller solunum yolu hastalıklarına ve kalp-damar hastalıklarına neden olabilir. Hava tanecikleri doğal ya da insan kaynaklı olabilir. Toz, toprak, polen, deniz tuzu, volkanik kül doğal kaynaklar arasında yer alırken; egzoz dumanları, sanayi atıkları, yanma işlemleri, sigara dumanı gibi faktörler ise insan kaynaklıdır [1].

## BÖLÜM 2

### HAVALANDIRMA

Hava, dünya atmosferindeki gaz karışımına verilen genel bir isimdir. Atmosferdeki gazların bileşimi genellikle yaklaşık olarak %78 azot, %21 oksijen ve %1 diğer gazlardan oluşur. Hava hayatımız için hayati önem taşıyan birçok işleve sahiptir. Soluduğumuz havanın içindeki oksijen, vücudumuzun hücrelerine oksijen taşınması için gereklidir. Ayrıca, hava rüzgarlar, fırtınalar, yağmur, kar ve diğer doğal olaylar gibi çeşitli hava olaylarını da kontrol eder. Ancak, insan faaliyetleri hava kalitesini etkileyebilir. Hava kirliliği, endüstriyel atıklar, araç emisyonları, yangınlar ve diğer kaynaklar nedeniyle atmosferdeki gazların bileşimindeki değişikliklerden kaynaklanır. Bu nedenle, hava kalitesi ölçümleri ve kontrolü, insan sağlığı ve çevre koruma açısından son derece önemlidir. Sonuç olarak, hava hem yaşamımız hem de dünya ekosistemi için hayati öneme sahip bir unsurdur. Hava kalitesi ve bileşimini korumak, sağlıklı bir yaşam ve sürdürülebilir bir dünya için önemlidir [1].

Kimyasal olarak içeriği yukarıda belirtilen gazlardan oluşuyor gibi görünse de Dünya'daki canlı popülasyonunun artması ile birlikte artan ihtiyaçlar, gelişen sanayi ve teknoloji ile birlikte doğal olmayan antropojenik kirlenmeleri de bu vesileyle ihtiva etmektedir. Kapalı ya da açık ortam farketmeksizin canlıların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde idame ettirebilmeleri için ortam havasının zararlı gazlar, uçucu maddeler, kirli hava faktörleri ve biyolojik kirlenmelerden arındırılması ve canlıların temel yaşam ihtiyacı olan temiz hava ile beslenmesi gerekir. Havalandırılmayan ve temiz hava ile beslenmeyen ortamlarda ortam sıcaklığının artması, oksijen oranının azalması nefes alma zorluğu, kan basıncının yükselmesi, baş ağrısı ve yorgunluk gibi rahatsızlıklar görülür. Bu nedenle canlıların yaşadığı bu ortamların doğal ya da yapay yolla ortamdaki kirli havanın dışarıdaki temiz hava ile yer değiştirmesine havalandırma denir. Yapay(mekanik) yollarla havalandırma kapalı alanlardaki kirli havaya emen

fanlar yardımıyla emilir ve gelişmiş sistemlerde bu havanın ortam ihtiyacına göre filtrelenerek iç ortama verilmesi sağlanır [1].

## **2.1. KONFOR ŞARTI NEDİR?**

“Konfor şartı” terimi, bir kişinin sağlıklı, güvenli ve rahat bir yaşam sürebilmesi için gerekli olan fiziksel ortam koşullarını ifade eder. Bu koşullar genellikle sıcaklık, nem, hava kalitesi, gürültü düzeyi, ışıklandırma ve diğer faktörlerle ilgilidir. Binalarda konfor şartları insanların rahatça yaşamaları ve çalışmalarını için önemlidir. HVAC(Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sistemleri konfor şartlarını sağlamak için tasarlanmıştır. Yeterli havalandırma olmaması, yeterli ışıklandırma olmaması veya diğer faktörler insan sağlığını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle konfor şartları insan yaşam kalitesi için hayati önem taşır [1].

Bu faktörler;

- Yaş ve kuru termometre sıcaklıkları,
- Bağıl nem,
- Mahaldeki ısı kazanç ve kayıpları,
- Mahaldeki hava kalitesi,
- Ses seviyesi,
- Mahal hava hızı
- Aydınlatma

## **2.2. HAVALANDIRMANIN AMACI NEDİR?**

Havalandırmanın amacı, iç mekânlardaki havayı sürekli olarak tazelemek ve kirli havayı dışarı atmak suretiyle, sağlıklı ve konforlu bir yaşam alanı sağlamaktır. Havalandırma sistemleri, iç mekânlardaki havanın sirkülasyonunu sağlamak, sıcaklık seviyesini düzenlemek, zararlı gaz ve partikülleri filtrelemek ve oksijen seviyelerini artırmak için kullanılır. Bu sayede havalandırma, iç mekân hava kalitesini iyileştirir ve sağlığımızı korumaya yardımcı olur. Havalandırma ayrıca nemin yoğun olduğu

yerlerde küf ve mantar oluşumunu engeller, kötü kokuların yayılmasını önler ve iç mekanlardaki karbondioksit seviyelerini azaltarak daha rahat bir yaşam alanı sunar [1].

### **2.3. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ NELERDİR?**

Havalandırma sistemleri sayesinde kötü hava tahliye edilirken temiz havanın ortama girmesini sağlamaktır. Kirli havanın ortamdan tahliye edilip temiz hava ile yer değiştirilmesi için özel bir sistem kullanılmaktadır. Bu işlemler fanlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Dışarıdan alınan temiz hava akımı ön filtreden geçirilerek eğer ısıtma isteniyorsa ısıtma serpantini üzerinden ısıtılarak eğer ısıtma istenmiyorsa bir sonraki özel filtreler yönlendirilerek mekana ulaşması sağlanır. Havalandırma sistemleri yangın veya diğer acil durumlarda dumanın tahliyesi için tasarlanabilir. Bu genellikle havalandırma kanallarına yerleştirilen klapeler yardımıyla yapılır [1].

### **2.4. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN TEMEL UNSURLARI**

Canlı varlıklar içinde buldukları ortamın havasına ısı, karbondioksit, su buharı, ter kokusu gibi hoş olmayan kokular bırakır. Toplu haldeki insan popülasyonunun bulunduğu ortamdaki havanın ihtiva ettiği gaz ve duman halindeki kirliliklerin artışını önlemek için ortamı havalandırmak başka bir deyişle ortam havasının gerekli miktarda taze hava ile yer değiştirilmesi gerekir. Belirtilen parametreler aynı zamanda havalandırmanın temel unsurlarını teşkil etmektedir. Bu unsurları kesin bir ifadeyle belirtecek olursak;

- Sıcaklık
- Hava hızı
- Hava temizliğidir.

Canlıların buldukları ortamlarda yaşamsal faaliyetlerinden dolayı havalandırma sistemleri ortamların ve insanların olmazsa olmazı konumuna gelmiştir. Aynı zamanda işletmelerde insan popülasyonunun yoğun olduğu yerlerde üretim esnasında ortaya çıkan küçük partiküllü zararlı taneciklerin, makine ve teçhizattan yayılan ısı ve

kokuların giderilmesi için havalandırmaya ihtiyaç duymaktayız. Sadece insanlar için değil gıdalar için de taze havaya ihtiyaç duyulmaktadır. Gıdaların bozulmalarını önlemek ve ortama yaydıkları kokuyu bertaraf edebilmek için havalandırma sistemleri kullanılmaktadır [1].

## **2.5. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN AMACI**

Havalandırma, kapalı alanlardaki hava hacminin değiştirilmesi işlemine verilen addır.

Amacı;

- Ortamda havanın içerdiği oksijen miktarının azalmasını önlemek,
- Ortamdaki havanın kirleticilerin(ter kokusu, sigara kokusu, karbondioksit gazı vs.) aşırı artışını önlemek,
- İnsanlar haricinde makine ve aydınlatmalardan kaynaklanan ısı artışını engellemek,
- İnsanlardan, makinelerden, pişirme işlemlerinden, buharlaşmadan kaynaklı nemi dışarı atmak,
- Tozu dışarı atmak,
- Ortamda ısı ve nem artışından bakteri ve zararlı organizma oluşumunu en aza indirmektir [1].

## **2.6. HAVALANDIRMA YÖNTEMLERİ**

Hava hareketini sağlayan kuvvetlere göre üçe ayrılır. Mekanik Havalandırmanın bir vantilatör yardımıyla gerçekleştirildiği havalandırma yöntemidir [2].

### **2.6.1. Doğal Havalandırma**

Havanın hareketi ve yenilenmesinin sıcaklık farkına ve rüzgar etkisine dayalı olduğu havalandırma yöntemidir [2].

### **2.6.2. Doğal-Mekanik Havalandırma**



Mekanik girişli doğal çıkışlı (vantilatörlü) ve doğal girişli mekanik çıkışlı(aspiratörlü) olmak üzere iki yöntemle yapılır [2].

## BÖLÜM 3

### İKLİMLENDİRME

1836 yılında, ilk iklimlendirme tesisatı İngiltere Millet Meclisi binasında yapılmıştır. Bu tesisatta ısıtma, vantilatörlerin önüne yerleştirilmiş bulunan ısıtma serpantinleri sayesinde gerçekleştirilmekteydi. Mahalin ihtiyaç duyduğu taze hava duş altından geçirilerek yıkanmakta ve gerektiğinde buz kullanılarak soğutulmakta idi. 1895 yılında Amerikan Isıtma ve Havalandırma Mühendisleri Birliği (A.S.H.V.E.) kuruldu ve konfor ile ilgili bilim kolları kuruldu. 1904 yılında Amerikan Soğutma Mühendisleri Birliği (A.S.R.E) kuruldu. 1911 yılında Amerikan Makine Mühendisleri Birliği (A.S.M.E) iklimlendirme tesisatının makine mühendisliğinin bir kolu olduğunu kabul ederek bu konu üzerinde çalışmalara başlamıştır. Daha sonra bu kurulan cemiyetler çalışmalarını Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği (A.S.H.R.A.E.) yani American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers tarafından geliştirilerek yapılan araştırma neticeleri standart el kitapları olarak lanse edilmiş ve böylece rasyonel usul ve esaslar belirlenmiştir [3].

#### 3.1. İKLİMLENDİRME NEDİR?

Havanın termodinamik özelliklerinin ve temizliğinin ortamda bulunan insanlar için konfor şartlarına getirilerek havanın şartlandırılması(koşullandırılması) olarak tanımlanabilir. İçinde yaşadığımız tüm binalarımızdan bazı beklentilerimiz vardır;

- Güvenlik
- Konfor
- İşimizi kolaylaştırma

Güvenliğimizi yanın algılama, koruma sistemleri, asansör gibi aktarma sistemleri, iklimlendirme ve havalandırma gibi konfor beklentilerimizi sağlayan teknolojik sistemleri neredeyse her binamızda görmek mümkün.

Kalabalık yerlerde bulunurken risklerin gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesi gerekir. Salgın olduğu dönemlerde kalabalık yerlerde bulunmamız gerektiğinde basit ve gelişmiş önlemlere değinmek faydalı olacaktır. Zira bilinen bir gerçek var o da şudur ki; virüslerin hava ve doğrudan temas yoluyla bulaştıkları bilimsel ve klinik deneylerle ispatlanmıştır. Ancak iklimlendirme ve havalandırma sistemleriyle bulaşma olduğuna dair kesin bir tespit ya da gözlem olmamıştır. Tabi bu durum olmadığı veya olmayacağı anlamına da gelmiyor. Bu yüzden bir takım kişisel ve kurumsal önlemlere başvurulmalıdır.

### **3.1.1. Kişisel Önlemler**

- Hasta olduğunuzda evde kalmak
- Su ve sabun olmadığında alkol bazlı temizleyici kullanmak,
- Hapşırırken veya öksürürken dirseğin iç kısmı ile ağız bölgesini kapamak
- Elleri yıkmadan göz, burun veya ağız bölgeleri ile temastan kaçınmak,
- Ortak kullanım alanlarında temastan kaçınmak,

### **3.1.2. Kurumsal Önlemler**

- Tüm alan ve yüzeylerin detay temizliği ve dezenfeksiyonu,
- Dezenfekte kabinleri ile dezenfekte işlemleri,
- Infrared ölçüm cihazları ile vücut sıcaklığı ölçümü,
- Termal kameralar, sosyal mesafe koruma ve yoğunluk tespit sistemi,
- İklimlendirme ve havalandırma cihazlarında sık periyotlu filtre temizliği,
- İklimlendirme ve havalandırma sistemlerinde otomasyon sistemlerinin bakımı,
- Lokal ve genel UV(Ultraviole) lambalar ile havanın, kanalların, menfezlerin ve ortamların dezenfeksiyonu kişi ve kurumlara düşen başlıca önlemler olarak sıralanabilir.

Ülkemizde iklimlendirme kavramı klima ile birlikte kullanılıyor olmasına karşın klima; ısı taşıyan akışkan olarak havanın kullanıldığı sistemlerde mahalın konfor şartının sağlanabilmesi için ısıtma, soğutma, nemlendirme, filtreleme gibi kısımlardan

oluşan cihaza denilmektedir. Kısaca klima; iklimlendirme işlemini sağlayan cihazlardan birinin adıdır.

### **3.2. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN AMACI NEDİR?**

İklimlendirme sistemleri lokal ya da merkezi olarak mahal ısısının istenen sıcaklık veya soğukluğa getirilmesi için dışarıdan alınan havayı belirli prosedürlere göre şartlandırarak mahale ulaştıran sistem bütünüdür. Havanın temizlenmesi, mahalın taze hava ihtiyacının karşılanması, konfor şartının sürdürülebilir şekilde sağlanması iklimlendirme sistemlerinin başlıca amaçlarıdır.

### **3.3. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ NELERDİR?**

İklimlendirme sistemleri tasarımlarına göre çalışma şekilleri farklılık gösterse de temelde sisteme giren taze hava şartlandırılmak istenen mahalın gerekliliklerine göre ısıtma ve soğutma serpantinleri üzerinden geçirilerek ve filtrelenerek mahal istenilen şartlara getirilir. Sistem tasarımına göre gerekli görüldüğü takdirde ortamdan egzoz kanalları vasıtasıyla alınan hava belli oranlarda karışım odalarında taze hava ile karıştırılarak şartlandırılır ve ortama gönderilir. Bunun yapılmasındaki en temel gerekçelerden biri enerji tasarrufu sağlamaktır.

### **3.4. İKLİMLENDİRME VE HAVALANDIRMA ARASINDAKİ FARK NEDİR?**

Tam teşekküllü iklimlendirme sistemleri havalandırma sistemlerinden ayıran birtakım özellikler vardır. Şöyle ki; iklimlendirme sisteminin 4 (dört) unsuru vardır. Bunlar:

- Sıcaklık
- Nem
- Hava hızı
- Hava temizliğidir.

Havalandırma sistemlerinin ise 3 (üç) unsuru vardır. Bunlar:

- Sıcaklık
- Hava hızı
- Hava temizliği

İklimlendirme ve havalandırma sistemleri birbirlerine çok karıştırılsa da aslında birbirinden farklı iki terimdir. Ancak müşterek tarafları vardır.

### **3.5. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİ OLUŞTURAN EKİPMANLAR NELERDİR?**

İklimlendirme sistemleri, bir bina veya alandaki sıcaklık, nem ve hava kalitesini kontrol etmek için kullanılan bir dizi ekipmandan oluşur. Bu ekipmanlar şunları içerebilir:

**Isıtıcılar:** Elektrikli, gazlı veya diğer yakıtlarla çalışan ısıtıcılar, havayı ısıtarak veya suyu ısıtarak bir binadaki ısıtma ihtiyacını karşılamak için kullanılır.

**Soğutucular:** Kompresörler, fanlar ve diğer parçalardan oluşan soğutucular, havayı soğutarak bir binadaki soğutma ihtiyacını karşılamak için kullanılır. Klima sistemleri genellikle soğutma işlemini gerçekleştiren bir tür soğutucu içerir.

**Fanlar:** Bir binanın havalandırma sistemlerinde kullanılan fanlar, havanın dolaşımını sağlar ve içerideki havayı dışarıdaki havayla değiştirerek havanın taze kalmasını sağlar.

**Nemlendiriciler:** Nemlendiriciler, havadaki nem seviyelerini artırmak için kullanılır ve özellikle kuru iklimlerde veya kış aylarında faydalıdır.

**Filtreler:** Filtreler, hava akışını temizlemek ve havadaki kirleticileri gidermek için kullanılır. Havalandırma sistemlerinde, filtreler havalandırma kirliliği azaltmak için kullanılır.

**Termostatlar:** Termostatlar, sıcaklık ayarlamak ve iklimlendirme sistemleri gibi ekipmanların işleyişini kontrol etmek için kullanılır.

**Kanallar (Ducts):** Havalandırma kanalları, iklimlendirme sistemlerinde havanın dağıtımını sağlar ve hava akışını yönlendirir.

Bu, iklimlendirme sistemlerinde kullanılan temel ekipmanların bir listesidir. Ancak, her sistem biraz farklıdır ve özellikle büyük işletmelerde çok sayıda ekipmanın kullanılması gerekebilir.

## BÖLÜM 4

### KİRLETİCİLER

Bu gezegende diğer canlılar ile yaşıyoruz ve pek çok noktasını bu canlılarla ortak olarak kullanıyoruz. Havayı kirleten organizmalar genellikle insanlar veya hayvanlar tarafından solunabilen veya havaya salınabilen zararlı gazlar, partiküller ve diğer maddelerdir. Bunlar, atmosferdeki hava kalitesini düşürerek insan sağlığına, bitki örtüsüne ve diğer canlılara zarar verebilir [4].

- Kirli havayı soluyan insanlarda solunum problemleri ve astım gibi solunum yolu hastalıklarına neden olan Partiküler Madde (PM)
- Otomobil egzozları, endüstriyel tesisler ve evlerde kullanılan yakıtların yanması sonucu açığa çıkan karbon monoksit, nitrojen oksitler ve sülfür dioksitler gibi zararlı gazlar
- Biyolojik kirleticiler, özellikle küf, bakteri ve virüsler, hava kalitesini bozabilir ve solunum yolu enfeksiyonlarına neden olabilir.
- Polenler ve diğer alerjenler havada yayılabildiğinden, alerjik reaksiyonlar ve astım krizleri gibi sağlık sorunlarına neden olabilirler.
- Endüstriyel tesislerin emisyonlarından kaynaklanan kimyasalların havada kirliliğe neden olduğu, özellikle ağır metallerin havayı kirlettiği bilinmektedir.
- Tarım alanlarındaki kimyasal ilaçların buharlaşması ve tarımsal faaliyetler sırasında toprağın sertleşmesi nedeniyle ortaya çıkan tozlar da havayı kirletir.

Hava kirletici gazların etkileri; küresel boyutta, bölgesel ölçekte ve lokal ölçekte olmak üzere genel olarak 3 ayrı kategoride incelenir [4].

Hava kirleticileri kaynaktan çıkış niteliklerine, kaynaklara ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırma mümkündür. Örneğin, Dünya'yı tamamen etkisi altına alan ozon tabakasının incelmelerinden kaynaklı radyoaktif Güneş ışınlarının emiliminin artması,

aşırı ısınmadan kaynaklı sera etkisi gibi olaylar küresel boyutta incelenmektedir. Dünya çapında belirli bölgelerde etkili olan asit yağmurları gibi olaylar ise bölgesel ölçekteki etkilerindedir [4].

#### **4.1. DOĞAL KİRLLETİCİLER**

Doğadaki çürüme olayları sonucu oluşan metan (CH<sub>4</sub>) ve kükürtlü bileşikler, H<sub>2</sub>S, yanardağ faaliyetleri, toz taşınimleri veya orman yangınları sonucu türeyen hidrokarbon ve diğer mineral partikül maddeler ve gazlar

#### **4.2. ANTROPOJENİK KİRLLETİCİLER**

Fosil yakıt kullanımından oluşan (linyit, kok, fuel yağlar) kükürtdioksit, duman ve partikül maddeler, patırlı motorlardan çıkan NO<sub>2</sub>, CO, Pb bileşikleri, hidrokarbonlar (HC), ozon, termik santraller, endüstriyel prosesler, katı atık yakma tesisleri, vb. [4].



## BÖLÜM 5

### FİLTRELEME

Mahalde bulunan hava dışarıdaki havaya göre 70 kat daha kirlidir. İnsanlar vaktinin büyük bir kısmını, %60-90'ını kapalı bir mekanda geçirmektedir. Ortaya çıkan hastalıkların %50'sini kapalı ortamdaki kirli hava ya sebep olmakta ya da mevcut hastalığı daha ileri seviyeye taşımaktadır [5]. İnsan günde yaklaşık 22.000 kez nefes alıp vermektedir. Her nefes alıp verişinde 40 000-70 000 adet partikül vücuda girer. Havada asılı duran toz parçacıkları virüsler için mükemmel taşıyıcı görevi görür ve solunan hava ile birlikte bu toz parçacıklarına tutunan virüsler vücudumuza girer. Bu nedenle mahalde sağlanacak olan ortam kriterlerine göre taneciklerin, filtrelene yöntemlerinden bir veya birkaçı ile arındırılmış olması ve akabinde mahale gönderilmiş olması gerekir. Bu şekilde mahalde bulunan insanların toz partikülleri ile taşınan virüslerden dolayı enfekte olmasının önüne geçilmesi amaçlanır. Doğru seçilen ve düzenli bakımı yapılan filtrelerin iç hava kalitesini düşüren kirleticilere karşı sınıfında en yüksek verimlilikle kirleticilerin mahalde önemli ortamda azalması sağlanmaktadır. Bakımı yapılmayan, ömrünü tamamladığı halde değiştirilmeyen filtreler üzerinde üreyen mikroorganizmalar ve onların yan ürünleri de hava ile birlikte mahal ortamına taşınabilir. Yetersiz ve kötü hava filtrasyonu, sistemlerin içindeki serpantinlerin yüzeyinde toz birikmesine sebep olur. Biriken tozlar ile birlikte dışarıdan alınan hava ile birlikte gelen virüsler bu toz parçacıklarına tutunarak mahal ortamına taşınabilir. Aynı zamanda bu tozlar serpantinler üzerinde direnç artışı ve verim düşüşü meydana getirerek hem hava akımını hem de ısıtma ve soğutma performansını düşürebilir [6].

#### 5.1. FİLTRELEME NEDİR?

Mahal havasında bulunan partiküller; doğal ya da zorlanmış olarak içeriye gönderilen taze hava ve iç mekanda bulunan sigara, ocak, fırın, ofis ekipmanları, kimyasal

reaksiyonlar, insan solunumu, evcil hayvanlar, mantalar, toz akarlarıdır. Filtreleme; ortam havasının temizlenmesinde kullanılan pratik, ekonomik ve etkili yöntemlerdendir. Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde filtreleme hayati bir öneme sahiptir [7]. Bu sistemlerde bulunan filtreler mahal içerisinde tozları, katı veya sıvı kirleticilerin gaz ortamı içerisinde dağılması olarak bilinen aerosolleri ve bakterileri kayda değer bir şekilde ortadan kaldırmaktadır. Virüslerin taşıyıcılarından biri olan toz partikülleri havada bulunan gazların birleşmesi ile de oluşabilmektedir. Havanın ihtiva ettiği uçucu organik bileşikler partiküller üzerine absorbe olarak solunum sistemine partiküller ile birlikte girebilmektedir [8]. Dolayısıyla, partiküller farklı etkileşimler oluşturarak kendi başlarına neden oldukları sağlık problemleri dışında da sağlık problemlerine neden olabilmektedir [9]. İklimlendirme sistemlerinde bulunan filtrelerin ortamdaki ozonu azalttığı örnek birkaç çalışmada rapor edilmiştir. İç havanın kalitesi bakımından ozon gazının arındırılması oldukça önemlidir. Fakat bu filtreler üzerinde biriken partiküller ile serpantin ve filtre yüzeyinde biriken toz partikülleri kimyasal reaksiyona girdiğinde istenmeyen formaldehit, formik asit, radikaller gibi sağlığı olumsuz yönde etkileyen zararlı bileşikler ortaya çıkmaktadır. Bunun önlenmesi için de filtreler başta olmak üzere havalandırma ve iklimlendirme santrallerindeki tüm ekipmanlarının bakım periyotlarının düzenli olarak aksatılmadan prosedürlere uygun olarak gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

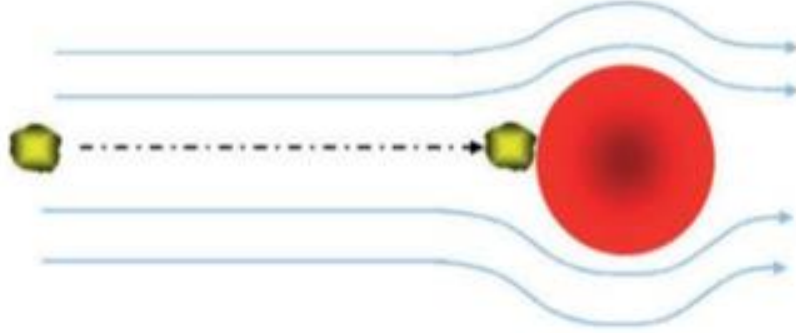
## **5.2. FİLTRE YAKALAMA MEKANİZMASI**

Filtrelerin tozları yakalamasını sağlayan farklı etkiler vardır. Bunlar;

- Elek etkisi
- Atalet etkisi
- Yakalanma etkisi
- Difüzyon etkisi
- Elektrostatik etkisi

### **5.2.1. Elek Etkisi**

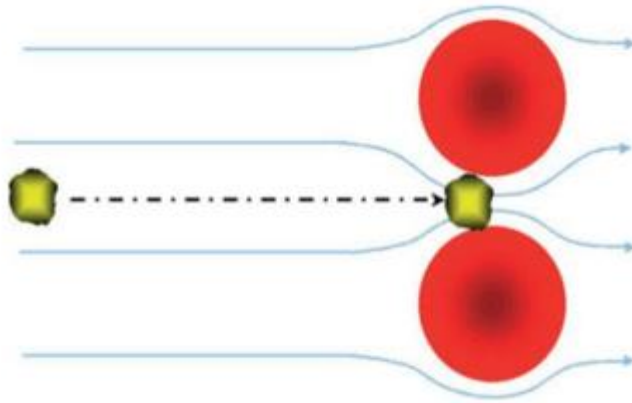
En basit mekanizma olarak tanımlanabilen elek tipi filtreleme etkisinde Şekil 5.1’de görüldüğü gibi filtre elemanı olarak kullanılan elyaf iplikçilerinin arasından çapı daha büyük olan taneciklerin tutulması olayıdır [10-13].



Şekil 5.1. Elek etkisi mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi.

### 5.2.2. Atalet Etkisi

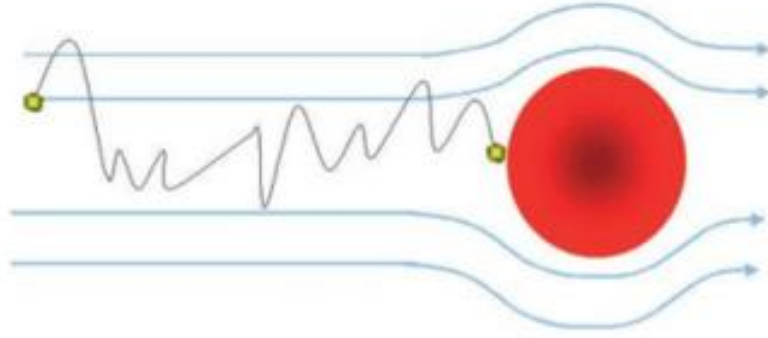
Hava akımı iplikçiklerinin önüne bir filtre elyafı çıktığı zaman etrafında Şekil 5.2’de de görüldüğü gibi paralelliklerini bozmadan dönerek yollarına devam ederler. Akış içerisindeki sürüklenen tanecikleri ataletleri dolayısıyla filtre elyafı etrafında dönmeyerek elyafa çarpar ve yüzeyine yapışırlar. Bu etki hava hızının artması, tanecik çapının büyümesi ve elyaf çapının küçülmesi ile artar [10-13].



Şekil 5.2. Atalet etkisi mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi.

### 5.2.3. Yakalanma Etkisi

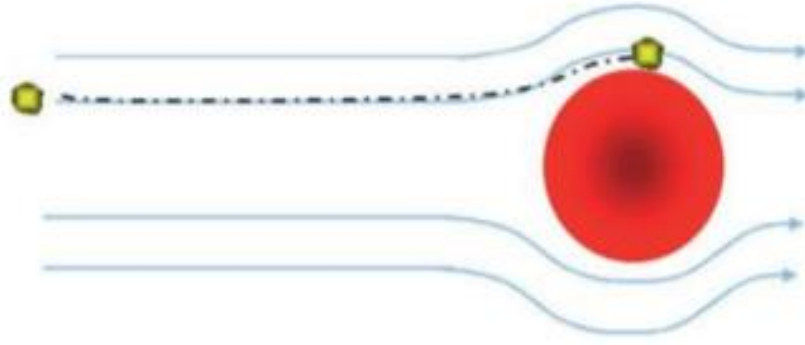
Tanecik çapı çok küçük ise tanecik hava akımı ile beraber filtre elyafının iplikçığı etrafında Şekil 5.3’de görüldüğü gibi bir yörüngeyi takip edebilir. Ancak bu hareket esnasında elyafa tanecik yarıçapından daha yakın bir yerden geçiyorsa elyaf bu taneciği yakalar ve tanecik elyaf yüzeyine yapışır. Tanecik çapı arttığında elyaf çapı ve elyaf iplikçileri arasındaki mesafe azaldıkça bu etki artar. Filtre elyafının çapı ne kadar küçük olursa küçük çaplı tanecikleri yakalama etkisi de o derece kuvvetli olur [10-13].



Şekil 5.3. Yakalanma etkisi mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi

### 5.2.4. Difüzyon Etkisi

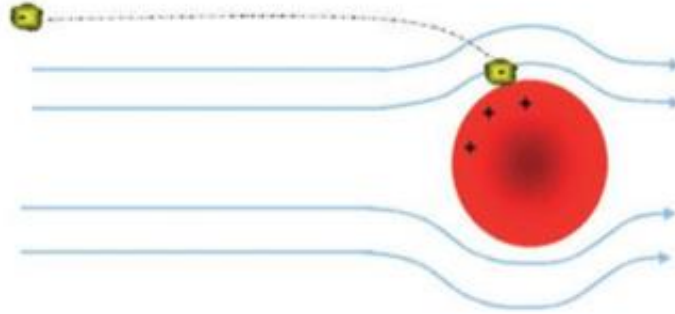
1  $\mu\text{m}$ 'den daha küçük tanecikler gaz molekülleri ile çarpıştıklarında düzensiz hareket etme eğiliminde olabilmektedir. Brownian hareketi denen bu eğilimleri sonucu filtre elyafı ile çarpışan tanecikler Şekil 5.4’te görüldüğü gibi elyaf yüzeyine yapışabilmektedir. Bu etki hava akım hızı, tanecik çapı ve elyaf çapı küçüldükçe artmaktadır [10-13].



Şekil 5.4. Difüzyon etkisi mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi

### 5.2.5. Elektrostatik Etki

Geniş çaplı fiber ortam kullanan filtre, ince partikül giderme verimlerini artırmak için elektrostatik yüklere güvenir. Düşük maliyet ve hava akımı direnci nedeniyle normalde Şekil 5.5’de olduğu gibi geniş çaplı fiber ortam seçilir. Bununla birlikte, bu filtreler genellikle zamanla elektrostatik yüklerini kaybederler çünkü yüzeylerinde yakalanan parçacıklar yüklü yerleri işgal eder ve böylece elektrostatik yüklerini nötralize eder [10-13].



Şekil 5.5. Elektrostatik etki mekanizmasının çalışma prensibinin gösterimi

## BÖLÜM 6

### VİRÜSLER VE SALGIN HASTALIKLAR

#### 6.1. VİRÜS NEDİR?

Bir virüs, genellikle biyolojik organizmaları enfekte eden bir mikroorganizmadır. Virüsler, genellikle protein kabuğu ile kaplı, genetik materyalden oluşan küçük bulaşıcı ajanlardır. Genetik materyalleri, DNA veya RNA olarak bilinen nükleik asitlerdir. Virüsler, hücrelerin içine girerek, hücrelerin çoğalmasını ve işlevlerini bozarak enfeksiyonlara neden olabilirler. Kendi başlarına herhangi bir yaşamsal faaliyette bulunamazlar. Yaşamsal faaliyetlerini yerine getirebilmeleri için daima bir konak hücreye; -bitki, hayvan, bakteri, mantar ve insan- ihtiyaç duymaktadır. Diğer canlıların bazı özelliklerine sahip oldukları için bu yapılara “yaşamın kenarındaki organizmalar” da denilmektedir. Virüslerin çevre dengesi içerisindeki en önemli görevi konakçı türlerin popülasyonlarını düzenlemek ve ekosistem içindeki dengeleri sağlamaktır [14].

Taşıdıkları genetik materyale göre çift veya tek iplikli nükleik asitlerden yani DNA ve RNA'dan oluşan virüsler olarak ayırt edilebilir. SARS-CoV-2 insanlara bulaştığı düşünülen en az 158 RNA virüsünden biridir. Buna örnek olabilecek diğer tehlikeli RNA virüslerine; HIV, SARS, Hendra, MERS örnek olarak verilebilir. RNA virüsleri esas olarak memelilerde bazen de kuşlarda görülmektedir. Hızla mutasyona uğrayabilirler. Hızlı mutasyon özellikleri sayesinde konaklara çok kolay uyum sağlayabilir ve ilaçlara karşı direnç geliştirebilirler [15].

#### 6.2. ZOONOZ NEDİR?

Hayvanlardan insanlara geçebilen hastalık türüne zoonoz denir. Virüs, bakteri, mantar ve diğer organizmaların neden olabileceği enfeksiyon hastalıklarının tamamı zoonotik

hastalıklar olarak adlandırılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü kayıtlarına göre 200'ün üzerinde zoonoz mevcuttur. Salgın hastalıklar listesinde bulunan SARS, MERS, sarı humma, HIV, Ebola, kuduz, koronavirüsler gibi en yaygın olarak günümüzde maruz kaldığımız grip de bir zoonotik hastalıktır. Yılda 400 binden fazla kişinin ölümüyle sonuçlanan ve sivrisinekler tarafından taşınan sıtma da bu gruba mensuptur [16]. Farelerin üzerinde bulunan ve insana geçebilen Yersinia pestis bakterisinin sebep olduğu ve zamanında Avrupa nüfusunun üçte birinin ölümüne sebep olan hıyarcıklı veba da zootonik bir hastalıktı [17].

### **6.3. DÜNYA'DAKİ SALGIN HASTALIKLARIN TARİHÇESİ**

Gezegimizin her alanını diğer canlılarla, mikroskobik ölçekte olan bakteriler, mikroplar ve virüsler ile paylaşıyoruz. Aralarında yediklerimizin oluşmasını sağlayanlar, bize faydalı olanlar ve bize zararlı olanlar da var hatta öldürücü olabilecek olanlar da. Stafilokok bakterisi taşıyor olma ihtimalimiz %25 iken bu bakterinin bize zarar verme ihtimali çok düşüktür. Lakin bu bakteriyi bir başkasından vücudumuza alırsak hayatımızı kaybetme tehlikesiyle karşı karşıya kalabiliriz. Bağışıklık sistemimiz günümüz tıbbi ve teknolojisi bizi korumaya yeterli ancak bu mikroskobik canlılar bizden çok daha uzun zamandır bu evrende varlıklarını sürdürüyorlar. Bizlerden daha dayanıklı, daha kararlı ve daha istikrarlı oldukları gerçeği de bizlere aslında bu gezegenin sahipleri konusunda şüpheye düşürmeye yetiyor. Geçmişten günümüze salgın hastalıkların tarihçesine bakıldığında listenin bir hayli uzun, kimi salgının halen günümüzde varlığını sürdürdüğü ve milyarlarca insanın bu salgınlarda vefat ettiğini görüyoruz. Dünya tarihinde meydana gelmiş pandemi vakaları Çizelge 6.1'de gösterilmiştir [18].

Çizelge 6.1 Dünya tarihinde meydana gelmiş pandemi vakaları [18].

Salgın Adını	Salgın Tarihi	Tip	Tahmini Ölüm Sayısı
Antonine Salgını	165-180	Çiçek veya Kızamık	5 Milyon
Justinian Vebası	541-542	Yersinia Pestis Bakterisi	30-50 Milyon
Japonya Çiçek Salgını	735-737	Variola Major Virüsü	1 Milyon
Kara Veba	1347-1351	Yersinia Pestis Bakterisi	200 Milyon
Yeni Dünya Çiçek Salgını	1520 ve Sonrası	Variola Major Virüsü	[1] Milyon
İtalya Vebası	1629-1631	Yersinia Pestis Bakterisi	1 Milyon
Londra Büyük Vebası	1665	Yersinia Pestis Bakterisi	100 Bin
Kolera Pandemileri(1-6)	1817-1923	V. Kolera Bakterisi	>1 Milyon
3. Veba Salgını	1885	Yersinia Pestis Bakterisi	12 Milyon
Sarı Humma	1800'lerin sonu	Virüs	100-150 Bin
Rus Gribi	1889-1890	H2N2	1 Milyon
İspanyol Gribi	1918-1919	H1N1	40-50 Milyon
Asya Gribi	1957-1958	H2N2	1,1 Milyon
Hong Kong Gribi	1968-1970	H3N2	1 Milyon
HIV/AIDS	1981- Günümüz	Virüs	25-35 Milyon
SARS	2002-2003	Koronavirüs	770
Domuz Gribi	2009-2010	H1N1	200 Bin
Ebola	2014-2016	Ebolavirüs	11 Bin
MERS	2015- Günümüz	Koronavirüs	850
COVID-19	2020- Günümüz	Koronavirüs	~7 Milyon

Yeni yapılan bilimsel araştırmalar gösteriyor ki dünyamızın ve insanlığın salgınlarla olan mücadelesine ait döngüsel süreç devam edecek gibi.



Gelişen bilim ve teknoloji ile birlikte pek çok hastalık türüyle mücadele edilebilir hale gelmiş olsa da artan enerji ihtiyacı, karbondioksit salınımı nedeniyle gezegenimizde sera etkisine neden olmaktadır. Bu sera etkisi nedeniyle günden güne ısısı artan gezegende buzulların erimesiyle yüzyıllardır bu dev kütleler altında kalan pek çok etkisiz bakteri ve virüsler bu iklim değişikliği sonucunda yeryüzünün ısınmasıyla tekrar tehdit oluşturabilir.

Bilimsel ve teknolojik gelişmeler hayatta kalma şansımızı ve yaşama süremizi arttırırken enerjiye olan açlığımız sonucunda artan iklim sorunları nedeniyle kendi sonumuzu hazırlıyor olabileceğimizi hayalperestlik değildir.

Sibiryada 75 yıl önce şarbondan ölen bir geyiğin buzların erimesiyle yüzeye çıktığında bakterinin toprağa veya suya karışmasıyla 2 bin geyiğin ölümüne neden olması; Alaska'nın tundralarında kalıntıları bulunan 1918 İspanyol gribi gibi pek çok örnek söz konusudur.

NASA 2005 yılında Alaska'da 32 yıldır donmuş olan bir bakteriyi canlandırmayı başarmıştır. Mamutlar döneminde hayatta olan bu bakteriler tekrar yaşamsal faaliyetlerine başlamıştır.

Tıp alanı dışında seyahat alanında da gelişen teknoloji ile dünyanın bir ucundan diğer ucuna saatler içinde ulaşmamız mümkün. Her avantajın bazı durumlarda bir dezavantajı kaçınılmaz bir gerçektir. Salgın hastalık gibi durumlarda belirtiler ortaya çıkana kadar kıtalar arası seyahat mümkün olduğu için salgının yayılma hızı dünya çapında seyahat hızımızdan daha hızlı olabiliyor [18].

#### **6.4. KORONAVİRÜS NEDİR?**

Koronavirüsler insanların da aralarında bulunduğu ve pek çok hayvan türünde yüksek oranda görülebilen geniş bir virüs familyasıdır. Pek çoğunun olumsuz ve hayati bir etkisi olmasa da soğuk algınlığından, Orta Doğu solunum sendromu (ilk olarak Suudi Arabistan'da 2012 yılında ortaya çıkan MERS) ve şiddetli akut solunum sendromu(Çin'in kuzeyince ortaya çıkan SARS) gibi daha ciddi hastalıklara kadar

uzanan hastalıklara neden olabilirler. Bugünkü salgına neden olan virüs insanlık tarihinde daha önce etkili olmamış bir türdür. Uluslararası Virüs Taksonomisi Komitesi (ICTV), hastalığa neden olan virüsün resmi adını SARS-CoV-2 yani Şiddetli Akut Solunum Sendromu Koronavirüs'ü olarak belirledi. Bu adın seçilmesindeki ana neden ise virüsün genetik açıdan SARS salgınına sebep olan virüs ile ilişkili olmasıydı. Lakin benzerliklerine rağmen aralarında iki temel fark mevcuttur. SARS-CoV-2 daha bulaşıcıdır ve ölüm riski daha düşüktür. Daha önce sadece hayvanlar arasında geçişi olan virüslerden insanların enfekte olması yayılma olarak bilinen bir olgudur . Bu yeni koronavirüsün de bu şekilde ortaya çıktığı düşünülmektedir. Hayvanlar ve insanlar arasındaki virüs transferine yakın geçmişte de tanık olundu. 2012 yılında, yarasalardan kaynaklandığı düşünülen bir virüs çeşidi ilk başta tek hörgüçlü develere akabinde ise insanlara bulaşmış ve Arap Yarımadası'ndaki MERS salgınına başlatmıştı. SARS ise benzer bir şekilde Asya misk kedilerinin ticaretinin yapıldığı bir Çin pazarında ortaya çıkmıştı.

Bu virüs bir konakçıya yerleştiğinde, genetik kodlarını konakçıda yer alan diğer virüslerle harmanlayabilir ya da hızlı bir şekilde mutasyona uğrayabilir. Bu aşamadan sonra enfekte edilen hücreyi kullanarak önce bu hücreyi tahrip eder sonra çoğalır ve son olarak da bu hücreyi terk eder. Yalnız hücre eski formunu kaybetmiş ve genetik yapısı değişmiştir. Bu yeni kazandığı genetik yapı ile bazen yeni türlere bulaşabilir [18].

## **6.5. COVID-19 NEDİR?**

2019 Aralık sonlarında Çin'in Hubei eyaletinin Wuhan adlı şehrinde solunum yolu şikâyetleri ile (ateş, öksürük, nefes darlığı) ortaya çıkan bir koronavirüs çeşididir. Koronavirüsler (CoV), soğuk algınlığı gibi toplumlarda yaygın olarak görülen bir virüs çeşididir. Resmi olarak 13 Ocak 2020 tarihinde SARS-CoV-2 resmi adıyla tanımlandı. İlk olarak Wuhan eyaletinde bulunan deniz ürünleri ve hayvan pazarında tespit edildi. Dünya genelinde kayıt altına alınmış salgın hastalıklar tarihçesine bakıldığında büyük bir virüs aile olan koronavirüs ailesine ait ilk tür olmadığı açıkça anlaşılmaktadır. Soğuk algınlığı belirtileri ile ortaya çıkan MERS (Ortadoğu Solunum Sendromu) ve SARS (Şiddetli Akut SS) koronavirüs ailesinden virüslerin neden olduğu en büyük

salgınlara birer örnektir. Enfekte bireyin öksürmesi, aksırması, ile tanecik yayılımından bulaşır. Yüzeyle temas sonrası ellerin yüz, göz, burun veya ağza götürülmesi enfekte olma riskini en üst düzeye taşımaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Covid-19 salgınına 30 Ocak'ta "uluslararası boyutta halk sağlığı acil durumu" olarak sınıflandırmış, ilk salgının başladığı yer olan Çin dışında 113 ülkede Covid-19 vakalarının görülmesi, virüsün yayılımı ve şiddeti nedeniyle 11 Mart 2020 tarihinde küresel salgın (pandemi) olarak tanımlanmıştır. Alınan önlemler ile ilk Covid-19 vakası Avrupa ve İran gibi komşu olduğumuz ülkelere 11 Mart 2020 tarihinde görülmüştür.

Yapılan son araştırmalara göre bu yeni nesil koronavirüsün doğal yaşam ortamı olarak düşünülen *Rhinolophus* cinsine ait yarasaların bazı türlerinden alınan örneklerin incelenmesinden sonra koronavirüsler arasında benzerlik saptanmıştır. Yarasalar, uzun gelişim tarihleri boyunca çok sayıda virüsü bünyelerinde taşıyabilirler. Yaşam tarzlarının kalabalık gruplar halinde olması ve uzun mesafelere uçabilme yetenekleri nedeniyle virüsleri yayma konusunda oldukça başarılı olabilmektedirler [18].

### **6.5.1. Belirtileri Nelerdir?**

Çin'in Wuhan kentinde 2019 yılında tespit edilip 13 Ocak 2020 tarihinde resmi olarak tanımlanan SARS-CoV-2 tipi koronavirüsün canlılarda ortaya çıkış şekli genellikle ateş, öksürük ve nefes darlığıdır. Bu belirtilere rağmen belirtisiz olgular olabileceği de bildirilmektedir. Şiddetli olgularda zatürre, ağır solunum yetmezliği, böbrek yetmezliği ve ölüm gelişebilmektedir [19].

### **6.5.2. Nasıl Bulaşır?**

Sars-CoV-2 enfekte bir kişi başka bir kişi ile yakın temas halindeyken yayılır. Hastalık genel olarak ortamlarda insan tarafından salgılanan damlacıklar yoluyla bulaşmaktadır. Ayrıca enfekte olmuş taşıyıcı ya da hasta bireylerin öksürme, hapşırma yoluyla ortama saçtıkları damlacıklara diğer kişilerin direkt olarak maruz kalması ya da elleri ile temas etmeleri sonrasında ellerini ağız, burun veya göz mukozasına götürmesi yoluyla da bulaşmaktadır. Literatürde asemptomatik ( hastalık mikrobuunun

taşıyıcısı ya da hastalık belirtisi göstermeyen ) olarak tanımlanan kişilerin solunum yolu salgılarında da virüs tespit edilebildiğinden bu kişiler bulaştırıcı kişiler olabilmektedir. Covid-19'un bulaşıcılık süresi hakkında kesin bir yargıya varılamamaktadır. Semptomların ortaya çıktığı dönemden 1-2 gün önce başlayıp semptomların kaybolmasıyla sona erdiği düşünülmektedir. Viral saçılım semptomlarının başlamasından 1-2 gün önce başlamakta ve boğazdan alınan sürüntü örneklerinde semptomların ortaya çıkış döneminde viral yük zirveye çıkmaktadır. İlk bir hafta içerisinde hızla düşmekle birlikte ikinci haftaya sarkabilmektedir. Bazı çalışmalarda semptomatik ve asemptomatik/minimal semptomatik hastalarda viral yüklerin benzer bulunması asemptomatik kişilerin de bulaşmada rollerinin olduğuna işaret etmektedir. Ağır vakalarda viral yükün daha yüksek olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur [19].

Hafif vakalarda virüs yayılımının temizlenmesi genellikle ilk 10 gün içerisinde gerçekleşirken, daha ağır vakalarda bu süre uzamaktadır. Yaşlılarda virüsün yayılma hızı daha fazladır. Virüsün yayılma hızı hastalık şiddeti açısından önemli bir belirteçtir. Virüsün yayılma hızı ağır olgularda hafif olgulardan 60 kat daha fazla olduğu gösterilmiştir.

Koronavirüs ailesine genel olarak bakıldığında dış ortama karşı hassasiyetleri yüksek olan virüslerdir. Ortamın nem ve sıcaklığı, dışarı atıldığı organik maddenin miktarı gibi faktörlere göre değişen bir dayanma süresi söz konusudur. Genelde cansız yüzeylerde birkaç saat içerisinde aktivitesini yitirdiği kabul edilmektedir. Bu cansız yüzeylerdeki aktivite süresi yorumlanırken, bulaşta sadece virüsün aktivitesinin devam etmesi değil, temasın süresi de önem arz etmektedir. Bu virüse toplumun tüm grupları duyarlıdır. Sağlık çalışanları etkenle karşılaşma yönünden en riskli meslek grubudur. Erkekler, 50 yaşın üzerinde olan bireyler; hipertansiyon, kalp hastalığı, diyabet, KOAH, böbrek hastalığı gibi kronik hastalığı olan bireyler, mevsimlik tarım işçileri ile bakım rehabilitasyon merkezi, okullar, kırsalalar, cezaevleri bu konuda en hassas olan gruplardır [19].

- Hastalığın Bulaşma Katsayısı; basic reproduction number yani  $R_0$  olarak bilinen bu değer bir toplulukta enfekte olan bireyin bu etkeni aldıktan sonra

bulaştırıcı olduğu dönem boyunca kendisinde bulunan enfeksiyonu kaç farklı bireye bulaştıracaktır. Bu değer 1'den büyükse her enfeksiyon birden fazla yeni enfeksiyona neden olur. Bu durum zincirleme kaza gibi virüsün çok hızlı yayılmasına ve salgın boyutuna ulaşmasına neden olur. Yapılan modellemelerde Covid-19'un İtalya'da 2,76-3,25 arasında, Çin'de ortalama 3,28 olarak belirlenmiştir. Yine bu değer en yüksek pandeminin başında Diamond Princess adlı özel bir gemide 14,8 olarak bildirilmiştir. Türkiye için yapılan modellemelerde salgının ilk 10 gününde bu değer 9,6 iken 45. gününde 1,30 olarak kayıtlara geçmiştir [19].

### **6.5.3. COVID-19'dan Korunma Yolları Nelerdir?**

COVID-19, SARS-CoV-2 adı verilen bir virüsün neden olduğu bir enfeksiyondur. COVID-19'u etkisiz hale getirmek için aşağıdaki adımlar önerilir:

- Aşı olun: Aşılar, COVID-19'a karşı bağışıklık kazanmanıza yardımcı olabilir. Aşıların COVID-19'a karşı etkinliği ve koruyuculuğu farklılık gösterebilir, ancak genel olarak aşılar enfeksiyonu önleme veya enfeksiyonun şiddetini azaltma konusunda etkilidir.
- Maske takın: COVID-19, öksürme ve hapşırma yoluyla yayılır. Maske takmak, virüsün yayılmasını engeller ve sizin de virüsü alma riskinizi azaltır.
- Sosyal mesafe kurallarına uyun: COVID-19, yakın temas yoluyla yayılabilir. Sosyal mesafe kurallarına uyarak, enfekte olmuş bir kişiyle yakın temas kurma riskinizi azaltırsınız.
- Ellerinizi sık sık yıkayın: Elleriniz, COVID-19 gibi virüslerin yayılmasında önemli bir rol oynar. Ellerinizi sık sık yıkamak, virüslerin ellerinizde bulunmasını önler ve enfeksiyon riskinizi azaltır.
- Kalabalık yerlerden kaçının: COVID-19, kalabalık yerlerde daha hızlı yayılabilir. Kalabalık yerlerden kaçınarak enfeksiyon riskinizi azaltabilirsiniz.
- Evde kalın: Enfeksiyonu önlemek için, mümkün olduğunca evde kalmanız önerilir. Eğer kendinizi kötü hissediyorsanız veya semptomlarınız varsa, evde kalın ve sağlık uzmanlarından yardım isteyin.

Yukarıdaki adımları takip etmek, COVID-19'un etkisini azaltmaya yardımcı olabilir ve enfeksiyonun yayılmasını engelleyebilir [19].

## BÖLÜM 7

### DEZENFEKSİYON

#### 7.1. DEZENFEKSİYON NEDİR?

Dekontaminasyon; kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer ajanların insan vücudundan, eşyalardan ve çevreden uzaklaştırılması ve etkisizleştirilmesi yoluyla güvenliğin sağlanması olarak adlandırılır [20]. Dezenfeksiyon ise; zararlı mikroorganizmaları nesnelerin yüzeylerinden uzaklaştırmak için yapılan dekontaminasyon işlemidir ve bu işlem dezenfektan veya özel yöntemler aracılığıyla gerçekleştirilir.

#### 7.2. DEZENFEKSİYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER NELERDİR?

Dezenfeksiyon işleminin performansını etkileyen faktörler aşağıdaki gibi incelenebilir:

- Temas süresi
- Dezenfektan Konsantrasyonu
- Sıcaklık
- Mikroorganizmaların türü ve yaşam evresi

##### 7.2.1. Temas Süresi

İlgili prosesin ana değişkenlerinden biri temas süresidir. Dezenfeksiyon için kullanılan dezenfektanın ya da kimyasalın etkili olabilmesi için bir etki süresine ihtiyacı vardır. Bu etki süresi uygulanan dezenfektana, kimyasala, uygulandığı ortama ve ortamda bulunan etkilenecek faktörlere göre değişkenlik gösterebilir. Dezenfektanların etki hızları ile ilgili kıstas olarak kabul edilen Chick Kanunu'dur. Henry Chick isimli bir şahıs 1900'lü yıllarda İngiltere'de yaptığı araştırmalar sonucunda belirli bir

konsantrasyona sahip bir dezenfektanın temas süresinin uzunluğunun mikroorganizma üzerindeki etkisi ile doğru orantılı olduğu görülmüştür [21].

### **7.2.2. Dezenfektan Konsantrasyonu**

Maddenin etkisi konsantrasyonla orantılı olarak artmaktadır. Genel olarak yüksek konsantrasyonda bakteriler üzerinde daha etkilidirler. 1900'lü yılların başlarında yaptığı bir çalışmada Herbert Watson, inaktivasyon sabitinin, dezenfektan konsantrasyonu ile ilişkili olduğunu saptamıştır. İnaktivasyon sabiti eğer 1'den büyük ise temas süresi konsantrasyondan daha etkilidir ve seyreltme ile tesirin azalacağını gösterir [21].

### **7.2.3. Sıcaklık**

Sıcaklık artışı genel olarak dezenfeksiyon hızına olumlu etki etmektedir. Bunun başlıca sebebi sıcaklığın hem difüzyon hem de reaksiyon hızlarını arttırmasıdır. Dezenfeksiyon hızını enzimle olan reaksiyon hızı veya hücrenin çevresindeki difüzyon hızı etkiler. 10 °C'lik her ısı artımı dezenfeksiyon etkisini en az bir kat arttırmaktadır. Dezenfektan etken maddesinin içeriğinde fenol gibi bileşikler olduğu takdirde bu oran 5-10 kata kadar ulaşmaktadır [21].

### **7.2.4. Mikroorganizmaların Türü ve Evresi**

Dezenfektanların etkileri mikroorganizmaların türüne ve yaşam evresine göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin sporlar bakteriler vejetatif şekillerine göre dezenfektan maddelere karşı oldukça dirençli olabilmektedir. Ayrıca bu bakterilerin üreme fazları, sayıları ve diğer özel yapıların varlığı da dayanıklılık üzerine etkili olabilmektedir. Bir başka örnek verecek olursak büyüme ve gelişme evresinde olan bakteri hücreleri yaşlı hücrelere göre daha kolay etkisiz hale gelirler. Virüs ve protozoalar kimyasal dezenfektanların her biri için ayrı ayrı direnç gösterebilirler [21].

## **7.3. DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ NELERDİR?**



Yaşam alanlarımızda hijyen bakımından gerekli olmasına karşın ara ara unutulup ihmal edilen dezenfeksiyon uygulamaları, Covid-19 salgını ile birlikte tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tekrar gündeme geldi. Zararlı mikroorganizmaların biyolojik özelliklerine bağlı olarak birbirinden farklı dezenfeksiyon yöntemleri uygulanmaktadır. Genel olarak tercih edilen yöntemlerin başında klorlama gelmektedir. Klor bu yüzyılın başından itibaren tercih edilen ve patojenik mikroorganizmalara karşı ek bir önlem olarak kullanılmıştır. Klor dezenfeksiyon yöntemi geçtiğimiz son yıllar içerisinde insan ve hayvanlar için zararlı olabilecek toksik yan ürünler oluşturması nedeniyle daha güvenli dezenfektanların araştırılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır [22]. Ağırlıklı olarak fiziksel ve kimyasal yöntemler tercih edilse de sağlık kuruluşları, temiz odalar, bazı endüstriyel tesislerde ozon dezenfeksiyonu, UV dezenfeksiyonu, ısı ile dezenfeksiyon, fotokatalitik dezenfeksiyon da kullanılan dezenfeksiyon yöntemleri arasında yerlerini alırlar.

### **7.3.1. Kimyasal Dezenfeksiyon**

Kimyasal sıvılar yardımıyla canlı olmayan objelere uygulanan dezenfeksiyon işlemine verilen isimdir. Hastalık oluşturan mikroorganizmaların yok edilmesi hedeflenmekte olup, bakteri sporları ve mikrobakterilerin biyolojik yapılarına bağlı olarak iki farklı metot uygulanmaktadır. Dezenfektanın etkinliği, yoğunluğu ve gücü, kullanılacak alan ve ortam, mikroorganizmaların türü ve direnci, iş yükü ve maliyet gibi durumlar, dezenfeksiyon işlemi olumlu ya da olumsuz etkileyecek faktörleri kapsar ve buna bağlı olarak da dezenfeksiyon işleminin başarı oranı belirlenmiş olur. Kimyasal dezenfeksiyon işlemi için tercih edilen sıvılara dezenfektan adı verilmektedir ve bu dezenfektanlar kendi içlerinde etki derecelerine 3 (üç) gruba ayrılmaktadır [23].

- Düşük düzey dezenfektanlar; fenolik bileşikler ve kuarterner amonyum bileşiklerinden oluşur.
- Orta düzey dezenfektanlar; alkol, hipokloridler, iyot ve iyodofor bileşikleri, biguanidlerden oluşur.
- Yüksek düzey dezenfektanlar; hidrojen peroksit, gluteraldehit, ortofitalaldehit, perasetik asit, perasetikasit&hidrojen peroksit, klor bileşiklerinden oluşur.

Kimyasal dezenfeksiyon yöntemi yüksek ısıya karşı hassasiyeti olan ortamın hijyenik olmasında alternatif olarak uygulanmaktadır. Daha hızlı sonuç vermesi ve uygulamasının kolay olması tercihlerde ilk sırada olmasının en temel nedenlerindedir. Bunlara ilaveten toksit olmaması ve nesnelere zarar vermemesi, çevreye karşı duyarlı olması, organik maddelere karşı inaktif edici özelliğinin olmaması da uygulama kolaylığı açısından ve tercih edilme bakımından büyük önem taşımaktadır. Kimyasal dezenfeksiyonun kolaylığı ve basitliği hafife alındığı zaman tehlikeli bir silah haline dönüşebilir ve uygulanan alana, alanda bulunan canlılara zarar verebilir. Bu işlemin başarı ile sonuçlanabilmesinin bazı şartları vardır. Öncelikle kullanılan dezenfektan karışımlarının birbiri ile uyumlu olması şarttır. Bilinçsizce uygulanan dezenfeksiyon işlemi başarısızlıkla sonuçlanabileceği gibi insan sağlığına da zarar verebilmektedir. Yanlış uygulanan dezenfeksiyon işlemi mikroorganizmaların direnç kazanmasına, kalıntılar kalmasına, cilt ile temasta sağlık sorunları oluşturmaya neden olabilir. Kimyasal dezenfeksiyon işleminde kullanılan tüm kimyasalların etki düzeyi farklılık göstermektedir. Bu yöntem genellikle hastane gibi sağlık kuruluşlarında, havuzlarda, su tanklarında, gıda depolarında, tarım alanlarında, toplu kullanım alanlarında tercih edilmektedir [23].

### **7.3.2. Isı ile Dezenfeksiyon**

Dünya yüzeyinde pek çok organizma yüksek ısıya karşı direnç gösteremediği için toksit madde oluşturmadan etkili bir şekilde alanlar dezenfekte edilebilmektedir. Aşırı büyük alanlar için maliyetli bir yöntemdir. Dezenfeksiyon işlemi yapılacak olan obje ve bu objenin hacmi baz alınarak dezenfeksiyon için 70-145 °C arasında sıcaklıklara ihtiyaç duyulur. Bu yöntemde dezenfeksiyon hızı ısının fiziksel şiddetine bağlı olduğu için uygulama alanları sınırlıdır. Bu dezenfeksiyon yöntemi 1860'larda Fransız bilim insanı Louis Pasteur tarafından geliştirilmiş ve onun adıyla bilinen pastörizasyon ile kullanılmaya başlanmıştır [24]. Besin maddelerini ve ısıya dayanıklı farklı metalleri, hastalık yapıcı mikroorganizmalardan arındırmak amacıyla kullanılır. Bu dezenfeksiyon yönteminde sıcaklık artması genelde dezenfeksiyon hızını olumlu yönde etkilemektedir. Bu etki, sıcaklığın hem difüzyon hem de reaksiyon hızlarını artırmasından kaynaklanmaktadır. Günümüzde bu yöntem düzenli kullanımda %99,9 hijyen sağlar ve günlük kullanıma da uygundur. Bu yöntemin başlıca iki dezavantajı

bulunmaktadır. Yüksek ısı nedeniyle protein gibi biyolojik materyaller zarar görebilir ve suyun dezenfeksiyonu için uygun bir yöntem değildir.

### 7.3.3. Ozon ile Dezenfeksiyon

Ozon gazı; doğada güneşten gelen mor ötesi ışınların atmosferde bulunan oksijen moleküllerini parçalamasıyla ortaya çıkar. Laboratuvar ortamlarında ise Oksijen(O<sub>2</sub>); yüksek enerji alanı altında kaldığında (yüksek elektrik akımı), bir kısım oksijen molekülleri atom(O) haline dönüşür. Dönüşen bu oksijen atomu diğer oksijen molekülleriyle tekrar bir araya gelmesiyle Ozon Gazı(O<sub>3</sub>) meydana gelir. Atmosferin üst katmanlarında oluşan bu oluşum trioksijen olarak da tanımlanır. Oksijen molekülüne göre kararsız bir moleküldür. Trioksijen reaksiyonu tersinir olduğu için tekrar oksijen molekülüne dönüşebilmektedir. Renksizdir fakat yosun kokusunu andıran bir kokuya sahiptir.

Gökyüzündeki mavi rengin ana kaynağı olan ozon, keşfinden sonra dezenfeksiyon ve tıbbi amaçlı olarak sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Ozon oksidasyon gücü yüksek olan bir gaz ve bilinen en kuvvetli dezenfektandır. Her iki uygulamada da en önemli özelliği ise; uygulama sonrasında kalıntı(tortu) bırakmamasıdır. Ozon gazının dezenfeksiyon etkisi aynı şartlar altında klordan 3125 kat daha fazladır [25]. Daha önceki pandemilerde olduğu gibi yakın zamanda geçirmiş olduğumuz ve etkisi halen devam eden Covid-19 pandemisinde de uygulama kolaylığı ile birlikte tekrar gündeme gelmiştir. Ozon dezenfeksiyonu; elektrik enerjisi yardımıyla havada bulunan oksijen molekülünün parçalanması ya da saf oksijenden elde edilen ozon gazlarının cihazlar yardımıyla yüksek antioksidan kuvveti uygulayarak kötü kokuların giderilmesi, mikroorganizmaların, virüslerin ve bakterilerin yok edilmesi işlemidir. Dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılan ozon kararsız yapısı nedeniyle dezenfeksiyon görevini tamamladıktan sonra daima hammaddesi olan oksijen molekülüne dönüş yapar.

Dezenfeksiyon işlemi sırasında kapalı alanlarda kimsenin olmaması gerekmektedir. Eğer alan içerisinde insan kalması gerekiyorsa tam koruma maskeleri ile ağız, burun ve gözlerini kapatacak şekilde tedbir almaları gerekmektedir. Dezenfeksiyon işlemine özel ozon cihazları mekân içerisinde ozon gazı her noktaya nüfuz edecek şekilde

konumlandırılır. Ozon sirkülasyonu sağlanarak alandaki her noktaya etkin bir şekilde nüfuz etmesi sağlanır. Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiyesi 0.4 ml/L ozon dozu ve 4 dakikalık bekleme süresidir. Böylece havanın dokunduğu her yeri dezenfekte eder. Dezenfeksiyon işleminin veriminin en üst düzeyde olması için hava ısısının -4 °C ve kuru olması idealdir. Bu uygulama 7 ile 90 gün arası belirli periyodlarla tekrarlanır. Ozon ile dezenfeksiyon uygulamasının hastalıklardan korunmak başta olmak üzere hijyenik ortam oluşturma gibi özelliği de vardır. Klor kullanımının yasak olduğu ülkelerde içme sularının sağlıklı bir şekilde tüketilebilmesi için ozon ile temizlenmektedir. Uygulama kolaylığı ile sanayi kuruluşları, oteller, hastane ve alışveriş merkezleri gibi ortamların kalabalık olduğu alanlarda sıklıkla tercih edilmektedir [26].

Çizelge 7.1. Uygulama alanlarına göre dakika başına uygulanan ozon dozu miktarı [26]

<i>Uygulama Alanları</i>	<i>Uygulanan Ozon Dozu (mg/L)</i>	<i>Temas Süresi (dk)</i>
<i>Sislenmiş su (Dezenfeksiyon)</i>	0,25 – 1.0	5 – 10
<i>Kullanma Suyu</i>		
<i>Dezenfeksiyon</i>	1.5 – 3.0	5 – 10
<i>Bulanıklık giderimi/mikrofloklar</i>	0.5 – 1.5	3 – 10
<i>THM yapıcılarının giderimi</i>	1.5 – 3.0	5 – 10
<i>Tat ve koku giderimi</i>	1.0 – 5.0	5 – 10
<i>Renk giderimi (tannin-lignin)</i>	2.0 – 10.0	15 – 30
<i>Saflaştırılmış su</i>		
<i>Toplam organik karbon giderimi</i>	1.0 – 3.0	1
<i>Boruların sanitasyonu</i>	1.0 – 3.0	5 – 10
<i>Atık su</i>	5.0 – 15.0	15 – 30
<i>Soğutma kuleleri</i>	0.1 – 0.4	1

#### **7.3.4. Fotokatalitik Dezenfeksiyon**

Güneş ışığından direkt olarak gelen ultraviyole (UV) ışınları ile oksijen patiküllerinden bir araya gelen özel bir kaplama arasında oluşan kimyasal reaksiyonlar sonucunda yüzeydeki organik/inorganiklerin parçalanıp yok edilmesine fotokatalitik dezenfeksiyon denir. Dünyada yeni bir teknoloji olup, organik malzemeleri ve insan sağlığını tehdit etmeyen, etki süresi çok uzun olan ve ışık enerjisini kullanarak kimyasal bir reaksiyon ile yüzeyleri nanoteknolojik ve fotokimyasal olarak kaplayan bir kaplama ürünüdür.

Fotokatalitik dezenfeksiyon işlemi için yüzey kaplamada kullanılan titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) yani titanya doğada birçok kristal yapıda bulunabilir. Titanya; yarı iletken bir madde olup toksik değildir. Kararlılığının yüksek olmasından dolayı tepkimeye yatkınlığı az olan bir madde olarak bilinmektedir. Maliyetinin düşük olması dezenfeksiyon yöntemleri arasında avantajlı olarak öne çıkmasını sağlamaktadır. Bu kaplama yüzeylerde oluşturduğu reaksiyon sayesinde bakteri, mantar ve küf oluşumunu engeller. Havanın içinde bulunan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek olan uçucu organik maddeler kaplama yapılmış yüzeyler ile temas ettiği anda parçalanarak zararsız hale gelir. Ortamlarda küf, bakteri ve mantarlardan oluşabilecek kötü koku bu kaplama sayesinde engellenir. Yüzeylerde olan fotokatalitik kaplama buharlanmayı önler ve bununla birlikte rutubet oluşumu da engellenmiş olur.

Fotokatalitik dezenfeksiyon suda ve çeşitli yüzeylerin üzerindeki istenmeyen kir, mikrop, bakteri, koku ve zararlı organik kimyasalların yok edilmesini sağlar. Dış cephedeki fotokatalistler güneş ışınlarından gelen UV ışınlarının %80'inden fazlasını yüzeyde tutarak duvarları ve yapı malzemelerini zararlı ışınlardan korur ve böylece malzemenin ömrünü uzatır. Camlarda ve aynalarda oluşan buharlanmayı önler ve kötü kokuları uzak tutar [27].

#### **7.3.5. Ultraviyole (UV) ile Dezenfeksiyon**

Ultraviyole; diğer adıyla mor ötesi ışınım, görünen ışın ile X ışınları arasında kalan ve dalga boyları 10 ile 400 nanometre(nm) arasındaki radyasyon bandına verilen addır.

İnsan gözü tarafından algılanamaz. Nanometre ise; 1 nm=0,000000001 m yani 1 metrenin 1 milyarda biri olarak tanımlanmıştır. Mor ötesi ışınların dalga boyları görünen ışınlardan kısa X ışınlarından ise uzundur. İnsan gözü 400 ile 700 nanometre arasındaki dalga boyuna sahip ışınımlara duyarlıdır. İnsan gözü görebildiği en kısa dalga boylu ışınımı mor renkli olarak algılar ve bunun dışındaki dalga boylarını algılayamamaktadır. Bu yüzden insan gözünün görebildiği en alt ışınımın renginden dolayı daha küçük dalga boyuna sahip ışınımlara morötesi ışınım denilmektedir. Ultraviyole ışınımlar dalga boylarına 3 (üç) farklı grupta incelenmektedir [28].

- UV-C: 100-280 nm arası kısa dalga boylu ışınımlar
- UV-B: 280-315 nm arası orta uzun dalga boylu ışınımlar
- UV-A: 315-400 nm arası uzun dalga boylu ışınımlar

Morötesi ışınımların uzun dalga boyuna sahip olan UV-A, güneş kaynaklı atmosferimize ulaşmakta ve kısmen de olsa yeryüzüne inebilmektedir. Canlılar bu dalga boyundaki ışınımına fazla maruz kalmadıkça herhangi bir zararı olmamakta ve vücudun ihtiyacı olan D vitamini ihtiyacının bir bölümünü karşılamaktadır. Yüksek rakımlı ve karlı bölgelerde bu ışınım cildi doğal yollarla karartmaktadır. Aşırı soğukta meydana gelen cilt yanmasını buna örnek olarak verilebilir. Kısa dalga boyuna sahip morötesi ışınım olan UV-C yüksek enerjisi sayesinde etki ettiği her çeşit canlıyı yok edebilir. Bilinçsiz bir şekilde kullandığında canlı türü ayırt etmeksizin tedavisi mümkün olmayan kalıcı hasarlar bırakabilir. Güneşten doğal olarak gelen UV-C ışınları bir kısmını ozon tabakasında kaybederek yeryüzüne inmemektedir. Ozon tabakasının bu konudaki önemi burada bir kez daha anlaşılmaktadır. Eğer ozon tabakası bu ışınları filtrelemeyip ya da geçirgenlik sağlayıp yeryüzüne direk ulaşmasına izin verseydi Dünya’da hiçbir canlı için yaşam ve sürdürülebilirlik mümkün olmayabilirdi[28].

Ultraviyole ışınları dezenfeksiyon amaçlı olarak kontrollü bir şekilde kullanılabilir. Ortamlardaki her türlü mikrobakteriyel, virüs, mantar gibi organizmaların temizlenmesi için belirli doz ve sürelerde bu ışınımlardan faydalanılmaktadır. Bu alanda kullanılabilmesi için UV-C ışınlarını istenen alanda ve oranda kullanabileceğimiz özel cihazlar üretilmektedir. Bu cihazların içerisinde yer

alan led ampullerden yayılan yüksek enerji fotodimerizasyon adı verilen bir yöntemle ortamda bulunan istenmeyen canlılarda moleküler yapısal hasara yol açan RNA ve DNA bazları tarafından güçlü bir şekilde emilir. Bazlar tarafından emilen bu ışınım sayesinde canlılardaki üreme ve koloni oluşturma faaliyetleri sonlanarak, istenilen inaktivasyon gerçekleşmiş olur. Bu işleme de ultraviyole dezenfeksiyon adı verilmektedir. Bu dezenfeksiyon yönteminde güçlü enerjisi ve kısa dalga boyu nedeniyle kısa sürede kesin sonuca ulaşılabilirdiği için çoğunluk UV-C dalga boyundaki ışınım kullanılır [28].

UV dezenfeksiyonu uygulanacak alan tipi ve maruz kalacak nesnelere göre değişmektedir. Havayı dezenfekte etmek için, uygulanacak insanlardan arındırılması gerekmektedir. İnsanların solunacak hava ile temasının kesilerek güvenli bir şekilde bu UV cihazları ile uygulama yapılabilir. Bu amaç için geliştirilmiş cihazlar 254 nanometrelik dalga boyuna sahip UV ışınları üreten özel lambalarla donatılmıştır.

Fiziksel veya bilinen diğer bir ismiyle radyasyon dezenfeksiyon uygulamalarından zararlı olan organizmaları inaktive etmekte son derece etkili ve başarılı bir dezenfeksiyon yöntemidir. Günlük hayatımızda hayati önem taşıyan alanlarda (hastaneler, steril odalar) yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda yaşanan sağlık sorunlarının pandemi düzeyine ulaşması ile birlikte insanların günlük yaşamlarını olumsuz etkilemiştir. Bu olumsuzluktan korunmak ya da onu ortadan kaldırmak için insanlar pratik dezenfeksiyon yöntemi arayışlarına girmiştir. UVC teknolojisi ile dezenfeksiyon işlemlerinin pratik ve düşük maliyetli olması tercih sırasında ilk sıralarda yer almasını sağlamaktadır. Bu teknolojiye dezenfeksiyon süreleri oldukça hızlıdır. Standart bir döngü 15 dakika sürebilmekteyken portatif UV cihazları ile bu süre çok daha kısa sürmektedir. Bu sayede kısa süre içerisinde farklı oda ve alanlar hızlı bir devir süresiyle sterilize edilebilmektedir. Günümüz dünyasında bir takım kimyasal ve sentetik ilaçlara karşı direnç oluşturan virüsler ve bakteriler bu morötesi ışınım karşılarında tamamen savunmasız ve çaresizdir [29].

Bu sistemler uygulandıkları ortama, ışık şiddetine ve süresine bağlı olmakla birlikte ortalama 10 saniye içinde etkisini gösterebilmektedir. Alanda ve ortamda herhangi bir kimyasal madde kullanılmaz. Suya uygulandığında suda herhangi bir tat ya da koku

bırakmadığı gibi pH değerinde de bir değişime neden olmaz. Herhangi bir şekilde duman, insan sağlığını olumsuz etkileyecek bir gaz salınımı söz konusu değildir [29]. Güneşten yayılan morötesi ışınlar dalga boylarına göre farklılık göstermektedir. Yapılan araştırmalar neticesinde bunlardan en zararlı olanı UV-C ışınlarıdır. Gelişen teknoloji bu ışınların lambalar aracılığıyla üretilmesine olanak sağlamaktadır. Lambalar aracılığıyla üretilen bu ışınlar günlük hayatımızda pek çok alanda sterilizasyon ve dezenfeksiyon amaçlı kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı bilim insanı bu ışınların insanlar üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu görüşüne hakim olsa da bir kısım araştırmacı bilim insanı ise bu etkilerin filtreleme yöntemleri ile minimize edilebileceğini savunmaktadır. Bu ışınlara maruz kalındığında pullu kanser hücresi, melanoma, temel hücre kanseri ve benzeri cilt kanseri, diğer cilt problemleri, katarakt, diğer göz problemleri, deride Eritem, 40 yaş ve üzerinde tümör oluşumu ve bağışıklık sisteminin baskı altına alınması, direk göz temasında retinada ciddi hasarlar oluşması gibi pek çok sağlık sorununa neden olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. UV-C ışınlarına direkt olarak maruz kalındığında bakteri ve virüs gibi organizmaları inaktive edebildiği gibi insan ve diğer canlıların DNA bazlı hücresel yapılarına da aynı şekilde zarar verebilmektedir. 230-280 nm dalga boylu UV-C ışınları hem kansorejen hem de kataraktojenik olarak bilinmektedir. Yüksek dalga boylu UV ışınları iç ortamlarda insanlar ve diğer canlılar bulunurken dezenfeksiyon ve sterilizasyon amaçlı kullanılmaz [29].

Ülkemizde ve tüm Dünya'da etkili olan Covid-19 pandemisi ile birlikte dezenfeksiyon yöntemleri oldukça önem kazanmıştır. Bu pandemi ile birlikte UV ışınları da sıkça bilim dünyasının gündeminde yer bulmuştur. Toplu kullanım alanlarına kurulan 207-222 nm FAR UVC dezenfeksiyon ve sterilizasyon sistemlerinde amaç; çeşitli sebeplerle canlılardan havaya bulaşan virüslerin havaya karışmadan yok edilmesidir. Genellikle insanların kalabalık olduğu alanlar başta olmak üzere; pek çok sektörde bu cihazların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Gıda sektörü ve hastane kullanım alanlarının başını çekerken ambalaj sanayi, ilaç fabrikaları, oteller, yemek üretim tesisleri, okul ve avmler gibi ortak kullanım alanları bu listede yer alan diğer kullanım alanları olarak karşımıza çıkmaktadır [29].



## BÖLÜM 8

### PANDEMİNİN İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

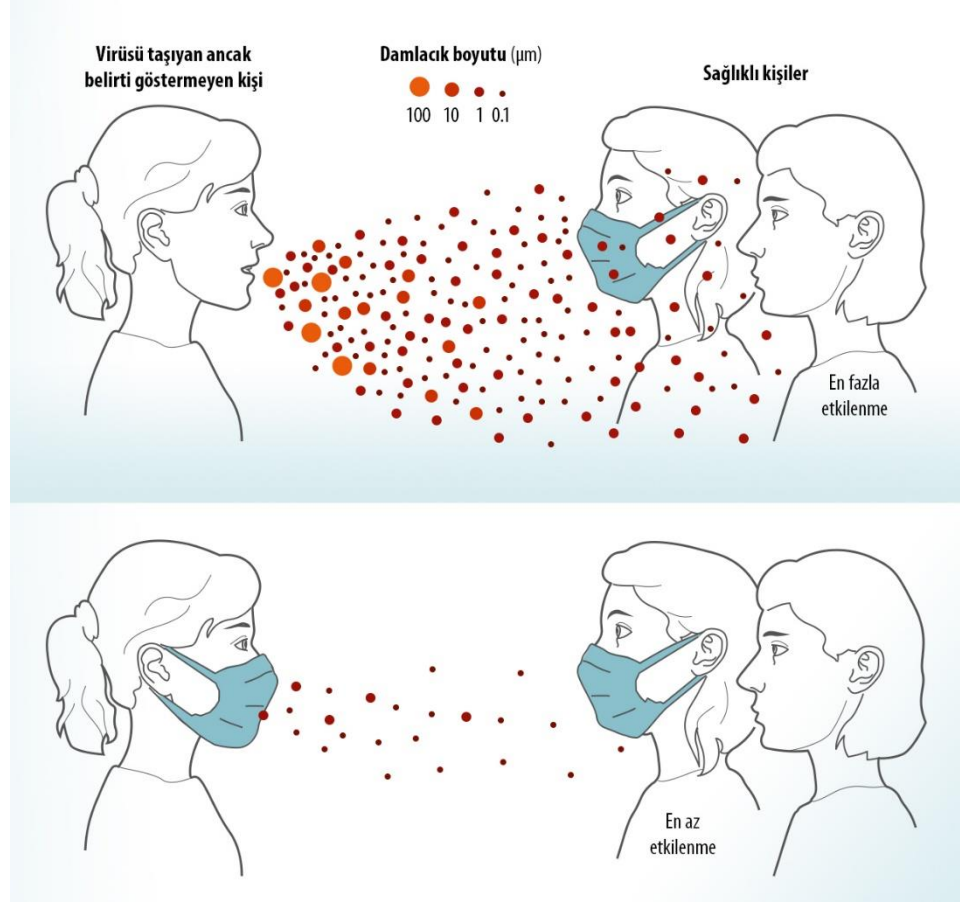
Patojenik mikroplar, sürdürülebilir çözümler için küresel bir ihtiyaca yol açan, sağlığımızı tehdit eden en büyük zorluklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu mikropların bulaşmasını çözümlenebilmek salgınlarda önem arz etmektedir. COVID-19 ve diğer solunum yolu hastalıkları için üç bulaş yolu öne çıkmaktadır:

- Hapşırma, öksürme, şarkı söyleme, nefes alma, bağırma, konuşma gibi eylemler sırasında ağızımızdan ortama yayılan damlacıklar ve aerosollerden kaynaklı yakın temas bölgesinden bulaşma,
- Uzun bazlı (aerosol kaynaklı) iletim,
- Tokalaşma, yüzey teması, yüzey temasından sonra ellerin ağız, burun çevresine sürülmesi ile bulaşma.

Bulaşma yolları ile mücadele edebilmenin başlıca seçenekleri, yakın temastan uzak durarak fiziksel mesafeyi ayarlamamız, havadan bulaşma riskini en aza indirmek için ortam havalandırması ve yüzey temasını en aza indirmemiz gerekmektedir. Bu tez havadan bulaşmayı en aza indirmenin yollarını kendisine amaç edinmiştir.

Bir koronavirüs partikülünün boyutu 80-160 nm'dir ve özel olarak bir temizlik yapılmadığı sürece yüzeylerde saatlerce ve hatta günlerce kalabilir [30]. İç mekan havasında ortalama 3 saate kadar ve iç mekanlarda ise 2 ile 3 gün arasında aktif kalabilmektedir [30]. Virüs havada çıplak bir vaziyette bulunmamaktadır. Şekil 8.1'de görüldüğü gibi teneffüs halinde dışarı atılan aerosollerin içerisinde bulunur. Boyutu büyük olan aerosol damlacıkları düşer lakin küçük aerosol damlacıkları havada asılı kalarak odalardaki hava akışlarıyla, havalandırma sistemlerinin kanallarında ve hava sirkülasyon edildiğinde havanın yeniden ortama gönderildiği

kanallarda taşınarak bir ortamdan diğer pek çok ortama taşınarak uzun mesafeler kat edebilir ve virüsün yayılımı bu şekilde tahmin edilen daha hızlı gerçekleşir.



Şekil 8.1. Maskenin damlacık boyutu ve yayılımı üzerine etkisi [30]

Havada asılı kalan aerosoller Şekil 8.1’de görüldüğü gibi 1 µm’den (mikron) az ila 100 µm’den fazla çap aralığındadır. Bu bir canlının soluyabileceği en büyük parçacık boyutuna eş değerdir.

Havadan bulaşma ağızımızdan ortama yayılan damlacık boyutlarına bağlıdır ve kısa menzil ve uzun menzil olarak ikiye ayrılır:

### 8.1. KISA MENZİL

Ağızdan çıkan damlacıkların havada aldığı yol ve büyük damlacıkların yüzeylere düşmeden önce hava içerisinde aldığı yol olarak tanımlanabilir. 10 m/s’lik bir ilk hızla

sahip olan partikül boyutu büyük olan damlacıklar ortalama 1,5 m’de düşmüş olurlar. Normal solunum için solunum aktivitesi 1 m/s, konuşma için 5 m/s, öksürme için 10 m/s ve hapşırma için 20-50 m/s olarak bilinmektedir.[31]. Ağızdan ortama dağılan damlacıklar havada ortam sıcaklığı etkisiyle buharlaşabilir ya da kuruyabilirler. Bu şekilde bu damlacık çekirdeklerinin son hali başlangıçtaki büyüklüğünün yarısı veya üçte biri daha küçüktür. Damlacık büyüklüğü 60  $\mu\text{m}$ ’den küçük olanlar damlacıklar ortam sıcaklığının etkisiyle kuru ve zemine düşerler. Bu damlacıklar hava akışının yardımıyla 1,5 metreden daha fazla yol alabilirler.

## 8.2. UZUN MENZİL

60  $\mu\text{m}$ ’dan küçük damlacıkları için geçerlidir. Damlacık kuruması oldukça kısa sürede gerçekleşen bir işlemdir. Örnek verecek olursak 50  $\mu\text{m}$  boyutundaki damlacıklar iki saniye civarında kururken 10  $\mu\text{m}$  boyutundaki damlacıklar saniyenin onda biri süresinde kururlar. Damlacık boyutu 10  $\mu\text{m}$ ’den küçük çekirdekler çökme hızlarından dolayı hava sirkülasyonunun yardımıyla havada uzun mesafe yol alabilirler.

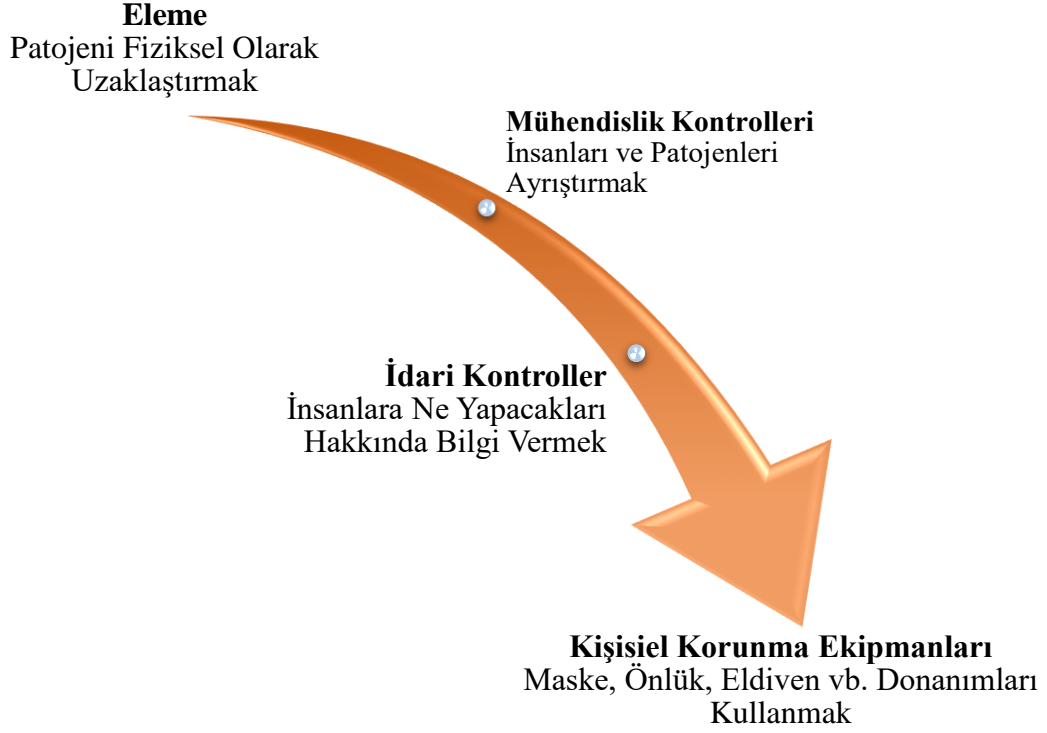
COVID-19 için damlacık çekirdeklerine maruz kalma yoluyla uzun menzilli bulaşma ihtimali ilk olarak Dünya Sağlık Örgütü tarafından kabul edilmiştir. Ve ventilasyonu artırma rehberinde de ele alındı [32]. Kapalı bir ortamda insanlarla konuşurken hapşırma ve öksürme gibi yoğun damlacığa maruz kalmadan bile enfeksiyonun yayılma riskinin olduğu da Japon yetkililer tarafından ortaya konuldu [33].

Aerosoller üzerinde birkaç saat boyunca canlılık faaliyetlerini sürdürebilen bu virüs, damlacık yoluyla bulaşın ne derece mümkün olduğuna dair yapılan bir çalışmadan önemli sonuçlar çıktı. Aşırı yayılmanın analiz edildiği bu çalışmada, havalandırmanın en düşük olduğu ortamlarda ikincil enfeksiyona yüksek bir şekilde katkı sağladığı görülmüştür [34]. Bu virüsün aerosoller yardımıyla yayıldığını ispatlayan önemli kanıtların ortaya çıkması, virüsün birçok bilim insanı tarafından kabul edilmesini hızlandırmıştır. [35]. Bugüne kadar, pek çok örgüt COVID-19 nezdinde ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin hava yoluyla bu sistemlerin damlacıkları bir ortamdan başka bir ortama taşıdığını doğruladı. Son olarak 239 bilim adamının

mektubuyla Dünya Sağlık Örgütü, iletim yolları bilimsel özetinde aerosol iletimine yer verdi [36]. Enfekte bir kişiden yaklaşık 1-2 m uzakta olmak aerosol iletim mekanizması için yeterli değil. Bu nedenle ortamlarda aerosollerin etkili bir şekilde uzaklaştırılması için havalandırma sistemleri ile yoğunluk kontrolü önem arz etmektedir. Damlacıkların ortama yayılması; ağızdan dışarı saçılan büyük damlacıkların yakın yüzeylere ve masa, sandalye, kalem, bardak gibi nesnelere düşmesiyle meydana gelebilir. Sağlıklı bir kişi enfekte bir kişiden yayılan damlacıklara maruz kalmış bir nesne ile temas ettikten sonra ellerini dezenfekte etmeden ağzına veya yüzüne sürer ise enfekte olabilir.

### **8.3. ISITMA, HAVALANDIRMA VE İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ**

SARS-CoV-2 virüsünün bulaşma ihtimalini en aza indirmek için birçok uygulanabilir önlem bulunmaktadır. ABD Hastalık Kontrol Merkezlerinden uyarlanan geleneksel enfeksiyon kontrol piramidine göre “ana mühendislik kontrolleri” olarak havalandırma çözümlerine yönelik bazı önerilen önlemler bulunmaktadır. Piramide göre, havalandırmanın kontrol edilmesi alınabilecek diğer sıhhi tesisat ve kişisel koruyucu önlemlerden daha çok önem arz etmektedir. Bu nedenle bulaş riskini en aza indirmek ve virüsün yayılımını kontrol altında tutabilmek için havalandırma hizmetlerinin kontrolünün dikkate alınması çok önemlidir. Kapalı alanlarda enfekte riskini azaltmak için Şekil 8.2’de görüldüğü gibi düşük bütçeyle uygulanabilir seçeneklerdir [37].



Şekil 8.2. Kapalı alanlarda düşük bütçeli uygulamalar [37]

Avrupa Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi halk sağlığı otoriteleri için pandemide kapalı ortamların havalandırılmasının nasıl olması gerektiği hususunda bir rehber hazırladı. Bu rehbere göre;

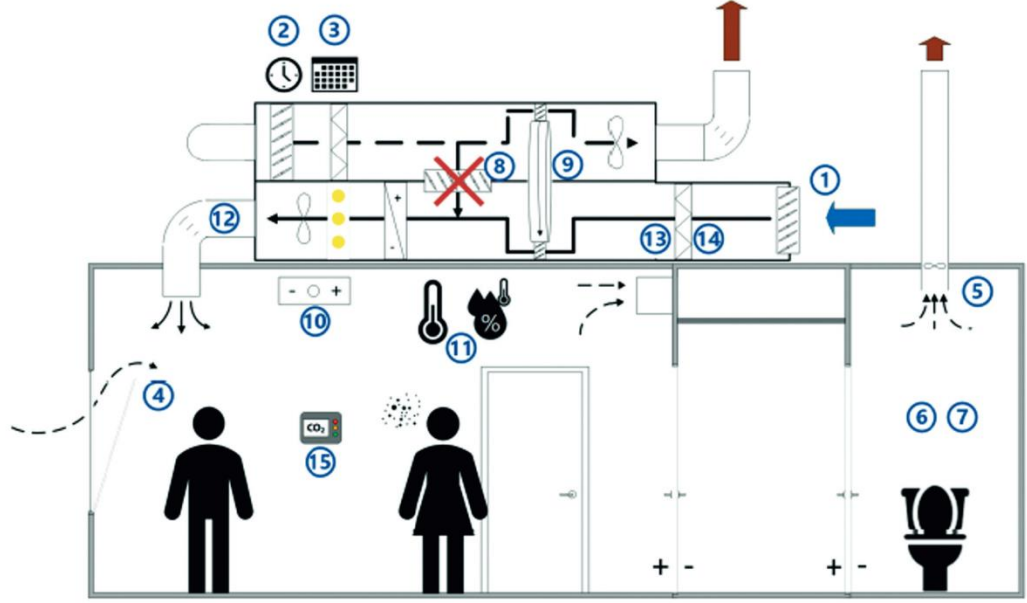
- SARS-CoV-2'nin yayılımının kapalı alanlarda gerçekleştiği,
- Havalandırma sistemindeki hava kanalları vasıtasıyla insanların enfekte olduğuna dair bir kanıtın olmadığı ve riskin çok düşük olduğu,
- Filtre bakımları tam olarak yapılmış sistemlerin büyük damlacıkları filtreleyebileceği, küçük damlacıkların ise küçük boyuttaki HVAC sistemleri ile ya da hava sirkülasyonu ile yayılabileceği,
- Klima ünitelerinin yani sürekli iç havayı sirküle eden ünitelerin enfekte kişiler tarafından salgılanan aerosollerini uzun mesafelere kadar taşıyabileceği,
- HVAC sistemlerinin iç mekandan aldığı havanın karışımdaki oranını azaltarak ya da direkt olarak ortamı taze hava ile besleyerek damlacık iletimini azaltmada önemli bir rol oynayabileceği,

- Bu sistemlerin, sistem yöneticileri tarafından düzenli olarak filtrelerinin temizlenmesi veya değiştirilmesinin mevcut talimatlara göre takip edilmesi gerektiği,
- Enerji tasarrufu için alınan önlemlerden (zamanlayıcı, CO<sub>2</sub> dedektörleri gibi) kontrollü havalandırma yöntemlerinden kaçınılmalı ve ortamın havası sürekli olarak taze tutulmalı,
- HVAC sistemlerinin planlanan çalışma sürelerinden önce açılıp-kapatılarak çalışma sürelerinin uzatılmasına ve ortamın sürekli olarak taze hava ile beslenmesine önem gösterilmesi gerektiği,
- Doğrudan hava akışının kişilerden uzak tutulması gerektiği,
- Bu sistemlerde mümkün olduğunca resirkülasyon kullanıma ilişkin prosedürler gözden geçirilmeli,
- Yürürlükte olan yönetmeliklere göre kapalı alanlardaki saat başına minimum hava değişim sayısını her zaman sağlamalı ve mümkün mertebe bu sayıyı arttırmanın bulaş riskini azaltacağını bu kılavuz ile birlikte vurgulamışlardır [38].

Bina hizmetleri operasyonlarına ilişkin Avrupa Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (REHVA) kılavuzu 15 ana öğeyi kapsamaktadır. Bu öğeler Şekil 8.3'te gösterilmektedir.

- Havalandırma oranları
- Havalandırma işletim süreleri
- Talep kontrol ayarlarının geçersiz kılınması
- Pencere açılması
- Tuvalet havalandırması
- Tuvaletlerde pencereler
- Sifonlu tuvaletler
- Resirkülasyon
- Isı geri kazanım ekipmanı
- Fan coil ve split klimalar
- Isıtma, soğutma ve olası nemlendirme ayar noktaları

- Kanal temizleme
- Dış hava ve egzoz havası filtreleri
- Bakım çalışmaları
- İç hava kalitesi (IAQ) izleme



Şekil 8.3. Klima santrali ile mahal havalandırması [38].

### 8.3.1. Hava Beslemesi ve Egzoz Havası

Mekanik havalandırma sistemlerinin yer aldığı binalarda havalandırmanın açılışı binanın faal hale geçmesinden 2 saat önce nominal hızda başlatılmalı ve bina kullanım süresinden en az 2 saat sonra düşük bir fan hızına geçerek sistem çalıştırılmalıdır. Talep kontrollü sistemlerde çalışmanın bölünmemesi ve nominal hızda devam ettirilebilmesi için CO<sub>2</sub> dedektörünün ayar noktası 400 ppm olarak önerilmektedir. Pandemi nedeniyle uzaktan çalışma kararı gibi kararlarla boşaltılan binalarda sistemlerin kapatılması tavsiye edilmemekle birlikte daha önceden planlanmış olan çalışma saatlerinde sürekli olarak düşük hızda çalıştırılması tavsiye edilir. Bu şekilde sürekli bir akım yaratarak bina konak durumunda kalmamış olacaktır. Pandemi nedeniyle sistemlerin esneyen çalışma süreleri kışın ve yazın artan enerji maliyeti olarak karşımıza çıkacaktır ve bu bedel kabul edilmelidir. Konfor şartlarına bağlı bir şekilde bu tavsiyeleri yerine getirmek için yeterli ısıtma ve soğutma kapasitesine sahip

olan bu sistemlerden makul ölçüde mümkün olduğunca daha fazla taze hava sağlamak genel olarak tavsiye edilmektedir.

İç mekânlarda bulunan kişi sayısı azaldığında bu kişiler daha küçük alanlarda yoğunlaştırılmamalıdır. Kişiler arasındaki mesafeyi en az 2-3 m koruyup genişletmek olası riskleri en aza indirecektir.

Egzoz havalandırma sistemleri tuvaletlerde dahi ana sistemlerle benzer modda çalıştırılmalıdır. Binanın faal olma süresinden 2 saat önce nominal hızda aktif edilmeli ve binanın kapanışından itibaren kapatmalı ya da düşük bir hızda çalışmasına devam ettirilmelidir.

### **8.3.2. Pencere Kullanımı**

Genel olarak kalabalık ve havalandırmanın yetersiz olduğu alanlardan uzak durmamız riski en aza indirecektir. Mekanik havalandırmanın bulunmadığı binalarda pencerelerin açılarak aktif hale getirilmesi önerilmektedir. Bu tarz ortamlarda hava değişimini arttırmanın tek yolu pencerelerin açılmasıdır. Gireceğimiz ortamın pencereleri en az 15 dakika önceden açılarak odanın havasının değişimi sağlanmalıdır. Özellikle oda daha önce başkaları tarafından kullanılmışsa. Mekanik havalandırmalı binalarda sisteme destek olmak ve havalandırmayı daha da arttırmak amacıyla pencereler açılabilir [39].

Tuvaletlerde pasif bacalı ya da mekanik sistemli egzoz sistemlerine sahip açık pencereler, bu ortamlardan kirli havanın diğer ortamlara akışına sebebiyet verebilir. Bu da havalandırmanın ters yönde çalıştığını bize gösterir. Bu alanlarda negatif basınçlı koruma ve havalandırma sisteminin düzgün çalışmasını sağlamak için açık tuvalet pencerelerinden kaçınılmalıdır. Eğer yeterli egzoz havalandırması yok ve bu alanlardaki pencere açıklığı mecburi olursa, binadaki çapraz hava akışı elde edebilmek için diğer alanlarda da pencereler açık tutulmalıdır [39].



### 8.3.3. İklimlendirmenin Etkisi

Bağıl nem ve sıcaklık virüsün canlılık faaliyetlerine, damlacıkların oluşmasına ve ortamda bulunan insanların mukozalarındaki duyarlılığa katkıda bulunmaktadır. Bazı virüslerin yaşamsal faaliyetlerini azaltmak ortamın sıcaklık ve nem değerlerinin değiştirilmesi ile mümkün olabilir. COVID-19 da ise bu durum pek geçerli değildir. Çünkü SARS-CoV-2 virüsü çevresel değişikliklere oldukça dirençlidir. Bu virüs konfor şartlarının çok üzerinde olan %80'in üzerindeki bir bağıl neme ve kabul edilebilirliği neredeyse imkansız olan 30 °C'nin üzerindeki sıcaklığa duyarlıdır. Binalardaki termal konfor şartları göz önünde bulundurulduğunda bu durum ne uygulanabilir değildir. SARS-CoV-2 virüsü; 4 °C'de 14 gün, 37 °C'de 1 gün ve 56 °C'de 30 dakika yaşamsal faaliyetlerine devam edebilmiştir [40].

Bu virüsün 21-23 °C ortam sıcaklığında ve bağıl nemin %65 olduğu bir ortamda kararlılığının çok yüksek olduğu tespit edilmiştir [40]. Mevcut incelemeler, bu virüsün ortalama bir nem değerine (%40-60) sahip bir iç ortamda canlılığının azaldığı yönündeki tezleri desteklememektedir ve nemlendirmenin SARS-CoV-2 virüsünün canlılığını azalttığı yönündeki söylemler ve yöntemler doğru değildir.

Küçük boyut olarak kabul edilen 0,5-50 µm değerindeki damlacıklar bağıl nemin herhangi bir değerinde daha hızlı buharlaşabilmektedirler [41]. Çok düşük değerlerdeki bağıl nem insanları enfeksiyonlara karşı daha açık bir konuma yerleştirecektir. Nemlendirici kullanımı kısa süreli hastalıklarla bağdaştırılsa da kış aylarında %20-30 seviyelerine kadar ortam nemlendirilmesi önerilebilmektedir [42]. Merkezi sistemlerle donatılmış binalarda nemlendirme noktalarının değiştirilmesi tavsiye edilmemektedir. Bu virüs için ısıtma, soğutma veya nemlendirmenin herhangi bir şekilde etkisinden bahsedilemediği için bu sistemlerin normal şekilde çalıştırılmaya devam edilmesi tavsiye edilir.

### 8.3.4. Isı Geri Kazanım Cihazları

Bir ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemi ikiz bir serpantin ya da Şekil 8.1’de görülebileceği gibi egzoz ve besleme arasında hava kaçağını tamamen engelleyen bir ısı geri kazanım cihazı ile desteklendiğinde bu sistemde virüs iletimi bir sorun değildir [43].

Çizelge 8.1 Isı geri kazanım cihazlarının karşılaştırılması [43]

	<b>Plakalı Tip</b>	<b>Tamburlu Tip</b>	<b>Heat Pipe</b>	<b>Bataryalı Tip</b>	<b>Thermosifon</b>	<b>İkiz Kuleler</b>
<b>Hava Akış Yöntemleri</b>	Ters Akışlı Çapraz Akışlı Paralel Akışlı	Ters Akışlı Paralel Akışlı	Ters Akışlı Paralel Akışlı	Ters Akışlı Paralel Akışlı	Ters Akışlı Paralel Akışlı	
<b>Ekipman Debi Aralığı</b>	100 m <sup>3</sup> /h ve daha üstü	100- 100.000 m <sup>3</sup> /h arası	200 m <sup>3</sup> /h ve daha üstü	200 m <sup>3</sup> /h ve daha üstü	200 m <sup>3</sup> /h ve daha üstü	
<b>Isı Transfer Şekli ve Verimlilik</b>	Duyulur (%50-80) Toplam (%55-85)	Duyulur (%50-80) Toplam (%55-85)	Duyulur (%45-65)	Duyulur (%55-65)	Duyulur (%40- 60)	Duyulur (%40-60)
<b>Yüzey Hızı</b>	0,5-5 m/s	2,5-5 m/s	2-4 m/s	1,5-3 m/s	2-4 m/s	1,5-2,2 m/s
<b>Basınç Kaybı</b>	25-370 Pa	60-250 Pa	100-500 Pa	100-500 Pa	100-500 Pa	170-300 Pa
<b>Çalışma Sıcaklık Aralığı</b>	(-60)/800 °C	(-55)/95 °C	(-40)/35 °C	(-45)/500 °C	(-40)/40 °C	(-40)/46 °C
<b>İki Hava Arasındaki Kaçak Oranı</b>	%0-5	%1-10	0%	0%	0%	0,025%

Bazı sistemlerde bulunan ısı geri kazanım cihazları, havanın ihtiva ettiği kirleticileri sızıntılar nedeniyle egzoz kanalı üzerinden besleme kanalı yardımıyla ortamdaki ortama taşıyabilir. Bu konuda ısı geri kazanım cihazları içerisinde en dezavantajlı olan rotorlu havadan havaya ısı geri kazanım cihazlarıdır. Özellikle bakımları zamanın yapılmayan ve kötü tasarıma sahip bu tür bir ısı geri kazanım cihazı önemli sızıntılara sebebiyet verebilmektedir.

Düzgün çalışan rotorlu sistem için sızıntıların pratikte % 0-2 aralığında olması göz ardı edilebilir bir değerdir. Sızıntının mevcut sistemlerde % 5'in altında olması ve dışarıdan ortama aktarılan taze hava miktarının artırılması ile telafi edilmelidir. Fanların egzoz havası tarafında daha yüksek bir basınç oluşturacak şekilde monte edilmiş olması rotorlu ısı eşanjörlerinin kurulumunda yapılan en büyük hatalardan biri olmaktadır. Bu durum egzoz kanalındaki havanın besleme kanalındaki havanın içerisine sızmasına ve havanın içinde bulunan kirleticilerin ortamlara dağılmasına neden olur.

Prosedürlere uygun şekilde monte edildiğinde ısı eşanjörlerinin yüzeylerinde neredeyse sıfıra yakın sızıntıların olduğu ve bu sızıntıların tütün dumanı ve diğer kokular gibi kirleticilerle sınırlı olduğu gözlemlenmiştir [44]. Bu sistemlerde sızıntının büyük bir bölümü besleme kanalı ile egzoz kanalı arasındaki basıncın farklı olmasından kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Sızıntının önüne geçilmesi için rotorun pasif hale getirilmesi sadece küçük bir etkiye sahip olacağından bu işleme ihtiyaç duyulmamaktadır. Havalandırma oranlarının nominal oranda tutulabilmesi için bu cihazların aktif olarak çalışmasının faydası olduğu gözlemlenmiştir. Hava akış hızının düşük olduğu durumlarda kaçakların daha yüksek olacağı bilinmekte olup bu nedenle bu durumun önüne geçebilmek için daha yüksek havalandırma oranlarının kullanılması tavsiye edilmektedir.

### **8.3.5. Merkezi Resirkülasyon Kullanılmaması**

Pandemi boyunca HVAC sistemlerinde genel tavsiye merkezi sirkülasyonun önlenmesi yönündedir. Emiş kanallarındaki kirlilik merkezi sistem bünyesindeki resirkülasyon ile binaya tekrar girebilir. Otomasyon sistemi yardımıyla ya da manuel kontrollü olarak bu resirkülasyon damperleri kapatılmalıdır.

Bazı klima santrallerinde resirkülasyon bölümleri kaba ve orta sınıf filtrelerle donatılmış olsa da bu filtreler SARS-CoV-2'yi filtreleyebilme özelliğine sahip değildir. Bu yüzden resirkülasyon damperleri kapalı konumda olmalıdır.

Resirkülasyonun önlenemediği sistemlerde dış hava miktarını mümkün olduğunca arttırmak önem arz etmektedir. Bu şekilde kirli ortam havasındaki risk en aza

indirgenmiş olur. dönüş havasından partikülleri ve virüsleri temizlemek için daha hassas filtreleme özelliğine sahip HEPA filtrelere de daha çok gereksinim duyulacaktır. Lakin, HEPA filtrelerin getirmiş olduğu daha yüksek basınç düşüşü ve sahip oldukları çerçevesi özel yapıları bu filtre türünün montajını genellikle zorlaştırmaktadır. HEPA filtrelere alternatif olarak farklı dezenfeksiyon yöntemleri geliştirilmektedir. Merkezi sistemlere ve kanallara montajı açısından daha pratik ultraviyole ışınım sistemleri bu alanda büyük kolaylık sağlamaktadır. Teknik olarak mümkünse mevcut filtrelerin yerine bu filtrelerin bir üst sınıfı olan filtrelerin takılması önerilmektedir. Egzoz fanının basınç değerinin artırılması hava akış hızını değerini azaltmadan sağlanmaktadır. Düşük verimli mevcut filtreler yerine egzoz filtrelerine ePM1 %80 –eski normlara göre F8 olarak adlandırılan)- filtreleriyle değiştirilmesi sistem güvenilirliğini arttıracaktır.

### **8.3.6. Oda Seviyesi Sirkülasyonu**

Merkezi sistemin olmadığı ve fancoil, split klima gibi ünitelerin olduğu ortamlarda öncelik yeterli dış hava havalandırması sağlamaktır. Çünkü bu cihazların görevi daimi olarak iç ortam havasını devridaim etmektir. Mekanik havalandırma sistemlerinden bağımsız olan bu ünitelerin olduğu ortamlarda ortama taze hava sağlamak için iki alternatif vardır:

- İç ortama bağlanacak olan CO<sub>2</sub> monitörleri ile ortamın havasının tazeliği gözlenerek duruma göre aktif olarak pençelerin açılması sağlanabilir.
- Bağımsız, resirkülasyon sistemi olmayan bir mekanik havalandırma sisteminin kurulumu ile her zaman yeterli dış hava beslemesi sağlanabilir.

İlk seçenekte belirtilmiş olan monitörlerin kullanımı önemlidir. Çünkü iç ortamın konfor seviyesini arttıran fancoil ve split klima üniteleri nedeniyle iç ortamdaki havanın kalitesinin düştüğünü anlamak uzun sürebilir [45].

### **8.3.7. Kanal Temizliği**

Merkezi sistemler tarafından hava yoluyla SARS-CoV-2 virüsüne ait aerosollerin iletimini önlemek amacıyla bu sistemlere ait kanalların temizlenmesi gerektiğine dair

pek çok görüş ve öneri söz konusudur. Lakin kanal temizliği ortamlar arasında etkili değildir. Çünkü ısı geri kazanım cihazı ve resirkülasyon tedbirlerine uyulduğu takdirde merkezi havalandırma sistemleri bir enfeksiyon dağıtım kaynağı değildir. Merkezi havalandırma sistemlerinde hava akışı devam ettiği sürece ilgili damlacık çekirdeklerinin tutunup kalabileceği bir kanal yüzeyi söz konusu değildir. Bu nedenle pandemi öncesinde süregelen kanal temizliği planını değiştirmeye gerek görülmemektedir. Bu sistemlerde en önemli tedbirler; resirkülasyondan kaçınmak ve maksimum taze hava oranını ortama sağlamaktır [45].

### **8.3.8. Hava Filtreleri**

COVID-19 ile birlikte havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde gündeme gelen en önemli konulardan biri de bu sistemlerin içinde bulunan ve havayı belli mikrodaki partiküllerden arındırmaya yarayan filtrelerdir. Soluduğumuz hava içerisinde yer alan viral partiküllerin boyutu en küçük 0,2  $\mu\text{m}$ 'dir. F8 sınıfı filtrelerin yakalamış olduğu partikül boyutundan daha küçüktür. Yine de havadaki partiküllerin çoğu filtrelerin yakalama kapasitelerinin dahilindedir. Normal projelendirmede ısı geri kazanım cihazları ve resirkülasyon bölümleri ekipmanı toza karşı koruma için orta veya kaba sınıfa ait filtrelerle tasarlanmıştır. Bu filtreler havadaki belli boyuttaki partikülleri yakalamayı başarsa da viral boyuttaki partiküller için yetersiz kalacaktır.

Filtre değişiminde normal bakım prosedürleri esas alınmaya devam edilebilir. Bu süreç içerisinde normal şartlar altında geçerli olan bakım ve değişim uygulamaları aynı şekilde devam etmelidir [45].

### **8.3.9. Bakım Personeli için Güvenlik Prosedürü**

Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin bakımı ile ilgilenen personel gerekli standart güvenlik prosedürlerine uymazsa, planlı bakım, inceleme veya planlı filtre değişimi sırasında risk altında olabilir. Bu durum sadece COVID-19 için geçerli olmayıp daima sistemde bulunan filtre, hava kanalları ve ısı geri kazanım cihazlarının yüzeylerinde canlı organizmalar olabilme ihtimali mevcuttur. Özellikle son zamanlarda enfeksiyonun görüldüğü ortam ve binalarda ehemmiyet kazanmaktadır.

Bakım esasına göre değiştirilecek olan filtreler eldiven ve solunum koruyucu güvenlik ekipmanları yardımıyla değiştirilmeli ve mühürlü çantalarla atılmalıdır [45].

### **8.3.10. Oda Hava Temizleyicileri ve Ultraviyole Antiseptik Işınım (UVGI)**

Oda temizleyicileri prensip olarak dış hava havalandırmasına benzer bir etki sağlarlar. Bu etkiyi bünyelerinde bulunan HEPA filtreler sayesinde yani son adımdaki HEPA filtreleri sayesinde gerçekleştirirler. Ortamdaki havayı alarak n filtremeden geçirdikten sonra son adım olarak HEPA filtreden geçirip ortama tekrar vererek odadaki partiküllerin uzaklaştırılmasına yardımcı olurlar. Oda havası temizleyicileri yerine elektrostatik filtreleme prensiplerini kullanan cihazlar da genellikle aynı verimlilikle çalışır. Kapasiteleri küçük olduğundan üzerlerinden geçen hava akışı sınırlıdır. Bu nedenle etki ettikleri taban alanı oldukça küçüktür. Eğer hava temizleyiciler geniş alanlarda tercih edilecekse bu cihazların insanların yoğun olduğu ortamlara yakın olması tercih edilmelidir. Aktif mikroorganizmaları inaktif hale getirebilmek için ultraviyole dezenfeksiyon yöntemi, özellikle sistemde egzoz havasının kullanıldığı ortamlarda ortamdaki toplanarak sisteme aktarılan kirli hava kanallarına monte edilebilir. Günümüzde çoğunluklar sağlık ve gıda alanında kullanılan bu cihazların bilirkişiler tarafından doğru seçilip ve yerleştirilmesi önem arz etmektedir. Kısa vadede oda temizleyicileri ortam havalandırması için mantıklı görünse de uzun süreçlerde gerekli taze hava değerlerini elde edebilmek için havalandırma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır [45].

### **8.3.11. Tuvalet Kapağı Kullanımı**

Hava kanalları tarafından egzoz edilen kirli hava içerisindeki damlacık ve damlacık kalıntılarının salınımını en aza indirmek için tuvaletlerin kapaklarını kapatarak sifon çekmek önerilmektedir [46-47]. Bu durum yayılacak olan damlacıkların egzoz havalandırması ile diğer ortamlara taşınım ihtimalini en aza indirecektir.

### **8.3.12. Kapatma Sonrası Lejyonella**

COVID-19 salgını süresince otelleri tatil beldeleri, eğitim kurumları, spor tesisleri, spor salonları, yüzme havuzları, hamamlar gibi insanlar arası temasın yüksek olduğu ve yayılımın daha hızlı olabileceği bu yerler başta olmak üzere havalandırma ve iklimlendirme sistemleri ve su sistemleri ile donatılmış pek çok tesis ve bina uzun süre kullanımında azalma ya da tamamen kapanma yaşadı.

HVAC ve su sistemlerine sahip pek çok tesis duraklamada ya da tamamen kapanmada, bu sistemlerin içinde dolaşımında olan suların duraklamasına neden oldu. Bu durgunluktan sonra tekrar tam çalışmaya başlayan bu sistemlerdeki su Lejyoner (Lejyonella) hastalığı riskini artırma ihtimali ortaya çıkmaktadır [48].

Bu nedenle sistemin yeniden aktif edilmesinden önce su ile ilgili kapsamlı analizler yapılmalı ve buna istinaden sistemde gerekli görülen bakım prosedürü uygulanmalıdır. Risk değerlemesinden ve gerekiyorsa bakım prosedürü uygulandıktan sonra yeniden çalıştırma prosedürleri kapsamında sistem aktif hale getirilmelidir [49].

### **8.3.13. İç Hava Kalitesi (IAQ)**

Ortamlar iyi havalandırılmadığında ortamda bulunan aerosoller çapraz kontaminasyon riskini arttırmaktadır. Havalandırmanın hibrit veya doğal olduğu ve kontrolün bina sakinlerinde olduğu alanlarda; özellikle sınıflar, toplantı salonları, restoranlar gibi insan yoğunluğunun yüksek olduğu ortamlarda havalandırmanın durumunu belirleyebilmek için CO<sub>2</sub> sensörleri kurulmalıdır.

## **8.4. HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNDE ALINABİLECEK KAPSAMLI ÖNLEMLER**

SARS-CoV-2'nin bulaşıcılığının fiziksel mesafenin göz ardı edilmesi ve basit olarak yetersiz havalandırmanın olması ile ilgili olduğunu mevcut bilgiler ışığında söylenebilir. Havalandırma, standartlar ışığında kişi başına ihtiyaç duyulan 10 L/s taze havadan yaklaşık olarak 5 ile 10 kat daha az seviyede olan ve havalandırmanın kişi

başına 1-2 L/s olduğu yerlerde çok yüksek yayılma olayları görülmektedir. Burada bizim için önemli olan bu virüsün havadan yayılımını engelleyebilmek için ne kadar havalandırmaya ihtiyaç olduğu, havanın ortama nasıl yayıldığı ve odanın hacmi gibi diğer faktörlerin neler olduğunun ortaya çıkarılmasıdır. Mevcut durum ve cevaplanamayan sorular düşünüldüğünde bu konunun pek çok belirsizliği de beraberinde getirdiği kaçınılmaz bir gerçektir.

Enfekte olmuş bir kişiden saçılan aerosoller 1,5 metreden daha uzak bir mesafede havalandırma çözümleri ile kontrol altına alınabilir. Ortamda virüsle temas halinde olduğunda bu temastan sağlanan doz miktarı; yoğunluk ve zamanın çarpımına eşittir. Bu nedenle doz miktarını ve enfekte olma riskini en aza indirebilmenin en önemli çözümü ortamın taze hava ile havalandırılması ve ortamda bulunma süresinin azaltılmasıdır. ISO 17772-1:2017 ve EN 16798-1:2019'a göre ofislerde kat birim alanı başına 1,5-2 L/s (kişi başına 10-15 L/s) ve toplantı odalarında ve sınıflarda kat birim alanı başına yaklaşık 4 L/s'yi (kişi başına 8-10 L/s) varsayılan debi olarak kabul edilir. Enfeksiyon riski günümüzde havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tasarlanırken proje aşamasında tasarım kriteri olarak göz önüne alınmamaktadır.

Çapraz bulaş riskine karşılık hastane binalarının tasarımında saatte 6-12 hava değişimi (ACH) uygulanmaktadır. Hastane sistemlerinin çapraz bulaş göz önüne alınarak tasarlanmasından dolayı COVID-19 süresi boyunca hastaneler iyi sonuçlar ortaya çıkardılar. Bu durum da bizlere yüksek kapasiteli havalandırmanın virüs konsantrasyonunu düşük seviyelerde kontrol altında tutabildiğini göstermektedir. Hastane dışındaki ortamlarda hastaneye nazaran daha düşük bulaş riski ve buna istinaden daha az sayıda enfekte insan bulunmaktadır. Bu nedenle bu ortamlar için hastanelerden daha düşük bir taze hava debisi uygun görülebilir [50].

Mevcut standartlara göre açık plan ofisler, sınıflar, iyi havalandırılan restoranlar ve 1,5 saatten az olan alışveriş merkezleri enfeksiyonun makul ölçüde düşük olduğu alanlardır. İnsan yoğunluğunun az olduğu küçük ofis odaları ve küçük toplantı alanları mesafe şartlarının yerine getirilememesinden dolayı daha yüksek risk taşırlar. Bu nedenle herhangi bir salgın söz konusu olduğunda hacimce küçük alanlar yalnızca bir kişi tarafından etkin ve risk faktörü düşük bir şekilde kullanılabilir. Normal bir şekilde



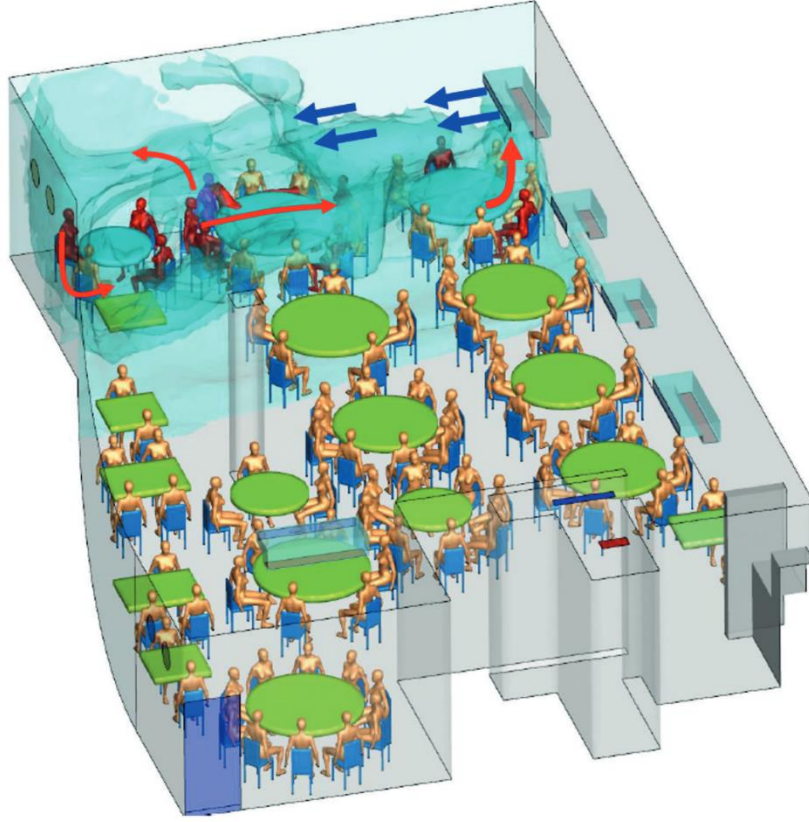
havalandırılması yapılan bir küçük alanın içerisinde tek kişi bulunduğunda enfeksiyon riski minimum düzeye inmektedir.

Havalandırma performansını izleyerek iç hava kalitesini takip etmenin en kolay yolu CO<sub>2</sub> sensörlerinin kullanılmasıdır. Bu sensörlerden alınan değerler mahalın kullanımı sonrasında ortamın taze hava durumu hakkında yeterince fikir verir. Ortam havalandırmasının düzgün bir şekilde sağlandığı alanlarda CO<sub>2</sub> konsantrasyonu sınıf ve toplantı odalarında 30 dakikada, iş yerlerinde ve ofis gibi ortamlarda bir saatten daha kısa sürmektedir.

Sabit tutulan hava debisinde, fiziksel mesafe ya da idari önemlerle mahalın kullanım yoğunluğu azalırsa CO<sub>2</sub> konsantrasyonu da düşüş eğiliminde olacaktır.

Hava hareketi genellikle ısı konfor şartı kategorisinde değerlendirilse de taşıyıcı bir kişinin olduğu mahallerde bu ifade farklı bir anlam kazanabilir. Damlacık çekirdeklerinin hava yoluyla iletimi bilinen bir durumdur. Enfekte bir kişinin bulunduğu bölgede oluşan ya da yönlendirilen bir hava hareketi bu kişiden yayılan damlacık çekirdekleri mahalın bir diğer ucuna kolaylıkla taşıyıp yayılmasına sebebiyet verebilir. Merkezi olmayan klima sistemleri bu amaca tam anlamıyla hizmet etmektedirler. Çünkü bu sistemler taze hava ihtiyacını kendi bünyelerinde karşılayamadıkları için sürekli olarak ortam havasını sirküle etmekle görevlidirler. Eğer ortamda enfekte bir kişi var ise Şekil 8.4'te görüldüğü gibi bu cihazlar o kişiden saçılan damlacık çekirdeklerini daha uzun mesafelere iletilmesini kolaylaştırırlar. Split klimalar bu konuda ana neden olarak görülmesi de bu cihazlar yardımıyla yönlendirilen hava damlacık çekirdeklerinin yayılımının ana nedenidir [51].

Bu nedenle yönlendirilmiş hava akışının bundan sonraki vizyonda mahallerdeki hava dağıtımının tasarımı yapılırken ciddiye alınması ve göz ardı edilmemesi gerektiği ortaya çıkmıştır [51].

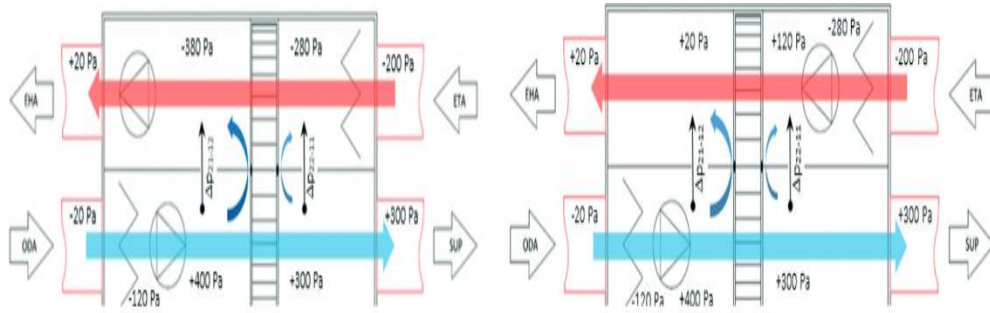


Şekil 8.4. Kapalı ortamdaki havanın sirkülasyon yoluyla dağılımı [51]

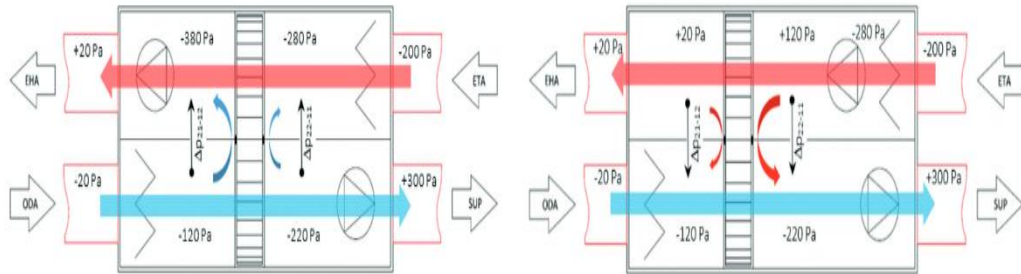
Hava dağıtımını oda içerisindeki damlacık çekirdeklerinin yönlendirilmesi konusunda hayati öneme sahip olabilir. Bu damlacık çekirdeklerini hem bölgesel olarak azaltabileceği gibi hem de arttırabilme gücüne sahiptir. Havalandırma miktarını arttırmak damlacık çekirdekleri için etkili bir yöntem olarak görünse de kötü tasarlanmış hava dağıtımını nedeniyle bu durum ortamda bulunan insanların aleyhine dönebilir. Çünkü arttırılan havalandırma miktarı ile yanlış hava dağıtımını teneffüs bölgesindeki virüs konsantrasyonunu arttırabilir.

Hava eşanjörü vasıtasıyla dağıtım havasına ortamdaki toplanan egzoz havasının sızıntı oluşturmasının ana göstergesine Egzoz Havası Transfer Oranı (EATR-Exhaust Air Transfer Ratio) denir. EATR, akış yönündeki taze hava tarafı ( $p_{22}$ ) ile akış yönünün tersi yönündeki kirli hava tarafının ( $p_{11}$ ) arasındaki basınç farkını ifade eder. Bu fark değeri sızdırmazlık tipine ve koşullara bağlıdır. Tasarımı kurallara uygun olarak yapılmış, montajı düzgün olan ve bakımları periyodik olarak yapılan bir rotorlu ısı geri kazanım cihazının besleme havası akışına viral malzemelerle kirlenmiş egzoz havasının sızması genellikle çok düşük bir ihtimaldir. Yine de AHU (air handle unit)

fanlarının yanlış montajı ve yerleşimi içeride doğru bir basınç dengesi oluşturmadığında sızıntı boyutu önemli ölçüde artabilir [51]. Rotorlu bir ısı geri kazanım cihazında hava kaçaklarının nedeni aşağıdaki birkaç faktöre bağlıdır. İç sızıntıların önüne geçmenin ön koşulu, fanların doğru konumlandırılmasıdır. Projelerde sıklıkla tavsiye edilen konfigürasyon sistemde bulunan fanların havanın akışı yönünde konumlandırılmasını içerir (bkz. Şekil 8.5). Sızıntıların önlenmesi için en uygun konfigürasyon ise sistemde bulunan fanların bina tarafına yerleştirildiği durumdur (bkz. Şekil 8.6).



Şekil 8.5. Projelerde sıklıkla belirtilen fan yerleşim şekli [51]



Şekil 8.6. Sızıntıların önüne geçilebilmesi için fanların yerleşim şekli [51]

İzolasyon odaları gibi özel hasta odaları hava yoluyla enfeksiyon bulaşmasına karşı havalandırma sistemleri özelinde oldukça geliştirilmiştir. Bu odalarda uygulanan, çevre odalar ve mahallere hava yoluyla mikrop iletiminin engellenmesi ve etkin havalandırma ile mikropların konsantrasyonunun azaltılması prensipleri enfekte ve yayılım riskini oldukça düşürmektedir. Hastane içindeki bir enfekte kişinin bulunduğu odadan hava yoluyla diğer ortamlara ve odalara bulaş riskini taşımamak için bu odayı diğer odalardan negatif basınçla koruma önemlidir. Son olarak yaşadığımız COVID-19 pandemisinde geçici olarak kurulan hastane uygulamaları kapsamında enfekte

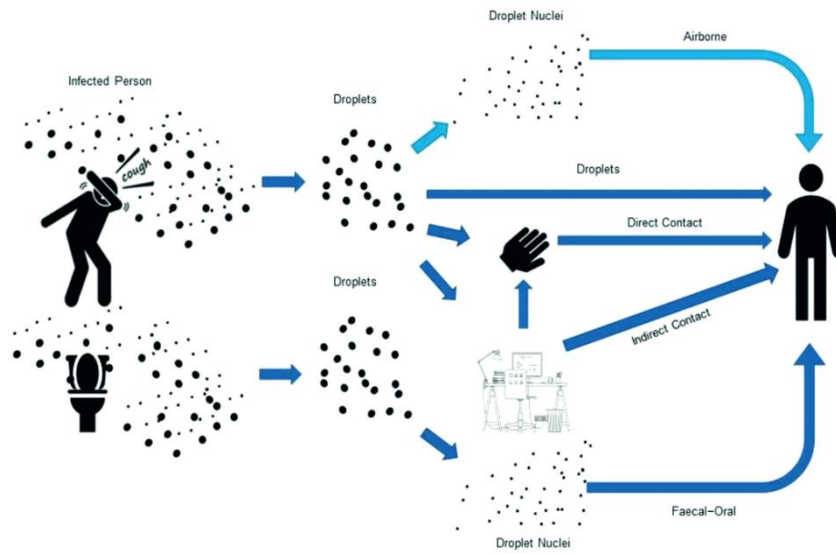
olmuş hastaların buldukları odaların işletimi hususunda birkaç özel öneri sunulmuştur. Sunulan bu öneriler yerine getirildiğinde ise COVID-19 için yeterli enfeksiyon riski kontrolü sağlanmıştır. Buna göre;

- Normal hasta odalarının hava değişimi saatte en az 4 ACH olmalıdır.
- Hava yoluyla taşınmanın önüne geçmek için kullanılıyor ise de en az 6 ACH olarak izolasyon odalarının gereksinimlerini karşılayacak şekilde güncellenmelidir.
- Hava yoluyla bulaşıcı izolasyon odası havası çıkışı eğer pençelereler ve taze hava girişlerine yakın ise çapraz bulaş ihtimalinden kaçınmak için HEPA filtre kullanımıyla kirli hava direk olarak dışarıya tahliye edilmelidir.
- Taze hava kanallarının her bir bölüm için ayrı olduğundan, bina için ortak olmadığından emin olun.
- Ortamın ihtiyaç duyacağı taze hava debisinin, mevcut izolasyon odaları için 6-12 ACH, yeni yapılar için ise en az 12 ACH olmalarına dikkat edilmelidir.
- Hava akışının hastanenin koridorlarından hasta odasına doğru akışını yönlendirebilmek için negatif basınç farkı  $\geq 5$  Pa olmalıdır.
- Egzoz havası, hasta yatağına en yakın konumda konumlandırılmış olmalıdır.
- Odanın hava sızdırmazlık izolasyonunun düzgün olması önemlidir.
- Fan arızası ya da negatif basınç farkının sağlanamadığını ivedi fark edebilmek için gerekli sensör ve alarm sistemleri kurulmalıdır.
- Hasta odasından ve lavabolardan egzoz edilen hava resirküle edilmeden direk olarak egzoz sisteminden tahliye edilmelidir.
- Hasta odaları için mümkünse kapı açılıp kapandığında sızıntı oluşmaması için hava kilidi kullanılmalıdır.

Doğal havalandırma kullanılıyorsa yeterli taze miktarı daima sağlanamayabilir ve bu yüzden daha yüksek havalandırma debisi tavsiye edilir. Doğal havalandırma yalnızca uygun iklim koşullarında kullanılabilir.

Önleyici bir tedbir almadan önce enfeksiyonun nasıl bulaştığına dair bir anlayış farkındalığı gerekmektedir. SARS-CoV-2'nin bulaş yolu ile ilgili temelde 4 yol karşımıza çıkmaktadır.

- Ortak yaşam alanlarında konuşma, öksürme ve hapşırma yoluyla 1-2 metreden daha yakın temaslarda,
- Özellikle kapalı ortamlarda havanın sirküle veya dezenfekte edilmemesinden kaynaklı uzun saatler ortamda kalabilen damlacık çekirdeklerinin Şekil 8.7’de görüldüğü gibi hava yolu ile bulaşması,
- Yüzey teması yoluyla,
- Fekal-oral yolla.

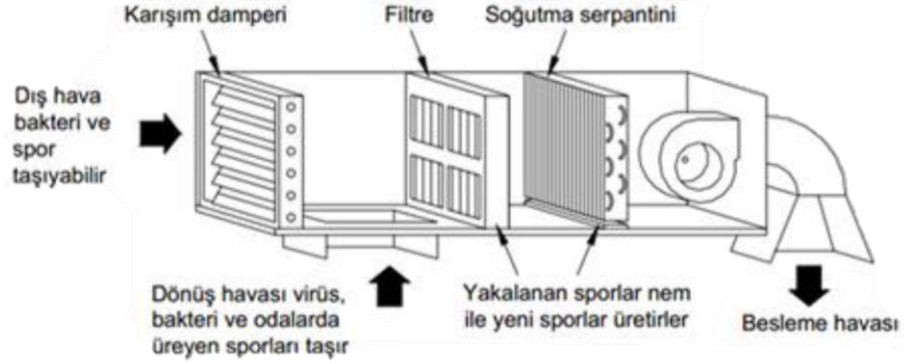


Şekil 8.7. Kişilerden ve ortamlardan yayılan damlacıkların dağılımı [52]

İşverenler ve bina sahipleri için yayınlanan tüm önerileri, semptomların izlenmesine, mesafenin korunmasına ve hijyen kurallarına özen gösterilmesine dikkatleri çekmektedir. Enfeksiyon riskini minimum düzeyde tutmanın en önemli yollarından bir diğeri de havalandırma ve sıhhi tesisat ile ilgili önlemler tavsiye edilmektedir.

İnsan sağlığı açısından patojenlerin havadaki partiküller ile bir araya gelerek tehlike oluşturması bilinmektedir. Bu organizmalar ile bulaşan grip, tüberküloz gibi üst solunum yolu hastalıkları ile milyonlarca insanın her yıl ölmesine ve tedavi için maddi kayıp vermesine yol açmaktadır [52]. Bu sebeple bu organizmaların ortamdaki yoğunluğunun azaltılarak ortamdaki uzaklaştırılması ve inaktive edilmesi ortam havasını tehlike arz eden durumdan uygun duruma geçirmek ve iç hava kalitesinin artırılmasını sağlam önem taşımaktadır. İç hava kalitesini artırma işlemi kapalı

mahaller için havalandırma ile sağlanır. Ancak havalandırma sistemleri ile iç hava kalitesini arttırmayı amaçlarken aynı zamanda tam tersi yönde bu sistemlerin Şekil 8.8'de görüldüğü gibi iç ortam havasındaki patojen konsantrasyonunu arttırabileceği epidemiyoloji çalışmaları ile görülmektedir [53]. Başka bir ifadeyle dış havada ve sistem ekipmanlarında görülen kirlilik bu hususta önem arz etmektedir.



Şekil 8.8. Mikroorganizmaların iklimlendirme ve havalandırma santralleri aracılığıyla çoğalması ve dağılımı [53]

Bulaşıcı virüs ve bakteriler, iç ortam içerisinde genellikle aksırma ve tıksırma diye ifade ettiğimiz tükürük salgılarının etrafa saçıldığı yollarla yayılmaktadır. İlgili havalandırma sistemlerinde geri dönüş havasının kullanıldığı karışım havalı sistemlerde ise bu organizmalar tekrar sisteme dahil olup daha çok kişiye bulaşabilmektedirler. Bu sistemlerdeki filtreler, serpantinler, nemlendirme ve yoğuşurma ekipmanları bu organizmaların konup, konaklayabileceği en ideal yüzeylerdir. Kış ve yaz aylarında havanın belli oranda nemlendirilmesi ile sistemin sürekli neme maruz kalıyor olması veya sistem bakımlarının düzenli periyotlarda yapılmıyor olması bu organizmaları konak konumuna getirir. Konak durumundaki bu organizmalar hava sirkülasyonu devam ettiği sürece havanın her döngüsünde iç ortama yayılır ve insanlar için ciddi tehlikeler oluşturur. Sistemdeki konaklar dışında sisteme dışarıdan alınan taze havadaki patojenler de ortam havasına dahil olduğunda enfekte insan sayısındaki artış daha hızlı ve fazla olacaktır [54-55-56]. Günümüz sistemlerinde hava filtrasyonu iç ortamdaki hava kalitesinin kontrolünde ve dışarıdan içeriye girme ihtimali olan kirleticilerin engellenmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir [57]. Önceleri bu filtre sistemlerinin iklimlendirme sistemlerinde kullanılma amacı sistem içinde bulunan ısıtma, soğutma, nemlendirme ve yoğuşurma serpantinlerinin

yüzeylerinde tutunabilecek parçacıkları engellemekti. Zamanla bu kullanım alanı genişlemiş ve iç ortam havasının daha kaliteli ve sağlıklı olabilmesi için filtre sistemlerine bir hedef tahsis edilmiştir.

Bu sistemlerde hava kalitesini kontrol altında tutabilmek ve havayı patojenlerden arındırabilmek için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri de filtre sistemleridir. Filtrasyon sistemlerinin yapılan çalışmalar neticesinde havanın içerisinde yer alan patojenlerden arındırmada etkili bir yöntem olduğu görülmektedir [58-59]. Lakin kullanılan bu filtrelerin yüzeylerinde zamanla biriken toz, kir, partikül ve patojen ve mikroorganizmalar kanal içerisinde uygun şartlar oluştuğunda üreyebilir ve iç ortam havasının kalitesini düşmesine sebep olabilirler. Bu şekilde havayı arıtmak için kullandığımız filtre sistemleri patojen silahı haline dönüşebilir [60]. Yüzey kirliliği artan bu filtreler aynı zamanda geçirgenlikleri de azalacağından sistemin daha fazla enerji harcamasına ve verimsiz çalışmasına da sebebiyet verecektir.

Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri içerisinde hava yolu ile iç ortama taşınabilecek olan mikroorganizmaların kontrol altında tutmak için kullanılan yöntem ultraviyole antiseptik ışınım (UVGI) yöntemidir. Bu yöntemle amaç sistem içerisindeki dönüş havasının ve dışarıdan alınan taze havanın içerisinde bulunabilecek biyolojik ve kimyasal kökenli kirleticileri inaktive etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin çalışma şekli klasik yöntemdeki filtrelerin çalışma şeklinden farklıdır. UVGI yönteminde klasik filtrelerin aksine zararlı ve kirletici partiküllerin boyutları bir kriter değildir. Fakat havanın ihtiva ettiği kirletici türünün biyolojik yapısı bu yöntem için önem arz etmektedir. Ultraviyole ışınlarından 254 nm boyutundaki UV-C ışınları organizmaların direkt olarak DNA ve RNA moleküllerine hasar vermekte ve onların kendilerini yenileme, büyüme ve çoğalma gibi yaşamsal ve sürdürülebilir faaliyetlerini etkisiz hale getirmektedir. UVGI teknolojisi yüzey dezenfeksiyonlarında yaygın bir şekilde kullanılan bir yöntemdir.

Bu yöntemle yapılan hava dezenfeksiyon şeklini özetlemek gerekirse; belirli dalga boylarına sahip UV ışınımı saçan özel lambalarla sistem içinden geçen havanın ihtiva ettiği mikroplar, organizmalar ve patojenler etkisiz hale getirilir. Bu özel lambalar sistem içerisinde bir etki alanı oluşturmaktadır ve iç ortama gönderilecek olan havanın

bu alandan geçirilmesi gerekmektedir. Böylece hava ile taşınan mikroorganizmalar bu özel lambalardan yayılan ışınlarla maruz kalarak ve biyolojik birleşimlerine bağlı olarak bünyelerine etkileyen UV ışınları ile hasara uğramış ya da inaktive edilmiş olurlar. Çünkü biyolojik birleşimleri ne kadar güçlü ise bu ışınların etkiye süresi de değişmektedir. Ayrıca bu mikroorganizmaların bu ışınlarla olan duyarlılığı da inaktivasyonun başarılı ya da başarısız olmasını etkileyen bir diğer önemli etkidir.

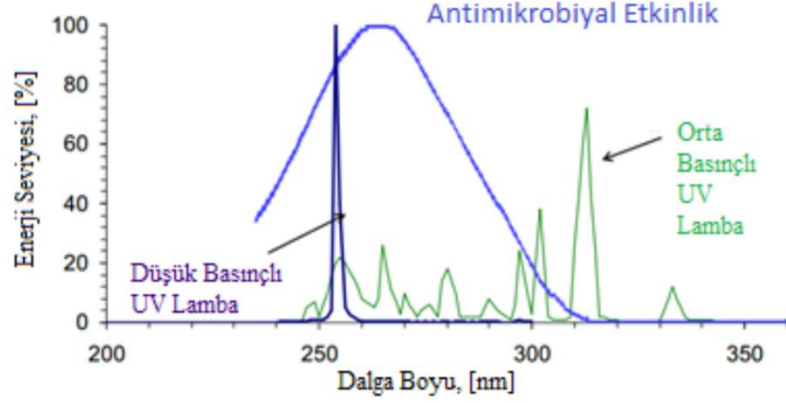
Havadan bulaş yoluyla enfekte olmamıza neden olan tüberkülozun bulaşma riskini %70 gibi ciddi bir orandan azalttığı ifade edilmektedir [61]. Bu ışınların dezenfeksiyon amaçlı pek çok kullanım alanları vardır. Ameliyathaneler, laboratuvarlar, steril odalar, biyolojik güvenlik kabinleri UVGI teknolojisinin kullanıldığı başlıca yerlerdir. Ayrıca insanların ortak olarak kullandıkları ve popülasyonun yoğun olduğu yerlerde de (avm, kreş, kafeteryalar, jimnastik salonları, vb.) iklimlendirme ve havalandırma sistemleri ile havanın içinde yer alan zararlı bileşenlerin etkinliğini düşürerek hastalıkların hava aracılığı ile bulaşmasının önüne geçilmeye çalışılmaktadır.

## **8.5. UV LAMBALAR**

Düşük basınçlı (0.93 Pa) cıva lambaları ise UVC bandı içinde çoğunlukla 253.7 nm gibi dar bir aralıkta ışınım yapabilmektedirler. Bunun dışında ise son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte ortaya çıkan UV LED lambalar da bulunmaktadır. Işık yayan diyot (LED) UV lambalar normal lambalardan çok daha küçüktür. Normal lambaların takılmasının mümkün olmadığı yerlere takılır ve geleneksel lambalara göre cıva içermezler. Daha uzun ömürlüdürler [62]. Hava dezenfeksiyon sistemlerinin içerisinde havada bulunan patojenlerin etkinliği düşürmek için genellikle düşük basınçlı cıva buharlı lambalar tercih edilmektedir. Bu lambalar UVC dalga boyu aralığında ışınım yaparlar. Dalga boyunun büyük bir kısmı; neredeyse %90dan fazlası 253.7 nm dalga boyu aralığındadır. İlgili dalga boyu Şekil 8.9'da da görüldüğü gibi antimikrobiyal özellik olarak etkinlik gösteren dalga boyuna (yaklaşık 265 nm) oldukça yakındır [63].



Günümüzde, UVC hava dezenfeksiyon sistemleri %100 taze



Şekil 8.9. Düşük orta dalga boyuna sahip UV lambaların enerji seviyesi ve antimikrobiyal etkinlik grafiği [63]

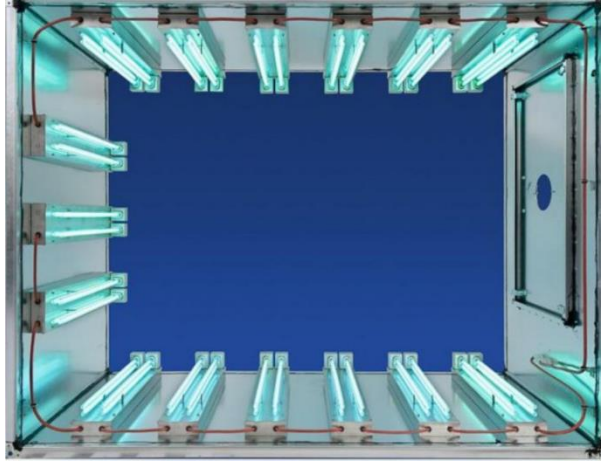
Taze havalı veya karışım havalı sistemlerin içinden geçen havanın insan sağlığı açısından tehlike oluşturabilecek patojenlerden arındırılması amacıyla kullanılmaktadır. Sistem içerisinden geçen havanın, iç ortama nakledilmeden önce kanal ya da sistem içerisinde UVC dezenfeksiyon sistemleri tarafından oluşturulan alanın içinden geçirilmesi yöntemiyle insanlar için tehdit oluşturan patojen mikroorganizmaların ortadan kaldırılmış olur. Havanın içerisinde bulunan bu organizmalar herhangi bir engel olmaksızın UVC ışınımına maruz bırakılmak suretiyle havanın içerisinde yer alan zararlı mikroorganizmalardan hava arındırılmış olur. Günümüz koşullarında iç mekan havasının arındırılabilmesi için çeşitli UVC sistemler kullanılabilir. Bu sistemler genel olarak;

- Kanal içi UVC sistemler (In duct UVC systems)
- Üst oda UVC sistemler (Upper-Room UVC systems)
- Resirkülasyonlu UVC sistemler (Recirculating stand alone UVC systems)

### 8.5.1. Kanal İçi UVC Sistemler

Bu sistemler günümüzde havalandırma veya iklimlendirme sistemlerinden geçen havayı ortama taşımakla olan görevli kanalların içerisine yerleştirilebilir.

Sistemden gerekli işleme tabi olan hava iç ortama gitmeden önce kanal ya da kanallar içerisinde oluşturulmuş UVC dezenfeksiyon alanlarından geçerek insan sağlığını tehdit edecek organizmalardan arındırılmış olur. Bu sistemler kanal içerisinde havanın dezenfeksiyonunu sağladığı gibi aynı zamanda kanaldan ya da kanallardan geçen havanın kanal yüzeylerine sürtünerek bırakmış olabileceği organizma tortularını da temizleyebilir yani aynı zamanda yüzey dezenfeksiyonu olarak da işlev görebilir.



Şekil 8.10. Kanal içi UV sistem örneği [64].

İklimlendirme ve havalandırma sistemlerinde genel olarak hava 2-2,54 m/s hızlarda akmaktadır. Bazı durumlarda bu değer 8-10 m/s hızlara kadar ulaşabilmektedir [64]. Hava taşınım hızı arttıkça UVC etki alanlarından geçişleri daha kısa süreli ve görece olarak daha düşük konaklama süresinde olacağı için daha fazla UVC ışınımına ihtiyaç duyabilirler.

Ayrıca bu lambalar kanal duvarları içerisinde muhafaza edildiğinden kanal dışına sızması ve insan sağlığını tehdit etmesi söz konusu değildir. Bu nedenle bu sistemlerde yoğun ve güçlü ışınımına sahip UVC lambaları tercih edilebilir. Kanalların bu özelliği diğerlerine göre daha çok tercih edilmesini sağlamaktadır.

Bu lambaların diğer bir özelliği ise yüzey dezenfeksiyonudur. Bu sistemler kanal içerisinde bulunan serpantinler ve filtreler gibi mikrobiyolojik kirlenmenin olabileceği yüzeylerin dezenfeksiyonu için de kullanılabilir [65]. Serpantinler ile filtrelerin önlerine ve arkalarına yerleştirilene UVC lambaları ile yüzeyler üzerinde ışınım

oluşturulur. Bu işlemin amacı yüzeylerde oluşan mikroorganizma kümelenmesini engelleyerek sistemlerin içerisinde bu birikimden kaynaklı basınç farkını azaltmak, soğutma ve ısıtma serpantinlerindeki ısı transferini iyileştirmek ve kanal içi elemanların bakım giderlerini azaltarak ömürlerini uzatmaktır. Bu da enerjiden tasarruf etmemizi sağlayacaktır [66]. Yüzey dezenfeksiyonu için yerleştirilen UVC lambalar kanal içlerindeki hava dezenfeksiyonu için yerleştirilen lambalara göre daha düşük güçtedir.



Şekil 8.11. UV lambaların serpantin, filtre yüzeylerine ve santral çıkışlarına yerleştirilmesi [65].

Serpantinlerin yüzey dezenfeksiyonunda ilgili UVC lambalar genellikle serpantinlerden hemen önce konumlandırılır. Bunun sebebi havanın içinde bulunan partiküller serpantin yüzeyine temas etmeden bu lambalarda gerekli inaktivasyon işleminin sağlanmasıdır. Serpantinlerinin bulunduğu yer yüksek bağıl nem (>%70) ve yüksek sıcaklık (>30 °C) koşullarına sahiptir. Sıcaklık UVC lambalarına katkı sağlarken yüksek bağıl nem tam tersine inaktive edilecek patojenleri bu lambalara karşı dirençli hale getirebiliyor. Bu lambaların soğutma eşanjörlerinin hemen arkasına yerleştirilmesi dezenfeksiyon işlemine olumsuz yansiyabilir. Çünkü soğutma eşanjörü üzerinden geçen hava daha da soğuyacağından lamba performansı bu durumdan olumsuz etkilenecektir [67].

### 8.5.2. Üst-Oda UVC Sistemler

Bu cihazlar hastane, okul, ameliyathane, kreş, barınak, kafe gibi yerlerde havanın içerisinde taşınan ve enfeksiyona sebebiyet verebilecek zararlı organizmaları mahalın içerisinde inaktive etmek ve canlılar için daha steril bir ortam yaratmak için kullanılmaktadırlar [68]. Bu sistemlerde içerisinde en az bir adet UVC led lambanın bulunduğu cihazlar kullanılmaktadır.



Şekil 8.12. Mahal içerisinde tavana yakın monte edilen bir UVC cihazı [69]

Bu cihazlar dezenfeksiyonun gerçekleştirileceği mahalın tavanına ya da tavana yakın yan duvarlarına konumlandırılırlar. Bu armatürlerin önünde klimalarda hava için olduğu gibi belirli bir açıda ışın yapmasını sağlayan yönlendiriciler bulunur. Bu yönlendiriciler sayesinde canlılara zarar verebilecek ışınlar mahalın taban kısmına ulaşmamış olur. Kanal içinde oluşturduğumuz UV alanını burada mahalın tavan kısmında oluşturmuş oluruz. Gerek doğal gerek ise zorlanmış dolaşım ile mahalın içindeki havanın üst bölüme doğru geçişi sağlanarak sirkülasyon gerçekleştirilmiş olur [69].

### 8.5.3. Resirkülasyonlu UVC Sistemler

UVC led lamba içeren oda içi için tasarlanmış olan sirkülasyon üniteleri, mahal içerisindeki havanın bir fan yardımıyla emilip mahale tekrar verilmeden önce UVC ışın alanından geçirilmesi prensibine dayanarak çalışan ünitelerdir. Bu sistemler kanal için UV sistemlerinin çalışma sistemi ile benzerlik gösterir. Kapalı ortamda mahal havasında bulunan ve sağlığı olumsuz etkileyebilecek biyolojik kökenli kirleticilerin

yoğunluğunu azaltmak amaçlı olarak kullanılırlar. Taşınabilir olmakla birlikte sabit bir noktaya da montajlanabilirler. Taşınabilir olması nedeniyle insanlar tarafından ortak olarak kullanılan çeşitli alanlarda(hastane, asansör, uçak vb.) kullanım kolaylığı sağlarlar. Hava akışı ayarlanabilir [70].

## **8.6. KANAL İÇİN UVC SİSTEMLERİNDE DEZENFEKSİYON PERFORMANSI NELERE BAĞLIDIR?**

Genel olarak; lambanın ışınımının şiddeti, kanal içerisindeki lambalardan yayılan ışınımın dağılımı, zararlı organizmaların ışınım alanında bulunma süresi, organizmaların ışınımına olan hassasiyeti, santral içerisindeki hava hızı, havanın sıcaklığı ve havanın nem değeri, kanal iç yüzeylerinin ışınımı yansıtıcılığı, kanal içi hız profili ve bu lambaların kanal içerisindeki yerleşimi gibi pek çok faktör dezenfeksiyon performansına etki etmektedir.

Lambanın yaydığı ışınımın şiddeti, lambanın birim yüzey alanı için üretebildiği güç karşılık gelmekte olup, birimi  $W/m^2$ 'dir. Bu ışınımın şiddeti lambanın konumlandırıldığı noktadan itibaren mesafelere göre ters orantılı bir değişiklik göstermektedir. Yani lambaya yakın bölgelerde ışınım şiddeti yüksek iken lambadan uzaklaştıkça ışınım şiddeti üstel artış/azalış bir azalım eğilimindedir. Bu nedenle kanalın içerisinde düzensiz bir ışınım dağılımı söz konusudur. Alandaki ışınım dağılımı lambanın performansına direkt olarak etki etmektedir. Bu lamba kanal içerisindeki hava hızından ve havanın sıcaklığından direkt olarak etkilenmektedir [71]. Genel olarak, bir havalandırma ve iklimlendirme sistemine ait kanal içindeki havanın hızı 2-2,54 m/s'dir ve UVC lamba ile dezenfeksiyon sistemleri de bu havanın akış hızlarına göre tasarımı yapılmaktadır. 30 °C'nin altında ve 60 °C'nin üzerindeki hava sıcaklıklarına maruz kalarak bu şartlarda çalışan UV lambaların ömürleri daha kısa olmaktadır. Bu şartlar lambaların gücüne de olumsuz etki ederek lambanın gücünde %70'e varan bir oranda düşüş meydana gelmesine sebebiyet vermektedirler [72].

Bu verim düşümünün önüne geçmek için hava sıcaklık farklarının yüksek olduğu led UV lambaları yerine amalgam olarak adlandırılan UV lambalar tercih edilmektedir. Sıcaklık değişimleri bu amalgam lambalar üzerinde olumsuz etki yaratmamaktadır.

Kanal içindeki lambanın performansını etki eden diğer bir faktör ise kanal iç yansımadır. İç yüzeylerin yansıtıcılığına bağlı olarak kanalın içindeki ışınım yoğunluğunun değeri değişkenlik gösterebilmektedir. Böylece lamba veya lambaların performansı da doğru orantılı olarak artıp ya da azalabilmektedir. Yansıma düzeyini dikkate alarak yapılan tasarımlarda ışınım dağılımının seviyesini ve oluşturulan ışınım bölgesinin yoğunluğunu arttırmak mümkün olabilmektedir [73].

Kanaldaki havanın hızı, bu hızın akış profili ve lamba veya lambaların yerleştirildiği konum performansını doğrudan etki eden diğer faktörlerdir. Havanın akış hızı ve profili patojen organizmaların kanal içerisinden geçerken ışınım alanında bulunma sürelerini ve yörüngelerini etkilemektedir. Bu durum ise bu organizmalara etkiyen ışınım dozunda belirleyici rol oynamaktadır. Işınım alanından geçen havanın içinde bulunan patojenlerin lambalara yakın olarak geçenlerle uzak olarak geçenler arasında maruz kaldıkları ışınım dozu farklılık gösterecektir. Yakın olanlar daha fazla ışınım dozu alacakken uzak olanlar daha az ışınım dozu almış olacaktır [73].

Kirletici organizmaların ultraviole ışınları ile olan temasları karmaşık bir süreçtir. Bu temas süresi boyunca önümüze çevresel ve biyolojik etmenlerin bir kombinasyonu çıkar. Her bir organizmanın bu ışınlara karşı doğal yapılarında var olan bir hassasiyet değeri vardır. Bu değer, tüm çevresel etkenlerin sabit olarak ayarlandığı bir ortamda mikroorganizma popülasyonunun ultraviole ışınlarından etkilenme oranı olarak ifade edilir. Hassasiyet değeri yüksek olan organizmalar hızlı bir şekilde dezenfekte olabilirken hassasiyeti düşük olan organizmalar UV ışınımına karşı direnç göstermekte ve dezenfeksiyon süresi uzamaktadır. UV ışınımına her bir organizmanın göstermiş olduğu direnç biyolojik kökenli oldukları için farklılık gösterebilmektedir [73].

## BÖLÜM 9

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin hayatımızdaki önemini üzerinde durulmuştur. Hayatımızın yaklaşık %80'inden fazlasını kapalı ortamlarda (ev, iş, avm, vb) geçiriyoruz. Bu ortamlarda aynı anda birden fazla insanla bulunmak ortamdaki havanın kirlenmesine sebep olduğunu ve dolayısıyla konfor alanının da bu durumdan direkt olarak negatif etkilendiğini gözlemledik. Düşen konfor şartı ile birlikte ortamda bulunan canlı varlıkların sağlıkları tehdit altına girmektedir. Bu nedenle ortam havasının belirli şartlar altında devir daim edilmesi, gerekiyorsa ısıtma ya da soğutma işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte havanın içinde barındırdığı genellikle canlılar tarafından taşınan patojenlerin de bu cihazlar yardımıyla ortamdan uzaklaştırılmasının canlı sağlığı açısından faydaları üzerinde durulmuştur. Özellikle son yıllarda artan virüs çeşitliliği ile birlikte geçmişten gelen virüslerin ve canlı organizmasında mutasyon sonucu oluşan yeni türlerin oluşturduğu tehditler göz ardı edilemeyecek boyuttadır. Bu yakın bir tarihte Çin'in Wuhan eyaletinde ortaya çıkan ve çok hızlı bir yayılım karakteristiğine sahip olan Covid-19 olarak adlandırılan Sars-CoV-2 virüsü ile tecrübe edilmiştir. Bu virüsle birlikte insanlığı temizliğin, hijyenin ne kadar önemli olduğunu, temiz havanın ne kadar önem arz ettiğini bir kez daha tecrübe etmiştir. Daha önce karşılaşmamış olunan bu virüs türüne karşı tüm Dünya'nın savunmasız kaldığı ve kişisel ve toplumsal temizliğe özen gösterilmesinin önerilmesinin yanı sıra hiçbir önerinin sunulmadığı bu virüs insanlık için büyük bir sınav haline dönüşmüştür. Kısa sürede tüm Dünya'ya yayılmasıyla ve ölümlü sonuçlara neden olmasıyla birlikte tüm Dünya'da pandemi olarak nitelendirilmiştir. Covid-19 pandemisiyle birlikte hayatlarının %80'inden fazlasını kapalı ve kalabalık ortamlarda geçiren insanların bu virüs karşısında alabilecekleri tedbirler sınırlı kalmıştır. Pek çok iş yerinin kapatıldığı, pek çok şirketin evden çalışma yöntemini uyguladığı ve hatta ülkelerin vatandaşlarına tam veya kısmi zamanlı olarak sokağa çıkma yasağı uyguladığı görülmüştür. Bu durum ülkeler ve ülke

ekonomileri için sürdürülebilir olmadığı için insanların normal hayatlarına dönebilmeleri için bilim insanları var gücüyle çalışmış ve kapalı ortamlardaki faaliyetlerin sürdürülebilmesi için bir takım öneriler sunmuştur. Bu öneriler kapsamında iklimlendirme ve havalandırma sistemi durmaksızın çalışacak ve ortamdan toplanan hava sisteme tekrar gönderilmeyecekti. Sistemler içerisinde yer alan filtrelerin bakımları periyodik olarak yapılmaya devam edilecekti. Ortamlardaki insan yoğunluğu sayısı azaltılarak bulaş riski en düşük seviyede tutulmaya çalışılacaktı. Lakin taşıyıcı konumundaki insanlar tarafından havaya ve ortama yayılan, bulaşan virüslerin dezenfekte edilebilmesi için yöntem arayışları devam etmekteydi. Bu konuda birçok fikir ortaya atıldı. Kimyasal yollarla temizlemek akla gelen ilk yöntemdi ve mevcut süreçte zaten uygulanıyordu. Isı ile dezenfeksiyon işlemi virüsün karakteristiği üzerinde tam olarak bilgi sahibi olunamaması nedeniyle etki yoğunluğu hakkında ne yazık ki bilgi edinilemedi. Ozon dezenfeksiyonu ile ortamdaki virüsleri uzaklaştırmak etkili yöntemler arasında gösterilmektedir. Lakin ozonun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden çekinilmektedir. Ve bu yöntemler mekan içerisinde anlık olarak canlı varken uygulama olanağı kısıtlı olan yöntemlerdir. Bu yüzden daha çok canlı aktivitesinden sonra uygulanabilecek yöntemler olarak listede yerlerini aldılar. Bu liste içerisinde canlı ve cansız organizmalar üzerinde etkinliği neredeyse kesin gözüyle bakılan ultraviyole (UV) ışınları beraberinde pek çok soru işaretini de beraberinde taşıdı. UV ışınlarının insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, virüs karakteristiği hakkında yetersiz bilgiye sahip olunması ve uygulama koşulları bilim insanlarını derin bir araştırma sürecine itti. Laboratuvar ortamında yapılan testlerde UV ışınlarının virüsler üzerinde etkinliği bilinen bir gerçektir lakin her virüs için farklı UV uygulamaları söz konusu idi. Buradaki asıl sorun Sars-CoV-2 hakkında literatürde ya da laboratuvar ortamında neredeyse hiç bilgiye sahip olunmamasıydı. Bu yüzden UV ışınlarının hangi yoğunlukta, ne kadar etki süresinde, hangi konumda, hangi hava hızlarında ve hangi çalışma şartlarında etkili olacağına dair pek çok soru işareti halen mevcudiyetini korumaktadır.

%100 taze havalı sistemlerin enerji tüketimindeki gözle görülür artışının sürdürülebilir olmadığı bir gerçektir. Bu enerji tüketimini minimize etmek için tercih edilen yöntemlerden biri olan karışım havalı sistemler ne yazık ki pandemi şartlarında etkinliğini zorunlu olarak yitirmişlerdir. Bu nedenle Covid 19 gibi hava yoluyla



enfeksiyon artışı gözlenen pandemilerde enerji maliyetlerini optimum seviyede tutarak havanın dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda bu konuda henüz net bir sistem önerisi geliştirilememiş olsa da çalışmalar devam etmektedir.

Önümüzdeki yıllarda küresel ısınmanın etkisiyle buzullar altında kalan pek çok hastalığın ortaya çıkmasıyla ve bu mevcut virüslerin mutasyona uğrayarak tekrar farklı şekillerde hayatımıza dahil olmasıyla bu konu sıcaklığını korumaya ve önem arz etmeye devam edecektir. Özellikle dezenfeksiyon sistemlerinin HVAC sistemlerine entegrasyonu ciddi önem arz etmektedir. Çünkü bu vesileyle karışım havalı sistemler yerine %100 taze havalı yüksek verimli filtreler ve özel dezenfeksiyon sistemleri ile donatılmış yeni santraller karşımıza çıkacaktır. Pandemi süresi boyunca da gözlemlediğimiz üzere hastanelerin bu süreçteki yükü çok artmıştır. Geliştirilecek olan etkili ve yeni bir sistem en çok bu kurumlara rahat bir nefes aldıracaktır. Mevcut süreçte yer alan %100 taze havalı yüksek hava değişim katsayısına sahip negatif basınçlı ve yüksek verimli filtrelerle sahip santraller ile etkili bir süreç yönetilmiş olsa da bu süreçte; enerji, filtre bakım ve değişimi, kanal temizliği hususlarında ciddi soru işareti ve problemler oluşmuştur.

Bu pandemi ile birlikte iklimlendirme ve havalandırmanın günümüzde büyük bir önem arz ettiğini, sağlıklı bir şekilde konfor alanında hayatımızı idame ettirebilmemiz için bu sistemlere kapalı alanlarda büyük görevler düştüğünü öğrendik. İlerleyen süreçlerde bu sistemlere entegre edilecek pek çok sterilizasyon sistemleri araştırılacaktır. Filtre teknolojisinin bu pandemi ile birlikte yeni bir sayfa açtığını da şüphesiz savunabiliriz.

Bu tez ile birlikte; havanın canlılar için hayati önem taşıdığını, bu konuda kapalı ortamlarda iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin insan sağlığının bir parçası olduğunu irdeledik. Dezenfeksiyon sistemleri üzerindeki belirsizlik ve uygulanabilirlik önümüzdeki birkaç yılın yoğun konularından birisi olacaktır.

İklimlendirme sektöründe çalışan mühendis, tekniker ve personeller için önem arz eden birkaç husus bulunmaktadır. Bu süreçte sistemler %100 taze havalı ve yüksek verimli olsa dahi bu sistemlerin düzenli olarak santral, kanal ve filtre bakımları ile gerekli değişimlerinin yapılması önem arz etmektedir. Dışarıdan alınan taze hava

serpantin ve filtrelerin yüzeyinden geçerken mikroorganizmalar bu bölgelerde zamanla birikebilir. Bu birikme sonucunda santraller işlevini yitirecek ve kapalı ortamda bulunan insanlar için tehdit oluşturacaktır. Bu nedenle bakım ve değişim hususunda hassasiyet gösterilmesi önerilmektedir.

Bu sistemler için lokal olarak havanın kontrolünün yapılması pandemi sürecinde önemlidir. Çünkü mahaller arası hava geçişi mahalde bulunan insanların taşıyıcı olabilme ihtimali göz önünde bulundurulduğunda hastalığın yayılmasını destekleyici yönde olacaktır. Bu nedenle hem hava geçişinin kontrolü hem de mahalde bulunan canlı yoğunluğuna göre taze hava ihtiyacının karşılanması önerilmektedir.

Pandemi süreci boyunca kapalı alanlarda canlıların yaşadığı ortamlardan toplanan kirli havanın kontrollü bir şekilde binanın üst tarafından dışarıya atılması gerekmektedir. Bu işlem yapılırken bu havanın sokaklara ya da insanların bulunduğu ortamlara egzost edilmemesine dikkat edilmelidir. Bu havanın harici bir sisteme aktarılarak orada dezenfekte edilmesi ya da canlılar ile temas etmeyecek şekilde bir tahliye metodu geliştirilmesi önerilmektedir.

Mikroorganizmaların en sevdiği hususlardan birinin nem olduğundan bahsedilmiştir. Özellikle kışın pandeminin yayılma sürecinde nemlendirmenin yayılımı daha çok tırmandıracağı aşikardır. Bu nedenle bu süre zarfında santrallerde bulunan nemlendirme serpantinlerinin devre dışı bırakılması önerilmektedir. Özellikle nem geçişinin olduğu tamburlu ısı geri kazanım cihazının bulunduğu santrallerde bu sistemin devreden çıkarılması önerilmektedir. Nemlendirmeye ihtiyaç duyulan ortamlar için bu işlemin lokal olarak kontrollü yapılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. ISISAN Çalışmaları No.305 Klima Tesisatı, syf.9-11
2. Bulgurcu, H. , Havalandırma Yöntemleri, syf.22-25
3. Ceylan, A., “İklimlendirme Sistemlerinin Yapı İçi Hava Niteliği Üzerindeki Olumsuz Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 41, 2011
4. Müezzinoğlu, A. , Hava Kirliliğinin Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 0908.87.DK.006.042, İzmir, 1987
5. Korkmaz, A., Hastane İklimlendirme Sistemlerinde Filtre Seçimi ve Filtrenin Önemi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 98, s.27, 2007
6. Korkmaz, A., Hastane İklimlendirme Sistemlerinde Filtre Seçimi ve Filtrenin Önemi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 98, s.29, 2007
7. MØLHAVE, L., SCHNEIDER, T., KJÆRGAARD, S.K., LARSEN, L. NORN, S., JØRGENSEN, O., House dust in seven Danish offices, Atmos. Environ., 34, 4767-4779, 2000
8. Hoda, N., İklimlendirme Sistemlerinde İç Hava Kalitesi için Havanın Filtrelenmesi, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, s.287, 2015
9. MØLHAVE, L., KJÆRGAARD, S.K., ATTERMANN, J., Respiratory effects of experimental exposure to Office dust, Indoor Air, 15, 376-382, 2004
10. Hyttinen, M., Pasanen, P., Kalliokoski, P., Reactions of ozone on clean, dusty and sooty supply air filters, Atmos, Environ. 40, 315-325, 2006.
11. Hyttinen, M., Pasanen, P., Sajo, J., Bjorkroth, M., Vartianen, M., Kalliokoski, P., Reactions of ozone on ventilation filters, Indoor Built Environ, 12, 151-158, 2003.
12. Bekö, G., Halas, O., Clausen, G., Weschler, C.J., Initial studies of oxidation processes on filter surfaces and their impact on perceived air quality. Indoor Air 16, 56-64, 2006.
13. Bekö, G., Halas, O., Clausen, G., Weschler, C.J., Ultra-fine particles as indicators of the generation of oxidized products on the surface of used air filters. In: Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate II, Pekin, Çin. 2006.

14. Uzunoğulları, N. , Gümüş, M. , Virüs Taksonomisinin Tarihsel Gelişimi ve Son Durumu , Bahçe 46(2):51-57 , 53 , 2017
15. Uzunoğulları, N. , Gümüş, M. , Virüs Taksonomisinin Tarihsel Gelişimi ve Son Durumu, Bahçe 46(2):51-57 , 54 , 2017
16. Morse ve ark. 2012. Bir sonraki pandemik zoonozun tahmini ve önlenmesi. Lancet, 380, 195665.
17. İnsanların ve Gezegenin Sağlığını Korumak, WWF Türkiye, 7-12, 2020
18. Wang ve ark. 2020. “Mevcut kanıtlar ışığında 2019’da ortaya çıkan yeni koronavirüsün (COVID19) analizi”, International Journal of Antimicrobial Agents:105948.
19. Lu ve ark 2020. “Yeni 2019 koronavirüsünün genomik özellikleri ve epidemiyolojisi: virüs kökenleri ve reseptör bağlanması etkenleri” Lancet, 395:565-74. doi: 10.1016/ S01406736(20)30251-8.
20. Covid-19 (Sars-CoV-2 Enfeksiyonu), “Genel Bilgiler, Epidemiyoloji ve Tanı”, Bilimsel Danışma Kurulu Çalışması, 11-17, Sağlık Bakanlığı, 2020
21. Ceyhan, Y., “TiO<sub>2</sub> ile Suların Fotokatalitik Dezenfeksiyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 5, 2011
22. Military Medical Operations. Armed Forces Radiobiology Research Institute. Decontamination Techniques. In: Medical Management of Radiological Casualties. 3rd Edition. Bethesda, Maryland; 2010. p. 44-46.
23. Dolapçı, İ., “Sterilizasyon ve Dezenfeksiyon” , Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, 2015-2016
24. Dolapçı, İ., “Sterilizasyon ve Dezenfeksiyon”, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, 6-9, 2015-2016.
25. Polat, H. “Dezenfeksiyon Amaçlı Ozon Kullanımı”, SÜMAE Yunus Araştırma Bülteni, 9:2 Dergipark, 2009
26. Polat, H. “Dezenfeksiyon Amaçlı Ozon Kullanımı”, SÜMAE Yunus Araştırma Bülteni, 9:2 Dergipark, 2009
27. Ceyhan, Y., “TiO<sub>2</sub> ile Suların Fotokatalitik Dezenfeksiyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 12-19, 2011
28. Özkütük, N., “Ultraviyole Lambalarının Kullanımı” , Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, 5. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 2007

29. ASHRAE Handbook, “Ultraviolet Lamp Systems” , HVAC Systems and Equipment, Chapter 17, 2016
30. Doremalen et al, 2013. Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions. European communicable disease bulletin 18(38): 1-4.
31. Doremalen et al, 2020. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. N Engl J Med 2020; 382:1564-1567. DOI: 10.1056/NEJMc2004973
32. “Koronavirüs (SARS-CoV-2) hastalığının (COVID-19) işyerlerinde yayılmasını önlemek için HVAC ve bina hizmetleri nasıl çalıştırılır ve kullanılır?”, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Not: 18, 12-18, Aralık 2020.
33. WHO, COVID-19 technical guidance: Guidance for schools, workplaces & institutions. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/guidance-for-schools-workplaces-institutions> (Retrieved March 21, 2020)
34. Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare. Q & A on novel coronavirus (for general public)
35. İnternet: .Nishura et al, 2020., <https://doi.org/10.1101/2020.02.28.20029272>
36. Allen and Marr, 2020. Re-thinking Potential for Airborne Transmission of SARSCoV-2. Preprints 2020, 2020050126 (doi: 10.20944/preprints202005.0126.v1)
37. İnternet: WHO, 2020d. Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. Scientific Brief, 9 July 2020. <https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>
38. “Hierarchy of Controls. Centers for Disease Control and Prevention”, US CDS 2015.
39. İnternet: Guidelines for the implementation of non-pharmaceutical interventions against COVID-19. European Centre for Disease Prevention and Control, 24 September 2020. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/covid-19-guidelines-non-pharmaceutical-interventions>
40. İnternet: Chin et al, 2020. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. The Lancet Microbe. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3)
41. Doremalen et al, 2020. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. N Engl J Med 2020; 382:1564-1567. DOI: 10.1056/NEJMc2004973

42. İnternet: Fennelly KP, 2020. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. Lancet Respir Med 2020. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30323-4](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30323-4)
43. Milton et al, 2001. Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints. Indoor Air 2001.
44. Han et al, 2005. An Experimental Study on Air Leakage and Heat Transfer Characteristics of a Rotary-type Heat Recovery Ventilator. International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration 13(2): 83-88.
45. İnternet: REHVA COVID-19 kılavuz belgesi, 3 Nisan 2020, <https://ttmd.org.tr/haberler/rehva-covid-19-kilavuz-belgesi-yayinlandi>
46. Wargocki, P., & Faria Da Silva, N. A. (2012). Use of CO2 feedback as a retrofit solution for improving air quality in naturally ventilated classrooms. Healthy Buildings, Brisbane, Australia.
47. Best et al, 2012. Potential for aerosolization of Clostridium difficile after flushing toilets: the role of toilet lids in reducing environmental contamination risk. The Journal of hospital infection 80(1):1-5.
48. Yavuz, C. I., “Su Kaynaklı Bir Hastalık Olarak Lejyoner Hastalığı ve Çevresel Sürveyans” , Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Türk Mikrobiyal Cem. Dergisi, 2018;48(4):211-227,
49. Water, sanitation, hygiene and waste management for COVID-19. World Health Organization, Geneve., WHO, 2020.
50. The Global Impact of Respiratory Disease, Second Edition (2.baskı), Sheffield, European Respiratory Society, FIRS, 2017.
51. Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat E-Dergisi, Türkiye Tesisat Mühendisleri Derneği, Ekim-Aralık 2020 , Sayı:128
52. Luongo, J., C., Fennelly, K., P., Keen, J. A., Zhai, Z., J., Jones, B., W. ve Miller, S., L., 2016. Role of Mechanical Ventilation in the Airborne Transmission of Infectious Agents in Buildings, Indoor Air, 26, 5, 666-678
53. Menzies, D., ve Bourbeau, J., Building-Related Illnesses, New England Journal of Medicine, 337, 21, 1524-1531., 1997.
54. Thrasher, J., D. ve Crawley S., The Biocontaminants and Complexity of Damp Indoor Spaces: More than What Meets the Eyes, Toxicology and Industrial Health, 25, 10, 583-615., 2009.

55. Cowling, B., J., Ip, D., K., Fang, V., J., Suntarattiwong, P., Olsen, S., J., Levy, J., Uyeki, T., M., Leung, G., M., Malik Peiris, J., S., Chotpitayasunondh, T., Nishiura, H., ve Mark Simmerman, J., Aerosol Transmission Is An Important Mode Of Influenza A Virus Spread, *Nature Communications*, 4, 1., 2013.
56. Antusheva, E., Mironuk O., Tarasova I., Eliseev P., Plusnina G., Ridell M., Larsson O. Ve Mariyandyshev A., Outbreak Of Tuberculosis In A Closed Setting: Views On Transmission Based On Results From Molecular And Conventional Methods, *Journal Of Hospital Infection*, 93, 187-190., 2016.
57. Fisk, W., Faulkner, D., Palonen, J. ve Seppanen, O., Performance and Costs of Particle Air Filtration Technologies, *Indoor Air*, 12, 4, 223-234., 2002.
58. Kowalski, W., J. ve Bahnfleth, W., P., Airborne Respiratory Diseases and Mechanical Systems for Control of Microbes, *HPAC Heating, Piping, Air Conditioning*, 70,7., 1998.
59. Kowalski, W., J. ve Bahnfleth, W. P., Airborne-Microbe Filtration in Indoor Environments, *HPAC Heating, Piping, Air Conditioning Engineering*, 74, 1, 57-69., 2002.
60. Goswami, T., K., Hingorani, S., K., Greist, H., Goswami, D., Y. ve Block, S.S., Photocatalytic System to Destroy Bioaerosols in Air, *J. Adv. Oxid. Technol.*, 4, 185–188., 1999.
61. Escombe, A., Gilman, R., Navincopa, M., Ticona, E., Mitchell, B., Noakes, C. ve Evans, C., Upper-Room Ultraviolet Light and Negative Air Ionization to Prevent Tuberculosis Transmission, *PLoS Medicine*, 6., 2009.
62. Bilenko, Y., Lunev, A., Hu, X., Deng, J., Katona, T. ve Zhang, J., 10 Milliwatt Pulse Operation of 265 nm AlGaN Light Emitting Diodes, *Japanese Journal Of Applied Physics*, 44, 3, 98-100, 2004.
63. Kowalski, W., *Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009.
64. Daly, B., *Woods Practical Guide to Fan Engineering*, Colchester, UK, Woods of Colchester., 1992.
65. Firrantello, J., Bahnfleth, W. ve Kremer, P., 2017. Field Measurement and Modeling of UVC Cooling Coil Irradiation for Heating, Ventilating, and Air Conditioning Energy Use Reduction (RP-1738)-Part 1: Field Measurements, *Science and Technology for the Built Environment*, 24, 6, 588-599.
66. Lee, B., Bahnfleth, W. ve Auer, K., Life-Cycle Cost Simulation of In-Duct Ultraviolet Germicidal Irradiation Systems, *Proceedings of Building Simulation, 2009 Glasgow, Scotland.*, 2009.
67. Capetillo, A., *Computational Fluid Dynamic Modeling of In-duct UV Air Sterilisation Systems*, Doktora Tezi, University of Leeds., 2015.

68. Ashrae, ASHRAE Handbook Heating, Ventilating and Air Conditioning Applications. Chapter 60 Ultraviolet Air And Surface Treatment, Atlanta., 2015.
69. Gilkeson, C., ve Noakes, C., 2012. Application of CFD Simulation to Predicting UpperRoom UVGI Effectiveness, Photochemistry And Photobiology, 89, 4, 799-810.
70. Kowalski, W., Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg., 2009.
71. Philips, Effects of Air Temperature and Air Velocity on A Model TUV36W-PLL., 2005.
72. Vanosdell, D. ve Foarde, K., Defining the Effectiveness of UV lamps Installed in Circulating Air Ductwork, Arlington, VA: Air-Conditioning and Refrigeration Technology Institute (ARTI)., 2002.
73. Kowalski, W., J. ve Bahnfleth, W., P., Effective UVGI System Design Through Improved Modelling, Transactions - American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 106, 10., 2000.



## ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Tolunay GÖKER, ilk ve orta öğretiminin bir kısmını aynı şehirde tamamladı. Daha sonra orta öğretimini Sinop'un Boyabat ilçesinde tamamlayarak Mehmet Akif Ersoy Lisesi Fen Bilimleri Bölümü'nden mezun oldu. 2012 yılında Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde öğrenimine başlayıp; bir sene İngilizce hazırlık okuduktan sonra 2017 yılında mezun oldu. Mezuniyeti ile birlikte İstanbul General Filter Havak firmasında Dış Ticaret ve Operasyon departmanında göreve başladı. Yaklaşık 6 aylık bir iş deneyiminin ardından buradan ayrıldı. 2017 yılının Kasım ayında Bursa'da BURKA Enerji Yatırım Elektrik ve Enerji Üretim San. ve Tic. A.Ş. Enerji Sistemleri Mühendisi olarak göreve başladı. 2018 yılının Haziran ayında askerlik nedeniyle bu görevinden ayrıldı. 2023 yılının Mart ayında Vezirköprü Orman Ürünleri ve Kağıt Sanayi A.Ş.'de Satın Alma Mühendisi olarak göreve başladı ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir.