



T.C.  
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

## **HASTANE TEMİZ ODALARININ TASARIM ESASLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan: **Hasan Özgüç DİVARCI**

## KABUL VE ONAY

Makine Mühendisi Hasan Özgüç DİVARCI tarafından hazırlanan ‘‘Hastane Temiz Odalarının Tasarım Esasları’’ başlıklı bu çalışma, savunma sınavı tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr.Ing. Ahmet CAN

(Danışman)

Üye:

Üye:

Üye:

Yukarıda imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum ‘‘Hastane Temiz Odalarının Tasarımı’’ başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullandıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtirim.

Hasan Özgüç DİVARCI



## ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim sadece İstanbul Arel Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin ..... Yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

Hasan Özgüç DİVARCI

## ÖZET

### HASTANE TEMİZ ODALARININ TASARIM ESASLARI

Hasan Özgüç DİVARCI

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ing. Ahmet CAN

Ocak 2018

Pratikte bir ortamdaki mikroorganizma oluşumunun veya transferinin önüne geçilemez. Ancak mahale filtrelenmiş düşük tanecik derişimine sahip taze havanın verilmesi ve ortamda bulunan kirli havanın egzoz edilmesi ile tanecik sayısı istenilen düzeyde tutulabilir. Bunu gerçekleştirebilmek için en iyi yöntem ise bir havalandırma sisteminin kurulmasıdır. Bu çalışmada hastane temiz odalarından enfeksiyon riski açısından en yüksek riske sahip ameliyathanelerin iklimlendirme sistem tasarımı, projelendirilmesi ve uygulaması üzerinde durulmuştur. Tasarımdan ve projelendirmeden önce ameliyathanelerin sınıflandırılmasından, ilgili uluslararası standartlardan, mimari ve mekanik tesisatın birbiri ile uyumundan ve havalandırma kaynaklı olabilecek enfeksiyon risklerinden bahsedilmiştir. Ayrıca ameliyathanelerde yangın ve duman kontrolü üzerinde durulmuş, son olarak ise havalandırma sisteminin test, temizlik ve validasyon işlemlerinden bahsedilmiştir.

Tasarım kriterlerine bağlı olarak bir ameliyathaneye gönderilecek şartlandırılmış havanın ön işlemlerine (filtrelenmesi, ısıtılması, soğutulması vb.), havanın dağıtımına (gerekli hava debisinin belirlenerek hava kanallarının boyutlandırılması) ve süreklilik sağlanırken uygulanacak olan otomasyon sisteminin çalışma prensibi anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ameliyathane, Hastane iklimlendirme, DIN 1946-4, Temiz oda, Hijyenik Klima Santrali, Psikrometri, BMS, Validasyon

## ABSTRACT

### DESIGN PRINCIPLES OF THE HOSPITAL CLEAN ROOMS

Hasan Özgüç DİVARCI

Master Thesis, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ing. Ahmet CAN

January 2018

Practically the formation or transfer of microorganisms in an environment can not be prevented. However, the number of particles can be maintained at a desired level by introducing fresh air with a low particle concentration filtered at the site and exhausting the polluted air in the environment. The best way to do this is to install a ventilation system. This study focuses on the design, design and application of the air conditioning system of the operating rooms with the highest risk from the hospital clean rooms in terms of risk of infection. Before designing and projecting, mention was made of the classification of operating rooms, the relevant international standards, the compatibility of architectural and mechanical installations, and the risk of infection from ventilation. In addition, fire and smoke control was emphasized in the operating rooms, and finally the test, cleaning and validation procedures of the ventilation system were mentioned.

The operating principle of the automation system to be applied when pre-conditioning (filtration, heating, cooling etc.) of the conditioned air to be sent to an operating room according to the design criteria, air distribution (sizing of the air duct by determining the necessary air flow) and continuity are explained.

**Keywords:** Operating Room, Hospital Air Conditioning, DIN 1946-4, Clean Room Hygienic Air Handling Units, Psychometry, BMS, Validation

## ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca değerli önerileri ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli tez danışmanım Prof. Dr. Ing. Ahmet CAN'a, gerek yüksek lisans öğrenimim sırasında, gerekse tez konusunun seçilmesi ve hazırlanması süresince anlayışından, bana olan teknik bilgi katkılarından ve yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin projelendirilmesi, hazırlanması ve değerlendirilerek incelenmesi sonucu eksiklerimin giderilmesi konusunda bilgi birikimlerini, önerilerini ve yol gösterici fikirlerini benden esirgemeyen çalışma arkadaşlarım ile manevi desteğini sürekli hissettiğim ailem ve yakın arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İSTANBUL, 2018

Hasan Özgüç DİVARCI



# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
ÖNSÖZ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	XII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XIII
DİYAGRAMLAR LİSTESİ.....	XIV
KISALTMALAR.....	XV

## 1. BÖLÜM

### GİRİŞ

## 2.BÖLÜM

### HAVADA BULUNAN KİRLETİCİLER

2.1. Kirletici maddelerin özellikleri.....	2
2.2. Temiz odalardaki kirleticiler.....	2
2.3. Temiz adalardaki kirliliği azaltma yöntemleri.....	4
2.3.1. Personel tarafından alınması gereken önlemler.....	4
2.3.2. Klima ve havalandırma sisteminde alınması gerek önlemler.....	5

## 3. BÖLÜM

### TEMİZ ODALARIN AMACI VE UYGULAMA ALANLARI

3.1. Tanımlar.....	6
--------------------	---

## 4. BÖLÜM

### AMELİYATHANELER, TİPLERİ VE STANDATLAR

4.1. Hastanelerde steril alanlar.....	9
4.1.1. Operasyon odaları ve bağlı mahaller.....	9
4.1.1.1. Ameliyat odaları.....	9
4.1.1.2. Hasta hazırlama odaları.....	10
4.1.1.3. Anestezi cihaz odaları.....	10
4.1.1.4. Uyanma odaları.....	11
4.1.1.5. Sterilizasyon odaları.....	11
4.1.1.6. Temiz eşya odaları.....	11
4.1.1.7. Kirli malzeme odaları.....	11
4.1.1.8. Koridor ve holler.....	11
4.2. Diğer steril alanlar.....	11
4.2.1. Doğumhaneler.....	11
4.2.2. Yoğun bakım üniteleri.....	11
4.2.3. Karantina odaları.....	12
4.2.4. Koruyucu ortam odaları.....	12



4.2.5. Otopsi odaları.....	12
4.2.6. Laboratuvarlar.....	12
4.3. Hastanelerin sistem tasarımında kullanılan uluslar arası standartlar.....	12

## 5. BÖLÜM

### TEMİZ ODA TASARIM PARAMETRELERİ

5.1. Basınçlandırma ve hava akış yönleri.....	15
5.1.1. Farklı basınç bölgeleri.....	15
5.1.2. Pozitif basınç bölgesi uygulaması.....	16
5.1.3. Basınç değerleri.....	19
5.1.4. Hava akışı.....	20
5.1.4.1. Hava akış yolları.....	20
5.1.4.2. Hava akış yönleri.....	21
5.2. Sıcaklık ve bağıl nem.....	22
5.2.1. Sıcaklık.....	22
5.2.2. Bağıl nem oranı.....	23
5.2.3. Ses kriteri.....	23
5.3. Ameliyathanelerde hava değişim sayıları ve hava dağılımı.....	24
5.3.1. Hava değişim sayıları.....	24
5.3.2. Hava dağılımı ve hızı.....	25
5.4. Statik elektrik.....	29
5.5. Parçacık ve mikro-organizma sayısı.....	29
5.6. Mimari tasarım – mekanik tasarım ilişkisi.....	31
5.6.1. Ameliyathane katlarında hasta, personel ve malzeme akışı.....	31
5.6.2. Ameliyathanelerin mimari tasarımı.....	32
5.7. Tasarım parametrelerinin standartlara göre karşılaştırılması.....	35

## 6. BÖLÜM

### AMELİYAT ODALARINDA SİSTEM TASARIMI VE SİSTEM EKİPMANLARI

6.1. Tekli sistemler.....	36
6.2. Çoklu sistemler.....	37
6.3. Ameliyathane iklimlendirme sistem ekipmanları.....	38
6.3.1. Hijyenik klima santralleri.....	38
6.3.1.1. Filtreler.....	39
6.3.1.2. Serpantinler.....	42
6.3.1.3. Nemlendirici.....	44
6.3.1.4. Damla tutucu.....	44
6.3.1.5. Fan ve motor.....	44
6.3.1.6. Susturucu.....	45
6.3.1.7. Kaset.....	45
6.3.1.8. Isı geri kazanım ünitesi.....	45
6.4. Chiller.....	46
6.5. Kazan.....	46
6.6. Kanal sistemi.....	46
6.7. Kontrol kapakları.....	48
6.8. Sızdırmaz kapatma damperleri.....	48

6.9. Yangın damperleri.....	48
6.10. VAV kutu.....	49
6.11. CAV.....	49
6.12. .Kanal tipi elektrikli ısıtıcılar.....	50
6.13. HEPA Filtre.....	50
6.14. HEPA filtre kutusu.....	51
6.15. Laminer akış üniteleri.....	51
6.16. Lif tutucu menfezler.....	52
6.17. Sistemin çalışmasında önemli hususlar.....	53

## 7. BÖLÜM

### AMELİYATHANE PROJELENDİRMESİ

7.1. Ameliyathane ile ilgili genel bilgi.....	55
7.1.1. Ameliyathane mekanik tesisatı.....	55
7.2. Teknik hesaplar için dizayn kriterleri.....	56
7.3. Ameliyathane iklimlendirme tesisatı.....	57
7.3.1. Ameliyathane ısı kaybı hesabı.....	57
7.3.2. Ameliyathane kanal tasarımı ve hesabı.....	58
7.3.2.1. Üfleme hattı basınç kaybı hesabı.....	59
7.3.2.2. Egzoz hattı basınç kaybı hesabı.....	60
7.3.3. Hijyenik klima santrali ve ekipmanların hesabı.....	61
7.3.3.1. Susturucu.....	62
7.3.3.2. Vantilatör ve aspiratör için fan ve motor seçimi.....	62
7.3.3.3. Filtre kademeleri.....	63
7.3.3.4. Karışım hava debisi ve sıcaklığının hesabı.....	64
7.3.3.5. Isıtıcı serpantin kapasitesi.....	66
7.3.3.6. Soğutucu serpantin kapasitesi.....	68
7.3.3.7. Nemlendirici hesabı.....	69

## 8. BÖLÜM

### BMS (OTOMASYON) SENARYOSU

8.1. Karışım havalı hijyenik klima santralinin çalıştırılması.....	70
8.1.1. Isıtıcı ve soğutucu bataryaların kontrolü.....	70
8.1.1.1. Isıtıcı kontrolü.....	72
8.1.1.2. Soğutucu kontrolü.....	73
8.1.2. Buharlı nemlendirici kontrolü.....	73
8.1.3. Vantilatör ve aspiratör kontrolü.....	74
8.1.4. Filtre izlemeleri.....	74
8.1.5. Damper konumlandırılması.....	74
8.1.6. Yangın kontrolü.....	74
8.2. Ameliyathanelerde havanın şartlandırılması.....	75
8.2.1. VAV kutu kontrol.....	75
8.2.2. Elektrikli ısıtıcı kontrolü.....	75
8.3. BMS ana bilgisayar üzerinden kontrol.....	76

## 9. BÖLÜM

### AMELİYATHANELERDE YANGIN VE DUMAN KONTROLÜ

- 9.1. Ameliyathanelerde yangın riskleri.....78  
9.2. Ameliyathanelerde yangın ve duman kontrol senaryosu.....78

## 10. BÖLÜM

### AMELİYATHANELERDE TEST, TEMİZLİK, DEVREYE ALIM VE VALİDASYON

- 10.1. Kanal sızdırmazlık testleri.....79  
10.1.1. Test yapılacak zonların belirlenmesi.....80  
10.1.2. Test yapılacak kanal yüzey alanlarının belirlenmesi.....81  
10.1.3. Test basıncının belirlenmesi.....82  
10.1.4. İzin verilen toplam hava kaçak miktarının hesaplanması.....83  
10.1.5. Hava kanalı kaçaklarının tespiti.....85  
10.1.6. Hava kaçaklarının minimuma indirilmesi.....85  
10.2. Hava kanallarında temizlik ve hijyen.....87  
10.2.1. Hava kanallarında kirlilik ve sakıncaları.....87  
10.2.2. İç hava kalitesi ve sağlık sorunları.....87  
10.2.3. Hava kanallarındaki kirliliğin işletmeye etkisi.....88  
10.2.4. Hava kanallarında kirlilik ve yangına sebebiyeti.....89  
10.2.5. Kirliliğin oluşumu ve tanecik emisyonu.....89  
10.2.6. Hava kanalı temizlik işlemi.....90  
10.2.7. Temizlenmesi gereken HVAC ekipmanları.....91  
10.2.8. Mekanik olarak hava kanallarının temizlenmesi.....92  
10.2.9. Mineral yünü yalıtımlı malzemelerin temizlenmesi.....94  
10.2.10. Serpantinlerin temizlenmesi.....95  
10.2.11. HVAC sisteminin temizlik denetlemesi.....95  
10.3. Hava kanallarında dezenfeksiyon.....96  
10.3.1. Biyosit seçimi ve uygulaması.....96  
10.3.2. Formaldehit uygulanması.....96  
10.3.3. Ozonlama.....96  
10.3.4. UV cihazları kullanımı.....97  
10.4. Devreye alma ve validasyon.....97  
10.4.1. Temiz odalarda kontrol edilen parametreler.....98  
10.4.2. Validasyon hazırlığı ve validasyon.....99  
10.4.3. Kalibrasyon.....101  
10.4.4. Mikrobiyolojik kontrol.....102  
10.4.5. Fiziksel kontroller ve ölçüm cihazları.....102

## 11. BÖLÜM

### SONUÇLAR

- 11.1. Sonuç.....108

## TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

<b>Tablo 2.1.</b> Aktiviteye bağlı olarak yayılan tanecik sayıları.....	3
<b>Tablo 2.2.</b> Aktiviteye bağlı olarak mikrop taşıyan partikül sayısı.....	3
<b>Tablo 5.1.</b> Oda kullanım alanları ve açıklamaları.....	18
<b>Tablo 5.2.</b> Mahaller arası statik basınç farkı.....	19
<b>Tablo 5.3.</b> Farklı odalarda havalandırma verimliliği.....	30
<b>Tablo 5.4.</b> Temiz odalarda parçacık dengesi.....	30
<b>Tablo 5.5.</b> Uluslar arası standartlara göre tasarım parametreleri.....	35
<b>Tablo 6.1.</b> Filtre verimleri.....	41
<b>Tablo 6.2.</b> Fin kaplamalarının karşılaştırılması.....	44
<b>Tablo 7.1.</b> Tasarım değerleri.....	56
<b>Tablo 7.2.</b> Mahallerin kış ve yaz kuru termometre sıcaklıkları.....	56
<b>Tablo 7.3.</b> Ameliyathane ısı kaybı çizelgesi.....	57
<b>Tablo 7.4.</b> Üfleme hattı kanal basınç kayıpları tablosu.....	59
<b>Tablo 7.5.</b> Egzoz hattı kanal basınç kayıpları tablosu.....	60
<b>Tablo 7.6.</b> Klima santral ekipmanları ve basınç kayıpları.....	61
<b>Tablo 7.7.</b> Santral girişi susturucu ses gücü seviyesi.....	62
<b>Tablo 7.8.</b> Santral çıkışı susturucu ses gücü seviyesi.....	62
<b>Tablo 7.9.</b> Aspiratör özellikleri.....	63
<b>Tablo 7.10.</b> Vantilatör özellikleri.....	63
<b>Tablo 7.11.</b> Filtre kademeleri ve filtrelerin verimi.....	63
<b>Tablo 7.12.</b> Yaz ayları için havanın psikrometrik özellikleri.....	64
<b>Tablo 7.13.</b> Kış ayları için havanın psikrometrik özellikleri.....	65
<b>Tablo 8.1.</b> Hidrolik devrelerin karşılaştırılması.....	72
<b>Tablo 10.1</b> Basınca göre kanal sınıflandırılması ve kaçak sınıfları.....	81
<b>Tablo 10.2.</b> Havalandırma kaçak ölçümlerinde sınıflarına göre kullanılacak maksimum kanal alanları.....	81
<b>Tablo 10.3.</b> Hava kaçak limitleri formülasyonu.....	84
<b>Tablo 10.4.</b> Hava kaçak limitleri.....	84
<b>Tablo 10.5.</b> HVAC sistemlerinin rutin denetleme zamanları.....	95
<b>Tablo 10.6.</b> HVAC denetlemede dikkat edilecek ekipmanlar.....	95
<b>Tablo 10.7.</b> FED 209D ve VDI 2083'e göre temiz odaların partikül sayılarının ve parametrelerinin karşılaştırılması.....	98
<b>Tablo 10.8.</b> Laminer flow için kabul edilebilir kaçak değerleri.....	103
<b>Tablo 10.9.</b> Klima santrali panel sızdırmazlık sınıfları.....	104
<b>Tablo 10.10.</b> ISO 14644'e göre partikül miktarları.....	106

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1. Hastanelerde steril alanlar.....	9
Şekil 5.1. Ameliyathane bölümlerindeki hava akış yönleri.....	22
Şekil 5.2. Temiz odalarda hava değişim oranı ile ortalama hava hızı arasındaki ilişki.....	24
Şekil 5.3. Türbülanslı akışa sahip ameliyathane.....	25
Şekil 5.4. Ameliyathanelerde laminer akış uygulaması (laminer).....	26
Şekil 5.5. Ameliyathanelerde laminer akış uygulaması (yarı türbülanslı).....	26
Şekil 5.6. Ameliyathanelerde hava perdeli laminer akış uygulaması.....	26
Şekil 5.7. Yatay akışlı laminer akışa sahip ameliyathane.....	27
Şekil 5.8. Kare anemostat kullanıldığında hava akımı.....	28
Şekil 5.9. Swirl difüzör kullanıldığında hava akımı.....	28
Şekil 5.10. Temiz odalarda partikül konsantrasyonu.....	31
Şekil 5.11. Tekli sistem şematik gösterimi.....	36
Şekil 5.12. Çoklu sistem şematik gösterimi.....	37
Şekil 6.1. Hijyenik klima santrali şematik gösterimi.....	38
Şekil 6.2. Kompakt torba filtre ve HEPA filtre.....	39
Şekil 6.3. Kullanım alanlarına göre ortamların filtreleme sınıfları.....	40
Şekil 6.4. Alüminyum, blue-fin (poliüretan kaplı), bakır, gold-fin (epoksi) kaplı kanatlar.....	42
Şekil 6.5. Isıtıcı ve soğutucu batarya çeşitleri.....	43
Şekil 6.6. Plug tipi fan.....	45
Şekil 6.7. Sızdırmaz kapama damperi.....	48
Şekil 6.8. VAV kutu.....	49
Şekil 6.9. CAV.....	50
Şekil 6.10. Swirl difüzör ve kare anemostat.....	51
Şekil 6.11. Laminer akış ünitesi.....	52
Şekil 6.12. Lif tutucu menfez.....	53
Şekil 7.1. Ameliyathane hava kanalı projesi ve laminer akış ünitesi ile lif tutucu menfez yerleşimleri.....	58
Şekil 7.2. Hijyenik klima santrali ve ekipmanları.....	61
Şekil 8.1. Yan devre uygulamasının şematik gösterimi.....	70
Şekil 8.2. Karışma devresi uygulamasının şematik gösterimi.....	71
Şekil 8.3. Enjeksiyon devresi uygulamasının şematik gösterimi.....	71
Şekil 8.4. Isıtma serpantini bağlantı detayı.....	73
Şekil 8.5. Soğutma serpantini bağlantı detayı.....	73
Şekil 8.6. VAV kontrol şeması.....	76
Şekil 8.7. Hijyenik klima santrali kontrol şeması.....	77
Şekil 10.1. Havalandırma sızdırmazlık test cihazı.....	80
Şekil 10.2. Normal hava kanalı ile sızdırmaz hava kanalı arasındaki fark.....	86
Şekil 10.3. Mekanik temizlik için kullanılan ekipmanlar.....	92
Şekil 10.4. Uygulama esnasında inşai atıklara maruz kalmış havalandırma kanalları.....	93
Şekil 10.5. Havalandırma kanallarının temizlik öncesi ve sonrası.....	94
Şekil 10.6. Validasyon master plan şeması.....	99

Şekil 10.7. Kanatlı anemometre.....	102
Şekil 10.8. Sodyum alevi test cihazı ve duman gazı üretici.....	103
Şekil 10.9. Laminer akış ünitesi sızdırmazlık testi.....	103
Şekil 10.10. Fark basınç manometresi.....	104
Şekil 10.11. Balometre.....	105
Şekil 10.12. Temiz odalarda kullanılan partikül sayım cihazları.....	106

## DİYAGRAMLAR LİSTESİ

	Sayfa
<b>Diyagram 7.1.</b> Yaz şartları için karışım havasının psikrometrik diyagramda gösterimi.....	65
<b>Diyagram 7.2.</b> Kış şartları için karışım havasının psikrometrik diyagramda gösterimi.....	66
<b>Diyagram 7.3.</b> Havanın ısıtılmasının psikrometrik diyagramda gösterimi.....	67
<b>Diyagram 7.4.</b> Havanın soğutulmasının psikrometrik diyagramda gösterimi.....	68
<b>Diyagram 7.5.</b> Havanın nemlendirilmesinin psikrometrik diyagramda gösterilmesi.....	69

## KISALTMALAR

- ASHRAE** – Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)
- AIA** – Amerikan Mimarlar Enstitüsü (American Institute of Architects)
- EPA** – Amerikan Çevre Koruma Örgütü (U.S. Environmental Protection Agency)
- BS** – İngiliz Standartları (British Standart)
- BMS** – Bina Yönetim Sistemi (Building Management System)
- BRI** – Bina Kaynaklı Hastalık (Building Related Illnes)
- CAV** – Sabit Hava Debisi (Constant Air Volume)
- CBZ** – Sağlık Kurumları İçin Hollanda Yönetmeliği (College Bouw Ziekenhuisvoorzieningen)
- DW** – Specification for Sheet Metal Ductwork
- DIN** – Alman Genel Norm Komitesi (Deutsches Institut für Normung)
- DQ** – Tasarım Yeterliliği (Desing Qualifications)
- EPA** – Amerikan Çevre Koruma Örgütü
- EN** – Avrupa Normu (European Norm)
- FED** – Federal Standart (Amerika)
- FS** – Fonksiyonel Özellikler (Functional Specifications)
- HEPA** – Yüksek Verimli Parçacıklı Filtre (High Efficiency Particulate Air Filter)
- HICPAC** – Hastane Enfeksiyon Kontrol Uygulamaları Danışmanlık Komitesi (Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee)
- HVAC** – Isıtma, Soğutma, Havalandırma, İklimlendirme (Heating-Cooling, Ventilation, Air Conditioning)
- ISO** – Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Organization for Standardization)
- IQ** – Montaj Yeterliliği (Installation Qualifications)
- İHK** – İç Hava Kalitesi
- MCC** – Hareket Kontrol Kartı / Sistemi (Motion Control Chart)
- MMPS** – Filtrenin en çok geçirdiği tane boyu (Most Penetrating Particle Size)
- NADCA** – Ulusal Hava Kanalları Temizleme Birliği (National Air Duct Cleaners Association)
- NBR** – Brezilya Standartları (Norma Regulamentadora Brasileira)
- NF** – Fransız Standartları (Norme Française)
- NFPA** – Amerikan Yangından Korunma Kurumu (National Fire Protection Association)
- OQ** – Çalışma Yeterliliği (Operational Qualifications)
- PQ** – Performans Yeterliliği (Performance Qualifications)
- RKI** – Robert Koch Enstitüsü (Robert Koch Entitute)
- SWKI** – İsviçre Isı ve Klima Mühendisleri Birliği (Schweizerischen Verein Von Wärme -Und Klima- Ingenieuren)
- SMACNA** – Sheet Metal And Air Conditioning Contractors National Association
- TSE** – Türk Standartları Enstitüsü
- UV / UVGI** – Ultraviyole
- URS** – Kullanıcı İstekleri (User Requirement Specification)
- UNE** – İspanyol Standatları (Asociación Española de Normalización)
- VDI** – Alman Mühendisler Birliği Kuralları (Verein Deutscher Ingenieure)
- VAV** – Değişken Hava Debisi (Variable Air Volume)
- WHO** – Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

## 1.BÖLÜM

### GİRİŞ

İnsanların en temel yaşam kaynağı tartışmasız solduğumuz havadır. Gelişen teknoloji ve bu teknolojinin insanlar tarafından yanlış kullanımı hava kirliliğine sebebiyet verebilmektedir. Bu durum insanların toplu olarak yaşadığı mahallerdeki havanın şartlandırılması ihtiyacını doğurmaktadır. Tıp bilimi insanların var olan hastalıkları yenebilmeleri için gerekli olan ilaçları ve teknolojiyi başarıyla geliştirmektedir. Ancak bu teknoloji ameliyathane, yoğun bakım, ilaç fabrikaları ve laboratuvar gibi temiz oda kapsamında bulunan bu mahallerde uygun hava şartlarında kullanılmaz ise maddi kayıplara ve daha da önemlisi ölümlere yol açabilmektedir.

Hastanelerde enfeksiyon açısından yüksek riske sahip bir çok steril mahal vardır. İklimlendirme ve havalandırma sistemleri bu steril mahallerdeki enfeksiyon riski üzerinde önemli rol oynamaktadır. Hijyenik ortamlarda enfeksiyon değişik yollar ile bir yerden diğerine geçmektedir. Enfeksiyon geçiş yolları arasında hava yolu ile enfeksiyon geçişi iklimlendirme ve havalandırma sektöründe çalışan makina mühendislerini yakından ilgilendirmektedir. Steril mahaller için kullanılan iklimlendirme ve havalandırma sistemleri sıcaklık, nem, taze hava oranı gibi konfor parametrelerine ilaveten; partikül sayısı, mikroorganizma tipi, mikroorganizma sayısı, mahaller arası basınç farkları, hava hızı ve dağılımı gibi parametreleri de dikkate alacak şekilde tasarlanmalıdırlar.

Hastane havasının hijyenik olması hasta ve hastane ekibi sağlığı üzerinde büyük önem taşımaktadır. Hastanedeki hijyenik ortamlar içinde en büyük riski ise ameliyathaneler taşımaktadır. Ameliyat sırasında enfeksiyon yaratan kirlilik ameliyat bölgesine iki şekilde taşınabilir. Bunlar direk temas ve hava yoluyla taşınma olarak olabilir. Bu taşınma sonucunda da ameliyat bölgesi enfeksiyonu görülebilir ve bu durum ameliyatın başarısız olmasına, hastanın tekrar tedavi görmesine hatta ameliyatın türüne bağlı olarak, hastanın hayatını kaybetmesine varan sonuçlar doğurabilir.

Temiz odaların tasarımı esnasında mimari ile mekanik tesisatın birbiri ile uyumlu olması gerekmektedir. Tasarım, imalat, montaj, devreye alım ve işletme esnasında konusunda uzman mimarlar ve mühendisler ile mutlaka çevre ve hijyen konusunda uzman bir doktorunda görüşleri alınmalıdır.



## 2.BÖLÜM

### HAVADA BULUNAN KİRLETİCİLER

Havada yaklaşık olarak %78 azot, %0,96 argon ve %0,03 oranında karbondioksit bulunur. Bunların yanında çok az oranlarda hidrojen, neon, kripton, helyum, ozon ve ksenon gazları ile değişken miktarlarda su buharı ve kirletici maddeler bulunmaktadır. Kirletici maddelerin büyük bir bölümü ise insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Termik santraller, maden ocakları, inşaat ve ziraatle ilgili faaliyetler, çeşitli endüstriyel tesisler ve ulaşım araçları gibi birçok kirletici unsur bulunmaktadır<sup>[1]</sup>.

#### 2.1.Kirletici Maddelerin Özellikleri

Havada bulunan taneciklerin adet olarak %99'unun çapları 1 µm'dan daha düşüktür. Durgun havada 1 ila 10 µm arasındaki çaplarda olan tanecikler sabit ve belirli bir hızla çökellerler. Ancak, normal hava akımları bu çaptaki tanecikleri, ihmal edilemeyecek bir süre havada asılı olarak tutar<sup>[1]</sup>.

Taneciklerin büyüklüklerini daha iyi anlayabilmek için birkaç örnek verecek olursak; saç telimizin çapı 59 µm ile 100 µm arasında değişir, gözle görebileceğimiz partiküller 10 µm'dan büyüktür. Cümle sonlarına koyduğumuz bir noktada çapı 0,3 µm olan yaklaşık olarak 2 milyonun üzerinde kurum parçacığı vardır. Ortamda bulunan kaba tozlar 10 ila 20 µm'dur. Kan partikülleri 14 mikron, tüberküloz basilleri 2-6 mikron uzunluğunda ve 0,5 µm genişliğindedir. Küf polenleri 1-10 µm arasındadır. Bakteriler ve sigara dumanı 0,3-10 µm arasında değişirler<sup>[2]</sup>.

#### 2.2.Temiz Odalardaki Kirleticiler

Zamanımızın %60 ile %90'ı kapalı mekanlarda geçer. Amerikan Çevre Koruma Örgütü'nün (EPA) yapmış olduğu ölçümler, dış ortamdan yalıtılmış modern binalardaki kötü iç hava kalitesinin, bizim kirli olarak sözünü ettiğimiz dış ortam havasına göre 70 kat daha tehlikeli olduğunu göstermektedir. Amerikan Alerji Uzmanları Birliği'nden yapılan açıklamaya göre; hastalıkların oluşması ve yayılması %50 oranında bozuk iç ortam hava kalitesinden kaynaklanmakta, alerjiden şikayet edenlerin 1/6'sı bu nedenle doktora başvurmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) bildirimlerine göre de dünya üzerinde bulunan yeni nesil binaların %30'luk bir kısmı, hasta bina sendromu olarak adlandırılan, iç hava kalitesindeki rahatsızlık verici kirliliğe sahiptir.

Normal bir insan yaklaşık olarak 0,5 m<sup>3</sup>/h havayı teneffüs ederken, bu çalışan insanda 8-9 m<sup>3</sup>/h'e çıkar. Günde yaklaşık olarak 22 000 kez nefes aldığımızı ve her nefeste de 40 000 ile 70 000 arası partikülün vücudumuza solunum yoluyla girdiğini düşünecek olursak, iç hava kalitesinin önemi ve filtrelerinin ön plana çıkmış olur<sup>[2]</sup>.

Temiz oda uygulamalarında ise daha çok kapalı ortamlardaki kirleticilerden söz etmek gerekir. 2 µm çapından daha küçük tanecikler insan ciğerlerinde tutunabilirler. Bu yüzden temiz oda tasarımcıları bu tür kirleticilerle ilgilenirler. 8 ile 10 µm çapından daha büyük tanecikler üst

solunum yolları tarafından ayrılır ve tutulurlar. Ara boyutlardaki kirleticiler ise akciğerin hava kanalları üzerine çöker. Burada hızla temizlenen tanecikler yutulur veya öksürükle dışarı atılır. Nefes alınan havadaki taneciklerin %50'si veya daha azı solunum yollarında çökler.

Kapalı ortamlarda bulunan eşyalar ve özellikle insanlar en önemli kirlilik kaynağıdır. Üstelik insan hareketleriyle ortama yayılan tanecikler büyük boyuttadırlar. Bir örnekle açıklamak gerekirse, kapalı ortamlarda normal hareket eden bir insan dakikada 0,3 µm çapında 1 000 000'un üzerinde tanecik yayabilir. En önemlisi de bu taneciklerden en az %0,1'inin çoğalabilen bakteri veya mikroorganizma olmasıdır. Emisyonlar özel elbiseler giyilerek azaltılabilir ancak, asla yok edilemez. Çizelgede insanın yaptığı harekete göre dakikada yaydığı tanecik sayısı verilmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere insan hareketsiz dururken bile dakikada yaklaşık olarak 100 000 adet tanecik yayabilmektedir.

**Tablo 2.1.** Aktiviteye bağlı olarak yayılan tanecik sayıları

İNSANIN YAPTIĞI HAREKETİN CİNSİ	TANECİK EMİSYONU / DAKİKA (d > 0,3 µm)
Ayakta veya oturarak hareketsiz durma	100 000
Oturarak başı, eli ve kolu hafifçe oynatma	500 000
Oturarak vücudu, kolu ve ayakları oynatma	1 000 000
Ayakta ve vücudu tam hareketli	2 000 000
Saatte 3,5 km hız ile yürüme	5 000 000
Saatte 6 km hız ile yürüme	7 500 000
Saatte 9 km hız ile yürüme	10 000 000
Spor veya jimnastik yaparken	15 000 000 – 30 000 000

Bunun yanında hapşırma, öksürme ve yüksek sesle konuşma bile birer kirlilik kaynağı olarak karşımıza çıkar. Çizelgede hızlı konuşan bir insandan yayılan tanecik adetleri hakkında bize fikir vermektedir.

**Tablo 2.2.** Aktiviteye bağlı olarak mikrop taşıyan partikül sayısı

GERÇEKLEŞTİRİLEN AKTİVİTE	İÇERDİĞİ PARTİKÜL SAYISI	MİKROP TAŞIYAN PARTİKÜL SAYISI
Bir kez hapşırma	1 000 000	39 000
Bir kez öksürme	5 000	700
Hızlı konuşma (dakikada 100 kelime)	250	40

Durum böyle iken temiz odalarda insan hareketlerinden oluşan kirliliği minimuma indirmek gereklidir. Bunun için özel olarak tasarlanmış elbiseler mevcuttur. Özellikle ameliyathanelerde bu elbiselerin kullanılması gerekmektedir.

Havanın hareketsizliğinden dolayı çökmüş tozun herhangi bir hava hareketi sebebiyle tekrar yükselmesi de bir kirlilik kaynağıdır. Havanın hareketlenmesine sebep olarak mahalde bulunan fazla sayıda personel ve bu personelin hareketliliği sayılabilir. Ayrıca günlük olarak yatak, çarşaf ve kılıflarının değiştirilmesi de çok sayıda parçacığın tekrar havalanmasına sebep olmaktadır. Hastanenin herhangi bir yerindeki yenileme ya da tamir işi de burada yaratılan parçacıkların diğer ortamlara taşınmasıyla

sonuçlanabilmektedir. Kirlilik kaynaklarından en önemlisi, klima ve havalandırma sisteminin mikro-organizmalar tarafından istila edilmesidir. Hastane ortamlarında hijyen, klima ve havalandırma sistemiyle sağlandığından problemlili bir sistem ile hijyenin sağlanması imkansız hale gelmektedir. Sistemde özellikle ıslak filtreler, drenaj tavaları, nemlendiricileri gibi suyun mevcut olduğu yerler ile mikro-organizmaların yerleşmesini kolaylaştıracak pürüzlü ya da gözenekli yüzeyler mikro-organizmaların yerleşimi için uygun yerlerdir. Bu gibi yerlere gerek tasarım gerekse işletme sırasında gerekli önem verilmelidir.

### **2.3. Temiz Odalarda Kirliliği Azaltma Yöntemleri**

Hastane hijyenik ortamlarında oluşan kirliliği azaltmak için alınması gereken önlemler, personel tarafından ve havalandırma sistemleri açısından alınacak önlemler olarak iki başlık altında incelenebilir. Personel tarafından alınması gereken önlemler daha çok uygulama anında gerçekleştirilirken, klima ve havalandırma sistemi açısından alınması gereken önlemler genellikle sistemin kurulumu ya da tasarımı sırasında kararlaştırılmalı ve uygulanmalıdır.

#### **2.3.1. Personel Tarafından Alınması Gereklili Önlemler**

Hareket halindeki her insanın ortama parçacık yaydığından önceki başlıklarda bahsedilmişti. Hastanelerdeki hijyenik ortamlarda görevli personel de ortam içinde çalışırken ortama parçacık yaymaktadır. Parçacık yayımını en aza indirmek için hijyenik ortamda görevli personel mutlaka maske, başlık, galoş, eldiven, önlük gibi parçacık geçirmeyen özel dokuma ile üretilmiş koruyucu kıyafetleri kullanılmalıdır. Bu tarz kıyafetler personelden ortama ve dolaylı olarak hastaya parçacık geçişini en aza indirirken, hastadan da personele benzer geçiş engellemenekte, hastayı personelden koruduğu gibi personeli de hastadan korumaktadır.

Personelin hijyenik ortam içindeki hareketi en alt seviyede tutulmalıdır. Çünkü fazla hareket personel üzerindeki ya da yerdeki çökmüş tozun tekrar havalanmasıyla sonuçlanmaktadır. Ayrıca hijyenik ortama dış mahallerden parçacık girişinin de engellenmesi için hijyenik ortama giriş-çıkış mümkün olduğunca az yapılmalıdır<sup>[3]</sup>.

Hijyenik mahal içindeki ve hijyenik mahal ile çevre mahaller arasındaki hareketi azaltmak için hijyenik ortamda mümkün olduğunca az sayıda personel görevlendirilmelidir. Bu şekilde hem hareketlilik azaltılacak, hem de kişi sayısına bağlı olarak personelden yayılan parçacık sayısında da azalma görülecektir<sup>[3]</sup>. Hijyenik mahal personelinin dikkat etmesi gereken en önemli konu, hastaya dokunan her şeyin kullanımdan önce ve sonra sterilizasyonunun yapılması, atılacak cihazların ise mümkün olduğu kadar çabuk kirli cihaz odalarına gönderilmesidir. Böylece hastalar arası ya da hastadan personele mikrop geçiş engellenebilir.

### 2.3.2. Klima ve Havalandırma Sisteminde Alınması Gerekli Önlemler

Hastanelerin hijyenik ortamlarında havanın hijyenik olması ortama verilen temiz hava ile sağlandığından, klima ve havalandırma sisteminin temizliği dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardandır. Sistemin işletilmesi sırasında özellikle nemin ve suyun toplandığı drenaj tavaları, nemlendiriciler ve kanal izolasyonları gibi noktaların periyodik kontrolleri yapılmalıdır. Sistemde mikrobiyolojik yerleşim için riskli noktalarda, sistemin tasarımı ve inşası sırasında anti-bakteriyel malzemeler seçilmeli ve kullanılmalıdır. Hijyenik ortamlar içinde, özellikle ameliyat odalarında, birçok standart ve kılavuz kitabında belirtildiği gibi düzgün hava akışı için laminer akım üniteleri kullanılmalıdır. Bu şekilde havanın akışı rahatça egzoz menfezlerine yönlendirilebildiği gibi oluşan parçacıklar da ortam içine yayılmadan ortamdan uzaklaştırılabilir. Ayrıca ortama verilen havanın temizlenmesi için 0,3 µm üzerindeki parçacık büyüklükleri için %99,97 verimlilikte HEPA filtreler kullanılması gerekmektedir. Havadaki parçacıklar mikro-organizmaların taşınması için çok iyi birer araç olduklarından parçacıkların temizlenmesi havanın mikro-organizmalardan büyük oranda arındırılması anlamına gelmektedir. Mantarlar, sporlar ve bakterilerin büyük çoğunluğu 0,3 µm'den büyük oldukları için kullanılan HEPA filtre sonrasında havadaki mikro-organizmalar büyük ölçüde engellenmiş olacaktır. Daha küçük mikro-organizmaların ise bir bölümü filtre tarafından tutulmuş parçacıklar üzerinde taşınmakta olduğundan havadaki canlıların küçük bir kısmı filtreden geçecektir. Filtreden geçen bu mikro-organizmaların dezenfeksiyonu içinse ultraviyole ışık ya da kanala verilecek az miktarda ozon gazı kullanılabilir. Ultraviyole ışınlar canlılar için zararlı olduğundan ultraviyole ışığa maruz kalan mikro-organizmalar ölmekte ya da uzunca bir süreliğine canlılıklarını yitirmektedirler. Ozon gazı da canlılar için toksik etki yaptığından ozon gazına maruz kalan mikro-organizmalarda da aynı sonuçlara rastlanmaktadır.

Ortamda sağlanan hijyenin korunması içinse, mahal içindeki kirleticilerden ortama yayılan parçacıkların da temizlenmesi gerekmektedir. Bu parçacıkların havadaki konsantrasyonlarının düşürülebilmesi için, ortama uygun oranlarda hava sağlanması gerekmektedir. Yeterli hava değişim sayıları sağlandığı zaman hem ortam, yaratılan parçacıklardan arındırılmış olacak, hem de ortama yeterli taze hava sağlanmış olacaktır.

Hijyenik ortamdan istenen basınç ilişkisini koruyacak debilerde hava egzoz edilmelidir. Ayrıca egzoz menfezlerinin yerlerinin seçiminde özen gösterilmelidir. Egzoz yapılırken ortam içerisindeki hava akışının ve ortam havasındaki parçacıkların egzoz menfezlerine yönlendirilmesi sağlanmalıdır. Tüm bu bahsedilen önlemler bir bütün içinde uygulandığı zaman hijyenik ortam içerisinde gerekli taze hava oranı sağlanmış ve ortam içerisindeki havanın temiz kalması garanti altına alınmış olmaktadır.

### 3.BÖLÜM

#### TEMİZ ODALARIN AMACI VE UYGULAMA ALANLARI

Temiz oda ve hijyenik ortam tanım olarak, partikül ve mikroorganizma sayısının kontrol edildiği, partikül ve mikroorganizmanın üretimi ve girişinin minimize edildiği, ayrıca sıcaklık, nem, basınç, hava hızı, debi vb. benzeri parametrelerin de kontrol edildiği kapalı bir ortamdır. Pratik olarak, hijyenik ortamlarda partikül ve mikroorganizma oluşumunun veya transferinin önüne geçilemez. Ancak ortama düşük partikül konsantrasyonuna sahip havanın verilmesi ve ortamdaki kirli havanın ortamdaki alınıması yoluyla ortamdaki partikül sayısı istenilen düzeyde tutulabilir.

Avrupa'da hastanelerde ameliyat sonrası kontaminasyon nedeniyle ölüm oranı %0,3 iken, yapılan iyileştirmeler sonucu oran %0,15'lere indirilmiştir. Yine bir İngiliz araştırma grubunun 5 yıl boyunca 19 hastanede kalça kemiği ve diz kapağı ameliyatlarında yaptığı araştırmalar sonucunda, 1 m<sup>3</sup> havadaki tanecik sayısı 400 olduğunda enfeksiyon oranı %4,5 iken, tanecik sayısı 20'ye indirildiğinde bu oranın %1,5'e indiği gözlenmiştir. Bu oran çok küçükmiş gibi görünse de hasta hayatının bu oranlar arasında gidip gelebileceği unutulmamalıdır.

Gelişen teknolojiyle birlikte uygulama alanları oldukça gelişen temiz oda uygulamalarına; laboratuvarlarda, ilaç ve gıda sektöründe, elektronik ve mikro işlemci üretimi alanlarında ve hastanelerde karşılaşılır. Temiz hava teknolojisi, birçok teknik uygulamalarda ve yaşam bilimi alanlarında önemli bir verimlilik faktörü olmuştur. Mikroçip teknolojisi, farmasötik üretimi ya da hastane havalandırılması ele alındığında temiz hava teknolojisi farklı anlamlara gelir. Taneciklerin uzaklaştırılması olayı bunların tek ortak yönünü oluşturur.

Temiz hava teknolojisi dendiğinde ise, taneciklerin uzaklaştırılmasının yanında birçok konu akla gelir. Örneğin mikroçip araştırmalarında kullanılan temiz odalar 0,1 µm çapındaki taneciklere odaklanmıştır. Farmasötik üretim tesislerinde çapraz kontaminasyonun etkileri çok önemlidir, hastanelerde ise mikrobiyolojik konular en başta gelir. Gıda endüstrisi de en az diğerleri kadar önemli bir konudur. Burada gıdanın tadı ve ömrü bakteri kontrolüyle sağlanır<sup>[4]</sup>.

#### 3.1.Tanımlar

**Steril alan:** Partiküler ve mikrobiyal bulaşma açısından belirli bir şekilde kontrol altında tutulan, içerisinde bulaşıcıların oluşmasını, birikmesini ve dışarıdan alana girişlerini azaltacak şekilde inşa edilen ve kullanılan alanlar.

**Hijyenik klima:** Steril alanların iklimlendirilmesi ve ortamda belirli bir temizlik sınıfı sağlanması amacıyla ihtiyaç duyulan havayı hijyen kurallarına uygun olarak şartlandıran (ısıtma, soğutma, nemlendirme ve filtrasyon) havalandırma ünitesi.

**HEPA filtre:** Partikülleri yüksek verimlilikte tutabilen, verimliliği 0.3 mikron ya da MPPS'ye göre belirlenen hava filtresidir (örneğin. H13 için MPPS'ye göre minimum % 99.95)

**Laminer akım:** Akım çizgilerinin birbirine paralel olduğu, karışma olmayan sadece 0,45 m/s (+/-) %20 – 0,36 ila 0,54 m/s hız dağılımı ile sağlanabilen türbülanssız, düzenli akış rejimi. Ameliyathanelerde termal şok ve boyun tutulması riski sebebiyle hız olarak 0,45 m/s kullanılmamaktadır. Ameliyathanede laminar akım, hızları çeşitli standartlarda 0,20 ila 0,35m/s arasında sınırlandırılmış, düşük türbülanslı ve tek yönlü doğrusal akımdır.

**Laminer akış ünitesi:** Ameliyathanelerde 0,20 ila 0,35m/s hızlarda çalışan düşük türbülanslı ve tek yönlü doğrusal akım sağlayan hava dağıtım ünitesi.

**Türbülanslı akım:** Ameliyathanelerde temiz havayı ortamda ölü hacim bırakmadan, karıştırarak homojen olarak mikroorganizma ve partiküllerin seyreltilmesi amacıyla kullanılan akım çizgilerinin birbirine paralel olmadığı, karışmalı akış rejimi.

**Koruma alanı:** Ameliyat masası, alet masaları ile üzerindeki steril malzemeler ve steril kıyafetli operasyon ekiplerini kapsam içine alan laminar akım ünitesinin izdüşüm alanı.

**Pozitif Basınç:** Steril alana, daha kirli çevre mahallerden hava kaçacağını önlemek amacıyla mahal hava basıncının komşu mahallere göre yüksek tutulması.

**Negatif Basınç:** Kirletici riski olan mahalden çevre mahallere hava kaçacağını önlemek amacıyla mahal hava basıncının komşu mahallere göre alçak tutulması.

**Septik alan:** Zararlı (bulaşıcı) mikroorganizma içeren ortam.

**Aseptik alan:** Zararlı mikroorganizma içermeyen ortam.

**Validasyon:** Hijyenik havalandırma sisteminin uygunluğunun ilgili standartlara (DIN 1946-4 ve ISO 14644-1 gibi) göre doğrulanması ve onaylanması.

**Hava değişim sayısı:** Steril alanda temizlik sınıfını sağlayan besleme havasının oda hacmine oranıdır.

**Partikül:** Mikron mertebesinde canlı cansız tanecik.

**Besleme havası:** Steril mahalle verilen şartlandırılmış hava.

**Dönüş havası:** Steril mahalde kullanıldıktan sonra tekrar kullanılması amacıyla klima santraline geri döndürülen hava.

**Taze hava:** İç hava kalitesini belirli bir seviyede tutmak amacıyla dış ortamdan alınan hava.

**Egzoz havası:** Steril mahalde kullanıldıktan sonra dış ortama atılan hava.

**Toksikolojik gereksinim:** hastanelerde kullanılan gaz halindeki kimyasal maddelerin (örneğin, anestezi gazları, ilaçlar vb.) zehirli etkilerinden koruma.

**Kontaminasyon:** Temiz olan bir ortama herhangi bir yolla kir ve/veya mikroorganizmaların bulaşması/bulaştırılmasıdır. İklimlendirme sistemlerinde bulaşma (kontaminasyon) mikroorganizmaların taşınmasını sağlayan hava ile oluşmaktadır.

#### 4.BÖLÜM

### AMELİYATHANELER, TİPLERİ VE STANDARTLAR

DIN standardına göre yüksek ve çok yüksek hijyen isteyen odalar Sınıf I, normal seviyede hijyen ihtiyacı olan odalar ise Sınıf II olarak ayrılmaktadır.

#### **Sınıf-I mahaller:**

Bu mahaller yüksek hijyen gerektiren mahallerdir. Bu mahallerin klima ve havalandırma sistemlerinin tasarımı safhasında sıcaklık, nem ve taze hava miktarına ilave olarak mahaldeki canlı ve cansız partiküllerin sayısı, hava dağılımı ve mahaller arası hava akış yönü de tasarım parametreleri olarak göz önüne bulundurulması gerekmektedir. Hastanelerde bulunan hijyenik mahaller şunlardır:

- Operasyon odaları,
- operasyon odalarına açılan tüm hacimler,
- steril malzeme deposu,
- hasta hazırlama alanı,
- uyandırma odası,
- yoğun bakım,
- doğumhane,
- yeni doğan,
- karantina odaları,
- özel bakım yatak odaları,

Not: Bu listede bulunmayan mahaller, hastane hijyen uzmanının kararı ile Sınıf I mahal sınıfına alınabilir.

#### **Sınıf-II mahaller**

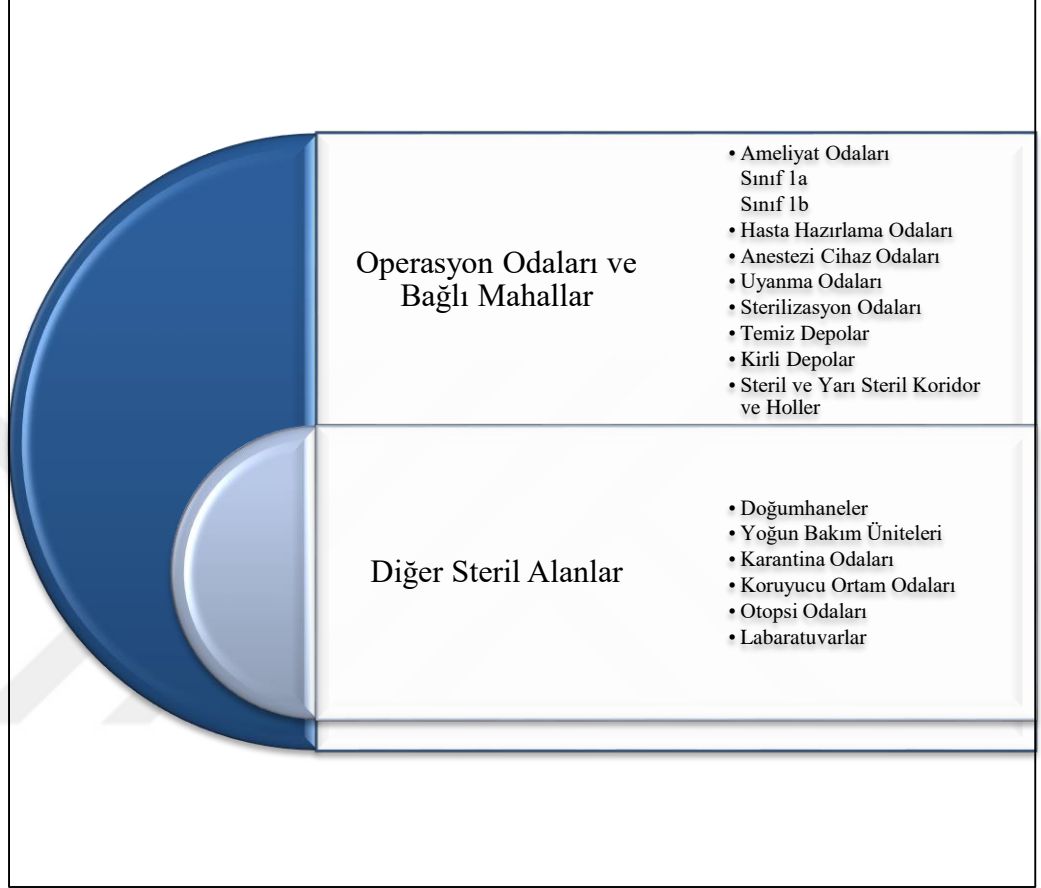
Sınıf-I mahallere göre daha az hijyen gereksinimi bulunan mahallerdir. Bu mahallerde konfor şartları daha fazla ön plana çıkmaktadır. Hastanede bulunan Sınıf-II mahallerden aşağıdaki örnekler verilebilir.

- Hasta yatak odaları,
- fizik tedavi alanları,
- muayenehaneler,
- koridorlar,
- eczane,
- kirli depolar,
- temiz malzeme deposu, banyo, WC, ıslak hacimler.

## 4.1.Hastanelerde Steril Alanlar

İklimlendirme ve havalandırma açısından ameliyat odaları ayrı teknik gerektirdiğinden, hastane steril mahalleri iki gruba ayrılmıştır:

- Operasyon odaları (ameliyathaneler) ve bağlı mahaller
- Diğer steril alanlar



Şekil 4.1. Hastanelerde Steril Alanlar (Ref: DIN1946-4)

### 4.1.1. Operasyon Odaları ve Bağlı Mahaller

Ameliyathaneler her türlü cerrahi operasyonun yapılabilmesi için tasarlanmış, ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) ve AIA (American Institute of Architects – Amerikan Mimarlar Enstitüsü) tarafından çeşitli alt bölümlerden oluşması önerilen önemli hijyenik alanlardır. Bu bölümler şunlardır;

#### 4.1.1.1. Ameliyat Odaları

Her türlü cerrahi müdahalenin yapıldığı alanlardır. Bir çok elektronik cihaz içermektedir. Ayrıca bünyesinde steril cihazlar da barındırmaktadır. Ameliyat odaları çeşitli standartlarda hijyen ihtiyaçlarına göre gruplandırılmışlardır. ASHRAE ve AIA yönergelerine göre ameliyat odaları üçe ayrılmaktadır. Lokal anestezi altında yapılan ikincil ameliyatlara için



kullanılmakta olan ameliyat odaları A Sınıfı'na girmektedir. Ancak lokal anestezi kullanılmasına rağmen damar içi girişimler, omurilik ya da beyin zarı ameliyatları ikincil ameliyatlar başlığı altında değerlendirilmemektedir. Ağızdan ya da enjeksiyon ile sakinleştirilmiş hastaların birincil ya da ikincil dereceli ameliyatlarının yapıldığı odalar ise B Sınıfı'na girmektedir. Mide, karaciğer gibi genel cerrahi ameliyatları bu sınıf ameliyat odalarında yapılmaktadır. C Sınıfı ameliyat odaları ise yaşam destek ünitelerinin kullanıldığı, genel anestezi altında yapılan ameliyatlar için kullanılmaktadır. En yüksek hijyen gereksinimi bu tip odalardadır. Bu odalarda yapılan ameliyatlar için organ nakli, kalp ya da ortopedik protez ameliyatları örnek verilebilir. DIN normuna göre ise Sınıf I kapsamında olan operasyon odaları istenen hijyen şartlarına göre Sınıf 1a ve Sınıf 1b olarak sınıflandırılır.

#### **Sınıf 1a Operasyon Odaları;**

Aşağıda sıralanan yüksek hijyenik şartlar gerektiren operasyonlar Sınıf 1a odalarda yapılacaktır. Bu odalarda laminer akımlı tavan kullanımı zorunludur.

- Ortopedik ve kaza cerrahisi,
- Genel cerrahi,
- Kalp ve damar cerrahisi,
- Nöroşirurji,
- Ürolojik cerrahi,
- Jinekoloji cerrahisi,
- Transplantasyon,
- Tümör operasyonları,
- Uzun süreli operasyonlar,

#### **Sınıf 1b Operasyon Odaları;**

Sınıf 1b odaların hijyen gereksinimleri, Sınıf 1a odalara göre daha azdır. Örneğin aşağıda sıralanan operasyonlar Sınıf 1b odalarda yapılabilir.

- Diyagnostik artroskopi,
- Mediastino ve torakozkopi,
- Sol kalp kateter ve muayeneleri,
- Schrittmacher-implantasyonları,
- Eximer laser

Not: Yukarıda belirtilmeyen operasyonlar ve küçük müdahaleler hijyen uzmanının onayı doğrultusunda Sınıf 1b odalarda gerçekleştirilebilir.

#### **4.1.1.2. Hasta Hazırlama Odaları**

Bu odalar hastaların ameliyat önlüklerini giydikleri, eşyalarını bıraktıkları ve hemşireler tarafından ameliyata hazırlandıkları odalardır.

#### **4.1.1.3. Anestezi Cihaz Odaları**

Anestezi odaları her türlü anestezi cihazının temizlendiği, test edildiği ve saklandığı odalardır.

#### **4.1.1.4. Uyanma Odaları**

Hastaların ameliyat ya da anestezi sonrası kendine gelmeleri ve ameliyathaneden yollanmadan önce tutuldukları odalardır.

#### **4.1.1.5. Sterilizasyon Odaları**

Cihazların sterilizasyonunun yapıldığı ve steril cihazların saklandığı alanlardır.

#### **4.1.1.6. Temiz Eşya Odaları**

Kullanılmamış çarşaf, koruyucu kıyafetler gibi eşyaların saklandığı alanlar bu tip odalardır.

#### **4.1.1.7. Kirli Malzeme Odaları**

Her türlü kullanılmış cihaz veya malzemenin temizlenmeye gönderilmeden ya da atılmadan önce depolandığı alanlardır.

#### **4.1.1.8. Koridor ve Holler**

Bu alanlar ameliyathane içinde bahsi geçen mahalleri birbirine bağlayan ve hastanenin diğer koridorlarına göre daha “temiz” olan geçiş mahalleridir.

### **4.2. Diğer Steril Alanlar**

#### **4.2.1. Doğumhaneler**

Doğumhaneler ameliyathanelerin belirli bir alan üzerine özelleşmiş bir türü olarak görülebilir. Geleneksel tasarlanmış doğumhanelerde anne; doğum kasılmaları başladığında sancı odasına, doğum başladığında doğumhaneye, doğumu takiben uyanma odasına, ardından da bebeği ile birlikte kalabilmesi için doğum sonrası odasına alınmaktadır. Fakat modern tasarlanmış doğumhanelerde; anne hiçbir şekilde yerinden kıpırdatılmamakta, doğumun aşamalarına göre gerekli cihazlar doğumhaneye getirilmektedir. Sadece sezaryen ameliyatları için anne daha donanımlı doğumhaneye götürülerek ameliyat sonrası tekrar odasına getirilmektedir.

#### **4.2.2. Yoğun Bakım Üniteleri**

Yoğun bakım üniteleri durumu kritik olan hastaların sürekli gözetim altında tutulduğu ve gerekli hallerde yaşam destek üniteleriyle desteklendiği mahallerdir. Ortam havasının hijyenik olması özellikle yanık bakım ünitelerinde büyük önem arz etmektedir.

#### **4.2.3. Karantina Odaları**

Karantina odaları özellikle hava yoluyla bulaşan bir hastalığa sahip olan hastaların muayene ve tedavilerinin yapıldığı odalardır. Bulaşıcı hastalığı yayabilecek mikro-organizmaların dış ortama çıkmasının engellenmesi için bu tip odalar sürekli negatif basınç altında tutulmalıdır.

#### **4.2.4. Koruyucu Ortam Odaları**

Bu tip odalarda ise herhangi bir sebepten (cerrahi müdahale, ilaç kullanımı, herhangi bir hastalık vb.) bağışıklık sistemi zayıflamış hastalar tutulur. Burada amaç bağışıklık sistemi zayıf hastanın ortamdan ya da başka bir hastadan herhangi bir mikrop kapmasını engellemektir. Oda içerisine dış ortamdan hava sızmasını engellemek için bu tip odalar sürekli pozitif basınç altında tutulmalıdır.

#### **4.2.5. Otopsi Odaları**

Otopsi odalarında kadavralara müdahalede bulunulduğundan oda içerisinden üretilen parçacık miktarı çok fazladır. Özellikle kemik kesimi gibi işlemlerde kullanılan elektrikli kesiciler çok fazla miktarda kemik tozunun ortama yayılmasına sebep olmaktadır. İnsan vücudunda yaşayan mikro-organizmalar, yayılan bu parçacıklarla taşınacağından, yaratılan bu parçacıkların hem ortamdan uzaklaştırılması hem de diğer mahallere yayılmasının engellenmesi gerekmektedir. Bunun için otopsi odalarında uygun noktalardan gerekli miktarlarda egzoz yapılmalı ve otopsi odaları negatif basınç altında tutulmalıdır.

#### **4.2.6. Laboratuvarlar**

Laboratuvarlarda hastalardan alınan vücut sıvıları ve doku örnekleri incelenmektedir. Bu örnekler enfeksiyon yayma riski taşıdığından örneklerden ortama yayılan parçacıkların temizlenmesi ve diğer mahallere taşınmaması büyük önem taşımaktadır.

### **4.3. Hastanelerin Sistem Tasarımında Kullanılan Uluslar Arası Standartlar**

Konfor uygulamalarında klima ve havalandırma sistemleri tarafından kontrol edilmesi gereken üç parametre vardır. Bunlar, sıcaklık, nem oranı ve hava değişim sayıları olarak sayılabilir. Oysa hijyenik ortamlar için tasarlanmış klima ve havalandırma sistemleri bu parametrelere ek olarak; havadaki parçacık ve mikro-organizma sayısını, hava hızını, hava dağılımını ve hijyenik mahal ile çevre mahaller arasındaki basınç ilişkisini de belirlenmiş değer aralıklarında kontrol etmelidir.

Bahsedilen bu yedi parametrenin kontrol aralıklarına ilişkin olarak standartlar ve kılavuz kitaplar bulunmaktadır. Birçok ülkede kullanılmakta olan standart ve kılavuzlar şunlardır<sup>[5]</sup>;

1. Temiz odalar için düzenlenmiş Amerikan standardı FED 209D ve 209E
2. Avrupa standardı ISO 14644-1,2,3,4,5,6,7
3. Hastane havalandırma sistemleri için düzenlenmiş Alman standardı DIN 1946/4
4. Hastane klima ve havalandırma sistemleri için düzenlenmiş İsviçre standardı SWKI-Guideline 99-3
5. Hastane klima ve havalandırma sistemleri için DIN 1946/4 ve SWKI 99-3 standartlarından yola çıkılarak hazırlanmış kılavuz, VDI 2167 ve VDI 2083
6. Fransız hastane havalandırma standardı NF S90:351
7. İngiltere hastane havalandırma standardı BS5295
8. Hastane mahalleri iç hava kalitesine ilişkin Brezilya standardı NBR 7256
9. İspanyol havalandırma standardı UNE100713:2003
10. Hollanda'da kullanılan hastane tasarımıyla ilgili kılavuz CBZ
11. Hastane tasarımına mimari, mekanik ve elektrik açılarından yaklaşımlarda bulunan AIA Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities – Sağlık Binaları Tasarım ve İnşa Kılavuzu
12. ASHRAE tarafından yıllık olarak yayınlanan el kitaplarından ilgili bölümlerdeki yönergeler ve ASHRAE HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics – Hastane ve Klinikler için İklimlendirme ve Havalandırma Sistemleri Tasarımı El Kitabı
13. CDC (Centers for Disease Control and Prevention – Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri) yönergeleri
14. HICPAC (Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee – Hastane Enfeksiyon Kontrol Uygulamaları Danışmanlık Komitesi) kılavuzları

Ülkemizde ameliyathane hijyenik havalandırma sistemlerinde uygulanmak üzere TSE tarafından DIN 1946-4 Alman standardının 1989 yılı versiyonu Türkçeye çevrilerek yayınlanmıştır. Ancak Almanya'da 1999 yılında DIN 1946-4 standardının daha yeni versiyonu yayınlanmış olup son olarak Robert Koch Enstitüsüne (RKI) ait yönetmeliğin değişen verileri doğrultusunda yayınlanan DIN 1946-4 Nisan 2005 taslağı görüş bildirimine sunulmuştur<sup>[6]</sup>.

Ülkemizde hijyenik alan proje, tasarım ve uygulama alanında faaliyet gösteren tesisat mühendisleri, temel olarak DIN 1946-4 ve ASHRAE standartlarını esas almaya gayret göstermektedir. Ancak sektörde standartların iyi algılanamamasından dolayı uygulamada yetersizlikler ve tutarsızlıklar sergilenmektedir. Bunların yanında, tasarım ve kurulum aşamasından itibaren standartlarla en küçük bir ilişkisi bulunmayan havalandırma sistemlerine sahip pek çok ameliyathane ve yoğun bakım ünitesi, gözle denetim ve kontrolden geçerek Sağlık Bakanlığımızdan ruhsat almakta ve işletilmektedir. Çoğu denetimde havalandırmanın "HEPA filtreli" olması onay için aranılan yegane ve yeterli kriter olarak görülmektedir.

Avrupa tarafından yeni gelişmeler sonucu yavaş yavaş terk edilen DIN 1946-4 standardının 1999 versiyonuna ülkemizde deneyimli teknik kadrolar tarafından uyulsa bile, geçerli ölçüm ve kabul kriterlerine göre uygunluk/doğrulama (validasyon) testlerinin teslim aşamasında bir mecburiyet

olmamasından dolayı, çoğu zaman yapılan uygulama hataları tespit edilememektedir. Bunun yanı sıra hastane yatırımcılarının genel olarak maliyet kaygısı veya mesnetsiz güvenden dolayı uygulayıcılarda uzmanlık ya da konu ile ilgili yeterlilik kriteri aramaması, kabul aşamasında standarda uygun ölçüm ve uygunluk testi kriterlerinin bilinmemesi / istenmemesi toplum sağlığını tehlikeye sokmakta ve ülke kaynaklarının israfına yol açmaktadır.

## 5.BÖLÜM

### TEMİZ ODA TASARIM PARAMETRELERİ

İyi bir temiz oda tasarımı, binanın mimari projelendirmesi ile başlar. Bu aşamada temiz odaların konumları belirlenirken çevre mahallerinde işlevleri iyi analiz edilmelidir. İnşaat aşamasından odanın yapı malzemesine kadar dikkat edilmesi gereken çok önemli hususlar vardır. Daha sonraki aşama ise binanın ve odanın mekanik havalandırma tesisatı ve çalışanların eğitilmesi konusudur. Sistemin işletme şartları, servis ve bakım faaliyetleri, ortamda kullanılan cihazlar ve özellikleri dikkat edilmesi gereken diğer parametrelerdir. Temiz ve steril üretim alanları planlanırken özellikle iklimlendirme sistemi, yer kaplaması, duvar ve tavan panelleri, aydınlatma ve otomatik kontrol sistemi bir bütün olarak kabul edilmelidir. Odanın temizlik (hijyen) sınıfı belirlenirken bu işlemler tamamıyla birbirine bağlantılıdır. İyi bir temiz oda tasarımının ana, kurulum ve işletme maliyetlerini makul bir düzeyde korurken bu faktörleri kontrol etmektir.

Hem kurulum hem de işletme maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla, gerekli miktarda koşullandırılmış hava ve etkili bir hava dağılımı, kabul edilebilir bir çevre için temel gerekliliktir. Çoğu uygulamada odanın tamamının en yüksek standartta tutulmasının gerekli olmadığı akılda tutulmalıdır. En yüksek temizlik koşulları gerektiren alana kadar iyileştirme planı hazırlanmalıdır. Bu şekilde montaj maliyetlerinin yanı sıra işletme maliyetleri de düşecektir.

Ameliyathaneler, ilaç üretimi, medikal gereçler ve dalların yan sanayisinde ürünü veya ortamı mikroorganizmalardan, toz taneciklerinden ve zararlı gazlardan korumak ve bunları en az seviyeye indirebilmek için belirli koşullar sağlanmalıdır. Ürünün, üretim gereçlerinin ve personel akışının belirlenmesi, üretim alanlarının yapılandırılması, iklimlendirilmesi, hava akımının ve basınçlarının kontrol altında tutulması ve bu alanlarda çalışacak olan personelin çalışma kurallarına uyması bu koşulların başında gelir.

Standart bir havalandırma ve iklimlendirme sisteminde, tasarım parametreleri olarak taze hava miktarı, sıcaklık ve nem karşımıza gelirken; temiz oda uygulamalarında karşılaşılan tasarım parametreleri oldukça karmaşık bir yapıdadır. Temiz odada ne gibi bir işlem yürütüleceği ve bu yürütülecek işlem için ortamda bulunabilecek maksimum tanecik derişimi ve çapı tasarımda dikkate alınması gereken parametrelerin başında gelir. Bir diğer önemli parametre ise oda basıncı ve odadaki hava hızıdır. Bunların yanında sıcaklık, nem, ses şiddeti, titreşim ve statik elektrik dikkat edilmesi gereken diğer parametrelerdir.

Temiz odalarda iklimlendirme sisteminin görevlerini genel olarak aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Bu ortamlara toz taneciklerinin girmesini önlemek,
- İstenilen düşük toz oranını tüm ortamda homojen bir şekilde sağlamak,
- Yapılacak iş için gerekli olan sıcaklığı sağlamak,
- İstenen nem oranını sağlamak,
- Gerekirse sıcaklığı ve nem oranını dar toleranslar içinde tutmak,
- Yapılacak işten kaynaklanan atık havayı çevreye zarar vermeyecek şekilde dışarıya atmak,
- Odalar arasındaki basınç farklılıklarını sağlamak,
- Yapılacak işe bağlı olarak ortamdaki pozitif ve/veya negatif basıncın, kapıların açılması veya ortamdan aralıklı olarak proses havası atılmasına rağmen, sabit değerler içinde kalmasını sağlamak,
- Kullanım haricinde de ortama toz girmesini önlemek,
- Üründen çıkan maddelerin çalışan personele zarar vermesini önlemek,
- Çapraz kirlenmeyi önlemek,
- Bu tip ortamlarda çalışan insanların yüksek hava değişim katsayılarına rağmen konforunu sağlamak,
- Özellikle ameliyathanelerde çalışanların konsantrasyonunun bozulmaması için yüksek hava debisine rağmen gürültü seviyesinin en düşük seviyede olmasını sağlamak,
- Uzun vadede ortamda ve iklimlendirme sisteminin içinde mikroorganizma ve toz birikiminin oluşmasını engellemek,
- Ortamda istenen şartların sürekli olarak güvenilir bir şekilde olmasını sağlamak,
- Sistemin durmasının en düşük seviyede olmasını sağlamak,
- Enerji sarfiyatını en düşük seviyede tutmak,

Yatırım masraflarını düşük tutmak için kullanılan ucuz ve kalitesiz malzemeler, eksik projelendirme, yukarıda belirtilen işleri aksatacağından ve/veya enerji masraflarını gereğinden çok daha fazla yükselteceğinden, yatırımcının kısa ama en geç orta vadede zarar görmesi kaçınılmaz olacaktır<sup>[7]</sup>.

## **5.1. Basınçlandırma ve Hava Akış Yönleri**

### **5.1.1. Farklı Basınç Bölgeleri**

Ameliyat odaları hastanelerdeki en temiz ortamlardandır. Hava akışını sürekli olarak temiz ortamdan daha kirli ortama doğru yönlendirmek için ameliyat odaları pozitif basınç altında tutulmalıdır. Bir ameliyat odasına sadece steril cihaz odalarından infiltrasyona izin verilebilir. Çünkü steril cihaz odalarında da en az ameliyat odaları kadar temiz bir ortam oluşturulmalıdır. Ameliyat odaları bu mahal dışındaki bütün komşu mahallere hava akışını sağlayacak şekilde basınçlandırılmalıdır. Bu basınç ilişkisinin korunabilmesi için havalandırma sisteminin sürekli çalışır durumda tutulması gerekmektedir. Ameliyat odasının kullanılmadığı durumlarda sistem, basınç ilişkisi korunduğu sürece, enerji tasarrufu için sistem düşük debilerde çalıştırılabilir.

Temizlik sınıfı veya fonksiyon yönünden farklı bölümlerin iç hava kalitelerinin birbirlerine karşı korunması hava akışının yönlendirilmesi ile sağlanmaktadır. Klima sistemleri tasarlanırken üfleme-egzoz hava debilerinin uygun şekilde ayarlanması ile odalarda pozitif, negatif, nötr basınçlı bölgeler oluşturulur ve aradaki debi farkı önceden belirlenmiş menfez, kapı vb. yollarla tahliye edilir.

Basınçlı bölge bileşenlerini, debi, hava akış yönü, sızdırma alanları ve akış basıncı oluşturur. Ana prensip olarak, normal operasyon odası çalışma şartlarında tüm açıklıkların zorunlu haller dışında kapalı tutulmaları esas alınarak, kapı ve pencereler kapalı halde iken, kapı kasası-duvar birleşimi, kapı kanatları-kasa arasındaki alt, üst ve yan boşluklar ile kanatlar arası kapanma boşlukları ve benzer boşlukları kapsayan pencerelerin çevre boşluklarından sızmasına izin verilen hava yardımıyla istenen basınç farkı sağlanır.

Farklı basınç bölgelerini belirleme kriterleri olarak, odalar arası hava akışı “hijyenik nedenlerden dolayı yalnız yüksek dereceli şartlar gerektiren mikroorganizmasız odalardan, normal şartlar gerektiren mikroorganizmasız odalara doğru olabilir” genel prensibinden hareketle, hava akış yönüne göre, temiz mahallerde pozitif (+), az kirli mahallerde nötr ( $\pm$ ), çok kirli mahallerde negatif (-) basınç bölgeleri oluşturulur. Ameliyathane örnekleme yapılsa, septik bir ameliyathanede nötr ( $\pm$ ) veya aşırı enfeksiyonel durumlar söz konusu ise negatif (-), aseptik ameliyathanelerde pozitif (+) basınç bölgeleri olması gerekir.

Mahaller arası basınç farkı için ASHRAE 2,5 – 7,5 Pa aralığındaki değerleri ya da bir mahalden diğerine 35 – 47 l/s hava akışı sağlanmasını önermektedir<sup>[9]</sup>. DIN, mahaller arası uygun hava akış yönünü korumak için mahale, duvarlardaki metre açıklık (kapı ve pencere açılır uzunlukları) başına 20 m<sup>3</sup> fazladan hava sağlanmasını önermektedir<sup>[8]</sup>. AIA ise gerekli hava akışının sağlanabilmesi için mahaller arasında minimum 2,5 Pa basınç farkı yaratılması gerektiğini söylemektedir<sup>[10]</sup>.

### **5.1.2. Pozitif Basınç Bölgesi Uygulaması**

Tasarım sürecinde prensip olarak, üfleme havasının belirlenen bir oranı egzoz havası olarak ayrılıp, geriye kalan havanın ameliyathanede meydana getirdiği iç basınç sayesinde, oda ile komşu hacim arasında arzu edilen basınç farkının oluşması için bu havanın kapı aralıkları, pencere vb. olası açıklıklardan kontrollü olarak sızdırılması yöntemiyle iki bölüm arasında pozitif basınç meydana getirilir. Pozitif basınçtaki amaç, basınçlandırılan bölüme komşu bölümden hava girişinin önlenmesi olarak özetlenebilir. Standartlara uygun uygulama örnekleri, tecrübe ve kabullenme verilerine göre genellikle, toplam havanın %10-15’i oda havası, %85-90’ı egzoz havası olarak ayrılır. Örneğin; %10 oranı, uygulama dilinde %10 (+) pozitif basınçla çalışan ameliyathane olarak adlandırılır. Buradaki, odada bırakılan %10-15 hava (rezerv hava) “ameliyathane ve komşu bölüm arasında müsaade edilen sızıntı alanlarından, iki bölüm arasında arzu edilen büyüklükteki basınç farkını gerçekleştirmeye yetecek miktarda hava debisi” anlamını ifade eder. Sızıntı hali, akış yolu olarak kabul edilen yapı elemanlarının kapalı durumda iken

kapanma boşluğu, yarık, çatlak vb. açıklıklarından komşu bölüme hava geçişi durumudur. Ancak, ameliyathane uygulamalarından görüyoruz ki; doğrudan kabullenme verilerine dayanarak, basınç farkı için rezerv edilmiş %10-15 hava miktarının, “akış yolları dikkate alınmaksızın, basınç farkını oluşturacak yeterli sızıntı miktarını karşıladığı varsayılarak” sistem tasarımı yapılmakta ve tabii ki arzu edilen basınç değerine ulaşmak mümkün olmamaktadır. Rutin operasyonlar için türbülanslı aseptik bir ameliyathane havalandırma debisi hesabında, DIN 1946 esasları doğrultusunda min. 1200 m<sup>3</sup>/h taze hava olmak üzere min. 2400 m<sup>3</sup>/h toplam hava debisine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu ameliyathane %10 (+) pozitif basınçlı bölge yapılmak istenildiğinde; 2400 m<sup>3</sup> üfleme havasının 2160 m<sup>3</sup>/h’i egzoz edilerek, “akış yolları alanı” hesap edilmeksizin içeride kalan 240 m<sup>3</sup> hava ile basınçlı bölge oluşturulduğu kabul edilmekte ve bu sonucun sağlandığı sanılmaktadır. Hâlbuki örnek hesaplamalar sonucundan anlaşılacağı üzere, 240 m<sup>3</sup> havanın, akış yollarının belirli özellikleri taşıması durumunda yeterli olacağı görülecektir. Her ne kadar %10-15 / 85-90 oranı, prensip olarak tasarım başlangıcı için uygun bir değer olmasına rağmen, hesaplama yöntemiyle doğrulandıktan sonra debi oranlarının belirlenmesi doğru olacaktır<sup>[11]</sup>.



**Tablo 5.1. Oda Kullanım Alanları ve Açıklamaları (Ref: VDI 2167-Kısım 1)**

Odanın Kullanımı	Açıklamalar / Gerekşinimler	Koruyucu Ölçüler
Steril bakım (koruma odaları)	Steril koruma odaları immün sistemi düşük olan hastaların korunması için kullanılır. (örneğin kemik iliği nakli öncesi ve sonrası). Hava kaynaklı mantarlar ve sporlar başlıca risk oluştururlar. Bu sebeple risklerin düşürülmesi amacıyla terminal HEPA filtrelerin (H13) kullanımı kayda değer bir fayda sağlamaktadır. Kemik nakli yapılan hastaların diğer organ (kalp, böbrek, akciğer, karaciğer) nakli yapılan hastalara oranla enfeksiyon kapma riski daha yüksektir.	Pozitif basınç Dış hava miktarı >100 (m <sup>3</sup> /h*kişi) H13 terminal filtre
Tam steril koridor (OP. Odası ile bağlantılı)	Saklanan materyallerde dolaylı kontaminasyonu önlemek amacıyla ortam havasındaki mikroorganizma yükü azaltılmalıdır. Ekipman masaları daima cerrahi koşullara hazırlıklı olmalıdır.	Pozitif basınç Dış hava miktarı >100 (m <sup>3</sup> /h*kişi) H13 terminal Filtre-tek yönlü olmayan akış yeterli
Steril depo (OP. Odası ile bağlantılı olmayan)	Saklanan materyallerde dolaylı kontaminasyonu önlemek amacıyla ortam havasındaki mikroorganizma yükü azaltılmalıdır. Ekipman masaları daima cerrahi koşullara hazırlıklı olmalıdır.	Pozitif basınç Dış hava miktarı >100 (m <sup>3</sup> /h*kişi) F9 terminal filtre tek yönlü olmayan akış yeterli
Anjiyografi, Kalp kateter laboratuvarı, İkinci derecede yabancı madde girişi yapılan cerrahi anjiyografi,	Güvenlik nedeniyle, koroner stentleri, TIP'ler ve endo-aort gibi protezlerin takıldığı,implantların yapıldığı anjiyografi odaları ve kalp kateter laboratuvarlarında implant kullanılmayan bölümlerden daha yüksek bir hava kullanılacaktır. Cerrahi anjiyografi yakın gelecekte daha büyük bir önem kazanacaktır. Özellikle, yabancı maddelerin vücut içine implant edilme olasılığının daha da artması tahmin edilmektedir. Kural olarak vücuda implant edilen bu yabancı maddeler tekrar vücut dışına çıkarılmaz. Bu durumda enfeksiyondan korunma çok büyük önem taşır.Hastanın derisi ve hava ile taşınan mikro organizmalar enfeksiyonun kaynaklarıdır.	Pozitif basınç Dış hava miktarı >100 (m <sup>3</sup> /h*kişi) F9 terminal filtre tek yönlü olmayan akış yeterli
Organ nakli alıcıları için ameliyat sonrası odaları	Hastanın korunması yüksek derecede önceliklidir. Bu odalardaki hava aspergillus sporları azlığı bakımından olabildiğince uygun olacaktır. Oda çevreye göre pozitif basınçta tutulur. Pasif bir hava kilidinden giriş tavsiye edilir. Özellikle hastanenin inşaatı sırasında bunu hedeflemenin önemi büyüktür. Bununla beraber, günlük servis sırasında bile, havadaki aspergillus derişiminin mevsimsel değişimleri nedeniyle mikroorganizmalardan korunmuş bir alan gerekmektedir.	Pozitif basınç Dış hava miktarı >100 (m <sup>3</sup> /h*kişi) F9 terminal filtre
Yoğun bakım üniteleri (yenidoğan dahil)	Odada enfeksiyon taşıyan hastanın bulunması durumunda aerosol ya da ara sıra da damlacıkların bulaşması riskini hariç tutarsak, yoğun bakım ünitelerinde hava ile enfeksiyon kapma riski düşüktür. Burada tüberküloz ve varicella örneğini verebiliriz. Bu durumdaki hastaların yoğun bakım alanlarında karantinaya alınması önerilir.	Pozitif basınç F9 terminal filtre özel koruma durumunda H13
Enfeksiyon hastaları için izolasyon odası (tüberküloz, varicella vb.)	Diğer hastalar ve personelin korunması yüksek derecede önceliklidir. Mikrobiyal açıdan kirlenmiş olan hava diğer odalara yada hastane havalandırma sistemine karışmamalıdır (negatif basınç). Oda havası hızla mikroorganizma konsantrasyonunu düşürebilecek etkinlikte olmalıdır.	Negatif basınç H13 çekme havası filtresi F9 resirkülasyon filtresi
Yüksek aktiviteli ilaçlar için nefes alma odaları	Personelin korunması yüksek derecede önceliklidir. Nadiren kullanılırlar (özel klinikler). Tüberküloz bakterisinin serbest olarak ortamda bulunabileceği durumlar	Negatif basınç Yönlü akış
Hasta odaları	Normal hasta odaları doğal havalandırma yada ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemleri ile havalandırılabilir. (Psikiyatri kliniğinde ve özel sigara alanlarında sigara içilebileceği göz ardı edilmemelidir.) Taze hava gereksinimi; Genel odalarda (sigarasız) Sigara alanlarında Psikiyatri	36 m <sup>3</sup> /(h.kişi) 72 m <sup>3</sup> /(h.kişi) 72 m <sup>3</sup> /(h.kişi)
İkincil müdahale, dermatoloji,yaralanma vb. acil müdahaleler için	Enfeksiyon tehlikesi oldukça azdır. Havalandırma ile ilgili artırılmış bir talep ile karşılaşılmaz. Odaların müdahale odası ya da ameliyat odası olarak sınıflandırılması müdahalenin tipine bağlıdır.	
Acil işlem	Acil birimlerinde Muayene odaları ve günlük odalar için artırılmış havalandırma talepleriyle karşılaşılmaz. Küçük cerrahi müdahaleler yapılmak üzere kullanılacak odalar bunlardan hariçtir. Aktif pulmoner (akciğer) tüberkülozlu ya da hava ile bulaşmaya neden olacak diğer enfeksiyon taşıyan hastalar bu gibi acil birimlerimde çok seyrek görülmeyeceğinden bir kapı yardımıyla acilden izole edilebilecek bir oda, yeni ve modifiye edilen acil bölümlerine konulmalıdır. Bu oda izolasyon odalarındaki gibi havalandırılmalıdır.	
Gözlem odası Toparlanma odası	Bu odaların havalandırma sistemleri hastane hijyeni açısından yüksek gerekliliklere ihtiyaç göstermez. Yüksek oranda anestezi gazı solunması durumunda taze hava miktarı;	150 m <sup>3</sup> /h.yatak
Doğum odaları	Normal doğum yaptırılan odalar için normal bir havalandırma sistemi yeterlidir. Doğum esnasında oluşabilecek kötü kokuların yayılmaması açısından negatif basınç sağlanmalıdır. Ancak sezaryen ameliyatı yapılan doğum ameliyathaneleri Sınıf 1b operasyon odalarının performans özelliklerine sahip olmalıdır.	Negatif basınçlı havalandırma

### 5.1.3. Basınç Değerleri

Tasarım sürecinde sadece teorik bilgilerle değil, ortam özelliği ve mimari yerleşimdeki komşu bölümlerin özellikleri dikkate alınarak, tecrübe veya örnek tablolarla belirtilen değerlerde basınç farkı seçimi yapılabilir. Temiz oda basınç fark değerleri için min.10 Pa (FED 209B, BS 5295), max.30 Pa (ISO 14644-1) değerlerine göre ortalama 15 Pa kabul değeri doğrudan alınabileceği gibi, Tablo 5.2 değerleri de doğrudan kullanılabilir veya bölüm özelliği ile mimari yerleşim göz önüne alınarak uygun bir değer kabul edilebilir.

**Tablo 5.2.** Mahaller arası statik basınç farkı<sup>[8]</sup>

Uygulama	Statik Basınç Farkı (Pa)
Genel	Oda ile çevresi arasında min. 12 Pa basınç farkı
Temiz oda ile az kirlenmiş mahal arası	Min. 12 Pa basınç farkı
Kirlenmemiş mahal ile az kirlenmiş mahal arası	12 Pa basınç farkı
Az kirlenmiş mahal ile soyunma mahalleri arası	2,5 Pa basınç farkı

Asma tavan arası operasyon odasına göre negatif basınçta olmalıdır, operasyon odasının kapısının açık olduğu durumda bile bu şart sağlanmalıdır. Odalar arası basınç değerleri, filtre tıkanmaları ve otomasyon sisteminin her sistemde buna hassas olarak cevap veremeyebileceği düşünülerek emniyetli bir değere ulaşmalıdır. Tavsiye edilen basınç değerleri;

- Sınıf 1a operasyon odaları;  $2,5 > P > 7,5$  Pa (sıkça gerçekleşen kapı açılmalarında laminar akışta bozucu etki oluşturmaması için basınç değeri düşük tutulmalıdır).
- Sınıf 1b operasyon odaları ve diğer küçük müdahale odaları ;  $> 6$  Pa.
- Koruma odaları (kemik iliği nakli, immünespresif hasta odaları) ;  $> 6$  Pa.
- İzolasyon odaları (örneğin. İlaça çok dirençli tüberküloz, radyo nükleitler, Afrika gribi vb.);  $< -6$  Pa (Negatif)
- İçerisinde yüksek ve alçak basıncın seçilebildiği odalar ;  $> +/- 6$  Pa

NOT: Oda basınç değeri ile oda kapısının sızdırmazlık yapısı arasında doğrudan bağlantı söz konusudur. Bu sebeple fazla hava miktarının doğru tayin edilebilmesi için projelendirme aşamasından itibaren kapı yapısı belirlenmiş olmalıdır.

## 5.1.4. Hava Akışı

### 5.1.4.1. Hava Akış Yolları

Klima ve havalandırma sistemlerinde oda içerisinde tutularak, komşu bölümle arasında basınç farkı yaratması düşünülen havanın sızdığı yollar akış yolları olarak tanımlanır.

Bir ameliyathane steril klima sisteminde, taze hava alma ağzından itibaren, santral ve kanal sızdırmazlığı, kanal hesabında dengeli basınç dağılımı, doğru ve uygun kanal donanımının tesis edildiğini kabul edersek, basınçlı bölümdeki olası akış yollarını;

- kapılar ve kapanma açıklıkları,
- kapı kasası-duvar boşlukları,
- ameliyathane-hemşire ihzarat ilişkisini sağlayan servis penceresi,
- ameliyathane-kirli koridor ilişkili atık penceresi,
- duvar veya sıva çatlakları,
- menfezler, damperler, kanallar,
- mekanik, elektrik ve medikal gaz tesisatı; boru, priz ve armatürlerin döşeme/duvar birleşim ve geçiş yerleri ile sıva altı duvar ve döşemeyle doğrudan ilişkili boru, armatür ve diğer cihaz bağlantıları gibi tesisat donanımlarını söyleyebiliriz.

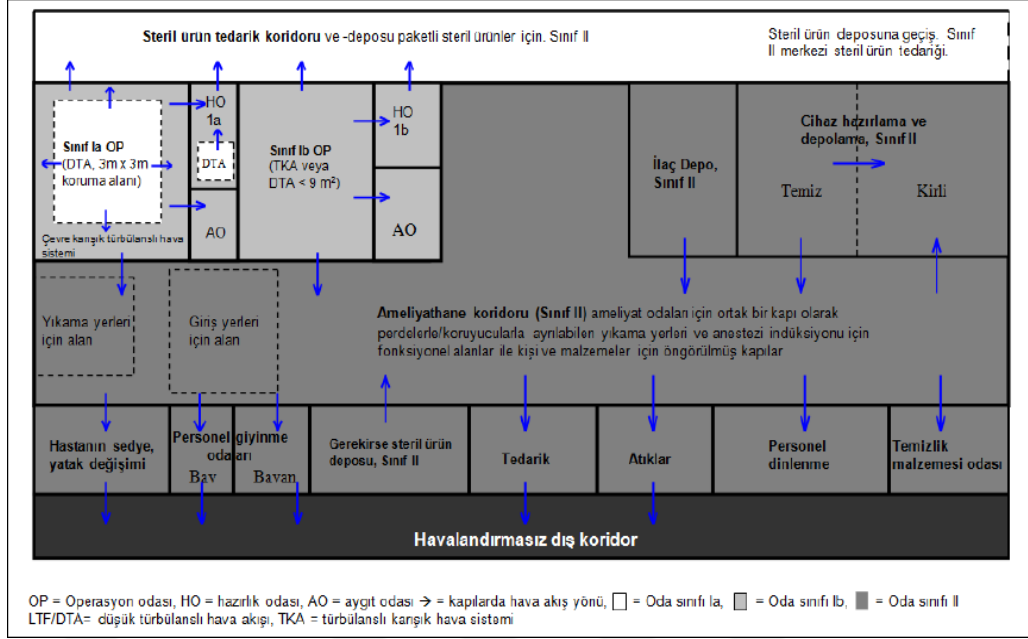
Bunlardan, duvar ve sıva çatlaklarının, bir ameliyathanede hijyen prensipleri nedeniyle olmazsa olmaz koşul olan pürüzsüz, her türlü girinti ve çıkıntıdan uzak yapım esaslarına göre kabul edilmeleri zaten mümkün değildir. Hava geçişi yoluyla toz vb. madde birikmesinin önlenmesi için asma tavan kaplaması, asma tavan boşluğu içerisindeki kanal, menfez, damper ve boruların duvar/döşeme birleşim ve geçiş yerleri, hem hijyen hem de montaj usulleri gereği zorunlu olarak sızdırmaz olmalıdırlar. Bazı ameliyathane mimari tasarımlarında, ameliyathaneden kirli malzemeler ile ameliyat artıklarının boşaltıldığı kirli koridor bölümü yer alır. Ancak, pratikte bu temel fonksiyonun yanı sıra, hatta çoğunlukla bilinçsiz olarak temizlik malzemeleri veya benzeri işler için tamamen aykırı amaçlarla kullanılmaları nedeniyle, kirli koridorun kullanım amacı tamamen işletme anlayışına mahkum olmaktadır. Aynı zamanda iki bölüm hijyen koşulları gereği temizlik sınıfları açısından birbirlerine zıt değerler taşıdıklarından, hem hava akışının kontrol edilmesinin kolaylığı, hem de sistemdeki herhangi bir kesintide tersine hava akışının olumsuz sonuçlarını önlemek için bu bölüm pencereleri sızdırmaz olmak zorundadır.

Hemşire ihzarat bölümü (ameliyat aletleri odası), o anda yapılan operasyon için gerekli steril koşuldaki alet ve malzemelerin bulundurulduğu ve ihtiyaca göre parçalar halinde servis edildiği, ameliyathane ile eş değerde yüksek yoğunlukta steril koşul gerektiren bir bölümdür. Ameliyathaneye servis edilen alet ve malzemeler kullanılmaları, hatta hiç kullanılmadan açılmaları halinde bile kirli özellik taşırlar. Bu nedenle, bu ve benzeri bölümler ameliyathaneye doğrudan açılan bir servis penceresi ile bağlantılı ise, ameliyathaneden bu bölüme hava akışı düşünülmesi sakıncalı olduğu kadar, operasyon güvenliği açısından da risklere neden olabilme ihtimali mevcuttur. Böylesi bir mimari

yerleşimde, hava akış yönü ihzarat bölümünden ameliyathaneye doğru veya temizlik sınıfları açısından tereddüte yol açacak şüpheler varsa her iki bölümün birbirlerine göre nötr sayılacakları eşit basınçta tutulmaları daha doğru olacaktır. Diğer yandan önemli bir husus ise bazen farkında bile olunmayan duvar ve döşemelerdeki elektrik anahtar, priz ve duyların etraflarında oluşan çatlak, yarık ve boşlukların gizli akış yolu olmalarıdır. Armatürlerin bağlandıkları sıva altındaki kablo borularının, bu boruların yerleştirildikleri geliş güzel açılmış kanalların; yuva ve çatlaklarla olan bağlantıları nedeniyle, binanın yatay ve düşey eksen boyunca kalitesi bilinmeyen havayı hastanenin her tarafına ulaştırma imkanına sahip kontrol dışı sızıntı yolları oluşturdukları bilinmelidir. Böylesi bir durum, hastanenin bütününe etkisi altına alabilecek olası risklere açık olduğundan, duvar ve döşeme üstü elektrik armatür montajları mutlaka akış yolu oluşturmaya imkan vermeyen duvar ile yüz yüze olacak şekilde yapılmalıdır. Anlaşılacağı üzere en önemli ve kontrol edilebilir uygun akış yolu, kapı sızdırma aralıklarıdır. Burada bahsedilen kapı boşlukları sadece mimari bir detay değil, basınçlı bölge oluşumuna doğrudan etkili unsurlardır. Göz ardı edildikleri takdirde, çok iyi bir tasarım, hesaplama ve ideal bir montaj yapılmış olsa dahi hayal kırıklığına uğrama olasılığının bulunduğu bilinmelidir. İlke olarak, akış yolunu oluşturacak yapı elemanlarının bilinmesi ve çok kısa süreli, sadece ihtiyaç halinde açık tutulmaları zorunludur. Örneğin; Hava akışı kapı aralığından olacaksa, kapı uzun süreli açık tutulmamalıdır. Kapıları ve diğer hava geçiş yerleri çok sık açılan hastane bölümlerinde hava perdesi oluşturulur. Akış yolu değerlerinin hesaplanmasında, projelendirmede tek kanatlı kapı için  $100 \text{ m}^3/\text{h}^{[12]}$ , kapı çevresinin her metresi için  $20 \text{ m}^3/\text{h}^{[8]}$  hava debisi alınır şeklinde doğrudan hava miktarını referans veren yaklaşık ortalama değerlerin yanı sıra, boşluk cinsinden “yanlarda ve iki kanat arasında en fazla 2 mm, üstte max. 3 mm, döşemede max. 4 mm olmalıdır” tavsiye değerleri tercihe göre kullanılabilmesi gibi en doğru yaklaşımın, ürün montaj bilgilerine göre gerçek değerinin alınması olacaktır<sup>[11]</sup>.

#### **5.1.4.2. Hava Akış Yönleri**

Aseptik operasyon odalarında mahale zararlı mikroorganizmaların girmesini önlemek için pozitif, septik operasyon odalarında ise zararlı mikroorganizmaların komşu mahallere yayılmasını önlemek amacıyla negatif basınç sağlanmalıdır. Operasyon odası ile bitişik hacim arasında basınç farkı  $>6 \text{ Pa}$  olması gerekir. Odalar arasındaki hava akışı, hijyenik nedenlerden dolayı yalnız yüksek dereceli şartlar gerektiren mikroorganizmasız odalardan, normal şartlar gerektiren mikroorganizmasız odalara doğru olmalıdır. Ameliyathane bölümlerindeki hava akış yönleri Şekil 5.1’de verilmiştir. Diğer steril bölümlerde benzer şekilde belirlenmelidir<sup>[13]</sup>.



Şekil 5.1. Ameliyathane bölümlerindeki hava akış yönleri

## 5.2. Sıcaklık, Bağıl Nem ve Ses Kriteri

### 5.2.1. Sıcaklık

Ameliyat odasının sıcaklığı cerrahi ekibin konfor hissi üzerinde büyük önem teşkil etmektedir. Koruyucu kıyafet giymiş, belirli bir fiziksel faaliyet içinde bulunan ve yüksek miktarda ısı yayan ameliyat lambaları altında çalışan cerrahlar ile ameliyat sırasında cerrahlar kadar çok çalışmayan hemşireler ya da anestezi uzmanlarının kendilerini konforlu hissettikleri sıcaklıklar farklıdır. Cerrahlar genelde düşük sıcaklıklarda kendilerini daha konforlu hissederken, hemşire ve anestezi uzmanları aynı ortamı soğuk bulmaktadır. Hemşire ve anestezi uzmanlarının konforlu hissettiği ortalama sıcaklıklarda ise cerrahlar ameliyat odasının sıcak olduğunu düşünmektedir.

Personelin konforu kadar ameliyatın türü de sıcaklığın belirlenmesinde önem taşımaktadır. Genelde kalp ameliyatları 15-16°C'de başlamakta ve ameliyat sırasında odanın sıcaklığı 26°C'ye kadar yükseltilmektedir. Organ nakilleri için ise ameliyat odası sıcaklığı genelde 15-16°C olarak belirlenmektedir. Fakat pediatrik ameliyatlarda ameliyat odası sıcaklığının 30°C civarında olması istenmektedir. Bunun sebebi çocukların yetişkinlere göre düşük sıcaklıklardan daha kolay etkilenmesidir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, gerek çocuk gerek yetişkin hastalar için hastanın hipotermiye girmesinin engellenmesidir. Yapılan daha önceki çalışmalar 21°C altındaki ameliyat odası sıcaklıklarında hastanın ısı kaybının yüksek olduğunu ve hipotermiye girme riskinin de yükseldiğini göstermiştir.

Ameliyat odası sıcaklığı açısından bakıldığında ASHRAE yönergeleri tasarım sıcaklığı aralığı olarak 18-26°C arasını önermektedir. AIA yönergesi ise 20-23°C'ler arasının göz önünde bulundurulmasını önermektedir. DIN 1946/4 standardının önerisi ise 19-26°C arasını tasarım sıcaklığı olarak almak

yönündedir. CBZ kılavuzu ise sağlanan havanın sıcaklığını 18-24°C arası önerirken, ameliyat ekibi için farklı sıcaklıklar önermektedir. VDI 2167'de CBZ ile aynı sıcaklık aralığını önermekte ve ortam sıcaklığının ameliyat ekibinin konforuna göre oda içerisinden ayarlanabilir olması gerektiğini vurgulamaktadır. NBR 7256 için ise önerilen sıcaklık 19-24°C'ler arası iken sadece sezaryen ameliyatları için 22-26°C arasındaki sıcaklıklar önerilmektedir.

### 5.2.2. Bağlı Nem Oranı

Ameliyat odasının bağlı nem oranı da personelin konfor hissi üzerinde büyük paya sahiptir. Ayrıca bağlı nem oranı ameliyat bölgesindeki yaranın kurummasında ve kanın pıhtılaşmasında büyük bir etkidir. Çoğu uygulamada klima ve havalandırma sistemi ameliyat odası nem oranının ameliyat sırasında personel tarafından ayarlanabileceği şekilde tasarlanmaktadır. Bu sistemlerde personel tarafından sıklıkla yapılan bir yanlış, nemden kaynaklanan yüksek sıcaklık hissini ortam sıcaklığının yüksek olmasıyla karıştırılmasıdır. Bu durumlarda sadece ortam sıcaklık ayarının düşürülmesi, ortamın bağlı nem oranının artmasıyla sonuçlanmakta bu ise daha da artan rahatsızlık hissi yaratmaktadır. Sonuç olarak, ameliyat ekibinin konsantrasyonu bundan olumsuz olarak etkilenmektedir. Bu yüzden özellikle ortamın sıcaklığı düşürülürken nem oranı göz ardı edilmemelidir.

Ameliyat odalarında yüksek bağlı nem oranlarının istendiği durumlar, göz ameliyatları ya da yanık tedavisi için doku nakilleri gibi ameliyat bölgesinin kurummasının istenmediği durumlardır.

ASHRAE, AIA, DIN, CDC ve HICPAC tasarım değerleri olarak %30-60 arası bağlı nem oranlarını önermekte ve nem oranının ameliyat ekibi tarafından ayarlanabilir olması gerektiğini vurgulamaktadır. NF S90:351 için ise bağlı nem değerleri %40-60 arasında tutulmalıdır. VDI 2167 tarafından önerilen nem oranı ise %30-50 arasındadır. Brezilya standardı olan NBR 7256'ya göre bağlı nem oranı %45-60 aralığında kalacak şekilde tasarlanmalıdır<sup>[9-10]</sup>.

### 5.2.3. Ses Kriteri

Laminer akışlı odalarda yüksek hava değişimi olduğundan ses seviyesi de yüksektir. Konfor şartlarının sağlanabilmesi için ses seviyesinin 65 dB(A) değerini geçmemesine özen gösterilmez. Ameliyathanelerde ise Sınıf 1a ve Sınıf 1b odalarda ses seviyesi 48 dB(A) değerini aşmamalıdır. Bu değerlerin ortalama 40 dB'e kadar indirilmesi gerekmektedir.

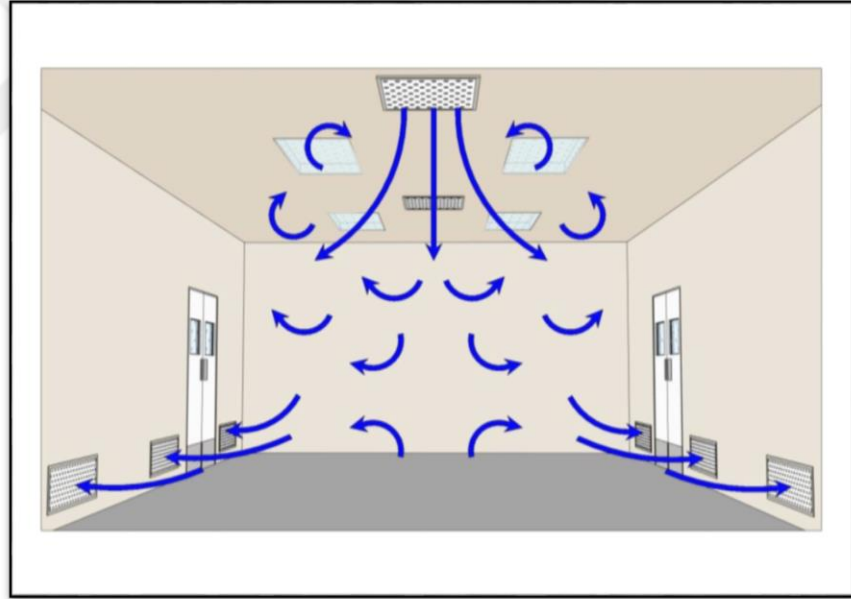


### 5.3.2. Hava Dağılımı ve Hızı

Hava hızı ameliyat bölgesinde kurumaya sebep olduğundan önemli bir faktördür. Ayrıca hava hızı, hava dağılımının düzgün (laminer) ya da karışık (türbülanslı) olacağı konusunda belirleyici bir faktördür.

Ameliyat odaları hava dağılımına göre incelendiğinde iki farklı tipe karşılaşılar, bunlar düzgün hava akışlı ve karışık hava akışlı odalardır. Düzgün hava akışlı ameliyat odalarıysa yatay, dikey ve karşıt akışlı olarak sınıflandırılabilir.

Karışık hava akışlı ameliyat odaları (Şekil 5.3) genellikle eski hastanelerde kullanılmakta olup daha çok genel cerrahi ameliyatları için kullanılmaktadır. Fakat tüm standartlara ve kılavuzlara göre karışık hava akışlı ameliyat odası kullanılması hijyen açısından tavsiye edilmemektedir. Bunun en önemli sebebi karışık havalı sistemlerde mahal içindeki parçacıkların ve ameliyathane tabanına çökmesi olası olan toz partiküllerinin tüm hacme homojen olarak yayılmasıdır. Bu şekilde ameliyat odası içinde bir temiz bölge oluşturmak mümkün olamamakta ve parçacıkların ameliyat masasındaki hastaya nüfuz etme olasılığı artmaktadır.

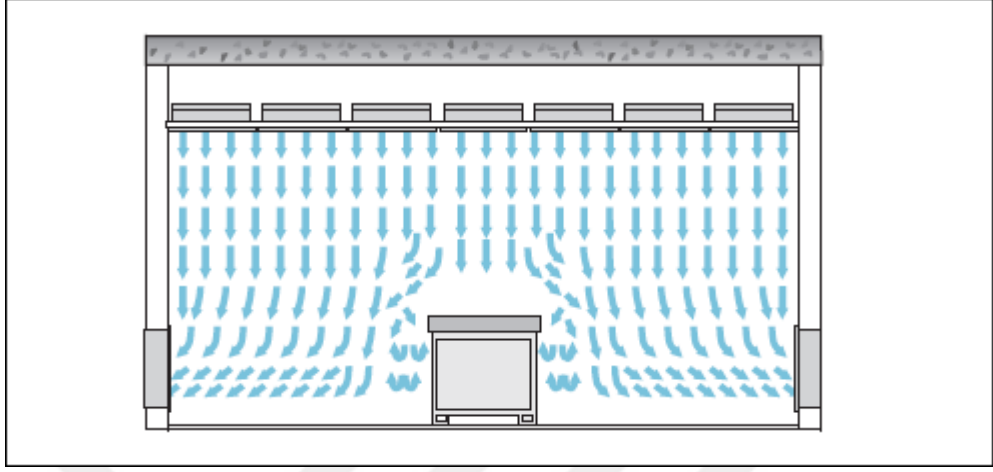


**Şekil 5.3.** Türbülanslı akışa sahip ameliyathane

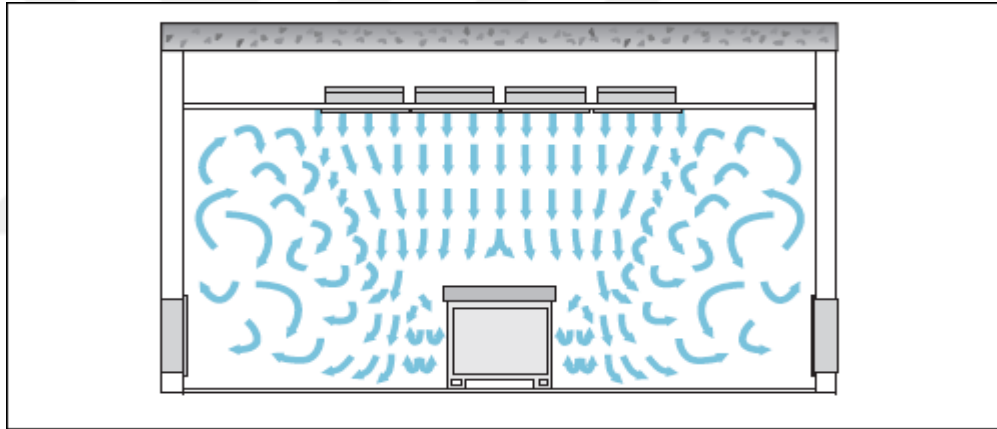
Düzgün (laminer) akışlı ameliyat odalarında ise bir temiz bölge yaratılması çok daha kolaydır. Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te iki farklı şekilde tasarlanmış temiz bölgeler görülmektedir. Şekil 5.4'te görülen ameliyat odasına laminer hava akışı sağlandığı görülmektedir. Fakat laminer akış ünitelerinin pahalılığından dolayı bu sistem sıklıkla kullanılan bir sistem değildir. Şekil 5.5'teki sistemde ise sadece hasta ve ameliyat ekibi üzerinde bir temiz bölge yaratılmıştır. Bu sistemde, sadece ameliyat masası üzerinde temiz bölge yaratılıp diğer alanlardan bu bölgeye hava geçişini kısıtlamak amaçlanmıştır. Bu sistem tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır.



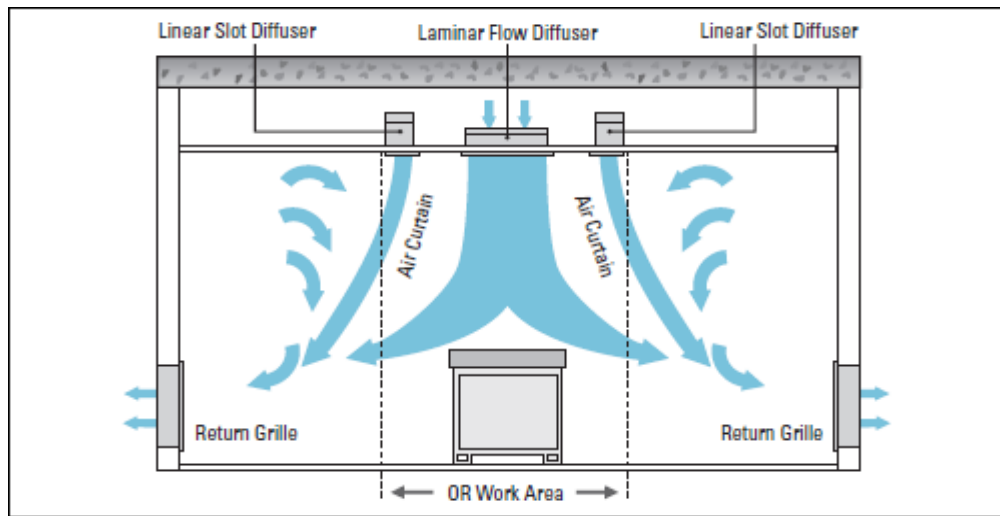
Ameliyat masası üzerinde yaratılmak istenen temiz bölgeye çevreden kirli havanın girişinin engellenmesi amacıyla pratikte çeşitli firmalar tarafından hava perdeleri kullanılması önerilmektedir. Önerilen bu sistem Şekil 5.6’da gösterilmiştir<sup>[16]</sup>.



Şekil 5.4. Ameliyathanelerde laminer akış uygulaması (laminer)

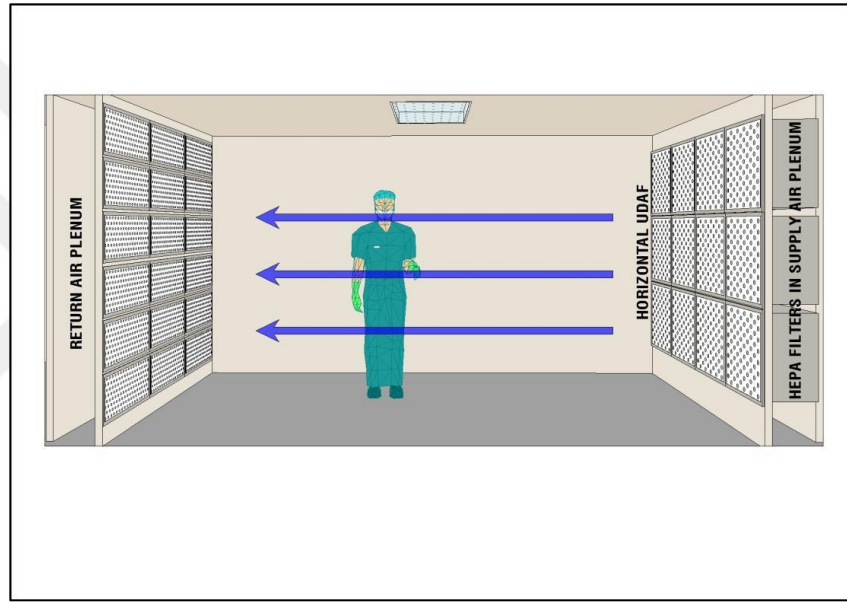


Şekil 5.5. Ameliyathanelerde laminer akış uygulaması (yarı türbülanslı)



Şekil 5.6. Ameliyathanelerde hava perdeli laminer akış uygulaması

Şekil 5.4, 5.5 ve 5.6'da verilen örnekler dikey ve laminer akışlı sistemlere örnektir. Bu sistemlerde sorun ortamın ısı kazancını almak için sağlanan soğuk havanın doğrudan cerrahların üzerine üflenmesi ve personelin konsantrasyonunun azalması ve uzun süreli ameliyatlarda personelde meydana gelebilecek olan boyun tutulması vb. etkilerdir. Ayrıca daha önceki çalışmalar göstermiştir ki bu tip akışa sahip sistemlerde personel tarafından gerekli önlemler alınmazsa personelin kafasından hastaya doğru olan hava akışı fazla miktarda parçacığı hastaya taşımaktadır. Bu sorunları ortadan kaldırmak için yatay akışlı sistemler önerilmiştir. Fakat bu sistemlerde ameliyat odasındaki cihazların çokluğu ve personel hareketleri yüzünden akışın düzgünlüğü korunamamaktadır. Bir diğer alternatif olarak sunulan karşıt akışlı sistemler ise yatay ve dikey atışın birlikte kullanılmasıyla oluşturulmaktadır, fakat yatay atışta olduğu gibi ameliyat ekibi ve cihazlar yüzünden hava akışının düzgünlüğü yine korunamamaktadır.

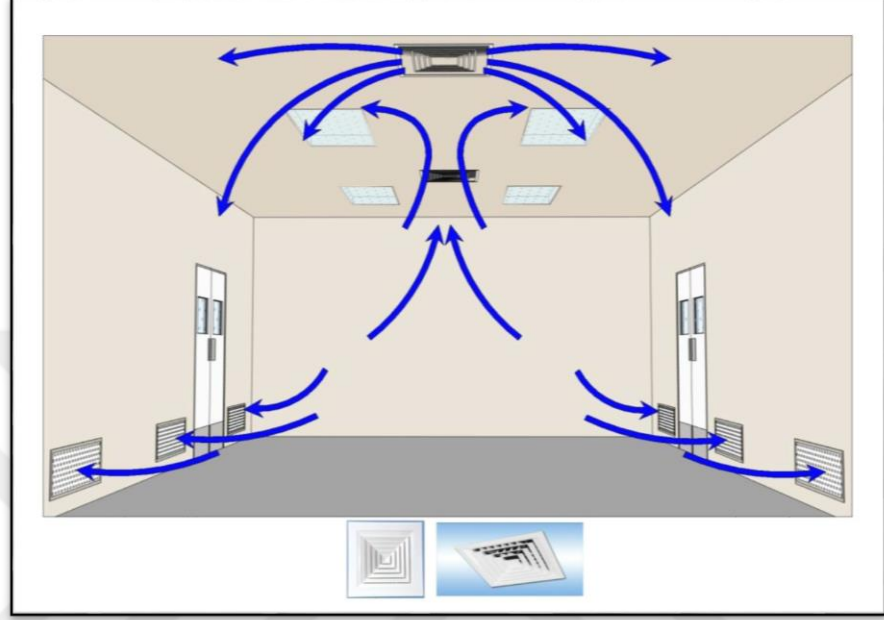


Şekil 5.7. Yatay akışlı laminer akışa sahip ameliyathane

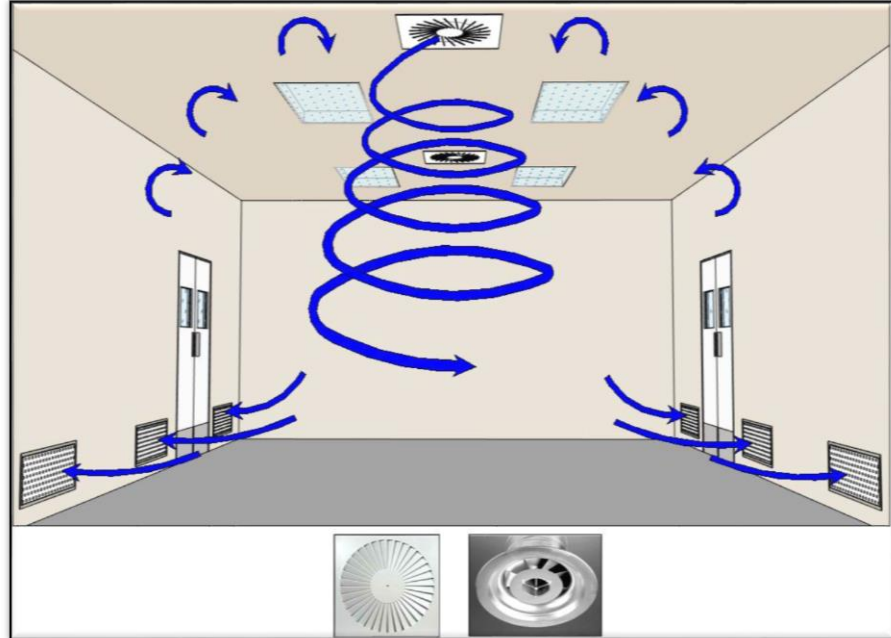
Standartlarda kullanılması önerilen hava dağılım sistemleri dikey ve laminer hava akışlı sistemlerdir. Ayrıca şekillerde görüldüğü gibi havanın ameliyat masasından egzoz menfezlerine yönlendirilmesi gerekmektedir. Egzoz menfezleri yerleşimi için ise öneriler, en az iki adet menfezin düşük seviyeden emiş yapması yönündedir. Ameliyat odalarında kullanılan kimyasal ve anestezi gazlarının yoğunlukları sebebiyle en yüksek konsantrasyonlarının yer hizasında olduğu göz önünde bulundurulursa bu gazların ortamdaki uzaklaştırılabilmesi için düşük seviyeli menfez yerleşiminin şart olduğu görülmektedir.

Hollanda'ya ait CBZ standardı, dikey ve laminer hava akış profiline uygun görmektedir. NF S90:351 ve UNE100713:2003 ise Şekil 5.6'da görülen dikey ve laminer hava akışı sistemini önermektedir. DIN tarafından da önerilen sistem dikey ve laminer hava akış üniteleridir. Hava hızı için VDI 0.20 m/s önerirken, ASHRAE kılavuzları ise 0.25 – 0.45 m/s hızı tavsiye etmektedir.

Ülkemizde de Sağlık Bakanlığı tarafından ASHRAE ve DIN normları göz önünde bulundurularak önerilen sistem dikey ve laminer hava akış üniteleridir. Sınıf 1b kapsamında olan ameliyathanelerde türbülanslı hava akımı ve laminer flow kullanımı zorunlu olmadığından, HEPA filtre kutusu olarak kare anemostat veya swirl difüzör tercih edilebilir. Bu durumda hava akışı aşağıdaki gibi olmaktadır.



Şekil 5.8. Kare anemostat kullanıldığında hava akımı



Şekil 5.9. Swirl difüzör kullanıldığında hava akımı

#### 5.4. Statik Elektrik

Statik elektrik ortamdaki bağıl nem ile doğrudan ilişkilidir. Daha çok elektronik cihazların kullanıldığı veya elektronik sistem tasarımlarının yapıldığı temiz odalarda büyük öneme sahiptir. Ameliyathanelerde de elektronik cihazların kullanıldığı göz önünde bulundurulursa statik elektrik önem kazanmaktadır. Statik elektrik yüklerinin en aza indirilebilmesi için bağıl nemin %35'in üzerinde tutulması gerekir.

NFPA 99-6'da anestezi gazlarının kullanıldığı mahallerde statik elektrik yüklerinin artarak yangına sebebiyet vermemesi için havalandırma sisteminin bağıl neminin en az %35 olması istenmektedir.

#### 5.5. Parçacık ve Mikro-organizma Sayısı

Genelde havadaki parçacıklar mikro-organizma taşıyıcı birer araçlardır. Dolayısıyla havadaki parçacık sayısı ile ameliyat bölgesi enfeksiyon riski doğru orantılıdır. Bu riski azaltmak için havanın filtrelenmesi gerekmektedir. Filtreleme işlemi için 0.3 µm'den büyük parçacıklar için en az %99.97 verimliliğe sahip HEPA filtrelerin kullanılması tüm standart ve kılavuzlar tarafından önerilmektedir. Eğer hastane enfeksiyon komiteleri gerekli görürse daha yüksek verimlilikte (%99,997, %99,9997...) HEPA filtreler de kullanılabilir. 0.3 µm'lik parçacıkların elenmesi havayı parçacık ve mikro-organizma açısından büyük oranda temizlemektedir.

- AIA ve ASHRAE filtreleme işleminin ardından UV/UVGI kullanımını kabul etmektedir. Fakat dikkat çektikleri nokta UV/UVGI kullanımının havanın temizlenmesi için ana faktör olmadığı, sadece ana faktör olan filtrelemeye yardımcı olarak kullanılması gerektiği hususudur. AIA, ASHRAE CDC ve HICPAC %99.97 verimlilikte HEPA filtreyi son filtre olarak tavsiye etmektedirler. Ayrıca çok kademeli filtreleme sistemleri kullanılmalıdır.
- VDI 2167'ye göre HEPA filtreli terminal ünitelerinden önceki filtre kademeleri F7 (%80-90), F9 (>%90) ve H10 (%85) ya da H11 (%95) olarak belirlenmelidir.
- NF S90:351'de ise en yüksek risk seviyesine sahip ameliyat odaları için tavsiye edilen minimum filtreleme zinciri F6 (%70-80), F7 ve H13 (%99.95) şeklindedir.
- CBZ'de ise bu sıralama F5 (%40-60), F7, F9 ve H13 olarak önerilmektedir.
- UNE100713:2003 tarafından önerilen sıralama ise F6, F9 ve H13 ya da H14 (%99.995) şeklindedir.
- NBR 7256 Brezilya standardı ise iki tip altında incelenen ameliyat odalarında filtreleme sırası olarak ortopedik, organ nakli ve kalp ameliyatları gibi ameliyatların yapıldığı odalar için G2 (%75-84), F2 (%70-89), A3 (%99.97) şekilde bir sıralama önermektedir.
- DIN 1946/4 standardı filtre sıralamasını G4, F7, F9 ve H13 olarak önermektedir.

## Teorik Olarak Parçacık ve Mikro-organizma Sayısı<sup>[17]</sup>;

Temiz odalarda parçacık sayısının belirlenmesi kütle akış dengesinden yola çıkılarak hesaplanabilir.

$$m_{giren} = m_{çıkan}$$

Odadaki kirletici partiküllerin birçok nedenden kaynaklandığı göz önüne alınırsa havalandırma sisteminden kaynaklı partiküller için havalandırma verimliliği yazılacak olursa;

$$\varepsilon = \frac{C_{çıkan} - C_s}{C(t) - C_s}$$

Denklemden;

- $\varepsilon$  = Havalandırma verimlilik faktörü ( Kontaminasyon temizlik faktörü)
- $C_{çıkan}$  = Egzoz hattındaki partikül konsantrasyonu
- $C_s$  = Taze hava hattındaki partikül konsantrasyonu
- $C(t)$  = Odadaki partikül konsantrasyonu

Farklı odalar için havalandırma verimliliği aşağıdaki tabloda görülmektedir.

**Tablo 5.3.** Farklı odalarda havalandırma verimliliği

Havalandırma Verimliliği	Sistem	Uygulama
$\varepsilon \rightarrow \infty$	Çıkıştaki kirleticilerin akış alanına etkisi olmadığı sistemler	Verimi yüksek filtreleme sistemi ile temiz havanın sağlanması
$\varepsilon=1$	Kirlilik kaynağı yok denecek kadar az olduğu sistemler	Tek yönlü akışa sahip temiz oda sistemleri
$\varepsilon=0,7$	Kirleticilerin iyi derecede filtrelandığı sistemler	Türbülanslı hava beslemesi ile uygun egzoz konumlandırılması
$\varepsilon=0,3$	Kirleticilerin orta derecede filtrelandığı sistemler	Tipik normal havalandırılmış odalar
$\varepsilon \rightarrow 0$	Üfleme havasının yetersiz olduğu sistemler	Kısa devre sistemleri, çok zayıf filtreleme

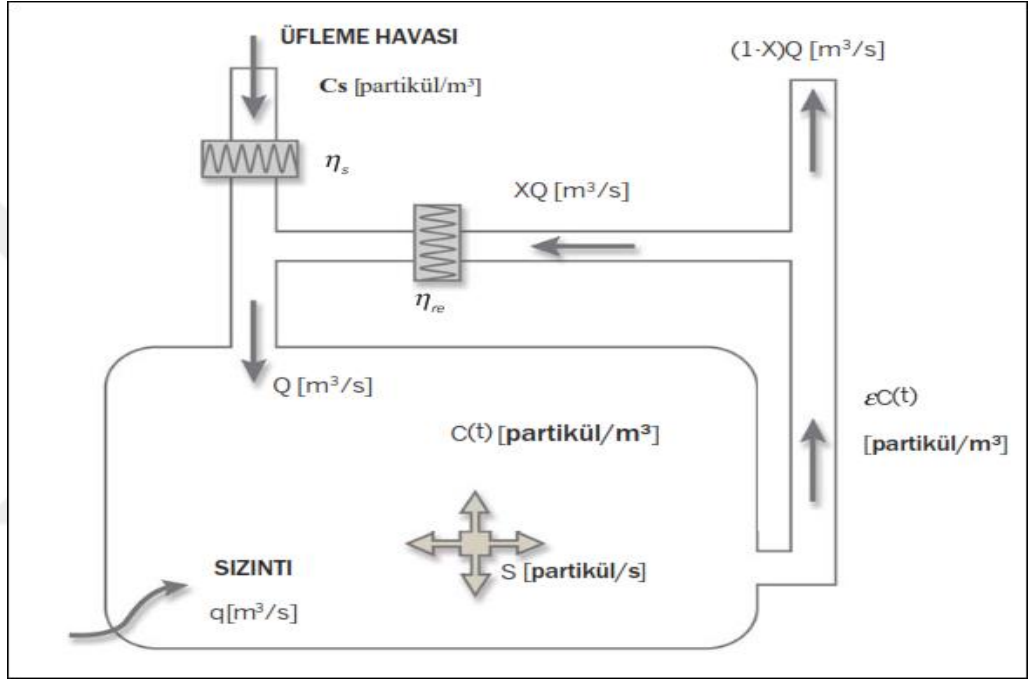
Temiz odalarda parçacık dengesi için kütle korunumu göz önünde bulundurularak oda için denge denklemi yazılırsa;

**Tablo 5.4.** Temiz odalarda parçacık dengesi

Odaya sızan parçacıklar için	
Dış hava (üfleme havası)	$(1 - X) \cdot (1 - \eta_s) \cdot Q \cdot C_s$ [partikül/s]
Geri dönüş havası (karışım havası)	$X \cdot (1 - \eta_{Re}) \cdot Q \cdot C(t)$ [partikül/s]
Sızıntı (odaya)	$q \cdot C_{sızıntı}$ [partikül/s]
Oluşan partikül	$s$ [partikül/s]
Odadan uzaklaştırılan parçacık için;	
Egzoz havası	$(Q + q) \cdot \varepsilon \cdot C(t)$ [partikül/s]

Denklemlerde;

- X: Toplam hava akışı devridaiminin bir kısmı
- $\eta_s$ : Üfleme filtresi verimliliği (dış hava)
- Q: Hava akımı ( $m^3/h$ )
- $C_s$ : Besleme havası konsantrasyonu (dış hava) ( $m^3/h$ )
- $\eta_{re}$ : Devirdaim filtresinin verimliliği (karışım havası)
- $C(t)$ : Oda konsantrasyonu (partikül/ $m^3$ )
- q: Odaya sızan hava miktarı ( $m^3/s$ )
- $C_{sızıntı}$ : Sızıntı havasındaki konsantrasyon (partikül/ $m^3$ )
- S: Odanın içindeki partikül üretimi (partikül/s)
- $\epsilon$ : Havalandırma verimlilik faktörü



Şekil 5.10. Temiz odalarda partikül konsantrasyonu

## 5.6. Mimari Tasarım – Mekanik Tasarım İlişkisi

Hastanelerde mekanik tesisatın en önemli kısmını havalandırma tesisatı oluşturmaktadır. Ameliyathane, yoğun bakım, doğumhane, sterilizasyon odaları, laboratuvarlar vb. yerlerde iklimlendirme tesisatının verimli çalışabilmesi için mekanik tesisat ile mimari yapı elemanları birbiri ile uyumlu olmalıdır.

### 5.6.1. Ameliyathane Katında Hasta, Personel ve Malzeme Akışı

Mimari planlamada, hastanın ameliyathane odasına girmeden önce bir hasta hazırlama odasına alınacağı, ameliyattan sonra da hasta uyanma odasına geçirileceği rasyonel bir akış yöntemi içinde düşünülmelidir. Hasta, sedye asansörü yardımıyla geldiği ameliyathane katında ulaştığı nokta kirli koridordur. Hasta bu kirli koridordan yarı steril koridora şifreli bir hermatik kapı yardımıyla geçtikten sonra yarı steril koridordan tam steril koridora

aktarılrken sedye transferinin yapıldığı açıklıktan direkt tam steril koridora geçer. Bu transfer yapılan açıklık, genelde yer kodundan 85-90 cm arası sabit bir duvar üstü otomatik açılır panjur, kapı vb. yapı elemanları kullanılarak yapılabilir. Hasta tam steril koridorda uyutma odasında ameliyata hazırlanır ve ameliyat salonuna alınır. Daha sonra baygın halde olan hasta uyandırma odasına alınır ve yetkili hemşireler gözetiminde uyanma odasına aktarılır. Hasta ameliyat sonrası yoğun bakıma da aktarılabilir. Dahili cerrahi, yeni doğan ve KVC yoğun bakım üniteleri de aynen ameliyathaneler gibi yarı steril ve tam steril mekanları içinde barındıran hijyenik ortamlardır. Günümüzde yoğun bakım ünitelerinin iklimlendirilmesi ve havalandırılması HEPA filtreler ile çözülmüyor. Eğer kullanım alanı müsaade ediyor ise kesinlikle tasarımda ameliyathane ve yoğun bakım aynı katta olması gerekir. Bu da, hem fonksiyonel anlamda yatırımcıya doğru çözümleri getirmekte, hem de hijyenik hava koşullarını sağlamada kolaylık getirmektedir. Eğer aynı katta çözmek mümkün değilse, ameliyathane ile yoğun bakım katlarını arka arkaya yapmalıdır. Örneğin, ameliyathane 2. kat ise yoğun bakım 1. kat olmalıdır. Bu durumda, hastanın yoğun bakıma transferi daha kolay bir şekilde gerçekleştirilecektir.

Ameliyathane katına girecek doktor, hemşire ve diğer personelin transferleri oldukça önemlidir. Doktor ve hemşireler kirli koridordan kendilerine ait içerisinde duş ve wc'si de olan soyunma odalarına girer, üzerlerindeki dış ortama ait kirli tüm kıyafetlerini değiştirir ve tam steril mekana geçerler. Bu kısımda doktor ve hemşireler dezenfeksiyonlarını tamamlayarak ameliyathaneye geçerler. Hijyenik bölümün girişinde bulunan el yıkama lavaboları kesinlikle paslanmaz çelik olmalı, kol veya ayak yardımıyla ya da fotoselli olarak kullanabilen tipten seçilmelidir. Ameliyathanelerde önemli olan bir diğer akış şeması da bu kısımda var olan ve sterilizasyona girip çıkacak olan kirli-temiz malzemelerdir. Bu da Sağlık Bakanlığı mevzuatına uygun olarak mimaride tasarımı mutlaka doğru yapılması gereken bir mekandır.

### **5.6.2. Ameliyathanelerin Mimari Tasarımı**

Sağlık Bakanlığı Yapı Asgari Tasarım Kılavuzu ve örnek mimari tasarımlar ile saha uygulamalarında karşılaşılan sorunlar göz önüne alındığında mimari tasarımda dikkat edilecek hususlar aşağıdaki gibidir<sup>[18]</sup>;

- Ameliyat salonlarının her birinde sadece bir ameliyat masası bulunmalıdır.
- Ameliyathane sterilizasyon şartlarını taşımaları, ameliyathane salonlarında toz ve mikrop barındıracak girinti çıkıntılar olmamalıdır.
- Ameliyathanenin duvar, tavan ve zeminlerinin dezenfeksiyona ve temizlemeye uygun antibakteriyel malzemeler kullanılarak yapılmalıdır.

- Ameliyathane salonlarında ölü alan oluşturacak girinti, çıkıntı ve bunlardan oluşan boşluklar ile keskin köşeler haricinde kalan net kübik kullanım alanı en az 30 m<sup>2</sup>, kardiyovasküler cerrahi ve organ nakli ile ilgili ameliyathaneler için en az 45 m<sup>2</sup> olmalıdır. Net kullanım alanı içinde, kolon ve benzeri hareket kısıtlılığına sebep verecek yapılaşma ile ameliyat ekibinin hareket kısıtlılığına ve sirkülasyonuna engel bir durum olmaması gerekir.
- Ameliyathane salonlarının taban-tavan arası net yüksekliğinin havalandırma kanalları, asma tavan, HEPA filtreler hariç ameliyat salonunun her noktasında en az üç metre ve ameliyathane kısmında bulunan koridor genişliğinin en az iki metre olması gerekir.
- Ameliyathanelerde yarı ve tam steril alanlar oluşturulmalıdır. Ameliyathane salonu ve yan hacimlerinin bulunduğu tam steril alanlarında, pencere ve kapılar dış ortama açılmamalı ve bu alanlarda tuvalet bulunmamalıdır. Yarı steril alanda, personel dinlenme yeri, kadın ve erkek personel için ayrı ayrı düzenlenmiş giyinme ve soyunma ile tuvalet ve duş mahalleri bulunmalıdır.
- Ameliyathane alanının, HEPA filtreli hijyenik klima sistemi ile iklimlendirilmesi ve havalandırılması gerekir.
- Ameliyathane konumu, mimarisi ve yapı malzemesi, partikül ve mikroorganizma kontrolünde önemli yer oynar. Asma tavan yükseklikleri, şaft büyüklükleri ve yerleri, cihaz yerleşim mahalleri mutlaka uzman klima tesisat tasarımcısının tavsiyesi ve onayı alınarak, Sağlık Bakanlığı mevzuatına, uluslararası standart ve kılavuzlara uygun minimal ölçüleri sağlayacak biçimde tespit edilmelidir.
- Ameliyathanenin yeri seçilirken, ısı kaybı ve kazançlarının minimumda tutulması gerekmektedir. Bu mekanların vatandaşların kolaylıkla ulaşamayacağı bir yerde düzenlenmesi, fonksiyonelliğinin ve amacına uygunluğunun artması açısından da önemlidir.
- Ameliyathane taban alanı, genellikle yapılacak ameliyatların özelliklerine göre hastanelerde 30-45 m<sup>2</sup>, anadal merkezleri ve tıp merkezlerinde de 20-30 m<sup>2</sup> arasında olmalıdır. Ciddi ameliyatların yapılacağı ameliyathanelerde, hastayı enfeksiyonlardan korumak için etrafında bir hava perdesi yaratılır. Bunu sağlayan ise ameliyat masasının hemen üstüne konan laminar akış ünitesidir.
- Asma tavan içerisinde yer alacak laminar hava akımlı sistemin yerleştirilebilmesi ve kanal bağlantılarının kolayca yapılabilmesi için asma tavan ile betonarme döşeme arası mesafe 50-80 cm arası olmalıdır. Dolayısıyla ameliyat odalarında, tesisat projesini yapacak mühendislerle danışarak ve Sağlık Bakanlığı mevzuatını da dikkate alarak tavan yüksekliklerinin 3.6-4.00 metre olarak tasarlamak gerekir. Sağlık Bakanlığı mevzuatı asma tavan-taban arası temiz yüksekliğini 3.00 m istemektedir. Normal kat yüksekliklerini kabul ederek yapılacak bir mimari proje, klima sisteminin arzu edilen verimlilikte çalışmasını engellemektedir. Zaten bu durum Sağlık Bakanlığı mevzuatına da aykırı olduğundan hastane ruhsatı alabilmek mümkün olmayacaktır.
- Genel olarak ameliyathane odalarında kullanılacak yapı malzemelerinin toz ve mikroptutmayacak, toz çıkarmayacak yüzeylere sahip olmaları ve dezenfeksiyon sırasında kimyasal tahribata uğramamaları gereken steril malzemeler olmalıdır.



- Yer döşemesi olarak antistatik, antibakteriyel aşınmaya karşı yüksek mukavemete sahip kondaktif PVC malzeme tercih edilmelidir. Gerekmesi halinde ayrıca topraklama da yapılabilir.
- Duvarlar ve tavan antibakteriyel, modüler tip, alüminyum veya çelik konstrüksiyon taşıyıcı, sisteme monte edilecek panellerden yapılabildiği gibi alçıpan, asma tavan ve alçı sıva yapıldıktan sonra antibakteriyel su bazlı saten boya uygulaması da yapılabilir.
- Kullanılabilecek armatürler bile özel tasarlanmış antibakteriyel özellikte ameliyathane armatürü olmalıdır. Bu armatürlerin, mekanın hijyenik havalandırma sistemini negatif yönde etkilememesi için montaj yapıldıktan sonra çevresinin silikonla kapanması gerekmektedir.
- Duvar panellerin yüzeyleri; antibakteriyel, antistatik dezenfeksiyon sıvılarına dayanıklı, boya kaplı galvaniz sac olabileceği gibi paslanmaz çelik de olabilir. Panellerin içi ses ve ısı kaybına karşı, taş yünü gibi yanmaz izolasyon malzemesi ile kaplanabilmektedir. Ayrıca paneller, kablo gibi tesisat malzemelerinin geçebileceği boşluklar içerebileceği gibi kanal ve tesisat boru geçişleri için, şaft boşlukları temin edecek şekilde düzenlenebilmektedir.
- Tavan panelleri, filtre bakımı ve dezenfeksiyon işlemleri için açılabilir modüllerden oluşmalıdır.
- Hermetik kapıların kullanılması ameliyathane içi hijyenik ortamın sağlıklı olabilmesi için gereklidir. Bu kapıların geçirimsiz olması ve boşluksuz olması hijyenik ortam şartlarının (mahaller arası basınç farkları vb.) bozulmaması için önemlilik arz eder.
- Kapı açık kalma süresi, kanat açılma ve kapanma hızı dijital olarak ayarlanabilir olmasında fayda var. Ayarlanan açık kalma süresi 0-30 sn. arasında olabilir. Kapıların açılma hızı kapanma hızına göre daha hızlı olmalıdır. Kapı içerisinde elektrik kesilmelerinde kapıyı açacak akü sistemi bulunacaktır.
- Ameliyathane kapıları hermetik kapı olarak, ayak ve diz darbesi ile açılabilen ancak manuel olarak da çalışabilecek yapıda ve 2 saat yangına dayanıklı olmalıdır. Ayrıca üzerinde de gözetleme camı konulmalıdır.
- Ameliyathanede iki farklı kapı mevcut ise mahallin pozitif basıncı yitirmemesi için mümkünse iki kapı aynı anda açılmamalıdır.

## 5.7. Tasarım Parametrelerinin Standartlara Göre Karşılaştırılması

**Tablo 5.5.** Uluslararası standartlara göre tasarım parametreleri

Standart	Ameliyat ya da Ameliyat Odası Tipi	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Filtre Sınıfı	Hava Hızı (m/s)	Hava Dağılımı	Basınç	Basınç Farkı	Dış Hava Değişim Sayısı	Toplam Hava Değişim Sayısı
ASHRAE	A Sınıfı	18-26	30-60	-	0,25-0,45	Laminer / Dikey	P (+)	2,5-7,5 Pa 35-47 L/s	5*/15**	25* - 15**
	B Sınıfı			-						
	C Sınıfı			-						
AIA	A Sınıfı	20-23	30-60	-	-	Laminer / Dikey	P (+)	2,5 Pa	3	15
	B Sınıfı			-						
	C Sınıfı			-						
DIN	Sınıf 1	19-26	30-60	G4-F7-H13	-	Laminer/Dikey/ Karışık Havalı	P (+)	20 m³/m	800-1200 m³/h	-
	Sınıf 2			G4-F7-H13						
CBZ	-	18-24	-	F5-F7-F9-H13	-	Laminer-Dikey	P (+)	-	-	-
VDI	-	18-24	30-50	F7-F9-H10 (H11-H12)	0,20	-	P (+)	-	-	-
NBR	Genel	19-24	45-60	G2-F2-A3	-	-	P (+)	-	-	-
	Sezaryen	22-26		-						
CDC	-	-	30-60	-	-	-	P (+)	-	3	15
HICPAC	-	-	30-60	-	-	-	P (+)	-	3	15
NF S90	-	-	40-60	F6-F7-H13	-	Laminer-Dikey	P (+)	-	-	-
UNE 100713	-	-	-	F6-F9-H13 (H14)	-	Laminer-Dikey	P (+)	-	-	-
<p>* Karışım havalı sistemler için önerilen taze ve toplam hava değişim sayıları  ** %100 taze havalı sistemler için önerilen toplam hava değişim sayısı</p>										

## 6. BÖLÜM

### AMELİYAT ODALARINDA SİSTEM TASARIMI VE SİSTEM EKİPMANLARI

Hastane hijyenik klima ve havalandırma sistemlerini tekli ve çoklu sistemler olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür.

#### 6.1. Tekli Sistemler

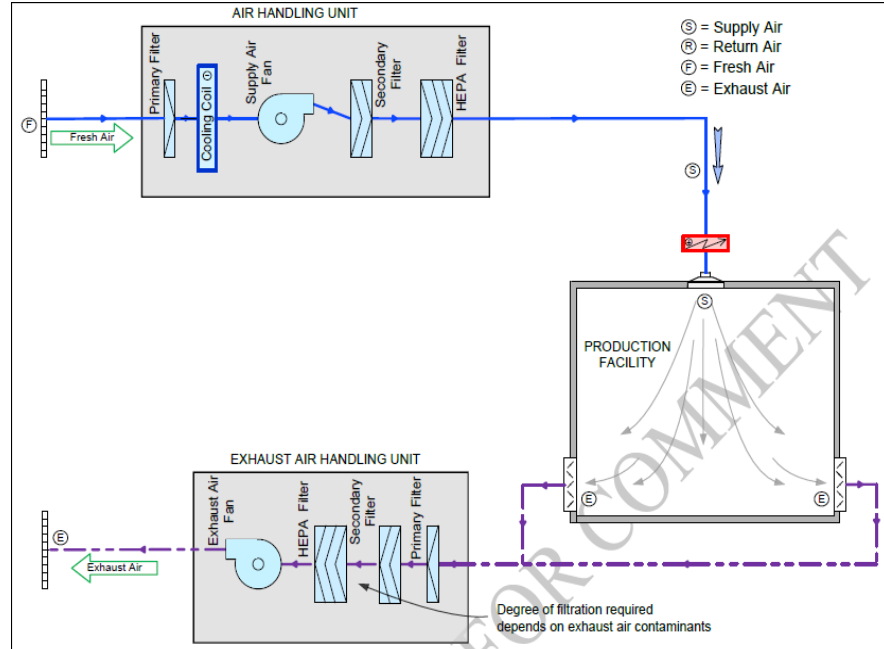
Tekli sistemlerde, hijyen ortamının iklimlendirilmesi ve taze havanın sağlanması tek hijyenik paket klima cihazı veya standart hijyenik klima santrali ile sağlanmaktadır. Başka bir deyişle, bir santral bir hijyenik ortama hizmet vermektedir. Bu tip uygulamaların avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Avantajlar;

- Sistem tasarımı kolaydır.
- Kanal cihazlarına (VAV, CAV vs.) ihtiyaç duyulmaz.
- Basit otomatik kontrol veya otomasyon sistemi ile çalışabilir.
- Ortam hava basıncı kolayca sağlanır.
- Ameliyathanelerin bağıl nem oranlarının birbirinden bağımsız kontrol edilebilir.

Dezavantaj;

- Sistemin fazla yer kaplar.



Şekil 5.11. Tekli sistem şematik gösterim

Şekilde görüldüğü gibi bu sistemlerin hava tarafı; klima santrali, kanallar, sızdırmaz kapatma damperi, laminer akış ünitesi ya da HEPA filtre

kutusu, lif tutucu ve emiş menfezi ve aspiratörden oluşmaktadır. Ortamdaki hava basıncı klima santrali ve aspiratörde bulunan frekans konvertörleri vasıtası ile kontrol edilmektedir. Ameliyat odası sıcaklığı ısıtıcı veya soğutucu serpantinler vasıtası ile değiştirilebilir. Ameliyat odası nem oranı, santral içinde bulunan nemlendirici vasıtası ile kontrol edilmektedir. Hijyenik paket klima cihazlarında nemlendirici yoksa, kanal tip buharlı nemlendirici de kullanılabilir. Ameliyathanede üfleme havasının sıcaklığı çok hızlı bir şekilde artırılmak veya düşürülmek isteniyorsa isteğe bağlı olarak elektrikli ısıtıcı kullanılabilir. Pratikte iki veya üç yollu vanalar ile sıcaklığın artırılması veya azaltılması mümkündür.

## 6.2. Çoklu Sistemler

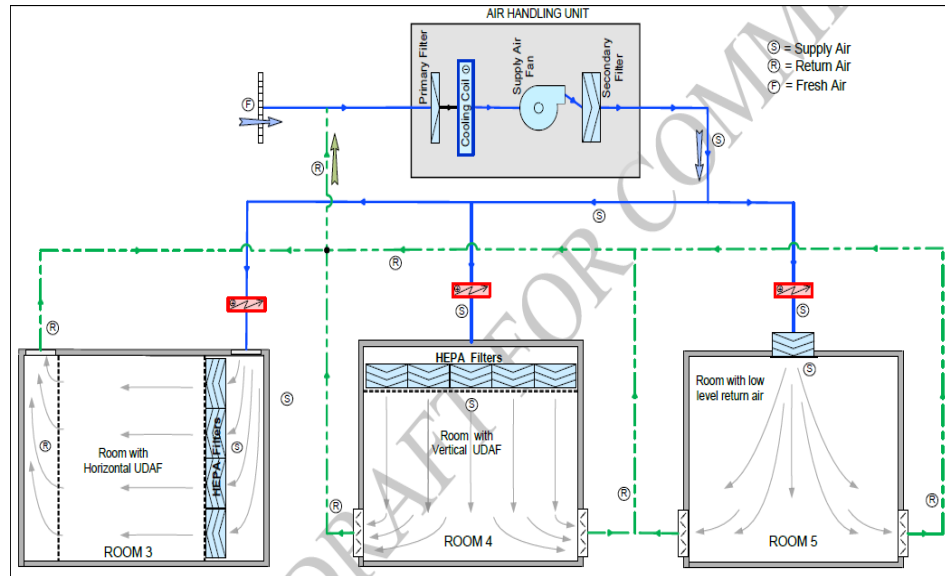
Bu sistemlerde bir hijyenik paket klima cihazı veya standart klima santrali bir çok mahale hizmet vermektedir. Bu sistemlerin avantaj ve dezavantajları aşağıda gösterilmiştir.

Avantajı;

- Tekli sisteme nazaran az yer kaplaması.

Dezavantajları ise;

- Karmaşık tasarım,
- Çok sayıda kanal cihazına ihtiyaç duyulması,
- Ortamlar arası hava akışının sağlanmasındaki zorluklar,
- Karmaşık kontrol sistemi,
- Eleman sayısının fazla olması,
- Farklı mahallerde birbirinden bağımsız nem oranlarının yaratılabilmesi için kanal tip buharlı nemlendiricilerin kullanılma gerekliliği



Şekil 5.12. Çoklu sistem şematik gösterimi

Çoklu sistemler; hijyenik tip klima santrali veya hijyenik paket klima cihazı, hava basıncının dengelenmesi için VAV kutular, her ortamda farklı sıcaklık sağlamak amacı ile elektrik ısıtıcılar, sızdırmaz kapatma damperi,

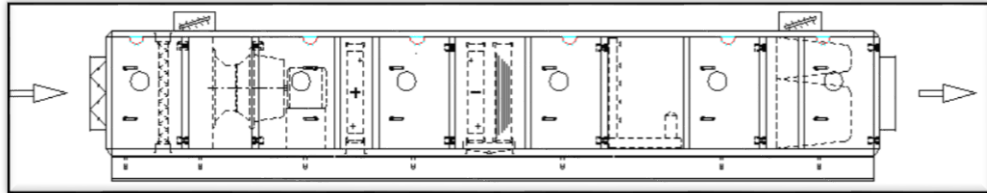
laminer akış ünitesi veya HEPA filtre kutusu, lif tutucu emiş menfezleri ve aspiratörden oluşmaktadır. VAV cihazlar farklı ameliyathanelerde farklı pozitif hava basıncı yaratmaktadır. Sızdırmaz kapatma damperi ise bir ameliyat odasının bakıma alınması veya devre dışı bırakılması durumunda diğer ameliyat odalarının bu olaydan etkilenmeden çalışmasını sağlar. Ayrıca ameliyat odaları bağımsız olarak yarım debi veya kapalı durumuna geçebilirler. Klima santralinde kullanılan frekans konvertörleri, sistemde fanın değişken hava debisinde çalışmasını sağlamaktadır. Bu tip sistemlerde hijyenik paket klima cihazlarının kullanılması durumunda değişken hava debisi ile çalışılmalıdır.

### 6.3. Ameliyathane İklimlendirme Sistem Ekipmanları

Hijyenik ortamların iklimlendirilmesinde kullanılan sistem elemanları normal konfor şartları gerektiren sistem ve ekipmanlarından çok daha farklıdır.

#### 6.3.1. Hijyenik Klima Santralleri

Klima santralleri, klima ve havalandırma sistemlerinin ana elemanıdır. Klima santralleri mahallere taze hava verilmesini, bu mahallerin sıcaklık ve nem oranlarının ayarlanmasını ve havanın filtrelerden geçirilerek içindeki toz ve parçacıklardan arındırılmasını sağlamaktadır. Klima santrallerinde bu görevleri yerine getirmek için çeşitli elemanlar kullanılmaktadır. Şekil 6.1’de tipik bir hijyenik klima santrali şematik olarak gösterilmiştir. Hijyenik klima santrallerinin genellikle pozitif basınçta çalıştırılması tercih edilir, ancak imalat zorluklarından dolayı hijyenik klima santralinin sahip olması gereken şartları yerine getiren negatif basınçlı santral da kullanılabilir.



Şekil 6.1. Hijyenik klima santrali şematik gösterimi

Hijyenik ortamların iklimlendirme ve havalandırılmasında hijyenik klima santralleri kullanılmalıdır. Hijyenik sistemlerde kullanılan klima santrali konfor klima santrallerine göre ilave özelliklere sahip olmalıdır. Bu özellikler<sup>[5]</sup>;

1. Hijyenik klima santralleri, parçacık ve mikro-organizmaları klima kasetinden içeriye sokmamalı ve sızdırmaz bir yapıya sahip olmalıdır.
2. Hijyenik klima santralleri, içinde parçacıkların birikmesine izin vermemelidir. Bu nedenle santralin iç yüzeyleri düz olmalı, elemanlar gözenekli bir yapıya sahip olmamalıdır.
3. Hijyenik klima santralleri mikro-organizmanın oluşumuna izin vermemelidir. Bu nedenle klima santrali yüzeylerinde suyun birikmesine veya nem oranının yüksek olmasına izin verilmemelidir.
4. Kullanılan bütün malzemeler mikro-organizma üretmeyecek yapıda olmalıdır.

5. Hijyenik klima santralleri rahatlıkla temizlenebilir olmalıdır. Temizlenebilirliğin sağlanabilmesi için klima santrali içinde bulunan elemanlara rahatça ulaşılmalıdır.

Sistemin iyi çalışması için klima cihazının seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat edilmesinde fayda vardır:

- Klima cihazları en az 2500 Pa basınca kadar sızdırmaz olmalıdır.  
Açıklama: İklimlendirme cihazının kirli filtreler ile basınç kaybının 1.500 Pa, kanal sisteminin en az 200 Pa, susturucu, debi regülatörleri, menfezlerin toplam basınç kaybının 200 Pa, HEPA filtreleri kirlilik basınç kaybı 500 Pa olduğundan hareket edersek, sistemde en az 2.400 Pa basınç kaybı oluşmaktadır. Eğer iklimlendirme cihazı hava kaçırmaz ise enerji sarfiyatı yüksek olur ve gerekli olan hava değişim katsayılarına ulaşılamaz.
- Klima cihazlarının düzeni sızdırmaz klape, ön filtre (opsiyon ikinci basamak filtre), gerekirse ısı geri kazanım serpantini, ısıtıcı, temizlik için boş hücre, soğutucu serpantin, gerekirse ikinci basamak ısıtıcı serpantin, nemlendirici, vantilatör, susturucu, ikinci basamak filtre şeklinde olmalıdır. Bazı özel durumlarda, özellikle tesisat katında klima cihazı için yeterli alan olmadığı zaman, nemlendiricinin, susturucunun ve ikinci basamak filtrenin kanal sistemi içine konmasında, toz tanecikleri bırakmaması ve üzerinde mikroorganizma ürememesi şartı ile sakınca yoktur.

Açıklama: Bu cihaz düzeni ile cihazın içinde birikmesi olasılığı olan toz taneciklerinin kanal sistemine girmesi olasılığı en düşük seviyeye indirilmekte ve cihazın gerektiğinde hızlı ve etkili bir şekilde temizlenmesi sağlanmaktadır.

### 6.3.1.1. Filtreler

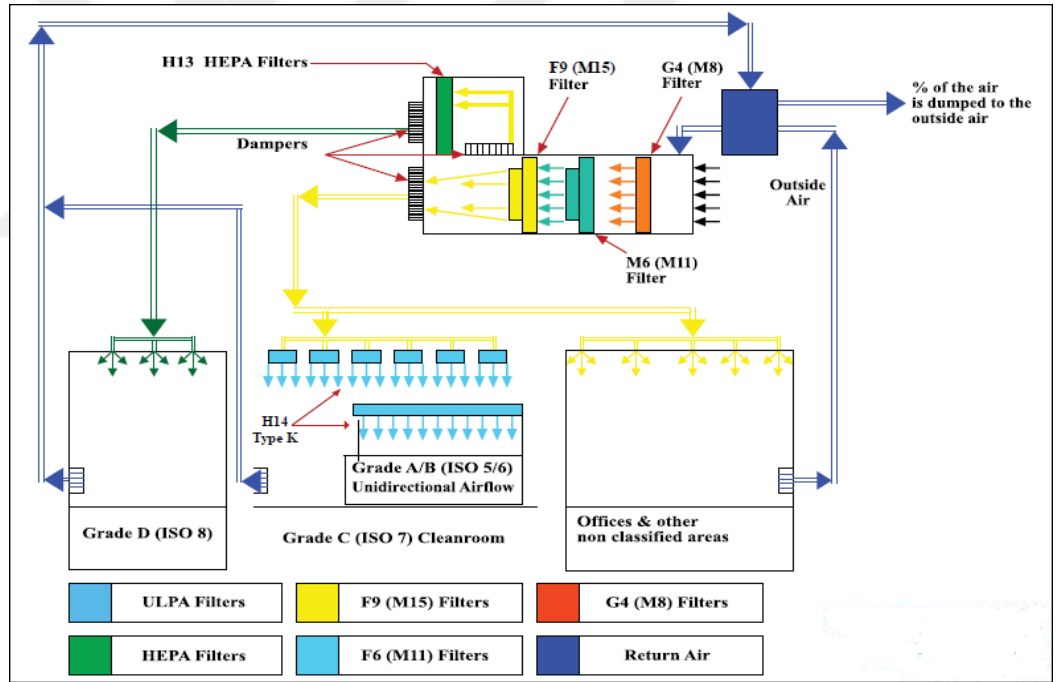


Şekil 6.2. Kompakt torba filtre ve HEPA filtre

Filtre seçimi yapılırken aşağıda belirtilenlere dikkat edilmelidir:

- Filtrelerin başlangıç basınç kayıplarının en düşük seviyede olması hem işletme masraflarının düşük olmasını sağlamak hem de filtreler, özellikle HEPA filtreler değiştirilirken steril alanın kirlenmesi ve üretimin durmasının sebep olacağı kayıpların en az seviyeye indirilmesi açısından çok önemlidir.

- Torba filtreler tüm yüzeyleri kullanılabilir (yanakların birbirine değmeyeceği) şekilde imal edilmiş olanlarının ömrü daha uzundur.
- Torba filtrelerin yırtılma olasılığı en düşük seviyede olan, sistem devreye girdiği zaman ve işletme sırasında en az şekilde silkelenen malzemelerden imal edilmiş olmasında fayda vardır.
- Torba filtrelerin birleşim yerlerinin kaynaklı olması sistemin emniyetini sağlamak için faydalıdır.
- Cam elyafından imal edilmiş torba filtreler kolayca yırtılabilir sağlığa zararlı olduklarından kullanılmamasında fayda vardır.
- HEPA filtrelerinin 3-5 senede bir değiştirildiğini göz önünde bulundurularak, bu zaman içinde özellikle çerçevelerinin, üzerinde mikroorganizma, küf ve mantar üremesine olanak vermeyecek malzemelerden seçilmesi gereklidir. Yapay tahta ve MDF çerçeveli HEPA filtrelerin üzerinde zamanla küf oluştuğu belirlenmiştir.
- Özellikle HEPA filtrelerin üretimden sonra tek tek testinin yapıldığına dair belge alınmalıdır. Bu aynı zamanda hazırlanacak olan dokümanlar içinde gereklidir.
- HEPA filtrelerinin önünde 2-4 mm kalınlığında koruma ızgarası olmasında montaj yapılırken zarar görmemeleri için fayda vardır.



**Şekil 6.3.** Kullanım alanlarına göre ortamların filtreleme sınıfları

Filtre yerleşimleri mümkün olduğunca aşağıdaki gibi yapılmalıdır<sup>[7]</sup>.

Taze hava üfleme tarafı:

- 1.basamak ön filtre: Taze hava emme kanallarının kirlenmesini önlemek için hemen dış hava menfezinin arkasına konmalı elektrik kesintilerinde kendi kendine kapanabilir özellikte olmalıdır,
- 2.basamak ön filtre: İklimlendirme cihazının girişine,
- 3.basamak filtre: 2. basamak filtrenin hemen arkasına (üretimle ilgili olarak opsiyon) yerleştirilmelidir.

- 3.basamak aktif karbon veya aktif karbonlu kombine filtre: Özellikle üretim alanının, kirli gazların ve rahatsız edici kokuların çıktığı sanayi bölgelerinde, şehir içinde, yüksek trafiğin bulunduğu yol kenarlarında vs. olduğu zaman, emilen taze havanın atmosferdeki gazlardan arınmasını ve üretimin, laboratuvar şartlarının bu gazlardan etkilenmesini önlemek amacı ile aktif karbon filtre veya aktif karbonlu kombine filtre yerleştirmenin faydası vardır,
- 4.basamak filtre: İklimlendirme cihazının çıkışında susturucudan sonra yerleştirilmelidir. Eğer susturucu yer kaybindan ötürü iklimlendirme cihazının içine dolayısı ile filtrenin önüne yerleştirilemiyorsa muhakkak hijyenik tipte seçilmelidir.
- Son basamak filtre (HEPA): Cihazda son basamak olarak veya kanal sisteminin sonuna, menfez ağzına yerleştirilmelidir.

Kirli hava egzoz tarafı:

- 1.basamak filtre: Eğer işlemler esnasında toz çıkıyorsa kanalların pislenmesini önlemek için hemen emme menfezlerinin ağzına yerleştirilmelidir. Hijyenik ortamlarda burada mikrop üreyip üremediğinin sık sık kontrolünün yapılması gereklidir.
- 2.basamak filtre: Genellikle insan ve çevre için tehlikeli maddelerin dışarıya çıkmasını önlemek için atık hava cihazı üzerine veya kanal sistemine HEPA filtre yerleştirilerek gerçekleştirilir.
- 3.basamak filtre: İnsan ve çevreye çok zararlı olacak maddelerin dışarıya çıkmasını önlemek için ikinci bir HEPA filtre, bekçi filtre olarak yerleştirilmelidir.

Özellikle hassas bölgelerde bulunan filtrelerin patlayıp patlamadığını kontrol etmek için bir optik ve akustik alarm sisteminin konmasında fayda vardır. HEPA filtrelerinin tüm sistem devreye alınıp sistem belirli bir süre HEPA filtreler olmadan çalıştırılıp kanallardaki olası kirliliğin dışarı üflenmesinden sonra takılması gereklidir.

**Tablo 6.1.** Filtre verimleri

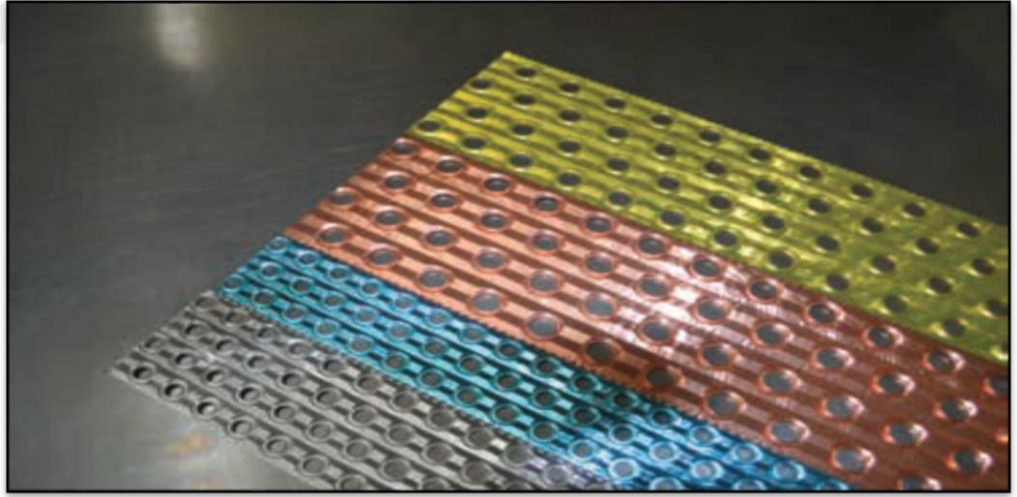
<b>Kaset Filtrelerin Verimi</b>			
Eurovent 4/5	EN779	Verim	Model
EU1	G1	<65%	Metal kaset filtreler
EU2	G2	65% - 80%	Yıkabilir kaset filtreler
EU3	G3	80% - 90%	Panel ve arttırılmış yüzeyli, karton çerçeveli filtreler
EU4	G4	>90%	Panel, kaset ve torba filtreler
<b>Torba Hassas Filtrelerin Verimi</b>			
Filtre	EN779 Sınıfı (E <sub>M</sub> = ortalama verim)		
F5	40 ≤ E <sub>M</sub> ≤ 60		
F6	60 ≤ E <sub>M</sub> ≤ 80		
F7	80 ≤ E <sub>M</sub> ≤ 90		
F8	90 ≤ E <sub>M</sub> ≤ 95		
F9	95 ≤ E <sub>M</sub>		
<b>HEPA Filtrelerin Verimi</b>			
E% @0,3 µm	HEPA Filtreler (EN 1822)		E% @0,3 MMPS
≥95	H10		≥85
≥98	H11		≥95
≥99,99	H12		≥99,5
≥99,997	H13		≥99,95
≥99,999	H14		≥99,995



### 6.3.1.2. Serpantinler

Serpantinler temizlik amacıyla kolaylıkla ulaşılabilir veya çıkartılabilmesi için kızaklı olmalıdır. Soğutucu serpantinden sonra kullanılan damla tutucu, serpantin üzerinde yoğunlaşan suyun klima santralının diğer hücrelerine geçmesini engellemelidir. Ayrıca yoğuşma tavaasında biriken su bekletilmeden santralden tahliye edilmesi gerekir. Bunun için çift yönlü yoğuşma tavaları tercih edilmektedir. Yoğuşma suyu en az 40 mm çapında bir sifon yardımıyla geri akım önlenecek şekilde tahliye edilmelidir. Yoğuşma suyu pıssu tesisatına bağlanmamalıdır. Yoğuşma tavaası ve serpantin kızakları oluşabilecek korozyon sonucu pasın sisteme girmesini önlemek için mutlaka paslanmaz çelikten olmalıdır. Isıtıcı ve soğutucu serpantinlerin normal santral bataryalarında 2-2.5 mm olan kanatçık aralığı hijyenik santrallerde 3 mm olmalıdır. Böylece serpantinler daha kolay ve hızlı temizlenebilir. Isı değiştiricinin derinliği, merkezine kadar temizlenebilmesi için, boruların düz sıralı dizildiği bataryalarda maksimum 300 mm, boruların şaşirtmalı dizildiği bataryalarda ise 450 mm. olmalıdır. Aksi halde ısı değiştirici batarya bir kaç parça olarak hazırlanmalıdır.

Serpantinlerin üzerindeki hava hızı ısıtıcı bataryalarda mümkünse 3,5 m/s'yi soğutucu bataryalarda ise 2,5 m/s'yi geçmemelidir. Bu hem serpantinlerin mümkün olduğu kadar ince tutulup kolay temizlenebilmesini, hem de vantilatörün az elektrik harcıyıp işletme masraflarının düşük olmasını sağlar.



**Şekil 6.4.** Alüminyum, blue-fin (poliüretan kaplı), bakır, gold-fin (epoksi kaplı) kanatlar

Serpantinlerde performans ve ekonomiklik göz önüne alındığında en çok tercih edilen kanat malzemesi alüminyumdur. Alüminyum yüksek ısı iletimi, dayanıklılığı ve hafifliğinin yanında kolay elde edilebilirliği ve ucuz olması nedeniyle diğer malzemelerden daha avantajlı konumdadır. Bununla birlikte, yüksek aşındırıcı etkiye sahip asitli, tuzlu ya da sulu ortamlardaki uygulamalarda alüminyum kanatlar zamanla istenen performansı veremeyecek derecede bozulabilir. Bu tür zor şartlarda serpantinlerin ömrünü uzatmak

amacıyla özel kaplama malzemelerinden yararlanılmaktadır. Hijyenik santrallerde bataryaların serpantinleri epoksi veya hidrofilik kaplanarak kanat malzemesinin korozyon etkilerden etkilenmemesi sağlanır. Soğutma bataryalarında, giriş havasının içerisinde bulunan nemin bir kısmının kanatlar üzerinde yoğunlaşması kaçınılmazdır. Kanatlar üzerinde oluşacak ve hızla drene edilmeyen damlacıklar mikroorganizmaların ve mantarların üremesine neden olabilmektedirler. Bu nedenle damlacıkların, kanatlardan hızlı bir şekilde süzülmesi gerekir. Bu durumda suyun kanatlar üzerinde fazla kalmadan süzülmesi için epoksi veya hidrofilik kaplamalar kullanılabilir. Bu kaplamalarda, yüzey gerilim katsayısının düşük olması nedeniyle su kanat yüzeyinden hızla süzülmemektedir. Hidrofilik veya epoksi kaplama, özellikle yoğunlaşmanın fazla olduğu ortamlarda (ıslak şartta) damlacık halinde yoğunlaşan suyun alüminyum kanat üzerindeki aşındırıcı etkisinden korunmasında etkilidir. Ayrıca, biriken su damlaları hava akımına karşı bir direnç oluşturarak eşanjörün kapasitesinin düşmesine ve hava tarafı basınç düşümünü artırarak klima santral havasının azalmasına neden olur. Hidrofilik veya epoksi kaplama uygulanmış yüzeylerde, damlanın kanat yüzeyini ıslatma açısının küçük olmasından dolayı su büyük damlalar halinde toplanamaz ve kolayca dağılır. Böylece istenmeyen birikimler önlenerek eşanjörün uzun süre yüksek bir performansla çalışması sağlanmış olur. Yoğuşan suyun kontrollü bir şekilde sistemden dışarı alınabilmesi, sistem içindeki diğer parçaların da suyun zararlı etkilerinden korunması açısından son derece yararlı olmaktadır. Standart epoksi kaplı kanata nazaran hidrofilik kaplama daha düşük yüzey gerilim katsayısına sahiptir. Bunların yanında batarya üzerinden geçen hava hızının 2,5 m/s'nin üzerinde olması durumunda, kanatlar üzerinde oluşan damlacıklar hava ile birlikte ortama atılabilir. Bu, damla atma problemi olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda damlaların ortama geçmesini engellemek için batarya arkasına yerleştirilecek olan damla tutucular bu geçişi minimuma indirmektedir. Ancak damla tutucular bakteri ve mantarların en fazla ürediği bölge haline gelmektedir.



**Şekil 6.5.** Isıtıcı ve soğutucu batarya çeşitleri

Kaplamalı kanat malzemesinin yanında hijyenik sistem bataryalarında kullanılan diğer malzemelerinde bu ortam şartlarına uygun olması şarttır. Soğutucu ve ısıtıcı bataryalarda kullanılan kolektörlerinin bakır veya paslanmaz çelik borudan olması gerekmektedir.

**Tablo 6.2.** Fin Kaplamaların Karşılaştırılması<sup>[20]</sup>

Özellikler	Epoksi Kaplama	Hidrofilik Kaplama
Trikloroetilen'e direnç	Mükemmel / İyi	Mükemmel / İyi
Metiletilketon (M.E.K) direnci	100 çift darbe	200 çift darbe
Asit direnci ( %2 HCl, %2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Mükemmel / İyi	Zayıf
Tuz spreyine direnç	Mükemmel / İyi	Mükemmel / İyi
Su buharına direnç (121°C / 30 dk)	Mükemmel	İyi / Orta

### 6.3.1.3. Nemlendirici

EN 13053 – Ventilation for Buildings, Air Handling Units, Rating and Performance for Components and Sections (Bina Havalandırması, Klima Santralleri, Bölüm ve Elemanların Performansı ve Değerlendirilmesi) sulu nemlendiricilerin kullanılmasına şartlı olarak izin veriyorsa da hijyenik klima santrali içinde mikrobiyolojik oluşumlara yol açmamak için sulu nemlendiriciler yerine buharlı nemlendiriciler kullanılmalıdır. Pratikte kireçlenmeye izin vermeyen ve şehir şebeke suyu ile çalışan buharlı nemlendiriciler kullanılmaktadır. Santralde nemlendiricinin olduğu hücrede gözetleme camı ve ışık bulunmalıdır.

### 6.3.1.4. Damla Tutucu

Hava soğutucularından ve nemlendiricilerden bir sonraki elemana su damlası ulaşmaması garanti altına alınmalıdır. Bu sadece damla tutucular ile sağlanabiliyorsa, bu tutucuların ikinci filtre kademesinden önce takılması gerekir. Bunların da çürümeye karşı dayanıklı, temizlenebilir, temizlenebilmek için yerinden sökülebilir bir biçimde kurulması gerekir.

### 6.3.1.5. Fan ve Motor

Fan ve motor seçiminde aşağıdaki kriterlere dikkat edilmelidir;

- Fan hücresi, fan kaidesi ve fanın kendisi kolaylıkla temizlenebilir yapıda olmalıdır. Salyangozsuz plug fanların kullanımı tercih edilmektedir. Plug fanlarda kayış-kasnak mekanizmasının kullanılmaması bir avantajdır. Bu hem vantilatör bölümünde mikroorganizma birikimini engeller hem de cihazın içinin temizlemesi ve dezenfeksiyonunda büyük kolaylık sağlar. Ayrıca sistemin kayış kasnak değiştirilmesi için durdurulmasına veya işletme sırasında kayışın kopması gibi sorunlarla karşılaşmaz.
- Vantilatör, filtre sisteminin basınç kaybı yükselirken hacim akışı çok az değiştiğinden, geriye kıvrımlı vantilatörlerde olduğu gibi, mümkün olduğunca dik bir karakteristiğe sahip olmalıdır.

- Elektrik motor güvenlik sınıfı, motorun temizlenmesine izin vermelidir. Motor çalışma ısını mümkün olduğunca düşük tutabilmek ve böylece de soğutma sisteminin işletme giderlerinden tasarruf edebilmek için, ayrıca vantilatörün çok iyi bir randımana sahip olması gereklidir.
- Filtrelerin kirlenmesinden ötürü artan basınç kaybına orantılı olarak hava debisinin ekonomik bir şekilde sabit kalabilmesini sağlamak için motorların üzerine frekans invertörü konulmalıdır.



**Şekil 6.6.** Plug tipi fan

#### **6.3.1.6. Susturucu**

Susturucu malzeme havaya karışmamalı, ayrıca susturucu üzerinde ve içinde mikroorganizma ürememelidir. Susturucu üzerinde tozun birikmesine de izin verilmemelidir.

#### **6.3.1.7. Kaset**

Yukarıda belirtilen elemanlar bir kaset içine yerleştirilmelidir. Hijyenik klima santrallerinde kaset de ilave özelliklere sahip olmalıdır. Hijyenik klima santrali kasetlerinde parçacıkların birikmemesi, hava kaçağının çok düşük olması, gerek iç gerekse dış yüzeylerde yoğuşmanın oluşmaması ve elemanlarının temizlenebilir olması önem taşımaktadır. Klima santralinin girişinde sızdırmaz kapatma (shut-off) damperi kullanılmalıdır.

#### **6.3.1.8. Isı Geri Kazanım Ünitesi**

Isı geri kazanım sistemlerindeki ısı değiştiricileri için serpantin kısmında bahsedilen genel özellikler geçerlidir. Tasarım esnasında yoğuşma tavası takılması için de yukarıda bahsedilen drenaj tavası özellikleri dikkate alınmalıdır. Isı geri kazanım sistemlerinin kullanılmasına, sadece atılan havadan alınan havaya madde geçişi olmayacak şekilde planlamak kaydı ile izin verilir. (Isı geri kazanım ünitelerinde DIN 1946-4, kısım 4 Kasım 1989 hava sızıntı katsayısı %0.3'ün altında olmalıdır. Ayrıca EUROVENT tarafından cihazın hava sızdırma ölçümlerinin yapıldığı belgelenmelidir.) Isı geri kazanım ünitesi, hava akış yönüne göre birinci filtre kademesinden sonra takılır. Ünitenin dönüş havası girişinde de F7 sınıfına uygun bir filtre yer

almalıdır. Septik operasyon odaları, septik mahallere ve prematüre bölümüne hizmet eden klima santrallerinde ısı geri kazanım üniteleri kullanılmamalıdır.

Isı geri kazanım ünitesi olarak havadan havaya ısı transferi sağlayan üniteler yerine verimi daha düşük olmasına rağmen hava-su-hava (heat pipe) ısı geri kazanım ünitesi kullanılabilir. Çünkü havadan havaya ısı transferi sağlayan ünitenin sızdırmazlığı ve hijyenik belgelendirilmesinde ciddi ihtilaflar söz konusudur. Tam sızdırmaz ısı geri kazanım hücresi oldukça pahalıdır ve üretici sayısı sınırlıdır. Dolayısıyla sistemi riske etmek yerine ısı geri kazanımı amacıyla verimi daha düşük olmasına rağmen hava-su-hava (heat pipe) ısı geri kazanım ünitesi kullanılması daha uygun olacaktır.

#### **6.4. Chiller**

Bir soğutucu akışkan aracılığı ile klima santralinde havanın soğutulmasını sağlayacak soğuk suyu hazırlayan cihazlardır.

#### **6.5. Kazan**

Klima santralinde havanın ısıtılması için kullanılacak ısıtma suyunun hazırlanması için kullanılan cihazdır.

#### **6.6. Kanal Sistemi**

Kanal sistemi planlanırken mümkün olduğu kadar az enerji tüketilmesini sağlamak için kanal sisteminin kısa ve içindeki hava hızının düşük olmasına dikkat edilmelidir. Temiz ve steril ortamlarda enerji tasarrufunu sağlayan ek yatırımlar, kendilerini genel olarak kısa süre içerisinde amorti ederler. Temiz ve steril ortamlar için kurulan iklimlendirme sistemlerinde hava nakli nedeniyle oluşan enerji giderlerinin en düşük seviyeye indirilmesi, basınç kayıplarının azaltılması ile sağlanır. Bununla ilgili önlemlere aşağıdaki örnekler verilebilir:

- Kanal sistemi için mümkün olan en büyük kesitin seçilmesi,
- Kanalların iç yüzeyleri aşınmaya, korozyona karşı dayanıklı, pürüzsüz ve düz olmalıdır.
- Çapraz geçiş ve çevrimlerin optimal tasarımı,
- Susturucuların, ızgara ve ayar kapaklarının olanaklar elverdiğince büyük boyutlarda seçimi,
- Filtrelerin başlangıç basınç farkı, enerji tüketimini önemli ölçüde etkilediğinden, ön filtre ve HEPA filtrelerin olanaklar elverdiğince büyük boyutlu seçimi,
- Kanal içi hava hızının 5 m/s'yi geçmemesine dikkat edilmesi,
- Kanal sisteminin birleşim yerlerinde mikroorganizmaların yerleşebileceği aralıkların en az seviyeye düşürülmesi.
- HEPA filtrenin son basamak olarak kullanıldığı sistemlerde Eurovent 2/2 klas C'de tarif edilen şartların (test basıncı 2000 Pa) yerine getirilmesinin istenebilmesi,
- Sızdırmazlık sağlanırken olanaklar elverdiğince az silikon veya mastik kullanılması gerekir, çünkü silikonun zamanla sertleşme ve açılma

olasılığı yüksektir, kullanılacak silikon ya da mastiğin hijyen açısından olumsuzluk yaratmaması gerekir,

- Kanal sisteminde gerekli yerlere temizleme ve dezenfeksiyon kapakları konulması,
- Kanal sisteminde oluşacak titreşimlerin zamanla kanal sisteminin kendi üzerinde ve asma tavanda ince aralıkların oluşmasına yol açma olasılığına karşı askı elemanlarının üzerinde titreşim yutucular bulunması,
- Kıvrımlı esnek bağlantıların kullanımından olanaklar elverdiğince kaçınılmalı, kullanılmasının kaçınılmaz olduğu durumlarda ise bunların uzunluğunun 1,5-2 m'yi geçmemesine ve kolay dezenfekte edilebilmesine dikkat edilmesi,
- Kanal sisteminin parçaları monte edilmeden önce içlerinin muhakkak temizlenmesi,
- Montajı biten bölümlerin ağızları kapatılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Kanal sisteminde yukarıda belirtilenlerin dışında;

- Laminer akımın gerekli olmadığı bölgeler haricinde üfleme menfezlerinin mümkün olduğu kadar yüksek karışım oranlı olmasına, susturucuların toz parçacıklarını bırakmayacak şekilde üretilmiş olmasına ve üretimden kaynaklanan partiküllerin kanal sistemine girmesini önlemek için emme menfezlerinin önüne filtre konmasına dikkat edilmelidir.
- Havalandırma kanalları üzerindeki susturucu, damper, klape ve ısıtıcı gibi elemanlara temizlik ve bakım için kolay ulaşılabilirlik.
- Operasyon salonları ve septik mahallerin üfleme ve emiş hatlarında kesinlikle esnek hava kanalları kullanılmayacaktır. Operasyon salonları ve septik mahallerin dışındaki alanlarda zorunlu durumlarda kullanılacak olan esnek hava kanalları sadece hava kanalları ile terminal üniteleri arasında bağlantı olarak ve belli bir uzunluğa kadar kullanılabilir. Bu uzunluk 1 m'yi geçmemelidir.
- Eğer tesisatın tasarımında hava kanallarının makine ile temizleneceği öngörülmüş ise bu durumda uygun ve yeterli sayıda kontrol kapağı veya kolayca sökülebilir kanal parçaları veya form parçaları kontrol ve temizlik amacına uygun olarak monte edilmelidir. Ayrıca bu parçalara kolay bir şekilde ulaşılabilmesi sağlanmalıdır.
- Dış hava emiş menfezi ile klima santrali arasındaki hava kanalı mümkün olduğu kadar kısa tasarlanmalıdır. Dış hava emiş kanal tesisatı mutlaka içine girilebilir tarzda düzenlenmelidir veya temizlik için yeterli sayıda kontrol kapakları yerleştirilmelidir, bu şekilde kapsamlı bir kontrol ile iç yüzeylerinin mekanik olarak temizlenebilir olması sağlanmış olacaktır.
- Binada duman tahliye kanalları yerleştirilirken, hava iletiminin hijyenik uygunluğunu bozmayacak şekilde olmasına dikkat edilmelidir.

## 6.7. Kontrol Kapakları

Kontrol kapaklarının sayısı ve yerleşimi, havalandırma sistemlerinin gereksinimlerine ve temizleme metotlarına göre belirlenmelidir. Kontrol kapaklarının yerleşimleri, boyutları ile birlikte projede gösterilmelidir. İzolasyonlu hava kanallarına (örneğin ısı izolasyonu veya yangın koruma kaplamaları) yerleştirilen kontrol kapaklarında, kanal izolasyonunun ve kaplamaların özellikleri aynen korunmalıdır.

- Kontrol kapaklarının sızdırmazlığı, hava kanal tesisatındaki özelliklerde olmalıdır.
- Kontrol kapaklarına kolay ulaşım sağlanmalıdır. Kablolar, kablo taşıyıcıları, boru ve diğer tesisatlar ulaşım ve servise engel olmamalıdır.
- Kontrol kapakları yeterli ölçülerde düzenlenmelidir, eğer içerisine insan girecek ise en azından 500 x 600 mm ölçülerinde olmalıdır.

## 6.8. Sızdırmaz Kapatma Damperi

Hijyenik ortamın herhangi bir nedenle devre dışı kalması durumunda diğer ortamlar ile ilişkisi kesilmelidir. Başka bir deyişle devre dışı kalan hacimden diğer hacimlere doğru veya aksi şekilde kanallar vasıtası ile herhangi bir akışın oluşmaması gerekmektedir. Bu nedenle hijyenik ortamlarda, besleme ve egzoz kanallarında birer adet sızdırmaz damperin konulması tercih edilmektedir. Sızdırmaz damper motorlu ve sistem otomasyonuna bağlı olmalıdır.



Şekil 6.7. Sızdırmaz kapama damperi

## 6.9. Yangın Damperleri

Hijyenik alanlarda yangın damperlerinin HEPA filtreden sonra yer almasına izin verilmez.

## 6.10. VAV Kutu

VAV adı İngilizce'de "Değişken Hava Debi" anlamına gelen "Variable Air Volume" kelimelerinin baş harflerinden gelmektedir. Bu kutular ortama istenilen hava debisinin sağlanması için kullanılmaktadır. Pratikte VAV kutular gövde, debi ölçüm istasyonu, ayar damperi, damper motoru ve elektronik karttan oluşmaktadır. Elektronik kart, ayar değerini debi ölçüm istasyonundan gelen sinyalle mukayese ederek, havanın artırılması veya azaltılması için damper motoruna sinyal göndermektedir. Ameliyat odalarında üfleme ve emiş havası sabit olmalı ve sistemdeki basınç dalgalanmalarından (kanallardaki hava debisinin azalması ya da artması) etkilenmemelidir. VAV kutuların kullanılmadığı çoklu sistemlerde bir ameliyat odasının devre dışı kalması, diğer ameliyat odalarının hava debisini etkilemektedir. Ayrıca filtrelerin kirlenmesi ile ortama sağlanan hava debisi azalabilmektedir. Bu nedenle VAV kutular kullanılarak ameliyat odalarında sabit hava debisi sağlanabilmekte ve ameliyat odası sürekli sabit basınçta tutulabilmektedir. VAV kutuların kullanılması, ameliyat odalarının boş olduğu durumlarda basınç ilişkisini korumak kaydıyla, sistemin yarım debiyle çalışmasına olanak sağlayarak büyük oranda enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bazı VAV kutu üreticileri VAV'de kullanılan ayar damperini sızdırmaz yapıda üreterek VAV kutusunun sızdırmaz damper görevini de yapmasını sağlamaktadırlar.



Şekil 6.8. VAV Kutu

## 6.11. CAV Kutu

CAV adı İngilizce'de "Sabit Hava Debi" anlamına gelen "Constant Air Volume" kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. Pratikte VAV kutular sabit debide çalıştırıldığında CAV görevi yapmaktadır. Ancak kanal cihazları üreticileri sabit bir hava debisi sağlamak amacıyla daha ucuz ve basit bir yapıya sahip olan CAV kutularını geliştirmişlerdir. CAV kutular genellikle motorsuz olup, mekanik olarak çalışmaktadır. CAV kutusu; klapeleler, gerdirme mekanizması ve ayar mekanizmasından oluşmaktadır. CAV kutular arkasındaki basınç değişiminden etkilenmeyerek ortama sabit bir hava debisi sağlamaktadır. Hijyenik ortamlarda filtrenin kirlenmesi veya ameliyathane katında herhangi bir neden ile bir ortamın devre dışı kalması ortamlar arasındaki hava akışını bozmaktadır. Bunun sonucunda ortamlarda istenilen hava basınç değerleri de değişir. CAV kutular ortama sabit bir hava debisi



sağlayarak, filtrenin kirlenmesi veya bir ortamın devre dışı kalması durumunda ortamın basınç değerini sabit tutmaktadır. CAV kutularının görevini yerine getirebilmesi için üretici firmanın seçim metoduna dikkat edilmelidir. Bazı üretici firmalar çift kademeli motorlu CAV kutular üretmektedir.



Şekil 6.9. CAV

### 6.12. Kanal Tipi Elektrikli Isıtıcılar

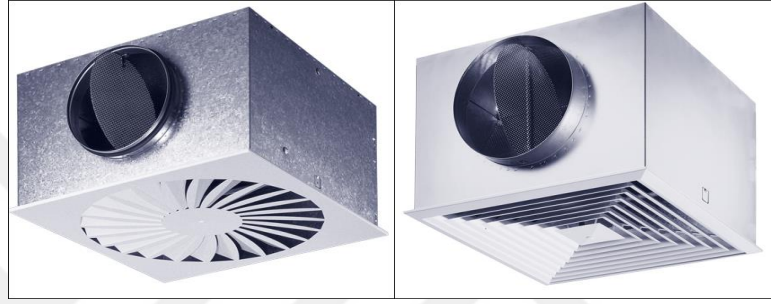
Ameliyat sırasında, gerek ameliyatın bir gereği olarak gerekse doktorların tercihi olarak ortam sıcaklığının hızlı bir şekilde değişmesi istenebilmektedir. Bu gibi durumlarda ameliyat odasına düşük sıcaklıkta hava beslenmekte, üfleme havası sıcaklığının hızlı bir şekilde değişmesi elektrikli ısıtıcı sayesinde yapılmaktadır. Elektrikli ısıtıcı devreye girdiği zaman üfleme havası ısınmakta, devre dışı olduğunda ise soğuk hava verilmektedir. Elektrikli ısıtıcı genellikle oransal veya çok kademeli olarak çalışmalı ve doktorun istediği sıcaklığı sağlamalıdır. Aynı klima santraline bağlı birden fazla mahalde ortam sıcaklıklarının birbirinden çok farklı olduğu durumlarda ise sıcaklığının ayarlanması için kanal tipi elektrikli ısıtıcı kullanılabilir. Bu şekilde tek bir klima santraline bağlı birden çok mahalde farklı sıcaklıklar elde etmek mümkün olmaktadır.

### 6.13. HEPA Filtre

HEPA filtreler adını “High Efficiency Particulate Air Filter (Yüksek Verimli Parçacıklı Hava)” kelimelerinden almaktadır. HEPA filtreler genellikle sistemin son filtreleme işlemi yapmakta ve mahalde bulunması gerekmektedir. Hava ortama verilmeden önce HEPA filtreden geçmektedir. HEPA filtre sınıfı H13 olabilir. H13 filtrenin EN 1822’ye göre verimi %99.95’tir. HEPA filtreler çok hassas bir yapıya sahip olduklarından montaj sırasında zarar görmemeleri için dikkat edilmelidir. Ayrıca HEPA filtre, HEPA kutusunda bulunan filtre yuvasına iyice oturtulmalı ve kaçakların oluşmasına izin verilmemelidir.

#### 6.14. HEPA Filtre Kutusu

HEPA filtrenin çalışabilmesi için HEPA filtre kutusuna gerek vardır. HEPA filtre kutusu kanal bağlantısı, plenum, sızdırmaz contalar ve sıkıştırma mekanizması ile difüzörden oluşmaktadır. HEPA filtre kutusunun standartlarda belirtilen sızdırmazlık değerlerine sahip olması gerekmektedir. Şüphesiz HEPA kutusu, son eleman olduğu için hijyenik bir yapı ve malzemeden yapılmış olması gerekmektedir. Difüzör, kare (dört) yönlü veya swirl olabilir. Dört yönlü difüzörler havayı yan taraflara üflerken, swirl difüzör havayı döndürerek aşağıya doğru itmektedir. Tasarımcı hijyen ortamın konumuna göre difüzörün tipine karar vermelidir. HEPA filtre kutusunun kullanıldığı ortamlarda akış türbülanslıdır. Bu nedenle bu ortamlarda parçacık ve mikroorganizmaların homojen bir şekilde dağıldığı düşünülmektedir.



Şekil 6.10. Swirl difüzör ve kare anemostad

#### 6.15. Laminer Akış Üniteleri

Ameliyat odası havasının içindeki parçacık ve mikroorganizmalar kütle geçişi prensibi ile bir yerden başka yere geçmektedir. Parçacık ve mikroorganizmalar konsantrasyonu yüksek olan bölgeden düşük olan bölgeye doğru geçiş yapmaktadırlar. Prensip olarak hastanın bulunduğu ve ameliyatının yapıldığı bölgenin parçacık ve mikroorganizmalardan arındırılmış olması istenmektedir. Parçacıkların laminer akışlarda bir noktadan başka bir noktaya geçişi, türbülanslı akışa nazaran daha azdır. Başka bir deyişle laminer akışın kütle geçiş katsayısı türbülanslı akıştan daha düşüktür. Özellikle laminer akışa dik yönde kütle geçişi ihmal edilebilir. Laminer akışın bu özelliği kullanılarak ameliyat odalarında hastanın bulunduğu bölge üzerine parçacık ve mikroorganizmadan arındırılmış laminer akış verilmektedir. Laminer akış aşağıya doğru olup hasta ve ameliyat ekibi etrafında temiz hava perdesi oluşturmaktadır. Böylece ameliyat odasının diğer bölgelerinden ameliyat ekibinin bulunduğu bölgeye doğru olan veya ameliyat ekibi ile hasta arasındaki kütle transferi engellenmektedir. Son zamanlarda ise ameliyat sırasında kullanılan aletlerin etrafında bile temiz havanın olması istenmektedir. Laminer akış ünitesi, bağlantı kanalı, HEPA filtre ve yuvası, plenum kutusu ve laminizatörden oluşmaktadır. Kanaldan gelen hava HEPA filtrelerden geçirilmekte, daha sonra düzgün akış sağlanarak ortama verilmektedir. Laminer akış ünitesi havanın son çıkış noktası olduğu için hijyenik yapı ve malzemeye sahip olmalıdır. Havanın laminer akış ünitesinden çıkış hızı ayrıca önem taşımaktadır. Laminer akış ünitesi çıkış hızının üretici firmanın belirttiği değerlerin altında olması gerekmektedir. Laminer akışta çıkan akış aşağıya

doğru, hasta, ameliyat ekibi ve aletlerin bulunduğu bđlgeye doğru akmalı, yere kadar inmeli ve yer seviyesinde bulunan lif tutucular vasıtası ile tahliye edilmelidir. Araştırmalar son zamanlarda ameliyathaneler için standartlarda belirtilen besleme hava debisinin yetersiz olduğunu gđstermiřtir. Bu nedenle laminer akış alanının artırılması istenilmektedir. Laminer akış, hasta, ameliyat ekibi ve cerrahi aletlerin bulunduğu bđlgeyi kapsamalıdır. Bu da yđksek bir hava debisini gerektirir. Bu nedenle son zamanlarda karışık havalı laminer akış unitelerinin kullanılmasına doğru gidilmektedir. Bu tip laminer akış uniteleri, klasik laminer akış unitelerinden farklı olarak, içinde en az F7 sınıf filtre ve fan içermektedir. Ameliyat odası içinde bulunan laminer akış unitesi etrafından emilen hava F7 sınıf filtreden geçerek, klima santralinin sağladığı taze hava ile karışmakta ve daha sonra HEPA filtreden geçirilmektedir. Bu tip laminer akış uniteleri bir ameliyat odasının havasının başka bir ameliyat odası havasına karıştırmadan ve enerji tasarrufu sağlayarak yđksek debide laminer akış sağlamaktadır.



**şekil 6.11.** Laminer akış unitesi

#### **6.16. Lif Tutucu Menfezler**

Genellikle ameliyathanelerde egzoz menfezlerinde kullanılan ekipmanlardır. Ameliyathane içinde kullanılan dokumalardan dđkđlen liflerin ve parçacıkların egzoz havasından arındırılması ve egzoz kanallarına bulaşmaması için kullanılmaktadır. Aslında paslanmaz çelikten yapılmış, temizlenebilen ve mikrop barındırmayan birer filtredir. Lif tutucu menfezler yerden 30-40 cm yukarıda konumlandırılarak ameliyat sırasında kullanılan anestezi gazlarının ameliyat ekibini etkilemeden tahliye edilmesini sağlarken, aynı hizada tavana yakın olarak konumlandırılan lif tutucu menfezler ise dokumalardan dđkđlen ve uçuşan liflerin tutulması için kullanılır.



Şekil 6.12. Lif tutucu menfez

### 6.17. Sistemin Çalışmasında Önemli Hususlar

Yukarıdaki sistem elemanları göz önüne alınarak tekli veya çoklu sistemlerin çalışması ile ilgili pratikte göz önünde bulundurulması gereken hususlar maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır.

- Ameliyathane sıcaklığı ve nemi ameliyathane personeli tarafından izlenebilmeli ve doğrudan ya da dolaylı olarak değiştirilebilir olmalıdır.
- Klima santralinde bulunan ısıtıcı ve soğutucu serpantinlerin su debisi motorlu vanalar vasıtası ile değiştirilerek istenilen çıkış sıcaklığı sağlanmalıdır.
- Ortamlarda elektrikli ısıtıcı kullanılması durumunda, elektrikli ısıtıcının kontrolü çok kademeli veya oransal olmalıdır. İstenilen ortam sıcaklığı sağlanmalıdır.
- Buharlı nemlendirici on-off veya oransal olarak çalıştırılabilir. Ancak oransal olarak çalıştırılması tavsiye edilir. Nem sensörü genellikle egzoz havasında kullanılmaktadır.
- Kapıların açılıp kapanması durumunda ameliyathane basıncı çok değişmemeli ve kısa sürede istenilen değerlere geri dönmelidir. Bunun için gerekli önlemler alınmalıdır. Örneğin, kapılar otomatik olarak kapanmalıdır.
- Hijyenik ortamda iki kapı varsa, hava basıncının düşmesi nedeni ile iki kapı aynı anda açılmamalıdır. Bir kapı kapandıktan sonra, diğer kapı açılmalıdır.
- Ameliyathane sistemi gün boyunca tam debide çalıştırılmayabilir. Boş olduğu durumlarda ortam basıncı değişmemek kaydıyla düşük debilerde (yarım debide) çalıştırılmasında bir sakınca yoktur. Tekli sistemlerde yarım debi uygulaması frekans konvertörü, çoklu sistemlerde ise besleme ve egzozda bulunan VAV kutular vasıtası ile yapılmaktadır. Çoklu sistemlerde VAV'nin yarım debiye düşmesiyle beraber frekans konvertörünün fan hava debisini de düşürmesi gerekmektedir.

- Filtrelerin kirlenmesi durumunda otomasyon sistemi alarm vermeli, ancak sistemi durdurmamalıdır.
- Fanın durması veya herhangi bir nedenle devre dışı kalması durumunda otomasyon sistemi alarm vermeli ve bütün sızdırmaz kapatma damperleri otomatik olarak kapanmalıdır.
- Fan arızasının giderilmesi durumunda, fan devreye girmeden önce kapatma damperleri açılmalı daha sonra fan devreye girmelidir.
- Hijyenik ortamlara konulan giriş ve çıkış sızdırmaz kapatma damperleri birlikte kapanıp açılmalıdır.
- Her ortamın sızdırmaz kapatma damperleri sistem operatörü tarafından istenildiğinde kapatılabilmelidir. Bir ortamın devre dışı kalması istenildiğinde besleme ve egzozda bulunan sızdırmaz damperler kapatılmalıdır. Damperlerin kapatılması ile sistemdeki hava debisi değişmektedir. Frekans konvertörü, debi ölçüm istasyonu veya basınç sensörü vasıtası ile kanallardaki basınç artışını hissederek fan hava debisini otomatik olarak düşürmelidir. Bütün ortamlarda VAV veya CAV kutular bulunduğu için ortamlardaki hava debisi kanallardaki basınç dalgalanmasından etkilenmemektedir.
- Hijyenik klima santralının herhangi bir nedenle durması durumunda, santral ve odalarda kullanılan bütün sızdırmaz damperler kapatılmalıdır.
- Ortam basıncının manometre kullanılarak sürekli izlenmesinde fayda vardır. Ortam basıncının izin verilen değerlerin dışına çıktığı durumlarda sistemin alarm vermesi faydalı olacaktır.
- Yangın ikazları dışında verilen sistem alarmlarında sistem durmamalı ve sürekli çalışmalıdır.
- Sistemin kontrolünün merkezi olması ve bir odadan bütün parametrelerin durumlarının görülmesinde ve değiştirilmesinde yarar vardır.

## 7.BÖLÜM

### AMELİYATHANE PROJELENDİRMESİ

#### 7.1. Ameliyathane İle İlgili Genel Bilgi

Ameliyathane tasarımı için seçilen ameliyathane yaklaşık 40 m<sup>2</sup> kullanım alanına ve 3 m net kat yüksekliğine sahiptir. Oda içerisinde hareket alanını kısıtlayacak kolon vb. herhangi bir mimari eleman bulunmamaktadır. Kirlilik seviyesini minimum seviyede tutmak amacıyla ameliyathanede herhangi bir girinti ve çıkıntı bulunmamakla beraber köşelerde duvarlar oval biçimde yapılmıştır. Ameliyathanede biri hasta girişi ve cerrahi ekibin kullanması için bırakılmış, diğeri ise cerrahi müdahale sırasında ekipman, ilaç, malzeme vb. sevkiyatı için bırakılmış olmak üzere iki adet kapı bulunmaktadır. Ameliyathane, DIN 1946-4'e göre Sınıf 1a kapsamında bulunan riskli ve uzun süreli cerrahi operasyonların yapılacağı müdahale odası olacak şekilde uygun tasarım kriterleri kullanılarak tasarımı yapılmıştır. Laminer akış ünitesinin boyutları (3,2 m) x (3,2 m) olarak belirlenmiştir. Böylece cerrahi müdahale sırasında ameliyat masasında bulunan hasta ile cerrahi müdahalede bulunan ameliyat ekininde üzerinde laminer bir akış oluşturularak parçacık konsantrasyonunun minimum olması amaçlanmıştır. Tasarım parametreleri olarak DIN 1946-4 başta olmak üzere, kanal tasarımı ve üretimi için SMACNA, DW 144 dikkate alınırken sızdırmazlık ve performans testleri için SMACNA ve Eurovent'ten, yangın riskleri için NFPA'den yararlanılmış, diğer performans testleri içinse ISO ve EN normları kullanılmıştır. Ayrıca havalandırma sisteminin temizliği için NADCA standartlarının belirlediği kriterler göz önüne alınmıştır.

Ameliyathaneler mimari tasarım şartlarına uygun olarak insan sirkülasyonunun minimum olacağı bir bölgede konumlandırılmıştır. Ameliyathane katında sterilizasyon odaları, hemşire istasyonları, doktor hazırlık bölümleri, ameliyat sonrası personel için dinlenme odaları, temiz ve kirli depolar, ameliyat masası temizleme, sedye değiştirme, ameliyat öncesi uyutma ve sonrası ayılma odaları ile yoğun bakımdan oluşmaktadır.

#### 7.1.1. Ameliyathane Mekanik Tesisatı İle İlgili Genel Bilgi

Ameliyathane havalandırma sistemi, bir adet hijyenik klima santrali bir ameliyathaneyi iklimlendirecek şekilde tekli sistem olarak tasarımı yapılmıştır. Kanal sisteminde korozyondan etkilenmemesi için paslanmaz kanallar tercih edilirken, hava kaçaklarının minimuma indirilebilmesi için kendinden flanşlı kanallar kullanılmıştır. Basınç kaybının az olması için hijyenik klima santrali ameliyathaneye yakın olarak konumlandırılmıştır. Hijyenik klima santralinin ısıtıcı bataryasının ihtiyaç duyduğu sıcak su kazanlar aracılığıyla sağlanırken, soğutucu bataryanın ihtiyaç duyduğu soğuk su chillerler tarafından karşılanmaktadır. Sıcak su rejimi için 70°C / 50°C tercih edilirken, soğutma sisteminde akışkan rejimi olarak 6°C / 11°C tercih edilmiştir.

Kanal sistemi üzerinde ani debi değişimleri karşılamak amacıyla VAV kutusu ve susturucusu ile yine aynı şekilde ani sıcaklık değişimlerini karşılamak için kanal tipi elektrikli ısıtıcı kullanılmıştır.

## 7.2. Teknik Hesaplar İçin Dizayn Kriterleri

Isı kaybı ve psikrometri hesaplarında kullanılmak üzere iklim şartları Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından İstanbul ili için belirlenmiş dış hava şartları tablodaki gibidir.

**Tablo 7.1.** Tasarım değerleri

Kış mevsimi için dış ortam sıcaklık değeri	-3 °C
Yaz mevsimi için dış ortam sıcaklık değeri	+33 °C kuru termometre +24 °C yaş termometre
İçeriye veya bodruma kapı veya pencere, büyük bir kısmı ısıtılmış mahallerle çevrili ortamlar	+12 °C
Dış kapı veya pencere, büyük bir kısmı ısıtılmış mahallerle çevrili ortamlar	+6 °C
Döşeme altı toprak sıcaklığı	+9 °C
Dış duvara bitişik toprak sıcaklığı	+3 °C
Çatı arasındaki ısıtılmayan mahal sıcaklığı	0 °C

Isı yalıtım hesaplarında TS 825'in son hali göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda mahal sıcaklıkları olarak aşağıdaki tablodaki değerler dikkate alınmıştır.

**Tablo 7.2.** Mahallerin kış ve yaz kuru termometre sıcaklıkları

Mahal Adı	Kış Sıcaklık Değeri (°C)	Yaz Sıcaklık Değeri (°C)
Operasyon Odaları	24	20
Bazı Özel Operasyon Odaları	24	17
Yoğun Bakım Odaları	22	24
Hasta Uyum-Uyanma Odaları	22	24
Doğum Odaları	22	24
Steril Koridorlar	20	24
Hasta Yatak Odaları	22	26
Hasta Katları Koridorları	20	26
Poliklinik Muayene Odaları	22	26
Laboratuvarlar	20	26
MR, BT, CT İleri Teknik Odaları	22	26
X-RAY Odaları	22	26
Acil Muayene Odaları	22	26
Genel Bekleme Alanları ve Koridorları	20	26
Sterilizasyon Bölümleri	20	24

### 7.3. Ameliyathane İklimlendirme Tesisatı

Tasarlanan ameliyathane Sınıf 1a kapsamında olan ameliyathanelerin yapılacağı, yaklaşık 40 m<sup>2</sup> kullanım alanına sahip bir ameliyathane olduğundan tek bir hijyenik klima santrali ile beslenmektedir. Santral tek ameliyathaneyi beslediğinden karışım havalı olarak tasarlanmıştır. Böylece dış ortamdaki emilecek havaya nazaran daha temiz ve daha iyi şartlarda bulunan egzoz tarafından gelen şartlandırılmış, filtrelenmiş ve ısıtılmış/soğutulmuş dönüş havası tekrardan kullanılarak enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır.

#### 7.3.1. Ameliyathane Isı Kaybı Hesabı

Tekli sistem olarak dizayn edilen ameliyathanelere ait ısı kaybı hesabı aşağıdaki tablodaki gibidir. Ameliyathanelerin bitişik mahalleri de benzer sıcaklıklara sahip olan ameliyathanelerden oluşmaktadır.

**Tablo 7.3.** Ameliyathane ısı kaybı çizelgesi

Dizayn Bilgileri:												
Şehir	İstanbul											
Dış Hava Sıcaklığı	-3 °C											
Mahal Sıcaklığı	24 °C											
Rüzgar Durumu	Rüzgarlı											
İşletme Durumu	1. İşletme											
Hesap Değerleri												
İşaret	Yön	Genişlik – W (m)	Uzunluk – L (m)	Yükseklik (m)	Alan - A (m <sup>2</sup> )	Adet	Çıkarılan Alan (m <sup>2</sup> )	Net Alan (m <sup>2</sup> )	K (w/m <sup>2</sup> K)	DT (tr-to) (°C)	KxDT	Qkismi
İK	B	-	2	2,2	4,4	1	-	4,4	2,32	4	9,28	41
İK	B	-	1	2,2	2,2	1	-	2,2	2,23	4	9,28	20
İD	B	0,19	15,2	5,2	79,04	1	6,6	72,44	0,73	4	2,91	211
İD	B	0,19	9,4	5,2	48,88	1	-	48,88	0,73	12	8,74	427
ÇA	-	0,07	0	0	0	1	-	41,8	0,4	27	10,8	451
												1150
Qkismi		ZD (%)	Z	ZH (%)	Z	Toplam Q (Watt)						
1150		7	0	0	1,07	1231						

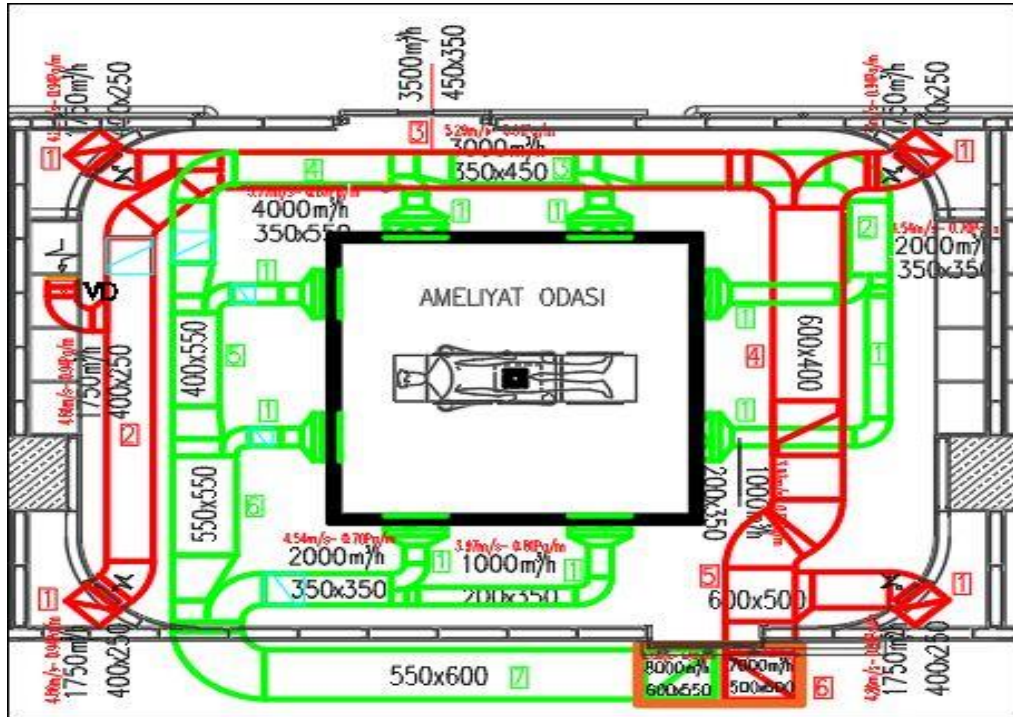


### 7.3.2. Ameliyathane Kanal Tasarımı ve Hesabı

40 m<sup>2</sup>'lik (3,2 m)x(3,2 m) boyutlarında laminer akış ünitesi ve 0,22 m/s yüzey hızına sahip Sınıf-1a kapsamındaki ameliyathane için;

- Üfleme havası debisi = (3,2 m) x (3,2 m) x (0,22 m/s) x (3600) = 8110 m<sup>3</sup>/h = 8800 m<sup>3</sup>/h (yaklaşık %10 emniyetle)
- Egzoz havası debisi = 7000 m<sup>3</sup>/h = 7700 m<sup>3</sup>/h (%10 emniyetle) olarak belirlenmiştir. Seçilen santral hijyenik tip klima santralidir ve bir adet ameliyathaneyi beslediğinden enerji tasarrufu sağlamak amacıyla %35 taze hava karışıklı tercih edilmiştir.

Hava değişim sayısı olarak ASHREA uygun olarak 20 kez hava değişimi tercih edilmiştir. Ameliyathane ile komşu mahaller arasında pozitif basınç oluşturabilmek için üfleme havası debisi, egzoz havası debisinden yaklaşık %10 daha fazla seçilmiştir. Üfleme ve egzoz kanalları için dikdörtgen ve paslanmaz malzemeden imal edilmiş hava kanalları tercih edilirken, kanal sistemi üzerinde bulunabilecek olan VAV, CAV ve elektrikli ısıtıcı vb. ekipmanlar santral odasında konumlandırılmıştır. Böylece olası arızalarda bu ekipmanlara müdahale daha kolay şekilde yapılabilecektir. İstenilen ani sıcaklık değişimlerini karşılamak üzere kanal sistemi üzerinde 5 kW'lık bir kanal tipi elektrikli ısıtıcı kullanılmıştır. Filtreleme 4 kademe olarak yapılmıştır. Ameliyathane tavanında (3,2 m)x(3,2 m) boyutlarında laminer akış ünitesi bulunmaktadır. Lif tutucu emiş menfezleri ise ameliyathanenin 4 köşesine laminer akış düzenini bozmayacak şekilde simetrik olarak konumlandırılmıştır. Kanal boyutlandırması ve buna bağlı olarak hava hızı, basınç kayıpları aşağıdaki tablolardaki gibidir. Ameliyathane kanal projesi ve laminer akış ünitesinin konumu aşağıdaki gibidir.



Şekil 7.1. Ameliyathane hava kanalı projesi ve laminer akış ünitesi ile lif tutucu menfez yerleşimleri

### 7.3.2.1. Üfleme Hattı Kanal Basınç Kaybı Hesabı

**Tablo 7.4.** Üfleme hattı kanal basınç kayıpları tablosu

Üfleme Hattı Kanal Basınç Kaybı													
No	Hava Debisi		Hız		Kanal Ölçüleri		Alan a x b	Çap		Basınç Kaybı			
	Q <sub>H</sub> m <sup>3</sup> /h	Q <sub>S</sub> l/s	V <sub>S</sub> m/s	V <sub>D</sub> m/dk	a mm	b mm		D cm	D cm	R mmWC / m	L m	R x L mmWC	Özel Kayıp mmWC
1	1.000	278	3,97	239	200	350	700	29,85	25,45	0,08	9,00	0,71	0,56
2	2.000	556	4,54	273	350	350	1225	39,49	35,00	0,07	4,00	0,27	0,91
3	3.000	834	5,29	318	350	450	1575	44,78	39,38	0,08	1,60	0,12	2,34
4	4.000	1112	5,77	347	350	550	1925	49,51	42,78	0,08	3,20	0,26	4,57
5	5.000	1390	6,31	379	400	550	2200	52,93	46,32	0,09	1,60	0,14	0,25
6	6.000	1668	5,51	331	550	550	3025	62,06	55,00	0,06	2,10	0,12	0,19
7	8.000	2224	6,73	405	600	550	3300	64,82	57,39	0,08	20,00	1,53	2,56
ΣExternal Pressure Loss			(mmWC)		3,16								
Special Loss			(mmWC)		11,38								
Üfleme Hattı Fittngs Basınç Kaybı													
No	Parça adı	adet	açı	a - geniş cm	b - yük. cm	R	R/b	R/b-ç	N	ç	W (hız) m/s	Z (mmSS)	Toplam (mmSS)
1	dirsek	1	90°	20	35	32,5	0,929	0,31	0,55	0,1705	3,968	0,1678	0,561
	dirsek		90°	35	20				1,411				
	ayrıl/birleş	1	30°	10	35					0,3		0,2953	
	daral/geniş	1	30°	20	35					0,1		0,0984	
2	dirsek	1	90°	35	35	32,5	0,929	0,31	1	0,31	4,535	0,3985	0,912
	dirsek		90°	35	35				1				
	ayrıl/birleş	1	30°	17,5	35					0,3		0,3856	
	daral/geniş	1	30°	35	35					0,1		0,1285	
3	dirsek	3	90°	35	45	37,5	0,833	0,4	0,781	0,312571	5,291	1,6407	2,340
	dirsek		90°	45	35				1,191				
	ayrıl/birleş	1	30°	17,5	45					0,3		0,5249	
	daral/geniş	1	30°	35	45					0,1		0,175	
4	dirsek	6	90°	35	55	42,5	0,773	0,47	0,636	0,298786	5,772	3,7329	4,565
	dirsek		90°	55	35				1,33				
	ayrıl/birleş	1	30°	17,5	55					0,3		0,6247	
	daral/geniş	1	30°	35	55					0,1		0,2082	
5	dirsek		90°	40	55				0,735		6,313		0,249
	dirsek		90°	55	40				1,238				
	ayrıl/birleş		30°	20	55								
	daral/geniş	1	30°	40	55					0,1		0,2491	
6	dirsek		90°	55	55				1		5,51		0,1897
	dirsek		90°	55	55				1				
	ayrıl/birleş		30°	27,5	55								
	daral/geniş	1	30°	55	55					0,1		0,1897	
7	dirsek	1	90°	60	55	42,5	0,773	0,47	1,071	0,503292	6,734	1,4264	2,56
	dirsek		90°	55	60				0,927				
	ayrıl/birleş	1	30°	30	55					0,3		0,8503	
	daral/geniş	1	30°	60	55					0,1		0,2834	

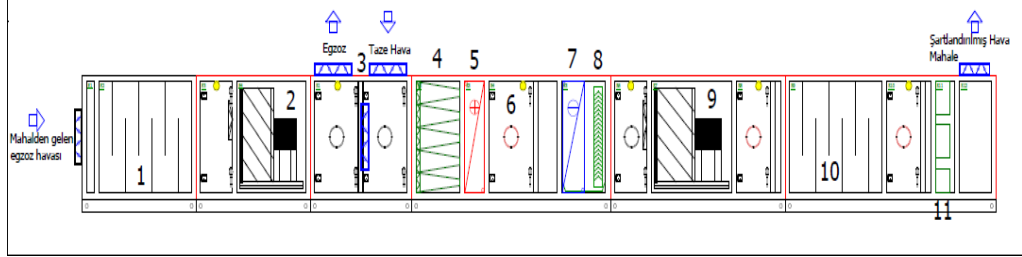
### 7.3.2.2. Egzoz Hattı Kanal Basınç Kaybı Hesabı

**Tablo 7.5:** Egzoz hattı kanal basınç kaybı

Egzoz Hattı Kanal Basınç Kaybı													
No	Hava Debisi		Hız		Kanal Ölçüleri		Alan a x b cm <sup>2</sup>	Çap		Basınç Kaybı			
	Qh m <sup>3</sup> /h	Qs l/s	Vs m/s	Vd m/dk	a mm	b mm		D cm	D cm	R mmWC/m	L m	R x L mmWC	Özel Kayıp mmWC
1	1.750	487	4,86	292	400	250	1000	35,68	30,77	0,09	5,00	0,45	0,70
2	1.750	487	3,97	239	350	350	1225	39,49	35,00	0,05	8,00	0,43	0,99
3	3.500	973	6,17	371	350	450	1575	44,78	39,38	0,10	2,00	0,21	0,53
4	5.250	1460	6,08	365	600	400	2400	55,28	48,00	0,08	3,00	0,24	0,57
5	7.000	1946	6,48	389	500	600	3000	61,8	54,55	0,08	19,00	1,44	6,95
6	7.000	1946	6,48	389	500	600	3000	61,8	54,55	0,08	1,00	0,08	0,58
ΣExternal Pressure Loss			(mmSS)	2,84									
Special Loss			(mmSS)	10,32									
Egzoz Hattı Fittings Basınç Kaybı Hesabı													
No	Parça	Adet	Açı	a - cm	b - cm	R	R/b	R/b-ζ	N	ζ	W m/s	Z (mmWC)	Total (mmWC)
1	dirsek	2	90°	40	25	27,5	1,1	0,22	1,344	0,295625	4,861	0,8732	1,4639
	dirsek		90°	25	40				0,622				
	ayrıl/birleş	1	30°	20	25					0,3		0,4431	
	daral/geniş	1	30°	40	25					0,1		0,1477	
2	dirsek	2	90°	35	35	32,5	0,929	0,31	1	0,31	3,968	0,6102	1,0038
	dirsek		90°	35	35				1				
	ayrıl/birleş	1	30°	17,5	35					0,3		0,2953	
	daral/geniş	1	30°	35	35					0,1		0,0984	
3	dirsek		90°	40	45				0,9		5,401		0,7293
	dirsek		90°	45	40				1,094				
	ayrıl/birleş	1	30°	20	45					0,3		0,547	
	daral/geniş	1	30°	40	45					0,1		0,1823	
4	dirsek		90°	60	40				1,294		6,076		0,9230
	dirsek		90°	40	60				0,67				
	ayrıl/birleş	1	30°	30	40					0,3		0,6923	
	daral/geniş	1	30°	60	40					0,1		0,2308	
5	dirsek	5	90°	50	60	45	0,75	0,5	0,84	0,42	6,481	5,5138	6,5640
	dirsek		90°	60	50				1,142				
	ayrıl/birleş	1	30°	25	60					0,3		0,7877	
	daral/geniş	1	30°	50	60					0,1		0,2626	
6	dirsek	1	90°	60	55	42,5	0,773	0,47	1,071	0,503292	5,892	1,0921	1,3090
	dirsek		90°	55	60				0,927				
	ayrıl/birleş		30°	30	55								
	daral/geniş	1	30°	60	55					0,1		0,217	

### 7.3.3. Hijyenik Klima Santrali ve Ekipmanların Hesabı

Hijyenik klima santraline ait ekipmanlar ve santralin vantilatör (üfleme) ile aspiratör (egzoz) hatlarında bulunan ekipmanlara ait basınç kayıpları aşağıdaki gibidir.



Şekil 7.2. Hijyenik klima santrali ve ekipmanları

Santral ekipmanları;

1. Susturucu
2. Aspiratör
3. Karışım Odası
4. Filtre (G4 +F7)
5. Isıtıcı Batarya
6. Boş Hücre (Nemlendirici için)
7. Soğutucu Batarya
8. Damla Tutucu
9. Vantilatör
10. Susturucu
11. Filtre (F9)

Tablo 7.6: Klima santral ekipmanları ve basınç kayıpları

Tekli Sistem Hijyenik Klima Santrali Basınç Kayıpları					
Vantilatör			Aspiratör		
Düz kanal	4,0	mmSS	Düz Kanal	4,0	mmSS
Özel direnç	13,0	mmSS	Özel Direnç	13,0	mmSS
Damper	4,0	mmSS	CAV / VAV	10,0	mmSS
CAV / VAV	10,0	mmSS	Yangın Damperi	4,0	mmSS
Yangın Damperi	4,0	mmSS	Karışım Hücresi	10,0	mmSS
Karışım Hücresi	10,0	mmSS	Aspiratör Hücresi	4,0	mmSS
HEPA	30,0	mmSS	Susturucu	8,0	mmSS
Filtre (EU-7 , EU-9)	30,0	mmSS	İlk Menfez Direnci	2,0	mmSS
Filtre (EU-4)	8,0	mmSS	Egzoz Atış Menfezi	4,0	mmSS
Vantilatör Hücresi	4,0	mmSS			
Son Menfez Direnci	2,0	mmSS			
Taze Hava Menfezi	4,0	mmSS			
Nemlendirici	8,0	mmSS			
Susturucu	8,0	mmSS			
Isıtıcı	8,0	mmSS			
Soğutucu	10,0	mmSS			
TOPLAM	157,0	mmSS	TOPLAM	59,0	mmSS
<b>Hm</b>	<b>160,0</b>	<b>mmSS</b>	<b>Hm</b>	<b>60,0</b>	<b>mmSS</b>

### 7.3.3.1. Susturucu

Santral girişindeki ilk susturucunun bulunduğu hücreye ait özellikler aşağıdaki gibidir.

- Hava debisi; 7700 m<sup>3</sup>/h
- Hava hızı; 1,79 m/s
- Basınç kaybı; 106 Pa
- Hücre ağırlığı; 58,9 kg
- Susturucu çıkışında ses düşümü; -29 dB

**Tablo 7.7.** Santral girişi susturucu ses gücü seviyesi

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4KHz	8 KHz
Giriş Büyüklüğü (dB)	55	70	88	90	90	85	80	74
Çıkış Büyüklüğü (dB)	55	70	59	90	90	85	80	74

Santral çıkışındaki ikinci susturucunun bulunduğu hücreye ait özellikler ise;

- Hava debisi; 8800 m<sup>3</sup>/h
- Hava hızı; 2,04 m/s
- Basınç kaybı; 106 Pa
- Hücre ağırlığı; 58,9 kg
- Susturucu çıkışında ses düşümü; -29 dB

**Tablo 7.8.** Santral çıkışı susturucu ses gücü seviyesi

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz
Giriş Büyüklüğü (dB)	64	69	79	90	91	87	83	76
Çıkış Büyüklüğü (dB)	55	53	50	59	52	50	56	51

### 7.3.3.2. Vantilatör ve Aspiratör İçin Fan ve Motor Seçimi

Tasarımı yapılan hijyenik klima santrali için üfleme ve egzoz debileri farklı olduğundan her ikisi içinde ayrı ayrı fan ve motor seçimi yapılacaktır. Fan ve motor seçimi ile ilgili dikkat edilmesi gerekenler daha önceki bölümde bahsedilmişti.

HVAC sistemlerindeki fanlar radyal ve aksiyal fanlar olarak ikiye ayrılırlar. Santralde kullanılacak olan plug tipi fan aksiyal fan grubundadır. Aksiyal tip fanlar basıncın tamamını, hızın statik basınca dönüşmesinden yararlanarak sağlarlar. Santrifüj kuvvetlerden yararlanmazlar. Dolayısıyla bu fanlarda toplam statik basınç toplam basınca eşit olacaktır. Fan gücü belirlenirken aşağıdaki formülden yararlanılabilir.

$$N_L = \frac{v \times \Delta P_t}{3600 \times \eta_L} \quad (7.1)$$

Denklemden;

- $N_L$  = Fan gücü (Watt)
- $v$  = Hava debisi (m<sup>3</sup>/h)
- $\Delta P_t$  = Toplam basınç farkı (Pa)
- $\eta_L$  = Fan verimi

Seçilen fan için gerekli motor gücü içinse aşağıdaki formülden yararlanılabilir. Formüldeki 1,1 değeri güç faktörüdür. Plug tipi fanlar gibi fan ile motorun direk akuple olduğu sistemlerde güç faktörü 1,1 alınır. Hesaplamalarda olası yaşanabilecek basınç kayıpları için %10 ile %20 arasında bir güvenlik payı konu konulabilir. Her iki fanda ameliyat odasının kullanılmadığı durumlarda sistemin yarım debi ile çalışabileceği göz önünde bulundurularak frekans konvertörlü olarak seçilmiştir.

$$M_L = N_L \times 1,1 \quad (7.2)$$

Aspiratör için yukarıdaki eşitliklerden yararlanılarak yapılan hesap sonucu çıkan değerler üretici firmaların kataloglarındaki uygun değerlerle karşılaştırılarak seçilen fan ve motor özellikleri aşağıdaki gibidir.

**Tablo 7.9.** Aspiratör özellikleri

Fan		Motor	
Hava debisi	7700 m <sup>3</sup> /h	Verimlilik / IP sınıfı	IE2 / IP54
Çap	400 mm	Akım / Voltaj	20A / 400V
Verim	57,89 %	Verim	%85 (2 kutuplu)
Güç	2,51 kW	Motor nominal gücü	3 kW
Devir	2514 rpm	Motor devri	2885 rpm

Aynı şekilde vantilatör için fan ve motor seçilecek olursa;

**Tablo 7.10.** Vantilatör özellikleri

Fan		Motor	
Hava debisi	8800 m <sup>3</sup> /h	Verimlilik / IP sınıfı	IE2 / IP54
Çap	450 mm	Akım / Voltaj	20A / 400V
Verim	76,22 %	Verim	89 % (2 kutuplu)
Güç	6,46 kW	Motor nominal gücü	11 kW
Devir	2592 rpm	Motor devri	2955 rpm

### 7.3.3.3.Filtre Kademeleri

Filtre 4 kademeli olarak uygulanmıştır.

1. Kademe; EU-4 (G4) taze hava girişinde
2. Kademe; EU-7 (F7)
3. Kademe; EU-9 (F9) santral çıkışında
4. Kademe; HEPA veriş menfezinde (H-14)

**Tablo 7.11.** Filtre kademeleri ve filtrelerin verimi

Filtre	Verim
EU4 (G4)	>%90
EU7 (F7)	80<E <sub>m</sub> <90 (E <sub>m</sub> =ortalama verim)
EU9 (F9)	95<E <sub>m</sub>
HEPA (H14)	≥ 99,999 (E%@µm)

### 7.3.3.4. Karışım Hava Debisi ve Sıcaklığının Hesabı

Santral %35 karışım havalı (taze havalı) olarak seçilmiştir. Bu durumda gerekli olan taze hava miktarı, karışım havası miktarları ve egzoz edilen hava miktarı aşağıdaki gibidir.

- Üfleme havası debisi = 8800 m<sup>3</sup>/h
- Egzoz havası debisi = 7700 m<sup>3</sup>/h
- Gerekli taze hava miktarı = (8800 m<sup>3</sup>/h) x (0,35) = 3080 m<sup>3</sup>/h
- Karışım odasında kullanılan dönüş havası miktarı = (8800 m<sup>3</sup>/h) – (3080 m<sup>3</sup>/h) = 5720 m<sup>3</sup>/h
- Dış ortama egzoz edilen hava miktarı = (7700 m<sup>3</sup>/h) – (5720 m<sup>3</sup>/h) = 1980 m<sup>3</sup>/h

Yaz ayları için psikrometrik diyagramdan belirlenen dış ortam ve mahal koşulları ise aşağıdaki tablodaki gibidir.

**Tablo 7.12** Yaz ayları için havanın psikrometrik özellikleri

Dış Ortam Koşulları		Mahal Koşulları	
Kuru termometre sıcaklığı (T <sub>Dk</sub> )	33°C	Kuru termometre sıcaklığı (T <sub>Mk</sub> )	24°C
Yaş termometre sıcaklığı (T <sub>Dy</sub> )	24,5°C	Yaş termometre sıcaklığı (T <sub>My</sub> )	17,1°C
Bağıl nem (φ <sub>D</sub> )	%50	Bağıl nem (φ <sub>M</sub> )	%50
Çiy noktası sıcaklığı (T <sub>Dçiy</sub> )	21,2 °C	Çiy noktası sıcaklığı (T <sub>Mçiy</sub> )	13°C
Entalpi (h <sub>D</sub> )	73,8 kJ/kg	Entalpi (h <sub>M</sub> )	47,8 kJ/kg
Özgül nem (W <sub>d</sub> )	15,8 g/kg	Özgül nem (W <sub>m</sub> )	9,3 g/kg

Belirlenen dış ortam ve mahal şartları göz önüne alınarak yaz aylarındaki karışım havası sıcaklığı;

$$T_K = \frac{(m_D \cdot T_{DK}) + (m_M \cdot T_M)}{m_D + m_M} \quad (7.3)$$

Formülü kullanılarak bulunabilir. Hesaplama için gerekli olan kütleli hava debileri;

$$M_D = (3080 \text{ m}^3/\text{h}) \times (1,2 \text{ kg/m}^3) = 3696 \text{ kg/h}$$

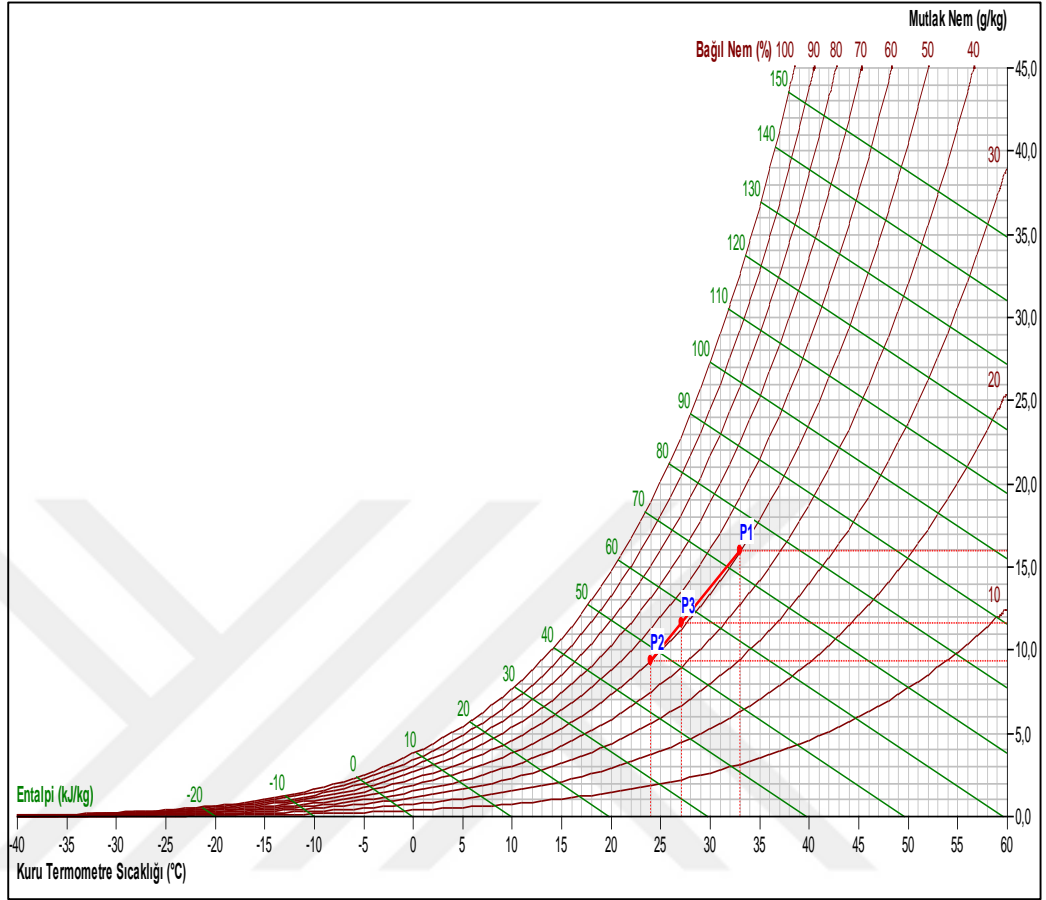
$M_M = (5720 \text{ m}^3/\text{h}) \times (1,2 \text{ kg/m}^3) = 6864 \text{ kg/h}$  olarak bulunur. Buradan hareketle karışım sıcaklığı;

$$T_K = \frac{(3696 \times 33) + (6864 \times 24)}{(3696 + 6864)} = 27,15 \text{ °C}$$

$T_K = 27,15 \text{ °C}$  için psikrometrik diyagramdan karışım havasının şartları;

- Bağıl nem;  $\phi = \%51$
- Yaş termometre sıcaklığı;  $T_{KY} = 20 \text{ °C}$
- Çiy noktası sıcaklığı;  $T_{Kçiy} = 16,5 \text{ °C}$
- Entalpi;  $h_K = 57,7 \text{ kJ/kg}$
- Özgül nem;  $W = 11,8 \text{ g/kg}$  olarak bulunur.

P1 dış ortam şartları, P2 mahal şartları ve P3 karışım havası şartları olmak üzere işlemin psikrometrik diyagramda gösterimi aşağıdaki gibidir.



**Diyagram 7.1.** Yaz şartları için karışım havasının psikrometrik diyagramda gösterimi

Kış ayları için psikrometrik diyagramdan belirlenen dış ortam ve mahal koşulları ise;

**Tablo 7.13.** Kış ayları için havanın psikrometrik özellikleri

Dış Ortam Koşulları		Mahal Koşulları	
Kuru termometre sıcaklığı ( $T_{Dk}$ )	-3°C	Kuru termometre sıcaklığı ( $T_{Mk}$ )	22°C
Yaş termometre sıcaklığı ( $T_{Dy}$ )	-3,5°C	Yaş termometre sıcaklığı ( $T_{My}$ )	15,4°C
Bağıl nem ( $\phi_D$ )	%90	Bağıl nem ( $\phi_M$ )	%50
Çiy noktası sıcaklığı ( $T_{Dçiy}$ )	-4,2°C	Çiy noktası sıcaklığı ( $T_{Mçiy}$ )	11,1°C
Entalpi ( $h_D$ )	3,6 kJ/kg	Entalpi ( $h_M$ )	43 kJ/kg
Özgül nem ( $W_D$ )	2,6 g/kg	Özgül nem ( $W_M$ )	8,2 g/kg

Karışım havası sıcaklık formülü ve kütleli hava debileri kullanılarak karışım havası sıcaklığı;

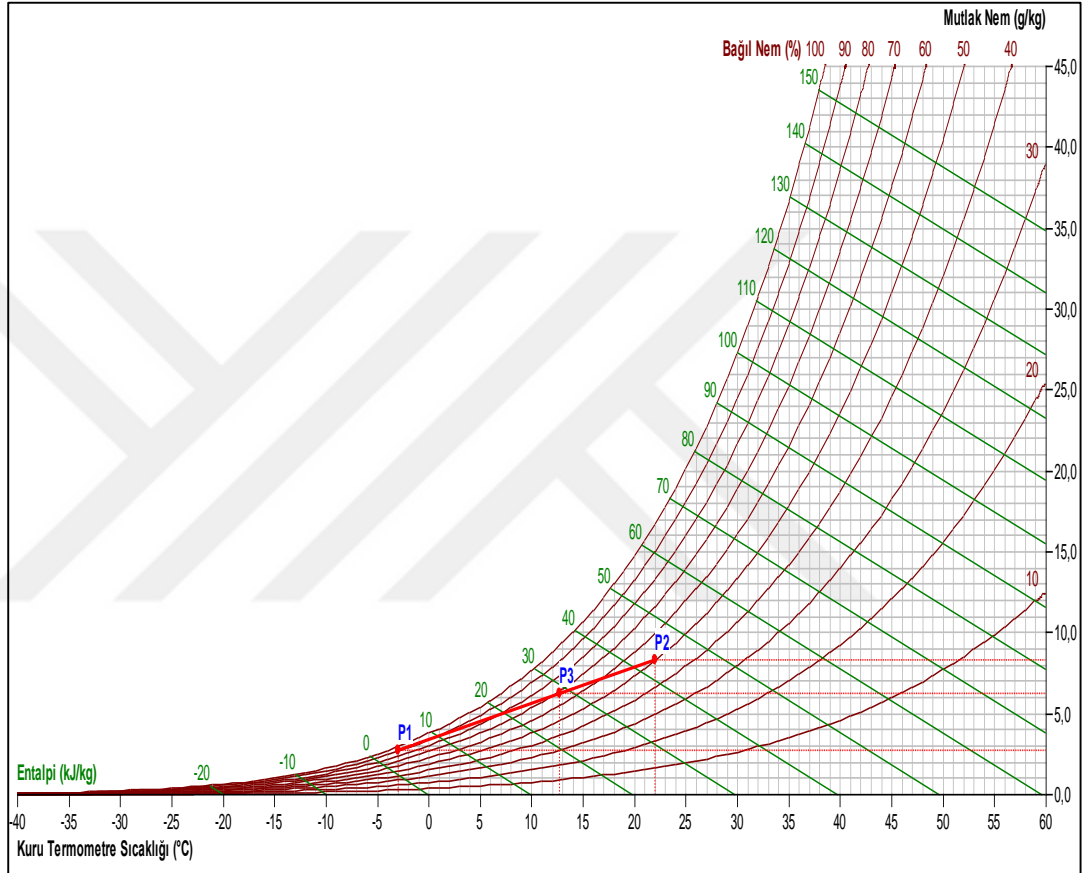
$$T_K = \frac{[3696 \times (-3)] + [6864 \times 22]}{(3694 + 6864)} = 13,25^\circ\text{C} \cong 13,3^\circ\text{C}$$



Olarak bulunur. Bu değerden yola çıkarak karışım havasının diğer özellikleri;

- Bağlı nem;  $\phi = \%55$
- Yaş termometre sıcaklığı;  $T_{KY} = 8,5^{\circ}\text{C}$
- Çiy noktası sıcaklığı;  $T_{Kçiy} = 3,8^{\circ}\text{C}$
- Entalpi;  $h_K = 25,9 \text{ kJ/kg}$
- Özgöl nem;  $W = 5 \text{ g/kg}$  olarak bulunur.

P1 dış ortam şartları, P2 mahal şartları ve P3 karışım havası şartları olmak üzere işlemin psikrometrik diyagramda gösterimi aşağıdaki gibidir.



**Diyagram 7.2.** Kış şartları için karışım havasının psikrometrik diyagramda gösterimi

### 7.3.3.5. Isıtıcı Serpantin Kapasitesinin Hesabı

Isıtıcı serpantin kapasitesi hesaplanırken aşağıdaki formül ve parametreler göz önüne alınmıştır.

$$Q_{ISIT} = m_T \times (h_G - h_C) \text{ (kW)} \quad (7.4)$$

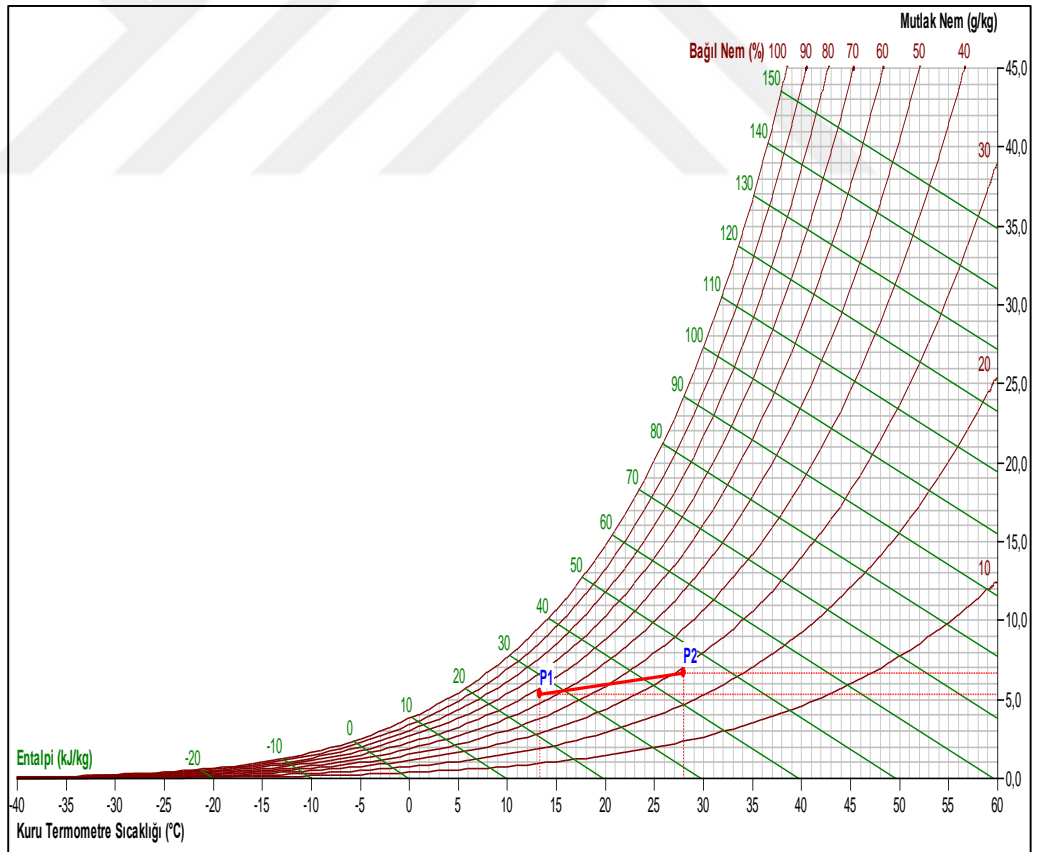
- Hava debisi;  $8800 \text{ m}^3/\text{h} = 10560 \text{ kg/h}$
- Akışkan ve sıcaklık rejimi; Su /  $(70-50^{\circ}\text{C})$
- Hava giriş şartları;  $T_G = 13,3^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi = \%55$ ,  $h_G = 26,6 \text{ kJ/kg}$
- Hava çıkış şartları;  $T_C = 28^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi = \%28$ ,  $h_C = 45 \text{ kJ/kg}$

$$Q_{ISIR} = \frac{10560}{3600} (kg/s) \times (45 - 26,6)(kj/kg) = 53,96 \text{ kJ/s}$$

$$\cong 58 \text{ kW (emniyetle)}$$

Isıtıcı serpantin kapasitesi 58 kW olarak hesaplanır. Serpantinde fin (kanatçık) malzemesi olarak ısı iletim katsayısı yüksek, ekonomik ve temini kolay olan alüminyum, borulamasında ise 0,35 mm'lik bakır borular tercih edilmiştir. Finler olası korozyona karşı 0,1 mm kalınlığında epoksi ile kaplanmıştır. Finler arası mesafe 2,5 mm olarak seçilmiştir. Bu değer fazlaştığı zaman fin yüzeyleri ile hava arasında yeterli oranda ısı transferi gerçekleşmeyeceğinden bataryanın kapasitesi düşecektir. Aynı şekilde finler arasında mesafe azaltıldığında ise hava fin aralıklarından geçerken sürtünmeye dayalı bir dirençle karşılaşacaktır. Bu durumda istenilen akışı sağlamak için fan kapasitesi ve motor gücü yükselecektir. Bu da ilk yatırım maliyetinin ve zaman içerisinde daha fazla işletme maliyetinin doğmasına sebep olacaktır. Isıtıcı serpantinde basınç düşümü 48 Pa olarak ön görülürken hava hızı ise 2,86 m/s'dir.

P1 kış ayları için hesaplanmış olan karışım havası sıcaklığı (13,3°C), P2 ise ısıtıcı serpantin çıkışı olmak üzere işlemin psikrometrik diyagram gösterimi aşağıdaki gibidir.



**Diyagram 7.3.** Havanın ısıtılmasının psikrometrik diyagramda gösterimi

### 7.3.3.6. Soğutucu Serpantin Kapasitesinin Hesabı

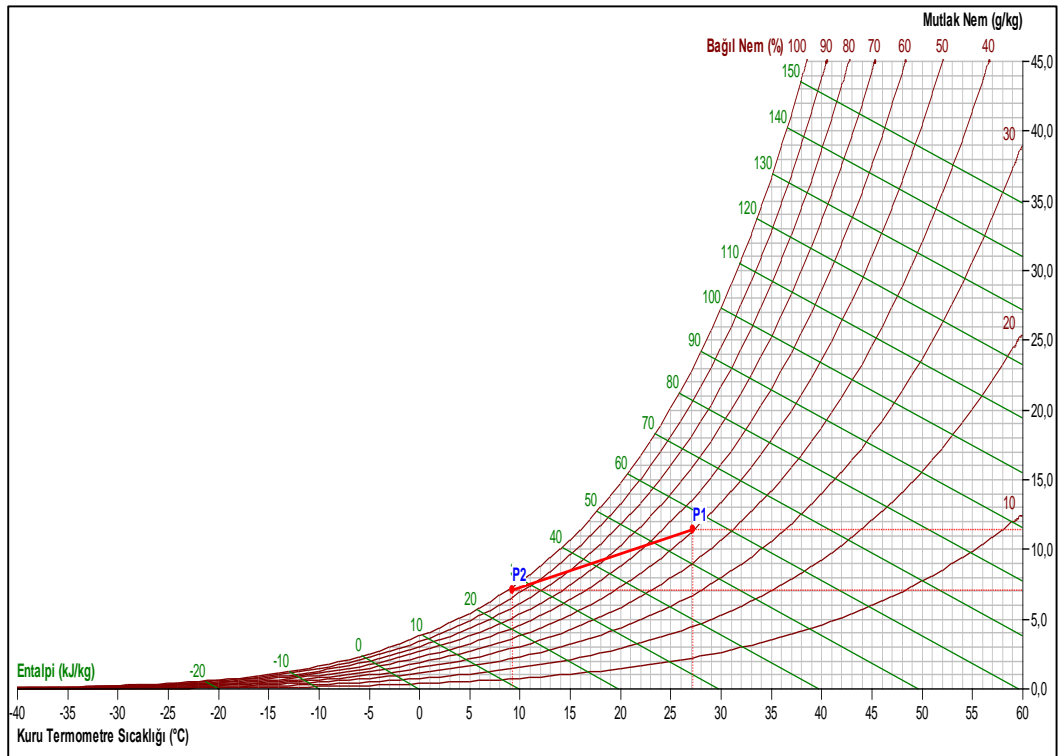
Soğutucu serpantin kapasite hesabı için aşağıdaki formül ve parametreler göz önüne alınmıştır.

$$Q_{SOĞ} = m_T \times (h_G - h_C) \text{ (kW)} \quad (7.5)$$

- Hava debisi;  $8800 \text{ m}^3/\text{h} = 10560 \text{ kg/h}$
- Akışkan ve sıcaklık rejimi; Su / ( $6-11^\circ\text{C}$ )
- Hava giriş şartları;  $T_G = 27,2^\circ\text{C}$ ,  $\phi = \%50$ ,  $h_G = 56,1 \text{ kJ/kg}$
- Hava çıkış şartları;  $T_C = 9,3^\circ\text{C}$ ,  $\phi = \%96,1$ ,  $h_C = 27 \text{ kJ/kg}$

$$Q_{SOĞ} = \frac{10560}{3600} \text{ (kg/s)} \times (27 - 56,1) \text{ (kJ/kg)} = 85,35 \text{ kJ/s} \cong 85 \text{ kW}$$

Soğutucu serpantin kapasitesi 85 kW olarak hesaplanır. Serpantinde fin malzemesi olarak ısıtıcı serpantinindeki ile aynı malzemeler tercih edilmiştir. Fin aralıkları 2,1 mm olarak seçilirken fin yüzeyleri 0,12 mm epoksi ile kaplıdır. Epoksi kaplama sayesinde serpantinde meydana gelebilecek korozyon engellendiği gibi havanın soğumasından kaynaklı oluşan damlacıklar epoksi kaplamanın yüzey sürtünme katsayısının düşük olması nedeniyle fin yüzeylerinden daha hızlı uzaklaşır. Böylece damla tutucuya giden damla sayısı daha az olacaktır. Soğutucu serpantinde hava hızı 2,86 m/s'dir. P1 yaz ayları için hesaplanmış olan karışım havası sıcaklığı ( $27,2^\circ\text{C}$ ), P2 ise soğutucu serpantin çıkışı olmak üzere işlemin psikrometrik diyagram gösterimi aşağıdaki gibidir.



**Diyagram 7.4.** Havanın soğutulmasının psikrometrik diyagramda gösterimi

### 7.3.3.7. Nemlendirici Hesabı

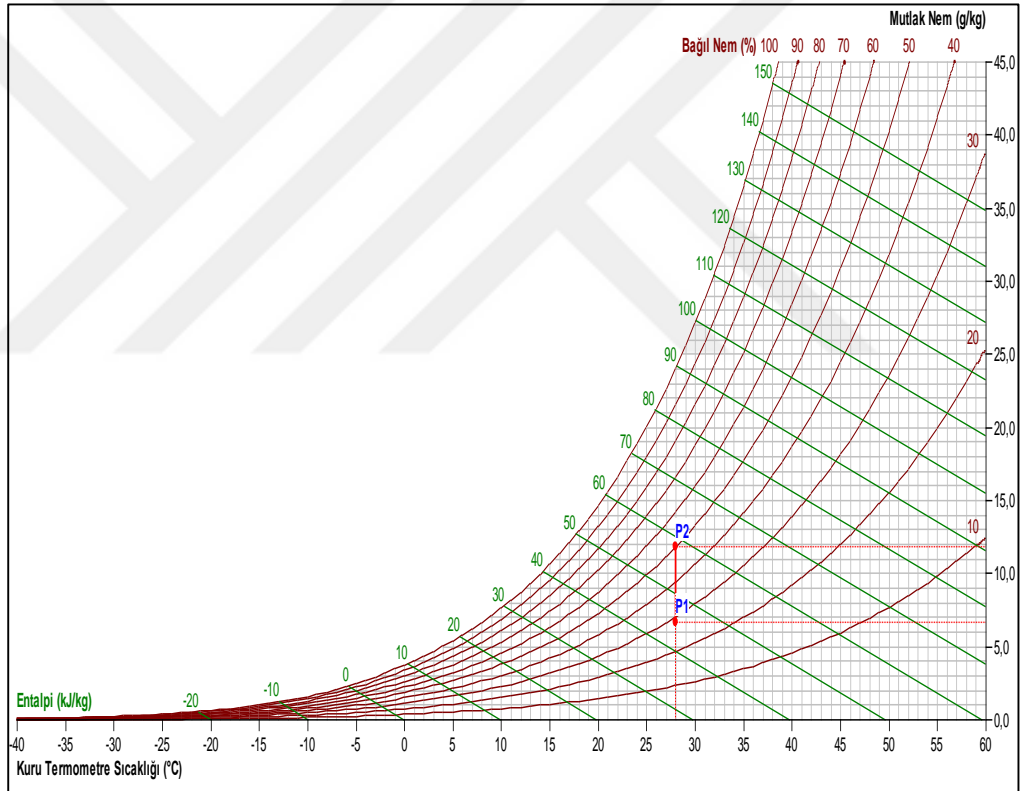
Nemlendirici olarak paket tip ve oransal kontrollü buharlı nemlendirici tercih edilmiştir. Buhar kapasitesi belirlenirken özgül nem değişiminin en fazla olabileceği şartlar dikkate alınmalıdır. Bu durumda ısıtıcı çıkışında 28°C - %28 bağıl neme sahip havanın nemlendirici çıkışında maksimum %50 bağıl neme ulaşması için buhar kapasitesi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir;

$$N = \frac{V_{Hava} \times \rho}{1000} \times (W_2 - W_1) \text{ (kg/h)} \quad (7.6)$$

Bu durumda nemlendirici kapasitesi;

$$N = \frac{8800 \text{ (m}^3/\text{h)} \times 1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)}}{1000} \times (11,8 - 6,6) \text{ (g/kg)} = 54,9 \text{ kg/h} \cong 55 \text{ kg/h}$$

Olarak seçilir.



**Diyagram 7.5.** Havanın nemlendirilmesinin psikrometrik diyagramda gösterimi

## 8.BÖLÜM

### BMS (OTOMASYON) SENARYOSU

#### 8.1. Karışım Havalı Hijyenik Klima Santralinin Çalıştırılması

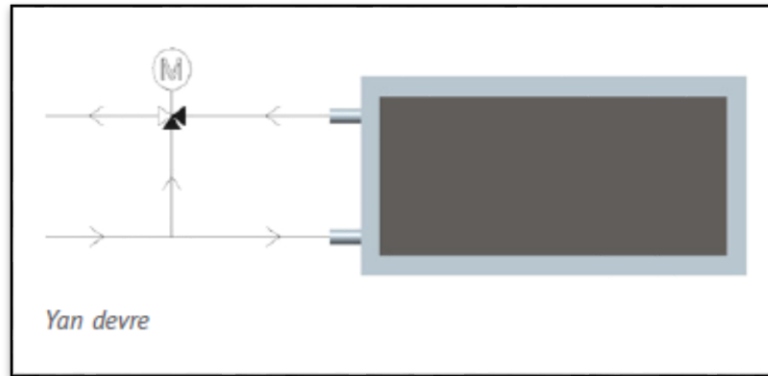
Klima santrali MCC panelinde bulunan şalter vasıtasıyla manuel veya otomatik olarak devreye alınabilir. Sistemde fanlardan birinin manuel olarak devreye alınması durumunda otomasyon programı manuele alınan fana anahtarlama ve hız bilgisi gönderemez ve fana çalış komutu verilmediği halde fan durum bilgisinin açık olarak okunması sebebiyle ekranda fan durmadı alarmı verilir ve operatör uyarılır. Klima santrali MCC üzerinden otomatiğe alındığında sistem operatör tarafından verilecek olan programdan gelecek çalış komutuyla devreye girer. Zaman programı çalış komutunun tarihi ve zamanı merkez bilgisayardan girilir. Klima santralinde, mahalden dönen hava filtreden geçerek motorlu damperler aracılığıyla bir kısmı dış ortama egzoz edilirken bir kısmı karışım damperinden geçerek karışım odasına gider. Dışarıdan alınması gereken taze hava miktarı taze hava emiş tarafında bulunan motorlu damper ile sağlanır.

##### 8.1.1. Isıtıcı Kontrolü ve Soğutucu Kontrolü

Isıtıcı ve soğutucu bataryalarda havanın sıcaklığı üç farklı hidrolik devre ile sağlanabilir. Bu hidrolik devrelerden hangisinin kullanılacağı işletme şartlarına ve fonksiyonel özelliklere bağlı olarak seçilir<sup>[22]</sup>.

##### Yan devre;

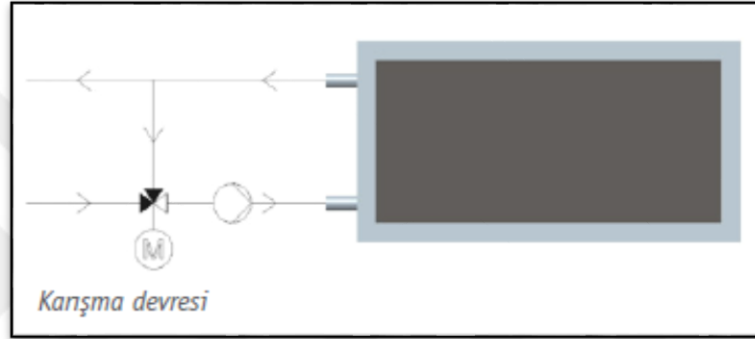
Gereken kontrol bileşenleriyle ilgili olarak, ısı eşanjörünün dönüş akışında üç yollu bir kontrol vanası gerektirdiği için yan devre en basit seçenektir. Kütle debisini ayarlayarak çıkış kontrol edilir. Isı eşanjörüne girişteki sıcaklık, akış sıcaklığı ile aynıdır. Klima sistemlerinde bu devre genellikle yeniden ısıtıcıları ve nem alıcı soğutma serpantinlerini kontrol etmek için kullanılır. Primer devredeki kütle debisi %0 ila 100 arasında kontrol edilebildiği için bypass açıldığında dönüş akış sıcaklığı, akış sıcaklığına ulaşıncaya kadar artar. Binalar merkezi ısıtma, yoğunmalı kazan veya bir ısı pompası ile ısıtılıyorsa yan devre bu nedenle önerilmez.



Şekil 8.1. Yan devre uygulamasının şematik gösterimi

### **Karışma devresi;**

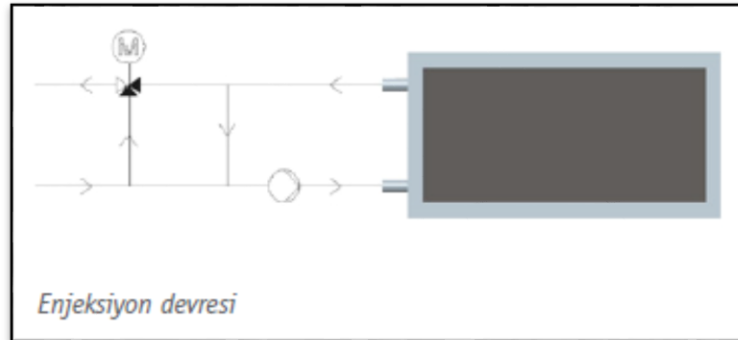
Yan devrenin aksine, karışma devresindeki sekonder devre için bir pompa gerekir ve üç yollu kontrol vanası, dönüş akışından ziyade akışkan akışında bulunur. Birkaç sekonder devreye sahip bir ısıtma sisteminde primer devrede ana pompa olmalıdır. Sekonder devrelerin her birinde kendi pompaları vardır. Bu durumda, primer ve sekonder devreleri dengeleyen açık bir manifold sağlanmalıdır. Sekonder devre pompaları sabit su debisi sağlar. Üç yollu kontrol vanası, gerçek çıkışı kontrol eder, baypası kapattığında sekonder devredeki sıcaklık artar. Sekonder devre pompasının boyutlandırılmasında yalnızca ısı eşanjörünün fark basıncı dikkate alınmalıdır. Primer şebeke bilinmediği zaman bu uygundur. Merkezi klima santrali ünitelerinde sıcaklığı kontrol etmek amacıyla ısıtma serpantinleri için genellikle bir karışma devresi kullanılır fakat nem alma fonksiyonu olmadan soğutma serpantinleri için de kullanılabilir.



**Şekil 8.2.** Karışma devresi uygulamasının şematik gösterimi

### **Enjeksiyon devresi**

Gerekten kontrol bileşenleri konusunda enjeksiyon devreleri daha karmaşıktır fakat bazı avantajlar sunarlar. Hem primer hem de sekonder devre, sabit su debisiyle çalışır. Primer devrenin fark basıncını ve harekete geçirici elemanın basınç kaybını karşılamak için primer devre pompası kullanılır. Sekonder devre pompası, ısı eşanjörünün fark basıncının üstesinden gelir. Karışım devresi ile birlikte sekonder devre akışında sıcaklığı değiştirerek ısı eşanjörü çıkış kontrol edilebilir. Vana ayarlarına bağlı olarak primer devrede az veya çok akışkan ikinci karışım noktasında sekonder devreye "enjekte" edilir.



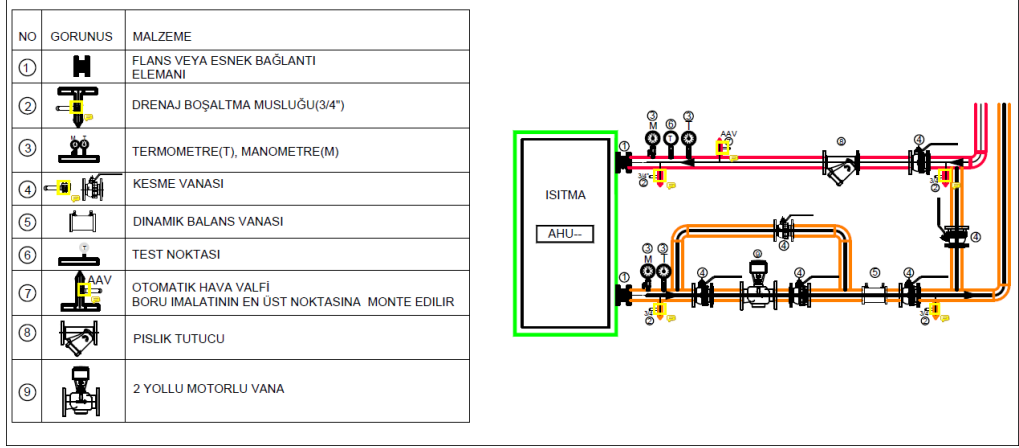
**Şekil 8.3.** Enjeksiyon devresi uygulamasının şematik gösterimi

**Tablo 8.1.** Hidrolik devrelerin karşılaştırılması

	Yan Devre	Karışma Devresi	Enjeksiyon Devresi
Özellikler			
Primer devre su akışı	Sabit	Değişken	Sabit
Sekonder devre su akışı	Değişken	Sabit	Sabit
Isı eşanjörü girişindeki su sıcaklığı	Akış sıcaklığı ile aynı	Değişken	Değişken
Primer devredeki kalıcı su akışı (ölü süre yok)	Evet	Hayır	Evet
Sekonder devresindeki devir daim pompası	Hayır	Evet	Evet
Avantajlar	Primer devre ile ilgili olarak sabit fark basıncı (hidrolik dengeleme)	Kontrol edilmesi kolay	Kontrol edilmesi çok kolay, Harekete geçirici eleman ve ısı eşanjörü birbirinden aynı uzaklıkta olabilir
Kullanım alanları	Merkezi ısıtma, yoğuşmalı kazanlar, ısı pompaları	Merkezi ısıtma, yoğuşmalı kazanlar, ısı pompaları	Merkezi ısıtma, yoğuşmalı kazanlar, ısı pompaları
Uygulama			
Ön ısıtma serpantinleri	-	+	+
Yeniden ısıtma serpantinleri	+	+	-
Nem alıcı soğutma serpantinleri	+	-	-
Soğutma serpantinleri (kuru)	-	+	+

### 8.1.1.1. Isıtıcı Kontrolü

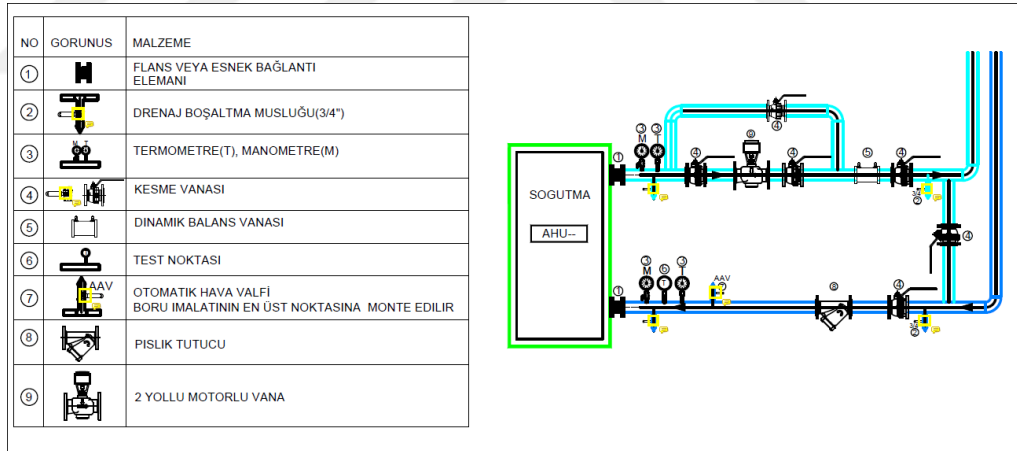
Kış aylarında karışım odasında karışan hava F7 filtreden geçerek karışım sıcaklığı bir termostat yardımıyla ölçülür. Ameliyathanede bulunan kontrol panelinden girilen set değerine bağlı olarak karışım havasının istenen sıcaklığa ısıtılabilmesi için ısıtıcı bataryanın girişinde bulunan iki veya üç yollu motorlu vana ile serpantine gerekli debide sıcak su gönderilir. Isıtıcı bataryanın çıkışında ise ısıtıcı bataryayı donmaya karşı korumak için bir donma termostatu bulunmalıdır. Termostatin duyargası hava çıkış tarafına ısıtıcı serpantin yüzey alanının tamamını kapsayacak şekilde monte edilmelidir. Donma termostatından gelecek bir donma bilgisi üzerine klima santralinin fanları durdurulur ve taze hava damperleri kapatılarak motorlu vana %100 açılır. Bu işlem donma termostatından gelen donma bilgisi süresince devam etmelidir. Sistem devreye alınmadan önce ısıtıcı batarya ile finleri temizlenmeli ve bataryaya sıcak su sağlayan boru hattı flushing (yıkama) işlemi ile pas, kir, çapak parçaları vb. arındırılmalıdır.



**Şekil 8.4.** Isıtma serpantini bağlantı detayı

### 8.1.1.2. Soğutucu Kontrolü

Yaz aylarında karışım odasında karışan hava F7 filtreden geçerek karışım sıcaklığı bir termostat vasıtasıyla ölçülür. Aynen ısıtıcı bataryada olduğu gibi ameliyathanede bulunan kontrol panelinden girilen set değerine bağlı olarak karışım havasının istenilen sıcaklığa soğutulabilmesi için soğutucu batarya girişinde bulunan iki veya üç yollu motorlu vana ile serpantine gerekli debide soğuk su gönderilir. Soğutucu bataryalarda da sistem devreye alınmadan önce ısıtıcı bataryadaki gibi temizlenmelidir.



**Şekil 8.5** Soğutma serpantini bağlantı detayı

### 8.1.2. Buharlı Nemlendirici Kontrolü

Klima santrallerinin üfleme ve dönüş kanallarının üzerinde, kanal tipi sıcaklık ve nem sensörleri bulunmaktadır. Dönüş nem oranına bakılarak, set edilen nem oranını yakalamak için, nemlendirici cihazı oransal bir şekilde konumlandırılmalıdır.



### **8.1.3. Vantilatör ve Aspiratör Kontrolü**

Vantilatörün hız kontrolü, üfleme kanalındaki statik basıncı ölçmek için kanala monte edilmiş olan statik basınç sensörü vasıtasıyla takip edilir. Verilen üfleme kanalı statik basıncı set değerine göre frekans konvertörlerine referans frekansı verilir. Üfleme kanalındaki basıncın VAV damper konumlarına göre değişmesi sebebiyle statik basıncı salınımına girmeden yakalayabilmek maksadıyla fan hızı değişimleri artırılır veya azaltılır. Aspiratör hız kontrolü ise dönüş kanalındaki statik basıncı ölçmek için, kanala monte edilmiş olan statik basınç sensörü vasıtasıyla takip edilir. Üfleme kanalındaki ani statik basınç değişimlerinin yaratacağı ani hız değişikliklerinden üfleme ve dönüş fanı hız kontrollerinin etkilenmemesi için debiler birinci dereceden bir filtreden geçirildikten sonra software (yazılım) tarafından işlenir.

Herhangi bir fan arızası durumunda sistem fan arızası uyarısı vererek durur ve resetlenene kadar tekrar devreye girmez. Eğer arıza devam ediyorsa (termik veya konvertör arızası) sistem resetlense bile arıza giderilene kadar dur modunu ve fan kapalı alarmını muhafaza eder. Bu arızalar ekranda hem alarm hem de nokta olarak görüntülenebilmelidir. Alarmın “acknowledge” edilmesi sistemi resetlemez. Resetleme işlemi için ekranda her kontrolör için müstakil olmak üzere bir reset noktası bulunmaktadır. Bu nokta ekranda görüntülenecektir. Reset noktasının konum değiştirmesi (manuele alınıp reset komutu verilmesi) sonucunda alarm durumu devam etmeyen noktalar normale döner. Reset noktası 10 saniye sonunda tekrar otomatik kapalı konumuna döner.

### **8.1.4. Filtre İzlemeleri**

Klima santralleri üzerinde bulunan, G4, F7, F9, H13(veya H14) vb. filtreler, fark basınç anahtarları vasıtası ile izlenebilir. Filtrelerin basınç aralıklarına göre, anahtarlar ayarlanır. Basınç değeri, ayarlanan basınç değerini geçtiğinde, BMS ekranında filtre kirli uyarısı çıkacaktır.

### **8.1.5. Damper Konumlandırılması**

Klima santrali dönüş kanalına monte edilecek olan hava kalite sensöründen alınan CO bilgisine göre, üfleme kanalında ve dönüş kanalında monte edilen damper motorları oransal bir şekilde kontrol edilebilmektedir.

### **8.1.6. Yangın Kontrolü**

Yangın anında klima santralleri kontrolü yangın algılama ve ihbar sistemine geçecektir. BMS'ten sadece izleme yapılmaktadır.

## **8.2. Ameliyathanelerde Havanın Şartlandırılması**

### **8.2.1. VAV Kutu Kontrolü**

Ameliyathane için dizayn aşamasında belirlenmiş olan üfleme hava debi miktarlarını sağlamak üzere mekanik olarak montajları yapılan VAV ünitelerin kontrolü sağlanacaktır. Örneğin, ameliyathaneler için operasyon sırasında ameliyathane panelinden verilecek komut ile otomasyon sistemi, otomatik olarak daha önceden tanımlanmış olan debi set değerini üfleme VAV kontrol ünitesine gönderecektir. Operasyon sonrası ameliyathane panelinden gelecek olan oda kullanım dışı bilgisine istinaden, daha önceden girilmiş olan set değerlerine otomatik olarak güncelleme yapılacaktır. Aynı şekilde, üfleme VAV ünitesinden alınan anlık hava debisi geri bildirim, otomasyon sistemi tarafından takip edilecektir.

Kritik odalar, basınç değerinin sabit tutulması için, sisteme tanımlı olan dizayn aşamasında belirlenmiş set değerini tutturan şekilde, oda emiş kanalı üzerine monte edilmiş olan VAV üniteleri ise oda ile koridor arasındaki fark basıncı ölçen sensörden alınacak anlık basınç bilgisi ile kumanda edilebilmektedir.

### **8.2.2. Ameliyathane Elektrikli Isıtıcı Kontrolü**

Mahal sıcaklığı, dönüş hava kanalı üzerinde monte edilmiş olan, kanal tipi sıcaklık ve nem sensörü üzerinden takip edilecektir. Oda izleme ve kontrol panosundan gelecek olan sıcaklık set değeri bilgisine göre, oda üfleme kanalı üzerine montajı yapılmış olan ısıtıcı ile oda sıcaklık kontrolü yapılacaktır.

Ameliyathane panosundan alınacak noktalar ;

- Sıcaklık set değeri
- Nem set değeri
- Ameliyat var/yok bilgisi

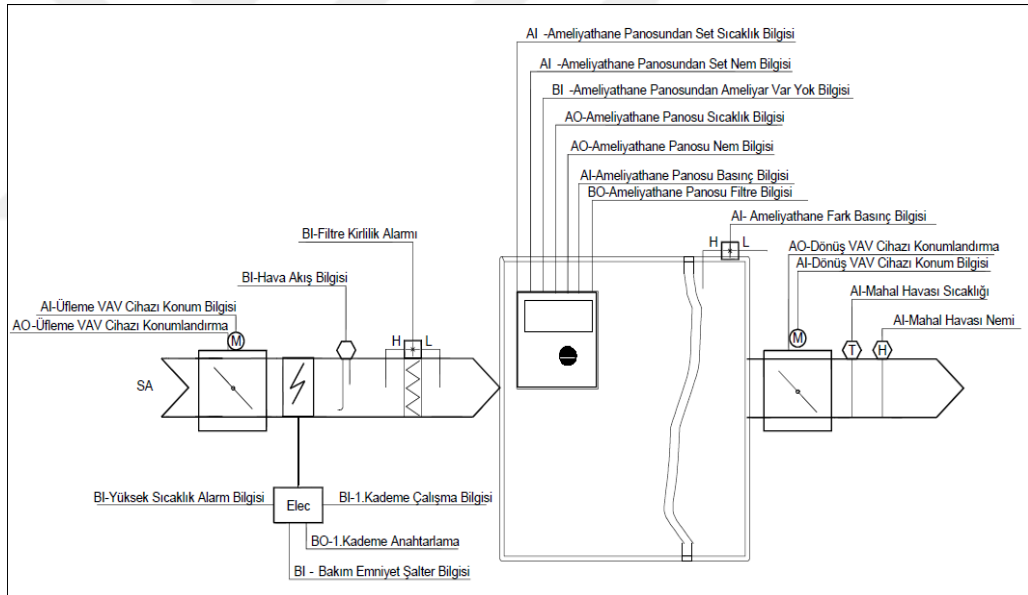
Ameliyathane panosuna verilecek noktalar ;

- Referans sıcaklık bilgisi
- Referans nem bilgisi
- Basınç bilgisi
- HEPA filtre kirlilik bilgisi

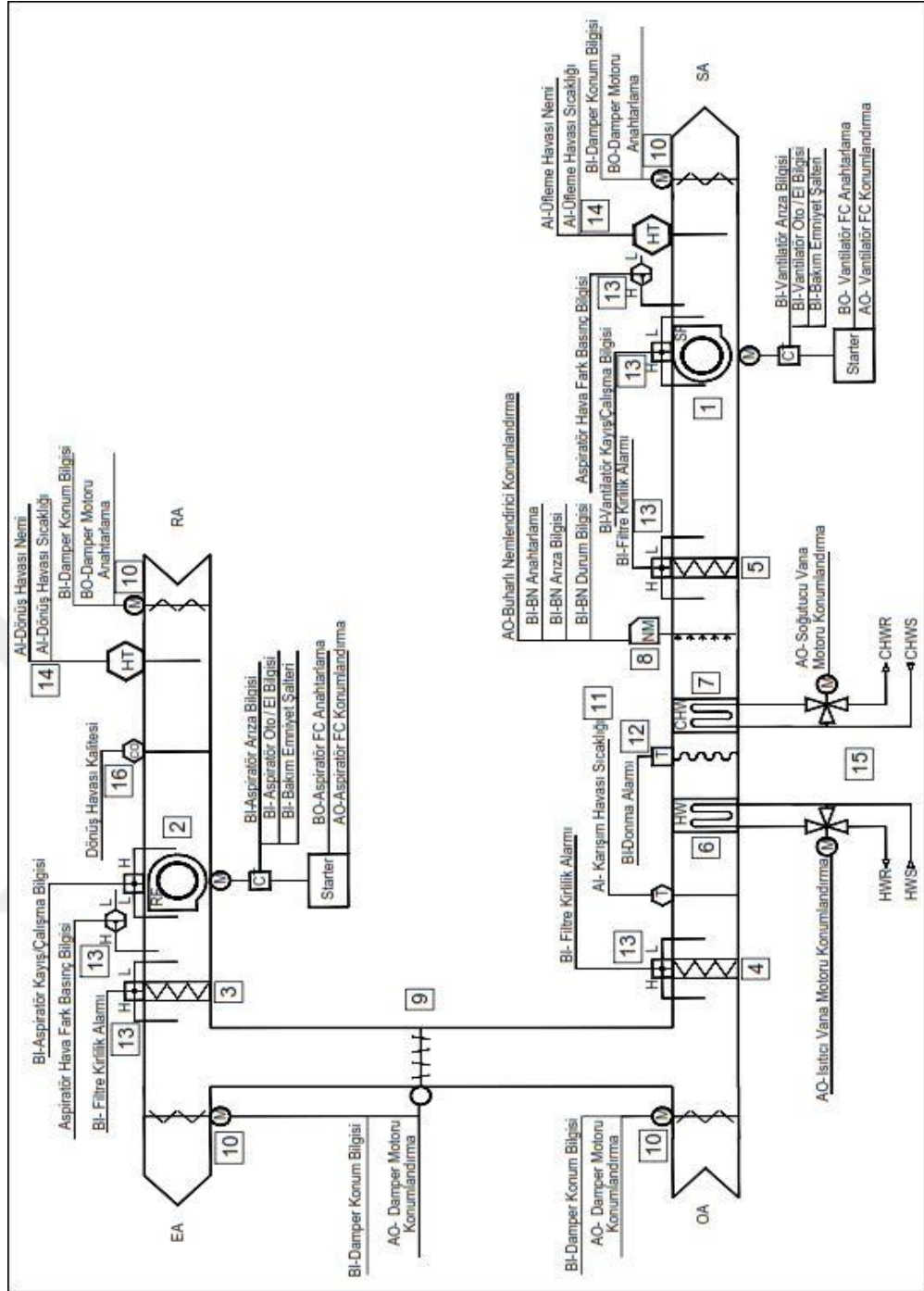
### 8.3. BMS Ana Bilgisayar Üzerinden Kontrol

Hijyenik klima santrali merkez bilgisayarı üzerinden aşağıdaki değerlere ulaşılabilir;

- Üfleme sıcaklığı
- Üfleme nemi
- Dönüş sıcaklığı
- Dönüş nemi
- IGK sıcaklığı
- Nem kontrolü
- Nem cihazı durum, arıza bilgileri
- Vana pozisyonları
- Damper pozisyonları
- Fan arıza, status, hız komutu, auto/manual, bypass ve fan off alarm bilgileri
- Çalışma süreleri
- Donma alarmı
- VAV Konumlandırma ve feedbackler
- Filtre durumları



Şekil 8.6. VAV kontrol şeması



Şekil 8.7. Hijyenik klima santrali kontrol şeması

- |                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| 1. Ventilator       | 11. Termostat                 |
| 2. Aspirator        | 12. Donma termostati (alarmı) |
| 3. Filtre (G4)      | 13. Fark basınç anahtarı      |
| 4. Filtre (F7)      | 14. Termometre-higrometre     |
| 5. Filtre (F9)      | 15. 3 yollu motorlu vana      |
| 6. Isıtıcı batarya  | 16. CO sensörü                |
| 7. Soğutucu batarya |                               |
| 8. Nemlendirici     |                               |
| 9. Karışım damperi  |                               |
| 10. Motorlu damper  |                               |

## 9.BÖLÜM

### AMELİYATHANELERDE YANGIN VE DUMAN KONTROLÜ

#### 9.1. Ameliyathanelerde Yangın Riskleri

Hastanelerde, yangınların %53'ünün hizmet hacimlerinde, %22'sinin özel bölümlerde, %10'unun hasta bakım ünitelerinde ve geri kalan %15'inin ise destek hacimleri ile diğer yerlerde çıktığı görülmüştür. Hizmet hacimleri olarak; mutfak, depolar, tuvaletler, çamaşırhane, ısıtma sistemi, asansör ve diğer yerler (koridor, merdiven vs.) bulunur. Hasta hacimleri olarak, hasta odaları, koğuşlar, dinlenme ve hasta eğlence hacimleri bulunmaktadır. Laboratuvarlar, röntgen odaları, ameliyathaneler, doğum salonları, sterilizasyon ve oksijen çadırları ise özelliği farklı olan bölümlerdir. Destek hacimleri olarak, ısı merkezi, hemşire veya personel hacimleri ve idari kısımlar bulunmaktadır.

Ameliyathaneler ise, hastanelerin ileri teknolojik araç ve gereçlerin kullanıldığı, çeşitli cerrahi teknik ve yöntemlerin uygulandığı, hasta ve çalışan sağlığını etkileyen birçok riskin bir arada bulunduğu yerlerdendir. Hastanede bulunan hastaların vücut dirençlerinin ve hareket kabiliyetlerinin sağlıklı insanlara oranla daha az olduğu düşünülürse hastane ve ameliyathanelerde oluşabilecek bir yangında yaralanma ve/veya ölümcül sonuçların oluşması kaçınılmaz olacaktır. İnvaziv girişimlerin yapıldığı tüm alanlarda ortaya çıkabilecek risklerden birisi yangındır. Ameliyathaneler, yangın riski oluşturabilecek birçok kaynağı bir arada barındıran oksijen bakımından zengin ortamlardır. Ameliyathanelerde yakıt/ısı kaynakları; karıştırma sırasında duman oluşturabilecek kemik çimentoları, çeşitli malzemeler (kumaş ve polipropilen veya kağıt örtüler, hasta önlükleri, süngerler), plastik ve kauçuk içeren materyaller (anestezi devreleri, endotrakeal tüpler, kaflar, eldivenler, ameliyathane önlükleri, mayo standı kapakları, hasta pozisyonunda kullanılan materyaller), solüsyonlar (özellikle alkol bazlı antiseptikler), hasta (vücut kılları, sac, gastrointestinal gazlar, sac spreyi, parfüm), lazer cihazları, elektrocerrahi üniteleri ve diğer cihaz ve/veya elektrikli aletler yangın riski oluşturabilir. Genel olarak ameliyathanelerde cerrahi girişime bağlı olarak ortaya çıkan yangınların dağılımı incelendiğinde; havayolu ya da orofarenks (%21), baş, boyun ve üst göğüs bölgesi (%44), diğer cilt bölgeleri (%26) ve hastanın iç (gastrointestinal) vücut bölgelerinde (%8) olduğu belirtilmektedir.

#### 9.2. Ameliyathanelerde Yangın ve Duman Kontrol Senaryosu

Bir yangın sırasında, hastanelerde yatarak tedavi gören hastaların ve poliklinikteki hastaların acil durum tahliyesi zaman alıcı bir süreçtir. Hastaların kolay tahliye edilebilmeleri ve güvenliklerinin sağlanabilmesi için oluşturulan kompartımanların duman kontrolünün yapılması zorunludur. NFPA 99 standardının 6. bölümünde ameliyathanelerle ilgili esaslar verilmekte olup aşağıda özetlenmiştir.

Her ameliyathanenin iklimlendirme sistemi ayrı tasarlanmalıdır. Ameliyathane içindeki iklimlendirme sistemi, ameliyat odasını çevreleyen alanlara kıyasla pozitif bir basınçta tutulur ve çoğunlukla iklimlendirme sistemlerine %100 temiz hava sağlarlar. Ameliyathaneler bitişik alanlardan daha yüksek basınca sahip olduğundan yangının meydana geldiği ameliyat odasının temiz havası kapatılıp sadece egzoz çalıştırılarak ve komşu hacimlerin pozitif basınçlı olması sağlanarak, yangından kaynaklanan dumanın bitişik alanlara sızması önlenecektir. Eğer temiz hava her bir ameliyat odası için ayrı olarak kontrol edilemiyorsa, temiz hava sisteminin tamamının kapatılması ve diğer yandan yangın olan odadan gelen dumanın bitişik odalara sıçramasını önlemek için egzoz hava sisteminin çalıştırılmaya devam etmesi gerekli olabilir<sup>[30]</sup>.

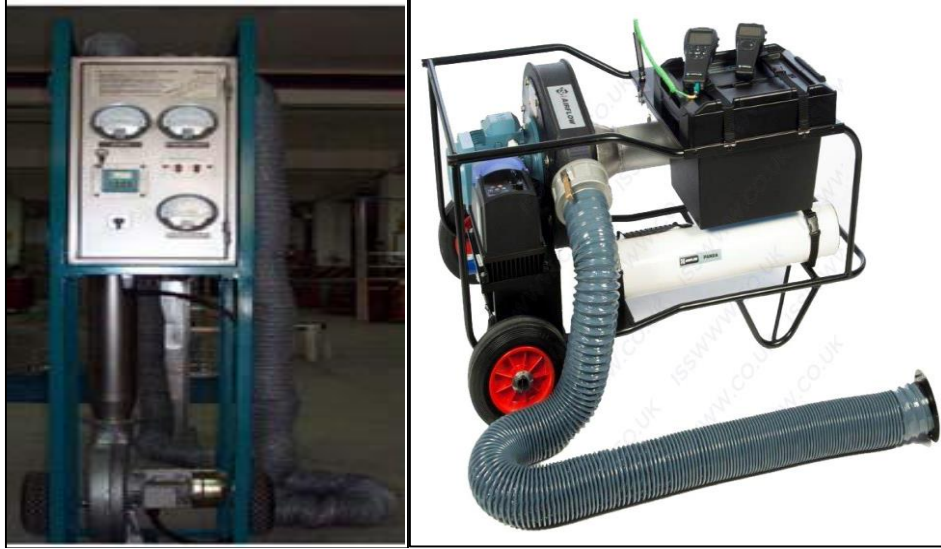
## 10.BÖLÜM

### AMELİYATHANELERDE TEST, TEMİZLİK, DEVREYE ALIM VE VALİDASYON

Standartlara uygun olarak tasarlanan ameliyathanelere ait iklimlendirme sisteminin verimli çalışabilmesi için şantiye sahasında montaj edilen havalandırma kanallarının mutlaka kanal sızdırmazlık testlerinin, kanal temizliğinin ve cihazlar devreye alındıktan sonra gerekli hijyen şartlarının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilerek validasyon işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Kanal sızdırmazlık testleri özellikle validasyon çalışmaları açısından oldukça önemlidir. Çünkü izin verilen kaçak miktarlarından daha fazla miktarda hava kaçağına sebebiyet veren hava kanalları, sistem devreye alındığında ameliyathanede istenen hava debisini sağlamayabilir. Üstelik kanallardan gerçekleşen hava sızıntıları asma tavan içerisinde birikip pozitif basınç oluşturarak mimari çatlaklar, elektriksel ekipmanlara ait kablo boruları vb. yerlerden ameliyat odasına sızarak asma tavan içindeki kontamine madde miktarı fazla olan havanın ameliyat odasına sızmasına sebebiyet verebilir. Bu durumda validasyon çalışmalarında istenilen sonuçlar elde edilemeyeceği gibi ameliyathanedeki hastaların ameliyat sonrası enfeksiyon riskini artıracaktır.

#### 10.1. Kanal Sızdırmazlık Testleri

Havalandırma kanallarında test basıncını sağlamak için SMACNA ve DIN24194 standartlarına uygun olarak imal edilmiş, frekans konvertörlü bir fan, diyaframlı bir debi ölçer, kanal basıncını ölçen manometreden oluşan "kanal sızdırmazlık test cihazı" kullanılmalıdır. Testlerde SMACNA, DW-144, Eurovent 2/2 gibi standartlara uyulması gerekir.



**Şekil 10.1.** Havalandırma sızdırmazlık test cihazları

### 10.1.1. Test Yapılacak Zonların Belirlenmesi

1000 m<sup>2</sup>'ye kadar A sızdırmazlık sınıfındaki tüm hava kanalları duman testi yapılarak sızdırmazlığı sağlanmalıdır. 1000 m<sup>2</sup>'den fazla B sınıfındaki kanal sistemlerinin en az % 10'u, genellikle şartnameler gereği %20'lik kısmı test edilmeli istenilen sonuçlar elde edilemediğinde ise hava kanallarının tamamı, C sınıfı ve üstü sızdırmazlık sınıfındaki kanalların ise tümü test edilmelidir. Havalandırma kanal kaçak testleri 2 aşamalı olarak yapılabilir.

1. Montaj başlangıcında ilk olarak yaklaşık 30-50 m<sup>2</sup>'lik kanal montajı testten geçirilir.
2. Elde edilen test sonucu ve tecrübeye göre aralıklı testler ile kanal imalatına devam edilir.

Kanalların sonradan iyileştirilmesi sağlıklı, ekonomik ve pratik bir işlem değildir. Hastanelerde HEPA filtre kullanılan kanal zonları C sınıfı sızdırmazlığa sahip olmalıdır. Bu alanların yüksek nitelikli olmasından dolayı HEPA filtre monte edilecek olan kanalların tamamı teste tabi tutulmalıdır. Test esnasında kanal sistemi tamamen kapalı duruma getirilir, üzerinde kaçak hava miktarını hesaplamaya yarayan orifis bulunan bir hava tedarik fanı ile kanala basınç verilir. Test esnasında hava kanalı üzerinde VAV, CAV, damper, elektrikli ısıtıcı vb. ekipman olmamalıdır.

VAV, CAV, shut off damper ve kanal tipi ısıtıcı ünitelerinin gövde sızdırmazlık sınıfları, kanal sızdırmazlık sınıfı ile ilişkili olmakla beraber, hastanelerde genellikle C sınıfı hava kanallarında kullanılsalar bile hareketli elemanlara sahip olmalarından ve imalat tekniklerinden dolayı kanal sızdırmazlık gereksinimlerinden daha düşük olabilir. Örneğin; VAV ünitesi, CAV ünitesi ve Shut-off damperlerin A sınıfı, kanal tipi ısıtıcıların B sınıfı sızdırmazlığa sahip olmalarına izin verilebilir. Bu tür ekipmanların müsaade edilen sızıntı değerleri TS EN 1751 standardına göre alan hesaplaması yapılarak belirlenir.

Eğer sızdırmazlık testleri sırasında kanal üzerinde ekipmanlar mevcut ise bu durumda Smacna ‘‘ Hvac Air Duct Leakage Test Manual’’de belirtildiği üzere, kanal testleri yapılırken test yapılan kanal hattı üzerinde bulunan tüm terminal ekipmanları izole edilmelidir.

**Tablo 10.1.** Basınca Göre Kanal Sınıflandırılması ve Kaçak Sınıfları

Kanal Basınç Sınıfı	Statik Basınç Sınıfları		Hava Kaçak Sınıfı
	Pozitif (Pa)	Negatif (Pa)	
Düşük	500	500	Sınıf A
Orta	1000	750	Sınıf B
Yüksek	2000	750	Sınıf C
	2500	750	Sınıf D

SMACNA ve DW-142’de hava kanallarının sızdırmazlık dereceleri göre hava kaçak limitleri belirlenmiş, ancak ne tür uygulamalarda hangi kriterlerin kıstas alınacağı konusunda bir açıklamada bulunulmamıştır. Bu konuda açığa referans sadece DIN V 24194 normunda bulunmaktadır.

### 10.1.2. Test Yapılacak Kanal Yüzey Alanının Belirlenmesi

Test yapılmak üzere seçilen hava kanallarının yüzey alanları test öncesinde hesaplanmalıdır. Değişik basınç sınıflarında test yapılacak hava kanalının maksimum yüzey alanları Tablo 10.2’de verilen miktarlardan fazla olmamalıdır. Test yapılacak kanalın minimum 10 m<sup>2</sup> alana sahip olması gerekmektedir. Test alanı kullanılan test cihazının kapasitesine göre 50-150 m<sup>2</sup> arasında olmalıdır.

**Tablo 10.2.** Havalandırma kaçak ölçümlerinde sınıflarına göre kullanılacak maksimum kanal alanları

Kanal Statik Basıncı (Pa)	Maksimum Test Alanı (m <sup>2</sup> )		
	Sınıf A	Sınıf B	Sınıf C
1800	5	16	50
1600	16	50	152
1400	26	79	238
1200	35	110	331
1000	50	150	448
800	64	193	580
600	84	252	757
400	119	357	1073
200	177	533	1600



### 10.1.3. Test Basıncının Belirlenmesi

Havalandırma kanallarında statik basınç ( $P_S$ ), hıza bağlı dinamik basınç ( $P_D$ ), akışkanın yüksekliği ve yerçekimine bağlı olarak oluşturduğu aerostatik basınç ( $P_A$ ) ve toplam basınç ( $P_T$ ) olmak üzere toplamda dört tip basınç bulunmaktadır. Ancak hava kanalı sistemlerinde aerostatik basınç küçük değerlere sahip olduğundan genellikle ihmal edilir.

- Statik basınç ( $P_S$ ), kanal sisteminin potansiyel enerjisini temsil etmektedir. Akış doğrultusunda ölçülür. Pozitif veya negatif olabilir.
- Dinamik basınç ( $P_D$ ), kanal sisteminin kinetik enerjisini temsil etmektedir. Akış doğrultusunda ölçülür. Her zaman pozitiftir.

$$P_D = \frac{1}{2} \times \rho_{hava} \times V^2 = 0,6 \times V^2 \quad (10.1)$$

- Aerostatik basınç ( $P_A$ ), akışkanın yoğunluğu, yüksekliği ve yerçekimine bağlı olarak oluşturduğu aerostatik basınç ihmal edilir.

$$P_A = \rho_{hava} \times g \times z \quad (10.2)$$

- Toplam basınç ( $P_T$ ), kanal sistemindeki statik basınç ile dinamik basıncın toplamıdır. Pozitif veya negatif olabilir.

$$P_T = P_S + P_D \quad (10.3)$$

Test prosedürü baz alınarak iki boyutlu kararlı ve sıkıştırılamaz akış için Bernoulli denklemi yazılırsa;

$$\int \frac{dP (N/m^2)}{\rho (kg/m^3)} + \frac{1}{2} \cdot dV^2 (m^2/s^2) + g (m/s^2) \cdot dZ (m) = C \quad (10.4)$$

Sistemin stabil (kararlı) hale gelmesi için 5-15 dakika arası beklenecek hava kaçaklarının stabil olması ve kanal içi statik basıncın sabitlenmesi için geçen sürede;

$$\int \frac{dP (N/m^2)}{\rho (kg/m^3)} + \frac{1}{2} \cdot V^2 (m^2/s^2) + g (m/s^2) \cdot z(m) = C \quad (10.5)$$

Sistem kararlı hale geldikten sonra, akışın sıkıştırılamaz olduğu yani hava kanalının sızdırmaz olmadığı ve kaçakların meydana geldiği göz önüne alınır;

$$\frac{P (N/m^2)}{\rho (kg/m^3)} + \frac{1}{2} \cdot V^2 (m^2/s^2) + g (m/s^2) \cdot z(m) = C \quad (10.6)$$

Akım çizgisi boyunca enerjinin sabit kaldığı düşünülürse fark basıncını tespit edebilmek için toplam enerji eşitliği;

$$\frac{P_1 (N/m^2)}{\rho (kg/m^3)} + \frac{1}{2} \cdot V_1^2 (m^2/s^2) + g(m/s^2) \cdot z_1 (m) = \frac{P_2 (N/m^2)}{\rho (kg/m^3)} + \frac{1}{2} \cdot V_2^2 (m^2/s^2) + g(m/s^2) \cdot z_2 (m) \quad (10.7)$$

Eşitlik  $\rho$  ile çarpılarak sistem basınç eşitliği haline getirilirse;

$$P (N/m^2) + \frac{1}{2} \cdot \rho(kg/m^3) \cdot V^2 (m^2/s^2) + \rho(kg/m^3) \cdot g(m/s^2) \cdot z(m) = C \quad (10.8)$$

Bernoulli denkleminin ilk kısmı kanal içerisindeki statik basıncı, ikinci kısmı dinamik basıncı ve üçüncü kısmı ise aerostatik basıncı temsil etmektedir. Buna bağlı olarak test basıncı kritik hat basıncının veya santral çıkış basıncının bir buçuk katı olacak şekilde seçilmelidir. Kanal içi statik test basıncı 500 Pa'dan aşağı bir değerde olmamalıdır.

#### 10.1.4. İzin Verilen Toplam Hava Kaçak Miktarının Hesaplanması

Test için gerekli olan kanal sızdırmazlık sınıfının belirlenmesinin ardından basınç sınıfına uygun olarak seçilen ve maksimum test yüzey alanı geçmeyecek şekilde bir kanal alanı belirlenir. Test basıncının belirlenmesinin ardından aşağıdaki tabloda bulunan formül ile 1 m<sup>2</sup> hava kanalında izin verilen hava kaçak limitleri belirlenir.

**Tablo 10.3.** Hava Kaçak Limitleri Formülasyonu

Kanal Basınç Sınıfı	Hava Kaçak Limitleri (1 m <sup>2</sup> hava kanalında izin verilen kaçak miktarı – L/s)
Düşük Basınç – Sınıf A	0,027 x P <sup>0,65</sup> (P: Sistem Basıncı)
Orta Basınç – Sınıf B	0,009 x P <sup>0,65</sup>
Yüksek Basınç – Sınıf C	0,003 x P <sup>0,65</sup>
Yüksek Basınç – Sınıf D	0,001 x P <sup>0,65</sup>

Hastanelerde bulunan yoğun bakım, ameliyathane, temiz depolar, sterilizasyon odaları, küvez odaları, steril koridorlar vb. steril mahallerin hepsi Sınıf C'de ve gerektiğinde kanal sisteminin basıncına bağlı olarak 2000 Pa'a kadar test edilmelidir. Nükleer tıp merkezleri, laboratuvarlar, elektronik çip üretimi ve ilaç üretimi yapan fabrikalarda hava kanalları 2000 Pa'ın üzerinde Sınıf D'de test edilmesi istenebilir.

Tablo 10.3'deki hava kaçak limitleri formülasyonu ile uygulanan sistem basıncına bağlı olarak 1 m<sup>2</sup> hava kanalında izin verilen kaçak miktarı hesaplanır.

$$Q = K \times P^{(0,65)} \quad (10.9)$$

Denkleimde;

- $Q = 1 \text{ m}^2$ 'deki max. izin verilen kaçak miktarı (l/s)
- $P =$  Sistem basıncı (Pa)
- $K =$  Sızdırmazlık katsayısı

Yukarıdaki formülasyona göre farklı basınçlar için hesaplanmış  $1 \text{ m}^2$  hava kanalında izin verilen hava kaçağı miktarları aşağıdaki Tablo 10.4'te bulunmaktadır.

**Tablo 10.4.** Hava Kaçak Limitleri (Hesaplanmış)

Statik Basınç Farkı (Pa)	1 m <sup>2</sup> Hava Kanalında İzin Verilen Maksimum Hava Kaçak Miktarı (L/s)			
	Düşük Basınç Sınıf A	Orta Basınç Sınıf B	Yüksek Basınç Sınıf C	Yüksek Basınç Sınıf D
100	0,54	0,18		
200	0,84	0,28		
300	1,10	0,37		
400	1,32	0,44		
500	1,53	0,51		
600		0,58	0,19	
700		0,64	0,21	
800		0,69	0,23	
900		0,75	0,25	
1000		0,80	0,27	
1100			0,29	0,10
1200			0,30	0,10
1300			0,32	0,11
1400			0,33	0,11
1500			0,35	0,12
1600			0,36	0,12
1700			0,38	0,13
1800			0,39	0,13
1900			0,40	0,14
2000			0,42	0,14
2100				0,14
2200				0,15
2300				0,15
2400				0,16
2500				0,16

Uygulanan basınç sınıfına göre metrekare yüzey alanı başına düşen hava miktarının test yapılan bölgenin yüzey alanı ile çarpılması ile müsaade edilen toplam kaçak miktarı hesaplanır.

$$Q_{max.} = Q \times A \quad (10.10)$$

Denkleimde;

- $Q_{max.} =$  Müsaade edilen toplam kaçak miktarı
- $Q = 1 \text{ m}^2$ 'deki max. izin verilen kaçak miktarı (l/s)
- $A =$  Test yapılan kanal alanı (m<sup>2</sup>)

Müsaade edilen toplam kaçak miktarının bulunmasının ardından test cihazında okunan basınç farkı yardımıyla Smacna Equation 5.1'e göre kaçak miktarı hesaplanır.

$$Q_{Kaçak} = 21,8. K(D_2)^2 \times \sqrt{\Delta P} \quad (10.11)$$

Denkleimde;

- $Q_{Kaçak} =$  Hesaplanan kaçak miktarı (cfm)
- $\Delta P =$  Cihazda okunan basınç farkı (inch.s.s)
- $K =$  Diyafram katsayısı
- $D_2 =$  Diyafram çapı (inch) (Test cihazı tedarikçisinden alınmalıdır.)

Hesaplamalar sonucu uygun birim dönüşümleriyle, kanal sistemindeki mevcut kaçak miktarının müsaade edilen değerden küçük olduğu ispatlanmalıdır.

$$Q_{Kaçak} < Q_{max}. \quad (10.12)$$

### 10.1.5. Hava Kanalı Kaçaklarının Tespiti

Ölçümler sonucu elde edilen değerler beklenenin üzerinde çıkarsa, kaçakların azaltılması için aşağıdaki yöntemlerin bir veya birkaçının kullanılması ile kaçak noktaları tespit edilip ve kaçak engellenerek test tekrarlanmalıdır. Aşağıda belirtilen işlemlerin fan çalışır konumda iken yapılması gereklidir.

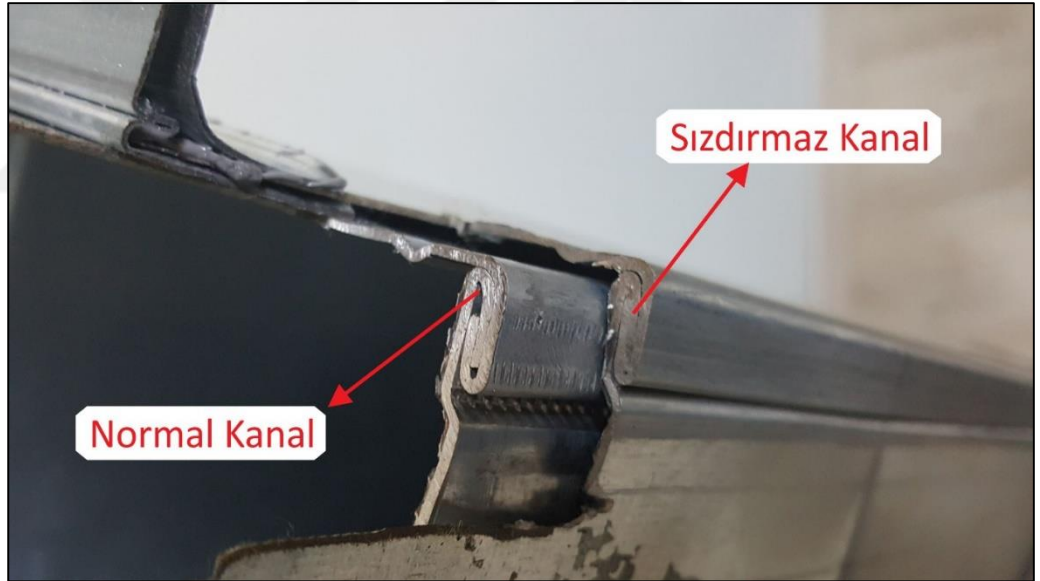
- Bakarak ve el yordamı ile; Özellikle ilk bakışta görülmesi zor, kanalın arka tarafında kalan ve montaj sırasında çalışanın zorlanmasından kaynaklanabilecek, imalat eksiklikleri olabilir. Bunlara örnek olarak, flanşlı imalatta conta, cıvata, somun ve klips eksiklikleri, diğer imalatlarda ise kanal birleşim noktalarının iyi dövülmemesinden doğabilecek eksiklikler verilebilir. Bu yöntem çok fazla miktarlarda hava kaçağı olması durumunda etkili olarak kullanılabilir.
- Dinleyerek; Kaçak noktalarından çıkan hava, çıkış hızına bağlı olarak ıslık tarzı sesler çıkarır. Bu seslerin takibi yolu ile kaçak noktalarına ulaşılabilir.
- Hissederek; Kanal üzerinde, özellikle olası kaçak noktalarına yakın bölgelerde el gezdirmek sureti ile hava kaçak noktalarının tespiti yapılabilir.
- Sabunlu su kullanarak; Sabunlu su muhtemel kaçak noktalarına sürülerek baloncuk oluşumlarının gözlenmesi sureti ile kaçak tespiti yapılabilir.
- Duman tabletleri; Bunlar, kullanıldığında yoğun miktarda renkli duman çıkaran tabletlerdir. Kanal içerisine fan çalışır pozisyonda iken uygulandığında, kaçak noktalarından çıkan dumanların takibi ile kaçak tespiti yapılabilir. Duman tabletlerinin özellikle steril alanlardaki hava kanallarında kalıntı bırakmamasına dikkat edilmeli ve insan sağlığına olumsuz etkileri mevcut ise kullanılmamalıdır.

### 10.1.6. Hava Kaçaklarının Minimize Edilmesi

Hastanelerde temiz oda kapsamında bulunan ve en önemli yere sahip ameliyathane kanallarının hava kaçak testlerinde istenilen sonuçları verebilmesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Kanallar paslanmaz saçtan olmalıdır ve çakma flanş yerine kendinden flanşlı kanallar tercih edilmelidir. Böylece flanş kaynaklı kaçakların önüne geçilmiş olur.

- Kanal üzerinde bulunan VAV, CAV, elektrikli ısıtıcı vb. ekipmanlar ile kanal flanşı aynı ölçüde olmalıdır. Örneğin, VAV 30 mm flanşa sahip iken hava kanallarının flanşı 20 mm olmamalıdır.
- Kanallar Sınıf C test basıncına uygun olarak sızıntıları minimuma düşürecek şekilde imalatı yapılmalıdır.
- Kanal kenet birleşim yeri boyuna olarak içten insan sağlığına olumsuz etkisi olmayan bir silikon veya mastik ile sızdırmaz hale getirilmelidir.
- Kanalların montajı esnasında kanal sızdırmazlık contasının doğru yapıştırılmasına özen gösterilmelidir. Contalar uygun et kalınlığına ve kanal flanşıyla aynı genişliğe sahip olmalıdır. Contanın yapışkan özelliğini kaybetmemesi için oda koşullarına yakın bir sıcaklıkta muhafaza edilmesi gerekir.
- Kanalların birleştiği köşe noktalarındaki civatalar torklu makine ile eşit olarak sıkılmalıdır. Yani bir taraftaki civata fazla diğer taraftaki civata az sıkılarak, az sıkılan tarafta oluşabilecek kaçak önlenmelidir.
- Kanallarda 10-15 cm'de bir klips kullanılmalıdır. Klipslerin zamanla titreşim sonucu gevşememelerine dikkat edilmelidir.
- Zamanla klipslerin ve köşe civataların titreşim sonucu veya başka nedenlerle gevşemesini önlemek için civata bağlantılarında fiberli somun kullanılabilir.



**Şekil 10.2.** Normal hava kanalı ile sızdırmaz hava kanalı arasındaki fark

Uygun konstrüksiyon ile imal edilen hava kanalları saha montaj aşamasında dikkatli bir şekilde montaj edildiğinde testlerde istenilen sonuçlar alınabilecektir. Ancak dikkat edilmemesi durumunda testlerin istenilen değerlere ulaşabilmesi için silikon vb. kimyasallar ile tespit edilen kaçak noktaları kapatılmaya çalışılacaktır. Fakat kanalların dış yüzeyine uygulanan silikonun pozitif basınçlı hava kanallarında zamanla kanal yüzeyinden ayrılacaktır. Mastik vb. kimyasallar ise kurduğunda küçük kılcal çatlaklar oluşturabilmektedir. Bu küçük kılcal çatlaklar uzun hatlarda meydana gelen kaçaklarla büyük sayılabilecek basınç kayıplarına sebep olabilir.

Ameliyathanelerde validasyon ve performans kalifikasyonunu yapılabilmesi için ilk aşama kanal sızdırmazlık testlerinin başarılı olmasıdır. Aksi takdirde zamanında önlem alınmayan hava kanallarının izin verilebilir kaçak değerlerini yakalaması için yapılan çalışmalar oldukça zor olacağı gibi hem zaman hem de maddi kayba sebebiyet verecektir.

Ayrıca hava kaçaklarını izin verilen miktardan fazla olması yıllık işletme maliyetlerinin de artması anlamına gelmektedir. Örneğin, bir binanın ısıtılması, soğutulması ve havanın şartlandırılması için kullanılan iklimlendirme sisteminin yıllık işletme masrafının 100 000 TL olduğunu düşünelim. Hava kaçak miktarlarının ise %40 olduğunu düşünürsek, bu durumda mahalleri iklimlendirmek için şartlandırdığımız havanın %40'ını boşa harcamamız anlamına gelir. Yani yıllık işletme maliyetimizin 40 000 TL'sini boşa harcamış oluruz.

## **10.2. Hava Kanallarında Temizlik ve Hijyen**

### **10.2.1. Hava Kanallarında Kirlilik ve Sakıncaları**

Zamanımızın % 60-90'lık bir kısmını iç ortamlarda geçirmekteyiz. Amerikan Çevre Koruma Örgütü EPA'nın yapmış olduğu ölçümler, dış ortamdan yalıtılmış modern binalardaki kötü iç hava kalitesinin, kirli olarak tanımladığımız dış ortam havasına göre 70 kat daha tehlikeli olduğunu göstermektedir. Amerikan Alerji Uzmanları Birliği'ne göre ise hastalıkların oluşması ve yayılması %50 oranında bozuk iç ortam hava kalitesinden kaynaklanmakta ve alerjiden şikayet edenlerin yaklaşık %15-20'si bu nedenle doktora başvurmaktadır. Yine bu kaynağa göre aynı nedenden ötürü işgücü verimindeki kayıp %4'leri bulmakta, sadece bu şekilde her yıl 60 milyar dolar, medikal giderlerde ise 1 milyar dolar milli gelir kaybı söz konusu olmaktadır. Hijyen şartlarının ön plana çıktığı hastane ve sağlık kurumlarında ise havalandırma havasının temizliği çok daha fazla önem arz etmektedir.

### **10.2.2. İç Hava Kalitesi ve Sağlık Sorunları**

Havalandırma sistemi, devreye alınmasının ardından, iç ve dış ortamdan alınan havada bulunan bir takım kirleticiler tarafından kirlenmeye maruz kalır. Ortama verilen karışım havasında hijyen şartlarının zamanla ortadan kalkması, iç ortam hava kalitesinde bozulmaya yol açmaktadır. Bunun sonucu SBS ya da BRI diye adlandırılan birtakım sağlık sorunları oluşmaya başlamaktadır.

SBS (Sick Building Syndrom): Bu terim başka her hangi bir nedenle bağlantı kurulamadığı durumlarda tam olarak tanımlanamayan rahatsızlığın, çalışılan veya ikamet edilen ortamla ilişkili olduğu düşünülen durumlarda kullanılır. Belirtileri şunlardır.

- Bina sakinlerinin çok yoğun bazı rahatsızlıklarla ilgili belirtilerden şikayet etmesi; baş ağrısı, göz, boğaz, burun iritasyonları, kuru öksürük, kuru ve kaşıntılı deri, baş dönmesi ve mide bulantısı, konsantrasyon güçlüğü, yorgunluk, kötü kokulara karşı hassasiyet.
- Tanımı yapılamayan ve binanın terk edilmesinin ardından ortadan kaybolan rahatsızlıklar olarak da tanımlanabilir.

BRI (Building Related Illnes): SBS'nin aksine teşhis edilen rahatsızlığın, ortam havasında yayılan bir takım kirleticiler tarafından kaynaklandığının belirlenebildiği durumlar için kullanılır. Belirtileri şunlardır:

- Bina sakinlerinin öksürük, ateş, kas ağrıları, göğüs darlığı, üşüme,
- Klinik olarak teşhis edilebilen ve tanısı kesin olarak yapılabilen rahatsızlıklar,
- Binanın terk edilmesinin ardından uzun bir sürenin geçmesiyle ortadan kalkan belirtiler.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nun bildirdiğine göre dünya üzerinde bulunan yeni nesil binaların %30'luk bir kısmı bu yukarıda bahsi geçen rahatsızlıklara neden olan kötü iç hava kalitesine sahip olmaktadır. İnsan sağlığını doğrudan ilgilendiren diğer bir konu da sağlık kurumları ve hastanelerdir. Avrupa'da hastanelerde ameliyat sonrası kontaminasyon nedeni ile ölüm oranı %0,3 iken, yapılan iyileştirmeler sonucu %0,15'lere indirilmiştir. Yine bir İngiliz - İskandinav araştırma grubunun 5 yıl boyunca 19 hastanede, kalça kemiği ve diz kapağı ameliyatlarında yaptığı araştırmalar sonucunda, 1 m<sup>3</sup> havadaki tanecik sayısı 400 olduğunda enfeksiyon oranı %4,5 oranındayken, tanecik sayısı 20'ye indirildiğinde bu oran %1.5'a indirilebildiği belirlenmiştir.

### 10.2.3. Hava Kanallarındaki Kirliliğin İşletmeye Etkisi

Genel olarak her havalandırma sisteminde gereksinime göre hassasiyeti değişen bir veya daha fazla filtre bulunmaktadır. Ancak bu filtreler çevrimin başlangıcında, yani emiş menfezi ya da dış hava panjuru üzerinde değil, emiş ve üfleme kanallarının tam ortasında, klima cihazı içerisinde bulunmaktadır. Bu şu anlama gelmektedir. İç ortamdan emilen kirliliği ile, dış ortamdan emilen kontrolsüz dış hava içerisinde bulunan kirleticileri taşıyan emiş kanalları herhangi bir filtrasyon işlemi görmemektedir. Bu nedenle emiş kanalı içleri ciddi bir kirliliğe uğramaktadır. Filtre ancak üfleme kanallarını kısmen temiz tutabilmektedir. Karışım havası kullanan klima sistemlerinin işletiminde genellikle düşülen yanığı budur.

Kirli kanallarda sürüklenen toz, kir parçacıkları klima santralindeki filtrelerin çok daha çabuk kirlenmesine ve ömrünü zamanından önce doldurmasına neden olmaktadır. Ayrıca kanal yüzeylerine tutunan parçacıklar zamanla kümeleşmekte ve ciddi bir yüzey pürüzlülüğü oluşturmaktadır. Bu konuda fikir verebilmesi açısından basınç kaybı hesabında kullandığımız pürüzlülük değerini veren  $\epsilon$  (mm) değerinin PVC, paslanmaz sac ve alüminyum için 0,03, galvaniz sac kanal için 0,09 ve plaka tipi cam elyafı için 0,90 olduğunu hatırlamakta fayda vardır. Havalandırma santralindeki filtrelerin ve kanal içlerinin kirliliği, kanal montajı sırasında yapılmış hatalar, inşaat esnasında veya sonrasında oluşan kirler, yarattıkları sürtünme kayıpları nedeniyle toplam hava debisinde azalmaya neden olurlar ki bu da kaybın karşılanması için bir miktar daha elektrik enerjisi gerekli olacağı anlamına gelmektedir. Yapılan ölçümler sonucu, serpantin yüzeyindeki 1 mm'lik kir tabakasının, ısı transferini yaklaşık olarak %10 oranında azalttığı görülmüştür. Bir başka deyişle, aynı ısı verimi elde etmek için yapılması gereken enerji

sarfıyatının %10 artırılması gerekmektedir. Temiz ve pürüzsüz bir yüzeye oranla kirlenmeye başlamış ve pürüzlülüğü artmış bir yüzeyde kir ve toz parçacıkları daha kolay ve daha fazla birikmektedir. Metalik yüzeye yapışan nemli kir, toz topraklarında üreyen küf ve mantarlar, aynı zamanda daha fazla nem tutulmasına da zemin hazırlayarak korozyonu başlatmakta veya varsa hızlandırmaktadır.

#### **10.2.4. Hava Kanallarında Kirlilik ve Yangına Sebebiyeti**

Birçok durumda havada asılı partiküller organik bileşiklerden oluşmaktadır. Havanın cebri olarak fanlar yardımıyla hareket ettirilmesinden dolayı kanal yüzeylerinde oluşan statik elektrik yükünün deşarjı anında kıvılcımla başlayan yangınlar olduğu da bilinmektedir. Örneğin, sadece Almanya’da bu güne kadar 60 kişinin ölümüyle sonuçlanan 500’e yakın patlama ve yangın olayında sebebin, ”hava kanallarında biriken tozlar” olarak itfaiye istatistiklerine geçmiş olması dikkate değerdir. Ayrıca, yangın başka sebeplerle başlamış olsa bile hava kanallarında birikmiş organik yanıcı bileşiklerin tutuşması ile oluşan yanıcı gazlar havalandırma kanallarından binanın bir bölgesinden diğerine geçerek yangını yaygınlaştırmaktadır.

#### **10.2.5. Kirliliğin Oluşumu ve Tanecik Emisyonu**

Her tesis ve bina içinde bulunduğu ortamın koşullarına göre bünyesine çeşitli yollarla tanecik alabilmekte ve yapının amacına göre bu partiküller zararlı etkilerde bulunabilmektedir.

Doğal havada bulunan; polenler, bakteriler, çeşitli ölü ve canlı mikroorganizmalar, rüzgarların taşıdığı erozyon veya volkanik patlamalar sonucu çıkan tanecikler, egzoz emisyonları, büro makinelerinden yada insanların kurduğu endüstriyel tesislerden, yanma, kimyasal reaksiyonlar, imalat sonucu ortaya çıkan tanecikler, mahal içerisinde bulunan halı, koltuk, perde ile, insanlardan, solunum yoluyla veya saçlı-saçsız deri ve giysilerden ortama yayılan partikül ve mikroorganizmalardır. Bu sınıflamanın işlevsellik kazanabilmesi bakımından kirleticiler 3 ana kategoride toplanmaktadır. İç mekan kirleticileri şu üç kategoriden birisi içerisinde değerlendirilebilmektedir.

1. Ortam içerisinde üretilen kirleticiler: Bu tür kirleticilerin genellikle ortam içerisinde belirlenebilir bir kaynakları vardır. Ortam içerisindeki insanlardan kaynaklanan karbondioksit, biyolojik kokular ve sentetik aromalar, sigara dumanı, yapıştırıcılardan ve diğer maddelerden kaynaklanan uçucu organik bileşikler, çözücüler ve temizlik maddeleri, proses veya depolama amaçlı kimyasallar ve pişirme esnasında oluşan kokular bu kategori içinde yer almaktadır. Ameliyathanelerde operasyon ekibinden kaynaklı kirleticiler bu gruba dahildir.
2. Ortam içerisine verilen çevresel kirleticiler: Bu tür kirleticiler ele alınırken, öncelikle kirleticinin tipi, ardından ortama giriş yolları araştırılmalıdır. Karbondioksit, sülfürdioksit, endüstriyel kimyasallar ve çözücüler bu grupta yer almaktadır. Bu kirleticilerin ortama ulaşmakta izledikleri en yaygın yol ise; pencere ve kapı gibi, belirli bir amaca hizmet eden bina açıklıkları, pencere kenarlarında meydana gelen



sızıntılar gibi, belirli bir amaca hizmet etmeyen bina açıklıkları ve havalandırma sisteminin kullandığı dış hava olarak sıralanabilir. Hastanelerde kazan baca gazları ile hastane çevresinde bulunan tesislerden ve araçlardan yayılan egzoz gazları bu gruba dahil olmaktadır.

3. Ortam içerisinde üreyen organik kirleticiler: Bu tür kirleticiler en yaygın, en tehlikeli ve ne yazık ki en az anlaşılan grubu oluşturmaktadır. Yüksek nem ve uygun sıcaklıkların olduğu bölgelerde ortaya çıkmaktadır. Bu kirleticilerin genel formları mikroplar ve küf olarak sayılabilir.

### 10.2.6. Hava Kanalı Temizlik İşlemi

Teorik altyapının oluşturulmasının ardından durum tespiti için önce ölçüm ve görüntüleme çalışmaları yapılmalıdır. Hava kanallarında kirliliğin olup olmadığı, kirliliğin nerelerde yoğunlaştığı, ne tür bir ön hazırlığa gerek duyulacağı belirlenmelidir. Amerika'da Ulusal Hava Kanalları Temizleme Birliği (NADCA) tarafından hazırlanarak hava kanalları temizliği ile ilgili aşağıdaki aşamalar tamamlanmalıdır.

1. Bina sahibi, aşağıda belirtilen dökümanların bir kopyasını HVAC sistem temizleme müteahhidine vermek zorundadır.
  - Proje çizimleri ve şartnameleri.
  - HVAC sistemine ait onaylanmış imalat revizyonları.
  - Mesken için hazırlanmış herhangi bir iç hava kalitesi (İHK) veya çevresel değerlendirme raporu.
2. Yetkili kişiler tarafından ortam iç hava kalitesinde bir sorun olup olmadığı tespit edilir. Tesisin kuruluşu sırasında hedeflenen değerler, konfor şartları ve kullanım amacına göre temiz oda standart değerleri tanımlanmış olmalıdır. Eldeki dökümanlardan bu değerlere ulaşılmalı ve o andaki mevcut durum ölçülerek ne durumda bulunduğu belgelenmelidir. Muhtemelen süreç içinde yıpranma ve kirlenme nedeni ile gerek enerji kullanımı, gerekse partikül sayısı ve mikrobiyolojik değerler olması gerekenlerin üzerinde çıkacaktır.
3. Hava kanallarının ve diğer sistem elemanları sökülmeden ve hava akışını engellemeksizin, cihazların ve kanal içlerinin görüntüleri videoya kaydedilmeli, problemler bu görsel verilere dayanarak tespit edilmelidir. HVAC sisteminin görsel incelemesi yapılarak, hangi metot, araç ve gereçlerin tahsisinin gerekli olduğuna karar verilmelidir. Temizlik incelemesi, klima santrali ve tipik HVAC sisteminin bileşenleri ile hava kanallarının tamamını içermelidir. İnceleme işleminin, yerleşmiş tozların, mikrobik oluşumların ve diğer kirliliklerin yaşam mahallerine aşırı yayılarak kötü etkilere yol açmasını önleyecek şekilde yapılması gerekir.
4. Klima santral ünitesinin gözlenerek kaydedilmek suretiyle, temizlik koşullarının belirlenmesi ve filtre sisteminin verimliliğinin ortaya çıkarılması gerekmektedir. Klima santrallerinde nemlendirici olup olmadığına özellikle dikkate edilmelidir. Bilindiği gibi nem, küf ve mantarlar ile mikrobik bulaşmanın en önemli destekleyicisidir. Aynı zamanda ekonomik nedenler ile çoğunlukla tercih edilen yetersiz

galvaniz kaplama içeren sac kanallarda korozyonu hızlandırarak tesis ömrünü de azaltmaktadır.

5. İncelemeler sırasında zarar görmüş olduğu saptanan sistem parçaları uygun olanlarla değiştirilmelidir.
6. Uygulama öncesi bir durum değerlendirmesi yapılmalı ve projenin değişik aşamaları boyunca binanın her bir bölgesinin nasıl kullanılacağı ve korunacağı konusunda detaylı bir plan hazırlanmalıdır.
7. Temizlenmenin gerekli olup olmadığına karar vermek için HVAC temizleme incelemesini nitelikli personelin yapması gerekir. En azından bu personelin HVAC sistemlerinden anlayan, kabul edilebilir iç ortam örnek çalışmalarında, güncel HVAC teknolojisi temizleme prosedürleri ve uyulması gereken standartlar konusunda bilgi ve deneyim sahibi olması istenir.

### 10.2.7. Temizlenmesi Gereken HVAC Ekipmanları

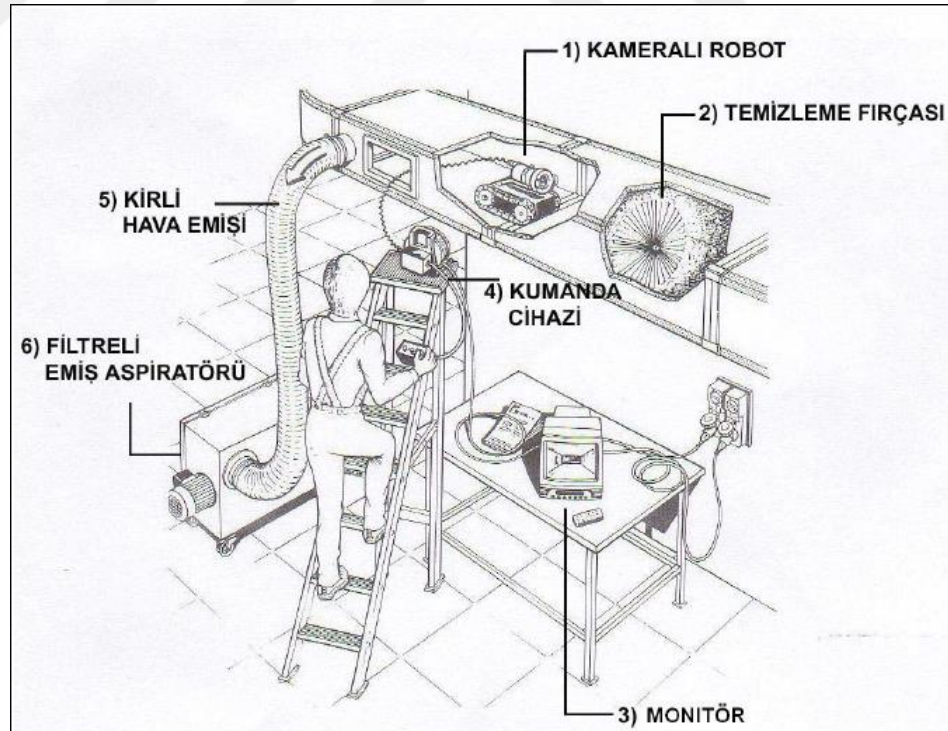
Bina için kirlilik yaratması muhtemel iç ve dış kaynaklar tespit edilerek, sorun yaratan kısımların mümkün olduğu ölçüde tadil edilmesine çalışılmalıdır.

- Temizlik esnasında temizlenen pislikler uygun şekilde toplanmalı ve temizleme esnasında başka yollardan kanal sistemine yayılmaması önlenmelidir. Bunun için temizlik yapılacak kısım sistemden ayrılmalıdır.
- Partikül toplamasında, partikül toplayıcı ekipman (vakum) egzoz çıkışları binanın içinde kalmak zorunda ise 0,3 mikron (ve daha büyük) parçacıklar için % 99,97 hassasiyetinde HEPA filtreler kullanılmalıdır. Partikül toplayıcı ekipmanlar (vakum) egzoz çıkışları binanın dışına atılabiliyor ise HVAC sisteminden çıkacak tozu tutacak uygun mekanik filtrasyon yeterli olacaktır. Bu durumda sistemi yerleştirirken rüzgarın yönü göz önünde tutularak atış ağzının, hava girişlerinden ve diğer girişlerden uzak olması için önlemlerin alınması gerekir.
- Ölçüm ve temizlik işlemi boyunca çalışmalar kokuyu veya buğuyu, buharı kontrol edecek şekilde olmalıdır.
- Bütün HVAC sistem bileşenleri için uyulması gereken standartlarda (örneğin NADCA standartları) belirtildiği gibi görünür şekilde temizleyecek temizleme metotları kullanılmalıdır.
- HVAC sistemleri içinde yer alan damperler ve sabit mekanik yönlendiricilerin temizlikten önceki pozisyonları işaretlenerek iş bitiminde işaretlenmiş konumuna geri getirilmeli özellikle damperler kapalı konumda bırakılmamalıdır.
- Bütün hava dağıtma aygıtları (menfez, panjur, difüzör vb.) temizlenmesi gereklidir.
- Hava aktarma üniteleri ve terminal üniteleri (VAV, CAV, damper vb.), vantilatörler ve egzoz fanları eksiksiz bir şekilde temizliği yapılmalıdır. Temizlenecek bölgeler, vantilatörler, fan kutuları, plenum kutuları (tavan üfleme ve emiş plenumları dahil), salyangozlar, kanatlar, pervaneler, şaftlar, damperler ve kayış kasnak gibi işletme takımını içermelidir. Bütün yüzey pislik tortuları uygun şekilde temizlenmelidir. Aynı zamanda klima santralinin bütün iç yüzeyleri, bileşenleri, yağışma kollektörleri ve giderleri ile serpantinler ve finleri temizlenmelidir.

### 10.2.8. Mekanik Olarak hava Kanallarının Temizlenmesi

Temizleme işlemin ana amacı daha çok HVAC bileşenlerinde zaman içerisinde birikerek mantar, küf ve bakteri oluşumuna neden olabilecek toz ve partiküllerden oluşan birikintileri yok ederek daha iyi bir iç hava kalitesi sağlayabilmektir. Temizlik aşağıdaki yöntemlerle yapılabilir;

- Kanal sisteminin sökülüp geleneksel yollar ile temizlenmesi: Bu yöntem açıkta monte edilmiş sanayi tesislerindeki kanallar için söz konusu olabilir. Kanallar sökülebilir tipte flanşlar ile birleştirilmiş olmalıdır. Yine de bütün bir sistemin sökülüp yeniden toplanması her zaman mümkün olmamakta, uygulanması halinde bile kanallarda deformasyona, hava kaçaklarına neden olmaktadır. Fan-Coil ve VAV gibi ünitelerin temizliği yerinde yapılmalıdır.
- Sökülemez durumdaki HVAC sistemlerinin mekanik temizliği: Birçok yapıda gerek galvaniz veya paslanmaz sac hava kanalları, gerekse sistemdeki fan-coil, VAV, damper, difüzör, kutulu anemostat, menfez vb. elemanlar yapısal ya da estetik nedenler ile daha sonra sökülmesi olasılığı öngörülmezsizin yerleştirilir. Bu durumda HVAC sistemi yerinde, özel ekipmanlar ile temizlenmelidir. İnsanların yaşam kalitesine ve kamu sağlığına önem veren özellikle kuzey Avrupa ve Amerika da bu alanda özel ekipmanlar üreten ve hizmet veren çok sayıda kuruluş bulunmaktadır.



Şekil 10.3. Mekanik temizlik için kullanılan ekipmanlar

Bütün metotlar temizleme boyunca sürekli çalışacak ve vakum yapacak bir emiş fanı ile donatılmış olmalıdır. Fan temizlenen kısmın sonundaki belirlenen girişe bağlanmalıdır. Pisliklerin toplanması ve iç ortam şartlarının korunmasını temin etmek için fanlar, bütün bölümlerin temizliğini negatif basınçta yapabilecek güçte olmalıdır.

- Egzoz çıkışlarını bina içine veren bütün emiş fanları minimum HEPA filtreler ile donatılmalıdır.
- Egzoz çıkışlarını dışarı veren bütün emiş fanları HVAC sisteminden çıkan bütün pislikleri uygun filtreli partikül toplayıcı ile donatılmalıdır. Fanların egzoz çıkışları pisliklerin sisteme geri dönmesine izin vermeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Serbest bırakılan parçacıklar dış çevre standartlarını, kurallarını veya yönetmeliklerini ihlal edecek şekilde olmamalıdır.
- Mekanik fırçalama ile pislikleri HVAC sisteminin iç yüzeyinden söken bütün metotlar pisliklerin güvenli bir şekilde egzoz ile toplamasına iletmelidir. Kullanılan yöntemler ve ekipmanlar (fırça vb.) hava kanallarının bütünlüğüne veya kanal içindeki metal yüzeylerine, bağlantılarına ya da sistemin bileşenlerine zarar vermemelidir.

Hava kanalları aşağıdaki resimdeki gibi temizlenebilir. Uygun bir bölgeden bir veya daha fazla boyda kanal sökülerek temizlik için ağız açılır. Kanalın diğer ucu da kısmi olarak açılarak hava sirkülasyonunun olması sağlanır. Temizleme fırçası uzanabildiği noktaya kadar kanal içerisinde gidebildiği noktaya kadar yollanarak temizlik işlemine başlanır. Kanal yüzeyinden kalkan kirli maddeler ve tozların tekrardan kanala yapışmasını engellemek amacıyla egzoz fanı resimdeki gibi konumlandırılmalıdır. Saha uygulamalarında havalandırma kanal kaçak testleri bitmeden kanal temizliği işlemi yapılmamalıdır. Çünkü test işlemi sırasında test makinesi ortamdaki havayı emerek hava kanalına yolladığından ortamdaki toz vb. kirlenmeler tekrardan kanal yüzeyine nüfuz ederek kirlenmesine sebebiyet vermektedir. Eğer temizlik işlemi kanal sızdırmazlık testinden önce yapıldıysa bu durumda test cihazının fan emiş ağızına filtre konulabilir. Ancak konulacak bu filtrenin emiş tarafında bir basınç kaybına sebep olabileceği ve test makinesinin istenilen statik test basıncını sağlayamamasına neden olabileceği unutulmamalıdır.



**Şekil 10.4.** Uygulama esnasında inşai atıklara maruz kalmış havalandırma kanalları

Havalandırma kanallarının işletmeye alınmadan önce temizliği steril ortamlarda oldukça önemlidir. Yukarıdaki fotoğraflarda görüldüğü üzere saha uygulamasında hava kanalları yoğun bir şekilde inşai atıklara (toz, toprak, alçı, çimento vb.) maruz kalmıştır. Bu durumu engellemek için;

- Hava kanalları üretimi yapılan fabrikada yüzeyleri temizken açılmayacak bir şekilde streç vb. ile sarılarak koruma altına alınmalıdır.
- Sahada hava kanalları montaj edilene kadar korumaları açılmamalıdır.
- Hava kanalının montajı sırasında kanal yüzeyi kontrol edilmeli, toz vb. kirleticiler var ise kanal yüzeyi temizlenerek montajı yapılmalıdır.

Böylece hava kanallarındaki kir miktarı az olacağından temizlik işlemi hem kolay olacak hem de daha az zaman ve maliyet kaybı sağlanacaktır. Sistem devreye alınmadan santralin sürekli çalıştırılarak kanal içerisindeki tozun ve kirletici maddelerin kanal içerisini terk etmesi bazen mümkün olamamaktadır. Çünkü toz vb. maddeler nemin olduğu bölgelerde kanal yüzeyine yapışarak bir katman oluşturmaktadır. Öyle ki mekanik olarak fırça ile temizlenen bazı hava kanallarının yüzeyi birkaç seferde ancak temizlenebilmektedir. Aşağıda bir hava kanalı temizliğine ait önce ve sonrası görüntüleri temizlik işleminin iklimlendirme sistemlerindeki önemini daha net açıklamaktadır.



**Şekil 10.5.** Havalandırma kanalının temizlik öncesi ve sonrası

### 10.2.9. Mineral Yünü Yalıtımlı Malzemelerin Temizlenmesi

Cam ya da taş yünü ısı veya akustik izolasyon yapılmış her hangi bir bileşen veya hava kanalı HEPA vakum cihazları ile HVAC sistemi sabit negatif basınç altında özel fırçalar ile temizlenmeli ve ıslanmasına izin verilmemelidir. Temizleme metotları camyünü bileşenlerine zarar vermemeli ve temizlik sonrası elyaf sürüklenmesi artmış olmamalıdır. Bu nedenle mineral elyaf içeren malzemelerin doğrudan hava kanalı olarak ya da kanal içinden yalıtım amacı ile kullanılması için üreticisinin kullanım, temizlik ve test konusundaki tavsiyelerine titizlikle uyulmalı, uygulama sonrası partikül ve lif sürüklenmesi kontrol edilmelidir.

Gözlem ve temizleme anında hasar gördüğü saptanan mineral yünü hava kanalları için eğer hasar gördüğünü gösteren kötüleşme, koruyucu tabakasının bozulması, ufalanmış malzemeler, küf ve mantar oluşumu yada nemlenmesi gibi bir kanıt varsa, temizleme yada kabul edilebilir izolasyon onarımı ile eski haline getilemeyecek malzemeler değiştirilmek için belirlenmelidir.

#### 10.2.10. Serpantinlerin Temizlenmesi

Serpantinlerin görünür temizliğini yapabilecek ve serpantin temizlik onayını (NADCA Standartları) alabilecek herhangi bir metot kullanılabilir. Kirliliğin niteliğine ve niceliğine bağlı olarak, özel köpük temizleyiciler kullanılabilir gibi, yeterli basınçta hava ya da su kullanılabilir. Serpantin giderleri de aynı şekilde temizlenmeli ve yüzey temizlik onayına tabi tutulmalıdır. Temizleme metotları yerinden çıkarma, ısı transferini engelleme veya serpantin yüzeyi veya soğutma kanatlarının aşınması şeklinde hasarlara neden olmamalıdır. Özellikle epoksi ya da hidrofilik kaplamaya sahip olan serpantin finlerinin temizliğine ayrıca dikkat edilmelidir. Çünkü epoksi veya hidrofilik kaplamanın zarar görmesi halinde zamanla finler korozyona maruz kalabilir. Gerektiği durumlarda serpantin üreticilerinin tavsiyelerine uyulmalıdır.

#### 10.2.11. HVAC Sisteminin Temizlik Denetlemesi

HVAC denetlemesi yapılarıdaki toplam iç hava kalitesi yönetim programının bir parçası olmalıdır. HVAC sistemlerinin rutin denetlenmesi konusunda uzman kişilerle aşağıdaki listeye göre yapılmalıdır.

**Tablo 10.5.** HVAC sistemlerinin rutin denetlenme zamanları

Bina Kullanım Amacı	Ekipman		
	Klima Santrali	Üfleme Kanalları	Egzoz Kanalları
Endüstriyel	1 yıl	1 yıl	1 yıl
Hafif Sanayi	1 yıl	2 yıl	2 yıl
Orta ve Ağır Sanayi	1 yıl	1-2 yıl	1-2 yıl
Sağlık Sektörü	1 yıl	1 yıl	1 yıl
Yaşam Alanları	1 yıl	2 yıl	2 yıl
Denizcilik	1 yıl	2 yıl	2 yıl

**Tablo 10.6.** HVAC denetlemesinde dikkat edilecek ekipmanlar

Klima Santrali	Üfleme Kanalları	Egzoz Kanalları
Filtreler, fanlar, hücreler, soğutma ve ısıtma serpantinleri, yoğuşma tavaları, yoğuşma giderleri	Hava kanalları, damperler, VAV kutuları, CAV, menfez, anemostat, elektrikli ısıtıcı vb.	Hava kanalları, damperler, plenumlar, esnek hava kanalları, menfez, anemostat vb.

### 10.3. Hava Kanallarında Dezenfeksiyon

HVAC sistemlerinde yapılan mekanik temizlik çalışmaları bazı durumlarda istenilen sonuca ulaşmayabilir. Örnek fotoğraflarda da görüldüğü üzere hava kanallarının köşe bölgelerinde az miktarda da olsa toz görülmektedir. Aşağıdaki yöntemlerin dışında sistem devreye alınmadan önce sterilizasyonun sağlanabilmesi için hijyen uzmanının da görüşü alınarak hijyenik klima santrali elemanları ile buna bağlı hava kanalları alkol vb. ile temizlenebilir. Mekanik temizlik sonrası yapılan testlerde kendini yineleyen mikrobik bulaşmalar olduğu kesinlik kazanır ise, bu durumda dezenfeksiyon yöntemlerine başvurmak gerekir. Bu yöntemler şunlardır:

#### 10.3.1. Biyosit Seçimi ve Uygulaması

Biyosit genel olarak kimi canlı organizmaları yok etmeye yarayan bütün kimyasallara verilen ortak isimdir. Klima sistemimizde varlığı saptanan organizmaya etkili türünün ve uygulama şeklinin belirlenmesi gerekir.

- Biyositler sadece aktif mantar üremesinden şüphelenildiğinde ya da testler sonucu tehlikeli seviyede mikroorganizma kirlenmesinin görüldüğü yerlerde uygulanmalıdır.
- Biyosit uygulaması mantar ve bakteriyolojik kirlenmenin oluşumunu kontrol altına almak için tortu ve pisliklerin yüzeyden temizlenmesinden sonra uygulanmalıdır.
- Kimyasal biyositler ve kaplamalar uygulanacağı zaman, üretici tavsiyeleri ve EPA tescil listesi ile uyum içinde uygulanmalıdır.
- Biyosit kaplamalar üretici firmaların talimatlarına göre uygulanmalıdır. Kaplama uygulaması aşağı akımda yüzeylere sisleme yapmaktansa kanalların iç yüzeylerine direkt olarak püskürtülmesi gerekir. Kaplama uygulaması yüzeyde sürekli film tabakası oluşturacak şekilde yapılmalıdır.

#### 10.3.2. Formaldehit Uygulanması

Formaldehit az zehirli ancak oldukça güçlü bir antiseptiktir. Mukozayı tahriş edici etkisi nedeni ile tedavide kullanılmaz. Bakteriler, mantarlar ve bazı virüsler üzerinde öldürücü etkisi nedeni ile cerrahi aletlerin sterilize edilmesinde, çeşitli mekanların ve dokuma eşyanın dezenfeksiyonunda gerek püskürtme gerekse buğu şeklinde uygulanmaktadır.

#### 10.3.3. Ozonlama

Daha önce çevre kirleticileri arasında saydığımız bir gaz olan ozon bazı durumlarda dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Elektronik alanında yaşanmakta olan gelişmeler sayesinde artık üretilen ozon miktarı ve bunun havadaki oranı hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Bu nedenle istenilen sınırlar içerisinde ve istenilen sürelerde HVAC çevrimine sokulan ozon miktarı ile, sistemde yerleşmiş olduğu daha önce saptanmış olan organizmaların yok edilmesi sağlanabilmektedir.

Örneğin, işlenmiş hindi ve tavuk etinin paketlenildiği ortamların steril şartlarının korunması amacı ile kullanıldığı bir uygulamada olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Önceki yıllardan kalan konsantrasyonun kontrol edilmesindeki çekinceler nedeni ile çok yaygın olarak kullanılmamakla birlikte, yararları yanında korozif etkisi ve sağlığa zararları konusunda araştırma ve tartışmalar devam etmektedir.

#### **10.3.4. UV Cihazları Kullanımı**

Morötesi ışınım yayan ultraviyole cihazlarının canlı dokuları tahrip edici ve bakteri öldürücü etkisi bilindiğinden kuvars içerisine alınmış UV ışını üreten cihazlar ile sistem etki altında tutularak mikrop ve bakteri üremesi engellenebilmektedir. Bu cihazlar steril ortamların devamlılığını sağlamakta faydalı olmakla birlikte canlıların uzun süreli etki altında kalmaları halinde cilt problemleri ile karşılaşmaları olasılığı vardır.

#### **10.4. Devreye Alma ve Validasyon**

Tasarımı yapılan temiz odalar projeye uygun olarak imalatları ve montajı tamamlandıktan sonra hava kanallarının sızdırmazlık testleri yapılır. Sızdırmazlık testlerinden sonra hava kanallarının temizliği yapılarak VAV, CAV, elektrikli ısıtıcı vb. ekipmanların montajı yapılarak menfezler ve laminer flow bağlantıları tamamlanarak devreye alma işlemi başlar. Sistem devreye alındıktan sonra projede belirtilen tasarım değerlerini sağlayıp sağlamadığının kontrolü için validasyon işlemlerine başlanır.

Bu işin yapılabilmesi için uluslararası standartlar referans alınır. Ülkemizde konu ile ilgili bir Türk Standardı olmadığından dolayı mecburen yabancı standartlardan yararlanılmaktadır. Bir teste başladığında uyulması gereken bazı verilerin olması gerekir. Öncelikle ölçümlerin neye göre yapılacağını ve ne ile karşılaştırılacağını bilmesi çok önemlidir. Konuyla ilgili birçok standart bulunmaktadır, ancak ülkemizde de en çok kabul gören standartları 2 grupta incelemek mümkündür. Bir tarafta Amerikan standartları, FED 209 olarak adlandırılan federal standart, diğer tarafta da Alman standartları, DIN 1946/4, VDI 2167, 2080, 2083 ve diğer yönergeler ile bunların yeni, birleştirilmiş hali olan Avrupa standardı (ISO 14644) bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda FED 209D ve VDI 2083'e ait bir karşılaştırma tablosu bulunmaktadır.



**Tablo 10.7.** FED 209D ve VDI 2083'e göre temiz odaların partikül sayılarının ve parametrelerin karşılaştırılması

FED Standart 209D'ye göre		100 000	10 000	1 000	100	10	1
VDI 2083'e göre		6	5	4	3	2	1
Temiz odalarda beher m <sup>3</sup> havada müsaade edilen max. partikül sayısı	5 micron	30 000	3 000	300	0	0	0
	0,5 micron	4 000 000	400 000	40 000	4 000	400	40
	0,3 micron	-	-	-	12 000	1 200	120
	0,2 micron	-	-	-	30 000	3 000	300
	0,1 micron	-	-	-	120 000	12 000	1 200
Hava Akım Şekli		Türbülanslı	Türbülanslı	Karışık	Laminer	Laminer	Laminer
Saatte Oda Hava Değişimi (m <sup>3</sup> /h)		20-25	40-60	120-300	360-500	500-600	500-600
Hava Debisi (m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> )		60-75	120-180	360-900	1000-1600	1600-1800	1600-1800
Ortalama Hava Hızı (m/s)		NA	NA	0,1-0,25	0,3-0,45	0,45-0,50	0,50-0,60
Hava Egzozlarının Konumu		Yan duvar	Alt yan duvar	Alt yan duvar	Alt yan duvar	Döşeme	Döşeme
Hava Üflemlerinin Konumu		Spiral üflemlerli difüzör veya perfore tavan	Spiral üflemlerli difüzör	Filtreli tavan	Filtreli tavan	Filtreli tavan	Filtreli tavan
Filtre Alanının Oda Oranına Oranı (%)		5-10	15-20	30-50	75'ten büyük	80'den büyük	90'dan büyük
Ön Filtre	1.kademe	G4	G4	F5	F5	F5	F5
Torba Filtre	2.kademe	F7	F7	F8	F9	H10	H10
Son Filtre	3.kademe	H10	H13	H14	H14	U15	U16
Ön Filtre ve Torba Filtrenin Bakım Periyodu		Otomatik ikaza göre					
Son Filtrenin Bakım Periyodu		Otomatik ikaza göre					
Partikül Sayım Kontrolü		Yıllık	Aylık	2 Haftalık	Haftalık	Günlük	Devamlı
Pozitif Basınçlandırma (Min. Pa)		5	10	10	12	15	15
Makine Dairesi Gereksinimi (%)		50	75	100	150	200-300	200-400

#### 10.4.1. Temiz Odalarda Kontrol Edilen Parametreler

Temiz odalarda genel olarak kontrol edilen parametreler şunlardır.

- Sıcaklık
- Bağıl nem (%RH)
- Saatteki hava değişim sayısı
- Basınç farkları
- Hava hızı (laminer akış ünitesi)
- Canlı ve cansız parçacık sayısı
- Ses ve gürültü

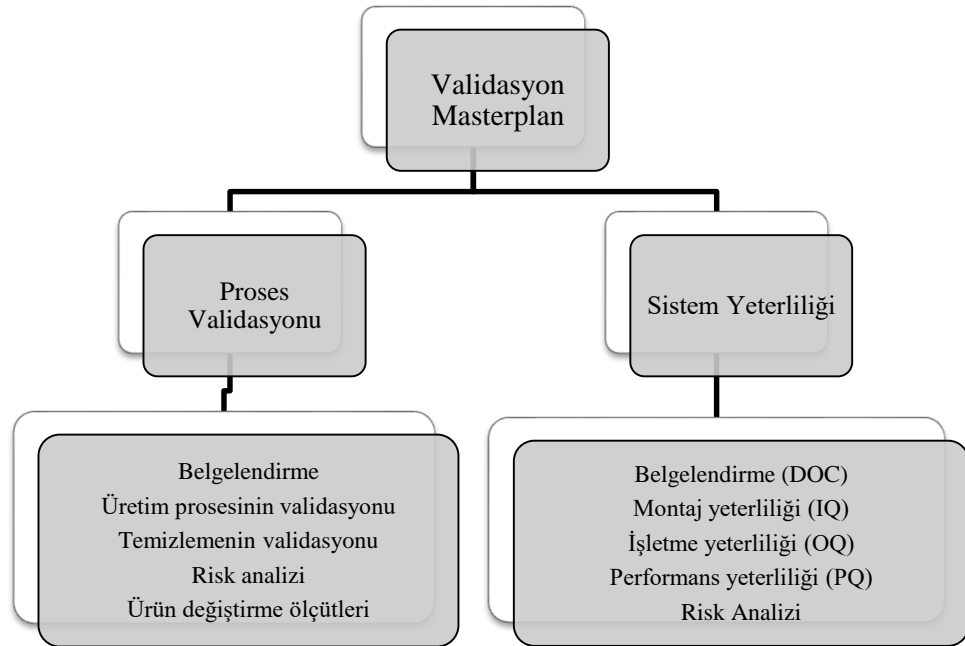
Temiz odalarda istenilen özellikler, odanın kullanım alanına bağlı işletme parametrelerine göre değişiklik göstermekle beraber genellikle aşağıda belirtilen şekildedir. Bu özelliklere odanın kullanım amacına göre pozitif veya negatif yönde eklemeler yapılabilir.

- Sıcaklık 20 °C ile 24 °C arasında ayarlanabilmelidir.
- Bağıl nem %50 - %60 arasında olmalıdır (özel şartlar belirtilmediği durumlarda).
- Laminer akışta HEPA filtre üzerindeki hava hızı 0,45 m/s ( $\pm$ %20) olmalıdır.
- Mahal içine %10 - %15 fazla hava vererek pozitif basınç sağlanmalıdır.
- Mahal sınırlarını oluşturan kapı, duvar ve tavanlarda sızdırmazlık sağlanmalıdır.

#### 10.4.2. Validasyon Hazırlığı ve Validasyon

Temiz oda validasyon işlemlerinden önce projede belirlenmiş veriler ile kullanıcı istekleri çok iyi tanımlanmalıdır. Kullanıcı ameliyat odasını hangi cerrahi müdahaleler için kullanacağını, bu müdahaleler sırasında gerekli olan sıcaklık, nem, hava hız ve debisi, partikül miktarı vb. kriterlerin belirlenmesinde önemli rol oynar. Eğer kullanıcı sistem hakkında yeterli bilgiye sahip değil ise bazı sorular ile kullanıcı yönlendirilip validasyonu yapılacak sistemin master planı ortaya çıkarılmalıdır. Master plan hazırlandıktan sonraki çalışmalar birkaç aşamadan oluşur<sup>[42]</sup>.

- URS Kullanıcı İstekleri (User Requirement Specification)
- FS Fonksiyonel Özellik (Functional Specifications)
- DQ Tasarım Yeterliliği (Design Qualifications)
- IQ Montaj Yeterliliği (Installation Qualifications)
- OQ Çalışma Yeterliliği (Operational Qualifications)
- PQ Performans Yeterliliği (Performance Qualifications)



Şekil 10.6. Validasyon master plan şeması

Fonksiyonel özellik, kullanıcı istekleri belirlendikten sonra bunların hangi fonksiyonlarla, nasıl sağlanacağını belirlemesidir. Tasarım yeterliliği içinde mimari, inşaat, mekanik, elektrik ve kontrol, konuları bulunmaktadır. Bütün bu çalışmaların denetlenmesine kısaca “design qualification” “tasarımın yeterliliği” denilir. Bir sonraki adım tasarımın sahada nasıl uygulandığı, sistemin nasıl monte edildiğinin incelenmesidir.

Validasyon işleminde belgelendirme çok önemli bir konudur. Belgelendirme olmadan validasyonun bir değeri olmamaktadır. Temiz oda içerisindeki her bir parametrenin ve cihazın ayrı ayrı belirlenip daha sonra ilgili belgeye işlenmelidir. İşin bu kısmına da kısaca “installation qualification” “montajın yeterliliği” denilir. Tüm bu işlemlerden sonra sistemin çalışma yeterliliği kontrol edilmelidir. Montaj yeterliliğinde temiz oda için seçilen cihazların montajının düzgün yapıp yapılmadığı veya sistemin doğru çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir. Klima santrali içerisindeki fan motorunun kutuplarının ters takılması nedeni ile fanın dönme yönü ters olması ve dolayısı ile istenilen hava debisi ve basıncını sağlayamaması, ısı değiştirici sıcak su giriş/çıkış bağlantılarının yanlış yapılması sonucu ısı değiştiricinin istenilen kapasitede çalışmaması bu aşamada karşılaşılabilecek muhtemel hatalara birkaç örnek olarak verilebilir. HEPA filtre montajından kaynaklı sorunlar ise en sık karşılaşılan hatalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktalar, validasyonun montaj yeterliliğinde kontrol edilmelidir. Varsa eksiklikler tamamlandıktan sonra, sırasıyla işletme yeterliliğinin kontrolü ve performans yeterliliğinin kontrolü işlemleri yapılabilir. Yukarıda belirtilen örneklerden de görüleceği üzere bu üç test iç içedir.

Bu durumda iki tip kontrol yapılır.

- Mikrobiyolojik Kontroller
- Fiziksel Kontroller

Fiziksel kontrolleri şu başlıklar altında toplamak uygun olacaktır.

- Oda sıcaklık ve nem testleri
- Parçacık tayini
- Fark basınç tespiti
- Hava hareketi kontrolleri
- Mahal içi hava akış testleri
- Parçacık temizleme hızı

Kontrol, test, ölçümler ve dengeleme işlemlerini uygulama, işletme ve performans yeterlilik (IQ, OQ, PQ) çalışmaları şeklinde de tanımlanabilir. Genellikle iç içe geçmiş ve sürekli karıştırılan uygulama yeterlilik (IQ) ve işletme yeterlilik (OQ) test ve kontrolleri aşağıdaki örnekle açıklanmıştır. Bir temiz oda uygulamasında kullanılan fanın tipinin ve markasının, kasa yapısının, motor gücü ve markasının tasarıma veya şartnamelere uygunluğunun belgelendirilmesi IQ çalışmasıdır. Bu fanın devrinin, debisinin, statik basıncının ve çektiği amperin ölçülmesi ve bu değerlerin tasarım değerlerine uygunluğunun belgelendirilmesi ise OQ çalışması olarak geçmektedir. Özet olarak IQ, uygulamanın tasarıma ve teknik şartnamelere uygululuğunu denetlerken, OQ çalışmaları klima sistemindeki her bir ekipmanın tasarımda tanımlanan fonksiyonları yerine getirdiğini belgelendirmektedir. Aşağıdaki listede test ve ölçüm yapılacak bazı hava tarafı ekipmanları tanımlanmıştır.

- Fan (IQ - OQ)
- HEPA Filtre (IQ – OQ)
- Filtreler (IQ – OQ)
- Klima Santral Basınç testi (IQ)
- Hava Debisi Ölçümü (OQ)
- Hava Debisi Ölçü İstasyonu (IQ – OQ)
- Batarya (IQ – OQ)

Performans yeterlilik çalışmaları ise doğrudan temiz oda ile ilgili ve onun performansını denetleyen ölçüm çalışmalarıdır.

- Temiz Oda Partikül ölçümü (PQ)
- Temiz Oda Hava Debisi (difüzör) Ölçümü ve Hava Değişim Sayısı (PQ)
- Temiz Oda Fark Basınç Ölçümü (PQ)
- Temiz Oda Toz Toplama Sistemi Ölçümleri (PQ)
- Temiz Odaya Açılan Boşluklarda Hava Hızı Ölçümü (PQ)

Hava tarafı test ve ölçüm çalışmalarına başlamadan önce emiş ve üfleme kanallarındaki olası kirliliklere karşı sadece ön filtre monte edilmiş halde (ara, son veya terminal HEPA filtreler monte edilmeden) klima santrali bir müddet çalıştırılmalı daha sonra tüm filtreler takılarak ölçüm çalışmaları başlatılmalıdır. Test ve ölçüm cihazlarının tamamı temiz oda (ameliyathane) test prosedürlerine uygun olarak kalibre edilmiş olmaları gerekmektedir. Diğer bir önemli konu ise sistemin dengelemesidir. Bunu yapmadan sistemin performansını tayin etmek mümkün değildir. Dengeleme hazırlık aşamalarından biridir, çünkü projede verilmiş olan debilerin ve hava miktarlarının mahale istenilen miktarda gidip gitmediğini belirleriz.

#### **10.4.3. Kalibrasyon**

Kontrol parametreleri istenilen parametreyi ölçmeye uygun olan cihazlarla ölçmek mümkündür. Her ölçüm değerlerinin teyit edilmiş olması, ulusal standartlara göre izlenebilir olması gerekir. Yani düzgün kalibre edilmemiş, ya da sadece başka bir ölçüm aleti ile kontrol edilmiş cihazlar veya ölçüm aletleri ile ölçümleri yapmak uygun değildir. Her bir cihazın belirli periyotlarla, sertifikalı ve belgelendirilmiş firmalar tarafından, mutlaka bir ulusal standartlar ile izlenebilen sistemlerle kalibre edilmesi gerekir. Kalibrasyon sertifikaları, belirtilen süreler içinde geçerli olup kalibrasyon tarihi geçtiğinde kalibrasyon işleminin yenilenmesi gerekir. Kalibrasyon sertifikalarının ve kalibrasyon verilerinin saklanması, testleri yapılan cihazların geriye dönük kontrolleri ve test doğruluğu açısından oldukça önemlidir.

#### 10.4.4. Mikrobiyolojik Kontrol

Mikrobiyolojik kontroller uzman bir mikrobiyolog veya hijyen uzmanı tarafından yapılmalıdır. Mahallin büyüklüğüne göre tespit edilen belirli yerlere standartlara uygun olarak içinde özel besi yerleri olan steril petriler yerleştirilir. Bunların hangi besi yerleri olduğu, petrinin çapına vb. her ayrıntı DIN 1946/4'de tanımlanmıştır. Örneğin, petriler yerden 1.2 metre yükseklikte olmalıdır. Daha sonra belirli sürelerle petrilerin kapakları açılır. Petriler steril olduğundan paketin doğru noktada açılması önemlidir. Kapaklar kapatıldıktan sonra yine steril şekilde laboratuvara götürülüp 48 saat 36°C'de bekletilir ve koloni sayımları yapılır. Sonuçları karşılaştırabilmek için 50 cm<sup>2</sup> ve 80 dakika referansına indirgenerek, petrilerin ortalama değerleri bulunur ve şartları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Bu değer, A sınıfı odalar için 1, B sınıfı odalar için 10'un altında olmalıdır.

#### 10.4.5. Fiziksel kontroller ve Ölçüm Cihazları

Aşağıda listeler halinde temiz oda ekipmanlarının ölçümleri ve ölçümler ile ilgili cihazlar kısaca açıklanmıştır.

**Fan (IQ, OQ);** Fanların kontrolleri montaj ve operasyon yeterlilikleri aşamasında gerçekleştirilmelidir. Montaj yeterliğinde fanın dönme yönünün doğru olduğu, sisteme sağladığı hava debisinin yeterli olup olmadığı gibi kontroller yapılmalıdır. Fanın dönme yönü testi göz ile yapılabilir. Fanın sağladığı debiyi ise kanal çıkış ağzında kanatlı anemometre ile matris tarayarak ölçülmesi sureti ile kontrolü yapılabilir.



Şekil 10.7: Kanatlı anemometre

**HEPA Filtre(IQ,OQ);** Filtrelerle ilgili 2 tip test vardır, parafin yağıyla yapılan, tutma deneyleri ve sodyum alevi testleridir. Sodyum alevi testinde bir kimyasal verilir, bu HEPA filtre çıkışında bir ışıldama, parlaklık yaratır. Buradan penetrasyon derinliğini ve ne kadar parçacık geçtiği görülebilir. İkinci bir yöntem ise, belirli büyüklükte parçacıkların sisteme gönderilmesi ve ne kadarının geçip geçmediğini ölçmesidir. Bu parçacıklar, gaz, sıvı veya katı parçacıklar olabilir. Genellikle duman üretici cihaz kullanılarak bu test yapılır.



**Şekil 10.8.** Sodyum alevi test cihazı ve duman gazı üretici

**Laminer Flow (IQ,OQ);** Uygun boyutta seçilen laminer akış üniteleri saha montaj aşamasından önce üretildiği fabrikada sızdırmazlık testine tabi tutulması gereklidir. Sızdırmazlık testi için şekildeki gibi EN 1886 standardında belirtilen filtre by-pass kaçak testine uygun bir test düzeneği oluşturularak ilk baştaki hava miktarı  $m^3$  olarak okunur. Daha sonra 5-10 dakika beklenerek tekrardan hava miktarı ölçülür ve kaçak miktarı belirlenir. Aşağıda yapılan laminer flow testinde filtre başlangıç basınç düşümü 125 Pa, filtre nihai basınç düşümü 250 Pa olarak belirlenirken buna bağlı olarak uygulanan test basıncı 400 Pa'dır. Test düzeneğine bir doğalgaz sayacı bağlanarak geçen hava debisi ölçülür. Testin başarılı olabilmesi kaçak yüzde oranı ünite kapasitesinin %0,5'in altında kalarak başarı ile tamamlanması gereklidir.

**Tablo 10.8.** Laminer akış ünitesi için kabul edilebilir kaçak değerleri – 400 Pa test basıncı

Filtre Smfi	G1-4	F5	F6	F7	F8	F9
Toplam Kaçak k %	-	6	4	2	1	0,5



**Şekil 10.9.** Laminer Akış Ünitesi Sızdırmazlık Testi

**Filtreler (IQ,OO);** Filtrelerin montaj sırasında sisteme doğru yerleştirildiğinin kontrolü yapılmalıdır. Filtrelerin takıldığı bölümde havanın filtrenin oturduğu çerçevenin etrafından geçmemesi istenilmektedir. Eğer filtre sistem içerisindeki yerine tam oturmaz ise görevini tam olarak gerçekleştiremez. Operasyon yeterliliği kontrolünde sistem çalışırken filtrenin dolma ihtimaline karşı filtreden hemen önce ve filtreden hemen sonra statik prizler yardımı ile fark basınç manometresi kullanılarak filtrenin kullanıcı isteği doğrultusunda istenilen basınç düşümü değeri aralığında olduğunun kontrolü yapılabilir. Bu işlem için dijital bir fark basınç manometresi kullanılabilir veya filtrenin olduğu yerde bir magnehelic yardımı ile ölçüm yapılabilir. Genellikle gözle yapılan kontrollerde kullanılan bu cihazlar yerine dijital çıkış veren başka bir fark basınç manometresi kullanılarak otomasyona sinyal gönderilip yine otomasyon üzerinden işlem yaptırılabilir.



**Şekil 10.10.** Fark basınç manometresi

**Klima Santralı Basınç Testi (IQ);** Filtrelenmemiş havanın santral paneli içerisine sızması hijyenik açıdan sorunlar yaratabilir. Bu test fabrikada veya şantiyede yapılabilir. Klima Santralı giriş ve çıkış ağızları kapatılarak santral belirli bir basınç altında iken santral gövdesinden kaçan hava miktarı okunur. Bulunan hava miktarı santral yüzey alanına bölünür. Bulunan bu değer tasarımda tanımlanan (EN 1886 B sızdırmazlık sınıfı gibi) hava sızdırma miktarı ile kontrol edilir. Bu testin fabrika ortamında yapılması daha doğru sonuç vermektedir.

**Tablo 10.9.** Klima santrali panel sızdırmazlık sınıfları

Sızdırmazlık sınıfı	3A	A	B
400 Pa negatif deney basıncındaki en yüksek sızıntı debisi (L/s.m <sup>2</sup> )	3,96	1,32	0,44
700 Pa pozitif deney basıncındaki en yüksek sızıntı debisi (L/s.m <sup>2</sup> )	5,70	1,90	0,63

**Hava Debisi ve Hava Hızı Ölçümü (OO);** Hava debisi ilgili standartta ve projede belirtilen şartlara uygun olarak ölçümleri yapılmalıdır. Ölçümü yapılması istenilen kanal üzerinde standart da belirtilen şartlara uygun bir noktada ve minimum sayıda ölçüm alınması suretiyle ölçümü işlemi yapılır. Ölçümde eğik manometre ve pitot tüpü kullanılmak suretiyle kanal içerisinde

eğik manometre ile toplam basınç ile statik basınç farkı (dinamik basınç) okunur. Okunan dinamik basınçtan yola çıkarak kanal içerisindeki hava hızı bulunur.

Hava hızı bulunduğundan sonra kanalın kesit alanı ile çarpılarak kanaldaki debi bulunmuş olur. Eğik manometre yerine kalibrasyon sertifikası bulunan elektronik bir fark basınç ölçüm cihazı da kullanılabilir. Cihaz üzerinde okunan dinamik basınçtan yola çıkarak yine kanal içerisindeki hava hızı bulunabilir. Dijital fark basınç cihazlarının bazıları fonksiyon olarak kesit alanı girilebilir. Bu sayede cihaz bize ara herhangi bir işlem yapmadan kanal içerisindeki debiyi verecektir.

**Batarya (IQ,QQ);** Batarya ölçümlerinde batarya kapasitesini belirlenebilmesi için klima santrali içerisinde ve santral dışında ölçümler yapılmak zorundadır. Montaj yeterliliği kontrolünde bataryanın santral içinde düzgün bir şekilde yerleşip yerleşmediği kontrolü yapılmalıdır. Aynı zamanda hava giriş çıkış yönlerinin doğru bir şekilde ayarlandığı su giriş çıkış noktalarının düzgün montajının yapıldığı kontrol edilmelidir. Batarya ölçümünde bataryanın hava tarafında nem ve sıcaklık ölçümleri yapılmalıdır. Diğer taraftan bataryanın su tarafının da sıcaklık ve su debisi ölçümleri yapılmalıdır. Bu ölçümler yapıldıktan sonra bataryanın gerçek kapasitesi ortaya çıkacaktır.

**Kanal sızdırmazlık Testi (IQ);** Kanal sızdırmazlık testleri daha önceki bölümde bahsedildiği gibi yapılmalıdır.

**Temiz Oda Hava Debisi (Difüzör) Ölçümü ve Hava Değişim Sayısı (PQ);** Menfezler büyük bir alana sahiplerse ortalama hızı okumamız gerekir. Balometreler bu iş için dizayn edilmiş ölçüm cihazlarıdır. Şekil 10.11'de görüldüğü üzere difüzör üzerine yerleştirilen balometre ve balometrenin üzerindeki ekran sayesinde rahat ve düzgün bir şekilde difüzördeki ortalama hava debisi ölçülebilmektedir. Balometre iki parçadan oluşur. Birinci parça çadır kısmıdır. Bu çadır kısmı ölçülmesi istenilen difüzörün boyutlarında olmalıdır. İkinci parça ise içinde kros pitotun olduğu parçadır. Çadırın ölçmedeki amacı içinden geçen havanın akışını düzeltip kros pitotun üzerinden geçmesini sağlamaktır. Kros pitot ise normal pitot tüpünde olduğu gibi toplam ve statik basınç değerlerini bağlı bulunduğu fark basınç cihazına ileterek difüzörden üflenen ortalama hava debisi vermektedir.



**Şekil 10.11.** Balometre



**Temiz Oda Fark Basınç Ölçümü (PQ);** Temiz oda içerisinde kullanıcı isteğine bağlı olarak, üretim veya kullanım amacına göre pozitif basınç veya negatif basınç istenebilir. Performans yeterliliği aşamasında yapılan bu test oda içerisinde üretim varken veya üretim olmadan önce yapılacak testlerden birisidir. Temiz oda ile odaya bağlı bulunan koridor, açık alan veya başka bir temiz oda ile arasındaki basınç farkı okunmalıdır. Bu ölçüm işlemi eğik manometre, kalibrasyon sertifikası bulunan elektronik manometre veya magnehelic fark basınç manometresi yardımı ile yapılabilmektedir. Genellikle magnehelic cihazları temiz odaların duvarlarında sabit olarak bağlanırlar. Bu sayede temiz odaların komşu mahal ile arasındaki basınç farkı odanın şartları değiştirilmeden okunabilir.

**Temiz Oda Partikül ölçümü (PQ);** Temiz oda da yapılan yukarıda bahsedilen testlerin sonuçları olumlu olduğu taktirde partikül ölçümüne geçilir. Temiz oda içerisindeki değişik çaptaki uçucu maddeler optik partikül okuyucuları ile okunup kayıt edilir. Örneğin Class 100 bölge için 1 m<sup>3</sup> hava içerisinde 0.5 mikron çapındaki partikül sayısı 3530'un altında ise standartlara göre temiz oda Class 100 şartlarını sağlıyor diyebiliriz.



**Şekil 10.12.** Temiz odalarda kullanılan partikül sayım cihazları

**Tablo 10.10.** ISO 14644'e göre partikül miktarları

ISO SİNİFLANDIRMA SAYISI (N)	Aşağıda gösterilmiş (konsantrasyon düzeyleri Madde 3.2'deki eşitlik (1)'e göre hesaplanmıştır) değerlendirmeye alınan boyutlardan daha büyük ve eşit partiküller için en yüksek konsantrasyon düzeyleri (partikül/m <sup>3</sup> )					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1 000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10 000	2370	1020	352	83	
ISO Class 5	100 000	23700	10 200	3520	832	29
ISO Class 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8320	293
ISO Class 7				352 000	83 200	2930
ISO Class 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO Class 9				35 200 000	8 320 000	293 000

NOT: Ölçme işlemi ile ilgili belirsizlikler, sınıflandırma düzeyinin tayini için üçten fazla sayıda olmayan önemli şekiller kullanılarak gösterilen konsantrasyon verisini gerektiriyor.

**Son Kontrol Çalışmaları (check list) (IQ);** Temiz oda ölçümlerinde daha önce de belirtildiği yapılan ölçüm ve diğer işlemlerin belgelendirmesi geriye dönük yapılacak işlemlerden ötürü çok büyük önem taşımaktadır. Bu sebepten ötürü yapılan her ölçümün ve düzeltmenin kontrol listesinin çıkartılması önemli bir yer tutmaktadır.



## 11. BÖLÜM

### SONUÇLAR

Ülkemizde her geçen gün gelişen teknoloji ve gelişmekte olan inşaat sektörü ile birlikte artık hem günümüz şartlarına hem de tıbbi gereksinimlere cevap vermek konusunda yetersiz kalan hastaneler yenilenmekte veya yeni hastaneler yapılmaktadır. Yapılan bu hastaneler hem kapasite olarak daha fazla hastaya ev sahipliği yapmakta hem de alınan sismik önlemler sayesinde savaş veya deprem anlarında da kesintisiz hizmet vermeleri amaçlanmaktadır. Bu hastanelerde tartışmasız en önemli konu iklimlendirmedir. Çünkü hastanelerde bir çok steril ortam ilaç fabrikaları, laboratuvarlar ve nükleer tıp merkezleri gibi temiz oda sınıfında değerlendirilmektedir. Üstelik hastanelerde bulunan insanların vücut dirençlerinin sağlıklı insanlara göre çok daha düşük olduğu düşünülürse havalandırma kaynaklı enfeksiyonların yaratacağı tehlikeler daha iyi anlaşılacaktır. Ülkemizde hastaneler Sağlık Bakanlığı'nın Yapı Asgari Tasarım Kılavuzu'na ve DIN 1946-4, FED 209, VDI 2083, ISO 14644, NF S90:351, BS5295, ASHREA gibi uluslararası geçerliliği bulunan standartlara uygun olarak tasarlanmaktadır. Ne yazık ki ülkemizde kendimize ait bir hastane (temiz oda) standardımız bulunmadığından dolayı proje mühendisleri genellikle Alman standartları olan DIN1946-4 ile ASHREA'nin belirlemiş olduğu standartlardan ve parametrelerden yararlanmaktadırlar. Ancak bu standartların yeteri kadar iyi anlaşılma yorumlanmaması ve projelendirme sonrasında şantiye saha imalatlarında yeterli özenin gösterilmemesi iklimlendirme sisteminin verimli çalışmamasına ve validasyon işlemlerinin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilmektedir. Özellikle test, ayar, dengelemenin (TAD) konusunda uzman mühendisler ile hijyen uzmanlarının kontrolünde yapılarak başta ameliyathanelerin validasyon işlemleri olmak üzere steril ortamların TAD işlemleri tamamlanmalıdır. Ameliyathane iklimlendirme sisteminin yanlış projelendirilmesi ya da saha imalatlarına özen gösterilmemesi nedeniyle, istenilen proje ve uluslararası şartların belirlemiş olduğu parametrelerin karşılanmaması hem işletme maliyetlerini arttıracak hem de yapılan yatırımların boşa gitmesine sebebiyet verecektir. Ama her şeyden önemlisi insan sağlığının söz konusu olduğu ameliyathanelerde ameliyat sırası ve sonrasında oluşabilecek enfeksiyonun hastaların tedavi süreçlerinin uzamasına, daha da kötüsü hastanın hayatını kaybetmesine sebebiyet verebilir. Ayrıca ameliyat enfeksiyonları sebebi ile antibiyotik kullanımının artacağı ve kullanılan bu ilaçların ülke ekonomisine zararı bu denli büyük iken hastane iklimlendirme tesisatlarının önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Ülkemizde kendimize ait bir hastane standardımızın oluşturulması, konu ile ilgili çalışan mühendis ve mimarların bilinçlendirilmesi çalışmaları ile denetim mekanizmalarının sıklaştırılması bahsedilen birçok sorunu bir nebze olsa çözüme kavuşturacaktır. Her şeyden öte işin vicdani sorumluluğu ve hastanelerde hastaların tedavileri ile ameliyathanelerdeki hastaların operasyonlarının başarılı geçmesi olasılığı konusunda en büyük sorumluluğun doktorlardan sonra mühendisler ile mimarlara düştüğü unutulmamalıdır.

## KAYNAKÇA

1. ASHREA, "Havada bulunan kirletici maddeler" ASHREA Fundamentals Bölüm 11, Prof. Dr. GENCELİ F.O. / Prof. Dr. ÖZKAYNAK F.T., Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, İstanbul, 1997
2. ÖZER Murat, "Bir ameliyathane klima tasarımı, termodinamik testleri ve analizi", Yüksek lisans tezi, Ankara, 2007
3. ASHREA, "Gaz halindeki iç mahal kirleticilerinin kontrolü", 2003 ASHREA El Kitabı, Bölüm 45, DEMİRCİOĞLU N., Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, İstanbul, 2003
4. Dr. BARTZ H., "Temiz oda teknolojisi: Endüstriyel üretim, hayat bilimleri ve araştırma üzerine değişik bir yaklaşım" TTMD 4. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu, İstanbul, 2000
5. ÖZERDEM M.Barış, MOBEDİ Moghtada, ANIL Orkun Baki, "Hastane hijyenik ortamları için klima ve havalandırma sistemleri tasarım parametreleri" 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON)
6. BRUNNER Arnold, "Yeni Alman Standardı DIN 1946-4: Hastane Havalandırması" 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON)
7. KENTER Metin, "Temiz oda tasarımı ve iklimlendirme sisteminin temiz odalarda önemi" 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON)
8. DIN 1946-4, "VAC systems in buildings and rooms used in the health care sector", 2008
9. Prof. Dr. HEPERKAN Hasan, Mak. Müh. MERAL Tuncay, "Hastane ve Klinikler İçin HVAC Tasarım Klavuzu" Makine Mühendisleri Odası, Ankara, Ekim 2009
10. "Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities", American Institute of Architects, 2006
11. KIRBAŞ Celalittin, "Ameliyathanelerde basınç ve hava akışı uygulaması" 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON)
12. Alarko hastanelerde HVAC sistemleri seminer kitapçığı
13. BOYLU Ali, "Hastanelerde iç hava kalitesi; çağdaş teknoloji ve Türkiye'de görünüm", 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON)
14. TUNCAY Erkan, "Ameliyathanelere verilecek en az hava debisi ve laminer tavan uygulaması" Alarko Carrier

15. Supplementary Guidelines On Good Manufacturing Practices For Heating, Ventilation And Air-Conditioning System For Non-Sterile Pharmaceutical Dosage Forms, World Health Organization, May 2016
16. Engineering Guide Critical Environments, Price Industries, 2011
17. CAMFİL Creo, ‘‘Clean room desing standarts & energy optimization’’, Teknik Dökümanları
18. EBERLİKÖSE Özge, ‘‘Hastanelerde hijyenik ortamların mimari tasarımı’’ 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON)
19. Doç. Dr. BULGURCU Hüseyin, ‘‘Havalandırma Tesisatı’’, Makine Mühendisleri Odası, İstanbul, Aralık 2015
20. ACÜL Hasan, ‘‘Alüminyum kanatlı ısı eşanjörlerinde kullanılan epoksi ve hidrofilik kaplamalar’’, Friterm
21. CERAN Levent, ‘‘Hijyenik santral bataryalarında, kanatların hidrofilik kaplamalı olmasının öneminin incelenmesi’’, Friterm
22. TROX TECHNIK katalog ve dökümanları
23. DAIKIN teknik katalog ve dökümanları
24. ELEKTROTERKNİK teknik katalog ve dökümanları
25. HONEYWELL teknik katalog ve dökümanları
26. ANIK Arif, ‘‘İklimlendirme sistemlerinde ozon kullanımının incelenmesi’’, Yüksek lisans tezi, Ankara, Ekim 2007
27. SÜNGÜ Ali, ‘‘Ameliyathane Havalandırma Sistemleri IVF ve Genetik Laboratuvar Havalandırma Sistemleri’’, 5. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 2007
28. Prof. Dr. ÖZÇELEBİ Salim, ‘‘Hastane iklimlendirme sistemlerine genel bir bakış’’, 6. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 2009
29. ANDSOY Işıl Işık, ‘‘Cerrahi ekibin bilmesi gereken bir konu: Ameliyathanelerde Yangın Riskleri Nelerdir? Yangın Güvenliği Nasıl Sağlanmalıdır?’’, TAF Preventive Medicine Bulletin, 2013:12, Sf. 449-454
30. Prof. Dr. KILIÇ Abdurrahman, ‘‘Hastanelerde yangın önlemlerinin iç hava kalitesine etkisi ve yangınlarda iç hava kalitesinin korunması’’, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 148 – Temmuz / Ağustos 2015
31. SMACNA, ‘‘HVAC System Testing, Adjusting & Balancing’’, Third Edition, August 2002

32. SMACNA, ‘‘HVAC Air Duct Leakage Test Manual’’, 1st Edition 1985
33. ANSI / AHRI Standart 1350 (I-P), ‘‘Mechanical Performance Rating of Central Station Air-handling Unit Casings’’, May 2015
34. GÜRDALLAR Meftun, ‘‘Hijyen ve iç hava kalitesi bakımından HVAC sistemlerinin temizliği’’, 6. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON)
35. VDI 6022 Standard, ‘‘Hygeienic Standards of Ventilation and Air-Conditioning Systems’’, 1998
36. FED 209D – 209E, ‘‘Federal Standard’’ 1992
37. Alberta, ‘‘ Technical Design Requirements for Health Care Facilities’’, Second Edition, September 2005
38. DW-144, ‘‘Specification for sheet metal ductwork’’, 1998
39. ISO 14644 Standard, 2015
40. ISO 14698 Standard, ‘‘ Cleanrooms and associated controlled environments — Biocontamination control’’, First Edition, 2013
41. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı İnşaat ve Onarım Dairesi Başkanlığı, ‘‘Yapı Asgari Tasarım Klavuzu’’, 2010
42. HEPERKAN Hasan, KURTULMUŞ Orkan, OLGUN Burak, GÜLTEK Serdar, ‘‘ Temiz oda klima sistemlerinde devreye alma çalışmaları ve performans değerlendirmesi’’, 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON)
43. DIN EN 1886 Standard, ‘‘ Ventilation for buildings Air handling units Mechanical performance’’, May 1998
44. SUNAR Dilek, ‘‘ Ameliyathane ve yoğun bakım ünitelerinde performans kalifikasyonu (PQ) çalışmaları’’, 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON)
45. ASHREA, ‘‘ASHREA HANDBOOK HVAC Applications’’, 2011
46. NFPA-99, ‘‘Standard of Health Care Facilities’’, 2005 Edition
47. VDI 2167, ‘‘Building Services in Hospital – Heating, Ventilation and Air-Conditioning ‘’, August 2007
48. TS 825, ‘‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’’, 2013

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**ADI VE SOYADI** : Hasan Özgüç DİVARCI  
**DOĞUM YERİ VE TARİHİ** : 25.12.1990 İSTANBUL  
**MEDENİ HALİ** : Bekar  
**E-MAİL** : ozgucdivarci@gmail.com

### EĞİTİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Tarih
Lisans	Fırat Üniversitesi/Müh. Fak./Makine Müh.	2009-2014

### İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2017 - .....	Birleşim Mühendislik	Teknik Ofis - Saha Mühendisi
2016 - 2017	Özyazıcı İnşaat	Mekanik Saha Mühendisi

### YABANCI DİL

İngilizce

### HOBİLER

Kişisel; Crossfit, kitap okumak, yüzmeye, fitness, tarih  
Mesleki; Psikrometri, soğutma tekniği, termodinamik, akışkanlar mekaniği, ısı değiştirgeçleri, kazanlar, iklimlendirme sistemleri, kojenerasyon, trijenerasyon