

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN
YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ ÜZERİNDEKİ OLUMSUZ ETKİLERİ**

AYGÜL CEYLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. AYŞE BALANLI**

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ ÜZERİNDEKİ
OLUMSUZ ETKİLERİ**

Aygül CEYLAN tarafından hazırlanan tez çalışması 29.11.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ayşe BALANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ayşe BALANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Leyla TANAÇAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında; asıl amacı kapalı ortamlarda, insanların sağlık ve konfor koşullarını sağlamak olan iklimlendirme sistemlerinin; gereksinmeye uygun tasarlanmamaları, yanlış uygulanmaları ya da doğru kullanılmamaları sonucunda ortaya çıkan sağlık sorunları ve bu sorunları yaratan etkenlere karşı tasarımcıların, uygulayıcıların ve kullanıcıların alabileceği önlemler anlatılmaktadır.

Konu ile ilgili bilgi ve birikimlerinden yararlandığım, tüm çalışmam süresince bana yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ayşe Balanlı'ya ve her zaman yanımda olarak beni destekleyen aileme teşekkür ederim.

Aralık, 2011

Aygül CEYLAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT.....	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	5
1.3 Orijinal Katkı.....	5
1.3.1 Kapsam	5
1.3.2 Varsayım	6
1.3.3 Yöntem	6
BÖLÜM 2	
YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ	7
2.1 Yapı İçi Hava Niteliğini Belirleyen Özellikler	8
2.1.1 Havanın Doğal Karışımındaki Maddeler	8
2.1.2 İç Ortam Hava Sıcaklığı	11
2.1.3 İç Ortam Bağıl Nem Oranı.....	14
2.1.4 İç Ortamdaki Hava Akış Hızı	16
2.1.5 Elektroiklimsel Oluşumlar.....	18
2.2 Yapı İçi Hava Kirleticileri, Kaynaklar, Sınır Değerler ve Neden Olduğu Sağlık Sorunları.....	19
2.2.1 Kirletici Gazlar ve Buharlar	21
2.2.2 Parçacıklar	31

2.2.2.1	Asılı Parçacıklar	33
2.2.2.2	Organizmalar	34
2.3	Yapı İçi Hava Niteliğinin İyileştirilmesi	39
BÖLÜM 3		
İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ		40
3.1	Havalandırma ve İklimlendirmenin Temel İlkeleri	40
3.2	İklimlendirme Sistemleri	42
3.2.1	İklimlendirme Sistemlerinin Bileşenleri	44
3.2.1.1	Klima Merkezi	44
3.2.1.2	Hava Kanalı	48
3.2.1.3	Menfez	49
3.2.1.4	Soğutma kuleleri	50
3.2.2	İklimlendirme Sistemlerinin Türleri	51
3.2.2.1	Temel İşlevine Göre İklimlendirme Sistemleri	51
3.2.2.2	Mevsimlere Göre İklimlendirme Sistemleri	52
3.2.2.3	Donatı Düzenlenmesine Göre İklimlendirme Sistemleri	52
3.2.2.4	Çalışma İlkelerine Göre İklimlendirme Sistemleri	53
BÖLÜM 4		
İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ KAYNAKLI SAĞLIK SORUNLARI		56
4.1	Havanın Doğal Karışımındaki Maddeler ve Kirleticiler İle İlişkili Sağlık Sorunları	59
4.1.1	Genel Alerjik Rahatsızlıklar	61
4.1.2	Alerjik Zatürre	62
4.1.3	Astım	63
4.1.4	Aşırı Duyarlılık Zatürresi	63
4.1.5	Nemlendirici Ateşi	64
4.1.6	Saman Nezlesi ve Alerjik Rinit	65
4.1.7	Deri Alerjileri	66
4.1.8	Bronşit ve Bronşiyolit	66
4.1.9	Lejyoner Hastalığı ve Pontiak Ateşi	67
4.1.10	Aspergilloz	69
4.1.11	Histoplazmoz ve Kriptokokkoz	70
4.2	Sıcaklık Düzeyi İle İlişkili Sağlık Sorunları	71
4.3	Bağıl Nem Oranı İle İlişkili Sağlık Sorunları	72
4.4	Hava Akış Hızı İle İlişkili Sağlık Sorunları	74
4.5	İyon Dengesinin Bozulması İle İlişkili Sağlık Sorunları	76
BÖLÜM 5		
İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ KAYNAKLI SAĞLIK SORUNLARINA KARŞI ALINABİLECEK ÖNLEMLER		78

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER	104
KAYNAKLAR.....	107
ÖZGEÇMİŞ.....	119

SİMGE LİSTESİ

ac/h	air changes per hour-birim saatteki hava değışimi
CO ₂	Karbondioksit
l/s/p	litres per second per person-kişi başına saniyede gereksinim duyulan litre hava
μ	mikron-bir milimetrenin binde biri
mg	miligram
O ₂	Oksijen
O ₃	Ozon
Pa	Paskal
ppm	parts per million-bir milyon toplam hacimdeki kirletici hacmi
pphm	parts per hundered million-yüz milyon toplam hacimdeki kirletici hacmi
ppb	parts per billion-bir milyar toplam hacimdeki kirletici hacmi

KISALTMA LİSTESİ

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienist-Amerikan Endüstriyel Sağlık Bilimcileri Devlet Konferansı
ALA	American Lung Association-Amerikan Akciğer Birliği
ANSI	American National Standards Institute-Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers-Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Topluluğu
CDC	Center for Disease Control and Prevention-Hastalık Denetim ve Önleme Merkezi
CEPA	Canadian Environmental Protection Act-Kanada Çevresel Koruma Heyeti
DIN	Deutsches Institut für Normung-Alman Standartlar Enstitüsü
EPA	United States Environmental Protection Agency-ABD Çevresel Koruma Örgütü
EU	The European Union-Avrupa Birliği
HUD	The US Department of Housing and Urban Development-Amerika Konut ve Kentsel Gelişim Bakanlığı
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning-Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
ICRP	Uluslararası Radyasyon Koruma Komitesi
ISO	International Organization for Standardization-Uluslararası Standartlaşma Örgütü
MAK	Maximale Arbeitsplatz-Konzentration-İzin Verilen Sınır Yoğunluklar (Alman Standardı)
MVOCs	Microbial Volatile Organic Compounds-Mikrobiyolojik Uçucu Organik Bileşikler
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards-Ulusal Atmosfer Havası Kalite Standardı
NAAQOs	CEPA National Ambient Air Quality Objectives-Kanada Çevresel Koruma Hareketi Ulusal Hedefleri
NADCA	North American Die Casting Association-Kuzey Amerika Basınçlı Dökümcüler Birliği
NAIMA	North American Insulation Manufacturers Association- Kuzey Amerika Yalıtım Üreticileri Birliği
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health-ABD İşyeri Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü
OSHA	United States Department of Labour Occupational Safety and Health Administration-ABD İş Güvenliği ve Sağlığı Yönetimi
SBS	Sick Building Syndrome-Sağlıksız Bina Sendromu

TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TVOC	Total Volatile Organic Compound-Toplam Uçucu Organik Bileşik
VDI	Verein Deutscher Ingenieure-Alman Mühendisler Birliği
VOC	Volatile Organic Compounds-Uçucu Organik Bileşik
WHO	World Health Organization-Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 İnsan vücudunda ısı yitimi yolları	12
Şekil 2. 2 Bazı iç hava kirleticilerinin parçacık boyutlarının insan saçı ile karşılaştırılması.....	31
Şekil 2. 3 Bir mantar sporunun gelişimi şeması.....	35
Şekil 3. 1 İklimlendirme işlemleri	41
Şekil 3. 2 Bir klima merkezi ve bölümleri	45
Şekil 3. 3 Bir kanalda ses yutucu düzeninin oluşturulması.....	48
Şekil 3. 4 Çeşitli hava kanalları	49
Şekil 3. 5 Farklı türde menfezler	50
Şekil 3. 6 Bir soğutma kulesi	51
Şekil 3. 7 Havalı iklimlendirme sistemi	53
Şekil 3. 8 Sulu iklimlendirme sistemi	53
Şekil 3. 9 Bir “fan coil”in yapısı	54
Şekil 3. 10 Havalı-sulu iklimlendirme sistemi	55
Şekil 4. 1 İklimlendirme sistemlerinde karşılaşılan kirlilik	57
Şekil 4. 2 Sağlık açısından en uygun bağıl nem değerleri	73
Şekil 5. 1 Ozonun bakteriler üzerindeki etkisi	85
Şekil 5. 2 Kanal temizliğinde kullanılan hareketli fırça, robot sistemi, vakum sistemi ve görüntü kayıt sistemi.....	103
Şekil 5. 3 Ortamdaki menfezlerin konumunun insan konforu üzerindeki etkisi	103

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Havanın doğal karışımındaki gazların hacimsel oranları ve yoğunlukları.....	8
Çizelge 2. 2 Değişik çalışma düzeylerinde bir dakikadaki kalp atışı sayısı ve tüketilen oksijen miktarı.....	10
Çizelge 2. 3 Bazı ortamlarda gereksinim duyulan temiz hava miktarları.....	10
Çizelge 2. 4 Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava sıcaklığı değerleri.....	13
Çizelge 2. 5 Dört kişilik bir konutta üretilen nem miktarları.....	14
Çizelge 2. 6 Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam bağıl nem oranı değerleri.....	15
Çizelge 2. 7 Çeşitli ortamlarda gereksinim duyulan sıcaklık ve bağıl nem oranları.....	16
Çizelge 2. 8 Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava akış hızı değerleri.....	17
Çizelge 2. 9 Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yapı içi buhar durumundaki organik bileşiklerin sınıflandırması.....	23
Çizelge 2. 10 Kirletici gaz ve buhar kaynakları, sınır değerleri ve neden olduğu sağlık sorunları.....	24-30
Çizelge 2. 11 Bazı hava kirleticilerinin boyutları.....	32
Çizelge 2. 12 Parçacık boyutlarına bağlı sağlık sorunları.....	33
Çizelge 2. 13 Parçacık kaynakları, sınır değerleri ve neden olduğu sağlık sorunları.....	37-38
Çizelge 4. 1 Kapalı bir ortamdaki hava akış hızlarına karşı insanların gösterdiği tepkiler.....	76
Çizelge 5. 1 İklimlendirme sisteminin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler.....	79-84
Çizelge 5. 2 NADCA'ya göre havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin denetim süreleri.....	85
Çizelge 5. 3 İklimlendirme sistemi bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler.....	86-102

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ ÜZERİNDEKİ OLUMSUZ ETKİLERİ

Aygül CEYLAN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşe BALANLI

İnsanın temel gereksinmesi yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürebilmesidir. Zamanının büyük kısmını kapalı ortamlarda geçiren insanın, yapı içinde bu gereksinmesinin karşılanmasında yapı içi hava niteliği önemli bir etkindir.

Kapalı bir ortamda, insanların sağlık ve konfor gereksinmelerini karşılaması gereken yapı içi hava niteliği; havanın doğal karışımındaki maddelerin oranının değişmesi, iç ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem oranı, ortam içindeki hava akış hızı ve mekândaki elektroiklimsel oluşumlar ile yapı içi ve dışı kaynaklı hava kirleticileri nedeniyle bozulmaktadır.

İklimlendirme sistemlerinin asıl amacı; iç ortamlarda havanın ısıtılması, soğutulması, nemlendirilmesi ya da neminin alınması, kirleticilerden arındırılması ile uygun hava hareketi ve hızıyla mekânlara dağıtılmasını sağlamaktır.

Yapı içinde, kullanıcı sağlığını bozmayan ve istenen konfor koşullarını gerçekleştiren uygun bir iç ortam havası sağlayan iklimlendirme sistemlerinin; gereksinmelere uygun tasarlanmaması, bileşenlerinin yanlış seçimi, sistem üretimi, uygulanması ve kullanımındaki yanlışlık ve eksiklikler, bakım ve temizliğinin gerektiği süre ve şekilde yapılmamasıyla oluşan kirlilik yapı içi hava niteliğini belirleyen özellikleri olumsuz etkileyerek insanlarda; genel alerjik rahatsızlıklar (baş ağrısı, öksürük, aksırma, yorgunluk vb.) ile alerjik zatürre, astım, aşırı duyarlılık zatürresi, nemlendirici ateşi, saman nezlesi, alerjik rinit, deri alerjileri, bronşit, bronşiyolit, lejyoner hastalığı, pontiak

ateşi, aspergilloz, histoplazmoz ve kriptokokkoz gibi solunum yolu hastalıklarıyla sıkıntı, bunalım, sinirlilik, yorgunluk, çalışma verimi ve üretkenlikte düşme ile kirleticilerle sürekli etkileşim sonucunda ruhsal bozukluklar gibi yapı kaynaklı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

İklimlendirme sistemlerinde sağlık sorunlarına neden olan önemli kirlilik kaynakları arasında; ısıtıcı ve soğutucu bataryalar, su toplama tavaları, kullanılan yalıtım ürünleri, nemlendiriciler, filtreler, hava kanalları ve menfezler ile soğutma kuleleri yer almaktadır.

Varlığı belirlenen sağlık sorunlarına karşı önlem alınabilmesi için önce bu hastalıkların tanımlanması ve iklimlendirme sistemindeki hangi olumsuzluk etkenlerinin bu soruna neden olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Böylelikle sorunun çözümüne yönelik sistemin tasarım, uygulama ve kullanımı süresince alınabilecek önlemler ile oluşabilecek sağlık sorunları önlenabilir ya da varolan olumsuz durumlar denetim altına alınabilir. Yine bu yaklaşımla; tasarımcılar, konu ile ilgili bilgilendirilerek sistem tasarımı konusunda etkin görev almaları ve birçok bilim dalından uzman ile birlikte çalışabilecekleri ortamın hazırlanması sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapı içi hava niteliği, iklimlendirme sistemleri, yapı içi hava kirleticileri, yapı kaynaklı sağlık sorunları

THE NEGATIVE EFFECTS OF AIR CONDITIONING SYSTEMS ON INDOOR AIR QUALITY

Aygül CEYLAN

Department of Architecture

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Ayşe BALANLI

The basic need of all humans is to lead a healthy life. Most of the people spent his most of time indoors and indoor air quality is an important factor when indoors for having this need.

Indoor air quality which has to answer requirements of human's health and comfort in a closed environment impaired cause of the change of the natural mixture ratios of the substances in the air, temperature, relative humidity of the air, air flow speed, electro-climatic formations and air pollutants related with indoor and outdoors.

The main aim of air conditioning systems is to provide of indoor air heating, cooling, humidification or moisture to be taken from air, filtration, adequate air movement and speed of distribution to spaces.

Air conditioning systems provide a suitable indoor air which is to get comfort conditions and not to harm human health in building. But, nondesigned suitable for requirements, wrong choosing of compounds, mistakes and deficiencies of system's production, installing and using, pollution related with no cleaned and maintained adversely affect properties of indoor air quality and cause health problems related with building for humans. These health problems are respiratory diseases such as general allergic disorders (headache, coughing, sneezing, fatigue, etc.), allergic pneumonia, asthma, hypersensitivity pneumonia, humidifier fever, hay fever, allergic

rhinitis, skin allergies, bronchitis, bronchiolitis, legionnaires disease, pontiac fire, aspergillosis, histoplasmosis, cryptococcosis and distress, depression, irritability, fatigue, decreased work efficiency and productivity, mental disorders as a result of continuous interaction with pollutants.

Heating and cooling coils, drain pans, insulation products, humidifiers, filters, air ducts, vents and cooling towers are major sources of air conditioning system's pollution which cause health problems.

Before taking precaution against the health problems, identification of these diseases and negative factors which cause this problem in systems should be known. Thus, can prevented the health problems that may occur and controlled existing negative situations with precautions of during the system design, installing and using time. So it is provided that having informed designers can have active role about system design and preparation of occasion to work together with experts in many branches of science with this approach.

Key words: Indoor air quality, air conditioning system, indoor air pollutants, health problems related with the building

1.1 Literatür Özeti

Yapı, kullanıcıların biyolojik, psikolojik ve sosyolojik gereksinmelerini karşılamak için tasarlanan ve üretilen yapma bir çevredir. Yapıyı kullanan insanın temel gereksinmesi yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürülebilmesi; yapının asıl amacı da insanı, çevredeki olumsuzluklardan koruyup ona güvenli ve uygun bir ortam sağlayarak sağlıklı bir yaşam sunmasıdır [1]. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre sağlık, yalnızca hastalığın yok olması ya da hasta olmama değil, fiziksel, ruhsal ve sosyal açıdan tam olarak iyi olma durumu olarak açıklanmaktadır [2].

Yapı, dış kabuğunun dışında kalan “dış çevre”si ve kabuğun iç kısmında kalan “iç çevre”si ile sınırlanmaktadır. Dış çevre, doğal ve yapma çevreleri içinde barındırırken iç çevresinde ise boyutsal, biçimsel, görsel, işitsel, dokunsal ve atmosferik özellikler yer almaktadır [3]. Zamanının büyük bir kısmını kapalı ortamlarda geçiren insan, yapı iç çevresiyle sürekli etkileşim durumundadır. Yapı içi çevresinin önemli fiziksel özelliklerinden birisi yapı içi havasıdır. Yapı içi havası; dış çevre havası gibi birçok gazın karışımından oluşmaktadır. Yapı içi havasını oluşturan gazların oranı, iç ortam hava sıcaklığı, bağıl nem oranı, ortam içindeki hava akış hızı ve elektroiklimsel oluşumlar havanın niteliğini belirler. Birbirleriyle ilişkili bu özelliklerin kirleticiler nedeniyle olumsuz değişmesi yapı içi havasının kirletici etki göstermesine neden olmaktadır.

Yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde en etkili çözüm yolu; ortama temiz havanın alınmasını, kirlenmiş havanın ise mekândan uzaklaştırılmasını sağlayan “havalandırma” eylemidir. Yapıların havalandırılması doğal ya da yapma sistemlerle gerçekleştirilir.

Doğal havalandırmanın yapılamadığı ya da yetersiz kaldığı durumlarda kullanılan yapma havalandırma sistemlerinde, ortam için gerekli olan hava değişim sayısı, mekanik sistemlerle sağlanarak havalandırma işlemi gerçekleştirilir. Bununla birlikte yapı içindeki insanın sağlık ve konfor koşullarının sağlanabilmesi için havanın kirleticilerden temizlenmesi, iç ortamdaki havanın ısıtılması, soğutulması, uygun hava hareketi ve hızıyla ortama verilmesi, nemlendirilmesi ya da neminin alınmasına gereksinim duyulmaktadır. Bu gereksinimlerin karşılanması amacıyla tasarlanan ve kullanılan “iklimlendirme sistemleri”nin amacı; yapı içinde, kullanıcı sağlığını bozmayan ve istenen konfor koşullarını gerçekleştiren uygun bir iç ortam havası sağlamaktır. Ancak bu sistemlerin, kendileri de bir kirlilik kaynağı olabilmekte ve yapı içi hava niteliği üzerinde olumsuz etkiler yarattığı durumlarla karşılaşmaktadır. İklimlendirme sistemleri;

- Kullanılacağı ortamdaki insanların sağlık ve konfor gereksinimlerinin doğru belirlenmemesi,
- Gereksinmeye uygun şekilde tasarlanmaması,
- Uygulama ve kullanımındaki yanlışlık ve eksiklikler,
- Sistem bileşenlerinin yanlış seçimi,
- Bakım, onarım ve temizliğin gerektiği sürede ve şekilde yapılmamasıyla sistem içerisinde, parçacık kirleticileri ile uygun yaşama ve çoğalma ortamları bulan mikroorganizmaların neden olduğu kirlilik ya da dış çevredeki kirliliğin sistem bileşenleriyle iç mekânlara taşınması,
- Tasarımcıların konu ile ilgili bilgi ve deneyim eksiklikleri nedeniyle sistem tasarım, seçim ve yönetiminde yeteri kadar etkili olamamaları,
- Sistem tasarımcıları, uygulayıcıları ve kullanıcıların iklimlendirme sistemi nedeniyle hastalandıklarını bilmemeleri,
- Hem mimari hem mühendislik alanındaki ulaşılan kaynaklarda konunun bir bütün olarak ele alınmaması ya da yayınlarının çoğunun ağırlıklı olarak sistem hesapları içermesi ve teknik dille yazılmış olup kolay anlaşılabilmesi,

- Tasarımcıların sistemdeki hangi kaynağın ne tür bir sağlık sorununa neden olabileceğine ve bu olumsuzluğa karşı hangi denetim önlemlerinin alınabileceğine ilişkin bir yaklaşımla düşünmemeleri,

nedenleriyle en büyük olumsuz etkisini, insan sağlığı üzerinde göstermekte ve kullanıcıda yapı kaynaklı sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu çalışmada; sistem kaynaklı sağlık sorunlarının neler olduğu ve bu sorunlara karşı hangi tasarım, uygulama ve kullanım önlemlerinin alınması gerektiği incelenmiştir.

İklimlendirme sistemlerinin kullanıldığı ortamlarda karşılaşılan sağlık sorunlarına, sistemdeki hangi olumsuzluk etkeninin neden olabileceğine ve bu olumsuz duruma karşı nasıl bir yöntem izleyerek önlemlerin alınabileceğine ilişkin bir yaklaşımın kullanılmasıyla, sorunun çözümüne yönelik oluşabilecek sağlık sorunları önlenabilir ya da varolan olumsuz durumlar denetim altına alınabilir.

Sorunun belirlenmesinde; iklimlendirme sistemleri ile yapı içi hava niteliği arasındaki ilişkiyi inceleyen birçok çalışmanın olduğu görülmüştür. Literatürde konu ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır;

- Seppanen ve Fisk'in (2001) çalışmasında; yapma havalandırma ve iklimlendirme sistemleri kullanılan yapılarda SBS hastalıklarının görülme sıklığının, doğal havalandırılan mekânlarla karşılaştırıldığında %30–200 oranında daha fazla olduğu belirtilmektedir. Çalışmada ayrıca, Avrupa ve Amerika'da toplam 467 tane yapı üzerinde gerçekleştirilmiş, 12 tane araştırmanın sonucunda hazırlanan tablolarla; belirlenen hastalıkların belirti sayıları ve grupları, kullanılan sistemin türü, risk değerlendirmesi ve oluşan koku düzeyi analiz edilmiştir [4].
- BASE (Building Assessment and Survey Evaluation); Amerika'da, iklimlendirme sistemi bulunan 97 tane ofis yapısında yapı iç çevresi, kullanıcı rahatsızlıkları ve risk süreci ile ilgili kapsamlı araştırmasında; sistemlerin tasarımı, uygulama, bakım, onarım ve kullanımının yapı kaynaklı sağlık sorunlarının oluşmasında risk taşıdığı belirtilmektedir [5].
- HBI'nin (Health Buildings International) 1980 ve 1992 yılları arasında, 813 tane yapıda, toplam 750.000 tane yapı kullanıcısı üzerinde yaptığı çalışmasında;

iklimlendirme sistemi kaynaklı iç hava niteliği ile ilgili sorunların; %75'i kullanımındaki yanlışlıklar ile bakım ve temizliğindeki yetersizlik, %54'ü enerji tüketimine bağlı olarak havalandırma miktarının azaltılmasının neden olduğu yetersiz havalandırma, %20,8'i havanın dağıtımındaki yetersizlik, %56,9'u yetersiz filtre kullanımı ve %12,2'sinin kanal sistemindeki kirlilik ile ilişkili olduğu belirtilmiştir [6].

- Jaakkola ve Minettinen (1995); temiz hava ile mekândan toplanan havanın bir kısmının birbirine karıştırıldığı iklimlendirme sistemlerinde, yapı kullanıcılarının alerjik hastalıklarla daha sık karşılaştıklarını belirtmişlerdir [4].
- European Audit Project'in Finlandiya'da altı farklı ofis yapısında, dış çevre havası ve mekân içine verilen havanın niteliğinin ölçüldüğü bir çalışmada; beş tane yapıda dış hava ile ortam içine verilen havanın niteliği arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; dış çevre havasının bakım ve temizliği yapılmayan iklimlendirme sisteminin klima merkezinde kirlendiği ve bu şekilde mekânlara dağıtıldığı belirlenmiştir [7].
- Ozawa (1996) yaptığı bir araştırmada; iki hafta boyunca kullanılmayan bir klima merkezinde çoğalan mantar sayısının, üç saat boyunca kullanılmayan bir klima merkezine göre on kat daha fazla olduğunu görmüştür. Yine Hamada ve Fujita (2002) yaptıkları çalışmalarında; iklimlendirme sisteminin bu bölgesinde karşılaşılan mantar kirliliğinin, bir halıda oluşabilecek kirliliğinin beş katı kadar olduğunu belirtmektedir [8].
- Finlandiya'da, dokuz farklı ofis yapısında, kullanılmış filtreler ile yapılan araştırmalarda; iklimlendirme sisteminde, filtrelerden geçen ve ortama verilen havadaki ozon miktarının, filtreye ulaşmadan önceki durumuna göre azaldığı görülmüştür. Bu durum filtre üzerinde biriken organik bileşiklerin, ozonla kimyasal tepkimeye girmesi sonucunda havadaki ozon miktarının azaldığını ve iç hava niteliğinin bu durumdan olumsuz bir biçimde etkilenebileceğini göstermektedir [9].
- Hedge ve arkadaşları'nın (1989), nemlendirmesiz, buhar nemlendirmeli ve buharlaşmalı nemlendirme sistemi olan üç tane farklı yapıda, SBS belirtilerini

inceledikleri araştırmalarında; nemlendirme tipinin hastalıkların görölme sıklığını etkilediğı ve bu belirtilerin buharlaşmalı nemlendirmeli sistemlerde daha fazla olduğı belirlenmiştir [4].

- Mendell ve arkadaşları (2002), NIOSH'un 1993 yılında, iç hava niteliğı ile ilgili araştırmasında edinilen bilgileri analiz ederek; 80 tane ofis yapısındaki yaklaşık 2.435 tane yapı kullanıcılarında ortaya çıkan yapı kaynaklı alt solunum yolu hastalıklarının risk değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışma sonucunda; hastalıkların iki önemli etkeni; soğutucu batarya ve altında bulunan, buharın yoğunlaşmasıyla oluşan suyun biriktiğı su toplama tavası ile sistemdeki dış çevre havası girişi olarak belirlenmiştir. Yine bu etkenlerin, astım hastalığını tetikleyebileceğı ya da hastalığa duyarlılığın artmasına neden olabileceğı belirtilmiştir [10].

Yapılan birçok çalışmanın sonucuna göre; yapı bağlantılı hastalıkların yarısından fazlasında etkenin, yetersiz havalandırma ve iklimlendirme sistemleri ile ilişkili olduğı belirtilmektedir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışma, iklimlendirme sistemi ve sağlık arasındaki ilişkiye dikkat çekmek ve kullanıcılar da iklimlendirme sistemi kaynaklı sağlık sorunu oluşumunun önlenmesi için tasarımcıların, sistem üreticileri ile uygulayıcılarının ve kullanıcıların bilgilendirilmesini sağlamak amacıyla yapılmıştır.

1.3 Orjinal Katkı

İnsanın yapı içinde sağlıklı bir biçimde yaşamını sürdürebilmesi, tasarımcılarda, sistem uygulayıcılarında ve kullanıcılar da konu ile ilgili bilgi ve bilincin sağlatılabilmesi açısından çalışmanın önemli olduğı düşünülmektedir.

1.3.1 Kapsam

Çalışmada; iklimlendirme sisteminden kaynaklanan sağlık sorunlarının tanı ve iyileştirme yöntemleri gibi tıbbi konular ile makine mühendisliğı bilim dalını ilgilendiren

sistem hesapları gibi teknik bilgiler araştırma dışında bırakılmıştır. Ayrıca konu, iklimlendirme sistemlerinin yalnızca yapı içi hava niteliğini olumsuz etkilemesi sonucu ortaya çıkan sağlık sorunları olarak sınırlandırılmıştır.

1.3.2 Varsayım

İklimlendirme sistemi kaynaklı sağlık sorunlarının denetim altına alınabilmesi için öncelikle tasarımcılar, sistem uygulayıcıları ve kullanıcılar bu kaynaklar nedeniyle hastalandıkları konusunda bilinçlendirilmelidir. Bu amaçla iklimlendirme sistemindeki hangi kirleticilerin bu soruna neden olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Bu ancak, sağlık sorununun oluşumu ile sistemdeki olumsuzluk etkeni arasındaki ilişkinin incelenmesiyle gerçekleşebilir. İklimlendirme sistemlerinin kullanıldığı ortamlarda karşılaşılan sağlık sorunlarına karşı sistemin tasarımı, uygulaması ve kullanımı ile bileşenlerinin seçimi konularında hangi önlemlerin alınabileceğinin öğrenilmesiyle oluşabilecek sağlık sorunlarının önlenebileceği ya da varolan olumsuz durumların denetim altına alınabileceği varsayılmıştır. Sonuçta; önerilen bu yaklaşımla insanın yapıdan beklediği, sağlıklı bir biçimde yaşamını sürdürebilme gereksinmesinin sağlanacağı düşünülmektedir.

1.3.3 Yöntem

Çalışmada öncelikle, yapı içi hava niteliğini belirleyen özellikler ve yapı içi hava kirleticilerinin tanımları, kaynakları, sınır değerleri, oluşturabileceği sağlık sorunları ile yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin kullanımına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde; havalandırma ve iklimlendirmenin temel ilkeleriyle iklimlendirme sisteminin tanımı, bileşenleri ve türleri ele alınmıştır. Dördüncü bölümde; iklimlendirme sistemi kaynaklı sağlık sorunları tanımlanmış ve bu olumsuzlukları yaratan etkenler anlatılmıştır. Beşinci bölümde; iklimlendirme sistemi kaynaklı sağlık soruna karşı sistem tasarımı, uygulanması ve kullanımı ile bileşenlerin seçiminde alınabilecek önlemler yer almaktadır. Son bölümde ise sonuç ve öneriler kısmı bulunmaktadır.

YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ

Zamanının büyük bir kısmını kapalı ortamlarda geçiren insan, yapı içi havasıyla sürekli etkileşim durumundadır. Yapı içi havasının insanın sağlık ve konfor koşullarını sağlar nitelikte olması gerekmektedir. ASHRAE 62 (1989) Standardında iç hava niteliğinin iyi olması, hava içinde bilinen kirletici maddelerin yetkili kurumlar tarafından belirlenmiş sınır değerlerin altında tutulması ve insanların %80'inden çoğunun havanın niteliği ile ilgili herhangi bir rahatsızlık duygusu hissetmemesi olarak tanımlanmakta ve bu tanıma "kabul edilebilir iç hava niteliği" adı verilmektedir [11]. ASHRAE'ye göre; birçok yapıda, iç hava kirliliği ve buna neden olan kirletici kaynaklarının çeşitliliği, iç ortamın hava sıcaklığı, bağıl nemi, gürültüsü, aydınlatması ile insanların psikolojik durumu gibi etkenlerin, kullanıcının iç hava niteliği algısı ve kabul edilebilirlik düzeyini etkilemesiyle ortamdaki kişilerin duyarlılık düzeylerinin farklı olması nedenlerinden biri ya da birkaçının var olması, kapalı ortamlarda kabul edilebilir iç hava niteliği değerlerini değiştirmektedir.

İç hava niteliğinin gereksinimleri karşılayamadığı durumlarda, insanın beden ve ruh sağlığı olumsuz yönde etkilenecek biyolojik hastalıklar ve psikolojik rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, yapı içi hava niteliği ile ilgili çalışmalarda öncelikle yapı içi hava niteliğini belirleyen özelliklerin araştırılması gerekmektedir.

2.1 Yapı İçi Hava Niteliğini Belirleyen Özellikler

Yapı içi hava niteliğini belirleyen özellikler; havanın doğal karışımındaki maddelerin oranı, havanın sıcaklığı, havanın bağıl nem oranı, ortam içindeki havanın akış hızı ve iç ortamdaki elektroiklimsel oluşumlar olarak sayılabilir.

2.1.1 Havanın Doğal Karışımındaki Maddeler

Hava, çeşitli maddeler içeren bir karışımdır. Yapının iç ve dışını çevreleyen havanın içeriğinde; oksijen, azot, argon, karbondioksit, neon, helyum, kripton, metan, hidrojen, ksenon, azot dioksit ve ozon gibi gazlar ile su buharı bulunur. %78 azot, %21 oksijen ve %1 diğer gazlardan oluşan havada; sürekli bulunan, miktarı değişmeyen gazlar ile miktarları azalıp çoğalan gazlar ve kirleticiler havanın karışımını oluşturmaktadır. Havada sürekli bulunan ve miktarları değişmeyen gazların miktarlarının aynı kalması, atmosferdeki dönüşümleri ve yeniden üretilmeleri ile sağlanmaktadır [12], [13]. Çizelge 2.1’de havanın doğal karışımındaki değişken ve değişken olmayan gazların hacimsel oranları ve yoğunlukları görülmektedir.

Çizelge 2. 1 Havanın doğal karışımındaki gazların hacimsel oranları ve yoğunlukları [12], [13], [14], [15]’ten uyarlama

	Gaz	Kimyasal gösterimi	Hacim %	Yoğunluk, ppm
Havada sürekli bulunan ve miktarları değişmeyen gazlar	Azot	N ₂	78,08 %	780.900 ppm
	Oksijen	O ₂	20,94 %	209.400 ppm
	Argon	Ar	0,93 %	9.300 ppm
	Neon	Ne	0,0018 %	18 ppm
	Helyum	He	0,0005 %	5,2 ppm
	Hidrojen	H ₂	0,00005 %	0,5 ppm
	Ksenon	Xe	0,000009 %	0,08 ppm
	Kripton	Kr	-	0,5 ppm
Havada sürekli bulunan ve miktarları değişen gazlar	Karbondioksit	CO ₂	0,03 %	315 ppm
	Metan	CH ₄	0,00017 %	1,5 ppm
	Azot dioksit	NO ₂	0,000001 %	0,02 ppm
	Ozon	O ₃	0,00006 %	0,01–0,04 ppm

Çizelge 2.1’de verilen gazların dışında havada %0,05–3 oranında su buharı [16] ve çok az miktarda kükürtdioksit, diazotmonoksit, formaldehit, iyot, sodyum klorür, amonyak, karbonmonoksit, kloroflorokarbonlar (CFC) ile “sürekli atmosferik kirleticiler” adı verilen mikroskobik katı maddeler bulunmaktadır [13], [15], [17].

Havanın doğal karışımındaki gazların oranı havanın niteliğini belirler. Karışımındaki gaz oranlarının herhangi birisinin, değişik kaynaklardan çıkarak havaya karışan kirleticiler nedeniyle değişmesi “hava kirliliği”ne neden olurken; kirleticilerin, yapı içindeki havaya karışması ve burada birikmesiyle de “yapı içi hava kirliliği” oluşmaktadır.

Yapı içi hava kirliliği, canlıların en önemli gereksinmesi olan solunumunu olumsuz etkilemektedir. Solunumla vücuda alınan oksijen, akciğerlerdeki çapı 0,25 mm olan alveoller (hava kesecikleri) yardımıyla kana verilirken; aynı yolla kandaki karbondioksit taşınarak soluk verme işlemiyle dışarıya atılır. Akciğerlerde bulunan ve toplam alanı 50–100 m² olan 300 milyon alveolde; oksijen, karbondioksit ve su buharı alışverişi gerçekleşir [18].

Sağlıklı, yetişkin bir kişi dakikada 16 kez soluk alarak saatte 0,5 m³ [19], günde ortalama 10–20 m³ havaya gereksinim duyar [18], [20]. Çocuklar yetişkinlere göre daha hızlı soluk alıp verirler. Bir yaşın altındaki bebekler, dakikada 50 kez, beş yaşın üstündeki çocuklar ise 30 kez soluk alıp vermektedir [21]. Ayrıca çocuklar kirli havanın büyük bir kısmının süzüldüğü burnun dışında çoğunlukla ağız yoluyla soluk alırlar. İnsanın gereksinim duyduğu oksijen miktarı; sağlık durumu, ağırlığı, yaşı, beslenmesi ve eylemleri ile değişirken [22] yapı içi hava niteliği de bu değer üzerinde etkilidir. İnsan, yaptığı eyleme bağlı olarak saatte 5 m³'e kadar hava soluyabilir [23]. Çizelge 2.2’de değişik çalışma düzeylerine göre dakikadaki kalp atış sayısı ve gereksinilen oksijen miktarı görülmektedir. İnsanın eylemleri sırasında, vücudun gereksinim duyduğu oksijen miktarı artabilir ancak kişi sakin ve dinlenme durumunda tükettiği oksijen miktarı artıyorsa bu durum, bir hastalığın belirtisi olabilmektedir [21].

Çizelge 2. 2 Değişik çalışma düzeylerinde bir dakikadaki kalp atışı sayısı ve tüketilen oksijen miktarı [11], [19]

Çalışma düzeyi	Oksijen tüketimi		Kalp atışı (atış/dk)
	l/dk	ml/sn	
Hafif düzeyde çalışma	< 0,5	< 8	< 90
Orta düzeyde çalışma	0,5–1,0	8–16	90–110
Hafif–ağır düzeyde çalışma	1,0–1,5	16–24	110–130
Ağır düzeyde çalışma	1,5–2,0	24–32	130–150
Çok ağır düzeyde çalışma	> 2,0	> 32	150–170

Solunumla dışarıya verilen havanın sıcaklığı 35°C ve bağıl nem oranı %95 olup yaklaşık olarak %16–17 oksijen, %4–5,6 karbondioksit ve %79 azot içermektedir [14], [19], [24]. Ayrıca çalışan bir insan, bir saatlik solunumu sonunda 40–130 gr su buharı [25]; üç kişilik bir ailenin solumaları ile günde 2,5 kg nem üretilmektedir [26].

Temiz hava ile havalandırma oranı saatteki hava değişimi m³/s (ac/h) ya da litre olarak kişi başına saniyede gereksinim duyulan miktar l/sn (l/s/p) olarak ölçülmektedir [27]. ASHRAE Standart 62'ye (1989) göre; konutlarda kişi başına 10 l/sn, konut dışındaki yapılar için 7,5 l/sn temiz havaya gereksinim duyulmaktadır [28]. TS 12281'de (1997) ise gerekli temiz hava miktarı; sigara içilmeyen ortamlar için kişi başına saatte 7–12 litre olarak belirlenmiştir. Kullanıcıların gereksinim duyduğu temiz hava miktarı, ortamın işlevine ve ortamdaki kullanıcı sayısına göre değişmektedir. Çizelge 2.3'te bazı ortamlarda gereksinim duyulan temiz hava miktarları görülmektedir.

Çizelge 2. 3 Bazı ortamlarda gereksinim duyulan temiz hava miktarları [27]

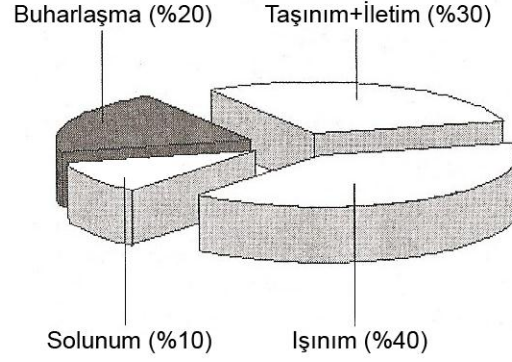
Ortam		Temiz hava gereksinimleri	
		l/sn (l/s/p)	m ³ /s (ac/h)
Konut	Yaşama mekânı	–	1
	Mutfak ve banyo	–	3
Ofis		8	1–2
Okul		8,3	2–5
Bar		15	10–15

TS 3419'da (2002); sigara içilen ortamlar için saatte en az 30 m³, içilmeyen ortamlarda da 20 m³ hava gereksinmesi olduğu belirtilirken bu değer, sağlık durumu nedeniyle kişi başına 10 m³ artırılabilir. Ancak belirtilen değerler, 0°C ile 26°C arasındaki dış hava/hava sıcaklıkları için geçerlidir.

2.1.2 İç Ortam Hava Sıcaklığı

Yapı içi hava niteliğini etkileyen, insanların sağlık ve konfor koşullarını sağlayan temel özelliklerden birisi olan iç ortam hava sıcaklığı, ısıl konforu etkilemektedir. Isıl konfor; ASHRAE tarafından “insanın bulunduğu ortamın ısıl koşullarından mutlu olması” olarak tanımlanmaktadır [11]. DIN’e (1946) göre; ortam içinde bulunan insanların; havanın sıcaklığı ve bağıl nemini, hava akış hızı ile ortamı çevreleyen yüzeylerin sıcaklığını uygun olarak kabul ettikleri durumda ısıl konfor sağlanmış demektir [29]. Isıl konforu, çevresel ve kişisel olmak üzere altı özellik etkilemektedir. Çevresel etkenler; “ortamın iç hava sıcaklığı” ile mekândaki yüzeylerin sıcaklığına bağlı olarak “ortalama ışıınım sıcaklığı”, “iç ortam hava akış hızı” ve “bağıl nem oranı”dır. Kişisel etkenler ise; insanın giyinme durumuna bağlı “giysi yalıtım değeri” ve eylemleri sonucu üretilen “metabolik ısı”dır [27], [28]. Isıl konfor; iklim, mevsim koşulları ile insanın sağlık durumu, yaşı, beslenmesi, vücut biçimi, deri altı yağı, boy ve kilosu, giyinme durumu ve eylemleri gibi birçok özelliğten etkilendiği için insanın konfor sınırları kesin olarak çizilemez [30], [31], [32].

İnsan vücudu, yaşamı boyunca sürekli olarak değışik oranlarda ısı üretir. İnsan vücudunun hareket ve sindirim gibi metabolizma olayları sonucunda ürettiği enerjiye "metabolik ısı" denir [33], [34]. Artan ısı üretiminin insana zarar vermemesi ve ısıl konforun sağlanması için vücudun, ısı üretimi ve yitimi dengelemesi gerekir. Bu dengeleme işlemi, insanlarda ısı denetimi merkezi olarak bilinen ve beynin bir parçası olan hipotalamus tarafından yapılır. Deride bulunan ısı almaçları ile uyarılan hipotalamus; metabolik ısı üretimi, kan akışının ayarlanması, terleme, kasların kasılması ve titreme ile vücut sıcaklığını ayarlamaktadır [35]. İnsan vücudunda üretilen metabolik ısı; taşınım ve ışıınım yoluyla duyulur ısı ya da buharlaşma ile gizli ısı olarak deriden ve solunum ile akciğerlerden dışarıya atılır. Şekil 2.1'de insan vücudunda ısı yitimi yolları görölmektedir.



Şekil 2. 1 İnsan vücudunda ısı yitimi yolları [36]

İç ortam havası ve insan vücudu arasında sürekli bir ısı alışverişi olduğu için vücut sıcaklığı, insanın bulunduğu iç ortam koşullarından etkilenmektedir. İnsan vücudu, organların işlevlerinin zarar görmemesi için iç sıcaklığını 36°C ile 37°C arasında tutmaya çalışır. Ancak vücut sıcaklığı, ölçüldüğü saat, kişinin yaşı ve dış ortam sıcaklığı vb. etkenlerle değişerek 37,5°C'ye çıkabilmektedir. Genellikle akşam ölçülen değerler daha yüksektir. Yine yenidoğanların vücut sıcaklığı yetişkinlerden 1°C daha sıcaktır [37]. Vücut sıcaklığının çok yüksek olduğu durumlarda "ısı krampları" ve "ısı yorgunluğu", ısı yorgunluğunun tedavisi yapılmadığında ise "ısı şok" gibi rahatsızlıklar görülürken [38]; sıcaklığın 42°C'nin üzerine çıkması ya da 25°C'nin altına düşmesi sonucunda ölüm gerçekleşir [34].

İnsanın üzerinde bulunan giysiler, bir yalıtım tabakası gibi davranarak vücut üzerindeki ısı yükü önemli derecede etkiler [27] ve konforu için gereksinim duyduğu sıcaklığı değiştirir. Giyinmiş bir insan için dinlenme durumunda, 23°C ile 27°C arasındaki sıcaklık değerleri konfor koşullarını sağlarken, çıplak insan için bu, 29°C ile 31°C arasındadır [39]. Ayrıca ortam içerisinde yapılan eylemin türü de gereksinim duyulan sıcaklık değerini etkiler. Örneğin; ofis ortamında yürüyen bir kişi, masada oturarak çalışan başka bir kişiye göre havayı 2–3°C daha sıcak olarak algılayabilmektedir [40].

İç mekânın sıcaklığının insan konforunu sağlayan değerlerde olması gerekmektedir. Birçok yapıda önerilen iç ortam havası sıcaklıkları; kışın 20°C ile 23,5°C, yazın 23°C ile 26°C arasındadır [6], [41], [42]. İstanbul'da ofis yapılarında kışın 22°C, yazın 25,5°C sıcaklıklar konforun sağlandığı değerler olarak kabul edilmektedir [43]. Çizelge 2.4'te bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava sıcaklığı değerleri görülmektedir.

Çizelge 2. 4 Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava sıcaklığı değerleri [27], [29], [44], [45], [46]'dan uyarlama

Kurum	Kışın sıcaklık konfor aralığı	Yazın sıcaklık konfor aralığı
CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers)	19°C ile 23°C arası	< 27°C
TS 3419	22°C ile 23°C arası	26°C ile 28°C arası
ASHRAE Standart 55 (1992)	20°C ile 23,6°C arası	22,8°C ile 26,1°C arası
TS 12281	Konut için; 18°C ile 24°C arası (Mekânda küçük çocuklar ve yaşlılar varsa 20°C)	
DIN (1946)	20°C ile 26°C arası	

İç ortam hava sıcaklığının artmasıyla insanlarda hava niteliğinin algısı değişmekte olup aynı iç hava, sıcaklığın düşmesi ile daha temiz olarak algılanmaktadır. Bununla birlikte sıcaklık algısı, kişiden kişiye ve cinsiyete göre de değişebilmektedir. Konuyla ilgili yapılan bir çalışmaya göre; kadınlar, erkeklerle karşılaştırıldığında yaklaşık 1°C daha sıcak alanlarda çalışmayı seçmektedir [31].

Kapalı bir iç ortamdaki duvarlar, döşeme, tavan gibi yüzeylerin sıcaklığı ısıma yoluyla insanın ısı konfor durumunu ve algılanan hava sıcaklığını etkilemektedir. Yapı iç çevresindeki yüzeylerin sıcaklıklarının ölçülmesiyle "ortalama ısıtım sıcaklığı" terimi ortaya çıkmaktadır. Mekânda bulunan sıcak ya da soğuk duvarlar ve yüzeyler, iç ortam sıcaklığı konfor sınırları içinde olsa bile, ortamdaki insanlar için soğuk ya da sıcak olarak algılanabilmektedir. Bu nedenle ortamda sıcak ya da soğuk yüzeyler varsa konfor hesaplamalarında ısıtım sıcaklığı da göz önüne alınmalıdır [39]. İnsanlarda duyulan sıcaklık, kişisel olarak gereksinilen ve mevcut ortam sıcaklığının aritmetik ortalamasıdır. İç ortamda yüzeylerin ve havanın sıcaklığı arasında fark olduğu durumda kullanıcıların algıladığı konfor düzeyinin yükselbilmesi için hava sıcaklığının artırılması gerekir. Genel olarak hava ile ortalama yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2°C'den, yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı ise 5°C'den fazla olmamalıdır. Bununla birlikte iç ortam havası ile yüzey sıcaklığı arasındaki fark 3°C'yi aşmamalıdır [47].

2.1.3 İç Ortam Bağlı Nem Oranı

Hava, her sıcaklıkta bir miktar su buharı taşır. Genel olarak havada bulunan su buharı miktarı, havanın nemi olarak nitelendirilir. Hava nemi, “mutlak hava nemi” ve “bağlı nem” olmak üzere iki terimden yola çıkılarak ölçülür. Mutlak hava nemi; birim kütledeki kuru havada bulunan su buharı miktarıdır [48]. Miktarı g/kg ya da m³ ile belirtilir. Aynı zamanda Pa olarak kısmi su buharı basıncı (pv) ya da °C olarak çiy noktası (td) ile tanımlanabilir. Bağlı hava nemi ise; ortam içi havasındaki su buharının, aynı sıcaklıkta doymuş havadaki hacimce su buharına oranıdır ve % olarak tanımlanır [33]. Özetle bağlı nem; havanın mutlak nem değerinin, belirli bir sıcaklık ve basınç altında taşıyabileceği en fazla neme oranıdır. Sıcaklığın artması buharlaşmayı, buharlaşmanın artması ise havadaki nem miktarının artışı sağladığından sıcaklık, mutlak nem ile doğru; bağlı nem ile ters orantılıdır.

Konfor koşullarının sağlanabilmesi için iç ortam havasının mutlak nem düzeyinin üst sınırı, 11,5 g/kg olmalıdır [47]. İnsanların soluması ya da terlemesiyle üretilen su buharı, ortamdaki nemlilik düzeyini artırmakta ve bağlı nem oranını etkilemektedir. İnsanların soluk alması ve terlemesi nedeniyle kişi başına saatte yaklaşık 60 gr su buharı açığa çıkarken [49]; yapı içindeki eylemler saatte 2,5 litre suyun buharlaşmasına [50] neden olmaktadır. Yapı içindeki eylemin türüne bağlı olarak bir konut yapısında 3,4 g/kg, ofis ya da sınıf ortamında 1,7 g/kg, yiyecek ve içecek mekânlarında ise 6,8 g/kg nem iç ortam havasına karışmaktadır [27]. Çizelge 2.5'te dört kişilik bir konutta gram ve litre olarak üretilen nem miktarları görülmektedir.

Çizelge 2. 5 Dört kişilik bir konutta üretilen nem miktarları [27], [50]

Nem kaynakları		Üretilen nem miktarları
İnsan	Düşük etkinlik	30 g/saat–60 g/saat
	Orta etkinlik	120 g/saat–200 g/saat
	Yüksek etkinlik	200 g/saat–300 g/saat
4 kişi uyanırken (8 saat)		1,0 l–2,0 l
2 kişi hareketliken (16 saat)		1,5 l–3,0 l
Pişirme		2,0 l–4,0 l
Banyo yapma, bulaşık yıkama vb.		0,5 l–1,0 l
Çamaşır kurutma		3,0 l–7,5 l
Parafinli ısıtıcı		1,0 l–2,0 l
Günlük toplam		5,0 l–10,0 l (en fazla 10 l–20 l)

İnsan konforu ve sağılığı için iç ortamdaki bağıl nem oranı yazın en fazla %70, kışın en az %20 [42] olmak üzere genel olarak %30 ile %50 arasında tutulmalıdır [51]. Bağıl nemin %30 değeri alt sınır olarak kabul edilebilir ve bu değeri hava sıcaklığından neredeyse bağımsızken [47]; tıp uzmanlarınca insan fizyolojisine en uygun hava nemi oranı %50 olarak belirlenmiştir [52]. İç ortam havasının %65 üzerindeki bağıl nem oranı, insanda vücut sıcaklığının denetimini zorlaştırmakta ve insan sağılığını olumsuz etkilemektedir [29]. Yine %70 üzerindeki değeri mikroorganizma büyümesine ve yüzeylerde yoğunlaşma kaynaklı zararlara neden olduğundan bağıl nem oranı bu değeri aşmamalıdır. Birçok kaynakta iç ortamlarda insanın sağılık ve konfor koşullarının sağılanabilmesi için gereken bağıl nem değeri ile karşılaşılmaktadır. Çizelge 2.6'da bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam bağıl nem oranları görülmektedir.

Çizelge 2. 6 Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam bağıl nem oranı değeri [27], [29], [44], [45], [46], [53]'ten uyarılma

Kurum	Kışın bağıl nem konfor aralığı	Yazın bağıl nem konfor aralığı
ASHRAE Standart 55 (1982)	%30 (20,2°C–24,4°C)	%30 (23,3°C–26,7°C)
	%40 (20,2°C–24,2°C)	%40 (23,1°C–26,4°C)
	%50 (20,2°C–23,6°C)	%50 (20,2°C–26,1°C)
	%60 (20,0°C–23,3°C)	%60 (20,2°C–25,6°C)
Kanada Standardı	Kışın %30–55 arası	Yazın %30–80 arası
TS 3419	Kışın %35–65 arası	Yazın < %65
ASHRAE Standart 55 (1992) ve DIN (1946)	%30–65 arası (Yazın %20–60)	
ASHRAE 62 (1989 ve 2001)	%30–60 arası	
ASHRAE (2004)	%55–85* arası	
ISO (1994)	%30–70 arası	

* Operatif sıcaklık ve insanın giyinme durumuna bağılıdır. Işınım sıcaklığı ile çevre hava sıcaklığının karşılıklı ısı geçiş katsayılarına göre ağırlıklı ortalamasına "operatif sıcaklık" denilmektedir.

Bağıl nem oranının düşmesiyle hava kurumaktadır. Kuru hava, nemi kolayca deriden emer ve hızla buharlaşarak vücudu soğutur. Danimarka Teknik Üniversitesi'nde yapılan çok yönlü bir araştırmanın sonucuna göre; insanların solunum sisteminde solunan havanın kuru ve soğuk olması istenir [54]. Ancak yüksek nem oranları gibi düşük bağıl nem düzeyleri de insanlarda sağılık sorunlarına neden olmaktadır. İnsan sağılığı ile ilgili olumsuzluklar dışında düşük nem düzeylerinde ortamda, statik elektrik sorunları da

oluşmaktadır [30]. Bağıl nemin %45 değeri, birçok yapı ürünündeki elektrostatik etkiyi azaltır [55].

İç ortam havasındaki nem oranı; bölgesel iklim özelliklerine, iç ortam boyutlarına, içindeki insan sayısı ve eylemlerine, kullanılan yapı ürünlerinin ve donanımının niteliği ile ortam içindeki yüzeylerinin sıcaklığına bağlıdır [52]. Çizelge 2.7’de çeşitli ortamlarda yapılan eylemin türüne göre gereksinim duyulan sıcaklık ve bağıl nem oranları görülmektedir.

Çizelge 2. 7 Çeşitli ortamlarda gereksinim duyulan sıcaklık ve bağıl nem oranları [45]

Yapı türü	Yapılan eylemin türü	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
Bürolar	Elektronik bilgi işlem makineleri	22–24	40–60
Deri sanayi	Kurutma	–	70–75
	Depolama	–	40–60
Ekmek sanayi	Un depolama	15–25	50–60
	Mayalama	0–5	60–75
	Hamur üretimi	23–25	50–60
	Şeker depolama	25	35
Fotoğraf endüstrisi	Normal film üretimi	20–24	40–65
	Film banyo hacimleri	20–24	40–60
	Film depoları	18–24	40–60
İlaç endüstrisi	Yarı mamullerin depolanması	21–27	30–40
	Tablet üretimi	21–27	35–40
Kütüphaneler	Kitap depoları	21–25	40–50
	Okuma salonları	21–25	35–55
Müzeler	Resim galerisi	18–24	40–55

2.1.4 İç Ortamdaki Hava Akış Hızı

İç hava niteliğini etkileyen özelliklerden birisi de iç ortamdaki “hava akış hızı”dır. Havanın birim zamanda, belirli bir yöndeki hareketinin ölçülen değerine "hava hızı" denilmektedir. İç ortam hava hızı; "kullanılan bölge içinde, yerel olarak ölçülen birçok ortalama hava hızından türetilen hızın aritmetik ortalama değeri"dir [48]. Hava devinimlerinin hızı, anemometre ile ölçülür ve genellikle m/sn ya da fpm (feet per minute) değeri ile belirtilir. $1 \text{ ft/min} = 5,03 \cdot 10^{-3} \text{ m/sn}$ 'dir.

İç ortamdaki hava hızının insanda ısı yitimi üzerinde güçlü bir etkisi vardır. Yazın hava akış hızının yüksek olması, sıcak hava koşullarında vücut yüzeyindeki suyun buharlaşmasını hızlandırdığı için yararlı olurken; kışın bu değerlerin yüksek olması

konforsuzluk yaratmaktadır. Havanın akış hızına duyarlılık, kişiden kişiye değişmekle birlikte; 0,1 m/sn'den düşük hava hızları insanlar tarafından algılanmazken [56]; hızın 0,2 m/sn'den fazla olması, kullanıcıların %20'si ve daha fazlası üzerinde olumsuz etki yaratarak konforsuzluğa neden olmaktadır [27]. Konforsuzluğun çoğunlukla 0,35 m/sn ile 0,5 m/sn arasındaki değerlerde görüldüğü belirlenmiştir [35]. Bununla birlikte 1,5 m/sn ve daha yüksek hava hızı, insanlar üzerinde sinirlendirici etki yaratmaktadır [56].

Kullanıcı konforunun sağlanmasında en iyi durum, havanın homojen olarak ve düşük bir hızda ortama verilmesidir [29]. Kapalı bir ortam için gerekli olan hava akış hızı; bölgesel iklim özelliklerine, gerçekleştirilen eyleme, kirleticiler ve kirletici kaynaklarının durumu ile ortamda bulunan kişi sayısına göre değişmektedir. Çizelge 2.8'de bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava akışı hızı değerleri görülmektedir.

Çizelge 2. 8 Bazı kurumlar tarafından belirlenen iç ortam hava akış hızı değerleri [35], [44], [45], [46], [57]'den uyarlama

Kurum	Konfor koşullarının sağlandığı hava akış hızı değerleri
ASHRAE Standart 55 (1992) ISO Standart 7730 İsveç kodu	Kışın < 30 fpm (0,15 m/sn) Yazın < 50 fpm (0,25 m/sn)
WHO	0,25 m/sn (0,8 ft/s)
TS 12281	Kışın 8 m/dk–10 m/dk Yazın 13 m/dk –27 m/dk
TS 3419	0,15 m/sn–0,20 m/sn (iklimlendirilen ortamlarda)

İç ortamdaki hava akış hızı, hava sıcaklığının ve bağıl nem oranının değişmesiyle farklı algılanmaktadır. ASHRAE 55 (1981 ve 1992) ve ISO 7730 gibi çeşitli standartlara göre; istenmeyen hava akımının oluşmaması için kışın hava hızı, 20–24°C'de en fazla 0,15 m/sn, yazın ise 23–26°C'de en fazla 0,25 m/sn değerlerinde olmalıdır [34], [35], [58]. Düşük ortam sıcaklıklarında yüksek hızdaki hava hareketleri, özellikle mekân içindeki oturan insanlar üzerinde oldukça olumsuz etkide bulunur. Bununla birlikte hava hızının 0,8 m/sn değerini aşmasına izin verilmez [59]. Ancak yapı içinde kullanıcı eylemlerine ya da yapı ürünlerine bağlı olarak sürekli bir kirletici kaynağı bulunan ve iç ortam havasında kirletici yoğunluğu yüksek olan mekânlarda, hava akış hızı kullanıcı konfor sınırları içinde artırılmalıdır. Aynı durum iç donanımdan ötürü ısı artışı yaşanan mekânlar için de geçerlidir [35], [56]. Bununla birlikte Uluslararası İç Ortam ve Enerji Merkezi'nde yapılan araştırmalarda; daha düşük sıcaklık ve nemde yeterli hava

değişimi sayısının, yüksek sıcaklık ve nemde gerekli hava değişimi sayısına oranla daha az olduğu belirtilmektedir [60].

Ortam içindeki hava akışı, havanın hızı ve havalandırma miktarı ile belirlenmektedir. Bu iki etken benzer gibi görünse de iç ortam üzerindeki etkileri farklıdır. Hava hızının olmaması genelde, havalandırmanın yapılmaması gibi algılsa da bazı havalandırma sistemleri algılanabilir bir hava akışı yaratmadan ortamı etkin biçimde havalandırabilmektedir [58].

2.1.5 Elektroiklimsel Oluşumlar

Havanın doğal karışımını oluşturan maddelerin oranı, iç ortam ve yüzeyleri sıcaklığı, iç ortam bağıl nem oranı ve ortam içindeki havanın akış hızı dışında, yapı içi hava niteliğini etkileyen özelliklerden birisi de havanın elektriksel niteliğini belirten elektroiklimdir. Havada ortaya çıkan elektriksel oluşumlara "elektroiklim" denir. Doğal ve yapay elektriksel ve manyetik alanlar elektroiklimin içinde yer alır [61].

İnsan vücudu, zaman içinde doğadaki elektriksel ve manyetik alanlara uyum sağlamış ve bu alanlar ile doğal bir denge içine girmiştir [52]. Ancak kullanıcılar tarafından üretilen yapma çevrede, doğadakiyle uyumsuz olan bir elektroiklim egemendir [62]. Yapı içindeki elektrikli donanımlar ve uziletişim (telekomünikasyon) aracılığıyla oluşan düşük ve yüksek frekanslı elektriksel ve manyetik alanlar ile yapı ürünlerinden kaynaklanan elektrostatik yükler doğada varolmayan, yoğun, yapay bir elektroiklim oluşturur [52]. Yapı içi havasının bağıl nem oranı ve sıcaklığı elektrik alanı oluşumunu doğrudan etkiler. Bağıl nem oranının artışı elektrik alan şiddetinin artmasına neden olur [61].

Havadaki elektroiklimsel oluşumların, doğadaki normal düzeyi aşması ve canlı sağlığını olumsuz etkilemesi durumuna "elektroiklimsel kirlilik" denir. İnsan vücudu belirli bir süre düşük şiddetteki elektroiklimsel kirliliğe direnmektedir. Ancak uzun süreli etkilenmeden sonra vücut direncini yitirmekte ve sağlık sorunlarının belirtileri ortaya çıkmaktadır [61], [63].

Havada bulunan her maddenin elektriksel bir yükü vardır ve elektron kazanarak ya da yitirerek yüklenmiş atomlara "iyon" denilmektedir. İyonlar, pozitif (+) ya da negatif (-)

yüklü durumda bulunur. Havadaki iyon yoğunlukları iki türde incelenir. Bunlar, yalnızca elektriksel yüklü olan "küçük iyonlar" ve fiziksel çekme kuvveti nedeniyle su buharı, zehirli madde ya da kirletici niteliğindeki parçacıkları taşıyan "büyük iyonlar"dır [61]. Oksijenin elektriksel yükü negatif, havayı kirleten parçacıkların yükleri ise pozitifdir. Ortamda bulunan pozitif yüklü parçacıkların negatif iyon kazanma istekleriyle, negatif ve pozitif iyonlar arasındaki doğal denge bozulmaktadır.

2.2 Yapı İçi Hava Kirleticileri, Kaynaklar, Sınır Değerler ve Neden Olduğu Sağlık

Sorunları

Havanın bileşimini bozabilecek nitelikte olan ve çeşitli kaynaklardan çıkarak havaya karışan kirleticilerin canlı yaşamını etkileyecek düzeylerde birikmesi hava kirliliğini oluşturur [22]. Yapı içi hava kirliliğinin, dış çevre ile karşılaştırıldığında 2 ile 5 kat arasında daha kirli [64] ve 70 kat daha zararlı olduğu görülmüştür [65]. Ayrıca bu değerin 100 kata kadar çıkabildiği durumlarla da karşılaşılmaktadır [64].

Yapı içi hava kirliliği;

- Yapı dışındaki çevreden (fiziksel dış çevre),
- Yapının kullanımından (kullanıcının kendisi ve eylemleri) ve
- Yapı ürünlerinden

kaynaklanabilir [66]. Bununla birlikte NIOSH, farklı türdeki birçok yapı üzerinde iç ortam kirliliği kaynakları ile ilgili yaptığı çalışmada, iç hava kirliliğinin; %53 yetersiz havalandırma, %15 iç hava kirleticileri, %10 dış hava kirleticileri, %5 mikroorganizma kaynaklı kirlilik, %13 bilinmeyen nedenlerle ilişkili olduğunu belirtmektedir [67]. Bu kaynaklar nedeniyle oluşan yapı içi hava kirliliği, kullanıcıda sağlık sorunlarına neden olmaktadır. ALA'ya göre; hastalıkların yapı içinde oluşması ve yayılması %50 oranında kötü iç hava niteliğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca alerji rahatsızlığı olan insanların 1/6'sı, hastalıklarının yapı içi hava kirliliğiyle kötüleşmesi sonucunda doktora başvurmaktadır [65]. Yine akciğerleri 7–8 yaşlarına kadar hızla gelişen çocuklar, iç hava kirliliğinden daha çok etkilenirler. Çocukların dakikadaki solunum sayıları fazla olduğundan, yetişkinlere göre ağız ve burun solunumu yoluyla daha fazla kirletici maddeyi akciğerlerine alırlar [68].

Yapı içi hava kirleticileri; oluşumlarına göre doğal ve yapay, kimyasal özelliklerine göre organik ve inorganik, sağlık özelliklerine göre zehirleyici, zararlı ve rahatsız edici, kanserojen, mutajenik ve alerjik, kaynaklarına göre iç ve dış olarak, fiziksel özelliklerine göre gazlar ve buharlar ile parçacıklar olarak sınıflandırılabilir [69].

Yapının iç kaynaklı kirleticilerini, yapının kendisi ve kullanıcı eylemleri; dış kaynaklı kirleticilerini ise insanların yapı dışındaki eylemleri ve doğa olayları oluşturmaktadır. Yapının dışında gerçekleşen (üretim, trafik, doğa olayları vb.) eylemler ve yapı dışındaki doğal kirleticilerle (deprem, volkan, şimşek vb.) dış ortamda kimyasal tepkimeler sonucunda oluşan (karbondioksit, karbonmonoksit vb.) ürünler, toprak ya da sudaki bazı maddeler (radon, asbest, vb.), bitki ve hayvanlardan kaynaklanan parçacıklar ve mikroorganizmalar yapı içine girerek iç havayı kirletebilir. İnsan solunum, deri parçaları, idrar, dışkı, bağırsak gazları vb. metabolizma ürünleri dışında aydınlatma, ısıtma, yemek pişirme, sıcak su sağlama, sigara içme, temizlik, fotokopi vb. eylemlerle kirlilik kaynağı oluşturabilir. Ayrıca yapıda kullanılan ürünler formaldehit, radon, asbest, kurşun gibi sağlığa zarar veren kirleticiler içerebilir [22]. Bugün yapılar, binlerce kirletici kaynağından yayılan 900 farklı kirleticiden etkilenmektedir [6]. Yapı içinde kullanılan üründen kaynaklanarak çevreyi kirleten maddeler; yapının tasarım özelliklerinden, yapım sistemi seçiminden, iç ortam donanımında kullanılan ürünlerden ve yapı kullanımı sırasında gereksinim duyulan teknik hizmetlerden oluşmaktadır. Yapının ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri, yapı içi kaynaklı kirleticiler grubunda yer almaktadır.

Kirletici maddenin yoğunluğu, hacim ya da ağırlık olarak belirlenir. Hacim olarak belirlenmesinde, bir milyon toplam hacimdeki gaz hacmini gösteren ppm (parts per million) ya da bir milyar toplam hacim içindeki kirleticinin hacmini gösteren ppb (parts per billion) birimi kullanılır. Örneğin; 1 m³ hava içinde 4 cm³ karbondioksit saptanırsa bu ortamdaki karbondioksit yoğunluğu 4 ppm'dir. Eğer yoğunluğu ölçülecek kirleticinin ağırlığı belli ise, ölçü birim hacimdeki miligram (mg/m³) ya da mikrogram (µg/m³) birimleri ile belirtilir (1 mg=1000 µg). mg/m³ birimi ppm'ye ya da µg/m³ değeri ppb'ye (parts per billion) çevrilirken "24/MW" ile çarpılır. Burada MW, bileşiğin moleküler ağırlığıdır. Örneğin; 30 MW moleküler ağırlığındaki formaldehitin derişimi 1 mg/m³'tür ve bu değer 0,8 ppm'ye eşittir [70].

2.2.1 Kirletici Gazlar ve Buharlar

Yapı içi hava kirleticileri fiziksel özelliklerine göre gazlar ve buharlar ile parçacıklar olarak ikiye ayrılmaktadır. Karbonmonoksit, karbondioksit, azot oksitler ve kükürtdioksit gibi yanma sonucu oluşan gazlar, uçucu organik bileşikler, ozon ve radon gibi doğal gazlar yapı içi gaz ve buhar kirleticilerini oluşturur.

Karbon gazları (karbonmonoksit ve karbondioksit); karbon içerikli organik maddelerin yanması sonucunda oluşur. Yanma, maddelerin genellikle havadan sağlanan oksijen ile hızlı oksitlenmesi sonucu ısı ve sıcaklık şeklinde yanma ürünlerinin açığa çıktığı kimyasal bir olaydır [71]. Karbon gazlarından birisi olan karbondioksitin (CO_2); önemli miktarı, solunum sırasında hava içindeki oksijenin kullanılmasıyla üretilmektedir. Karbonmonoksit (CO) ise; hem yapı dışı hem yapı içi hava kirleticisi olup farklı birçok kaynaktan yayılabilmekte ve yoğunluğu sınır düzeyleri aştığında, insanlarda önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Karbonmonoksitin neden olduğu sağlık sorunları kandaki hemoglobin¹ ile olan etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Hemoglobin ile birleşme eğilimi oksijene göre 200 kat daha fazla olan karbonmonoksit, kanın yapısındaki hemoglobin ile birleştiğinde karboksihemoglobin (COHb) maddesi oluşmaktadır. Böylece kandaki oksijen miktarı azalmakta ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisi öncelikle kanın yapısında ve buna bağlı olarak diğer organlarda gözlenmektedir. Karbonmonoksit ile etkileşim ortadan kalktığı zaman kanda oluşan karboksihemoglobin oluşumu kendiliğinden durur. Sağlıklı bir insanda, karboksihemoglobinin yarısı 3–4 saat içinde kandan temizlenmektedir [12].

Azot, çeşitli oksitlerden oluşan bir gazdır. Atmosferde bulunan önemli azot oksit bileşikleri; azot monoksit (NO), azot dioksit (NO_2) ve diazotoksit (N_2O)'tir [12]. Kullanıcı, eylemleri sonucunda azot oksit ve azot monoksit üretmekte; azot oksitler atmosfer oksijeni ile tepkimeye girip hava kirliliğinin bir göstergesi olarak ölçülen azot dioksiti oluşturmaktadır [71].

¹ Hemoglobin; kırmızı kan hücreleri içinde bulunan ve dokulara oksijen taşıyan maddelerdir.

Kükürtdioksit (SO_2); fosil yakıtların yanması sonucu oluşan keskin kokulu, renksiz bir gazdır. Bir dış hava kirleticisi olarak yüksek düzeylerdeki hava kirliliğine neden olarak çevreye zarar veren önemli kirleticilerden biridir.

Ozon (O_3); üç tane oksijen atomundan oluşan, renksiz ve kokusuz, atmosferin üst düzeylerinde ve yeryüzüne yakın kısımlarda bulunan, şimşek, yıldırım gibi elektriksel olayların sonucunda ortaya çıkan doğal bir gazdır. İnsan eylemleri sonucunda atmosferde önemli bir ozon yayılımı oluşmaz. Ozon, kararsız ve çok aktif olduğundan atmosferde bulunan uçucu organik bileşikler ya da yapı ürünleri, eşya, döşeme kaplamaları ve temizlik araçlarından yayılan doymamış hidrokarbonlar ile kolayca kimyasal tepkimeye girer ve böylece ozon dengesi bozulur [12], [28]. Örneğin; formaldehitin ozonla tepkimeye girmesi sonucu, ozon ve formaldehitten daha zararlı tepkime ürünleri ortaya çıkabilmektedir. Yine ozonun tolüen ile tepkimesinin ürünleri, oldukça fazla rahatsızlık verici kokusu olan aldehit içerir ve bu ürün tolüenden daha fazla zehirlidir [28].

Radon (Rn); doğal yollardan oluşan, renksiz, kokusuz, tatsız, suda çözünen, radyoaktif bir gazdır. Ölçü birimi bekerel (Bq)'dir. Yapı içine yapının çevresindeki toprak, kayalar, su kaynakları, doğal gaz ve yapı ürünleri ile girer. Yapı ürünlerinden kaynaklanan radon düzeyi; ürünün içerdiği radon yoğunluğuna, kullanılan ürün miktarına, mekânın hacmine ve havalandırma için gerekli olan hava değişim sayısına bağlı olarak değişmektedir [72].

Uçucu organik bileşikler, iç ortam ısısında buharlaşan kimyasallardır. Yapı içinde; asetaldehit, bütadin, DDT heptaklor, diklorobenzen, benzen, etil benzen, tolüen, etil tolüen, klordan, naftalin, stiren, aseton, karbon tetraklorit, 2-etoksi etanol, hekzan, kloroform, metil klorür, ksilen, trikloro etilen ve formaldehit gibi birçok uçucu organik bileşik bulunmaktadır. Bu bileşiklerden benzen, karbon tetraklorür, kloroform, metilen klorür, paradikloro benzen, tetrakloro etilen, tri-kloroetilen ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından belirlenen 33 zararlı hava kirleticisi listesinde bulunan, kentlerde yaşayan insanlarda önemli sağlık sorunlarına neden olan kirleticilerdir [69].

Yapı içi hava niteliğini inceleyen araştırmacılar, örnek ve analiz yöntemlerinde ölçtükleri organik buhar bileşiklerini "VOC" terimiyle adlandırmaktadır. Ölçülen

"VOC"ların toplamı da "toplam uçucu organik birleşikler (TVOC)" olarak tanımlanmaktadır. Çizelge 2.9'da Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından, yapı içi buhar durumundaki organik bileşiklerin sınıflandırması görülmektedir.

Çizelge 2. 9 Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yapı içi buhar durumundaki organik bileşiklerin sınıflandırması [73]

Tanımlama grupları	Kısaltma	Kaynama noktası aralığı °C*
Çok uçucu organik bileşikler	VVOC	< 0°C ile 50°C–100°C arası
Uçucu organik bileşikler	VOC	50°C–100°C ile 240°C–260°C arası
Yarı organik uçucu bileşikler	SVOC	240°C–260°C ile 380°C–400°C arası
Özel madde ya da özel organik bileşikler	POM	380°C'den yüksek

*Polar bileşikler, kaynama noktası aralığının yüksek sıcaklık tarafında görülür.

Kirletici gaz ve buhar kaynakları, çeşitli kurumlar tarafından kabul edilen sınır değerleri ve neden olduğu sağlık sorunları Çizelge 2.10'da görülmektedir.

Çizelge 2. 10 Kirletic gaz ve buhar kaynakları, sınır değerleri ve neden olduğu sağlık sorunları [4], [6], [9], [11], [12], [14], [17], [19], [20], [21], [28], [46], [68], [69], [71], [72], [74], [81], [86], [88], [74], [75], [76], [77], [78], [79]'dan uyarılma

Kirletic gazlar ve buharlar	Kirletic özellikleri	Kirletic kaynakları	Etkilenim süresi	Kabul edilebilir sınır değerler		Kurum	Sağlık sorunları
				mg/m ³ ya da µg/m ³	ppm ya da ppb		
Karbonmonoksit (CO)	Renksiz, kokusuz, tatsız, havadan daha hafif, zehirli gaz ...	Yapı içindeki tüm yanma eylemleri; - fosil yakıtlar, - bacalar, - havalandırılmayan gazyağı ve gazlı ısıtıcılar, su ısıtıcılar, HVAC sistemi ısıtıcıları, - odun ve kömür sobası, şömine, - fırın, - sigara dumanı, - petrole çalışan aygıtlar, Trafik araçları egzozu ve özellikle otopark yapıları, ...	8 saat	10 mg/m ³	9 ppm	NAAQS EPA	Nefes darlığı, göğüs ağrısı, burun tıkanıklığı, mide bulantısı, kusma, baş ağrısı, baş dönmesi, görme bozukluğu, tırnakların etrafındaki derinin mavileşmesi, aşırı yorgunluk, uyuklama, şaşkınlık, uyuşukluk, Sürekli etkileşim sonucunda; kalp atışında değişme, kalp krizi, bellek işlevinin bozulması, konvülsiyon (çizgili kasların şiddetli kasılması), koma ve sonuçta ölüm ...
			1 saat	40 mg/m ³	35 ppm		
			8 saat	10 mg/m ³	13 ppm	NAAQS CEPA	
			1 saat	40 mg/m ³	31 ppm		
			-	-	25 ppm	ACGIH	
			30 dk	-	60 ppm	MAK	
			-	-	30 ppm		
			1 yıl	-	17 ppm	BOCA-National	
			1 saat	-	26 ppm	Mechanical Code (1990)	
			8 saat	-	11 ppm	Kanada standardı	
			1 saat	-	25 ppm		
			8 saat	10 mg/m ³	87 ppm	WHO (1987)	
			1 saat	30 mg/m ³	26 ppm		
			30 dk	60 mg/m ³	50 ppm		
			15 dk	100 mg/m ³	87 ppm		
			-	-	35 ppm	OSHA	
			8 saat	55 mg/m ³	50 ppm		
			5 dk	-	200 ppm		
			8 saat	10 mg/m ³	9-10 ppm	TS 12281	
			1 saat	-	25 ppm		
			UVS*	10000 µg/m ³	-	Hava Kalitesinin	
			KVS**	30000 µg/m ³	-	Korunması Yönetmeliği	

* UVS (Uzun vadeli sınır değerler); aşılmaması gereken, bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerdir.

** KVS (Kısa vadeli sınır değerler); günlük ortalama değerlerin en fazlası ya da istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre sıralandığında, ölçüm sonuçlarının %95'ini aşmaması gereken değerlerdir. UVS ve KVS için öngörülen değerler, genellikle bir yıllık süreleri kapsamaktadır.

Çizelge 2. 10 Kirletici gaz ve buhar kaynakları, sınır değerleri ve neden olduğu sağlık sorunları (devam)

Kirletici gazlar ve buharlar	Kirletici özellikleri	Kirletici kaynakları	Etkilenim süresi	Kabul edilebilir sınır değerler		Kurum	Sağlık sorunları
				mg/m ³ ya da µg/m ³	ppm ya da ppb		
Karbonmonoksit (CO) (devam)			60 dk	-	45 ppm	İngiliz Standardı BS7860	
			10 dk-30 dk	-	150 ppm		
			6 dk	-	350 ppm		
			30 dk	-	100 ppm	Alman Standardı VDI2053	
			15 dk	-	100 ppm	İsveç Standardı BBR94	
Karbondiyoksit (CO ₂)	Renksiz, kokusuz, çok kararsız, yanıcı olmayan gaz ...	Yapı içindeki tüm yanma eylemleri; - havalandırılmayan gazyağlı ve gazlı ısıtıcılar, HVAC sistemi ısıtıcıları - bacalar, - soba, - sigara dumanı, Canlı solunumu ...	-	< 1800 mg/m ³	-	WHO	Nefes darlığı, burun tıkanıklığı, mide bulantısı, kusma, baş ağrısı, baş dönmesi, görme bozukluğu, yorgunluk, uyuklama, sinirsel gerginlik, Sürekli etkileşim sonucunda; kemikteki mineral tuzlarının yitimi ...
			8 saat	9000 mg/m ³	10.000 ppm	OSHA	
			15 dk	-	30.000 ppm	ACGIH	
			8 saat	-	5000 ppm		
			15 dk	-	25 ppm		
			-	-	30.000 ppm	MAK	
			1 saat	-	5000 ppm		
			8 saat	-	10000 ppm		
			Sürekli	1800 mg/m ³	500 ppm	ASHRAE 62 (1989)	
			8 saat	-	-	NIOSH	
			Uzun süre	6300 mg/m ³	< 3500 ppm	Kanada Standardı	
			8 saat	-	9 ppm	EPA	
Azot gazları (NO ve NO ₂)		Yapı içindeki tüm yanma eylemleri; - havalandırılmayan gazyağlı ve gazlı ısıtıcı	1 saat	-	35 ppm		Göz yanması, göz kuruluğu, burun ve boğazda yanma, öksürük, bitkinlik,
			-	-	< 800 ppm	TS 12281	
			24 saat	150 mg/m ³ (NO ₂)	0,08 ppm	WHO (1987)	
			1 saat	400 mg/m ³ (NO ₂)	0,21 ppm		
			8 saat	9 mg/m ³ (NO ₂)	5 ppm	OSHA	
			15 dk	-	1 ppm		

Çizelge 2. 10 Kirlетici gaz ve buhar kaynakları, sınır değeri ve neden olduğu sağlık sorunları (devam)

Kirlетici gazlar ve buharlar	Kirlетici özellikleri	Kirlетici kaynakları	Etkilenim süresi	Kabul edilebilir sınır değeri			Kurum	Sağlık sorunları
				mg/m ³ ya da µg/m ³	ppm ya da ppb	ppm ya da ppb		
Kükürt gazı (SO ₂) (devam)		(devam)	5 dk	< 1000 µg/m ³	< 0,38 ppm		Kanada standardı	
			Uzun süre	< 50 µg/m ³	< 0,019 ppm			
		Kanalizasyon kaynaklı gaz sızıntıları	1 yıl	60 µg/m ³	-		Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği	
		...	1 saat	450 µg/m ³	-			
			UVS	150 µg/m ³	-			
			KVS	400 µg/m ³	-			
Ozon gazı (O ₃)	Mavimsi renkte, kokulu, çok kararsız gaz ...		1 yıl	80 µg/m ³ (duman olan durumda),	-		Royal Commission on Environmental Pollution (1984)	
			1 yıl	120 µg/m ³ (duman olmadığı durumda)	-		tarafından Avrupa Birliği için belirlenen değeri	
			24 saat	350 µg/m ³	-			
		Hidrokarbonlar ve azot oksitleri ile güneş ışığı içeren fotokimyasal tepkimeler, fotokopi makineleri, yazıcılar, ekranlar, bilgisayar, elektronik ürünler,	Sürekli	0,1 mg/m ³	0,05 ppm		ASHRAE 62 (1989)	Göz, burun, boğaz ve soluk borusu tahrişi, öksürük, göğüste ağrı ve sıkışma, bulanık görme, baş ağrısı, yorgunluk, uykusuzluk, dikkatsizlik,
			15 dk	-	0,3 ppm		OSHA	
			8 saat	0,2 mg/m ³	0,1 ppm			
			1 saat	0,235 mg/m ³	0,12 ppm		NAAQS EPA	
			8 saat	-	0,08 ppm			
			1 yıl	-	15 ppb		NAAQOs CEPA	
			24 saat	-	25 ppb			
			1 saat	-	82 ppb			
		İklimlendirme sistemleri, HVAC sistemlerindeki elektronik hava temizleyicileri ve bunların arızalanması, ozon ve iyon üreticileri	UVS	-	-		Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği	Bronkospazm (astımlı hastalarda), kan değeriinde değışme, solunum yolları ve alveoller iltihabı, akciğeri işlevinde ve dokularında bozulma, ...
			KVS	240 µg/m ³	-		TS 12281	
			-	< 0,12 mg/m ³	-			
			1 saat	< 150-200 µg/m ³	-			
			8 saat	-	0,05 ppm		ACGIH	
			15 dk	-	0,2 ppm			
			-	-	0,1 ppm		MAK	
			5 dk	-	0,2 ppm			

Çizelge 2. 10 Kirlетici gaz ve buhar kaynakları, sınır değeri ve neden olduğu sağlık sorunları (devam)

Kirlетici gazlar ve buharlar	Kirlетici özellikleri	Kirlетici kaynakları	Etkilenim süresi	Kabul edilebilir sınır değeri			Kurum	Sağlık sorunları
				mg/m ³ ya da µg/m ³	ppm ya da ppb			
Ozon gazı (O ₃) (devam)		...	1 saat	< 240 µg/m ³	0,12 ppm		Kanada Standardı	
			8 saat	0,1–0,12 mg/m ³	0,05–0,06 ppm		WHO (1987)	
			1 saat	0,15–0,2 mg/m ³	0,076–0,1 ppm			
Radon (Rn)	Rensiz, kokusuz, tatsız, radyoaktif, suda çözünen doğal gaz, ...	Yapı zemini, toprak, kayalar, su kaynakları, içme suyu, kuyu suyu, duşlar, su spreyi, doğal gazlar, ...	1 yıl	100 Bq/m ³	2,7 pCi/L***		WHO	A sınıfı kanserojen maddedir.
			-	< 111 Bq/m ³	-			Sürekli etkileşim sonucunda; akciğer kanseri ...
			-	Yeni yapılarda < 370 Bq/m ³	-			
			-	Varolan yapılarda	-			
			-	-	< 4 pCi/L		WHO (2009)	
			1 yıl	37 Bq/m ³	4 pCi/L		ASHRAE 62 (1989)	
			-	Yeni yapılarda	-			
			-	~ 0	-		İsveç Standardı	
			1 yıl	148 Bq/m ³	< 4 pCi/L		NAAQS EPA	
			-	200 Bq/m ³	konutlar için		ICRP	
		Yapı ürünleri, beton, tuğla, kartonpiyer, çamaşır ve bulaşık makinesi, ...	Birkaç yıl	-	4–20 pCi/L		EPA (1986)	
			Birkaç ay	-	20–200 pCi/L			
			Birkaç hafta	-	< 200 pCi/L			
			-	< 96,4 Bq/m ³	-		Fennos Candian (Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Norveç, İsveç)	
			-	Yeni yapılarda < 400 Bq/m ³	-		TS 12281	
			-	Varolan yapılarda	-			
			-	< 400 Bq/m ³	-			
			-	Yeni yapılarda	-			
			-	< 400 Bq/m ³	-		TAEK-Radyasyon Güvenliği	
			-	-	-			

*** pCi/L (picocuries per liter); radon düzeyinin değeri değerlendirilmesinde kullanılan eski bir birimdir. 1 ci (curie)=37x10⁹ bekerel (Bq)'dir.

Çizelge 2. 10 Kirlетici gaz ve buhar kaynakları, sınır değeri ve neden olduğu sağlık sorunları (devam)

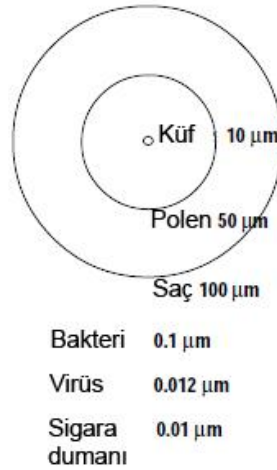
Kirlетici gazlar ve buharlar	Kirlетici özellikleri	Kirlетici kaynakları	Etkilenim süresi	Kabul edilebilir sınır değeri		Kurum	Sağlık sorunları
				mg/m ³ ya da µg/m ³	ppm ya da ppb		
Kirlетici Uçucu Organik Bileşikleri; Asetaldehit, bütadin, DDT heptaklor, diklorobenzen, etil benzen, etil tolüen, klordan, naftalin, stiren ...	Atmosferde, besinlerde ya da suda gaz, sıvı ya da katı parçacık durumunda bulunan "C (karbon)" bileşimli buhar ve gazlara verilen ortak isim	Akışkanlaştırıcılar, çözücüler, sentetik deterjan, boyalar, macun, naftalin, reçine, yapıştırıcılar, yağ ve yağlayıcı maddeler, mum, vernik, cila,	-	< 200 µg/m ³ TVOC	-	Møhave, Indoor Air '91 (Bu bir standart değildir ancak değeri güvenilir test ortamlarında elde edilmiştir)	Üst solunum yolu hastalıkları, göz, burun ve boğaz tahrişi, göz sulanması, öksürük, astım ve akciğerin kötleşmesi
	...	...	30 dk	0,1 mg/m ³	-	WHO	burun akıntısı ve burun kanaması, koku algısında değışiklik, boğazda yanma, sinüs tıkanıklığı, rinit, farenjit, kulak çınlaması, baş ağrısı, bulanık görme, mide bulantısı, kusma, ishal, iştahsızlık, kas ağrıları, deri döküntüleri, egzama,
	Aseton	Kolay alevlenebilen, kokulu ve renksiz	-	0,1 mg/m ³	0-0,5 ppm	ASHRAE 62 (1989)	Bunalım, yorgunluk, sıkıntı duyma, , sinirlenme, uyumada zorluk çekme ve uyuşukluk, dikkatin toplanmasında zorluk,
	Benzen	Renksiz, suda çözünmeyen, kokulu	-	< 500µg/m ³ TVOC	0,10 ppm	TS 12281	
Karbon tetraklorit	-	Sıkıştırılmış ahşap ürünleri (sunta, kontrplak) ve koruyucuları, sentetik kumaşlı mobilyalar,	1 saat	1780 mg/m ³	-	ACGIH	
	2-Etoksi etanol	Renksiz, duru ve kokusuz sıvı	-	590 mg/m ³	-	NIOSH	
Hekzan	-	Ofis aygıtları, fotokopi makineleri, yazıcılar,	-	< 0,01mg/m ³	-	TS 12281	
	Sikloheksan	Eter kokusunda ve sıvı durumunda	-	32 mg/m ³	-	ACGIH	
Kloroform	Renksiz, tatlı, hoş kokulu sıvı	Ofis aygıtları, fotokopi makineleri, yazıcılar,	-	31 mg/m ³	-	ACGIH	
	-	-	-	12 mg/m ³	-	NIOSH	
Kloroform	Renksiz, duru ve kokusuz sıvı	Ofis aygıtları, fotokopi makineleri, yazıcılar,	-	18 mg/m ³	-	ACGIH	
	-	-	-	1,8 mg/m ³	-	NIOSH	
Kloroform	Renksiz, duru ve kokusuz sıvı	Ofis aygıtları, fotokopi makineleri, yazıcılar,	-	176 mg/m ³	-	ACGIH ve NIOSH	
	-	-	-	1030 mg/m ³	-	ACGIH	
Kloroform	Renksiz, duru ve kokusuz sıvı	Ofis aygıtları, fotokopi makineleri, yazıcılar,	-	1930 mg/m ³	-	NIOSH	
	-	-	-	49 mg/m ³	-	ACGIH	
Kloroform	Renksiz, duru ve kokusuz sıvı	Ofis aygıtları, fotokopi makineleri, yazıcılar,	-	270 mg/m ³	-	WHO	
	-	-	-	10 mg/m ³	-	NIOSH	

Çizelge 2. 10 Kirlетici gaz ve buhar kaynakları, sınır değeri ve neden olduğu sağlık sorunları (devam)

Kirlетici gazlar ve buharlar	Kirlетici özellikleri	Kirlетici kaynakları	Etkilenim süresi	Kabul edilebilir sınır değeri		Kurum	Sağlık sorunları
				mg/m ³ ya da µg/m ³	ppm ya da ppb		
Metil klorür	Renksiz, yumuşak, tatlımsı kokulu	(devam)	-	174 mg/m ³	-	ACGIH	(devam)
	Renksiz ve sıvı	Plastik, naylon bileşikleri, kauçuk, polyester, keçe, poliüretan,	-	350 mg/m ³	-	WHO	
Ksilen			-	434 mg/m ³	-	ACGIH	Sürekli etkileşim sonucunda; anemi, lösemi, akciğer,
			-	435 mg/m ³	-	WHO ve NIOSH	karaciğer, kalp, böbrek ve sinir sistemi
Tolüen	Renksiz, kokulu, duru ve sıvı	Duvar, tavan ve döşeme kaplamaları, yalıtım ürünleri,	24 saat	354 mg/m ³	-	NIOSH	bozuklukları, üreme ve menstrual sorunlar,
	durumda bulunur		30 dk	7,5 mg/m ³ 1 mg/m ³	-	WHO (1987)	kanser
Trikloro etilen	Duru, zehirli sıvı		-	375 mg/m ³	-	WHO ve NIOSH	
	Renksiz, keskin kokulu, tahriş edici, suda çözünen bir gaz	Petrol, gazyağı ve kömür gibi yakıtların ya da ahşabın yanması, trafik araçları egzozu, sigara dumanı, şömine ...	-	< 0,01 mg/m ³	-	TS 12281	
Formaldehit (HCHO)			-	188 mg/m ³	-	ACGIH	
			8 saat	-	100 ppm	OSHA	...
			30 dk	100 µg/m ³	0,081 ppm	WHO (1987)	
			-	< 0,06 mg/m ³	-	WHO (1984)	
			-	-	< 0,065 ppm	TS 12281	
			-	-	2-3 ppm	HUD	
			8 saat	-	0,75 ppm	OSHA	
			15 dk	-	2 ppm		
			-	-	0,016 ppm	NIOSH	
			-	-	0,5 ppm	MAK	
			5 dk	-	1 ppm		
			-	-	0,3 ppm	ACGIH	
			-	-	0,4 ppm	ASHRAE 62 (1989)	
			Sürekli	120 mg/m ³	-		
			Uzun süre	120 µg/m ³	0,10 ppm	Kanada Standardı	
			-	60 µg/m ³	0,05 ppm		
			-	< 20 µg/m ³	-	EPA	
			-	-	-		

2.2.2 Parçacıklar

Yapı içindeki parçacık türündeki kirleticiler, asbest, is, kl, kurum, toz, duman gibi asılı parçacıklardan; virüs, bakteri, mantar ve bunların sporları ile polen ve ev akarı tozu gibi organizmalardan kaynaklanmaktadır. Bu kirleticiler, farklı türde olabildikleri gibi parçacık boyutları da çok çeşitlidir. Parçacıkların boyutlarının ölçümünde mikron (μ) birimi kullanılır (1 milimetre = 1000 mikron). Kirleticilerin parçacık boyutları, 0,005 μ 'dan 100 μ 'na kadar çok geniş bir aralıktadır değişmektedir [80]. Örneğin; cümle sonundaki bir nokta 500 μ çapında olup insan saçının çapı yaklaşık 100 μ boyutundadır. şekil 2.2'de bazı iç hava kirleticilerinin parçacık boyutlarının insan saçı ile karşılaştırılması görülmektedir.



şekil 2. 2 Bazı iç hava kirleticilerinin parçacık boyutlarının insan saçı ile karşılaştırılması [80]

Işık koşullarının iyi olduğu durumda ancak 10 mikrona kadar olan parçacıklar çıplak gözle görülebilirken, parçacıkların %99'undan fazlasının çapı 0,5 mikrondan küçüktür ve bu boyut, özellikle yapı içi havasındaki asılı parçacıklara tutunan virüsler açısından oldukça önemlidir [81]. Böylelikle yapı içindeki kullanıcıların, i havadaki solunabilir asılı parçacıklar nedeniyle hastalanma risklerinde artış olmaktadır. Çizelge 2.11'de iç ortamda bulunan bazı kirletici parçacıkların boyutları görülmektedir.

Çizelge 2. 11 Bazı hava kirleticilerinin boyutları [18], [28], [82], [83], [84]

Kirletici	Ortalama çap	Kirletici	Ortalama çap
Akar tozu	50–300 mikron	Amip	8–20 mikron
Polen	10–100 mikron	İnsan derisi	1–40 mikron
Mantar sporu	0,5–30 mikron	Kedi derisi	1–3 mikron
Küf mantarı sporu	2–10 mikron	Mineral lifler	3–10 mikron
Bakteri	0,3–30 mikron	Asbest	0,25–1 mikron
Bakteri*	0,05–0,7 mikron	Havada asılı durumdaki toz	5–25 mikron
Bakteri sporu	0,3–10 mikron	Duman	0,1–0,3 mikron
Virüs*	< 0,01–0,05 mikron	Sigara dumanı	0,1–1 mikron

*Büyük asılı damlacık parçacıkları içinde bulunur.

İnsan vücudu, metabolizmasının çalışması ve eylemleri sonucunda, çevresine bir dakikada yaklaşık olarak 1000'in üzerinde bakteri ve mantar ile çapı 0,3 mikron olan 100.000 tane toz parçacığı yaymaktadır [85]. Genelde ölü üst deriden yayılan bu parçacıklar, mikroorganizmaları taşıyarak havada uzun süre asılı kalabilir ve aksırma, öksürme, yüksek sesle konuşma gibi eylemlerle çevreye yayılabilir [86]. Ayrıca, insanın hareketliliği arttıkça yaydığı parçacık sayısı da artar. Parçacıkların hastalık etkeni olmasının yanı sıra diğer kirleticilerle olan etkileşimleri ile insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri daha da artmaktadır [80].

Parçacıkların vücuda girişi ve buradaki etkileri çaplarına, şekillerine, yoğunluklarına ve vücuda giriş özelliklerine göre değişmektedir [12], [69]. 10 mikrondan büyük parçacıklar üst solunum yolunda; 5–10 mikrondan küçükler ise alt solunum yolunda birikir. Üst solunum sisteminde tutulan parçacıklar, solunum sistemi tarafından vücuttan dışarıya atılır. Çizelge 2.12'de parçacık boyutlarına bağlı sağlık sorunları görülmektedir.

Parçacık kaynakları, çeşitli kurumlar tarafından kabul edilen sınır değerleri ve neden olduğu sağlık sorunları Çizelge 2.13'te görülmektedir.

Çizelge 2. 12 Parçacık boyutlarına bağlı sağlık sorunları [18], [37], [80], [87], [88]'den uyarılma

Parçacık özelliği	Parçacık boyutu	Parçacık boyutuna bağlı sağlık sorunları
Büyük ya da kaba parçacıklar	> 10 μ	Üst solunum yolunda (burun, sinüs ve boğaz) ayrılır ve tutulur.
< 10 mikron taneciklere; "inhalable parçacık" ya da "respirable suspended particles (RSP)" solunabilir asılı parçacık denir. Bu parçacıklar, alt solunum yoluna ve akciğerdeki bronşlara kadar ilerleyebilir.	5–10 μ	Üst ve alt solunum yollarında tutulur.
	< 5 μ	Solunum yollarında tutulamaz ve bronşlara kadar ilerleyebilir.
	> 2,5 μ	Genellikle üst solunum yolu tarafından uzaklaştırılır.
	< 2,5 μ	Akciğerde tutunma olasılığı yüksektir.
	1–2 μ	Alveollerde tutulur.
	0,1–1 μ	Akciğerin derinliklerine dek ilerleyebilir.

2.2.2.1 Asılı Parçacıklar

Asılı parçacıklar; çapı birkaç yüz mikrometreden küçük, uçan, katı ve düşük buhar basınçlı sıvı parçacıklardan oluşur [89]. TS 12281'e göre; solunabilir asılı parçacık; havada asılı durumda, çapları 3,5 mikrondan küçük olan ve solunum yoluyla akciğerlere ulaşabilen parçacıklardır. Asbest, toz, duman, kurum, is ve sis bilinen en yaygın asılı parçacık kirleticilerindendir.

Asbest; doğal olarak oluşan, ezildiği ya da işlendiğinde kolaylıkla uzun, ince ve esnek liflere ayrılabilen inorganik silikat bileşiklerine verilen bir addır [90]. Asbest gerilebilir lifli yapısıyla ısı geçirgenliği zayıf, kimyasal etkenlere karşı dayanıklıdır [12]. Özelliklerine göre, serpantin ve amfibol olarak iki ana grupta, amfibol ise beş ayrı türde incelenmektedir [66].

Kurum; tam olmayan yanma sonucu oluşan katran karışmış karbon parçacıkları olup yapı içi havasındaki asılı parçacık kirleticilerinden birisidir. Cümle sonunda bulunan ve 500 mikron boyutunda olan bir noktada, iki milyonun üzerinde 0,3 mikron çapında kurum parçacığı bulunabilmektedir [69], [81].

Havada bir süre asılı kalabilen ve yer çekimi etkisiyle havadan ayrılan, genel olarak çapları 100 mikrondan küçük parçacıklara "toz" adı verilir. Ortamda bulunan kaba tozun boyutu 10-20 mikron arasında değişmektedir [17], [81].

Duman; tam olmayan yanma sonucunda, genellikle karbon ve diğer yanabilen maddelerden oluşan parçacıklardır. Çoğunlukla ortalama çapları 0,1–0,3 mikron arasındadır. Yanan sigara, puro ve pipolar iç ortamdaki tütün dumanı kaynaklarıdır [14], [17]. İç ortamlarda sigara içilmesi, insan sağlığı üzerinde en fazla olumsuz etki yaratan kirletici kaynaklarından birisidir. Aynı ortamda bulunan, sigara içmeyen kişiler de sigara dumanından etkilenmekte ve bu kişilere "pasif içiciler" adı verilmektedir.

Gazların yoğunlaşması ya da kimyasal reaksiyon sonucu oluşan bir mikrondan küçük boyutlu parçacıklara "is"; mikroskobik su damlacıklarından oluşan gözle görülebilen parçacıklara ise "sis" adı verilmektedir [15].

2.2.2.2 Organizmalar

Virüsler, bakteri ve endotoksinler¹, mantar ve sporları, bitki sporları, polenler, hayvan atıkları ile ev akarı tozları havada bulunan mikroorganizma parçacıkları olup bunlara "bioaerosoller" denilmektedir [91], [92]. Genelde 0,5–30 mikron boyutundaki bioaerosoller, solunabilir ve akciğerlerde tutunabilir olduklarından araştırılmaları ve incelenmeleri insan sağlığı açısından oldukça önemlidir [93]. Çizelge 2.11'de bazı organizmaların çapları görülmektedir. Organizmalar, havada tek başlarına değil kümeler durumunda ya da toz ve parçacıklara tutunmuş olarak bulunur.

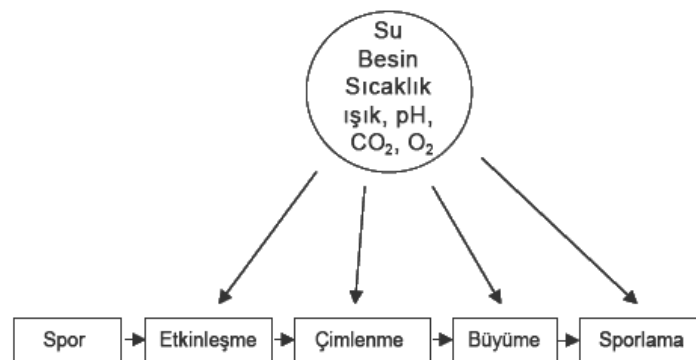
İnsan sağlığını, hem yapı içindeki oluşumuyla hem yapı dışından yapı içine girmesiyle olumsuz olarak etkileyen organizmalar farklı kaynaklardan yayılabilmektedir. Dış çevredeki bitki örtüsü, yapı içindeki canlılar ve eylemleri, vücut kokuları, ıslak ya da nemli yapı ürünleri ile bakımı ve temizliği yapılmayan soğutma ve iklimlendirme sistemlerindeki; soğutma kuleleri, nemlendiriciler, soğutucu bataryalar, su toplama tavaları, nemli filtreler ya da kanal yalıtımları, mikroorganizma kaynakları arasında yer almaktadır [14], [94].

En çok karşılaşılan organizmalardan birisi olan bakteriler; 0,3–30 mikron, sporları ise 0,3–10 mikron boyutundadır [18]. Varolan binlerce farklı türdeki bakterinin yalnızca çok az bir kısmı insanlarda hastalıklara neden olur. Bakteriler bazı durumlarda

¹ Endotoksin; bakterilerin hücre duvarı yapısında bulunan bir maddedir. Bakteri bütünlüğü herhangi bir nedenden ötürü bozulursa serbest kalarak zehirleyici etkileriyle karşılaşılmaktadır.

hücrelerin normal işleyişini bozarken; bazı türleri zehir salgılayarak zarar verir [21]. Bakteri ve mantar, sporları ile çoğalmaktadır. Mantar sporları 2–10 mikron boyutunda olup yıllarca çoğalmadan ve yüzeylere tutunmuş durumda hareketsiz olarak bekleyebilir [83]. 100.000’den fazla farklı türde mantar vardır [37]. Bazı küf mantarı sporları, havaya küf kokusunun da kaynağı olan mikrobiyolojik uçucu organik bileşikler (MVOCs) yaymaktadır [83]. Yapıda kullanılan yapı ürünleri ve ortam içindeki yüzeylerin üzerinde ya da iklimlendirme sistemlerinde duyulan küf kokusu, ortamda ciddi bir kirlilik olduğunun belirlenmesinde önemli bir etken olabilmektedir [28]. Kaynaklara bağlı genel kirletici yoğunluklarına bakıldığında; küf ve nem sorunu olan konut ve ofislerde 1000 cfu/m³ düzeyinin aşıldığı; belirgin bir sorunu olmayanlarda ise 500±200 cfu/m³ değerinde olduğu görülmektedir [28], [94]. “cfu (colony forming units)” mikroorganizmaların sayımında kullanılan ölçü birimidir. TS 12281’e (1997) göre; mantar sporlarının kapalı ortam yoğunluğu 1000 spor/m³’ü aşmamalıdır. Yapılan bir çalışmada; yapıdaki nem sorunlarının ve küf ile etkileşimin, insanlarda çeşitli hastalıklara neden olma riskini, %30–50 oranında artırdığı gözlemlenmiştir [95].

Hastalıklara neden olan organizmaların gelişme ve çoğalmaları mikroorganizmanın türüne ve çevresel etkenlere göre değişmektedir. Bir mantarın gelişebilmesi için organik besine, oksijene (ya da karbondioksit) ve suya gereksinmesi vardır. Bakteri ise inorganik bileşiklerin üzerinde büyüyebilir ve su yerine oksijen kaynağı olarak sülfat ve nitratı kullanabilir [82]. Şekil 2.3’te bir mantar sporunun gelişimi şeması görülmektedir.



Şekil 2. 3 Bir mantar sporunun gelişimi şeması [88]

Yapılan araştırmalarda, birçok küf mantarı türünün çoğalmasının en uygun koşulunun; bağıl nem oranının %98–99 ve 20–30°C sıcaklıkta olduğu belirtilmiştir [88]. Bakterilerin

çoğalması için bağıl nem oranının %25'in üzerinde olması yeterli olurken, bu oranın %70'e çıkmasıyla üremelerinde artış gözlenmektedir [18]. Öyle ki, uygun koşullar altında bazı bakteri türlerinde tek bir hücreden, her 20 dakikada bir hücre bölünmesiyle sekiz saat sonunda, 17 milyon hücre oluşabilmektedir [82].

Virüsler 0,02–0,3 mikron boyutunda olup genelde, havada koloniler durumunda ya da asılı parçacıkların üzerinde tutunmuş olarak bulunur [18]. Birçok bulaşıcı hastalığın etkeni olan virüsler, yıllarca cansız olarak bekleyebilir. Bir insan hücresinin içerisine milyonlarca virüs sığabilmektedir [21]. Bu açıdan düşünüldüğünde, boyutlarının ne kadar küçük olduğu daha iyi anlaşılmaktadır. İnsan hücrelerine bağlanıp çoğalmak için bu hücreleri araç olarak kullanan virüsler, kullandıkları hücrelerin genetik yapısını değiştirebilir ve onları yok ederek insanlarda hastalıklara neden olur.

Akar (mayt) tozu ile etkileşim alerjik rahatsızlıklar ve astıma neden olabilir ya da astımı tetikleyebilir [91], [93], [96]. Gözle görülmeyen, eklem bacaklılar cinsinden bir böcek olan akar; 25°C'de ve %75 bağıl nemli ortamlarda yaşar [96]. Bakımı ve temizliği gereği gibi yapılmamış, halı, perde, kumaş vb. ile havalandırma ve iklimlendirme sistemleri bileşenleri ya da ıslak, nemli ve temizlenmemiş mutfak, banyo mekânlarındaki duvarlar, döşeme vb. ev tozu akarları kaynaklarındandır. Ortam içindeki bağıl nem oranının artışıyla çoğalan akar tozları için TS 12281'in (1997) belirlediği sınır yoğunluk düzeyi 60 mayt/gr toz'dur.

İç ortamlarda yaşayan kedi ve köpek gibi evcil hayvanların tüyleri, salyaları, dışkıları ve deri döküntüleri insanlarda rahatsızlıklara [93] ve astıma duyarlı olan çocuklarda önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır [91].

Bir diğer organizma olan polenlerin 10–170 mikron arasında değişen boyutları vardır [18]. Akçaağaç, huş, meşe ve çınar türü ağaçlar, çimen ve çayırotu ya da yabancı otlardan çevreye yayılan polenler [93] çeşitli yollarla yapı içi havasına karışabilmektedir.

Organizmalar ile ilgili çeşitli kurumlar tarafından kabul edilen sınır değerleri ve neden olduğu sağlık sorunları Çizelge 2.13'te görülmektedir.

Çizelge 2. 13 Parçacık kaynakları, sınır değerleri ve neden olduğu sağlık sorunları [4], [6], [9], [11], [12], [14], [17], [19], [20], [21], [28], [46], [68], [69], [71], [72], [74], [75], [76], [77], [78], [80], [87], [92], [94]'ten uyarılma

Parçacıklar	Parçacık özellikleri	Parçacık kaynakları	Etkilenim süresi	Kabul edilebilir sınır değerler		Kurum	Sağlık sorunları
Parçacıklar (genel)	Tek molekül boyutu olan 0,0002 µ'dan büyük ve 500 µ'dan küçük, havada asılı kalan ya da çökebilen katı ya da sıvı maddeler ...	Tavan, duvar ve döşeme kaplamaları, yalıtım ürünleri, halılar, sentetik kumaşlar, Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri, nem alıcılar ve nemlendiriciler, havalandırılmayan gazyağlı ısıtıcılar, odun ve kömür sobaları, şömineler, sigara dumanı,	1 yıl 24 saat	50 µg/m ³ 150 µg/m ³ (10 µ için)	0,075 mg/m ³ 0,26 mg/m ³	NAAQS EPA ASHRAE 62 (1989) NAAQS EPA	Göz, burun ve boğaz tahrişi, göz sulanması, ateş, titreme, öksürük
Asbest, is, kül, kurum, toz, duman vb. asılı parçacıklar			1 yıl 24 saat	15 µg/m ³ (< 2,5 µ için) 35 µg/m ³ (< 2,5 µ için)		NAAQS EPA	
...			1 yıl 24 saat	70 µg/m ³ 120 µg/m ³		NAAQOs CEPA	Alerjiler, bronşit, rinit gibi solunum yolu rahatsızlıkları, astım, ...
Virüs, bakteri, mantar ve bunların sporları ile polen ve ev akarı tozu vb. organizmalar			-	< 20 µg/m ³		EPA	
			-	15 mg/m ³		OSHA	
			1 yıl 24 saat	60 µg/m ³ 150 µg/m ³		BOCA-Mechanical Code (1990) Kanada Standardı	
			1 saat Uzun süre	< 100 mg/m ³ (< 2,5 µ için) < 40 mg/m ³			
			UVS KGS	350 mg/m ² gün 650 mg/m ² gün (> 10 µ için)		Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği	
			UVS KVS 1 yıl 24 saat	150 µg/m ³ 300 µg/m ³ 60 µg/m ³ 150 µg/m ³ (< 10 µ için)		Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği	
			-	100 µg/m ³ (asılı parçacıklar için)		TS 12281	
			-	< 1,0 µg/100 cm ² (temizliği yapılmış HVAC sistemlerinde)		NADCA 1992-D1 Standardı	
		Dış hava, dış çevredeki bitki örtüsü ...					

Çizelge 2. 13 Parçacık kaynakları, sınır değerleri ve neden olduğu sağlık sorunları (devam)

Parçacıklar	Parçacık özellikleri	Parçacık kaynakları	Etkilenim süresi	Kabul edilebilir sınır değerler	Kurum	Sağlık sorunları
Asbest (Asılı parçacık)	Doğal olarak ezilen ya da işlendiğinde kolaylıkla uzun, ince ve esnek liflere ayrılabilen inorganik silikat bileşiklerine verilen ad ...	Yalıtım ürünleri, Siva, borular, döşeme ve tavan kaplamaları, duvar panelleri ...	-	0 lif/cm ³	TS 12281	Öksürük, nefes darlığı,
			8 saat	0,6 lif/cm ³ (kriozil)	TS 11597	Nörolojik sorunlar,
			8 saat	0,3 lif/cm ³ (kriozilli karışımlar ya da kriozil dışındaki lifler)		
			Uzun süre	~ 0	WHO 1984	Solumun yolu
			8 saat	0,1-0,2 lif/cm ³	OSHA	hastalıkları, gırtlak
			30 dk	1 lif/cm ³		kanserleri, asbestosis,
			-	100 lif/cm ³ (uyuma alanında) 500 lif/cm ³ (çalışma alanında)	Yeni Zelanda'da Standart	mezotelyoma, akciğer
Organizmalar	Mikroorganizmalar; çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olan, ancak mikroskop yardımıyla görülebilen organizmalar ...	Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin; hava kanalları, nemlendiricileri, yalıtım ürünleri, menfezleri, Kullanıcı ve eylemleri, evcil hayvanlar, Yapıdaki nemli ve kirli durumdaki tuvalet, banyo ve mutfak gibi sağlıklı alanlar ...	1 yıl	0,5-1 µg/m ³	WHO 1987	kanseri ve plevra tümörü, mide ve
			3 ay	1,5 µg/m ³	NAAQS EPA	bağırsak kanserleri
			8 saat	50 µg/m ³	OSHA	...
			-	< 1000 spor/m ³ (mantar sporu)	TS 12281	Mikroorganizmaların solunması ya da
			-	<60 mayt/gram (akar tozu için)		deriyle etkileşimlerine bağlı; ağrılar, ateş, titreme, solumun rahatsızlıkları, öksürük, mide bulantısı, kusma, ishal, bitkinlik, sinüslerin tıkanması vb. belirtiler,
			Kaynak yok	Kaynak yok	Kaynak yok	Birçok bulaşıcı ya da alerjik hastalıklar ile astım gibi solumun rahatsızlıkları ...

2.3 Yapı İçi Hava Niteliğinin İyileştirilmesi

Yapı içi havasının niteliğini belirleyen özelliklerden her birisi diğerleri ile bağlantılıdır ve bu özellikler, yapı içi hava kirliliğine neden olan kirleticilerin düzeyleri ile niteliğini etkilemektedir. İç hava niteliğinin bozulması, önceki başlıklar altında ayrıntılarıyla açıklandığı gibi insan sağlığını olumsuz etkilemekte ve verimliliğini düşürmektedir.

Zamanının büyük bir kısmını kapalı ortamlarda geçiren insanın temel gereksinmesi olan yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürebilmesi, yapı içi hava niteliğinin iyileştirilmesi ile sağlanabilecektir. Yine dolaylı olarak, insanın rahatsızlıklarından kaynaklanan çalışma verimi ve üretkenliğinin düşmesi önlenecek ve hastalıkların tıbbi tedavileri nedeniyle gerçekleşen ekonomik yitimlerin de önüne geçilecektir [97].

Yapı içi hava niteliğinin iyileştirilmesinin birçok farklı yöntemi olup bunların içinde en etkili çözüm yolu; ortama temiz havanın alınmasını, kirlenmiş havanın ise mekândan uzaklaştırılmasını sağlayan “havalandırma” eylemidir. Doğal ya da yapma havalandırma, kabul edilebilir iç hava niteliğinin sağlanmasında oldukça etkili bir yöntemdir [98]. Havalandırmanın yanı sıra yapı içindeki insanın sağlık ve konfor koşulları; iç ortamdaki havanın ısıtılması, soğutulması, uygun hava hareketi ve hızıyla ortama verilmesi, nemlendirilmesi ya da neminin alınması işlemlerini gerçekleştiren yapının “iklimlendirme sistemleri” ile sağlanmaktadır.

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ

Yapı kullanıcısı açısından birçok olumsuz sağlık etkileri bulunan yapı içi hava kirliliğinin giderilmesi ile insanın sağlıklı bir biçimde yaşamını sürdürebilmesi ve konfor koşullarının sağlanmasında doğal ya da yapma havalandırma ve iklimlendirme sistemleri kullanılmaktadır.

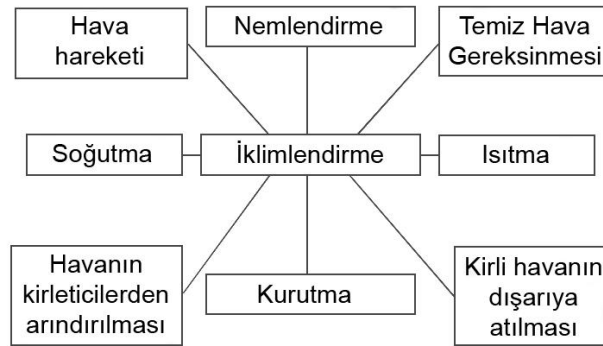
3.1 Havalandırma ve İklimlendirmenin Temel İlkeleri

Kapalı bir mekânındaki kullanılmış kirli havanın dışarıya atılması ve bu havanın yerini, dışarıdan gelen temiz havanın alması "havalandırma" eylemidir. İklimlendirme ise; havalandırma eyleminin yanında yapı içindeki insanın sağlık ve konfor koşullarının ya da endüstriyel bir ürünün üretimi sırasında gerekli atmosferik çevrenin sağlanması amacıyla; iç ortamdaki havanın ısıtılması, soğutulması, uygun hava hareketi ve hızıyla ortama verilmesi, nemlendirilmesi ya da neminin alınması işlemleri olarak tanımlanmaktadır. Kısacası, "iklimlendirme" eylemi havanın koşullandırılması işlemi olup Fransızca'da "climat", İngilizce'de "air condition" ve Almanca'da "klima" terimine karşılık gelmektedir.

Tarihte, iklimlendirme eylemi ile ilgili birçok örnekle karşılaşılmalıdır. Örneğin; Mısırlılar döneminde Firavun'un sarayının soğutulması için üç bin köle, her gece sarayın her birinin ağırlığı bir tonu aşan taş duvar bloklarını sökerek Sahra Çölü'ne kadar taşımışlar ve gece boyunca, çöldeki sıcaklığın düşük olması nedeniyle ısı vererek soğuyan taşları, sabah olmadan saraya tekrar taşıyarak duvarları yeniden örmüşlerdir. Bu ilkel yöntemle, dış ortam sıcaklığı 54°C olmasına karşın sarayın içinde bu değerin yaklaşık 27°C olduğu sanılmaktadır. 15. yüzyıl sonlarında Leonardo da Vinci bir odanın

soğutulması için su ile çalışan ve köleler tarafından çevrilen bir havalandırma vantilatörü yapmıştır. İlk iklimlendirme sistemi ise 1836 yılında İngiltere Millet Meclisi yapısında uygulanmıştır [36].

İklimlendirme sistemlerinin tasarımında; havanın sıcaklığı, bağıl nem oranı ve ortamdaki akış hızının uygun değerlerde olmasının yanında kirleticilerden arındırılması da sağlanmalıdır. Şekil 3.1'de iklimlendirme eyleminin içerdiği işlemler görülmektedir. İklimlendirmenin temelinde havalandırma eylemi olduğundan, gereksinimleri karşılayacak doğru tasarlanmış iklimlendirme sistemleriyle mekânlarda etkili bir havalandırma sağlanabilmektedir.



Şekil 3. 1 İklimlendirme işlemleri [99]

Kapalı bir ortamda havalandırmanın gerçekleştirilebilmesi için ortam içerisinde bir hava akışının olması gerekir. Bir ortamda kullanılan hava, kirlenir ve ısınır. Isınmasıyla genişler, hafifler ve böylece yükselir. Yükselen sıcak havanın yerini soğuk ve temiz hava alır. Böylece ortam içinde bir hava akışı gerçekleşir. Buna göre iç ortamda temiz ve soğuk hava döşemeye, kirli ve sıcak hava tavana yakın kısımlarda bulunur. Hava akışının oluşturulmasında; hava basıncı, ortam içindeki engeller, hava akış hızı ve ortam içinde izlediği yol havalandırmanın niteliğini belirleyen etkenlerdir. Havalandırma yapılacak ortamlar arasında basınç farkı ne kadar yüksek olursa akacak hava miktarı, o kadar artacaktır [30].

Bir yapı için en uygun havalandırma; yapının işlevine, iç ortam ve dış çevredeki kirlilik düzeylerine, kullanıcı gereksinimlerine ve enerji tüketimine göre değişmektedir [100]. ASHRAE, gerekli havalandırma miktarının belirlenmesinde iki yöntem sunar; bunlardan ilki, genellikle havalandırma hızlarına dayalı olup ortamdaki kişi sayısına göre gerekli

havalandırma miktarlarını belirlemektedir. İç ortam hava niteliği yönteminde ise havalandırma miktarı; uygun havalandırma hızları, kirleticiler ve kirletici kaynaklarının yapı içi havasında neden olduğu sağlık risklerini azaltmak ve koku denetimi yapmak amacıyla bu maddelerin kabul edilebilir sınır değerlerini göz önüne alan denklemler yardımıyla hesaplanır [101]. Havalandırma için gerekli olan hava değişim sayısı; yapı içindeki sürekli kullanıcılar yanında geçici kullanıcı yükü de hesaplanarak belirlenir. Yapılan araştırmalarda; havalandırma miktarının azalmasının, SBS ve solunum hastalıkları sayısında artışa neden olduğu belirlenmiştir. Çalışmalar, kişi başına saniyede 10–25 litre hava değişiminin sağlık ve algılanan iç hava niteliği açısından uygun değerler olduğunu göstermektedir [102].

Yapılarda hava değişimi üç şekilde sağlanır;

- Doğal havalandırma; ortamlar arasındaki basınç farkı nedeniyle pencere, kapı gibi yapı bileşenleri, çatı araları ya da havalandırma bacaları ile havalandırma,
- Yapma hava düzenleme sistemleri ile havalandırma,
- Çatlaklardan, yarıklardan ya da bilinçsiz olarak açılan deliklerden denetimsiz olarak gerçekleşen hava akımı denilen "sızma"lar. Sızmanın yapı kabuğunda gerçekleştiği hava kaçığının boyutu, şekli ve durumu doğal havalandırmayı etkilemektedir [35].

Doğal ve yapma havalandırma yöntemleri dışında iç hava niteliği, kullanıcı sağlığı ve konforunu sağlamanın yanında enerji tüketimini de azaltmak amacıyla yapılarda, doğal ve yapma sistemlerin birlikte kullanıldığı "karma sistemler" uygulanabilmektedir.

3.2 İklimlendirme Sistemleri

Doğal havalandırmada hava akımının yönü ve şiddeti, sıcaklık ve basınç farklılıklarıyla sürekli değiştiğinden ortam içerisinde homojen bir hava akışı ve havalandırmanın sağlanamadığı durumlarda ya da doğal havalandırmanın tek başına yeterli olamadığı, aşırı sıcak/soğuk iklimlerde, bağıl nem oranının çok yüksek/düşük olduğu yerlerde, yakın çevresinde iç ortam hava niteliğini olumsuz etkileyecek kirleticilerin bulunduğu yerleşim bölgelerinde “yapma havalandırma sistemleri” kullanılmaktadır. Günümüzde,

kullanım alanı oldukça geniş olan yapma havalandırma sistemlerinin ilk olarak madenlerde uygulandığı bilinmektedir [36].

1940'ların sonunda yapma havalandırmanın kullanılmaya başlanmasından önce yapılar; pencere ve kapı gibi yapı bileşenleri yardımıyla havalandırılmaktaydı. 1970'lerin petrol ve enerji krizi sorunlarıyla yapılar, daha az havalandırılan ve yapı kabuğu daha çok sızdırmaz olan tasarımlar şeklinde uygulandı. Böylece, 1980'lerin ortalarında iç ortam hava niteliği ile ilgili sağlık sorunları ortaya çıktı [103].

Havalandırma sistemleri, ortam için gerekli olan hava değişim sayısını sağlayarak havalandırma eylemini gerçekleştirir. Ancak bazı durumlarda, havalandırması yapılan ortamda kirliliği gidermeye yönelik herhangi bir işlem yapılmayabilir. Bu durumda iç hava kirliliğinin giderilmesi sağlanamaz. Bu konuda iklimlendirme sistemlerinin kullanımı daha yararlıdır. İklimlendirme sistemlerinde; havalandırma için gerekli olan havanın ısıtılması, soğutulması ve nemlendirilmesi ya da neminin alınması gibi işlemlerin yanında bu sistemlerdeki filtrelerle ortama dışarıdan alınan kirli hava ile mekânda kullanılan hava temizlenmektedir.

İklimlendirme sistemleri, doğal yöntemlerle havalandırma yapmanın güç ya da yetersiz olduğu durumlarda yapının havalandırılmasını sağlayarak dış atmosfer havasının yapma sistemler ile yapı içine alınması, filtre edilmesi, sıcaklık ve nem açısından konfor koşullarına getirilmesi ve kullanım mekânlarına taşınması; kullanılmış kirli havanın ise mekândan çekilerek yapı dışına atılması için tasarlanmıştır. İklimlendirme sistemi bütününde, düşük sıcaklıkta kaynayan soğutucu bir akışkan, borular, kompresör¹ ve genleşme kabından oluşan bir sistemin içinde dolaşır. Sistemde genellikle ozon tabakasına birçok zararlı etkisi olan kloroflorokarbonlar (CFC) soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır [104]. Bu akışkan önce ılık bir gaz şeklinde kompresöre gelir. Kompresör, bu gazı büyük bir basınçla sıkıştırarak, sıcak bir gaz halinde yoğunlaştırma borularına gönderir. Suyu soğutulan ve borulardan geçerken ısını suya aktaran gaz, ılık bir sıvıya dönüşür ve bir tankın içine akar. Sürekli basınç altında olan bu sıvı, küçük bir delikten geçerek daha geniş bir kaba aktığında genleşir ve genleşirken soğuyarak

¹ Kompresör; buharlaştırıcı hücrede oluşan soğutucu akışkan buharını emen ve soğutucu gazı sıvılaştırabileceği basınca kadar sıkıştıran makinedir.

basıncını yitirir, soğuk bir sıvıya dönüşür. Daha sonra, bu soğuk sıvı buharlaştırıcı bir boru düzeneğinden geçirilir. Bir yandan da boruların dışına bir vantilatörle sıcak hava gönderilir. Boruların soğuk yüzeyine değen sıcak hava soğurken, içeride dolaşan sıvı da bu sıcak havanın etkisi ile ısınarak gaz haline geçer, buradan kompresöre gider ve çevrim yeniden başlar. Sistemin bu şekilde işleyişi ile ortama verilen havanın sıcaklığı dengelenerek, konfor koşulları sağlanmış olunur [105].

İklimlendirme sistemleri tekil bir birimden oluşabileceği gibi mekânın gereksinimine göre büyük bir merkez ve bileşenlerinden de oluşabilir. Sistem ve nitelikleri, hizmet vereceği yapının işlevine ve büyüklüğüne göre değişir. Sistemde, dış ortamdan alınan ya da mekân içinde kirlenen hava, klima merkezinde uygun koşullara getirilerek hava kanalları yardımıyla iklimlendirilecek ortamda bulunan ve havanın dağıtımını yapacak olan menfezlerle gönderilir.

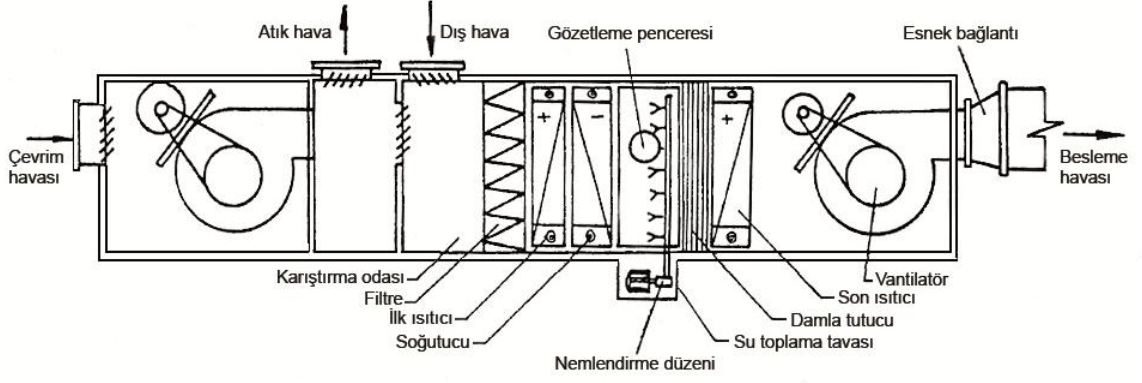
3.2.1 İklimlendirme Sistemlerinin Bileşenleri

Bir iklimlendirme sistemi; klima merkezi, havanın hareketini sağlayan vantilatör (fan), ses yutucular, havayı kullanım alanlarına ya da ortamlardan dışarıya taşıyan kanallar ve kanallar ile ortamlar arasındaki havayı dağıtan menfezlerden oluşmaktadır.

3.2.1.1 Klima Merkezi

Mekânlara gönderilecek havayı, içinden geçirerek havanın hareketinin sağlanması, temizlenmesi, ısıtılması/soğutulması, nemlendirilmesi ya da neminin alınması gibi işlemlerle, gereksinim duyulan niteliğe getiren aygıtlar bütününe "klima merkezi" adı verilmektedir. İklimlendirme sisteminin en önemli bölümü klima merkezidir.

Klima merkezi, Şekil 3.2'de görüldüğü gibi; ısıtıcı, soğutucu, nemlendirici, filtre, vantilatör, aspiratör ve egzozdan oluşmaktadır. Yapının işlevine ve kullanıcı gereksinimlerine göre, bunların hepsi iklimlendirme sistemine katılabilir ya da gereksinime göre birkaç tanesi kullanılabilir. Ancak kullanılan her bileşenin iç hava niteliğinin sağlanması üzerinde etkili olduğu unutulmamalıdır [28].



Şekil 3. 2 Bir klima merkezi ve bölümleri [106]

Bir iklimlendirme sisteminde; dış ortam havası ve mekândan geri dönen dönüş havası (çevrim havası), klima merkezinin tam girişindeki "karıştırma odası" denilen bölümde birbiriyle karıştırılır. Her iki hava girişinde de bulunan ayarlanabilen kapaklarla dış hava ve dönüş havası miktarları ayarlanır. Karıştırma odası, yalnızca dış çevre havasının kullanıldığı sistemlerde bulunmayıp, özellikle tiyatro, sinema ve alışveriş merkezi gibi büyük yapılarda enerji tüketiminin azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Karıştırma odasının hemen arkasında filtre bulunur.

Sistem içindeki hava, vantilatör yardımıyla klima merkezinin diğer bölümlerine gönderilmeden önce, "filtre"ler yardımıyla kirleticilerinden temizlenir. Böylece, kirleticilerin sistemin diğer bileşenlerine ulaşması önlenerek sistemin temizliği ve güvenilirliğinin sağlanmasının yanında kullanıcıların havadaki parçacık ve bioaerosoller ile etkileşimi denetim altına alınarak iç hava niteliğine ve insan sağlığına olumlu katkıda bulunur. Şekil 3.2'de görülen filtre yerleşimi dışında iklimlendirme sisteminde, çevrim havası kullanılacaksa bu havanın, klima merkezine ulaşmadan önce ayrı bir filtreden geçirilmesi gerekir [107]. Bununla birlikte bir hava filtresinde aranan özellikler şunlardır [108];

- Her filtre, bulunduğu yerde hava akımına karşı bir direnç oluşturur ve bu, basınç düşümü olarak ölçülür. Kullanıldıkça kirlenen ve dirençleri artan filtrelerin değiştirilmesinde bu değer oldukça önemlidir.

- Filtrenin değiştirilmeden önce tutmuş olduğu toz miktarı, onun "toz tutma kapasitesi"ni göstermektedir. Toz tutma kapasitesi, filtrenin kullanım süresini belirler.
- Filtrenin verimi; tutulan parçacık sayısının, filtre üzerinden geçen kirli havada bulunan toplam parçacık sayısına oranıdır. Örneğin; hava akımının içinde bulunan 100 gr tozun 80 gr'ını tutabilen bir filtrenin toz tutma verimi %80'dir.

Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılan filtreler genellikle; ön filtre (kaba filtre), hassas filtre ve mutlak¹ ya da HEPA² filtreler olmak üzere üç grupta incelenir [55]. Bunun dışında filtreler; üretildiği yapı ürününe göre metal, lifli, gaz emdirilmiş ve elektroliz kaplı, yararlanma süresine göre kirlenince atılan ve temizlenerek uzun süre kullanılabilen, yerleştirme konumuna göre düşey ve eğik konumlu, biçimlerine göre prizmatik ve silindirik, kullanım yerlerine göre duvar, tavan ve kanal, işletme yöntemine göre sabit, dönel ve makaralı, ıslaklık durumuna göre kuru ve yağ (yağlı), basınç farkına göre alçak, orta ve yüksek basınçlı filtreler olmak üzere sınıflandırılmaktadır [45].

Klima merkezinde filtreden geçen hava, "Isıtıcı" bölümüne ulaşır ve burada ısıtılır. Isıtma işlemi; kanatlı borular demetinden oluşan ve bu boruların içinden sıcak su ya da buhar geçen bir ısıtıcı batarya (ısıtıcı serpantin) grubu ile hava arasındaki ısı alışverişi sonucunda sağlanmaktadır. Bakır boru üzerinde alüminyum kanat ya da çelik boru üzerinde çelik kanatlardan oluşan ısıtıcı bataryalarda akışkan, boruların içinden; hava ise boru demetinin dışından geçer. Soğuk hava, sıcak bir bölgeden geçirildiğinde, bu bölgeden ısı alacağı için sıcaklığı yükselmekte; buna karşılık sıcak hava ise, soğuk bir bölgeden geçirildiğinde ısınıp bu bölgeye aktaracağından soğumaktadır. İklimlendirme sistemlerinin ısıtma ve soğutma eylemleri, bu yaklaşımdan yola çıkılarak tasarlanır. Hava sıcaklığının düşürülmesiyle ortamın soğumasını sağlayan "soğutucu batarya

¹ Mutlak filtre; verimi %99,97'den büyük olan filtrelerdir. Mutlak filtreler, kullanıldıkları ülkelere, verimine ve test yöntemlerine göre çeşitli adlar alır. Bunlardan en çok kullanılanı HEPA filtrelerdir.

² HEPA filtre (High Efficiency Particulate Air Filter); 0,3 mikron çapındaki parçacıkları %99,97 gibi yüksek bir verimde tutabilen, temiz durumda en fazla 250 Pa basınç yitiminde çalışan, kullanıldıktan sonra atılan filtrele uluslararası verilen addır. Havadaki kirlenici parçacıkların büyüklüğüne bağlı olarak çeşitli türleri ve kokuyu engellemeye yönelik tipleri bulunur.

(soğutucu serpantin)" yüzeyine ulaşan soğuk hava, sıcaklığın düşmesiyle yoğunlaşarak su durumuna geçer ve hemen altında bulunan su toplama tavaasında (yoğuşma ya da akaçlama tavaasında) toplanır. Bu toplanan su, akaçlama (drenaj) boruları ile buradan uzaklaştırılır. Soğutucudan geçen havanın, ortama verilecek sıcaklığa getirilmesi için bir miktar ısıtılması gerekir. Bu işlem klima merkezindeki "son ısıtıcı" bölümüyle ya da mekândan toplanan dönüş havasının soğutucudan çıkan havayla karıştırılması ile gerçekleştirilir. Klima merkezinde, gereksinime göre ilk (ön) ısıtıcı ve son ısıtıcılar bulunur [109], [110].

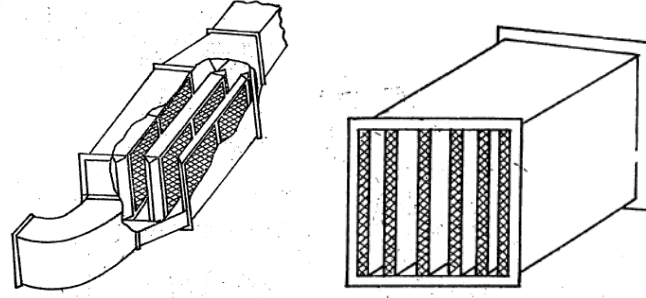
Klima merkezinde mekâna verilecek olan havanın nem oranı "nemlendirme düzeneği" ile ayarlanmaktadır. Klima merkezlerinde en çok kullanılan yöntem, su ile nemlendirmedir. Bu yöntemde; çok küçük ağızları olan püskürtmeli hücrelerle su, dağıtım sistemindeki fıskiyele yardımcıyla havaya karıştırılır ya da alt havuzdan bir pompa ile üst dağıtım havuzuna gönderilen suyun dolgu tipi hücrele içinden süzölerek havanın nemlendirilmesi sağlanır. Bunun dışında havanın silis jeli (silika jel) ve lityum klorür gibi kolay nem tutan maddelerle etkileşiminin sağlanması ile nemli havanın nem oranı azaltılabilmektedir [105].

Havanın sistem içeriindeki hareketi, vantilatörlerle gerçekleştirilir. Klima merkezinde, kirli havanın toplanması amacıyla kullanılan aygıt "aspiratör", havayı dağıtan ise "vantilatör"dür. Klima merkezinde vantilatörle, kayışlarla bağli olduğu elektrik motoru tarafından döndürölür. Çalışması sırasında gerçekleşen titreşimin yapıya zarar vermemesi ve oluşun gürültünün kanallarla yaşanan ortamlara taşınarak insanları rahatsız etmemesi için vantilatör ve motor ile döşeme arasında yalıtım amaçlı bir mantar tabaka yerleştirilir [25]. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde [111] yapı içindeki makine ve aygıtların çalışması sırasında izin verilen titreşimin sınır değerleri yer almaktadır.

Sistemdeki çevrim havasının tekrar kullanılmayacak olan bölümünün, dışarı atılması "egzoz" ile sağlanır. Bazı durumlarda aspiratör bölümü ile birlikte üretilebilir.

Klima merkezinin çalışması ya da bağlantılarından kaynaklanan gürültü kullanıcıları rahatsız edebilmektedir. İklimlendirme sisteminde, klima merkezi çıkışına, ses yalıtımının sağlanması için esnek bağlantıdan sonra, bir "ses yutucu"nun yerleştirilmesi

gerekmektedir. Şekil 3.3'te bir kanalda ses yutucu düzeninin nasıl oluşturulduğu görülmektedir.



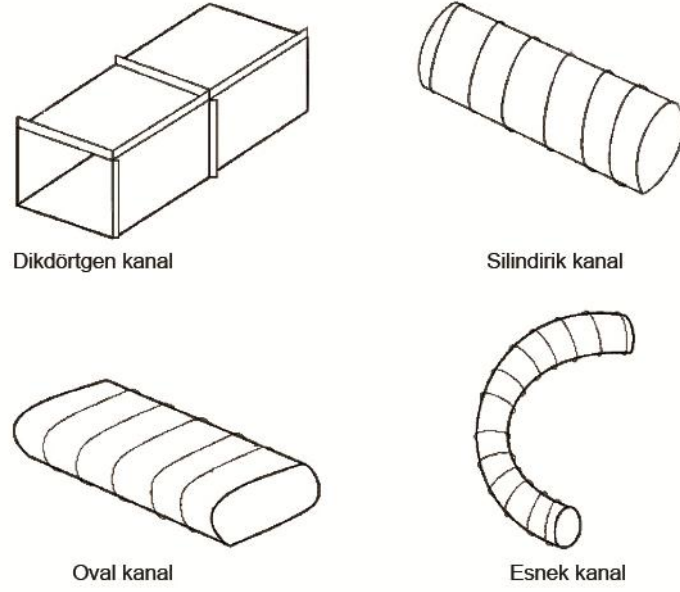
Şekil 3. 3 Bir kanalda ses yutucu düzeninin oluşturulması [106]

3.2.1.2 Hava Kanalı

Hava kanalları; klima merkezinde konfor koşullarına getirilmiş havayı mekânlara ulaştıran ya da mekândan toplanan kirli havanın tekrar klima merkezine taşınmasını ya da dış ortama atılmasını sağlayan bileşenlerdir.

Kullanım yerlerine ve amaçlarına göre hava kanalları; galvanizli çelik, karbon ya da paslanmaz çelik, alüminyum, bakır gibi metaller ile fiberglas, PVC, betonarme, plaka tipi cam yünü ya da poliüretandan üretilmektedir [112]. PVC ile benzer nitelikteki yapı ürünlerinin, yanmaları sonucunda ortaya çıkan zararlı yanma gazları nedeniyle kullanımları standartlarla sınırlandırılmıştır. Hava dağıtım sistemlerinde genellikle, galvaniz sac kullanılmasına karşın yüksek sıcaklıkta çalışan havalandırma kanallarında karbon ya da paslanmaz çelik kullanılmaktadır [113]. Ayrıca iklimlendirme sistemlerinde tam ya da yarım daire şeklinde tekstil hava kanalı uygulamaları da bulunmaktadır.

Hava kanalları şekillerine göre; silindirik, oval ve dikdörtgen olarak sınıflandırılır. Bunun dışında esnek kanallar da bulunmaktadır. Şekil 3.4'de çeşitli hava kanalları görülmektedir. Oval ve silindirik kanallar diğerlerine göre daha iyi hava akışı sağlar ve böylelikle kanallarda havanın yüksek hızdaki akışı sonucu oluşan gürültü düzeyi de azalır. Ayrıca hava sızıntılarının (denetlenemeyen hava akışının) önlenmesinde, silindirik kanalların kullanılmaları dikdörtgen olanlara göre daha yararlıdır [113].



Şekil 3. 4 Çeşitli hava kanalları [16]

Havanın, hava kanalı içerisinde hareketi ile kanallarda hava akımına karşı bir direnç oluşmaktadır. Bu direnç, sistemin enerji tüketimini ve verimini etkilemektedir. Direncin çok olması, vantilatör gücü ve kullanılan enerji miktarının artmasına neden olur [114]. Bu olumsuz durumların önlenmesi için kanalların içinden geçen hava miktarını ayarlayan ve “klape” denilen “hava ayar kapakları” kullanılmaktadır [25].

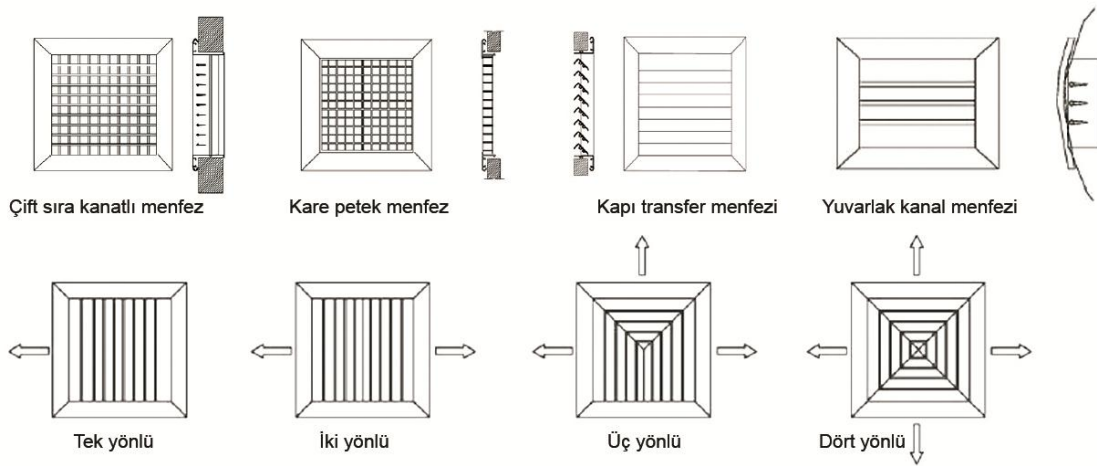
İklimlendirme sisteminde kanallar içinden geçen havanın farklı ortamlardan geçişi sırasında, denetimleri dışında ısı yitimi ve kazançlarının önlenmesi amacıyla hava kanalları yalıtım ürünleri ile kaplanmalıdır. Hava kanallarının yalıtılması gürültünün önlenmesi için de doğru bir çözüm yoludur.

3.2.1.3 Menfez

Hava kanalları ile taşınan ve konfor koşullarına getirilen havayı mekânlara dağıtan ve ortamdaki kirli havayı toplayarak buradan uzaklaştıran sistem bileşenlerine “menfez” adı verilmektedir.

Menfezler, havanın akış yönüne göre; dağıtıcı, toplayıcı ve transfer menfezi, bulundukları yere göre ise tavan, duvar menfezleri ya da süpürgelik üstü menfezler olarak sınıflandırılır [115]. “Dağıtıcı menfezler”, havayı ortama dağıtmakta; “toplayıcı menfezler” ise mekânda kullanılmış olan kirli havayı toplamaktadır. Dağıtıcı

menfezlere, veriş menfezi, verici menfez, üfleme menfezi, basma menfezi, besleme havası menfezi gibi adlar verilmektedir. Toplayıcı menfezler, kullanım amacına göre dönüş havası ve egzoz havası menfezi olarak sınıflandırılır. Egzoz havası menfezine, emiş ya da emme menfezi de denilmektedir. Transfer menfezleri ise genellikle duvar ya da kapılara yerleştirilen ve havanın artı (+) basınçlı ortamdan eksi (-) basınçlı ya da düşük basınçlı diğer ortama geçmesini sağlamaktadır. Şekil 3.5'te farklı türde menfezler görülmektedir.



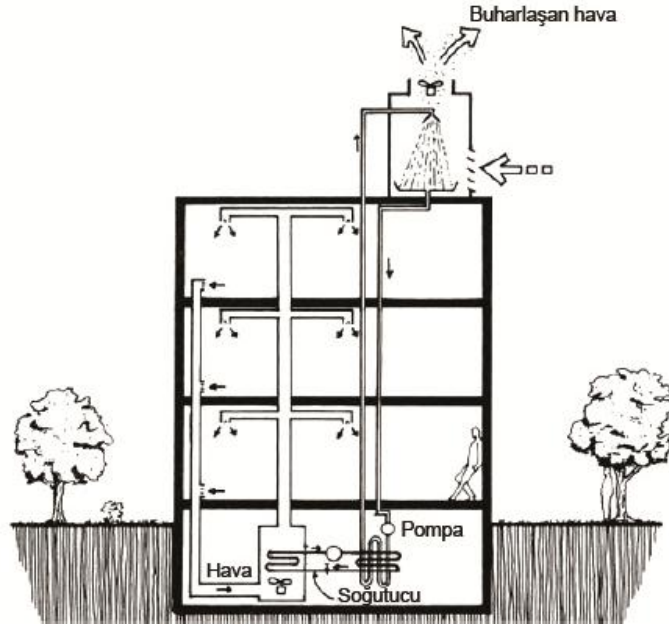
Şekil 3. 5 Farklı türde menfezler [116]

3.2.1.4 Soğutma kuleleri

Soğutma kuleleri; iklimlendirme sistemlerinde dolaşan ve soğutma kulesine ulaşan sıcak suyun, sabit basınç altında püskürtme yöntemiyle atmosfer havası ile etkileşerek sıcaklığını yitirmesi ve bir bölümünün buharlaştırılmasıyla çalışmaktadır. Böylece kuleye giren su, kuleden çıkarken soğutulmuş olur.

Soğutma kuleleri açık ve kapalı devreli olmak üzere ikiye ayrılır. Kapalı devrede soğutulması istenen akışkan, hava ile doğrudan etkileşim içinde olmayıp boru demeti içinden geçer. Buna karşın, açık devreli soğutma kulelerinde soğutulan su, doğrudan dış ortam koşullarına açıktır. Hava akımına karışan suyun, damla tutucular arasından geçen hava ile birlikte sürüklenerek kule dışına taşınması ya da atılması olarak tanımlanan “suyun sürüklenmesi”, iyi tasarlanmış ve doğru seçilmiş yapı ürünlerinin kullanıldığı bir soğutma kulesinde bile kaçınılmaz bir durumdur [117]. Sürüklenen suyun bir kısmı damla tutucular tarafından engellense de önemli bir kısmı çevreye yayılır. Soğutma

kulesinde damla tutucu olmadığında, sistemde dolaşan suyun %1'i sürüklenirken; damla tutucular kullanıldığında bu oran %0,1'dir. Bu açıdan damla tutucular soğutma kulelerinin tasarımında oldukça önemlidir [118]. Şekil 3.6'da bir soğutma kulesi görülmektedir.



Şekil 3. 6 Bir soğutma kulesi [30]

Bir yapının iklimlendirilmesinde, sistemin nasıl olması gerektiği ve bu sistemde soğutma kulesinin yer alıp almayacağı konusunda sistem tasarımcıları gerekli çalışma ve araştırmaları yapmalıdır.

3.2.2 İklimlendirme Sistemlerinin Türleri

İklimlendirme sistemleri; temel işlevlerine, mevsimlere, donatı düzenlenmesine ve çalışma ilkelerine göre dört temel grupta sınıflandırılmaktadır [105].

3.2.2.1 Temel İşlevine Göre İklimlendirme Sistemleri

İklimlendirme sistemleri, mekânın işlev ve gereksinimine göre konfor ve endüstri amaçlı sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Konfor amaçlı sistemlerde, kullanıcıların sağlıklı ve konforlu bir iç ortamda yaşamaları ve eylemlerini sürdürmeleri öncelik taşır. Bu sistemler; konut, ofis, okul, hastane,

restoran gibi yapılarda kullanılmaktadır. Endüstri amaçlı sistemler ise; iç ortamdaki üretim, depolama ve diğer araştırma/geliştirme süreçlerinin sürekliliğini sağlamakta olup üretilen endüstri ürününün korunması ve saklanması amaçlandığından, burada insan konforu öncelikli değildir. Elektronik, bilgisayar, tekstil, ilaç vb. endüstri dalları ile ilgili yapılarda kullanılan bu sistemlerde, ürünler için gerekli olan sıcaklık ve nem değerlerinin sağlanması öncelik taşır.

3.2.2.2 Mevsimlere Göre İklimlendirme Sistemleri

İklimlendirme sistemleri yıl içinde kullanımlarına göre yaz sistemleri, kış sistemleri ve tüm yıl kullanılan sistemler olarak sınıflandırılmaktadır.

Kış sistemleri, kış aylarında dış çevreden alınan soğuk havanın sistemde ısıtılıp bağıl nem oranının ayarlanmasını sağlayarak iç mekân havasını kış koşullarına göre; yaz sistemleri ise, yaz aylarında dış çevreden alınan sıcak ve nemli havanın soğutularak iç mekân havasını yaz koşullarına göre düzenlemektedir. Bunun dışında kış ve yaz aylarında gereksinmelere göre tüm yıl kullanılan sistemler de bulunmaktadır.

3.2.2.3 Donatı Düzenlenmesine Göre İklimlendirme Sistemleri

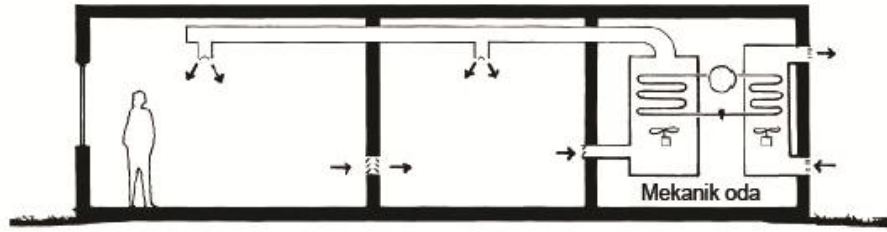
İklimlendirme sistemleri, sistemi oluşturan donatıların düzenlenmesine ve gruplanmasına göre büyük merkezi, tekil ve birleşik sistemler olarak sınıflandırılır.

Büyük yapıların iklimlendirilmesi için kullanılan büyük merkezi sistemler, havanın soğutma, ısıtma, nemlendirme, nem alma ve kirleticilerinden arındırma gibi işlemlerini "mekanik oda" adı verilen bölümlerinde yapmaktadır. Bu sistemler, otel, ofis vb. gibi ortamların konfor koşullarının ayrı ayrı denetlenmek istendiği durumlarda çok fazla kullanılmamaktadır. Genellikle, küçük boyuttaki tekil aygıtlardan oluşan tekil sistemler birbirinden bağımsız hava koşullarına gereksinim duyulan ve çok sayıda mekânları olan yapılarda kullanılmaktadır. Ayrıca, hastane ve ameliyat odaları gibi ortamlarda, merkezi sistem ve tekil aygıtların birlikte kullanıldığı birleşik iklimlendirme sistemleri de vardır.

3.2.2.4 Çalışma İlkelerine Göre İklimlendirme Sistemleri

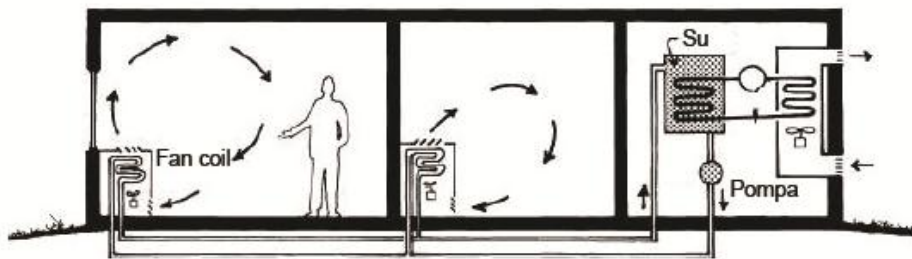
İklimlendirme sistemleri su ve hava kullanımına bağlı olarak çalışma ilkelerine göre havalı, sulu, havalı ve sulu sistemler ile doğrudan genleşmeli sistemler olarak sınıflandırılmaktadır.

Havalı sistemler, kanal sayısına göre kanalsız, tek kanallı ve iki kanallı; bölge sayısına göre tek ve çok bölgeli; vantilatör basıncına göre yüksek ve düşük basınçlı sistemler olarak sınıflandırılır. Ayrıca, havanın su ile yılanmasıyla ısı kazanması ya da yitimi ilkesine göre çalışan evaporatif soğutma sistemleri de havalı sistemler içinde yer almaktadır. Şekil 3.7'de havalı sistemin şematik bir gösterimi görülmektedir.



Şekil 3. 7 Havalı iklimlendirme sistemi [30]

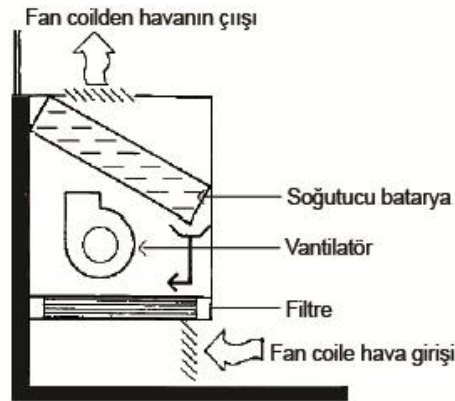
Sulu sistemler, yaz aylarında dış çevre havası ile sistemde soğutulmuş iç havayı karıştırarak mekâna verir. Kış aylarında ise, dış hava ayar kapaklarının kapatılmasıyla radyatör gibi çalışarak ortamın ısıtılmasını sağlamaktadır. Şekil 3.8'de sulu sistemin şematik bir gösterimi görülmektedir.



Şekil 3. 8 Sulu iklimlendirme sistemi [30]

Sulu sistemlerde kullanılan aygıtın genel adı "fan coil"dir. Hem ısıtma hem soğutma işlemlerini gerçekleştiren bu bileşenin üst kısmında, kanatlı boru demetinden oluşan ısıtma/soğutma bataryası, alt bölümünde ise hava hareketini sağlayan vantilatörü ve

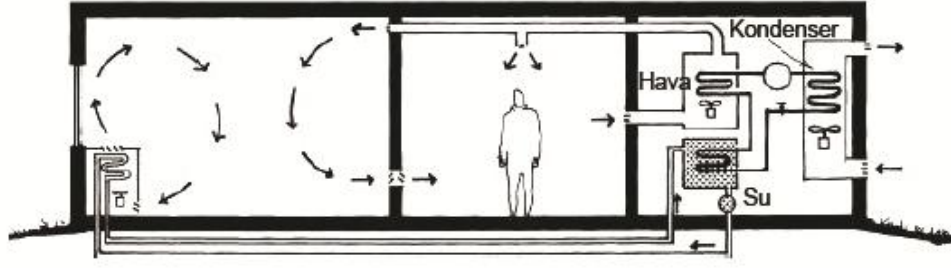
havanın kirleticilerden arındırılmasını sağlayan filtresi bulunmaktadır. Şekil 3.9'da bir fan coilin yapısı görülmektedir.



Şekil 3. 9 Bir fan coilin yapısı [42]

“Fan coil” sistemi; iki borulu, üç borulu ve dört borulu fan coil sistemleri olarak sınıflandırılır. İki borulu sistemde; birisi soğuk ya da sıcak su, diğeri ise dönüş suyunu taşıyan iki tür boru ile sisteme aynı anda hem sıcak hem soğuk su verilmesi olanaksız olduğundan, bir mekân ısıtılırken diğerrinin soğutulması sağlanamaz. Üç borulu sistemde ise birisi sıcak, birisi soğuk su ve diğeri dönüş suyunu taşıyan üç tür boru ile bir mekânın ısıtılması sırasında diğerr mekân soğutulabilir ancak bu sistemde dönüş suyu borusunun ortak olması bazı sorunlara neden olmaktadır. Buna karşın, dört borulu sistemde sıcak ve soğuk suyun taşıma boruları birbirinden bağımsız olup istenen ortamların ısıtılıp istenenlerin soğutulması sağlanabilir.

Havalı ve sulu sistemin tek başına kullanımında ortaya çıkan olumsuzlukları gidermek amacıyla birlikte kullanımları geliştirilmiştir. Ortamdan uzak bir klima merkezinde koşullandırılan hava, kanallar yardımıyla mekânda bulunan bir aygıtta gönderilir. Bu aygıt, “fan coil”de olduğu gibi havayı, yaz ya da kış koşullarına göre içindeki soğutma ve ısıtma bölümleri ile uygun değerlere getirerek mekâna dağıtır. Şekil 3.10'da havalı ve sulu sistemin şematik bir gösterimi görülmektedir. Havalı ve sulu sistemler; endüksiyon sistemi ve primer havalı fan coil sistemi olarak sınıflandırılmaktadır.



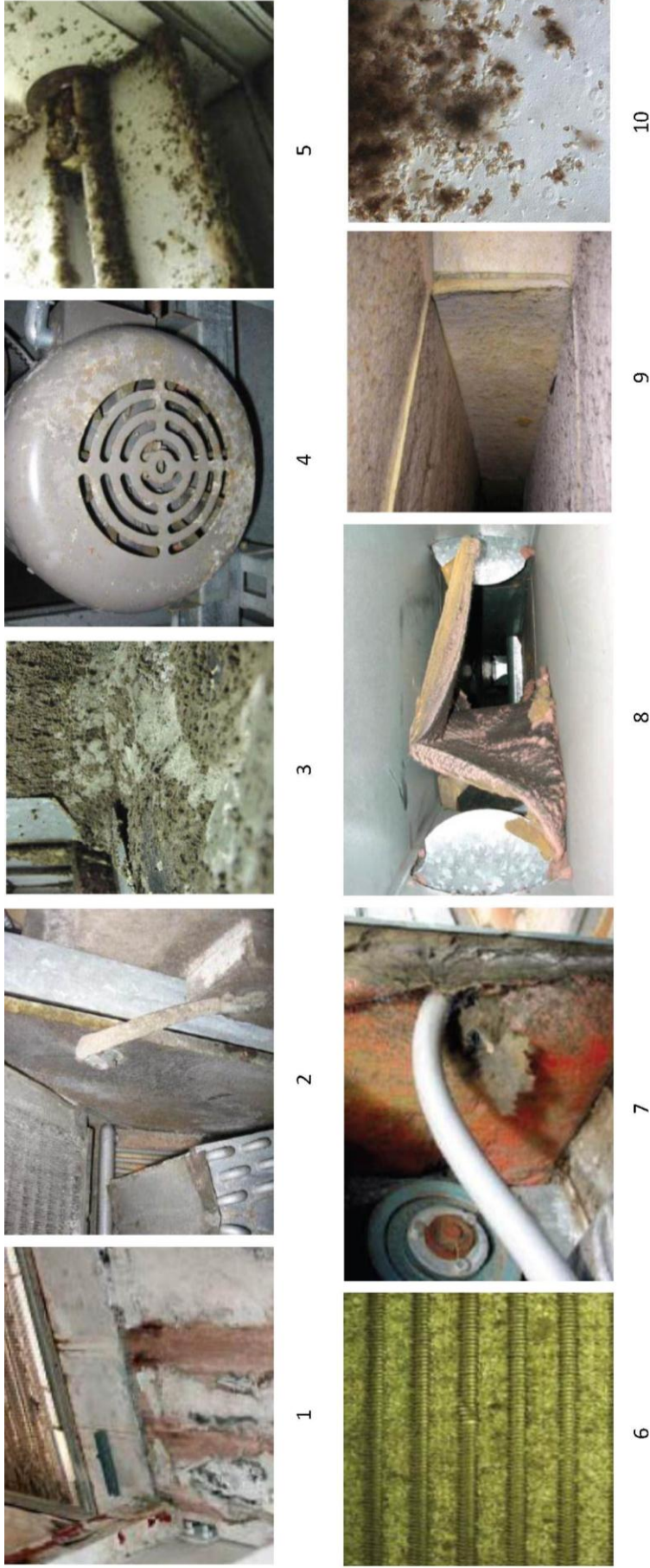
Şekil 3. 10 Havalı-sulu iklimlendirme sistemi [30]

Doğrudan genleşmeli sistemlerde hava, doğrudan soğutucu ve buharlaştırıcı (evaporatör) düzeneği üzerinden geçirilir. Bu sistemlerde kullanılan ve yaz aylarında soğutma ya da kış aylarında ısıtma yapabilen aygıtlar; pencere tipi, ayırık (split) tip ve paket tip aygıtlar olarak sınıflandırılır. Doğrudan genleşmeli sistemler, sulu sistemlere göre daha çok kullanılmaktadır.

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ KAYNAKLI SAĞLIK SORUNLARI

Asıl amacı, insanın sağlıklı bir biçimde yaşamını sürdürebilmesi ve konfor koşullarının sağlanması olan iklimlendirme sistemlerinin; gereksinmeye uygun şekilde tasarlanmaması, uygulama ve kullanımındaki yanlışlık ve eksiklikler, sistem bileşenlerinin yanlış seçimi, bakım, onarım ve temizliğinin gerektiği sürede ve şekilde yapılmaması gibi nedenlerle bu sistemler, iç ortam hava niteliğini olumsuz yönde etkileyerek insanlarda, alerjik rahatsızlıklardan enfeksiyon ve solunum hastalıklarına kadar birçok yapı kaynaklı sağlık sorununa neden olmaktadır. Yine hastalanarak sağlığı bozulan bir çalışanın iş verimi ve üretkenliği de bu durumdan olumsuz etkilenir. Croft tarafından 1986'da hazırlanan bir raporda; bir ailenin tüm üyelerinde soğuk algınlığı belirtileri, boğaz ağrısı, ishal, baş ağrısı, yorgunluk, dermatit, saç dökülmesi ve genel bitkinlik gibi rahatsızlıklar gözlenmiştir. Bu sağlık sorunları, ailenin yaşadığı konutun mekânlarından birisinin tavanındaki iklimlendirme sisteminde bulunan yoğun küf varlığı ile ilişkilendirilmiştir. Araştırma sonucunda, sistemdeki küf varlığı ve kaynağının yok edilmesiyle olumsuz durumlar da ortadan kalkmıştır [119].

İklimlendirme sistemlerinde sağlık sorunlarına neden olan önemli kirlilik kaynakları arasında; ısıtıcı ve soğutucu bataryalar, su toplama tavaları, kullanılan yalıtım ürünleri, nemlendiriciler, filtreler, hava kanalları, menfezler ve soğutma kuleleri yer almaktadır. Şekil 4.1'de iklimlendirme sistemi içerisindeki kirliliği gösteren çeşitli fotoğraflar görülmektedir.



(1) Bir ofis yapısındaki iklimlendirme sisteminin dış hava girişinde çıplak gözle görülebilen küf oluşumu; (2) Bakımı ve temizliği yapılmayan bir fan coilin metal yüzeylerindeki küf ve korozyon oluşumu; (3) İç yalıtım üzerinde görülen mikroorganizma kaynaklı kirlilik; (4) Vantilatör motorunun metal yüzeyi üzerindeki nem ve yağ kaynaklı küf oluşumu; (5) Ses damperi üzerindeki küf oluşumu; (6) Isıtıcı batarya üzerinde oluşan kirlilik; (7) Fan coil içindeki zarar gören yalıtım; (8) Temiz hava taşıyan bir kanaldaki zarar gören yalıtım; (9-10) Temiz hava taşıyan kanallardaki küf oluşumu ve küfün mikroskoptaki görünüşü.

Şekil 4. 1 İklimlendirme sistemlerinde karşılaşılan kirlilik [120], [121], [122]

İklimlendirme sistemlerindeki kapalı ve açılmaz durumdaki pencereler, insan psikolojisi üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Pencereleri açılmayan kapalı bir ortamda çalışanlar; dış çevre havasından yalıtıldıklarını, kendi çevrelerini denetleyemediklerini ve mekânın sağlıksız olduğunu düşünerek rahatsız olurlar [4]. Bu durumdan etkilenen insanın ruhsal açıdan kendini kötü hissetmesi, iç hava niteliği ile ilgili sorunlardan etkilenme oranını artırırken; kötü hava niteliği de ruhsal durumunu olumsuz yönde etkilemektedir. İnsanlarda ruhsal dengenin bozulmasıyla hastalıklara karşı duyarlılık da artmaktadır [67].

İklimlendirme sistemi kaynaklı sağlık sorunlarının denetim altına alınabilmesi için öncelikle tasarımcıların, sistem uygulayıcılarının ve kullanıcıların bu kaynaklar nedeniyle hastalanmaları konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalarda; ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri ve işleyişi ile ilgili kullanıcıların yeterli bilgisinin olmadığı belirtilmektedir [57]. Varlığı belirlenen sağlık sorunlarına karşı önlem alınabilmesi için önce bu hastalıkların tanımlanması ve iklimlendirme sistemindeki hangi olumsuzluk etkeninin bu soruna neden olduğunun bilinmesi gerekir.

Kapalı bir iç ortamda, iklimlendirme sisteminin yapı içi hava niteliğini belirleyen özellikleri olumsuz etkilemesi sonucunda oluşan sağlık sorunları;

- Havanın doğal karışımındaki maddeler ve kirleticiler ile ilişkili sağlık sorunları; genel alerjik rahatsızlıklar (baş ağrısı, öksürük, akırma, yorgunluk vb.), alerjik zatürre, astım, aşırı duyarlılık zatürresi, nemlendirici ateşi, saman nezlesi, alerjik rinit, deri alerjileri, bronşit, bronşiyolit, lejyoner hastalığı, pontiak ateşi, aspergilloz, histoplazmoz ve kriptokokkoz,
 - Sıcaklık düzeyi (sıcaklığın yüksek ya da düşük değerleri) ile ilişkili sağlık sorunları,
 - Bağıl nem oranı (nemin yüksek ya da düşük değerleri) ile ilişkili sağlık sorunları,
 - Hava akış hızı (hızın yüksek ya da düşük değerleri) ile ilişkili sağlık sorunları,
 - Elektroiklimsel oluşumlar (iyon dengesinin bozulması) ile ilişkili sağlık sorunları
- olarak sınıflandırılabilir.

4.1 Havanın Doğal Karışımındaki Maddeler ve Kirleticiler İle İlişkili Sağlık Sorunları

Havanın doğal karışımındaki %78 azot, %21 oksijen ve %1 diğer gazlardan oluşan karışım oranlarının iklimlendirme sistemi kaynaklı ya da sistemin dış ortamdan/ortamlar arasında taşıdığı kirleticiler nedeniyle değişmesi; ortamda bulunan insanların sağlık ve konfor gereksinimlerini sağlaması gereken koşullandırılmış havanın kirlетici etki yapmasına, böylelikle insanların fizyolojik ve psikolojik olarak olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır.

İklimlendirme sistemlerinin gereksinmeye uygun tasarlanmayan, düzgün çalışmayan, zamanında bakım ve temizliği yapılmayan; ısıtıcı ve soğutucu bataryalar, su toplama tavası, nemlendiriciler, filtreler, hava kanalları, menfezler, vantilatör ve aspiratörler, elektronik hava temizleyiciler, ozon ve iyon üretici aygıtlar ile sağlığa uygun olmayan yapı ürünlerinden seçilen yalıtım katmanları üstünde mikroorganizmaların yaşaması için uygun koşulların oluşmasıyla [4], [5], [6], [8], [9], [13], [27], [28], [41], [67], [88], [100], [101], [107], [121], [123], [124], [125], [126], [127] bu organizmalar kirli ve nemli yüzeyler üzerindeki toz vb. parçacıklara tutunur. İklimlendirme sistemlerinde karşılaşılan mikroorganizma kaynaklı kirlilik, özellikle havadaki oksijen ve karbondioksit arasındaki dengeyi olumsuz etkilemektedir. Birçok mikroorganizma gelişebilmek için organik besine, oksijene (ya da karbondioksite) ve suya gereksinim duyar. Burada oksijen ve karbondioksit, sistemde dolaşan havadan; besin ve su ise sistemdeki nem kaynaklı kirlilikten sağlanmaktadır. Havadaki oksijen oranının %21'in altına düşmesi sonucunda; akciğerlerdeki yetersiz oksijen miktarı nedeniyle soluk alışverişi ve kan dolaşımı hızlanır, kan basıncı yükselir, insanda baş ağrısı, iştahsızlık ve yorgunluk ortaya çıkar. İnsanın bütün dokularının oksijene gereksinmesi olduğundan birkaç dakika oksijensiz kalmak, hepsinin ölmesine ve beyinde geri dönüşü olmayan zararların oluşmasına neden olur [128]. Solunum için gerekli hava içinde oksijen oranı en az %11–19, karbondioksit oranı ise en çok %2–3 olmalıdır [19], [24]. Yine kapalı ortamlarda, iklimlendirme sistemleriyle yeterli havalandırmanın sağlanamaması, gereksinim duyulan oksijen miktarının karşılanamamasına neden olur. Bu durumda insanlarda, “havasız” ya da “durağan” olarak tanımlanan temiz olmayan hava duygusu oluşmaktadır.

İklimlendirme sistemlerinde kullanılan elektronik hava temizleyicileri ve bunların arızalanması ile ozon ve iyon üretici aygıtların ortamdaki ozon yoğunluğunu artırdığı bilinmektedir. Bununla birlikte sistemde bakım ve temizliği yapılmamış hava filtrelerinin kullanılmasıyla üstünde biriken organik bileşiklerin, ozonla kimyasal tepkimesi sonucunda hava içerisindeki ozon yoğunluğu değişmektedir [28].

İklimlendirme sistemindeki olumsuzluk etkenleri insanlarda, genel alerjik rahatsızlıklar (baş ağrısı, öksürük, aksırma, yorgunluk vb.) ile alerjik zatürre, astım, aşırı duyarlılık zatürresi, nemlendirici ateşi, saman nezlesi, alerjik rinit, deri alerjileri, bronşit, bronşiyolit, lejyoner hastalığı, pontiak ateşi, aspergilloz, histoplazmoz ve kriptokokkoz gibi solunum yolu hastalıklarıyla sıkıntı, bunalım, sinirlilik, yorgunluk, çalışma verimi ve üretkenlikte düşme ile kirleticilerle sürekli etkileşim sonucunda ruhsal bozukluklar gibi sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır [4], [5], [6], [8], [9], [13], [27], [28], [41], [67], [88], [100], [101], [107], [121], [123], [124], [125], [126], [127]. Bu hastalıklar dışında; insanın kafatası kemiklerinin içi ile gözler ve burnun çevresinde bulunan hava boşluklarında (sinüslerde), genelde soğuk algınlığı etkeni virüsler nedeniyle enfeksiyon oluşmasıyla ortaya çıkan “sinüzit” ve “göz nezlesi”nin iklimlendirme sistemleriyle kötüleşebildiği bilgisine ulaşılsa da hangi kaynakların bu sağlık sorununa etken oluşturduğu konusunda herhangi bir bilgi edinilememiştir.

Mikroorganizmaların hastalığa neden olmasında; insanın bağışıklık sisteminin hastalıklara karşı duyarlılığı, hastalık etkeniyle etkileşim süresi, mikroorganizmanın türü, soluk alma hızı ve miktarı ile hastalığın diğer kişilere geçiş yolu (soluk alma, gözler ve burunla etkileşim vb.) önemli etkenlerdir [29]. Ayrıca, hastalıklara yakalanan kişilerle aynı ortamda bulunan kullanıcıların da risk altında olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

İklimlendirme sistemlerinde yaşayan ve çoğalan organizmaların, hastalıkları oluşturmasının yanı sıra mikroorganizmanın sistem içerisine yerleşmediği, sistem bileşenlerinin yalnızca hastalık etkenini bir ortamdan diğerine taşıdığı ve böylece hastalığın yayılmasını sağladığı durumlarla da karşılaşılmaktadır. Böylelikle, kapalı bir ortamda iklimlendirme sistemleri nedeniyle olduğu düşünülen her hastalığın yalnızca bu sistemlerden kaynaklandığını söylemek için kapsamlı ve sistematik bir araştırmanın

yapılması gerekmektedir. Ayrıca hastalıklara neden olan yapı içi hava kirleticilerinin, mekânın işlevine bağlı olarak ortamda bulunan düzeyleri ve hastalık etkeni kirletici ile etkileşim sürelerine bağlı olarak ortaya çıkan hastalıkların türü ve şiddeti de değişebilmektedir. Örneğin; hastanelerde tüberküloz hastalarının tedavi edildiği bölümlerde bulunan iklimlendirme sistemleri, hastalık etkeni mikroorganizmayı bir ortamdan diğerine kısa bir sürede taşıyarak sağlıklı kişilerin hastalanmasına neden olabilir. Bununla birlikte hastalık etkeni, yıllarca herhangi bir belirti göstermeden bekleyip uzun bir süre sonra hastalığı oluşturabilir. Yine çeşitli yalıtım ürünlerinin üretildiği bir fabrikada çalışanlar, iklimlendirme sistemlerindeki yetersizlikler sonucu, yüksek miktardaki asbest parçacıklarının, bulunulan ortamdan uzaklaştırılamaması sonucu “asbestosis”e yakalanabilirler. Bu örneklerin dışında iklimlendirme sistemlerinin; akciğer iltihabı, amfizem, menenjit, Q humması, hepatit, kızamık ve tüberküloz gibi bulaşıcı birçok hastalığın etkenleriyle kirlenmiş havayı, temiz ortamlara taşıyabildiği ve bu durumun sağlıklı insanlar açısından ciddi bir risk taşıdığı unutulmamalıdır.

4.1.1 Genel Alerjik Rahatsızlıklar

İklimlendirme sistemlerinin dış çevredeki alerjenleri insanların yaşadığı ortamlara taşınması ya da bakım ve temizliği yapılmayan bileşenleri üzerinde yaşama ve çoğalma için uygun ortamı bulan mikroorganizmalar ve küf gibi hastalık etkenlerinin iç ortamlarda yayılmasını sağlamasıyla insanlarda alerjik rahatsızlıklar oluşmaktadır. “Alerjen”ler, alerjiye neden olan, canlı organizmaların ürettiği ya da dış/iç çevre kaynaklı maddeler; “alerji” ise bağışıklık sisteminin alerjenlere karşı gösterdiği tepkisidir. İnsanın bağışıklık sistemi hücreleri, vücuda solunum yolu ya da deri etkileşimi ile giren ve alerjiye neden olan, ev akarı tozu, bakteri ve mantarlar ile sporları, küf oluşumu, insan saç ve deri parçacıkları, evcil hayvan tüyü, salyaları ve deri parçacıkları, polen ve tozu yok edici bazı maddeler üretir. Üretilen bu maddeler ya da salgılar insanlarda alerjik belirtilerin görülmesine neden olur [18], [21], [37], [87]. Alerji belirtilerinin ortaya çıkabilmesi için hastanın, alerjenle daha önceden en az bir kez karşılaşmış ve ona duyarlı duruma gelmiş olması gerekmektedir. Alerjik hastalıklar, genetik ve çevresel etkenlerin birlikte ortaya çıkardığı durumlardır. İnsanların yaklaşık

olarak %20–30’unun etkilendiği alerjik rahatsızlıkların [6], [96]; baş ağrısı, burun akıntısı, öksürük, aksırma, boğaz, burun ve göz tahrişi, deride kızarıklık ve döküntü ile yorgunluk gibi hafif belirtileri dışında önemli sağlık sorunlarına da neden olduğu bilinmektedir. Bunlar arasında; alerjik zatürre, astım, aşırı duyarlılık zatürresi, nemlendirici ateşi, saman nezlesi ve alerjik rinit ile deri alerjileri gibi hastalıklar yer almaktadır. Yine dikkatin toplanmasında zorluk, çalışma verimi ve üretkenlikte düşme gibi olumsuz durumlar yanında kirleticilerle sürekli etkileşim sonucunda kalp ve damar sistemi (kardiyovasküler) hastalıkları, ruhsal bozukluklar ve ölüm gerçekleşebilir.

4.1.2 Alerjik Zatürre

Zatürre; akciğerlerdeki hava keseciklerinin (alveoller), kılcal damarlardan sızan sıvıyla dolması sonucu ortaya çıkan, daha sonra pıhtılaşan bu sıvının etkilediği bölgenin süngersi yapısını yitirip sertleşmesiyle gelişen, ölümcül bir enfeksiyon hastalığıdır [96], [21]. Virüsün neden olduğu zatürree yavaş yavaş; bakteriyel zatürre ise genelde birkaç saat içinde hızla gelişme gösterir. Zatürrelerin çoğunun bakteri kaynaklı olduğunun bilinmesine karşın virüs ve mantarın neden olduğu zatürre de vardır [21], [37]. Alerjik zatürre ise “termofilik aktinomiçes” küf mantarı ve bazı bakterilerin solunması sonucunda ortaya çıkar. İveğen (akut) ve süreğen (kronik) olmak üzere iki türü vardır. İveğen alerjik zatürrenin, mikroorganizmanın solunmasından 4–6 saat sonra ateşin yükselmesiyle kalp atışı sayısı ve solunum sayısında artış, baş ağrısı, öksürük, kas ağrıları ve bitkinlik gibi belirtileri vardır. Hastalık etkeninin akciğerlerde çoğalması ve yayılmasıyla nefes darlığı ve göğüste sıkışma duygusu oluşmaktadır. Alerjik zatürree, çocuklarda da görülür ancak daha çok 50 yaşın üzerinde olanlarda ve diğer akciğer hastalıklarının tersine sigara içmeyenlerde daha çok karşılaşılan bir hastalıktır [129].

İklimlendirme sisteminin tasarım, uygulama ve kullanımındaki yetersizlikler nedeniyle insanların bulunduğu ortamlardaki ani sıcaklık değişiklikleri ve yüksek bağıl nem oranları hastalık riskini artırmaktadır [37]. Yine sistemde bakım ve temizliği yapılmamış nemlendirici düzeneği, soğutucu batarya ve filtreler ile yetersiz eğitimdeki su toplama tavalarında biriken su özellikle küf mantarının yaşaması ve çoğalması için uygun ortamı oluşturduğundan hastalık etkenleri arasında yer almaktadır.

4.1.3 Astım

Astım; solunum yollarının daralması ve çeşitli salgılarla tıkanması sonucu soluk almanın güçleştiği, çoğunlukla alerjiyle ilişkili olan bir hastalıktır. Belirtileri arasında; hırıltılı soluma, öksürük, göğüste tıkanma, nefes darlığı yer almaktadır [21], [96]. İnsanın genetik etkenleri, yaşam şekli ve çevre koşullarıyla değişmekle birlikte genelde çocuk ve gençlerde yaygın görülür [128], [130]. Dünya genelinde her yıl üç yüz milyon insanı etkileyen astım [131] nedeniyle ölenlerin sayısı 180.000 kişidir [128]. Her yaşta ve cinsiyette görülebilen bu hastalık, ülkemizde çoğu çocuk olmak üzere 3,5 milyon kişiyi etkilemektedir [131]. Ayrıca son yirmi yılda bu hastalığa yakalananların sayısı iki katına çıkmıştır [21].

Astımı olan bir kişi, solunumla akciğerlerine yeteri kadar oksijen alamadığında “astım atakları” gerçekleşir. Kişi, atak boyunca hırıltılı şekilde solur ya da öksürür. Astım ataklarına neden olan etkenlere “astım tetikleyici”ler denir [130]. Ev akarı tozu, polen, bakteri, mantar ve sporları, küf, evcil hayvanların deri parçacıkları, tüyü ve salyaları astımı tetikleyen alerjenlerdendir [21], [88]. İklimlendirme sisteminin nemlendirici düzeneği, filtre, soğutucu batarya ve su toplama tavası ile yalıtım ürünleri üzerinde uygun yaşama ve çoğalma koşulları bulan bakteri ve mantar gibi mikroorganizmalar ile dış çevre havası girişleriyle sistem içerisine alınan kirleticileri içeren havanın, hava kanallarıyla yaşanan ortamlara dağıtılması hastalık etkenleri arasında yer almaktadır.

Başka bir hastalığa dönüşmeyen ve bulaşıcı olmayan astım, bir kişiden diğerine geçmez. Aynı ortamda bulunan birçok kişinin astıma yakalanması, mekân içinde hastalık etkeni kirleticilerle etkileşim sonucunda ortaya çıkmaktadır. Astımı hastaların hava yollarında mikrobik olmayan sürekli bir iltihaplanma vardır. Bu nedenle hastalığın genelde karşılaşılan en önemli şekli, aşırı duyarlılık zatürresi olup çoğunlukla saman nezlesi olarak kendini gösterebilmektedir [6], [21], [96].

4.1.4 Aşırı Duyarlılık Zatürresi

“Aşırı duyarlılık zatürresi”; ilk olarak çiftçilerde görülen bir hastalık olup küflü saman ve tahıl artıkları ve gübre içindeki mikroorganizmaların solunmasıyla bunların insanların akciğerlerine yerleşmesi ve burada çoğalmasıyla ortaya çıkmıştır [132]. Daha sonra

güvercin besleyicileri ve mantar yetiştiricilerinde de benzer sorunlar görülmüştür [133]. Ancak ilerleyen zamanlarda, yapıların nemlendirici, ısıtma, havalandırma ve klima sistemlerinde çoğalan bakteri, mantarlar ve sporları ile küf ya da tozun solunmasının da bu hastalığa neden olduğu anlaşıldı [20], [134]. İklimlendirme sistemlerinin yalıtım katmanları, hava kanalları, karışım odası, filtre, soğutucu batarya ve su toplama tavası ile özellikle püskürtmeli nemlendiricileri üzerinde oluşan mikroorganizma kaynaklı kirliliği yaratan hastalık etkeni, “Termofilik aktinomiçes” küf mantarı için en uygun yaşama koşulları sıcaklığın 37–60°C arasında olduğu durumlardır [74]. Bununla birlikte Aspergillus, Penicillium, Alternaria gibi farklı türde mantar ve sporlarının solunması da bu hastalığa neden olmaktadır [88], [135].

Alerjik alveolit de denilen aşırı duyarlılık zatürresi, astımın görülen genel tipteki şekillerinden birisidir [132]. Hastalık etkeniyle etkileşimden 4–6 saat sonra belirtileri görülmeye başlanır [133]. Belirtileri grip ve soğuk algınlığa benzer olup solunum güçlüğü, göğüste ağrı, öksürük, ateş, kas ağrıları ve yorgunluk olarak sayılmaktadır [28]. Mikroorganizma ile uzun süreli etkileşim, artan solunum güçlüğüne, akciğerin doku bütünlüğünün ve işlevinin bozulmasına neden olmaktadır. Buna karşın hastalığın belirtileri görülmeden, etkene karşı duyarlılık süreci aylar ya da yıllarca sürebilir. Bakteri kaynaklı zatürreye benzeyen aşırı duyarlılık zatürresi, yaygın görülmemekle birlikte, organik tozları soluyan kişilerin ortalama olarak %10–15’inde bu hastalık ile karşılaşmaktadır. Birçok rahatsızlığın tersine daha çok sigara içmeyen ve alerji sorunu olmayan kişilerde görülür [83], [133].

4.1.5 Nemlendirici Ateşi

“Termofilik aktinomiçes” küf mantarı ve sporları ile endotoksinleri ya da bazı bakterilerin solunmasıyla ortaya çıkan “nemlendirici ateşi”; ateşli grip ile benzer özellikte bir hastalık olup aşırı duyarlılık zatürresinin yaygın görülen bir şeklidir [20], [46], [82], [132]. Baş ağrısı, öksürük, kas ağrısı ve tutulması, kaşıntı, titreme, sıkıntı, bitkinlik ve yorgunluk belirtileri arasında yer alır [136].

Hastalık, ilk olarak çalışma ortamlarında kullanılan nemlendiricilerin su havuzlarında oluşan mikroorganizma kaynaklı kirliliğin tanımlanmasıyla “nemlendirici ateşi (humidifier fever)” adını almıştır [20]. Ayrıca haftanın ilk iş günü pazartesi görülen

belirtileri, hafta boyunca etkisini sürdürüp hafta sonunda, kişinin ortamdan ayrılmasıyla etkisini azaltmaktadır. İklimlendirme sistemleri kaynaklı olumsuzluk etkenlerinin benzer olmasının dışında nemlendirici ateşi, bu özelliği ile aşırı duyarlılık zatürresiyle farklılık gösterir. Bununla birlikte hastalık, az sayıdaki etkenle etkileşim sonucu ortaya çıkarken; aşırı duyarlılık zatürresinde oldukça fazla miktardaki etkenin, daha fazla solunması gerekmektedir. Çoğunlukla bağıl nem düzeyi farklılıklarının fazla olduğu kış aylarında görülen hastalığın belirtileri, mikroorganizmayla etkileşimden birkaç saat sonra görülmektedir [75], [137].

4.1.6 Saman Nezlesi ve Alerjik Rinit

Soğuk algınlığında burun tıkanıklığına da neden olan, burun içinde mukozanın şişmesi ve salgının artması durumu “rinit” ya da yaygın adıyla “nezle” olarak bilinir. Astımlı hastaların neredeyse dörtte üçünde görülen “alerjik nezle”nin [96]; saman nezlesi gibi iveden (akut) ve kısa süreli, mevsimsel ya da yineleyen nezle adıyla bilinen süregelen biçimleri vardır. Nezlenin en sık karşılaşılan şekli saman nezlesinin [37] en yaygın belirtisi gözlerin şişmesidir. Bunun dışında burun akıntısı, gözde sulanma, kaşıntı ve kızamık, boğazda kuruma, aksırma, sıkıntı ve sinirlilik belirtileri arasındadır. Saman nezlesi ve alerjik rinit, herkesi etkileyebilen hastalıklardır. Ancak astım hastalığı olanlarda bu rahatsızlıklar daha sık görülür [21]. İnsanlarda oluşan alerjilerin %75’i saman nezlesi, alerjik rinit ve burunla; %4’ü ise göz ile ilgili alerjilerdir [123]. Gözlerde kaşıntı, kızamık ve yanma duyusu ise “alerjik göz nezlesi”nin belirtilerindendir [96].

Saman nezlesi ve alerjik rinit, belirtileri nedeniyle sürekli birbirine karıştırılan iki hastalıktır. Bazı insanlar, bütün bir yıl boyunca saman nezlesi ile benzer belirtilerden yakınırlar. Ancak, saman nezlesi mevsimsel bir rahatsızlık olup belirtileri genellikle bahar ve yaz aylarında görülür [21]. Eğer sonbaharda hastalık ortaya çıkıyorsa bu durumda etken, akar tozu, küf ya da küf mantarı ve sporlarının solunmasıdır [37], [96]. Ayrıca hastalığın görülme sıklığı, ortamdaki bağıl nem oranının %60’dan fazla ve %40’tan düşük olduğu zaman artış göstermektedir. Her beş kişiden birini etkileyen saman nezlesi [6], genellikle ot, çimen, ağaç, çiçek ve tohumlardan çevreye yayılan polenlerin iklimlendirme sistemlerinin dış hava girişleri ve havalandırma kanalları ile yapı içine alınmasıyla gerçekleşmektedir. Alerjik rinit ise yalnızca polenlerle değil ev akarı tozları,

kuş tüyleri, evcil hayvanların deri parçacıkları ve küf gibi birçok alergen tarafından tetiklenir [21]. İklimlendirme sistemlerinin, iç ortamlarda ani sıcaklık ve bağıl nem değişikliklerine neden olması, kötü ve yetersiz durumdaki nemlendirme düzeneği ile bakım ve temizliği yapılmamış soğutucu batarya, su toplama tavası, filtre ve yalıtım katmanları üzerinde oluşan mikroorganizma kaynaklı kirlilik hastalık etkenleridir. Ailesinde alerji hastası olan kişilerde daha sık görülebilen alerjik rinit, genelde göz nezlesi, sinüzit ve alerjik astımla birlikte ortaya çıkmaktadır [138].

4.1.7 Deri Alerjileri

Küf ile mantar ve sporlarının insanlar tarafından solunması ya da derilerinin mikroorganizma ile etkileşimi sonucunda vücudun herhangi bir yerinde deri alerjileri ortaya çıkmaktadır. Derideki alerjiler, ürtiker (kurdeşen) denilen, hızlı bir şekilde gelişen kaşıntılı döküntüye ve deri yüzeyinde kırmızı kabarcıkların oluşmasına ya da alerjinin kötüleşmesiyle dermatite (deri iltihabına) neden olabilir [21], [51]. Derinin kuruması, pullanması ve çatlamasıyla mikroorganizmalar için uygun çoğalma koşulları sağlandığından çoğunlukla enfeksiyon ile karşılaşmaktadır. Oluşan enfeksiyonlar, ortam sıcaklığı ve soğukluğu gibi çevresel etkenlerden ya da kişinin sinirsel olarak gergin olma durumundan olumsuz etkilenebilmektedir [21]. Ayrıca yapılan bir çalışmada; kapalı bir mekânda açılabilen pencere olmaması durumunun, insanlarda deri rahatsızlıklarının görülme sıklığını artırdığı açıklanmıştır [4].

4.1.8 Bronşit ve Bronşiyolit

“Bronşit”; bakteri ve virüs gibi mikroorganizmaların, soluk borusunun akciğere giden kısımlarının (bronşların) mukozasında tahrişe neden olmasıyla ortaya çıkar. Çoğunlukla, solunum yollarına alınan soğuk hava dışında, sigara dumanı ve toz da hastalık etkenleri arasında yer almaktadır. Yine iklimlendirme sistemlerindeki yetersizlikler sonucu, ortam içindeki ani sıcaklık ve bağıl nem oranı değişiklikleri, solunum yollarının koruyucu sıvı salgısını azalttığından hastalığa karşı duyarlılık artmaktadır. Bronşit; burun, sinüsler ve gırtlak gibi üst solunum yolu organlarından bronşlara yayılır ve soğuk algınlığı ile benzer özellikte belirtiler gösterir. Öksürük, balgam çıkarma, hafif ateş, hırıltılı soluma ve göğüste sıkışma bu belirtiler arasındadır. Özellikle sigara içenler risk grubu

içerisindedir. Bronşit, ilerleyerek “akut bronşit”e dönüşebilmektedir. Akut bronşit, soğuk algınlığının ardından gelişen ve yaygın görülen bir hastalıktır [21], [37].

Bronşiyolit ise; iki ay ile iki yaş arasındaki bebeklerde gelişebilen, akciğerlerdeki küçük solunum yollarında (bronşiyol) salgıların artması ve solunum yollarının şişmesiyle görülen bir enfeksiyon hastalığıdır. Hastalık etkeni, genellikle havayla taşınan, öksürme ve aksırma ile yayılan RSV virüstür. Soğuk algınlığı ile benzer belirtilerinin yanı sıra solunum güçlüğü, hırıltılı soluk alma ve öksürük yaygın görülen belirtileri arasındadır [21], [37], [139]. Havayla taşınan ve hastalığa neden olan virüs ya da küf mantarıyla kirlenmiş havanın iklimlendirme sistemleriyle insanların yaşadığı ortamlara dağıtılması ve kişilerin bu mikroorganizmaları soluması sonucu ortaya çıkan hastalık, kış aylarında salgın olarak görülebilmektedir. Bununla birlikte sistemin, filtre ve su toplama tavası ile sağlığa uygun olmayan yapı ürünlerinden seçilen yalıtım katmanları üzerinde oluşan mikroorganizma kaynaklı kirlilik, her iki hastalığa da yakalanma riskini artırmaktadır.

4.1.9 Lejyoner Hastalığı ve Pontiak Ateşi

Lejyoner; Legionella bakterisinin üst solunum yolları ve akciğerlere yerleşip burada çoğalması ile ortaya çıkan süregen (kronik) ve öldürücü bir hastalık olup Lejyonellosis (Legionellosis) grubundandır [121]. Legionella’nın 45 türü vardır ve bu türlerin içinde hastalıkların çoğuna neden olanı L.pnömoфіla’dır [140]. Belirtileri zatürre ile aynı özellikte olup solum güçlüğü, göğüs ağrısı, baş ağrısı, ateş, terleme, titreme, kas ağrısı, öksürük, ishal, karın ağrısı, kusma ve kilo verme ile genel bir sıkıntı duygusu olarak sıralanabilir [6], [141].

Suda yaşayan ve çoğalan L.pnömoфіla bakterisi, buharlaşma ve püskürtme sonucu havaya karışır. Hava sıcaklığının yüksek ve havadaki nem oranını düşük olduğu ortamlarda, bakteri bünyesindeki su hızla buharlaşarak bakterinin ölmesine neden olmakta; yüksek nem ortamında ise bakteri yapısındaki suyu koruyabilmekte ve bir süre daha yaşayabilmektedir. Solunan bakteri, akciğerlerde alveollerin derinliklerine dek gidebilmekte ve burada çoğalarak beyaz kan hücrelerini etkilemektedir [76]. Hastalık etkeni, hava akımlarıyla 1,5–2 km uzaklığa taşınabilmekte olup bakteri, bu durumda iki saat canlı kalabilmektedir [142]. Legionella, akciğerlere ulaştıktan 2–10 gün sonra çoğalarak hastalığı oluşturmaktadır. Kapalı bir ortamda bakterinin çoğalması

için en uygun sıcaklık değerleri 25–45°C arasında olup üremesinin en çok 37°C’de gerçekleştiği belirtilmektedir. 70°C sıcaklıkta ise yaşama olasılığı sıfıra yakındır [118], [29].

Lejyoner hastalığı, Türkiye’de tüm zatürreler arasında, %5–10 oranında görülmektedir. Dünya genelinde ise ölüm oranı, %5–15 olup hastalık ve salgınları daha çok yaz ve sonbahar ayları başlarında görülmektedir [142], [143]. CDC’nin konu ile ilgili yayınında, hastalığın insandan insana yayıldığına ilişkin bir bilgi bulunmamaktadır [14]. Lejyoner hastalığına yakalanma riski, havadaki etken bakteri sayısı, solunum hızı ve solunum süresiyle değişmektedir. Bağışıklık sistemi normal, sağlıklı bir insanın bu bakteriden etkilenme olasılığı çok azdır. Yaşlı ve bağışıklık sistemi zayıf olanlar, sigara ve alkol bağımlısı kişiler ile akciğer, kanser, şeker ya da böbrek hastalığı olan insanlar risk gruplarını oluşturmaktadır. Çocukların bu hastalıktan çok az etkilendiği ve erkeklerde kadınlarla karşılaştırıldığında üç kat fazla görüldüğü belirtilmektedir [118].

Lejyoner hastalığının diğer bir şekli olan “pontiak ateşi”; zatürreye neden olmayan, hastalık etkeni ile etkileşim sonrasında 2–3 gün içinde baş ağrısı, ateş, kas ağrısı, mide bulantısı, ishal, boğaz ağrısı, titreme ve bitkinlik gibi soğuk algınlığı ve grip ile benzer özellikte belirtileri gösteren bir hastalıktır [6], [144]. Hastalık etkeni bakteriyi soluyan insanların %90’ından fazlasının hastalandığı ve tedavi gerektirmeden iyileştikleri görülmüştür [145].

Her iki hastalığın oluşması evreleri; bakterinin çoğalması, yayılması ve geçişi, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde gerçekleşmektedir. Bakteri özellikle otel, hastane, iş merkezi ve fabrikalar gibi büyük ve karmaşık sistemli yapıların sağlık döşemleri, iklimlendirme sistemleri ya da pencere tipi klima aygıtlarından bulaşmaktadır. İklimlendirme sistemlerinin gerektiği süre ve şekilde bakım ve temizliği yapılmamış hava kanalları, filtreler, soğutucu bataryaları ile su toplama tavalarda bulunan ve akaçlamadaki sorunlardan kaynaklanan su birikintileri, özellikle sulu tip nemlendiriciler ve soğutma kulelerinin su havuzları ile hava yıkayıcı ve damla tutucu gibi bölümleri, hastalık etkeninin yaşaması ve çoğalması için uygun ortamı oluşturmaktadır. Yine dış çevreye atılan kirli havanın, sistemdeki yetersizlikler nedeniyle tekrar yapı içerisine girmesi ya da soğutma kulelerinin yakınlarında bulunan

temiz hava girişleriyle kirleticilerin sistem içerisine alınması da olumsuzluk yaratmaktadır.

4.1.10 Aspergilloz

Toprakta, çürümekte olan organik maddelerde ve havada yaygın bulunan “Aspergillus” türü küf mantarı ve sporlarının insanlar tarafından solunmasıyla ortaya çıkan hastalıklara “aspergilloz” adı verilmektedir. Yaklaşık 700 Aspergillus türü içinde insanlarda, enfeksiyonların %95’inden fazlasının etkeni A.fumigatus, A.flavus ve A.niger olup iç mekânlarda en yaygın olanlarından birisi A.fumigatus’dur [24], [140], [146], [37].

Yapıdaki pencere ve kapı boşlukları ya da iklimlendirme sistemlerinin hava kanallarıyla insanların bulunduğu mekânlara taşınan hastalık etkeni mantar ve sporları, çok küçük olmalarının yanında düzensiz şekildeki yüzeyleri ile sınırsız süre havada asılı kalıp, hava akımları boyunca uzun süre yol alarak kuru havada aylarca canlılıklarını koruyabilmektedir [147]. Ayrıca iklimlendirme sistemlerinin filtre, soğutucu batarya ve nemlendiricileri gibi bölümlerinde hastalık etkeninin yaşaması ve çoğalması için uygun koşulların (sıcaklık, bağıl nem vb.) olduğu da bilinmektedir. A.fumigatus, 12–52°C gibi geniş bir sıcaklık aralığında gelişebilir ancak çoğalması için en uygun sıcaklık 30°C ve %65 bağıl nem oranının olduğu durumlardır. A.flavus ise %80 bağıl nem oranına gereksinim duymaktadır [88]. Yine gerekli denetim önlemleri alınmamış onarım ve inşaat durumundaki sistemlerin, hastalık etkenini bir bileşenden diğerine ya da kirli ortamlardan temiz mekânlara taşıyabileceği de unutulmamalıdır.

Genellikle sağlıklı insanlar, hastalık etkeni mantar ve sporlarını soluduğunda olumsuz bir etki gözlenmezken; bağışıklık sistemi zayıf kişilerde soluk alma ile akciğerlerdeki mantar düzeyinin arttığı, hastaların %30’undan fazlasında hastalığın merkezi sinir sistemi, sindirim sistemi ve diğer organlara yayıldığı belirtilmektedir. Hastalığın tanısının zor ve iyileşme sürecinin uzun olması yayılması üzerinde etkilidir [37], [124].

4.1.11 Histoplazmoz ve Kriptokokkoz

Histoplazmoz; toprağın 15–20 cm’lik üst kısmında bulunan “*Histoplasma capsulatum*” mantarı ya da sporunun insanların solunum sistemine yerleşmesi ve buradan yayılmasıyla ortaya çıkar. Akciğerlerden kan ve lenf1 yoluyla karaciğere, dalağa, lenf sistemine ve diğer organlara yayılabilir. İklimlendirme sistemlerinde dış çevre havasının doğru bir biçimde alınmamasıyla filtrele ve havalandırma kanallarına yerleşen bu mikroorganizma; toprak ve toz ile tavuk, güvercin ve fare dışkıları içinde bulunan nitrojeni besin olarak kullanır ve böylece çoğalır. Bununla birlikte iklimlendirme sistemlerinin dış hava girişlerinin, kuş yuvalarının yakın çevresi gibi yanlış yerlerde bulunması ve kirleticileri sistem içerisine taşıyacak biçimde tasarlanması hastalık riskini artırmaktadır. Hastalığın grip ile benzer belirtileri arasında; solunum güçlüğü, göğüs ağrısı, öksürük, baş ağrısı, ateş, mide bulantısı, kas ağrısı, iştahsızlık ve bitkinlik görülmektedir [37], [74], [135], [148], [149].

Baca temizliği ile iklimlendirme sistemi denetim, bakım ve temizliğini yapan kişilerin bu hastalıkla ilgili risk altında oldukları belirtilmektedir [149]. Ülkemizde yaygın görülmeyen histoplazmoz, bağışıklık sistemi zayıf olan insanların yanı sıra sağlıklı kişilerde de görülebilir. Hastalığın insandan insana bulaşarak geçmediği de belirtilmektedir [132], [148].

Kriptokokkoz ise Kriptokok (*Cryptococcus neoformans*) mantarının solunmasıyla ortaya çıkar. Sağlıklı insanlarda, herhangi bir belirti görülmemesine karşın hastalık etkenine karşı dirençsiz kişilerde histoplazmoz ile benzer belirtilerle karşılaşmaktadır. Hastalığın en önemli ve en yaygın görülen şekli menenjitir. İnsandan insana ya da hayvandan insana bulaşarak geçtiği belirlenememiştir [37], [135], [150]. Kriptokok mantarının tanımlanması zor olduğu için çoğunlukla laboratuvar ortamında toz örneklenmesinin yapılması gerekmektedir [74].

¹ Lenf; vücudun her yerine yayılmış ince damarlı lenf damarlarında dolaşan ve vücudu hastalıklardan koruyan, solgun sarı renkli bir sıvı.

4.2 Sıcaklık Düzeyi İle İlişkili Sağlık Sorunları

İklimlendirme sisteminin iç ortamlarda sağladığı sıcaklık değerlerinin, kullanıcıların sağlık ve konfor gereksinimlerini karşılayacak düzeyde olması çok önemlidir. Ortam sıcaklığında oluşan farklılıklar ve ani değişimler insan sağlığı açısından oldukça zarar vericidir. Yapıda iç ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 5°F (3°C)'den fazla [42] ya da hava ile ortalama yüzey sıcaklığı arasındaki fark 2°C'den ve yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı ise 5°C'den fazla olduğu durumlarda konforsuzluk oluşmaktadır [47].

Düşük sıcaklıklarda kalp, vücut sıcaklığını koruyabilmek için daha fazla ve hızlı çalışarak daha fazla kan pompalar. Ortamdaki hava sıcaklığının gereksinimden az olması; solunum yollarındaki (sinüs, bronş vb.) mukozanın tahriş olmasıyla grip ve soğuk algınlığı gibi birçok hastalıklara yakalanma riskinin artmasına neden olur [37]. Yüksek sıcaklıklarda ise hastalık etkeni mikroorganizmaların çoğalması ve yayılması için uygun koşullar oluşmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklıkla birlikte bağıl nem oranının da yüksek olması ve yeterli havalandırmanın sağlanamaması durumunda, ortam havası kullanıcılar tarafından “sıkıntı verici” ve “boğucu” olarak algılanmaktadır. Bununla birlikte ani sıcaklık farklılıklarında ortaya çıkan “sıcak ve soğuk alerjileri” gibi rahatsızlıkları olan kişilerin, ortam sıcaklığı değişikliklerine duyarlılıkları diğer kişilere göre daha fazladır. Alerjide; vücuda giren ve alerjiye neden olan etkenlere karşı vücut tarafından yok edici bazı maddeler üretilir. Ancak sıcak ve soğuk alerjilerinde, böyle bir durum söz konusu olmayıp, bu tür rahatsızlıklar tam olarak alerji sınıflandırması içine girmemektedir [123]. Bu rahatsızlığın belirtileri arasında; kaslarda kasılma, bayılma, kusma, deride kaşıntı ve şişkinlik ile döküntü sayılmaktadır.

Algılanan genel sıcaklık değeri dışında insan konforunu etkileyen bir diğer özellik ise ortamdaki dikey yöndeki sıcaklık farkıdır. Bu durum insanın baş ve ayak sıcaklığını doğrudan etkiler. Ayak sıcaklığı, baş sıcaklığından düşük olduğu durumlarda aradaki farkın 4°C'den çok olmaması [27] ve iç ortamda dikey yöndeki sıcaklık değişimi, ortam yüksekliğinin her bir metresi için 2°C değerini aşmamalıdır. Bununla birlikte döşemeden 0,1 m yükseklikte, hava sıcaklığının 21°C'nin altına düşmemesi önerilirken [47]; hava sıcaklığının 17–18°C'lerin altına düşmesiyle ayaklarda soğukluk duygusu oluşmaktadır [49]. İklimlendirme sistemlerinin;

- Düşük verimli ya da yüksek dirençli filtreleri,
- Isıtıcı ve soğutucu bataryalar, su toplama tavası ya da yalıtım ürünleri üzerinde oluşan mikroorganizma kaynaklı kirlilik,
- Bakım ve temizliği yapılmamış hava kanalları ve nemlendiricileri,
- Sistem tasarımına uygun seçilmeyen vantilatör ve aspiratörleri,

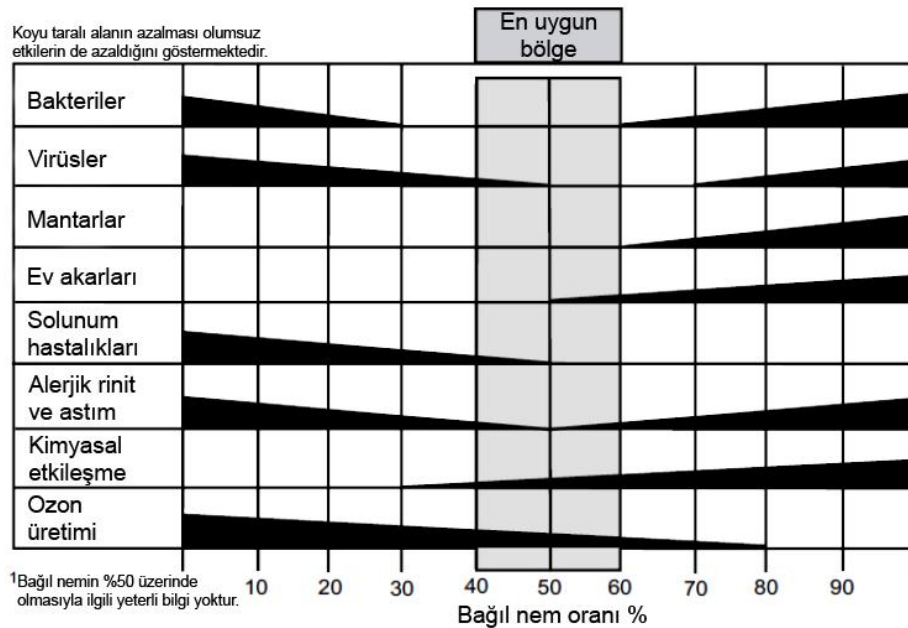
gibi olumsuzluk etkenleri nedeniyle uygun sıcaklık değerlerinin sağlanamaması durumunda sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Bunlar arasında; sıcak ve soğuk alerjisi, baş ağrısı, kaslarda istem dışı kasılma (omuzların kamburlaşması vb.), burun tıkanması, bayılma, kusma, sindirim bozuklukları (hazımsızlık), deride kuruma, kaşıntı, şişkinlik ve döküntü, üşüme, terleme, dikkatin toplanmasında zorluk, yorgunluk, uykusuzluk, şaşkınlık, çalışma verimi ve üretkenlikte düşme ile sürekli etkileşim sonucunda ruhsal bozukluklar gibi sağlık sorunları yer almaktadır [4], [5], [6], [8], [9], [13], [27], [28], [41], [67], [88], [100], [101], [121], [123], [124], [125], [126], [127].

4.3 Bağlı Nem Oranı İle İlişkili Sağlık Sorunları

Kapalı bir ortamda iklimlendirme sistemlerinin sağladığı bağlı nem oranı, insanların sağlık ve konforu üzerinde oldukça etkilidir. İç ortam havasının %65 üzerindeki bağlı nem oranı, vücut sıcaklığının denetimini zorlaştırmakta ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir [29]. Doğru tasarlanmayan iklimlendirme sistemlerinin çalışması sırasında ortaya çıkan ısı kaynaklı sıcaklık ile buna bağlı bağlı nem oranının artışı, bakım ve temizliği yapılmayan ısıtıcı ve soğutucu bataryalar, su toplama tavası, nemlendirici düzeneği, filtre, hava kanalları, menfezler, vantilatör ve aspiratörler ile yalıtım ürünleri gibi sistem bileşenleri üzerinde yoğunlaşma ve küf oluşumuna neden olur. Buralarda uygun yaşama ve çoğalma koşulları bulan bakteri, mantar ve sporları ile endotoksinleri gibi mikroorganizmalar ve gereksinilenden düşük ya da yüksek bağlı nem oranları insanlarda; soluk alışverişinin güçleşmesi, öksürük, aksırık, hırıltılı soluma, baş ağrısı, baş dönmesi, ateş, mide bulantısı, kusma, ishal, göz, burun ve boğaz tahrişi, burun kanaması ve tıkanması, yorgunluk, bitkinlik, sıkıntı ve sinirlilik, çalışma verimi ve üretkenlikte düşme ile sürekli etkileşim sonucunda ruhsal bozuklukların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yapılan bir çalışmada; yapılardaki nem sorunları

nedeniyle küf oluşumu ve bununla etkileşimin, insanlarda astım gibi birçok solunum yolu hastalıkları ile karşılaşma riskini %30–50 oranında artırdığı belirtilmiştir [95]. Yine bağıl nem oranının yüksek olması nemlendirici ateşi ve sinüzit gibi hastalıklara karşı duyarlılığın artmasına da neden olmaktadır.

İnsanlarda solunan havanın, kuru ve soğuk olması istenir. Ancak çok kuru havanın da solunum yolu (boğaz, bronşlar vb.) üzerinde olumsuz etkileri vardır. Kışın bağıl nem oranı %40'ın altına düştüğünde, burun içindeki ısıtılmış havanın nemi buharlaşarak kuruyan mukus¹ kendini temizleyemez ve mikroorganizmalar ile soğuk algınlığı virüslerine karşı savunmasız duruma gelir [37], [135]. Yapı içindeki nem oranı düştükçe havadaki toz parçacıkları ve mikroorganizmalar daha kolay iyonize olmakta ve bu yüklenmiş durumları ile biyolojik etkileri artmaktadır. Yapılan çalışmalarda; bağıl nemin %30–40 düzeylerindeki deri ve göz kuruluğu yakınmaları sayısının ve bunlara duyarlılığın, nem oranının %20–30 değerlerine göre arttığı gözlemlenmiştir [28]. Buna karşın, burun, boğaz ve akciğerler için en uygun bağıl nem oranı %40'tır [135]. Şekil 4.2'de sağlık açısından en uygun bağıl nem değerleri görülmektedir.



Şekil 4. 2 Sağlık açısından en uygun bağıl nem değerleri [151]

¹ Mukus; sindirim borusu, burun boşlukları, bronş vb. iç yüzeylerini kaplayan, üzerinde çok sayıda salgıbezi delikleri bulunan mukozadan salgılanan ve mikroorganizmaları yapışkan bileşimi içinde tutarak dokulara zarar vermelerini önleyen bir salgıdır.

İklimlendirme sistemlerinin iç mekânlarda sağladığı bağıl nem oranının düşük olması özellikle gözler üzerinde olumsuz etki yaratarak %98-99'u su olan gözyaşının [152] aşırı buharlaşmasıyla niteliğinin bozulmasına neden olmaktadır. Sağlıklı bir insanın 5-10 saniyede bir [153], istemsiz olarak yaptığı göz kırpma hareketi ile gözyaşı filminin yapısal bütünlüğü sağlanmaktadır. Dış ortamın olumsuz koşullarına karşı gözü yabancı maddelerden temizleyip kornea tabakasının zarar görmesini engelleyerek onu koruyan ve göz kapaklarının hareketini kolaylaştıran gözyaşı [154] üretiminin azalması ya da üretilen gözyaşı niteliğinin bozulmasıyla “göz kuruluğu” ya da “kuru göz sendromu” olarak bilinen rahatsızlık ortaya çıkmaktadır. Belirtileri arasında; gözlerde yanma, batma, yabancı cisim duygusu ile göz kapaklarında yorgunluk, gerginlik ve ağırlık hissedilmesi yer almaktadır. Rahatsızlığın daha sonraki aşamalarında göz yüzeyinde yangı ve görme bozuklukları ortaya çıkar. Kuru ve sıcak ortamlarda, nemli ve soğuk ortamlara göre bu rahatsızlıkla daha fazla karşılaşmakta olup yaşlı kişiler ile kadınlar risk gruplarını oluşturur [21], [154], [155].

4.4 Hava Akış Hızı İle İlişkili Sağlık Sorunları

Ortamdaki hava akışının yeterli hızda olmamasıyla insanlarda, “havasız” ya da “durağan” olarak tanımlanan temiz olmayan hava duygusu oluşmaktadır. Yapının gereksinimleri karşılayamayan iklimlendirme sisteminde;

- Menfez tasarımında, konumlarının yanlış ve kullanıcılar ile arasındaki uzaklığın yetersiz olması,
- Düşük verimli, yüksek dirençli, bakım ve temizliği yapılmamış filtreler ile soğutucu bataryaların kullanılması,
- Gerekli hava akışını sağlayamayan hava kanalları ve onun ayar aygıtları,
- Vantilatör, aspiratör ve egzozların sistem tasarımına uygun seçilmemesi

gibi nedenlerle mekân içinde yeterli hava akışı ve havalandırma sağlanamamaktadır. Bu durum insanlarda astım ve diğer solunum yolu hastalıkları ile alerjik rahatsızlıkların yanı sıra önemli psikolojik sorunların görülme sıklığını artırmaktadır. Ayrıca havalandırma eylemiyle sağlanan temiz hava miktarı, kullanıcıların çalışma verimi ve üretkenliği üzerinde de etkilidir. Yapılan araştırmalarda, kapalı bir ortamda temiz hava ile

havalandırmanın kişi başına 10 l/sn'den 5 l/sn'ye düşmesiyle üst solunum yolu ve göz rahatsızlıkları gibi [156] SBS hastalıklarının sayısı, ortalama %23 oranında artış gösterirken; 10 l/sn'den 25 l/sn'ye çıkmasıyla hastalık belirtilerinin %29 oranında azaldığı görülmüştür [157]. Bu bilgi, son zamanlarda yapılan 20 araştırmadan elde edilen yaklaşık 30.000 benzer sonucu desteklemektedir. Ortamdaki hava akış hızının konforsuzluk yarattığı durumlarda insanlarda; tansiyonun düşmesi, kusma, iştahsızlık, deride kuruma ve tahriş, sinirlilik durumu, sıkıntı ile sürekli etkileşim sonucunda ruhsal bozukluklar görülmektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalar, temiz hava ile havalandırma miktarının kişi başına 10-15 l/sn değerine yükselmesiyle insanların üretkenliğinde ortalama olarak %1–3 oranında artış olduğunu göstermektedir [156].

İklimlendirme sistemleri, ortamın her noktasında gerekli konfor koşullarını sağlayamadığında; menfez altı, pencere yanı ve iç bölgelerdeki kullanıcıların konfor algıları birbirinden farklı olabilmektedir. Hava akış hızının gereğinden fazla olduğu durumlarda, insanlarda üşüme belirtileri ve özellikle boyun, omuz ve sırtın üst kısımlarında kas ağrıları ve tutulmaları ile baş bölgesinde konforsuzluk oluşmaktadır [6], [41]. Bu durum, halk arasında "cereyanda kalmak" olarak tanımlanmaktadır. Cereyan; ortam havası ve insanın derisi arasında sıcaklık farkı olduğu durumlarda, deri sıcaklığının değişimine karşı duyarlı olan ısı almaçlarının uyarılması ve böylelikle derideki ısı yitimine bağlı olarak hava hareketinin insan vücudunda meydana getirdiği istenmeyen, bölgesel bir soğutmadır ve önemli bir ısıl konfor sorunudur [35], [30]. Yüksek hızda tek yönlü hava akımıyla sürekli etkileşim sonucunda yüz felci oluşabilmektedir [37]. Boyun ağrıları, genelde baş ağrısına neden olur; bu durumda kişi hastalığının temel nedeninin ne olduğunu anlayamayabilir. Ayrıca özellikle sırt ağrısı, soğuk algınlığından sonra, 45 yaş altındaki yetişkinlerde iş gücü yitiminin en önemli ikinci nedenidir [21].

İklimlendirilen ortamlarda hava akış hızı, 0,15–0,20 m/sn olmalıdır [45]. Kapalı bir ortamdaki hava akış hızlarına karşı insanların gösterdiği tepkiler Çizelge 4.1'de görülmektedir. Ayrıca ortamdaki hava akış hızına duyarlılık kişiden kişiye farklılık göstermekte olup, bu değerler kişinin yaşına, cinsiyetine, sağlık durumuna ve yaptığı eyleme göre değişebilmektedir. Konforsuzluğun, en fazla 0,35-0,5 m/sn arasındaki değerlerde görüldüğü belirlenmiştir [35]. Düşük ortam sıcaklıklarında havanın yüksek

hızdaki hareketi, mukusta aşırı kurumaya neden olmakta; bu durum solunum yolu ve astım gibi alerjik hastalıklara karşı duyarlılığı artırmaktadır. Yine ortamda yeterli havalandırmanın (hava akışının) sağlanamaması durumunda nem düzeyi artmakta ve hastalık etkeni mikroorganizmaların yaşaması ve gelişmesi için uygun ortam oluşmaktadır.

Çizelge 4. 1 Kapalı bir ortamdaki hava akış hızlarına karşı insanların gösterdiği tepkiler [116]

Ortamdaki hava akış hızı	Hava akış hızına karşı insanların gösterdiği tepki	Hava akış hızının önerildiği uygulama alanları
0–0,085 m/sn	Durgun ve sıkıcı bir ortam olduğundan uygun bir değer değildir.	Özel durum ve tasarımlar dışında önerilmemektedir.
0,1–0,2 m/sn	Genel uygulamalar için uygun bir değerdir.	Genellikle, oturan insanlar için konfor duygusu sağlanır. Ofis, otel ve konutlarda çoğunlukla kullanılır.
0,2–0,3 m/sn	Oturan insanlar için uygun olmayıp, ayakta duran ve yavaş yürüyen insanlar için uygun bir değerdir.	Mağaza, banka ve kamu yapıları gibi yapıların konfor iklimi sistemleri için önerilmektedir.
0,3 m/sn'den yüksek	Yüksek hava hızı nedeniyle insanlarda rahatsızlık ve konforsuzluk duygusu olduğundan insan yoğunluğu fazla ortamlar için uygundur.	Fabrika gibi endüstriyel iklim sistemlerinde kullanılır.

4.5 İyon Dengesinin Bozulması İle İlişkili Sağlık Sorunları

Yapıların statik elektrik yaratan metalik ya da topraktan yapılmış havalandırma kanalları, iklimlendirme sistemlerinde kullanılan elektrostatik filtreler, özellikle nem düzeyinin düşük olduğu durumlarda, halı, mobilya, duvar ve döşeme kaplamaları ile mekânda bulunan insanların giysileri ve bazı elektrikli aygıtlar iç ortamdaki iyon düzeyinin değişimine neden olan etkenler arasında yer almaktadır. Ortamda bulunan insanların hepsi bir miktar statik elektrik yüklüdür ve her insan, bulunduğu ortamda soluma ile iyonları harekete geçirir [159]. Bununla birlikte yerle etkileşim durumunda bulunan ya da yalıtılmış bir insan havadaki pozitif ve negatif küçük iyonları üzerine çekmektedir. Yine havadaki iyon yükleri, çekim kuvveti nedeniyle aynı ortamda bulunan su buharı, toz, kir vb. fiziksel kirlilik oluşturan parçacıkları taşımaktadır.

İnsanların yalnızca %25'i iyon dengesinin bozulmasından ciddi şekilde etkilenirken, diğer kişiler bu durumdan ya oldukça az etkilenir ya da hiç etkilenmeyebilir [136]. Büyük iyonlar havadaki alerjen maddeleri; nötr ya da yüklü durumda bulunan insan vücudu ise büyük iyonları çekerek kaşıntıya, alerjilere ya da başka sağlık sorunlarına neden olabilmektedir [61]. Bununla birlikte konu ile ilgili yapılan araştırmalar, negatif yüklü iyon molekülleri içeren havanın insanı, iyi hissetmesini sağladığını, solunumu kolaylaştırdığını, iştahın açılması, derin bir uyku uyuması, vücutta görülen ağrı ve sancıların iyileşmesi üzerinde olumlu etkisi olduğunu göstermektedir. Yine negatif yüklü iyonların çokluğu, insanlarda havanın "temiz olma" duygusunu uyandırmakta ve fizyolojik olarak rahatlatmaktadır. Buna karşın iyon dengesinin bozulmasıyla, daha fazla pozitif elektrik yüklü iyon içeren havanın ise bitkinlik, uyuşukluk, yorgunluk, depresyon, sıkıntı gibi ruh sağlığı ile ilgili sorunlara, baş ağrısı, baş dönmesi, göz ağrısı ve solunum güçlüğü gibi rahatsızlıklara neden olduğu bilinmektedir. İntihar ve suç işlemede artışla ortamda bulunan negatif iyon miktarı arasında da bir ilişkinin olduğu belirtilmektedir. Yine vücutta negatif iyon eksikliğinin hormonal sistemi olumsuz etkilediği de bilinmektedir. Negatif iyonların azalması, hormon niteliğinde olan serotoninin¹ vücutta toplanmasına ve beyin damarlarının daralmasına neden olur. Bu durum migren hastalığına karşı dirençsiz olan hastalarda krizlere yol açar. Negatif iyonlar aynı zamanda astım gibi alerjik hastalıkların belirtilerini azaltmakla kalmayıp, solunum sistemine giren tozların atılmasında kılların hareketliliğini artırır. Ayrıca, kanın oksijen içeriğini artırarak savunma sistemini de güçlendirmektedir [105].

Ortamda negatif iyon üretilmesi için iyon üretici aygıtlardan yararlanılmaktadır. Ancak günümüzde kullanılan iyon üreticileri, aygıttan 1 m uzaklaşıldığında etkisinin sıfıra düşmesi nedeniyle genelde önerilmemektedir. Ayrıca bu aygıtlar, oldukça yüksek elektrik alanı oluşturmakla kalmayıp elektronik hava temizleyiciler ve ozon üreticiler gibi ozon gazı üretmekte ve böylece ortamda bulunan ozon düzeyinin artmasına neden olmaktadır [119].

¹ Serotonin; vücut salgıları, bağırsak kasları, damar gerilimi ve çeşitli metabolizma olayları üzerinde etki gösteren, bir sinir-hormon aracı olarak sayılabilen, bağırsak ve çeşitli dokular tarafından salgılanan, damar büzücü etki gösteren bir hormon maddesidir.

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ KAYNAKLI SAĞLIK SORUNLARINA KARŞI ALINABİLECEK ÖNLEMLER

İklimlendirme sistemi kaynaklı sağlık sorunlarının tanımlanması ve insan sağlığı için olumsuzluk yaratan etkenlerin belirlenmesinin ardından, bu soruna karşı tasarımcılar, sistem uygulayıcıları ve kullanıcıların nasıl bir yol izleyecekleri ve hangi önlemlerin alınması gerektiğine karar verilmesi gerekmektedir.

İklimlendirme sistemlerinin tasarımcıları, uygulayıcıları, bileşen üreticileri, bakım, onarım ve temizlik servisleri sağlayıcı kişi ve kurumlar ile yapı kullanıcılarının, “sistem genelinin” tasarım, uygulama ve kullanımı sürecinde alabilecekleri önlemler Çizelge 5.1’de görülmektedir. Burada farklı başlıklar altında anlatılan yöntemlerin birbirleriyle etkileşim içinde oldukları da unutulmamalıdır. Bununla birlikte sistemin bütün bileşenleri, sistem tasarımına, standart ve yönetmeliklere uygun şekilde seçilip yerleştirilerek bağlantıları yapılmalı ve üreticilerin önerileri doğrultusunda kullanılmalıdır. “İklimlendirme sistemi bileşenlerinin” tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler ise Çizelge 5.3’te görülmektedir.

Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.3’te anlatılan önlemler; dördüncü bölümde anlatılan olumsuzluk etkenleri temel alınarak; sistem geneli, klima merkezi, filtre, ısıtıcı ve soğutucu batarya, nemlendiriciler, aspiratör ve vantilatör, dış çevre havası girişleri, kullanılan ısı, ses ve yangın yalıtımları, hava kanalı, menfez ve soğutma kulesi olmak üzere başlıklar altında değerlendirilmiştir.

Çizelge 5. 1 İklimlendirme sisteminin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler

Sistem genel	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Sistemin tasarımı sürecinde öncelikle yapının bulunduğu coğrafi bölgenin koşulları ile yapının biçimi, yönü ve konumuyla ilgili çevresel etkenler değerlendirilmelidir. - Yapının kullanım amacı, eski ya da yeni oluşu, strüktürü, yapıyı kullanan kişi sayısı ile bu kişilerin gereksinimleri, sisteminin çalışma ilkeleri ve diğer sistemlerle olan ilişkisi doğru belirlenmelidir. - Ortamda bulunan insanlar için doğru belirlenmemiş hava sıcaklığı, bağıl nem oranı ve akış hızı gibi gereksinimleri, sistem tasarımında eksik denetim uygulamalarına, yanlış yöntemlerin kullanılmasına ve sorunlara karşı doğru çözümler üretilmemesine neden olur. Bunun için sistem tasarımında nem, karbondioksit, hava akış hızı ya da sıcaklıkölçer gibi otomatik denetim sistemi aygıtları kullanılabilir. Bu algılayıcıların yerleştirilmesinde, aygıt tarafından okunan değerleri değiştirdikleri için radyatör, bilgisayar vb. gibi ısı üreten aygıtların yakınlarında olmamalarına dikkat edilmelidir.	- Birçok yapıda önerilen iç ortam havası sıcaklıkları; kışın 20°C ile 23,5°C, yazın 23°C ile 26°C arasındadır [6], [41], [42]. Ayrıca, sistemde her mekânın sıcaklığı ayrı ayrı denetlenebilmelidir. - Yapının türüne ve yapılan eyleme göre değişmekle birlikte genellikle, menfezlerden ortama verilen havanın sıcaklığı, kışın en fazla 18°C ve yazın ise en az 14°C olmalıdır. Kışın, tavanındaki menfezlerden çıkan 18°C sıcaklıktaki havanın tavan yüzeyindeki aydınlatmalar ve diğer kaynaklar nedeniyle ısınarak insanlara ulaştığı unutulmamalıdır [47]. - Kullanıcılarda hava hareketine bağlı olarak konforsuzluk duygusu oluşmaması için sıcak hava ile ısıtılma yapılan sistemlerde, mekâna verilen hava ile ortam havası sıcaklıkları arasındaki fark en az 4-6°C olmalı, kapalı bir ortamda tavan ve döşeme kotu arasında düşey sıcaklık farkları oluşmamalıdır [47]. - Ortama verilen havanın menfezden çıkışındaki hava hızı 0,36 m/s'den yüksek hızda ve 24,4°C'den daha düşük sıcaklıkta olmalıdır [160]. Konfor koşullarının sağlanabilmesi için hava hızının 0,25-0,30 m/sn'yi geçmemesi [109] ve 0,15-0,20 m/sn arasında olması gerekmektedir [445].	- Sistemin çalışma saatleri doğru ayarlanmalıdır. Özellikle gece çalışmadığı durumlarda, kapalı ortamdaki iç hava niteliğinin sağlanabilmesi ve kirlenici yoğunluğunun artmaması için gerekli önlemler alınmalıdır [102]. - Sistem, kullanıcılar yapıya gelmeden birkaç saat önce çalıştırılmalı ve yapıdan ayrıldıktan sonra kapatılmalıdır [98]. - Yapı içinde kullanıcı olmadığı zamanlarda bakım, onarım ve temizlik işlemleri yapılmalıdır. - Temizliğine başlanılmadan önce sistemde asbest içeren herhangi bir yapı ürününün olup olmadığı belirlenmelidir [161]. Sistemin temizliğini yapacak kurumların, asbest içeren bir yapı ürünün olabileceğini göz önüne alarak, bu durumda kendileri ve kullanıcılarının sağlığını riske atmayacak bir yöntem izlemeleri gerekmektedir [120]. - Temizliğine başlanılmadan önce sistemde kirliliğin nerede yoğunlaştığı ve nasıl bir ön hazırlığa gereksinim duyulacağı servis sağlayıcı kurumların teknik görevlilerince değerlendirilmelidir.

Çizelge 5. 1 İklimlendirme sisteminin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Sistem genel (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- TS 3419 ve TS CR 1752 ve ASHRAE 62'de farklı türdeki yapılar için gereksinim duyulan havalandırma oranları, ortam sıcaklığı ve bağıl nem oranı ile ilgili değerler bulunmaktadır. - Sistemde havalandırma için gereksinim duyulan dış çevre havasının, standart ve yönetmeliklerde belirtilen miktar ve oranlarda olmasının yanında dış çevre kaynaklı kirlenmeler yönünden de uygun değerlerde olması gerekmektedir. - Yapılarda ısı konfor özelliklerinin sağlanması ve enerji başarımının (performansının) artırılması için EN 7730 ve TS 2164'e uygun tasarım yapılmalıdır [162]. - İnsanların sağlık ve konfor koşullarını kendilerinin denetleyebilmesi onları daha fazla rahatlatmaktadır. Bunun için denetim sistemlerinde; ortam koşullarının ayarlanmasını sağlayan aygıtların yanında arıza durumlarını kullanıcılar bildiren göstergeler ile bilgilendirici notlar da bulunmalıdır.	- Sisteminin kendi içinde ve kapalı bir ortamda sağladığı bağıl nem oranı, bakteriler, mantar ve virüs gibi mikroorganizmaların yaşaması ve çoğalması için uygun değerlerde olmamalıdır. Kapalı bir ortam için en uygun bağıl nem oranı %30-50 arasındaki değerlerdir [51]. Farklı türde yapılar için gerekli olan ortam sıcaklığı ve nem oranı değerleri TS 3419'da belirtilmektedir. Bununla birlikte ASHRAE 55 ve ISO EN 7730 standartlarından da yararlanılabilir. - Nem oranına bağlı yoğunlaşma oluşumunun önlenmesi için hava sızıntıları oluşturmayacak doğru ve düzgün sistem yalıtımlarının yapılması ve yoğunlaşmanın gerçekleştiği yüzeyde sıcaklıkların artırılması gerekmektedir. - Sistemdeki bakım kapakları ya da servis giriş ve çıkışları, hava akışını engellemeyecek ve değiştirmeyecek şekilde tasarlanmalı, yangın yönetmeliği ilkelerine uygun olmalı, ısı yitimi ve yüzeylerde yoğunlaşma oluşumu ile hava sızıntılarına neden olmamalıdır. Ayrıca, kolay ulaşılabilir, gözlem ya da iyileştirmeler için tekrar açılabilir. - Bütün bakım kapakları ile servis giriş ve çıkışlarının yerleri ve özellikleri proje üzerinde açık bir şekilde belirtilmeli; temizlik, bakım ve onarım gibi işlemleri yapacak uzmanlar bu bilgilere kolayca ulaşabilmelidir.	- NADCA, sistemin temizliğinin hazırlık aşamasında; yapı işletmecisi ya da yöneticisi ilgili proje çizimleri, şartnameleri, sistemin onaylanmış uygulama değişikliklerini ve varsa yapı için hazırlanmış olan bir iç hava niteliği ya da çevresel değerlendirme raporunun temizlik çalışanlarına verilmesini önermektedir [65]. - NADCA'ya göre; uzman kişiler tarafından yapılan gözlem ve incelemeler sonunda, kirli olan ve zarar gören sistem bileşenleri ile ilgili bilgiler, yazılı olarak yapı işletmecisi ya da yöneticisine verilmelidir [65]. Daha sonra uygulamayı yapacak görevliler, elde ettiği bilgilerle nasıl bir yol izleyeceğine karar verir ve bir temizlik programı oluşturulur. - Sistemin bakım, onarım, yıkım ve yenilenmesi ile yapı inşaatı ile restorasyonu sırasında, hareketli durumda bulunan mikroorganizma ve sporları tekrar havaya karışarak kirliliğin sistem içine girmesine neden olmaktadır. Bu nedenle temizliği yapılacak bölümler sistemden yalıtılmalı, kanalların giriş ve çıkışları kontrol plak ya da polietilen engellerle kapatılmalıdır [132]. Bununla birlikte ölçüm ya da temizlik işlemleri sırasında oluşabilecek koku, buğu ya da buhara karşı da önlem alınmalıdır.

Çizelge 5. 1 İklimlendirme sisteminin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Sistem geneli (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Yapıda, ilerleyen zamanlarda sistem sığası (kapasitesi) hesaplanmadan mekânların değişmesi, bölünmesi ya da birleştirilmesi gibi değişiklikler, varolan sistemin verimli çalışmasını engellemekle kalmayıp mekânların havalandırma ve ısı konfor özelliklerini de olumsuz etkiler. Bu nedenle, mekânların ve içinde bulunan kullanıcıların gereksinimleri doğru belirlenmelidir. - Tamamıyla yapma sistemli bir iklimlendirme ve havalandırma sistemi yerine doğal ve yapma sistemlerin birlikte karma olarak kullanılması, insan sağlığı ve üretkenliği açısından çok daha etkili olabilmektedir. Yapılan çalışmalarda; yapma havalandırma ile karşılaştırıldığında karma havalandırma sistemlerinin kullanılmasıyla çalışanların üretkenliklerinde artış olduğu görülmüştür. Yine, Arsoy ve Çilek (2006) çalışmalarında, karma sistem kullanımının iç hava niteliği üzerinde olumlu etkisinin olduğu belirtilmektedir [163]. Bununla birlikte özellikle yaz aylarında olabildiğince doğal havalandırmadan yararlanmak ve yapma sistemlerin tasarımında gereksinimlerle birlikte iklim bölgelerini göz önüne alan uygulamalar yapmak da oldukça önemlidir.	- Fan coil gibi sistem bileşenlerinin temizliğinin yerinde yapılması gerektiğinden temizlik sırasında, mekândaki tavanın sökülüp takılabilen özellikte olması gerekmektedir [65]. Ayrıca, tavanındaki gizli tip fan coillerin bakımının kolayca yapılabilmesi için tavan arasında yürüme yolları da yapılabilir [125]. - İklimlendirme sistemlerinde eğer elektronik hava temizleyiciler kullanılacaksa, bu aygıtların kirlenici parçacıkları uzaklaştırırken gaz ve kokuların giderilmesinde etkili olamadıkları unutulmamalıdır. Ayrıca, sistem tasarımında bu aygıtların kapalı ortamdaki ozon gazı yoğunluğunu artırdığı da bilinmektedir. - Soğutma sisteminde kullanılan aygıt ve donanımlardan yirmi yılını dolduran sistemlerin iyileştirilmesi ya da değişimleri sağlanmalıdır [162]. - Gereksinim duyulması durumunda, sistemin her önemli bileşeni için koruyucu bir bakım ve çalışma planı yapılabilir [132] ya da sistemin uygulanması ve çalıştırılması süresince temiz tutulmasına yönelik bir plan hazırlanabilir [84].	- Sistemde bir küf varlığı seziliyorsa, kirlenici kaynaktan bir örnek alınarak, mikroorganizma türünün özellikleri ve büyüme koşullarının tanımlanabilmesi için analiz edilmelidir [120]. Ayrıca, sistemin herhangi bir yerinde kokunun algılanması, bu bölgede bir küf oluşumunun olduğu anlamına gelmektedir. Yine küflü bölümlerin temizliğinde, küfün bütünlüğünün bozularak havaya karışmaması için önlem alınmalıdır. - Sistem temizliğinde mikroorganizmaların yok edilmesi için biyosit kullanılacaksa, EPA'nın önerdiği türde ve şekilde uygulanması ve ürün üreticisinin önerilerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Biyosit; zararlı organizmalar üzerinde yok edici ve yapılarını bozucu bir etki oluşturan kimyasal ürünlerdir. Biyositin uygun şekilde ve miktarda uygulanmaması, iç hava niteliği sorunlarına neden olur. Bu durumda mekânda, havalandırma miktarının artışı ile olumsuz etkileri giderilmeye çalışılmalıdır [161].

Çizelge 5. 1 İklimlendirme sisteminin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Sistem geneli (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- İklimlendirme sistemlerinin havayı insanlara ulaştırmasında “kişiselleştirilmiş havalandırma sistemleri” de kullanılabilir. Kapalı bir ortamdaki havanın yalnızca %1'i solunum yoluyla alınmakta geriye kalan %99'u ise dolaşımda yer alıp insanlar tarafından kullanılmamaktadır. Bu sistemler; temiz havanın, kirlenmiş kaynaklarla etkileşimini azaltarak bir masa üzerinde bulunan ya da başka yerlerde konumlandırılmış menfezler yardımıyla kullanıcının solunum bölgesine doğru, temiz, az miktarda soğuk ve kuru havayı konforsuzluğa neden olmayan düşük bir hızda ulaştırmaktadır. Böylece havalandırmanın etkinliği artırılarak iç hava niteliği ve kullanıcı sağlığı üzerinde olumlu etki yaratılmaktadır [40], [164]. Bu sistemlerle insanlar, sağlık ve konfor koşullarının sağlanmasında havalandırma yönü, sıcaklığı ve miktarı gibi özellikleri kendilerinin denetleyebilmesiyle mutlu olmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda yaygın kullanılan kişiselleştirilmiş havalandırma sistemleri, günümüzde araştırma ve geliştirme aşamasındadır.	- Ozon hem kapalı bir ortamdaki parçacık kirlenmelerini hem iklimlendirme sistemlerinin hava kanalları içindeki mikroorganizmaları yok etmek için kullanılabilir. Şekil 5.1'de görüldüğü gibi ozon, aktif ve kararsız yapıyla karşılaştığı kirlenmiş parçacıkların bileşimindeki hidrokarbon moleküllüyle reaksiyona girerek onu parçalar. Bakteriler üzerindeki etkisi, mikroorganizmanın türü, sıcaklık, nem ve organik besinin varlığına bağlıdır [165]. Ortamda kirlenmiş parçacık kalmadığında, ozon da üretilmediğinden yoğunluğunun, kabul edilen sınır değerlerde kalması sağlanır. Çalışma ortamlarında ozon yoğunluğunun m³ için 0,2 mg'ı aşmaması istenmektedir [46]. Yaygın olarak kullanılan bu yöntemin iç hava niteliğinin iyileştirilmesinde olumlu etkisi bulunmaktadır [166].	- Sistem temizliği, uzman kişi ve kurumlar tarafından yapılmalıdır. Uygulamayı yapacak olan kurum çalışanları; sisteminin çalışma ilkeleri ve iç ortam hava niteliği ile arasındaki ilişkiyi bilen, temizleme işlemi konusunda güncel gelişmeleri izleyen, uyulması gereken standart ve yönetmelikler konusunda bilgi ve deneyim sahibi nitelikli kişilerden oluşmalıdır. Ayrıca temizlik, bakım ve onarım işlemleri öncesinde, servis sağlayıcısı ile sözleşme yapmak, tarafların sorumluluklarının belirlenmesi açısından yararlı olabilir [65]. - Mekânlarda yaygın kullanılan salon ya da pencere tipi ayırık klimaların temizliğinde, gerekirse ürün üreticilerine de ulaşılarak bakım ve temizlik konusundaki önerilerine uyulmalıdır. Bunun yanında klima aygıtının dışarıdan temizlenmesi kullanıcılar tarafından yapılabilir. Ancak filtre ya da ısıtıcı ve soğutucu serpantin ile nemlendirme düzeneğinin temizliği konunun uzmanları tarafından yapılmalıdır.

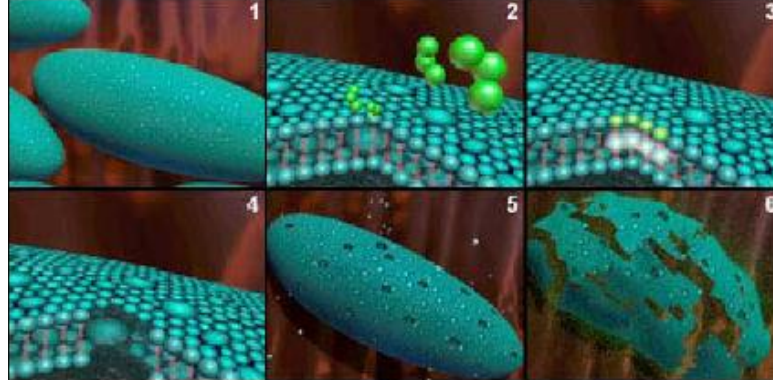
Çizelge 5. 1 İklimlendirme sisteminin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Sistem geneli (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Sistem tasarımında mekânların havalandırılması için gerekli olan hava değişim sayısının sağlanması ve enerji tüketimi arasındaki denge korunmalıdır. Bu amaçla restoran, toplantı ve tiyatro salonu ile alışveriş merkezi gibi insan yoğunluğunun fazla olduğu ortamlarda “ısı geri kazanımlı sistemler”in kullanılmasıyla, temiz havanın sisteme getireceği yük ve kullanılan aygıt kapasiteleri %25–45 oranında azalmaktadır [167]. Ancak, bu sistemlerde kirli havanın ortamlardan toplanması için kullanılan aygıtların yarattığı hava basıncının, temiz havanın çevrimini sağlayan hava basıncına göre daha fazla olması, sistemdeki kirliliğin temiz havaya karışmasına neden olmaktadır. Yine yapının kendi basıncı düşük olduğu zaman, yapı yakınlarındaki dış çevre kaynaklı kirliticilerin sistem içine girmesi de bir diğer olumsuzluktur [4]. Bu nedenle sistemde basınç dengesini sağlamak çok önemlidir.	- İklimlendirme sisteminde parçacık ve gaz kirliticilere karşı, filtre üzerinde aktif karbon tanecikleri, permanganat alümin ve zeolit kullanılabilir [107]. Zeolit grubu mineraller, bilinen en iyi doğal iyon değiştiricilerden birisidir ve yapılan araştırmalar sonucunda doğada, doğal zeolitlerin bol miktarda bulunduğu anlaşılmıştır. Zeolit grubu minerallerden birisi olan “klinoptilolit”, filtrelerden hava kanallarına ilerleyen küçük boyuttaki parçacıkları tutarak ilerlemelerini önler. Yüzeyine tutunan bakterilerin suyunu emerek mikroorganizmalarda hücre yapısının bozulmasıyla birlikte yok edilmesini sağlar [165]. Kullanım süresi ve bakımı, iç ortamdaki kirlilik durumuna ve kirliticilerle etkileşim süresine bağlı olarak değişmektedir. Bu sistemin uygulaması zor olmayıp pahalı da değildir [107].	- Temizlik sonrasında sistem temizliğinin denetlenmesi gerekmektedir. İşlem sonunda servis sağlayıcısı, yapı işletmecisine ya da yöneticisine sistem geneli ve bileşenlerinin son durumunu belirten bir denetim listesi sunulmalıdır. Bu belge incelenerek temizlik öncesinde belirlenen amacın gerçekleştirildiği denetlenmeli, sistemin genel durumu ve bütün bileşenlerin sorunsuz çalıştığı konusunda bilgi alınmalıdır. Çizelge 5.2’de görüldüğü gibi NADCA’ya göre; içinde bulunduğu koşullarla değişimle birlikte, yapıların havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin denetim süreleri birbirinden farklılık göstermektedir. - Sistemin çalıştırılması ve durdurulması için yapılması gerekenler, yapılan temizlik çalışmaları ve raporları, yapı işletmesi ya da yöneticiliğinden sorumlu en yetkili kişiye yazılı olarak bulunmalıdır. Herhangi bir olumsuzluk sezildiğinde ya da sorunla karşılaşıldığında bu kişiler, zaman yitirmeden bilgilendirilmelidir. Avrupa’da özellikle otel, iş ve alışveriş merkezi gibi yapılarda bu konuda özel olarak görevlendirilmiş kişiler bulunmaktadır.

Çizelge 5. 1 İklimlendirme sisteminin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Sistem geneli (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Sistemin çalıştırılma ve işletmeye alma işlemleri ve bu işlemlerde kullanılan aygıtların özellikleri ile çalışan kişilerin nitelikleri TS 5895'e uygun olmalıdır. Sistemin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili ilkeleri ile uygun bakım ve temizlik yöntemleri; - TS 3419 ve - TS CR 1752'de anlatılmaktadır. ...	- İklimlendirme sisteminde kullanılan bazı hava temizleyiciler ultraviyole (UV) ışığını kullanır. Bu temizleyicilere UVGI (Ultraviolet Germicidal Irradiation) temizleyici ve PCO (Photocatalytic Oxidation) temizleyici adı verilmektedir. UVGI temizleyiciler, ultraviyole lambalarından ultraviyole ışınması yoluyla iklimlendirme sistemlerinin hava kanalları, ısıtıcı ve soğutucu bataryaları ve su toplama tavası gibi bölümlerinde çoğalan mikroorganizmaların yok edilmesi için kullanılmaktadır [168]. Genelde, hastane gibi sağlık yapılarında kullanılması yaygın olsa da diğer yapılarda da kullanılabilir [6]. Bu yöntem, filtreler ile birlikte ve uyumlu bir şekilde kullanılmalıdır. PCO temizleyiciler ise; ultraviyole lambaları yardımıyla gaz kirlenmeler ile tepkimeye girerek onları zararsız duruma getirir [168]. - Sistemin çalıştırılma ve işletmeye alma işlemleri ve bu işlemlerde kullanılan aygıtların özellikleri ile çalışan kişilerin nitelikleri TS 5895'e uygun olmalıdır. Sistemin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili ilkeleri ile uygun bakım ve temizlik yöntemleri; - TS 3419 ve - TS CR 1752'de anlatılmaktadır. ...	- Sistem kullanımı ile ilgili gerekli bilgiler ve olası herhangi bir soruna karşı nasıl davranılacağına ilişkin önerilere kullanıcıların kolayca ulaşabilmeleri sağlanmalıdır. Gerekirse, sistem denetiminin sağlanması amacıyla yapı kullanıcısı ya da servis sağlayıcısına konu ile ilgili eğitim verilmesinde yarar vardır. Özellikle bu konudaki yetersiz ve yanlış bilgiler, sistemde karşılaşılan olumsuz durumlar karşısında, kullanıcıların karşı karşıya kalacağı risk düzeyini artıracaktır. - Sistemin çalıştırılma ve işletmeye alma işlemleri ve bu işlemlerde kullanılan aygıtların özellikleri ile çalışan kişilerin nitelikleri TS 5895'e uygun olmalıdır. - Sisteminde soğutma gruplarının bakımları haftalık, aylık ve yıllık olarak yapılmalıdır. Yıllık denetimde, ayda bir yapılan işlemler tekrarlanıyor gibi görünse de bu çalışmalar daha ayrıntılı ve kapsamlı yapılmalıdır [161]. Sistemin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili ilkeleri ile uygun bakım ve temizlik yöntemleri; - TS 3419 ve - TS CR 1752'de anlatılmaktadır. ...

İklimlendirme sistemlerinin bileşenlerinde oluşan mikroorganizma kaynaklı kirliliğin denetlenebilmesi ve önlenmesi ile kötü kokuların giderilmesinde ozon kullanılabilir. Ozon, etkileşimde bulunduğu mikroorganizmanın yapısal bütünlüğünü bozarak onu yok eder. Şekil 5.1’de ozonun bakteriler üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 5. 1 Ozonun bakteriler üzerindeki etkisi [165]

(1)Bilgisayar ortamındaki bakteri hücresinin görüntüsü; (2)Ozon molekülünün bakteri duvarı ile etkileşiminin yakınlaştırmış görüntüsü; (3)Ozonun bakteri duvarını yıkmaya başladığı anı göstermektedir; (4)Ozonun bakteri duvarına etki etmesiyle oluşan delikleri göstermektedir; (5)Birkaç ozon molekülü ile bakteri hücresi (etkileşimden sonra); (6)Ozonlama sonrası hücrenin parçalanması.

Temizlik işlemi sonrasında, sistem geneli ve bileşenlerinin temizlendiğinin denetlenmesi gerekmektedir. Çizelge 5.2’de görüldüğü gibi NADCA’ya göre yapıların havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin denetim süreleri birbirinden farklılık göstermektedir.

Çizelge 5. 2 NADCA’ya göre havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin denetim süreleri [65]

Yapının kullanım amacı	Klima merkezi	Temiz hava taşıyan kanallar	Kirli hava taşıyan kanallar
Endüstriyel	1 yıl	1 yıl	1 yıl
Yaşama alanları	1 yıl	2 yıl	2 yıl
Hafif sanayi	1 yıl	2 yıl	2 yıl
Sanayi	1 yıl	2 yıl	2 yıl
Sağlık	1 yıl	1 yıl	1 yıl
Denizcilik	1 yıl	2 yıl	2 yıl

Çizelge 5. 3 İklimlendirme sistemi bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler

Klima merkezi	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Klima merkezinin çift cidarlı, en az 2500 Pa basınca karşı sızdırmaz nitelikte ve iç yüzeylerinin düz, levhalarının birleşim yerlerinin çıkıntısız olması gerekmektedir [85]. Yine su toplama tavaasında biriken suyun taşmasını önlemek için üreticiler, klima merkezlerini kendinden sifonlu olarak üretmektedir [125]. - Klima merkezi aygıtları arasında ya da sistemle yapı arasında herhangi bir ısı köprüsü oluşmayacak şekilde tasarım yapılmalıdır. Bu konuda EN 1886 standardına uyulması gerekir [162]. - Birbirine yakın olan klimaların her birisinin kendi boşaltma vanası olmalıdır [46]. - Klima merkezine filtre, ısıtıcı ve soğutucu bataryaların temizliği için elektrik ve su döşemi bağlanmalıdır [125].	- Bir duvar tipi ayrık (split) klima, genellikle ısıtma amaçlı kullanılacaksa dış ünitesi güneşe; soğutma amaçlıysa kuzeye; ortak kullanımda akşam saatlerinde ısıtma amaçlı kullanımda batıya; sabah saatlerinde ısıtma amaçlı kullanımda ise doğu yönüne yerleştirilmesi uygundur [169]. - Klima merkezi ve ayrık klimanın dış ortamda bulunan aygıtlarının yerleştirilmesinde, hava giriş ve çıkışının engellenmemesine dikkat edilmeli, yerleşim uzaklıkları buna göre belirlenmelidir. - Ayrık klimanın iç ortamda bulunan aygıtın duvara asılması için kullanılan levhanın doğru ve düzgün yerleştirilmemesi nedeniyle aygıttan su damlayabilir ya da çalışması sırasında gürültü oluşabilir [169]. Bu nedenle, aygıtın yerleştirilmesi ve çalıştırılmasında ilgili standart ve yönetmeliklerde belirtilen ilkelere uyulmalıdır. - Ayrık klimanın iç ortamda bulunan aygıtının yerleştirilmesinde, çevresinde bir ısı kaynağı olmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca aygıt, doğrudan güneş ışığı alan bir yere yerleştirilmemelidir [169].	- Bakım ve temizliği yapılmayan klima merkezi aygıtlarında, artan direnç nedeniyle yeterli hava akımı sağlanamaz, enerji tüketimi artar ve aygıtta aşırı ısınma nedeniyle yanma gerçekleşir. Bu durum, kötü iç hava niteliği ile birlikte işgücü ve maliyet açısından da olumsuz sonuçlar getirmektedir. - Klima merkezi ve aygıtlarının kimyasal maddeler ile temizlenmesi işlemi kullanıcılar tarafından yapılmamalıdır. Kolay gibi görünen bu işlem sırasında sistem içerisinde varolan ve nerede yoğunlaştığı bilinmeyen kirlilik, yaşanan ortamlara bulaşarak insan sağlığı üzerinde oldukça zarar verici etki yaratabilir.

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Klima merkezi (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Klima merkezleri ve ayrık (split) klimalar; TS 2878, TS 3419, TS 3420 ve TS 7936'ye uygun olmalıdır. ...	- Klima merkezinin yerleştirilmesi, bağlantılarının yapılması sırasında kalıntı ve döküntü gibi inşaat kaynaklı kirlilik, sistem bileşenleri içine yerleştirilmelidir. Sistemin çalıştırılmasıyla bu kirlleticiler, insanların yaşadığı ortamlara taşınabilir. Bu nedenle bütün sistem aygıtları, şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz tutulmalıdır. Özellikle, hava ile etkileşimde olan yüzeylerin kuru olmasına dikkat edilmelidir. Tüm aygıtların üretim yerlerinden yapıda uygulanacakları ortamlara taşınmaları süresince üstlerinde bulunan koruyucu parçaların çıkartılmaması gerekmektedir. - Klima merkezleri ve ayrık (split) klimalar; TS 2878, TS 3419, TS 3420 ve TS 7936'ye uygun olmalıdır. ...	- Fan coiller için yoğunlaşma tavası ve filtre temizliği üç ayda bir, ısıtıcı ve soğutucu bataryaların kimyasal maddelerle temizlenmesi işlemi ise yılda bir kez yapılmalıdır [125]. - Klima merkezi ve vantilatörlerin en az üç ayda bir temizlenerek genel bakımlarının yapılması gerekmektedir [161]. - Karışım odası bakım ve temizliği ayda bir yapılmalıdır [161]. - Klima merkezleri ve ayrık (split) klimalar; TS 2878, TS 3419, TS 3420 ve TS 7936'ye uygun olmalıdır. ...
Filtre	- Sistem tasarımına uygun seçilmeyen, yeterli sayıda olmayan ve yüksek direnç yaratan hava filtreleri hava akışını engelleyerek havanın hareketi ve havalandırmanın yeterliliğini olumsuz etkilemektedir. Düşük verimlilikte filtrelerin kullanımıyla havanın kirleticilerden arındırma işlemi gerektiği gibi yapılamamakta ve yapı içi hava kirliliği oluşmaktadır. Bu açıdan sistem tasarımına uygun ve gereksinimleri karşılayacak filtreler seçilmelidir.	- Klima merkezinde ön filtre kullanımı, diğer filtrenin daha uzun süre kullanılmasını sağlar. Ancak bu filtrelerin, 1 mikron altındaki parçacıkların havadan uzaklaştırılmasında etkili olamadığı da bilinmelidir [84].	- Hava filtreleri, havalandırma eyleminde gerekli olan temiz hava miktarı ve hava değişimi sayısını sağlayabilmesi için standart ve yönetmeliklerde belirlenen direnç ve basıncı gibi kullanımı ile ilgili sınır değerlere ulaştığında, yenisi ile değiştirilmelidir. Bu sınır değerlerinin sistemle ilgili proje ve şartnamelere işlenmesi gerekmektedir.

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Filtre (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Filtre yüzeyi, olabildiğince büyük seçildiğinde kesit ile hava hızı ters orantılı olduğundan havanın hızı azalacaktır. Böylelikle filtre üzerinden geçen havanın hızı azaldıkça filtrenin sağladığı verim de artar. Bu durumda, filtre üzerinden geçen havanın hızı 1,5 m/s'den daha düşük seçilmelidir [84]. - Filtre üzerinden geçen hava akımının dağılımı düzenli olmadığında bölgesel tıkanmalar gerçekleşir. Bu durum, filtrenin kullanım süresinin zamanından daha erken tükenmesine neden olur [57]. - Cam elyafından üretilmiş torba filtreler kolayca yırtılmaktadır. Yırtılmaları ya da zarar görmeleri sonucu ortama yayılan parçacıkları, insanlarda rahatsızlıklara neden olduğundan bu tür filtrelerin kullanılmamaları önerilmektedir [170].	- Filtre tasarımında, çapı 1 mikron altında olup insanlarda önemli akciğer hastalıklarına neden olan parçacıkların havadan arındırılması önemli bir konudur. Bu nedenle "F sınıfı" filtrelerin kullanılması önerilmektedir. Bir klima merkezi tasarımında en az F7 sınıfı ya da çift filtre kullanılmaktadır. Kullanılacak olan çift filtrelerden ilki F5-F7 sınıfı, ikincisi ise F7-F9 sınıfı arasında bir filtre olabilir [84]. - Sistem için uygun filtre tasarımı ve seçiminde MERV (Minimum Efficiency Reporting Value) olarak tanımlanan değer filtrenin etkinliğini anlatmaktadır. ANSI/ASHRAE Standard 52.2 (2007)'ye göre MERV değeri, 1'den 20'ye kadar gruplandırılmış olup MERV 7-13 arasındaki değerler HEPA filtrelerin etkinliğine en yakın filtreler olarak tanımlanmıştır [107]. - Filtreler çoğu zaman, küf mantarı sporlarına benzer büyüklükteki parçacıkların filtrelenmesinde etkili olamamaktadır. Bu durumda, filtre verimliliği %50-%60'a yükseltilmeli ya da ASHRAE Standart 52.2'de belirtilen MERV 8 filtre kullanılmaktadır [51].	- Özellikle kışın ısıtma, yazın soğutma amacıyla çok yoğun çalışan sistemlerde değişim zamanlarının belirlenmesi amacıyla filtre değişiminin kaydı tutulmalıdır [84]. - Filtre üzerindeki kirlilik, vakumlama yöntemi ya da su ve deterjanla yıkanarak giderilebilmektedir [8]. - Kullanıcılar, filtre üreticilerinden aldıkları her HEPA filtre için ayrı bir test raporu istemelidir. Bu raporda, filtrenin testi sırasında kullanılan hava debisi, basınç düşümü, filtrenin parçacık tutma verimi ve filtre sınıfı gibi filtreyle ilgili bütün sayısal bilgiler yer almalıdır [108]. - Filtreler, türlerine ve içinde bulundukları koşullara göre yılda 3-6 kez temizlenmelidir [84]. Ancak temizlenen filtre, yıkandıkça gözenek özelliklerini yitirdiğinden hiçbir zaman yeni bir filtre verimliliğinde olamaz. Bu açıdan yıkanan filtreler de ne olursa olsun yılda bir kez değiştirilmelidir.

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
- Filtreler kadar çerçevelerinin de nasıl bir yapı ürününden yapıldığı önemlidir. Uygulamalarda, ahşap türü ve MDF çerçeveli HEPA filtrelerin üzerinde zamanla küf oluştuğu gözlemlenmiştir [170]. - Klima merkezinde kullanılan filtrelerin türüne bağlı olarak önünde, arkasında ya da her iki tarafında da bakım yapılabilmesi için 0,5–1 m genişliğinde boşluk bırakılmalı ve bu bölümler aydınlatılmalıdır. Yine bu alanlara erişebilmek için uygun yerlerde ve boyutlarda servis kapakları tasarlanmalıdır [171]. - Filtrelerin dışarıya daha kolay çıkarılıp temizliklerinin yapılabilmesi açısından kızaklı olmaları önerilmektedir [106]. - Klima merkezinde, HEPA filtrelerinin tüm sistem çalıştırılıp kanallarda herhangi bir kirliliğin olmadığına güvendenikten sonra takılması gerekir. Ayrıca, sisteme yerleştirilmesi sırasında bu filtrelerin önünde 2-4 mm kalınlığında bir koruma ızgarası koyulması herhangi bir zarar görmemeleri için yararlı olabilmektedir. Yine bu türdeki filtrelerin durumunu denetlemek için bir görsel ve işitsel alarm sisteminin olmasında da yarar vardır [170].	- Filtrenin doğru ve düzgün yerleştirilmesi konusundaki ayrıntılar ve teknik bilgiler ile kullanılacak aygıtların tanımları ISO 14644–3 standardında yer almaktadır. Burada yapılan testlerle paketlenme, nakliye, taşıma ve uygulama sırasında yaşanan olumsuz durumların filtrenin etkinliğini nasıl etkilediği anlatılmaktadır [108]. - İklimlendirme sistemlerinin karışım havası kullanılan türlerinde, filtreler ortamdaki kirli havayı toplayan menfez ya da dış çevre havası girişi (panjuru) üzerinde değil klima merkezi içinde toplayıcı ve dağıtıcı kanalların tam ortasında bulunmalıdır. Bu durumda, iç ortamdaki toplanan kirli hava ile dış çevreden alınan havayı taşıyan kanallarda, hava içerisindeki kirlenmelere karşı herhangi bir filtre işlemi olmamakta ve özellikle toplayıcı kanalların içinde kirlilik oluşumu gözlenmektedir. Sistemde eğer karışım havası kullanılacaksa bu konuda önlem alınması gerekir [65]. - Filtreler, şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz tutulmalıdır. Özellikle, hava ile etkileşimde olan yüzeylerinin kuru olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca yedek filtrelerin en uzun saklanma sürelerinin ne kadar olduğu da bilinmelidir [84].	- Filtre bakım ve temizliği ayda bir, üreticilerin önerileri doğrultusunda ve sistem kapalıyken yapılmalıdır [161]. Bununla birlikte HEPA filtreler 3–5 yılda [170], yoğun olarak kullanılan EU3 filtreler ise yılda bir kez değiştirilmelidir [125]. - Filtreler, içinde bulundukları koşullara, türlerine ve iç ortamdaki kirlilik düzeyine göre değişimle birlikte 3–12 ayda bir değiştirilmelidir. Bununla birlikte ayda bir, filtreden herhangi bir kokunun gelip gelmediği denetlenmelidir [172].

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
- Elektrostatik filtrelerin kullanım süreleri, diğer filtrelerde olduğu gibi basınç düşüşü değeri ile ölçülememektedir. Bu tür filtrelerde, yüksek gerilimin kesildiği ya da düşüğünü bildiren bir gösterge ya da alarm sistemi olmalıdır [171]. - Filtreler; EN 779-2002, TS 3419 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Filtrenin sistemde uygulanması sırasında, çerçevesi ile bağlantısı arasında oluşan bir boşluk hava sızıntısına neden olur. Bu şekilde kirlil ve temiz hava birbirine karıştırdığından filtreleme işlemi gerektiği şekilde yapılamamakta ve kirlitriciler hava kanallarına ulaşmaktadır [124]. - Filtreler; EN 779-2002, TS 3419 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Filtreler; EN 779-2002, TS 3419 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...
- Isıtıcı ve soğutucuların sığası yetersiz ya da aşırı olduğunda havanın sıcaklık ve nemlendirme işlemleri gerektiği gibi yapılamamaktadır [4]. Bu nedenle sistem tasarımına uygun bileşenler seçilmelidir. - Isıtıcı ve soğutucu bataryalar üzerindeki hava akış hızı 2,5 m/s'yi geçmemelidir [85].	- Isıtıcı ve soğutucuların doğru yerleştirilmemesiyle oluşan hava sızıntıları, kirlil ve temiz havanın birbirine karışmasına ve temiz havanın kirlenmesine neden olmaktadır [4]. Bu sorunun önlenmesi için bileşenlerin ilgili standart ve yönetmeliklere uygun yerleştirilmesi, kullanımları sırasında üreticilerinin önerilerine uyulması gerekmektedir. - Isıtıcı ve soğutucu bataryalar üzerinde oluşan kirlilik yalnızca insan sağlığını olumsuz yönde etkilemekle kalmayıp sistemin çalışma dengesini bozarak direnç ve enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Direnç artan batarya üzerinden geçen havanın aşırı ısınması nedeniyle yaşanan mekânlarda bağıl nem oranının çok yüksek olduğu görülmektedir [4].	- Klima merkezinde bulunan ısıtıcı ve soğutucuların temizliği filtreye göre daha zordur ve uzmanlar tarafından yapılması gerekir [8]. - Bakım ve temizliğinde üreticilerinin temizlik önerilerine de uyulmalıdır. Bataryalar üzerindeki kirliliğin niteliğine ve niceliğine bağlı olarak özel köpük temizleyiciler kullanılacağı gibi yeterli basınçta hava ya da su kullanılarak da temizlik sağlanabilir[65]. - Isıtıcı ve soğutucular TS 3420'ye uygun olmalı; bakım ve temizlikleri ayda bir yapılmalıdır [161].

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Isıtıcı ve soğutucu batarya (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
Su toplama tavası	- Isıtıcı ve soğutucular TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Isıtıcı ve soğutucular, şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz tutulmalıdır. - Isıtıcı ve soğutucular TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- TS 5895'e göre üç ayda bir ısıtıcı ve soğutucu bataryaların kimyasal maddelerle temizliği yapılmalıdır. ...
	- Suyun uzaklaştırılması sırasında oluşabilecek sızıntıların sistemin diğer bölümlerine ulaşmaması için gerekli önlemlerin alınması gerekir. Bu nedenle, tavalar kaçuk yalıtımlı olmalı [125] ve ek yerleri olmadan bir bütün olarak tasarlanmalıdır [84]. - Hastane gibi yapılarda sistemin klima merkezi ve fan coil bileşenlerinde akaçlamanın gerektiği kısımlarda cam gözetleme pencerelerinin kullanılması önerilmektedir [118]. - Yoğuşma sularını toplayan ve akaçlama giderlerine taşıyan boru düzenekleri yeterli çapta ve eğimde olmalıdır [84]. Su toplama tavasından alınan su, %2 eğimle fan coilin ana akaçlama borularına iletilmeli ve bu bağlantıda dirsek gibi ek parçalar kullanılmamalıdır [110]. - TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Klima merkezinde, soğutucu bataryanın hemen altındaki su toplama tavalarında ya da sistemin herhangi bir bölümünde durgun durumdaki suyun bulunmamasına dikkat edilmelidir. Kışın soğutma olmadıktan bu tavalarda toz, çamura dönüştürerek su yoğuşma başladığında toz, çamura dönüştürerek su taşmaları gerçekleşir. Su toplama tavalarda biriken suyun uzaklaştırılması için yeterli eğimde tasarlanması ve uygulanması gerekir. Daha iyisi çift eğimli tavalardan kullanılmasıdır. - Su toplama tavalarının korozyona dayanıklı paslanmaz çelikten yapılmış olmasına ve iç derinliğinin 250 mm'den az olmamasına dikkat edilmelidir [84]. - Su toplama tavaları TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Bakım ve temizliğinde üreticilerinin temizlik önerilerine uyulmalıdır. - TS 3420'ye uygun tasarlanan ve seçilen ısıtıcı ve soğutucuların bakım ve temizlikleri ayda bir yapılırken su toplama tavaları da denetlenmelidir. - TS 5895'e göre üç ayda bir ısıtıcı ve soğutucu bataryaların kimyasal maddelerle temizlikleri yapılırken su toplama tavaları da denetlenmelidir.

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Nemlendiriciler	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
Aspiratör ve vantilatör	- İklimlendirme sistemlerinin nemlendirme türü seçiminde, sulu tipler yerine suyun çevrimde olmadığı, yalnızca gereksinilen nem miktarı kadar suyun sis biçiminde havaya karıştırıldığı buharlı nemlendiriciler seçilmelidir. - Sulu tip nemlendiricilerin kullanılmasının zorunlu olduğu durumlarda, havuzlu su nemlendiricileri kullanılmalıdır [29]. - Sistemde kullanılan nemlendiriciler TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Nemlendiriciler, şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz tutulmalıdır. - Sistemde kullanılan nemlendiriciler TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Sistemde herhangi bir olumsuz durum sezildiğinde ya da bileşenlerinden küf kokusunun yayıldığı anlaşıldığında, sistemin çalıştırılmasına son verilerek denetim yapılmalıdır. - Nemlendiricilerin temizliği ya da kullanım süreleri bittiğinde değiştirilmeleri ve bakımları konunun uzmanı kişi ve kurumlar tarafından yapılmalıdır. - Sistemde kullanılan nemlendiriciler TS 3420'ye uygun olmalıdır. ... - Doğru tasarlanmayan hava kanallarındaki basınç yitimi artar. Bu durum, vantilatörün tükettiği enerjinin artmasına ve aygıtın aşırı ısınmasına neden olur. Aşırı ısınan aygıtlar etkileşimi içinde olan havanın sıcaklığı da böylelikle artmış olur [84]. Bu nedenle vantilatörün bakım ve onarımı zamanında yapılmalıdır.

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Aspiratör ve vantilatör (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Vantilatörlerin bazı türlerinde, gövdesinde (salyangoz kısmında), içinde oluşabilecek yoğunlaşma kaynaklı suyun uzaklaştırılmasını sağlayan bir boşaltma tıkaçı ya da bakım kapağı bulunmalıdır [84]. - Vantilatörlerin dışarıya daha kolay çıkarılıp temizliklerinin yapılabilmesi açısından kızaklı olmaları önerilmektedir [85]. Ayrıca, vantilatör motoru kayış kasnaksız ve salyangoz hücresiz olmalıdır. Böylece, aygıtın içi daha kolay temizlendiğinden burada mikroorganizma üremesi de önlenmiş olur [170]. - Sistemde kullanılan vantilatörler TS 433, TS 3419 ve TS 3420 ve TS 3550'ye uygun olmalıdır. ...	- Vantilatör ve aspiratörler, şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz tutulmalıdır. - Sistemde kullanılan vantilatörler TS 433, TS 3419 ve TS 3420 ve TS 3550'ye uygun olmalıdır. ...	- Klima merkezinde bulunan vantilatörün temizliği filtreye göre daha zordur ve konunun uzmanları tarafından yapılması gerekmektedir [8]. - Sistemde aspiratör ve vantilatör bakımları aylık ve yıllık olarak yapılmalıdır. Yıllık denetimde, ayda bir yapılan işlemler tekrarlanıyor gibi görünse de bu çalışmalar daha ayrıntılı ve kapsamlı yapılmalıdır [161]. - TS 5895'e göre aspiratör ve vantilatörlerin kayışlarının gerginliğinin denetimi ve zarar gören kayışların değiştirilmesi işlemleri ile temizlikleri ayda bir yapılmalıdır. - Sistemde kullanılan vantilatörler TS 433, TS 3419 ve TS 3420 ve TS 3550'ye uygun olmalıdır. ...

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Dış çevre havası girişleri	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Dış çevre havası girişleri; araç egzozlarından, mutfak ve banyo gibi mekânların ya da sağlık döşemelerinin havalandırma bacalarından çıkan ve havaya karışan parçacıklar, karbon, azot ve kükürt gazları gibi yanma ürünleri ile havadaki diğer kirleticileri sistem içerisine taşımayacak yeterli yükseklik ve uygun şekilde tasarlanmalıdır. - Sistem içine yağmur ve kar girmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Yağmur ve kar yağışının hızına bağlı olarak hava girişlerinin biçimsel uygunluğu ve rüzgâra karşı doğru yönlendirilmesine dikkat edilmelidir. - Sistem, dış çevre havasını yapının bahçesinde toprağa yakın bir kottan, yeterince geniş yakın çevresinde havayı kirleten bir kirleticili kaynağının olmadığı arka avlusuyla ya da yapı çatısından sağlayabilir. Ancak havanın çatıdan alınması sırasında özellikle kış aylarında ısıtma merkezlerinin atık dumanı ve ısısının sistem içerisine girmemesi gerekmektedir. - Sisteme giren temiz hava ile mekânlardan toplanan kirlili havanın dışarıya verildiği açıklıklar arasında yeterli uzaklık bulunmalıdır. - TS 2878 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır.	- Bir soğutma kulesinden yayılan kirlitici parçacıklar, hava yoluyla 3 km uzaklığa kadar taşınabilmektedir [173]. Soğutma kulesi yakınında bulunan hava girişleri, bu parçacıkların sistem içine alınıp insanların yaşadığı ortamlara taşımayacak şekilde yeterli uzaklıkta tasarlanmalıdır. Bu nedenle sistemdeki dış hava girişleri ve açılabilen pencereler, soğutma kulelerinden en az 10 m uzaklıkta yerleştirilmelidir [118]. Ayrıca ASHRAE, kirlili durumda bulunan bir soğutma kulesi ile yapı arasındaki uzaklığın 30 m'den az olduğu durumlarda, Legionella bakterisinin sisteme girmesini önlemek için sistem temizliği sırasında, temiz havayı dağıtan kanalların girişlerinin kapatılmasını önermektedir [6]. - Dış çevre havası girişleri ile menfezler TS 2878 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Klima merkezine dış çevre havasının alındığı hava girişleri içerisine, kuş ve fare gibi canlıların girmesini önlemek için dikey yönde ızgaralar (panjurlar) yerleştirilmelidir [174]. Bu ızgaraların dış tarafına büyük gözenekli bir kafes telinin gerilmesinde de yarar vardır [171]. - Sisteme dış çevre havasının alındığı kısımlarda bulunan ızgaraların yanında ya da yakınında gece aydınlatması için lamba gibi aygıtların olmamasına dikkat edilmelidir. Özellikle kelebek ve böcek gibi canlılar, geceleri ışık olan yerlerde toplanır ve buralarda hava akımına kapılarak sistem içine girebilir [84]. - Şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz ve kuru tutulmalıdır. - Dış çevre havası girişleri ile menfezler TS 2878 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Sistemde kullanılan ısı, ses ve yangın yalıtımları		
Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
- Sistem türü ve tasarımına uygun türde ve kesitte yalıtımlar seçilmelidir. Örneğin; çatı tipi iklimlendirme sistemlerinde yalıtımlar, dış etkiler nedeniyle daha çabuk zarar görüp bozulabilmektedir. - Sistemde, asbest içerikli yalıtım ürünlerinin kullanılmaması gerekmektedir. Genelde 1980'den önce yapılmış yapıların ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemi yalıtımlarında asbestle karşılaşılacaktır. Asbest içeren bir yalıtım, zarar gördüğünde ya da kullanım süresi bittiğinde küçük parçacıklar olarak havaya karışabilmekte ve yapıda yaşayan insanlar tarafından bulunduğu önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Isı ve ses yalıtımı açısından asbestli ürünler yerine genellikle fiberglas gibi sentetik mineral lifler ile elektrikli ısıtıcıların yalıtımında seramik mineral lifler kullanılabilir [120]. - Isı, ses ve yangın yalıtımları; TS 2878 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. Ayrıca yalıtım için seçilen yapı ürününün TS 901'e uygun olması gerekmektedir. ...	- Kullanılan ısı ve ses yalıtım ürünlerinin yangına karşı dayanıklı türde olması gerekmektedir. - Sistemde ses yalıtımında delikli ve yivli levhalar ya da cam elyafından yapı ürünlerinin kullanılması, zamanla bu katmanların üzerinde toz ve kir birikmesine neden olduğundan bu türde yalıtımların uygulamasına dikkat edilmelidir. Öyle ki bu yapı ürünleri üzerinde biriken toz miktarı, standartlarda belirtilen değerleri aştığında temizleme yolu ile tamamen ortadan kaldırılamamaktadır [23]. Bu durumda yalıtım ürününün yenisi ile değiştirilmesi gerekir. - İklimlendirme sistemi olan yapılarda, ısı yalıtımının önüne ve arkasına nem yalıtımı uygulanması yapılmalıdır [47]. - Fiberglas yalıtımların, mikroorganizma kaynaklı kirliliğe ve kansere neden olabileceği kaygısıyla kullanımları, ASHRAE tarafından endüstri, eğitim ve sağlık yapıları gibi birçok alanda yasaklanmış ya da sınırlandırılmıştır [16]. - Isı, ses ve yangın yalıtımları; TS 2878 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. Ayrıca yalıtım için seçilen yapı ürününün TS 901'e uygun olması gerekmektedir. ...	- Nem olan her yerde küf oluşumu görülebildiğinden, sistem bütünü ve bileşenleri ile kullanılan yalıtım ürünlerinin ıslak ya da nemli olmasına dikkat edilmelidir. Bu durumda küf oluşumunun engellenebilmesi için ıslak ya da nemli olan yalıtım, 24-48 saat içinde kurutulmalı, temizlenmeli ya da yenisi ile değiştirilmelidir [132]. - Sistem yalıtımları, şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz ve kuru tutulmalıdır. - Isı, ses ve yangın yalıtımları; TS 2878 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. Ayrıca yalıtım için seçilen yapı ürününün TS 901'e uygun olması gerekmektedir. ...

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Hava Kanalı	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Havalandırma kanallarının kesit ve boyutlarının sistem tasarımına uygun şekilde seçilmesi gerekmektedir. - Hava kanalı yalıtımlarının türü ve kesit kalınlıklarının belirlenmesinde kanallar ve iç ortam arasındaki ısı alışverişinin, nem kaynaklı yoğuşmanın ve gürültünün denetim altına alınması ve önlenmesi öncelikli konulardır. Çok katlı konut yapıları dışındaki yeni yapılarda kanalların yalıtılması ASHRAE 90-1 Standartı ile zorunlu kılınmıştır. Diğer yapıların kanal yalıtımı özellikleri ASHRAE Standart 90-2 ve ASHRAE Standart 100'de ayrıntılarıyla anlatılmıştır [84], [115]. - Kanal içi hava hızının 5 m/sn'yi geçmemesi gerekmektedir [170]. - Kanal sisteminde yeterli sayı ve büyüklükte bakım kapağı tasarlanmalıdır. Bu servis ve bakım kapaklarının yerleri projelerde açıkça belirtilmelidir.	- Kanal sistemi aygıtları, yerlerine yerleştirilmeden önce temiz oldukları denetlenmeli ve herhangi bir kirlilik görülürse temizlenmeden bağlantısı yapılmamalıdır. - Hava kanallarında içten yalıtım uygulaması yapılmamalıdır [84]. - Kanal yalıtımlarında yoğuşmanın önlenmesi için buhar tutucu, kanalların sıcak olan cidarına (yalıtım tarafına) yerleştirilmelidir. Böylece metal kanallarda korozyon oluşumu da önenebilir [175]. - Havalandırma kanalları, ortama karışması kesin olarak istenmeyen gazların taşınması gibi çok özel uygulamalar dışında tam olarak sızdırmaz değildir [113]. Kanalların işlevlerine göre standart ve yönetmeliklerde izin verilen sızıntı miktarını sağlayan türde üretimleri, bağlantılarının doğru şekilde tasarlanarak uygulanması ve bu konuda test işlemleri ve denetimlerinin yapılması gerekmektedir. - Hava sızıntısı miktarının sınır değerler içinde olması gerekmektedir. Düşük basınçlı kanallarda hava sızıntılarının, sistemdeki toplam hava miktarının %6'sı, orta basınçlı kanallarda %3'ü, yüksek basınçlı kanallarda ise %2-5 olduğu kabul edilmektedir [112].	- Kanallardaki biyolojik kirlenme yalnızca uzman kişiler tarafından tanımlanabilir. Yapılan testlerin yetersiz kalması durumunda ya da daha güvenilir olması açısından laboratuvar analizleri istenebilir. Bu analizlerde, sistemde bulunan küf oluşumunun nasıl gerçekleştiği, neye benzediği, temizlik sonrasında tekrar gelişip gelişmeyeceği konuları araştırılmakta ve kirliliğin giderilmesi için uygun bir yöntem belirlenmektedir [176]. - Kanal sistemindeki küfe ya da küflü yapı ürünlerine çıplak elle dokunulmamalı, solunmamalı ve küfün gözle etkileşiminden uzak durulmalıdır. Küf kirliliği, uzman kişiler tarafından temizlenmelidir. Temizlik işlemi sırasında küfün deri ile etkileşimini önleyen ve bütün bedeni kaplayan özel giysiler ve eldiven giyilmeli, gözlere tam olarak oturan gözlükler takılmalı ve küfün solunmasını engelleyen bir maske kullanılmalıdır [51]. İşlem sonrasında kirliliğin diğer ortamlara yayılmasını önlemek için bu giysilerin çıkarılması, taşınması ve temizliğinin nasıl yapılacağı konusu da oldukça önemlidir. - Kanal temizliği, yapının içinde kullanıcılar yokken ve sistem çalışır durumda değilken yapılmalıdır.

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Hava Kanalı (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Hava kanallarının üretimleri süresince üzerinde kalan artık yağ parçacıkları diğer bileşenlere bulaşabilir ya da bu bölgeler mikroorganizmaların çoğalması için uygun ortam oluşturabilir. Sistem bileşenlerinin üretim süreçlerinde oluşabilecek kirlilik ile ilgili yeterli önlemlerin alınması gerekmektedir.	- Hava kanalları sızıntı miktarları TS EN 1507 ve TS EN 12237'ye göre belirlenmektedir [162]. - Hava kanallarında oluşan sızıntıların azaltılması için flanşlı hava kanalları kullanılması [177] ve kanal birleşimlerinde contalı bağlantı uygulanmalıdır [113]. Flanş; bir parçanın diğerine eklenmesini kolaylaştırmak ve dayanıklılığını sağlamak amacıyla kullanılır. Ayrıca, sistem tasarımında projeye de uygun olması durumunda silindirik kanalların seçilmesiyle daha az miktarda hava sızıntısı ile karşılaşılacaktır. - Dikdörtgen kanalların flanş ve köşe birleştirme noktalarına silikon uygulaması yapılmalıdır [113]. Silikonun zamanla sertleşmesi ve birleşim yerlerinden açılması nedeniyle olabildiğince az kullanılması dikkat edilmelidir [170]. - Kıvrımlı esnek bağlantıların kullanımından olabildiğince kaçınılmalıdır. Kullanımlarının zorunlu olduğu durumlarda, uygulama uzunluğunun 1,5–2 m'yi geçmemesine ve kolay temizlenebilir nitelikte olmasına dikkat edilmelidir [170]. Bu tür kanallarda servis girişleri açılmasına izin verilmediğinden, kanalların uçları sökülerek temizlik ve onarım işlemleri yapılmaktadır [65].	- Temizlik sırasında, kanallar için yeni servis girişlerine gereksinim duyulduğunda, bu yerlerin belirlenmesi, temizlik sonrasında tekrar kapatılmaları ve yalıtımları konusunda sistem üreticilerinin ve uzmanların görüşleri alınmalıdır. - Kanal sistemi temizliği özel aygıtlar, uzman kurumlar ve nitelikli kişiler tarafından yapılmalıdır. - Hava kanalları temizliğinde; kanal iç yüzeylerinin vakumlama yöntemi ile temizlenmesi, basınçlı havanın kanal içine gönderildiği basınçlı hava ile süpürme yöntemi ve kendi eksenli etrafında dönebilen bir fırça ile kanal içi kirliliğin giderildiği mekanik fırça ile temizleme yöntemi kullanılmaktadır [178]. Şekil 5.2'de kanalların bakımı ve temizliğinde kullanılan bazı aygıtlar görülmektedir. - Vakumlama ile temizlik sırasında gereksinim duyulan geniş açıklıklar ve yüksek hava hızları, ortamlar arasındaki basınç dengesini değiştirdiğinden sistemdeki kirliliğin, temiz ortamlara doğru hareket edebileceği göz önüne alınmalıdır [6].

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Hava kanalı (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Hava kanallarında lif ve toz gibi kirlenmelerin biriktiği durumlarda, havanın mekanik olarak vantilatörlerle hareket ettirilmesiyle kanal yüzeylerinde oluşan statik elektrik yükü boşalarak kıvılcım ve devamında yangınlar oluşabilmektedir [65]. Bu nedenle hava kanallarının yalıtımının doğru ve sızdırmaz bir biçimde yapılması, gerekli olan bölgelerde ısı algılayıcıların ya da gözlem pencerelerinin yerleştirilmesi gerekmektedir. Yine, yangın güvenliği açısından kanal sistemlerinin bileşenlerinde NFPA 90A Standardına uyulmalı, yangın ve duman damperleri kullanılmamalıdır [115]. Ayrıca, yangın damperlerine erişimi sağlayan uygun büyüklükte ve sayıda bakım kapakları da gerekmektedir. - Havalandırma kanalları; TS 2878, TS 3419 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Mineral elyaf içeren ürünlerin doğrudan hava kanalı olarak ya da kanal içinde yalıtım amaçlı kullanılması durumunda, yapı ürünü üreticisinin kullanım, temizlik ve test konusundaki önerilerine uyulmalıdır [65]. Gözlem ve temizleme işlemi sırasında zarar gören yalıtımlar standart ve yönetmeliklere uyularak yenileriyle değiştirilmelidir. - Dış çevre havası girişi ile bağlantılı ve uzunluğu fazla olan hava kanallarının kirlenmesinin önlenmesi için filtrenin olabildiği kadar dış çevre havası girişlerine yakın yerleştirilmesi sağlanmalıdır [106]. - Hava kanallarının yerlerine yerleştirilmesi, bağlantılarının yapılması sırasında inşaat kaynaklı kirlenmeler sistem bileşenleri içine yerleşebilir ve sistem çalıştırıldığında insanların bulunduğu ortamlara taşınabilir. Bu nedenle hava kanalları, şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz ve kuru tutulmalıdır. Özellikle, hava ile etkileşimde olan yüzeylerinin kuru olmasına dikkat edilmelidir. Tüm aygıtların üretim yerlerinden yapıda uygulanacakları ortamlara taşınmaları süresince üstlerinde bulunan koruyucu parçaların çıkartılmaması gerekmektedir. - Havalandırma kanalları; TS 2878, TS 3419 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır...	- Kanal temizliğinde, mikroorganizmaların yok edilmesi için biyosit kullanılabilecekse EPA'nın konuyla ilgili önerilerine uyulmalıdır. Küf oluşumunun önlenmesi açısından kullanımının gerekli olduğu zamanlarda ise yalıtımsız kanal sistemlerinde, yüzey kirliliği tamamen temizlendikten sonra kullanılmalıdır [176]. - EPA, NADCA ve NAIMA fibreglas gövdeli ve fibreglas yalıtımlı kanallarda biyositin yeterli olamaması nedeniyle kullanılmamasını, zarar görmüş ya da nemli olan yalıtım ürününün ise yenisi ile değiştirilmesini önermektedir [176]. - İklimlendirme sistemlerinin damper ve sabit mekanik yönlendiriciler gibi hava miktarını ölçen ve ayarlayan aygıtlarının, temizlikten önceki durumları işaretlenmeli ve iş bitiminde tekrar aynı konuma getirilmelidir [65]. - Fibreglas gövdeli ya da yalıtımlı hava kanallarında temizlik için yumuşak hareketli fırça kullanılması ve NADCA standartları ile NAIMA'nın önerilerine uyulmalıdır [186]. ...

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Menfez	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Ortam içindeki havanın mekânın her yerine homojen dağıtımının yapılabilmesi için sistem tasarımına ve gereksinimlere uygun türde ve boyuttaki menfezler seçilmelidir. Yine, ısıtma ya da soğutma durumlarına göre hava atış yönleri ayarlanabilen menfezler kullanılmalıdır [177]. - Soğuk havanın yüksek hızlarla, menfezden döşeme kotuna doğru hareketinin insanlar üzerinde rahatsızlık yaratmaması ve konfor koşullarının sağlanabilmesi için hava hızının 0,25–0,30 m/sn'yi geçmemesi [109] ve 0,15–0,20 m/sn olması gerekmektedir [45]. - Tavan tipi menfezlerin, insanların yoğun olarak çalıştığı yerlere 2 m'den daha yakın olması ortamda bulunan insanlarda, sağlık sorunlarının oluşumuna neden olmaktadır [109]. Şekil 5.3'te ortamdaki menfezlerin konumunun insan konforu üzerindeki etkisi görülmektedir. - Menfezler; TS 3419, TS 2878 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Menfezlerin döşeme kotuna yakın olması, havalandırma tekniği ve sağlık açısından sorun yaratabilir. En az sorun yaratan düzenlemeler; ortamın yüksek yerlerinde, duvar nişlerinde ya da tavanda olması durumlarıdır. Konferans, sinema ve tiyatro salonları gibi büyük mekânlarda ise; merdiven rıhtlarına ya da koltukların alt kısımlarına yerleştirilir. - Kapalı bir mekânda gerçekleştirilen havalandırmanın etkinliği ve yeterliliği açısından, dağıtıcı menfezden ortama verilen temiz hava ile mekândaki kirli havayı toplayan menfez arasındaki hava çevriminin çok kısa olmaması gerekmektedir. Ayrıca menfezler yardımıyla ortamdaki toplanan kirli havanın sızıntılarla tekrar yapı içine girişi önlenmelidir. - Sistemin menfez bağlantılarından kaynaklanan hava sızıntıları iç hava niteliğini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle menfez yerleşimleri ve bağlantıları standart ve yönetmeliklerde belirtilen şekillerde yapılmalıdır. - Menfezlerden ortama verilen hava akışının kolon, giriş gibi yapı elemanları ve aydınlatmalardan etkilenmeyecek şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. - Menfezler; TS 3419, TS 2878 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...	- Ayrık klima aygıtının yakınında oturan ve sistemdeki menfezlerden çıkan havayla doğrudan etkileşim içinde olan insanların yüksek hava hızları ya da aşırı sıcaklık farkından rahatsız olmaları ve hastalanmaları sürekli karşılaşılan durumlardır. Bu nedenle kapalı bir ortamda, yüksek hızda tek yönlü bir hava akımından etkilenmemek gerekmektedir. - Ortam sıcaklığından düşük sıcaklıktaki hava mekâna verilmelidir. Böylece menfezden çıkan hava, ortam havasıyla daha iyi karışır [179]. - Menfezler, şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz tutulmalıdır. - Menfezler; TS 3419, TS 2878 ve TS 3420'ye uygun olmalıdır. ...

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Soğutma kulesi	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Soğutma kulelerinin tasarımı aşamasında, yapıda kullanılacak iklimlendirme sistemiyle birlikte nasıl çalışacağı konusunda doğru kararların verilebilmesi açısından sistem gereksinimleri doğru belirlenmelidir. Sistem tasarımında soğutma kulesi kullanımının insan sağlığına yarardan çok zarar verdiği durumda kullanılmamalıdır. -Kulenin yerleştirilmesi aşamasında çevresel etkenler göz önüne alınmalı, yüksekliği ve konumu bu özelliklere göre belirlenmelidir. - Soğutma kulesi aygıtlarının yoğunlaşma ve korozyona neden olmayacak sağlığa uygun yapı ürünlerinden seçilmesine dikkat edilmelidir. - Suyun buharlaşmasıyla soğutma kulesinde biriken mineral ve diğer katı maddeler, burada mikroorganizmaların çoğalması ve yayılması için uygun ortamı oluşturur. Bu durumun önlenebilmesi için kule havuzundan bir miktar su çekilir ve yerine dökmeden temiz su eklenerek minerallerin derişimlerinin seyreltilmesi ve buralarda mikroorganizma kaynaklı kirliliğin önlenmesi sağlanır.	- Su soğutma kuleleri kış aylarında da çalıştırılmaktadır. Bu tür iklim koşullarında özellikle donma sıcaklıklarında havanın emildiği ve dağıtıldığı bölümlerinde ya da kule havuzu ile dökşemde donmanın gerçekleşmemesi için önlem alınması gerekmektedir [117]. - Soğutma kulesinde suyun dolaşım sistemi içerisinde herhangi bir yerde durgun ve hareketsiz durumda bulunmaması çok önemlidir.	- Sistemde, herhangi bir arıtma işlemi ya da donanım bakımı yapılacaksa önce soğutma sistemi tamamen boşaltılmalı, basınçlı su ile yıkanmalı ve kimyasallarla temizlendikten sonra tekrar basınçlı su ile yıkanmalıdır [142]. - Sistemin herhangi bir bölümünde özellikle Legionella bakterisi olduğu belirlenirse, kullanılabacak bakım ve temizlik işlemlerinde çalışanların ve yapı kullanıcılarının sağlıklarını riske atmayacak yöntemler uygulanmalıdır. Bu konuda gerekli çevresel ve kişisel koruyucu önlemleri alınmalıdır. - Sistemde Legionella'ya karşı 15 günlük ölçme ve izleme işlemleri yapılmalıdır. Bu denetleme uygulamalarında bakterinin ölçüm sonuçlarına göre biyosit kullanılarak temizlenmesi gerekebilir [143]. - Temizlik işlemleri uzman kişi ve kurumlar tarafından yapılmalıdır. Kuleleri temizleyen çalışanların mikroorganizmalara, klor ve biyosite karşı koruyucu giysi ve maskeler kullanmaları gerekmektedir.

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

Soğutma kulesi (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Sisteme doldurulan su, içme suyu niteliğinde olmalı ve bir süzgeçten geçirilerek kullanılmalıdır. Ancak bu süzgecin, su akışını yavaşlatmaması açısından toprak süzgeç gibi küçük gözenekli olmaması gerekmektedir [142]. - Dolaşım sisteminin belirli bölgelerinde, sudan örnek alınabilmesi için uygun yerler tasarlanmalıdır [142]. - Damla tutuculardan geçen havanın hızı 3,5 m/sn'nin altında olmalıdır [84]. - Soğutma kulelerindeki damla tutucular temizlenebilmeleri için sökülebilir özellikte olmalıdır [171]. Ayrıca bunlara erişimi sağlayan bakım kapaklarına da gereksinim duyulmaktadır [84].	- Sistem 48 saatten uzun bir süre çalıştırılmıyorsa, soğutma kulelerinin su havuzları kendiliğinden boşaltma ve doldurma düzenekli olmalıdır. Yine, nemlendiricilerde kullanılan suyun analizleri 14 günde bir yapılmalıdır [84]. - Soğutma kulesi aygıtları şantiyelerde uygun koşullarda saklanmalı ve yerlerine yerleştirilmeleri süresince temiz tutulmalıdır.	- Soğutma kulesi suyunun, biyosit kullanılarak temizliğinde belirlenen ilkelere uyulmaması sonucunda mikroorganizma kaynaklı kirlilik artmaktadır [4]. Bu nedenle biyosit kullanımı ile ilgili EPA'nın çalışmalarına, üreticilerin önerilerine, standart ve yönetmeliklere uyulmalıdır. - Temizlikte kullanılacak olan kimyasal maddelerin sistem bileşenlerinde korozyona neden olmayacak nitelikte seçilmelerine önem gösterilmelidir. Kullanılacak maddelerin neler olabileceği, hangi miktar ve karışımlarda kullanılabileceği konusunda uzmanların görüşlerinin alınmasında yarar vardır. - İklimlendirme sisteminin beş gün ya da daha fazla süre çalıştırılmadığı durumlarda, kullanıma açılmadan önce ne olursa olsun bakım ve temizliğin yapılması gerekmektedir [136]. - Soğutma kulelerinin temizlikleri kullanılmadıkları mevsimlerde ve zamanlarda yapılmalıdır [140]. Ayrıca yapılan bakım ve temizlik işlemlerinin kaydı tutulmalıdır.

Çizelge 5. 3 Sistemin bileşenlerinin tasarım, uygulama ve kullanımı ile ilgili alınabilecek önlemler (devam)

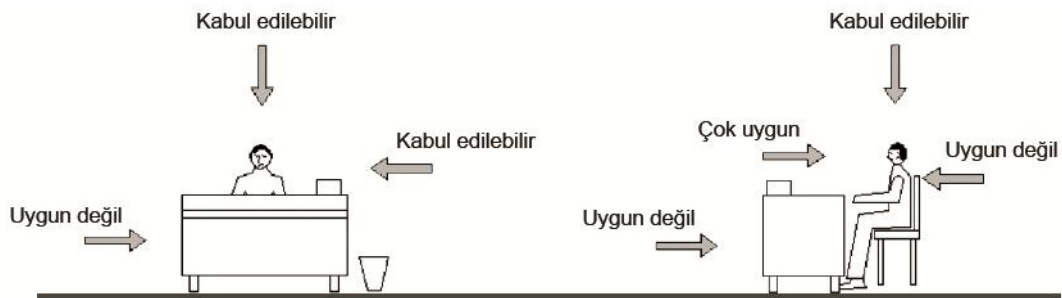
Soğutma kulesi (devam)	Tasarım önlemleri	Uygulama önlemleri	Kullanım önlemleri
	- Soğutma kulelerinde özellikle lejyoner hastalığı ve pontiak ateşine karşı tasarım, uygulama ve kullanım aşamasında alınacak önlemler TS 12093'te anlatılmaktadır. ...	- Soğutma kulelerinde özellikle lejyoner hastalığı ve pontiak ateşine karşı tasarım, uygulama ve kullanım aşamasında alınacak önlemler TS 12093'te anlatılmaktadır. ...	- Soğutucu kulelerin ve buharlaşmayı sağlayan kondansatörlerin en az yılda bir kez denetimi ve temizliği yapılmalıdır. Bununla birlikte soğutma kulelerinin yılda en az iki kez kimyasal ve mekanik temizliği yapılmalıdır [143]. - Soğutma kulelerinde özellikle lejyoner hastalığı ve pontiak ateşine karşı tasarım, uygulama ve kullanım aşamasında alınacak önlemler TS 12093'te anlatılmaktadır. ...

Havanın, kanalların içinden yüksek hızlarla geçtiği ve böylece kendi kendine temizleneceği düşüncesi yanlıştır. Kanal sistemi temizliği özel aygıtlar ve uzman kurumlar tarafından yapılmalıdır. Burada kanalın temizlik öncesi ve sonrası durumunun fotoğraflarla belgelenmesi ya da kamera sistemi yardımıyla kaydedilip değerlendirilmesi, temizliğin etkinliği ve sorunların çözümü açısından yararlı olabilmektedir [6]. Şekil 5.2’de kanal temizliği ve görüntülerin kayıt edilmesinde kullanılan bazı aygıtlar görülmektedir. Gerekli olduğu şekilde yapılmayan temizlik işlemi, kirliliğin bütün sisteme ve insanların yaşadığı mekânlara yayılmasına neden olabilir.



Şekil 5. 2 Kanal temizliğinde kullanılan hareketli fırça, robot sistemi, vakum sistemi ve görüntü kayıt sistemi [6]

Menfezlerin tasarımı ve yerleştirilmesi sırasında insanların mekân içindeki konumları ve eylemleri göz önüne alınmalıdır. Şekil 5.3’te ortamdaki menfezlerin konumunun insan konforu üzerindeki etkisi görülmektedir. Bununla birlikte yapıdaki havalandırma sisteminde döşemeden üfleme yöntemi kullanılacaksa, bu durumda ayak bileğinde oluşabilecek konforsuzluğun önlenmesi için ortama verilen havanın sıcaklığının artırılması ya da hava akış hızının azaltılması gerekmektedir [35].



Şekil 5. 3 Ortamdaki menfezlerin konumunun insan konforu üzerindeki etkisi [116]

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanın temel gereksinmesi yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürebilmesidir. Yapı içinde, bu gereksinmenin karşılanmasında önemli bir etken olan yapı içi hava niteliği; havanın doğal karışımındaki maddelerin oranının değişmesi, iç ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem oranı, iç ortamdaki hava akış hızı ve mekândaki elektroiklimsel oluşumlar ile yapı içi ve dışı kaynaklı hava kirleticileri nedeniyle bozulmaktadır. Yapılardaki iklimlendirme sistemleri, yapı içi kaynaklı hava kirleticilerden birisi olarak yapı içi hava niteliği üzerinde oldukça olumsuz etkiler yaratabilmektedir.

Temel amacı, yapı içinde kullanıcı sağlığını bozmayan ve istenen konfor koşullarını gerçekleştiren uygun bir iç ortam havası sağlamak olan iklimlendirme sistemleri; gereksinmelere yanıt verecek şekilde tasarlanmadığında ya da kullanılmadığında kendileri de bir kirlilik kaynağı olup yapı iç hava kirliliğine ve böylece insanda, genel alerjik rahatsızlıklar (baş ağrısı, öksürük, aksırma, yorgunluk vb.) ile alerjik zatürre, astım, aşırı duyarlılık zatürresi, nemlendirici ateşi, saman nezlesi, alerjik rinit, deri alerjileri, bronşit, bronşiyolit, lejyoner hastalığı, pontiak ateşi, aspergilloz, histoplazmoz ve kriptokokkoz gibi solunum yolu hastalıklarıyla sıkıntı, bunalım, sinirlilik, yorgunluk, çalışma verimi ve üretkenlikte düşme ile kirleticilerle sürekli etkileşim sonucunda ruhsal bozukluklar gibi sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu sağlık sorunlarının önlenmesi için öncelikle, yapının iç hava niteliğinin değerlendirilmesi, değerlendirmenin yapılabilmesi için de sağlık sorununu yaratan etkenin ne olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra karşılaşılan olumsuzluk etkeninin iyileştirilmesi için sistemin tasarım, uygulama ve kullanımı ile bileşenlerinin seçimi süresince alınabilecek önlemler belirlenmelidir.

İklimlendirme sistemlerindeki ısıtıcı ve soğutucu bataryalar, su toplama tavaları, kullanılan yalıtım ürünleri, nemlendiriciler, filtreler, hava kanalları ve menfezler ile soğutma kuleleri gibi olumsuzluk etkenleri dışında, sistemde karşılaşılan herhangi başka olumsuz bir durumun sonuçları ya da varolan mikroorganizma kaynaklı kirliliğin sistem içerisinde yayılarak öncesinde sağlık sorunu ile herhangi bir ilişkisi bulunmayan diğer bileşenlere bulaşabileceği ve böylelikle sağlığı bozan etkeninin yayılabileceği de göz önüne alınmalıdır.

İklimlendirme sistemlerinin kullanıldığı ortamlarda karşılaşılan sağlık sorunlarına, sistemdeki hangi olumsuzluk etkeninin neden olabileceğine ve bu olumsuz duruma karşı nasıl bir yöntem izleyerek önlemlerin alınabileceğine ilişkin bir yaklaşımın kullanılmasıyla, sorunun çözümüne yönelik oluşabilecek sağlık sorunları önlenabilir ya da varolan olumsuz durumlar denetim altına alınabilir. Ayrıca bu yaklaşım ile;

- Tasarımcıların, sistem uygulayıcılarının ve kullanıcıların yapı içinde, iklimlendirme sistemleri nedeniyle hastalanabilecekleri ya da varolan sağlık sorunlarının kötüleşebileceği konusunda bilgilendirilmeleri,
- Çalışmada tanımlanan hastalık etkenlerinin, sistemin tasarımı, uygulanması ve bileşenlerinin seçimi aşamasına veri oluşturması,
- Mimarların konu ile ilgili bilgilendirilmesiyle sistem tasarımı konusunda etkin görev alarak birçok bilim dalından uzman ile birlikte çalışabileceği

sağlanabilmektedir. Sonuçta; insanın yapıdan beklediği, sağlıklı bir biçimde yaşamını sürdürebilme gereksinmesinin sağlanabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın sonraki araştırmalara ışık tutması açısından;

- İklimlendirme sistemlerinin, yapı içi hava niteliği üzerindeki etkilerinin incelenmesi açısından belirli zamanlarda, ölçüm çalışmalarının yapılması ve sonuçlarının değerlendirilmesinin konu ile ilgili uzman kişi ve kurumları tarafından yapılması,
- İklimlendirme sistemi ve yapı içi hava niteliği arasındaki ilişkinin doğrudan gözlem ve ölçüm çalışmaları ile belirlenmesinin yanı sıra kullanıcı görüşmeleri ve anketleri ile günlük tutulmasının sağlanması,

- Sistemin tasarımı, uygulanması ve kullanımı ile bileşenlerinin seçimi, bakım ve denetimlerinin yapılmasının yasal zorunluluklara dayandırılması,
- Sistem tasarımı, uygulanması ve kullanımı ile ilgili standart ve yönetmeliklerin; yapılan güncel araştırma ve çalışmaların sonuçlarına göre yeniden değerlendirilmesi

gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Balanlı, A. ve Öztürk, A., (2006). Yapı Biyolojisi Yaklaşımlar, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: YTÜ.MF.YK–06.0759–Fakülte Yayın No: MF.MİM–06.002, İstanbul.
- [2] World Health Organization (WHO), (1946). From The Preamble To The Constitution Of World Health Organization, Adopted 22 July 1946, In T.L.
- [3] Balanlı, A. ve Öztürk, A., (1995). “Yapının İç ve Dış Çevresinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesinde düzenlenen Sağlıklı Kentler ve İnşaat Mühendisliği Sempozyumu, 20-21 Ekim 1995, İzmir.
- [4] Seppanen, O.A. ve Fisk, W.J., (2001). Association of Ventilation System Type with SBS Symptoms in Office Workers, Lawrence Berkeley National Laboratory, <http://www.escholarship.org/uc/item/9fw9g6jx> , 08 Ocak 2011.
- [5] Mendell, M.J., Lei-Gomez, Q., Mirer, A.G., Seppanen, O. ve Brunner, G., (2008). "Risk Factors in Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Systems for Occupant Symptoms in U.S. Office Buildings: the U.S. EPA BASE Study", Indoor Air Journal, 18(4):301–316.
- [6] Bas, E., (2004). Indoor Air Quality; A Guide for Facility Managers, Second Edition, The Fairmont Press, USA.
- [7] Seppanen, O., (2001). “Sağlık ve İyi İç Hava Kalitesi İçin Enerji Randımanlı Havalandırma”, TTMD Dergisi, 61: 30–53.
- [8] Hamada, N. ve Fujita, T., (2002). Effect of Air-conditioner on Fungal Contamination, Atmospheric Environment, 36, Elsevier Science Ltd, 5443–5448.
- [9] Fadeyi, M.O. ve Tham, K.W., (2007). Effect of Mechanical Ventilation System(s) to Indoor Chemistry Products in Air Conditioned Buildings: Quest for Tropical Research, Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors.
- [10] Mendell, M.J., Naco, G.M., Wilcox, T.G. ve Sieber, W.K., (2002). Building-related Risk Factors and Work-related Lower Respiratory Symptoms in 80 Office Buildings", Lawrence Berkeley National Laboratory, <http://www.escholarship.org/uc/item/53h3s9s1>, 08 Ocak 2011.

- [11] ANSI/ASHRAE Standart 62, (2001). Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta.
- [12] Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Hava Kirliliğine Genel Bakış, <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/hki.html>, 16 Nisan 2011.
- [13] Koçak, K., (1996). İklim Değişikliğinde İnsan Faktörü, <http://www.web.itu.edu.tr/~kkocak/iklimpdf.pdf>, 13 Mart 2011.
- [14] Spellman, F.R., (2009). The Science of Air; Concepts and Applications, Second Edition, CRC Press, New York.
- [15] Tünay, O. ve Alp, K. (1996). Hava Kirlenmesi Kontrolü, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, No: 1996–36, İstanbul.
- [16] Wang, S.K., (2000). Handbook of Air Conditioning and Refrigeration, Second Edition, Mc Graw-Hill Book Co., New York.
- [17] ASHRAE, (1997). ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals), Havada Bulunan Kirlenici Maddeler, Çev: Taner Özkaynak, Ed: Osman Genceli, Tesisat Mühendisleri Derneği, Teknik Yayınlar: 2, İstanbul.
- [18] Colls, J., (2002). Air Pollution, Second Edition, Clay's Library of Health and the Environment-Spon Press, London.
- [19] Özgenalp, A., (2006). "Sığınaklarda Havalandırma ve Filtrasyon Sistemleri", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 91: 56–62.
- [20] World Health Organization (WHO), (2009). WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould, Copenhagen.
- [21] Fermie, P., Keech, P. ve Shepherd, S., (2005). Complete and Practical First Aid and Family Health Encyclopedia Book, Lorenz Books, London; Çev: Kumruluoğlu, Z., (2009). Aile Sağlığı ve İlk Yardım Ansiklopedisi, Morpa Kültür Yayınları, İstanbul.
- [22] "Balanlı, A. (2007). "Yapı Elemanları III: Doğramalar", Yayınlanmamış Ders Notu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi–Mimarlık Bölümü, İstanbul". (Polat, 2008 [79]; s. 6 ve 15'teki alıntılar)
- [23] Rietschel, H. ve Raiss, W., Çev: Köktürk, U., (1974). Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği; İkinci Cilt, Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Tesislerinin Hesabı, Arı Kitabevi, İkinci Baskı, 1–79.
- [24] İlten, N. ve Bulgurcu, H., (2002). "Evlerde İç Hava Kalitesi İle İlgili Bir Araştırma", 4. Balıkesir Sempozyumu, 11-13 Eylül 2002, Balıkesir.
- [25] Arpad, A., (1975). Yapı Tesisatı; Bölüm 1 Sıhhi, Isıtma ve Havalandırma, Devlet Güzel Sanatlar Akademisi Yayını 42, 150–162.
- [26] Woolley, T. ve Kimmins, S., (2002). Green Building Handbook; A Guide to Building Products and Their Impact on the Environment, Spon Press, London, 165–194.

- [27] Littlefield, D., (2008). Metric Handbook; Planning and Design Data, Third Edition, Elsevier, China.
- [28] Spengler, J. D., Samet, J.M. ve McCarthy, J.F., (2000). Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, New York.
- [29] Köksal, Y. (2001). "Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 65:57–72.
- [30] Lechner, N. (2001). Heating, Cooling, Lightining; Design Methods for Architects, Second Edition, John Wiley&Sons, New York.
- [31] Aggelakoudis, A.K. ve Athanasiou, M.G., (2005). "Thermal Comfort Study of Occupants in University of Patras", Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment International Conference, May 2005, Santorini, Greece.
- [32] Şerefhanoglu, M., (1981). Yapılarda Isısal Konfor ve Cam Yüzeyler, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Kürsüsü Yayınları, İstanbul.
- [33] TSE CR 1752, (2002). Havalandırma Binalar İçin-Bina İçi Ortamlar İçin Tasarım Kuralları, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), I. Baskı, Ankara.
- [34] Toksoy, M., (1993). "Isıl Konfor", I. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 15–17 Nisan 1993, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İzmir.
- [35] Awbi, H.B., (2003). Ventilation of Buildings, Second Edition, Spon Press, London.
- [36] Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Kaynaklı, Ö., Çoşkun, S. ve Yamankaradeniz, Y., (2008). İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları, Dora Yayıncılık, I. Baskı, Bursa.
- [37] Medicana Genel Sağlık Ansiklopedisi, (1993). Ana Yayıncılık A.Ş. ve Gruppo Editoriale Fabbri, Bompiani, Sonzogno Etas S.p.A, İstanbul.
- [38] Hughes, P. ve Ferrett, E., (2007). Introduction to Health and Safety in Construction, Second Edition, Elsevier, UK.
- [39] Atmaca, İ. ve Yiğit, A., (2007). "İklimlendirilen Ortamlar İçin Isıl Konforun Geçici Rejim Enerji Dengesi Modeli İle Değerlendirilmesi", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 99:47–56.
- [40] Bauman, F., ve Webster, T., (2001). "Outlook for Underfloor Air Distribution." ASHRAE Journal, Vol. 43, 6:18–27.
- [41] Occupational Health Clinics for Ontario Workers Inc., (2008). Office Ergonomics Handbook, Fifth Edition.
- [42] Turner, W.C. ve Doty, S., (2007). Energy Management Handbook, Sixth Edition, The Fairmont Press Inc., USA.
- [43] Kınıklı, T., (2004). "Binaların Enerji Performanslarının Bina İşletme Teknolojileri ile Hesaplanması ve Arttırılması", TTMD Dergisi, Sayı 32.
- [44] ANSI/ASHRAE Standart 55, (2004). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta.

- [45] TSE 3419, (2002). Havalandırma ve İklimlendirme Tesisleri-Projelendirme Kuralları, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), I. Baskı, Ankara.
- [46] TSE 12281, (1997). Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası İle İlgili Tedbirler, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), I. Baskı, Ankara.
- [47] Küçükçalı, R., (2000). Isıtma Tesisatı El Kitabı, ISISAN Yayınları, İstanbul, No:16.
- [48] TSE EN 12792, (2006). Havalandırma-Binalar İçin-Semboller, Terminoloji ve Grafik Sembolleri, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), Ankara.
- [49] Razgat, A., (2006). "Tiyatro, Opera ve Konser Salonlarında Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme", TTMD Dergisi, Sayı 42.
- [50] Mertbaş, Ö.S., (1997). "Kontrollü Olarak Bina Havalandırılması ve Atık Gaz Isısından Yararlanma", ULBITK 11. Ulusal Isı Bilimi Ve Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı.
- [51] EPA, (2001). Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings, EPA 402-K-01-001, United States Environmental Protection Agency Office of Air and Radiation Indoor Environments Division, Washington.
- [52] Akman, A. (2005). "İnsan Sağlığı, Sağlıklı Yapı ve Yapı Biyolojisi", Yapı Dergisi, 279: 89-92.
- [53] EPA, (1991). Sick Building Syndrome, Indoor Air Facts No.4, United States Environmental Protection Agency, Air and Radiation, Research and Development MD-56.
- [54] Fanger, P.O., Çev: Ünlüoğlu, B., (2002). "İç Hava Kalitesinin İyileştirilmesi ve Ofis Verimliliğinin Artırılması", TTMD Dergisi, 19:14-18.
- [55] Çilingiroğlu, S., (2010). "İç Hava Kalitesi", 23-42, http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya-ekler/7f2a4ea3bedd425_ek.pdf?dergi=966, 21 Mart 2010.
- [56] Zorer, G. (1992). Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: 264, Fakülte Yayın No: MF-M_M 92.045, İstanbul.
- [57] McWilliams, J. ve Sherman, M., (2005). "Review of Literature Related to Residential Ventilation Requirements", Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- [58] Den Hartog, J.P., (2004). Designing Indoor Climate, A thesis on the integration of indoor climate analysis in architectural design, PhD Thesis, Technische Universiteit Delft.
- [59] Elzaidabi, A.A.M., (2008). Low Energy, Wind Catcher Assisted Indirect-Evaporative Cooling System for Building Applications, PhD Thesis, Doctor of Philosophy, University of Nottingham.
- [60] Fanger, P.O. (2000). "Geleceğin İklimlendirilmiş Ortamlarında İnsan İhtiyaçları ve Mükemmelliğe Ulaşma Çabaları", TTMD Dergisi, 12:33-36.

- [61] Topar, A.H., (1996). Yapıda Elektroiklimsel Kirlilik ile İnsan Sağlığı İlişkisi ve Alınabilecek Önlemler, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [62] Akman, A. (1997). "Yapılarda Elektriğin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri", Yapı Dergisi, 183:100–102.
- [63] Bold, A., Toros, H. ve Şen O., (2003). "Manyetik alanın insan sağlığı üzerindeki etkisi", III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 19-21 Mart, İTÜ, İstanbul, 62–68.
- [64] Schenck, P., Ahmed, A.K., Bracker, A. ve DeBernardo, R., (2010). Climate Change, Indoor Air Quality And Health, Prepared for U.S. EPA Office of Radiation and Indoor Air, University of Connecticut Health Center, Section of Occupational and Environmental Medicine, Center for Indoor Environments and Health, http://www.epa.gov/iaq/pdfs/uconn_climate_health.pdf, 10 Ocak 2011.
- [65] Gürdallar, M., (2004). "Hijyen ve İç Hava Kalitesi Bakımından HVAC Sistemlerinin Temizliği", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 82:20–32.
- [66] Balanlı, A. ve Taygun, G. (2005), "Yapı Biyolojisi ve Asbest", Mimar.İst Dergisi, 16: 107–110.
- [67] Oliver, L.C. ve Shackleton, B.W., (1998). "The Indoor Air We Breathe: A Public Health Problem of the 90's", Public Health Reports, Sept-Oct 1998, U.S. Department of Health & Humans Services.
- [68] Sapan, N., (2006). "Hava Kirliliğinin Çocuk Sağlığına Etkisi", Kent ve Sağlık Sempozyumu, Bildiri Özetleri Kitabı, 7-9 Haziran, Bursa, 73–75.
- [69] Vural, M.S., (2004). Yapı İçi Hava Niteliği Risk Süreci Modeli Belirlenmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [70] Tichenor, B.A., (2006). Criteria for Evaluating Programs that Assess Materials/Products to Determine Impacts on Indoor Air Quality, Final Report, U.S. Environmental Protection Agency Office of Radiation and Indoor Air Indoor Environments Division, Washington.
- [71] Burr, M.L., (2000). Combustion Products, Chapter 29, Indoor Air Quality Handbook, Der:J.D. Spengler, J.M. Samet ve J.F. McCarthy, McGraw–Hill, New York.
- [72] Balanlı, A., Vural, M. ve Taygun, G., (2004). "Yapı Ürünlerindeki Radonun Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", II. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Kongre Bildirileri, 6–8 Ekim, TMMOB İstanbul Büyükşehir Şubesi Yayınları, İstanbul, 378–386.
- [73] Tucker, W.G. (2000). Volatile Organic Compounds, Chapter 31, Indoor Air Quality Handbook, Der: J.D. Spengler, J.M. Samet ve J.F. McCarthy, McGraw–Hill, New York.
- [74] Hess-Kosa, K., (2002). Indoor Air Quality; Sampling and Methodologies, Lewis Publishers, New York.

- [75] Burroughs, H.E., ve Hansen, S.J., (2008). Managing Indoor Air Quality, Taylor&Francis, Boca Raton.
- [76] Balanlı, A. ve Öztürk A., (2005). "Lejyonellosis'in Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", Mimarlık Dekorasyon Dergisi, 138:20–22.
- [77] Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, (1986). Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 2 Kasım 1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- [78] WHO (World Health Organization), (1987a). "Carbon Monoxide", Air Quality Guidelines for Europe, European Series 23, WHO Regional Publications, Copenhagen.
- [79] Darçın, P., (2008). Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [80] Lee, T.G., De Biasio, D. ve Santini, A., Health and the Built Environment: Indoor Air Quality, Vital Signs Curriculum Materials Project, The University of Calgary, Canada.
<http://www.arch.ced.berkeley.edu/vitalsigns/res/downloads/rp/iaq/iaaq.pdf>, 21 Mart 2010.
- [81] Ulutepe, L., (1995). "Havanın İçindeki Toz ve Filtrasyon Prensipleri ve Filtre Test Metodları", II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bildiriler Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No:176, İzmir, 15–27.
- [82] Eduard, W. ve Halstensen, AS., (2009). "Quantitative Exposure Assessment of Organic Dust", SJWEH Suppl, 7:30–35.
- [83] EPA, Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings, Appendix B- Introduction to Molds, <http://www.epa.gov/mold/>, 13 Mart 2011.
- [84] Küçükçalı, R., (2005). Enerji Ekonomisi, ISISAN Çalışmaları, İstanbul, 350:51–170.
- [85] Teksöz, E., (2005). "Havalandırma-Klima ve HEPA Filtrasyon Sistemleri ile Bu Sistemlere Bağlı Gelişebilecek Enfeksiyonlar", 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 591–601.
- [86] Anıl, O.B., Mobedi, M. ve Özerdem, M.B., (2007). "Hastane Hijyenik Ortamları İçin Klima ve Havalandırma Sistemleri Tasarım Parametreleri", TESKON 2007 Seminer Bildirisi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, MMO Yayın No: E/2007/436, İzmir, 496–509.
- [87] Godish, T. (1997). Air Quality, Third Edition, Lewis Publishers, USA.
- [88] Yang, C.S. ve Heinsohn, P.A., (2007). Sampling and Analysis of Indoor Microorganisms, John Wiley&Sons Inc., Hoboken, New Jersey.
- [89] Wadden, R.A. ve Scheff, P.A. (1983). Indoor Air Pollution: Characterization, Prediction and Control, John Wiley&Sons, New York.
- [90] TSE 11597, (1995). Hava Kalitesi–Asbeste Maruz Kalınacak İş Yerlerinde Güvenlik ve Sağlık Tedbirleri, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), Ankara.

- [91] Daisey, J.M., Angell, W.J. ve Apte, M.G., (2003). "Indoor Air Quality, Ventilation and Health Symptoms in Schools: An Analysis of Existing Information", Indoor Air, LBNL-48287.
- [92] Yocom, J. E. ve McCarthy, S.M., (1991). Measuring Indoor Air Quality; A Practical Guide, John Wiley & Sons, England.
- [93] Salthammer, T., (1999). Organic Indoor Air Pollutants; Occurrence, Measurement, Evaluation, Wiley-Vch, Germany, 275–288.
- [94] Kreider, J.F., (2001). Handbook of Heating, Ventilation, and Air Conditioning, CRC Press LLC., USA.
- [95] Fisk, W.J., Lei Gomez, Q. ve Mendell, M.J., (2007). "Meta-Analyses of the Associations of Respiratory Health Effects with Dampness and Mold in Homes", Indoor Air Journal, 17:284–295.
- [96] Özlü, T., (2007). Astım ve Alerji, Timaş Yayınları, I. Baskı, İstanbul.
- [97] Güllü, G. ve Menteşe, S., (Ekim 2007). "İç Ortam Havasında Biyoaerosol Düzeyleri", TESKON 2007 Seminer Bildirisi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, MMO Yayın No: E/2007/436, İzmir, 358–365.
- [98] EPA, (1990). Ventilation and Air Quality in Offices, Fact Sheet, United States Environmental Protection Agency, Air and Radiation, 402-F-94-003.
- [99] Bulgurcu, H., İklimlendirme Havalandırma Uygulamaları, Ders Notları, <http://www.deneysan.com/Userfiles/dersler/1308821272.pdf>, 8 Ocak 2010.
- [100] ASHRAE (2005). Indoor Air Quality, Position Document, American Society Of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta.
- [101] Wolf, J.E., (2001). "İç Ortam Hava Kalitesinin Sağlanmasına Yönelik ASHRAE Araştırması", TTMD Dergisi, Sayı 17.
- [102] Seppanen, O.A., Fisk, W.J. ve Mendell, M.J., (1999). "Association of Ventilation Rates and CO₂-Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings", Indoor Air, 9:226–252.
- [103] Alioğlu, Ö.K., (2001). "İç Hava Kalitesi-1", Termodinamik, 109:86–93.
- [104] Koyun, T., Koyun, A. ve Acar, M., (2005). "Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Bu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkileri", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 88:46–53.
- [105] Günay, E., (1994). Yapay Hava Düzenleme Sistemlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [106] TSE 3420, (1979). Havalandırma ve İklimlendirme Tesislerini Yerleştirme Kuralları, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), I. Baskı, Ankara.
- [107] EPA, (2009). Residential Air Cleaners; A Summary of Available Information, U.S. Environmental Protection Agency Office of Air and Radiation Indoor Environments Division, Second Edition, EPA 402-F-09-002, New York.

- [108] Ulutepe, L., (2007). "Hijyenik Ortamların Hava Filtrasyonu", TESKON 2007 Seminer Bildirisi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, MMO Yayın No: E/2007/436, İzmir, 476–495.
- [109] Sezen, Y., (2000). "Şartlandırılmış Havanın Dağıtımında Hava Hızlarının Menfez Seçimine ve Boyutlandırılmasına Etkisi", Tesisat Mühendisliği, 56:23–33.
- [110] Ayçenk, T., (1999). "Fancoil Sistemleri ve Uygulamaları", İklimlendirme Sistemlerinin Tanıtımı ve Teknolojik Gelişmeler Konferansı Bildiriler Kitabı, 5-6 Haziran, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No.220, İstanbul, 9–13.
- [111] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, (2010). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 4 Haziran 2010 tarih ve 27601 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- [112] Çimen, F., (2003). Hava Kanalları, TTMD Dergisi, Temel Bilgiler Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı 1.
- [113] Aydın, Ç., Aktakka, S., Kılınç, K. ve Özerdem, B., (2004). "Havalandırma Kanallarında Meydana Gelen Kaçak Miktarının Tespit Edilmesi ve Bunu Önlemeye Yönelik Uygulamalar", Tesisat Mühendisliği, 20–27.
- [114] Liddament, M., (2000). Ventilation Strategies, Chapter 13, Indoor Air Quality Handbook, Der:J.D. Spengler, J.M. Samet ve J.F. McCarthy, McGraw–Hill, New York.
- [115] Kincay, O., Çubuk, H. ve Özkan, D., Yapılarda Otomasyon ve Enerji Yönetimi (Akıllı Binalar), YTÜ İnşaat Mühendisliği Yapı İşletmesi II. Öğretim Tezsiz Yüksek Lisans Programı, <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/OkokontlIBol.pdf>, 15 Kasım 2009.
- [116] Say, K., (2007). Hava Dağıtım Kontrol Sistemleri, TTMD Dergisi Temel Bilgiler Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı 29.
- [117] Özel, F. ve Çimen, F., (2006). Su Soğutma Kuleleri, TTMD Dergisi Temel Bilgiler Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı 18.
- [118] Küçükçalı, R., (2000). "Lejyoner Hastalığı ve Mekanik Tesisat", Tesisat Mühendisliği Dergisi, 41–58.
- [119] Robbins, C.A., Swenson, L.J., Nealley, M.L., Gots, R.E. ve Kelman, B.J., (2000). "Health Effects of Mycotoxins in Indoor Air", Applied Occupational and Environmental Hygiene, 15(10): 773-784.
- [120] HVAC&R Nation, (2007). Hidden HVAC Hazards: What's Lurking inside?, Training Tips, 19–21. <http://www.hvacnation.com.au>, 13 Ocak 2010.
- [121] Morey, P.R. (2010). Climate Change And Potential Effects On Microbial Air Quality In The Built Environment, EPA.
- [122] Storey, E., Dangman, K.H., Schenck, P., DeBernardo, R.L., Yang, C.S., Bracker, A. ve Hodgson, M.J., (2004). Guidance for Clinicians on the Recognition and Management of Health Effects Related to Mold Exposure and Moisture Indoors, University of Connecticut Health Center Division of Occupational and

Environmental Medicine Center for Indoor Environments and Health, Farmington.

- [123] Ehrlich, P.M. ve Bowers, E.S., (2009). Living with Allergies, Teen's Guides, Facts On File, Inc., New York.
- [124] Ljaljevic-Grbic, M., Vukojevic, J. ve Stupar, M., (2008). "Fungal Colonization of Air-Conditioning Systems", Arch. Biol. Sci., Belgrade, 60(2):201–206.
- [125] Tuncer, M., (1999). "Fancoil ve Primer Havalı Sistemlerde Bakım Problemleri", İklimlendirme Sistemlerinin Tanıtımı ve Teknolojik Gelişmeler Konferansı Bildiriler Kitabı, 5-6 Haziran 1999, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No.220, İstanbul, 15–19.
- [126] Mendell, M.J. ve Heath, G.A., (2005). "Do Indoor Pollutants and Thermal Conditions in Schools Influence Student Performance? A Critical Review of the Literature", Indoor Air Journal, 15:27–32.
- [127] Occupational Health Clinics for Ontario Workers Inc., (2004). Communicable Diseases and Ventilation Systems; The Potential Spread Of Communicable Diseases Through The Ventilation System.
- [128] Whittemore, S., (2004). The Respiratory System; Your Body How it Works, Chelsea House Publishers, New York.
- [129] T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlıklı Yaşam; Alerjik Zatürre, <http://saglikliyasam.gov.tr>, 27 Temmuz 2011.
- [130] EPA, (2004). Help Your Child Gain Control Over Asthma, EPA Indoor Environments Division Office of Air and Radiation, EPA 402-F-04-021.
- [131] T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlıklı Yaşam; Astım, <http://saglikliyasam.gov.tr>, 27 Temmuz 2011.
- [132] OSHA, (2006). Preventing Mold-Related Problems in the Indoor Workplace; A Guide for Building Owners, Managers and Occupants, U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration.
- [133] T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlıklı Yaşam; Aşırı Duyarlılık Zatürresi, <http://saglikliyasam.gov.tr>, 27 Temmuz 2011.
- [134] EPA, (1995). The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality, United States Environmental Protection Agency and the United States Consumer Product Safety Commission Office of Radiation and Indoor Air (6604J).
- [135] Turkington, C. ve Ashby, B., (1998). Encyclopedia of Infectious Diseases, Facts On File Inc., New York.
- [136] Özyaral, O., (2003). "Hasta Hastane Sendromu", 3. Sterilizasyon ve Dezenfeksiyon Kongresi, 2–4 Ekim 2003, Samsun.
- [137] T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlıklı Yaşam; Nemlendirici Ateşi, <http://saglikliyasam.gov.tr>, 27 Temmuz 2011.
- [138] T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlıklı Yaşam; Alerjik Rinit, <http://saglikliyasam.gov.tr>, 24 Ağustos 2011.

- [139] T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlıklı Yaşam; Bronşiyolit, <http://saglikliyasam.gov.tr>, 27 Temmuz 2011.
- [140] Ergon, M.C., (2007). "Hastanelerde İnşaat ve Tesisat Sistemi Kaynaklı Enfeksiyon Etkenleri", TESKON 2007 Seminer Bildirisi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, MMO Yayın No: E/2007/436, İzmir, 452–464.
- [141] Burrell, R., (1991). "Microbiological Agents As Health Risks In Indoor Air", Environmental Health Perspectives, 95:29–34.
- [142] TSE 12093, (1996). Çevre Sağlığı-Lejyoner Hastalığı'nın (Lejyonellozis) Önlenmesi için Alınması Gereken Tedbirler, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), I. Baskı, Ankara.
- [143] Kayabek, Y., (2002). "Lejyoner Hastalığı, Çevresel Önlemler ve Korunma Yöntemleri", TTMD Dergisi, 28–38.
- [144] ASHRAE, (1998). Legionellosis Position Statement, Legionellosis Position Paper, American Society Of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta.
- [145] Vural, T. ve Odabaş Köse, E., (2004). "Lejyoner Hastalığı ve Turizm", ANKEM Dergisi, 18(3):184–187.
- [146] T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlıklı Yaşam; Aspergilloz, <http://saglikliyasam.gov.tr>, 24 Ağustos 2011.
- [147] Yanarates, Ö., (2005). "Havalandırma ve Klima Sistemlerinin Kontrolü Nasıl Yapılır, Nerelerde Laminar Akımlı Hava Kullanılmalıdır", 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 602–607.
- [148] T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlıklı Yaşam; Histoplasmoz, <http://saglikliyasam.gov.tr>, 27 Temmuz 2011.
- [149] CDC ve NIOSH, (2006). Respiratory Diseases Research Program, National Academies Review.
- [150] T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlıklı Yaşam; Kriptokokkoz, <http://saglikliyasam.gov.tr>, 27 Temmuz 2011.
- [151] Sterling, E.M., Arundel, A. ve Sterling, T.D., (1985). Criteria for Human Exposure to Humidity in Occupied Buildings, ASHRAE Transactions, Vol. 91, Part 1.
- [152] Bengisu, Ü., (1998). Göz Hastalıkları, IV. baskı, Palme Yayıncılık, İstanbul, 39–50.
- [153] Zhang Y.L., Matar O.K. ve Craster R.V., (2003). "Analysis of Tear Film Rupture: Effect of Non-Newtonian Rheology", J Colloid Interface Sci., 262:130–48.
- [154] Özkurt, H., Özkurt, Y.B. ve Başak, M., (2006). "Kuru Göz Radyologlarda Bir Meslek Hastalığı mıdır?", Türk Radyoloji Derneği, Aralık 2006, 31–33.
- [155] Utine, C.A. ve Karamürsel Akpek, E., (2010). "Sjögren Sendromu ve İlişkili Kuru Göz Sendromunun İmmunopatolojisi", TOD Dergisi 40;2, 97–106.

- [156] Clements-Croome, D.J., (2008). "Work Performance, Productivity and Indoor Air", SJWEH Suppl, 4:69–78.
- [157] Fisk, W.J., Mirer, A.G. ve Mendell, M.J., (2009). "Quantitative relationship of sick building syndrome symptoms with ventilation rates", Indoor Air Journal, 19.
- [158] Seppanen, O., Fisk, W.J. ve Lei, Q.H., (2006). "Ventilation and Performance in Office Work", Indoor Air Journal, 18:28–36.
- [159] Özyaral, O. ve Keskin, Y., (2009). "Sağlık Çalışanları ve Sıkıcı Hastane Sendromu", Sağlık Düşüncesi ve Tıp Kültürü Platformu SD Dergisi, Sayı 9.
- [160] Demircioğlu, N., (2009). Koşullandırılan Mahalde Havanın Dağıtımı, TTMD Dergisi Temel Bilgiler Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı 63.
- [161] TSE 5895, (1988). Merkezi Klima (İklimlendirme) ve Havalandırma Tesislerinin İşletme ve Bakım Kuralları, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), I. Baskı, Ankara.
- [162] T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, (2008). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 5 Aralık 2008 tarih ve 27075 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- [163] Arısoy, A. ve Çilek, G., (2006). "Doğal Havalandırma Yapabilen Örnek Bir Ofis Binasında Klima Sistemi Tasarımı, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 96:5–10.
- [164] ASHRAE Journal, (2009). "HVAC&Infectious Diseases", Health Issues, ASHRAE, 54–55.
- [165] Anık, A., (2007). İklimlendirme Sistemlerinde Ozon Kullanımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [166] Girman, J., (2010). Research Needed To Address The Impacts Of Climate Change On Indoor Air Quality, The Indoor Environments Division Office of Radiation and Indoor Air U.S. Environmental Protection Agency, Washington.
- [167] Sahan, M.A., (1999). "HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bildiriler Kitabı I.Cilt, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No:229/1, İzmir, 148–162.
- [168] EPA, (May 2008). Guide to Air Cleaners in the Home, Office of Air and Radiation Indoor Environments Division (6609J), EPA-402-F-08-004.
- [169] Şimşek, E., Bilgili, M. ve Şahin, B., (2009). "Duvar Tipi Split Klimanın Montajında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar", 25–32, http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya-ekler/49e42d89c936aac_ek.pdf?dergi=854, 10 Ocak 2011.
- [170] Kenter, M., (2007). "Temiz Oda Tasarımı ve İklimlendirme Sisteminin Temiz Odalarda Önemi", TESKON 2007 Seminer Bildirisi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, MMO Yayın No: E/2007/436, İzmir, 528–544.
- [171] Kısa, O., (2009). "İç Hava Kalitesi Ders Notları", Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme-Soğutma Programı, Antalya.
- [172] Awbi, H.B., (2008). Ventilation Systems; Design and Performance, Taylor&Francis, Oxon.

- [173] Küçük, T., (2005). Su Arıtma ve Şartlandırma (İşleme) Teknikleri, TTMD Dergisi Temel Bilgiler Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı 12.
- [174] EPA, Heating, Ventilation and Air-Conditioning (HVAC) Systems, <http://www.epa.gov/iaq/schooldesign/hvac.html>, 26 Temmuz 2010.
- [175] TSE 2878/ ISO 3258, (1999). Hava Dağıtımı ve Hava Yayılması (Difüzyonu)-Terimler, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), I. Baskı, Ankara.
- [176] EPA, (1997). Should You Have the Air Ducts In Your Home Cleaned?, United States Environmental Protection Agency Indoor Environments Division Office of Air and Radiation, EPA 402-K-97-002.
- [177] Çölaşan, F., (Ekim 1995). “Yapılarda Hava Kalitesi ve Enerji Ekonomisi”, II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bildiriler Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No:176, İzmir, 9–11.
- [178] Uslu, H., (2000). “Camyünü Prefabrik Klima Kanalı”, TTMD Dergisi, Sayı 11.
- [179] Küçükçalı, R., (2005). “Klima Tesisatında Genel Prensipler ve Yüksek Yapılarda Yeni Yaklaşımlar”, TTMD Dergisi, Sayı 40.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Aygöl CEYLAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 20.06.1984 Trabzon
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : aygulceylan@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Mimarlık/Yapı	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lisans	Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi	2008
Lise	Fen Bilimleri	Haydarpaşa Anadolu Lisesi	2002

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
Devam-2008	Sepin Mimarlık	Mimar