

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AMELİYATHANE KLİMATİZASYONU VE GAZ
TESİSATI

79240

Mak.Müh. Serpil EREN

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof .Dr. Oğuz SOYLU

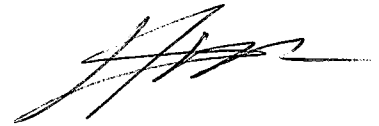
Prof. Dr. Oğuz Soylu



Prof. Dr. Nihat Tekin



Prof. Dr. Dagen Özgür



İSTANBUL, 1998

79240
T.C. İZMİR EKİMLİK ÜNİVERSİTESİ
KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI
KÜLTÜR VE TURİZM MÜHÜRÜ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SEMBOL LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Temiz Oda Teknolojisinin Tarihçesi	2
2. HAVADA BULUNAN KİRLİTİCİ MADDELER	4
2.1 Havada Bulunan Kirletici Maddelerin Özellikleri	5
2.2 Kirliliğin Kaynağı	5
3. HAVA TEMİZLİĞİ SINIFLARI VE STANDARTLARI	8
4. HASTAHANELERDEKİ AMELİYATHANELER VE KLİMA SİSTEMLERİ.....	9
4.1 Ameliyathanelerde Uygulanan Standartlar	12
4.2 Ameliyathanelerdeki Klima Sistemleri	13
5. AMELİYATHANE TASARIMI	26
5.1 Ameliyathane Yapı Malzemelerinin Seçimi Ve Odanın İnşası	26
5.2 Ameliyathane Personeli Ve Giysileri	30
5.3 Ameliyathanelerde Hava Dağılımı	31
5.4 Türbülanslı Odalarda Hava Dağılımı	33
5.5 Laminer Akışlı Ameliyathaneler	35
5.6 Karışık Akışlı Ameliyathaneler	41
6. FİLTRELER	43
6.1 Filtrasyon Mekanizmaları	43
6.1.1 Elek Etkisi	43
6.1.2 Atalet Etkisi	43

6.1.3	Yakalama Etkisi	44
6.1.4	Difüzyon Etkisi	47
6.2	Filtre Verimleri Ve Filtre Seçimi	47
6.3	Temizlik Klasının Saptanması ve Filtreler	57
6.4	Yüksek Verimli Filtrelerin Yapısı	62
7.	AMELİYATHANELERDE LAMBALARIN ,ANESTEZİ GAZ VE CİHAZLARIN ETKİSİ	65
7.1	Kapalı Sistem	65
7.2	Yarı Kapalı Sistem	66
7.3	Yarı Açık Sistem	66
7.4	Açık Sistem	73
7.5	Gaz Sistemi	73
7.6	Oksijen ve N ₂ O Gazlarının Stoklanması	73
7.7	Dezenfeksiyon ve Sterilizasyon	77
8.	SONUÇ	82
KAYNAKLAR.....		83
ÖZGEÇMİŞ.....		85

SEMBOLLER:

C	Cunningham Kayma Düzeltme Faktörü
C_D	Elyafın Direnç Katsayısı
C_t	Dış Havadaki Tanecik Konsantrasyonu
E	Atmosferik Toz Verimi
d_p	Tanecik Çapı
D	Elyaf Çapı
G	Tanecik üretimi
O	Işık Geçirme Kabiliyeti
Q	Emilen Hava Miktarı
R_{ep}	Tanecik Çapına Göre Tasarlanmış Reynold's Sayısı
St	Stokes Sabiti
V_0	Hava Hızı
W	Beslenen Toz ağırlığı
ρ	Tanecik Yoğunluğu
μ	Dinamik Vizkosite
μm	Mikrometre
σ	Stefan Boltzman Sabiti
η	Filtre Verimi
η_{yak}	Yakalama Etkisi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Eski tarihteki bir ameliyathane uygulaması 3
Şekil 2.1	Tanecik ve tanecikli yayılım özellikleri 7
Şekil 5.1	Çeşitli vinil zemin malzemesi ile yapılan aşınma testi sonuçları 29
Şekil 5.2	Ameliyathanelerde kullanılan bir asma tavan sistemi 32
Şekil 5.3	Bir engel etrafında laminar ve türbülanslı akış çizgileri 33
Şekil 5.4	Akış haline göre hava dağılımı 34
Şekil 5.5	Türbülanslı ameliyathanelerde hava dağılımı 36
Şekil 5.6	Hava hızının bir insan üzerinde akıştaki etkisi 37
Şekil 5.7	Laminar akışlı bir ameliyathanelerde akış çizgileri 38
Şekil 5.8	Yatay laminar akışlı ameliyathane 39
Şekil 5.9	Havanın bir plenumdan filtrelere dağıldığı düşey laminar akışlı ameliyathane 40
Şekil 5.10	Havanın kanaldan filtrelere dağıldığı düşey laminar akışlı ameliyathane ... 41
Şekil 6.1	Çeşitli filtrasyon mekanizmaları 45
Şekil 6.2	Çeşitli filtrasyon mekanizmalarının taneçik çapına göre filtrasyon verimine etkisi 49
Şekil 6.3	Bir HEPA filtrenin önden görünümü ve çerçevesine yerleşimi..... 50
Şekil 6.4	ASHRAE 52-76'da tanımlanan atmosferik toz veriminin tesbiti için gerekli deney 52
Şekil 6.5	ASHRAE 52-76'da tanımlanan tutulan toz ağırlığına göre verim deney sistemi 53
Şekil 6.6	ASHRAE 52-76 standartlarına göre yapılan filtre verim deneyi..... 54
Şekil 6.7	CNC sayıcısı ve çalışma prensibi 56
Şekil 6.8	Diyagramdan klas seçimi 61
Şekil 6.9	Geleneksel filtre yapısı 63
Şekil 6.10	Mini kıvrımlı filtre örneği 64
Şekil 7.1	Bir kapalı sistem anestezi cihazı örneği 67
Şekil 7.2	Bir maskeli anestezi cihazı verileri gösteren ekranı ile birlikte örneği.... 68

Şekil 7.3	Anestezi cihazı , nefes verme cihazı ve yaşamsal fonksiyonları izletebilen kompakt bir cihaz örneği	69
Şekil 7.4	Yer, tavan ve duvara yerleştirilebilecek bir nefes verme cihazı, ayrı olarakta kullanılabilir bir anestezi cihazı örneği.....	70
Şekil 7.5	İstenirse anestezi kısmı ayrılabilen veya kompakt olarak kullanılan anestezi cihazı.....	71
Şekil 7.6	Bir anestezi cihazının bir hastaya uygulanırken görünümü.....	72
Şekil 7.7	Bir hastahane görünümü.....	72
Şekil 7.8	Kullanım Faktörü Eğrileri.....	77



TABLO LİSTESİ:

	SAYFA	
Tablo 2.1	Personel hareketlerinin ortam tanecik seviyesine etkisi	6
Tablo 4.1	I. ve II. Grup Odaların dökümü.....	12
Tablo 4.2	Hastahanelerde odalar arası basınç farkı.....	13
Tablo 4.3	Hastahanelerdeki temiz odaların özellikleri.....	15
Tablo 4.4	Çeşitli hastahane odaları arasındaki hava akış yönü...	19
Tablo 5.1	Çeşitli mekanik özellikler.....	27
Tablo 5.2	Türbülanslı ameliyathanelerde tavsiye edilen özellikler.....	35
Tablo 6.1	ASHRAE'ye göre tutulan toz ağırlığına göre verim testinde kullanılan yapay tozun tanecik dağılımı.....	53
Tablo 6.2	Çeşitli verimlerin karşılaştırılması	55
Tablo 6.3	Filtre Seçimi	59
Tablo 7.1	Gaz Dağıtım Sisteminin özellikleri	74
Tablo 7.2	Anestezi cihazlarında kullanılan gazlar için kullanılan basınç.....	75
Tablo 7.3	Vakum pompası kapasitesinin hesaplanması.....	75
Tablo 7.4	Önerilen klimatizasyon şartları.....	78

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmalarımız süresince benden yardımını esirgemeyen saygıdeğer hocam, tez danıőmanım Sayın Prof. Dr. Oğuz SOYLU'ya baőta olmak üzere, Boğaziçi Üniversitesi biomedikal bölümünden bana bilgi verip vakit ayıran Prof.Dr.Yekta ÜLGEN, Bilgisayar konusunda bana büyük destek veren TOKAR Genel Müdür Yardımcısı Sayın Hüseyin ERDEM'e, ayrıca yüksek lisans çalıőmalarım boyunca bana yardımlarını, sabrını ve bilgilerini esirgemeyen eőim İsmail'e sonsuz tesekkürlerimi sunarım.

Serpil EREN



ÖZET:

Tıbbın ilerlediği bu dönemde, özellikle ameliyathanelerin steril bir ortam olması çok önemlidir. Ameliyat sırasında yaranın enfeksiyon kapması veya alınan ilacın kendisinin mikrop taşıması ölüme sebebiyet verebilir. Bu yüzden ameliyathanelerin klimatizasyonu ve partikül tutma sistemleri günümüzde çok büyük önem kazanmıştır. Bu tez ile, hava kalitesi, ameliyathanelerin dizayn şartları ve toz tutma sistemleri hakkında bilgi vermeye çalıştım.

Konu ile ilgili özellikle yabancı ülke standartları ele alınmıştır. Ameliyathanelerin sınıflarına değinilmiş ve ameliyathanelerin yapısal ve tesisat özellikleri üzerinde durulmuştur.



ABSTRACT:

Nowadays, as medicine science is improving, it is very important that the surgery rooms should be sterile. The infection of the wound or the medicine used contains microbes can cause the danger of death of the patient. For that reason climatisation and filtering of particuls in surgery rooms become very important. With this thesis I've tried to give information about air quality, design parameters for surgery rooms and dust filtering systems.

Foreign standarts about the subject are inspected. The classes of surgery rooms are explained and information about construction and installation of surgery rooms are given.



1.GİRİŞ:

Temiz oda kavramı dendiğinde aklımıza ne gelir? Tabii adının da gerektirdiği gibi temiz bir oda. Fakat Federal standartların 209D numarasında temiz oda kavramı açıklanmıştır.Buna göre:

“Havada bulunan partikül konsantrasyonunun belirli limitlerde tutulduğu oda” olarak nitelendirilir.

Burada aktaracağım bilgiler temiz oda teknolojisi hakkında bilinenlerin hepsini kapsamamakla beraber, süratle büyüyen bu teknolojiye bir bakış sağlamaktadır.

Çevremizde cansız uçucu maddeler ve canlı organizmalar büyük miktarda bulunmaktadır.Rüzgarın etkisi ile korozyon, volkanik olaylar sonucu oluşmuş maddeler, toprak v.b. parçacıklar havada asılı kalarak oradan oraya sürüklenmektedir. Ayrıca bakteri, mikrop ve virüs gibi canlı organizmalar da havada çok sayıda bulunabilmektedir.

Söz konusu parçacıkların sağlığımıza doğrudan etkisinin yanı sıra ameliyathane gibi kritik ortamlardaki çalışmalara etkileri önemli bir konudur.

Ülkemizde temiz odaların ve temiz hava cihazlarının sınıflandırıldığı, özelliklerinin belirtildiği ve test metodlarının anlatıldığı “TEMİZ ODALAR VE TEMİZ HAVA CİHAZLARI” başlığı altında bir standart mevcuttur.Bu standartların hazırlanmasında British Standart ve Federal Standart’tan büyük ölçüde faydalanılmıştır.Bahsi geçen bu standartlar BS 5295 Bölüm 1 ve 2 ile Federal Standart 209 D’dir.

Temiz odalar ile ilgili birçok standart bulunmasına rağmen hepsinin temelini “Federal Standart 209” oluşturmaktadır.

Yukarıda bahsi geçen standartların dışında özellikle hastahaneleri kapsayan (ameliyathaneler, yoğun bakım bölümleri, steril malzeme odaları v.b.) ısıtma havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerine ait standartları belirleyen Alman normları vardır.DIN 1946 Bölüm 4 (1989) ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin

dizaynında uyulması gereken şartları ve sistemin özelliklerini belirlemektedir.DIN 4799 ise bu sistemlerin ne şekilde test edileceğini izah etmektedir.

Ülkemizde konu ile ilgili çalışmalar proje ile mütahit firmalar daha çok Federal Standart 209, BS 5295 ile DIN 1946 ve 4799'u kullanmaktadırlar.

1.1 Temiz Oda Teknolojisinin Tarihçesi:

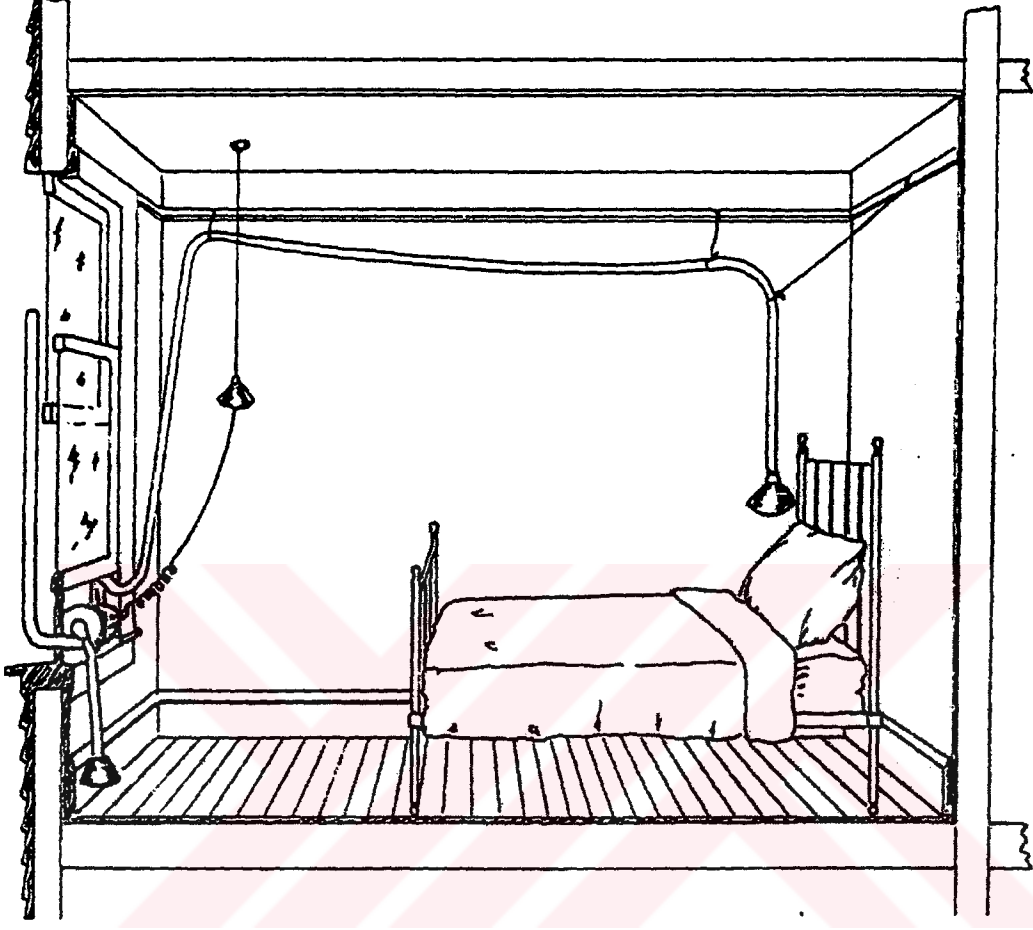
İlk temiz oda teknolojisi hastanelerde uygulanmıştır.Pasteur, Koch, Lister gibi microbiologlar bir yüzyıldan önce bakterilerin enfeksiyonlara sebep verebileceğini keşfettiler.Bunun üzerine hastanelerin bakterilerden uzak ve ameliyathanelerin de steril bir ortam olması gerektiği düşüncesi ortaya çıktı.Bu düşünce aynı zamanda temiz oda teknolojisinin temelini oluşturdu.

Lister ameliyathanesinde bakteri miktarını azaltan ilk kişiydi.Bunu kraliyet hastanesindeki ameliyathanesinde bir antiseptik çözelti ile ameliyat gereçlerini ve ellerini temizleyerek, aynı zamanda da antiseptik bir spreyi havaya sıkarak gerçekleştirdi.Böylelikle ameliyathanesindeki bakteri oranını azaltarak enfeksiyon kapanların sayısını azalttı.Bu aynı zamanda ameliyat gereçlerinin, yaraların temizlenmesine bir temel oluşturdu.

Doğal havalandırmanın da bakteri oluşumunu azalttığı Florence Nigtingale tarafından düşünüldü.Fakat ilk mekanik havalandırma 1855'lerde Brunel tarafından gerçekleştirildi.Aşağıdaki şekilde Brunel tarafından gerçekleştirilmiş ilk mekanik havalandırma sistemini görebilirsiniz.

Temiz odalar için ilk yazılı standartlar ise 1961 yılında ABD Hava Kuvvetlerince yayınlanan 00-25-203 No'lu ve "Temiz İş İstasyonları ve Temiz Odaların Dizayn ve Kullanımı İçin Standart Fonksiyonel Prensipler" oldu.Uzun çalışmalar ve araştırmalardan sonra, bu prensipler, Temmuz 1963'de yeniden tanımlanıp yayınlandı.Nisan 1963'de, Atom Enerjisi Komisyonu, New Mexico/Sandia'da temiz odalarda çalışanlarca uygulanan standartları gözden geçirmek üzere bir konferans düzenledi ve bu programa 200'den fazla temiz oda görevlisi katıldı.Böylelikle temiz odalar için standart yazacak bir grup

oluşturuldu.1963 yılı sonlarında Federal Standart 209 yayınlandı, ki bu da řu andaki tüm temiz oda çalışmaları için bir temel oluşurmaktadır.Bu standart üç sınıf temiz oda



şekil 1.1 Eski tarihteki bir ameliyathane uygulaması

saptadı: Class 100, Class 10.000 ve Class 100.000. Federal standart 209 aynı zamanda tesislerin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere her bir sınıf (class) için zerrecik ölçülerindeki dağılım nispetlerini de saptamıştır.

2. HAVADA BULUNAN KİRLLETİCİ MADDELER:

Hava bileşiminde birçok gaz bulunmaktadır. Deniz seviyesindeki kuru ve temiz havanın gaz bileşenleri yaklaşık olarak % 21 oksijen, % 78 azot, %0,96 argon ve % 0,03 karbondioksittir. Bunların dışında ayrıca çok az oranlarda hidrojen, neon, kripton, helyum, ozon ve ksenon gazları ile değişken miktarlarda su buharı ve *sürekli atmosferik kirletici maddeler* adı verilen mikroskopik veya daha küçük katı maddeler bulunur.

Normal havada değişik miktarlarda (*sürekli atmosferik kirletici maddeler*) bulunur. Bu maddeler rüzgarın neden olduğu erozyon, deniz suyunun buharlaşması veya volkanik patlama gibi doğal olaylar sonucu oluşur. Bunların derişiklikleri değişken olmakla beraber, genellikle insanların faaliyetleri nedeniyle ortaya çıkan derişiklik seviyelerinden daha düşüktür.

İnsanların değişik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan kirletici maddeler çok ve çeşitlidir. Elektrik üreten termik santraller, çeşitli ulaşım yöntemleri, endüstriyel işlemler, maden ocakları, maden ergitme işlemleri, inşaat ve ziraat ile ilgili çeşitli faaliyetler çok miktarda kirletici madde üretimine neden olur. Kapalı hacimlerdeki havanın kirliliği açısından ise problem oluşturan birçok madde arasında sigara dumanı, radon gazı ve formaldehit sayılabilir.

Havada bulunan kirletici maddeler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tanecik veya Gaz
- Organik veya İnorganik
- Görülebilir veya görülemez
- Mikroskopik altı, Mikroskopik veya Makroskopik
- Zehirli veya Zehirsiz
- Kararlı veya Kararsız

2.1 Havada Bulunan Kirletici Maddelerin Özellikleri:

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

1 μm ile 10 μm arasındaki çaplarda olan tanecikler, durgun havada sabit ve belirli bir hızla çöklerler. Ancak, normal hava akımları bu çaptaki tanecikleri ihmal edilemeyecek bir süre havada asılı tutarlar. Şekil 2.1'de çeşitli kirletici maddelerin çapları ile ilgili bir tablo görebilirsiniz.

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

2.2 Kirliliğin Kaynağı Ve Yapısı:

Temiz odalarda dış etkenlerden doğan kirliliğin yanı sıra personel ve faaliyetleri ilave bir kirliliğe sebep olmaktadır. Temiz odalarda personelin yaptığı çoğu işlemler, ortamda bulunan zerrecik seviyesini yükseltir. Tablo 2.1'de personel fonksiyonlarını görebilirsiniz.

Tablo 2.1 Personel hareketlerinin ortam tanecik seviyesine etkisi

AKTİVİTE	ORTAM SEVİYESİ ÜZERİNDEN ARTIŞ (0,2-50 MİKRON)
PERSONEL HAREKETLERİ:	
Aynı yerde 5 kişinin toplanması	1,5-3
Normal yürüme	1,2-2
Sakinçe oturma	1-1,2
Aktif tek-düze iş istasyonu	1,01
Tek düze iş istasyonu, aktivite yok	Hiç
PERSONELİN KORUYUCU GİYSİLERİ (Sentetik elyaf)	
Önlük kollarının sürtünmesi	1,5-3
Koruyucu olmayan ayakkabı ile basmak	10-50
Koruyucusu olan ayakkabı ile basmak	1,5-3
Cepten mendil çıkarmak	3-10
PERSONELİN KENDİSİ:	
Normal nefes alıp verme	Hiç
Sigara içtikten 20 dakika sonraki nefes	2-5
Aksırma	5-20
El yüz kaşımak	1-2

3. HAVA TEMİZLİĞİ SINIFLARI VE STANDARTLARI:

Temiz iş alanlarının çeşitli seviyelerde olması ihtiyacı belirlendiği için, federal standart 209 ile hava temizliği için üç kategori oluşturulmuştur. Bu sınıfların seviyeleri orta boyuttaki zerreciklerin istatistik dağılımına bağlıdır. Havanın birim hacmi içerisinde 0,5 –5 µm veya daha büyük boyutta maksimum zerrecik miktarına sahip zerrecik konsantrasyonuna bağlıdır. İstatistik derleme amacıyla zerreciklerin sayımı, normal çalışma faaliyetleri sırasında ve havanın çalışma sahasına girdiği yerlerde yapılır.

Federal Standart 209'da belirlenen temiz oda sınıflandırılması şöyledir:

Class 100 – Zerrecik sayısı, 0,027 m³ havada, 0,5 mikron veya daha büyük boyuttaki zerreciklerden 100 taneyi geçmemelidir ve bunların içinde 4,0 mikron veya daha büyük zerrecik bulunmayacaktır.

Class 10.000 – 0,027 m³ hava içerisindeki zerrecik sayısı 10.000 taneyi geçmeyecek, zerreciklerin boyutu 0,5 mikron veya daha büyük olabilecek, fakat 5,0 mikron boyutta 700 zerrecik, 100 mikron veya daha büyük boyutta zerrecikten bir taneden fazla olmayacaktır.

Class 100.000 – 0,027 m³ hava içerisindeki zerrecik sayısı 100.000 taneyi aşmayacak, zerrecikler 0,5 mikron veya daha büyük olabilecek, fakat 5,0 mikron boyutta 700 zerrecik, 100 mikron veya daha büyük boyutta zerrecikten bir taneden fazla olmayacaktır.

4. HASTAHANELERDEKİ AMELİYATHANELER VE KLİMA SİSTEMLERİ:

Bir önceki bölümde de bahsettiğim gibi, ortam havasında bulunan mikroorganizmalar ile enfeksiyon olayları arasında doğrusal bir orantı vardır. Bu yüzden ameliyathanelerde havadaki tanecik sayısını mümkün olduğu kadar azaltmak gerekir. Örneğin m³'deki mikroorganizma adedini 200'den 20'ye indirmekle enfeksiyon oranının %3.5'de % 1.5'e indiği gözlenmiştir. Bu yüzdelere baktığımızda küçük bir rakam gibi gözükmesine karşılık, bu işlemlerin doğrudan insan hayatını etkilediğini unutmamak gerekir.

Hastahanenin hiçbir yeri, ameliyathane kadar çevrenin aseptik şartlarının kontrolüne ihtiyaç duyamaz. Sistoskopik ve kesit odalarını barındıran ameliyathaneleri besleyen sistemler, hava kaynaklı organizma konsantrasyonunu minimum seviyeye düşürmek amacıyla dikkatli tasarıma ihtiyaç duyarlar.

Ameliyathanelerde bulunan bakterilerin büyük bir kısmı, cerrahi ekipten kaynaklanır ve aynı zamanda cerrahi müdahaleler esnasındaki aktivitelerin bir sonucudur. Operasyon esnasında cerrahi ekibin çoğu operasyon masasına çok yakındır ve bu da, böylesi çok hassas bir alanda kirlilik konsantrasyonu gibi istenmeyen bir durum yaratır.

Ameliyathanelerde hava dağıtım sistemlerindeki çalışmalar ve endüstriyel temiz oda montajlarındaki gözlemler, kirlilik konsantrasyonunun kabul edilebilir seviyelerde muhafazasının, havanın tavandan düşey doğrultuda, karşılıklı duvarlara yerleştirilmiş çeşitli egzost açıklıklarına taşınımı ile, olası en efektif hava dağıtımı olduğuna işaret etmektedir. Tamamen delikli tavanlar, kısmen delikli tavanlar ve tavan tipi difüzörler başarıyla uygulanmıştır.

Ortalama bir hastahane, ameliyathaneler acil durumlar haricinde günde sekiz ile 12 saatten fazla kullanılmazlar. Bu sebepten ve enerji korunumundan ötürü, hava şartlandırma sistemi, ameliyathanelerin bir kısmı veya hepsinin hava beslemesinde bir düşmeye izin verecek şekilde olmalıdır. Bununla beraber, pozitif ortam basıncı, düşük hava debilerinde steril şartları sağlamak amacıyla muhafaza edilmelidir. Hastahane cerrahi personeli ile

yapılacak olan değerlendirme, bu karakteristikleri sağlamanın mümkün olup olmadığını belirleyecektir.

Ayrı bir hava egzost sistemi veya özel vakum sistemi, anestetik gazların alınması için sağlanmalıdır (NIOSH 1975). Medikal vakum sistemleri, yanıcı olmayan anestetik gazların alınmasında kullanılmıştır (NEPA Standart 99). Bir veya daha fazla çıkış, her bir operasyon odasına, anestetik makina vidanjör hortumunun bağlanmasına izin verecek şekilde yerleştirilmelidir.

Aşağıdaki şartlar, ameliyathaneler, kateterizasyon ve sistoskopi odaları için tavsiye edilebilir:

1. 20 - 24 °C arasında değişen sıcaklık değerlerine sahip olmalıdır.
2. Bağıl nem % 50-% 60 aranda tutulmalıdır.
3. Hava basıncı, herhangi bir bitişik odaya oranla % 15 fazla hava ile beslenerek pozitif basınçta tutulmalıdır.
4. Basınç farklılıklarının ölçümünde kullanılan cihazlar, odalarda basınç okunmasına izin verecek şekilde monte edilmelidir. Bütün duvar, tavan ve döşeme izoleli olması ve sızdırmaz kapıların kullanılması, basıncın muhafazası için gereklidir.
5. Nem ölçüm cihazları ve termometreler, kolay gözlem yapılacak şekilde yerleştirilmelidir.
6. Filtre verimleri tablo 2.1 ile uyum içerisinde olmalıdır. Küçük partikülleri dahi tutabilecek filtreler kullanılmalıdır. (HEPA Filtre).
7. Montaj, NEPA standart 99'un gereklerini karşılamalıdır.
8. Bütün hava tavandan beslenebilir ve döşemeye yakın en az iki yerleşimden egzost edilebilinmelidir. Egzost gazları mümkün olduğu kadar çatı üzerinden atmosfere atılmalıdır. Yüksekliği, konumu ve egzost menfezinin yapısı, kendi binasına ve komşu binalara zarar vermeyecek ve rüzgar etkisi ile egzost havanın tahliyesi mümkün olacak şekilde belirlenmelidir. Taze hava emiş menfezi, toprak zemine yakın yerde mikroorganizma ve toz bulunduğundan, toprak zeminden en az 3 m yüksekte olmalıdır. Besleme difüzörleri çok yönlü tiplerden seçilmelidir.

9. Taze hava emiş kanalları, bina içindeki istenmeyen pis havayı emmemesi ve buna bağlı olarak hastahane enfeksiyonu tehlikesini önlemek için DINV 24194 Kısım 2 sızdırmazlık sınıfı II'ye uygun olmalıdır.Bu nedenle taze hava emiş menfezi ile hava verilecek oda arasındaki mesafenin çok uzun olması durumunda, kısa emiş hattı ve uzun basma hattı, uzun emiş hattı ve kısa basma hattına tercih edilmelidir.Emiş menfezi ile klima santrali arasındaki kanal içini temizlemek ve dezenfekte etmek için için yeterli sayıda temizleme kapakları olmalıdır.
10. Temiz oda şartlarının sağlanması için odalara temin edilen hava miktarları ve odalar arasındaki hava akışı hayati önem taşır.Bunu en iyi biçimde temin edebilmek için hava beslemesinde sabit hava debili kutular kullanılmalıdır.
11. Hava kanalları, dirsekler ve bağlantı elemanları partikül birikmelerini önleyecek şekilde aerodinamik yapıda olmalıdır ve dışarıdan veya dışarıya hava sızdırmaları olmayacak şekilde sızdırmaz olmalıdır.
12. Birden fazla katı besleyen klima santrallerinde her katın branşman hatlarına damper monte edilmelidir.
13. Yüksek temiz oda şartları gerektiren karışık akımlı hava kanal sistemli ameliyat odalarında en az 2400 m³/h besleme havası debisi gerekmektedir.
14. Narkoz gazı konsantrasyonunu kabul edilebilir sınırlar altında tutmak için minimum taze hava miktarı 1200 m³/h olmalıdır.
15. Kullanım zamanı dışında çalıştırılmaması gereken besleme ve egzost kanalları, hava akışı olmayacak şekild sızdırmaz damperlerle kapalıdır.
16. Akustik malzemeler, % 90 verimli olmalıdır ve alt akım yönünde kullanılmadığı müddetçe kanal kaplaması olarak kullanılmazlar.Terminal ünitelerin iç izolasyonları, kanıtlanmış materyallerle kaplanmalıdır.Kanal tipi susturucular, salmastrasız olanlardan olanlardan olmalı ve akustik dolgunun üzeri polyester fim tabakası ile kaplı olmalıdır.
17. Herhangi bir spre y uygulamalı yalıtım veya yangın koruması, mantar büyümesini engelleyicilerle birlikte uygulanmalıdır.
18. Yeterli boyutlarda su geçirmez, drenajlı kanal; nemlendirme ünitesinin alt akımına, hava odaya verilmeden önce suyun tamamının buharlaşmasını garantilemek için monte edilmelidir.

Sıcaklık, nem ve hava basıncı ayarlanmalarına izin veren ve denetleyen kontrol üniteleri, cerrahi kontrolörün masasına yerleştirilebilir.

4.1 Ameliyathanelerde Uygulanan Standartlar:

Avrupa'daki ülkelerde genellikle uygulanan DIN 1946 Alman standardına göre hastahanelerdeki çok steril (I) ve normal steril (II) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Ameliyathaneler I. Grubun içinde yer almaktadır ve bu grup genellikle US 209 E'ye göre Klas-M 3,5 (100) ve daha küçük claslara karşın gelmektedir. Bu verinin hassasiyeti, ameliyatın süresi, cinsi, hastanın bağışıklık sisteminin durumuna göre değişmektedir. Örneğin bir organ nakli veya açık kalp ameliyatının gerçekleştirileceği ameliyathanelerde M 1,5, M 2,5 (1,10) veya daha düşük klaslı odalar gerekebilir.

Grup I ve Grup II odaların dökümü ile ilgili bilgileri Tablo 4.1'de bulabilirsiniz.

Tablo 4.1 I. Ve II. Grup odaların Dökümü

a = ASHRAE Standart 52-72, b = DOP test sonuçları, c = Hava çıkışlarındaki HEPA filtreler

<u>MİNİMUM</u> <u>FİLTRE</u> <u>YATAK</u> <u>SAYISI</u>	<u>UYGULAMA</u> <u>ALANI</u>	<u>FİLTRE</u> <u>ETKİSİ</u>					
		Filtre NO:1a	Sıra	Filtre NO:2a	Sıra	Filtre NO:3b	Sıra
2	Ortopedik ameliyat odası, Kemik iliği nakli, Organ nakli ameliyat odası	25		90		99,97	

	Genel ameliyat odaları, doğum odaları, hemşire veya emzirme odası,yoğun bakım üniteleri, hasta bakımı, teşhis ve nakil alanları	25	90
2	Laboratuarlar, Steril Kaplar	80	
1	Yiyecek hazırlama alanları, Çamaşırhane, İdare, Depo	25	

4.2 Ameliyathanelerdeki Klima Sistemleri:

Klima sistemi dış hava panjurundan başlayıp, kanallar, klima santralleri, hava dağıtım ve toplama menfezlerini içeren komple bir ünedir.Sistem elemanlarının seçilmesinde, montajında ve işletilmesinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

Ameliyathanelerdeki klima sisteminde taze hava girişi için minimum EU4, klima santral çıkışında minimum EU 7 filtre kullanılmalıdır.

Ameliyathanelerin basınç dengesi ise çok steril odadan daha az steril odaya doğru gidildikçe azalacak yönde olmalıdır.Bunun içinde tablo 4.2'de gösterilen basınç farklarını tutmak için kapı kenarları gibi aralıklardan havanın sızması sağlanır.Genellikle bunun için metre başına 20 m³/h debi yeterlidir.Daha sağlıklı bir çözüm ise odalar arası duvarlara

konacak HEPA filtrelerde havanın sızmasını sağlamaktır.Tablo 4.4'de çeşitli hastahane odaları arasındaki hava akış yönü gösterilmiştir.Çok sık açılıp kapanan kapıların bulunduğu yerlerde ise hava kilidi dediğimiz çift kapı sistemi uygulanmalıdır.Genellikle I. grup odalardan II.grup odalara geçişte hava kilidi kullanılması tavsiye edilir.Bunun dışında ameliyathaneden yoğun bakım bölümüne geçerken de hava kilidi kullanılmalıdır. Tablo 4.3'de ise hastahanelerdeki temiz odaların özellikleri görülmektedir.

Tablo 4.2 Hastahanelerde odalar arası basınç farkı

UYGULAMA	STATİK BASINÇ FARKI (Pa)
Genel	Çevresi ile oda arasında min. 12 Pa basınç farkı
Temiz Oda ile kirlenmiş bölüm arası	Min. 12 Pa basınç farkı
Kirlenmiş bölüm ile az kirlenmiş bölüm arası	12 Pa basınç farkı
Az kirlenmiş bölüm ile soyunma mahalleri arası	2,5 Pa basınç farkı

Tablo 4.3 Hastahanelerdeki temiz odaların özellikleri

1 No	2 Hastanedeki Bölüm, Zon veya Oda Cinsi	3 Oda grubu	4 Klima sistemi gereksinim nedeni		6 Min. taze hava m^3/hm^2	7 Oda klima şartları		9 Bağıl nem	10 Max. ses şiddeti
			Konfor	Enfeksiyon önlemi		Sıcaklık			
						Min °C	Max. °C		
1.	Teşhis ve tedavi bölümleri ve Ameliyathane	1	+	+		22	26	+	40
1.1									
1.1.2	Ameliyathanelere bitişik odalar	1	+	+	15	22	26	+	40
1.1.2.1	Steril (malzeme temin edilen depo ve koridorlar)								
1.1.2.2	Lavabo, ameliyat öncesi ve sonrası bekleme odası ile ilgili teçhizat odaları	1	+	+	15	22	26	+	40
1.1.3	Diğer oda ve koridorlar	1	+	+	15	22	26	+	40
1.1.4	Kendine gelme odası	1	+	+	30	22	26	+	35
1.2	Doğumhane, Doğum koşulları	11			15	24			40
1.2.1									
1.2.2	Doğum oda ve koşulları	11			10				40
1.2.3	Ameliyathane	1	+	+		22	26	+	40
1.2.4	Acil ameliyathane ile direkt bağlı odalar	1	+	+	15	22	26	+	40
1.2.4.1	Steril malzeme temin edilen depo ve koridorlar								
1.2.4.2	Lavabo, ameliyat öncesi ve sonrası bekleme odası ile ilgili teçhizat odaları	1	+	+	15	22	26	+	40
1.3	Endoskopi Bölümü	11			30				40
1.3.1	Teşhis odası (steril olan ve olmayan)								
1.3.2	Diğer oda ve koridorlar	11			10				40

1.4	Fizyoterapi Bölümü	11	+						50
1.4.1	Banyolar								
1.4.2	Kinoterapik banyo ve havuzlar	11	+						50
1.4.3	Diğer oda ve koridorlar	11	+		10				45
1.5	Diğer Bölümler	1	+	+		22	26	+	40
1.5.1	Acil Ameliyathane								
1.5.2	Acil ameliyathaneye bitişik odalar	1	+	+	15	22	26	+	40
1.5.2.1	Steril malzeme temin edilen depo ve koridorlar								
1.5.2.2	Lavabo, ameliyat öncesi ve Sonrası bekleme odası ile ilgili teçhizat odaları	1	+	+	15	22	26	+	40
1.5.3	Küçük ameliyathanelerin yapıldığı odalar	11			15				40
1.5.4	Ameliyat sonrası bekleme odası	11	+		30		26	+	35
1.5.5.1	Röntgen teşhis odaları	11			15				40
1.5.5.2	Muayene odaları	11			15				40
2	Bakım Bölmeleri	1	+	+	30	24	26	+	30
2.1.	Yoğun Bakım								
2.1.1	Koşullar ve ara koridorlar								
2.1.1.1	Enfekte olma eğilimli veya kendileri enfekte hastalar								
2.1.1.2	Diğer hastalar								
2.1.2	Acil Tedavi Odası	11	+		15	24	26	+	30
2.1.3	Diğer oda ve koridorlar	1	+	+	30	24	26	+	40
2.2	özel Bakım	11			15	24	26		40
2.2.1	Koşullar								
2.2.2	Acil Tedavi Odası	1	+	+	30	24	26	+	30

2.2.3	Diğer Oda ve Koridorlar	1	+	+	30	24	26	+	40
2.3	Tecrit Odaları	11			15	24	26		40
2.3.1	Koğuşlar								
2.3.2	Diğer oda ve koridorlar	11			10				40
2.4	Premature Bebek Bakımı	11	+		15	24	26	+	35
2.4.1	Koğuşlar								
2.4.2	Diğer oda ve koridorlar	11			10	24	26		40
2.5	Neonatal Bakım	11			10				35
2.5.1	Koğuşlar								
2.5.2	Diğer oda ve koridorlar	11			10				40
2.6	Bebek Bakımı	11			10				35
2.6.1	Koğuşlar								
2.6.2	Diğer oda ve koridorlar	11			10				35
2.7	Genel Bakım	11			10				35
2.7.1	Koğuşlar								
2.7.2	Diğer oda ve koridorlar	1 1			10				40
3.	Malzeme temini ve atık giderme bölümleri	1		+					45
3.1	Dispanser								
3.1.1	Steril odalar								
3.1.2	Diğer odalar koridorlar	11							40
3.2	Sterilizasyon	11							50
3.2.1	Sterilizasyon öncesi bölge								
3.2.2	Sterilizasyon sonrası bölge ve steril malzeme deposu	11							50
3.3	Yatak temizleme bölümü	11							50
3.3.1	Kirli taraf								
3.3.2	Temiz taraf	11							50
3.4	Yatak Malzemeleri Temizleme Bölümü, Çamaşırhane	11							50
3.4.1	Kirli taraf								
3.4.2	Temiz taraf	11							50
3.5	Pataloji Bölümü	11				22			50

3.6	Laboratuvarlar	11							45
3.6.1	Mikrobiyoloji								
3.6.2	Kimya	11							
3.6.3	Histoloji	11							45
3.7	Elbise Değişme ve Tuvaletler	11							50
3.7.1	Elbise Değişme								
3.7.2	WC	11							
3.7.3	Koğuş Tuvaletleri	11							
3.7.4	Islak Hücre	11							
3.8	Diğer Bölümler	11							

Notlar:

- Sıcaklık ve nemin verilmediği mahallerde DIN 1946-2'deki şartlar geçerlidir. Nem için (+) işareti olan yerlerde yine aynı şartnamedeki sınır değerlere uyulmalıdır. (toda < 26°C için $\phi < 35-55$)
- Fizyoterapi banyo mahallerinde 28 °C'a kadar oda sıcaklıkları için, su sıcaklığından 2-4 °C daha yüksek oda sıcaklığı, 28 °C'nin üstündeki su sıcaklıklarında ise su ve oda sıcaklıkları aynı olacaktır
- İncubatör içindeki bebekler için klima gerekmyebilir
- Erken doğan bebeklerin bakıldığı yatakhanelerde minimum bağıl nem % 45 olmalıdır.

Tablo 4.4 Hastahane odalarında hava akış yönleri

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Aseptik Ameliyathane	Septik Ameliyathane	Lavabo	Ameliyat öncesi bekleme odası	Ameliyat sonrası bekleme odası	Steril alet muhafaza	Steril malz. temini, koridor ve deposu	St. malz. ve teç temini, koridor ve dep.
1	Aseptik Ameliyathane							
2	Septik Ameliyathane							
3	Lavabo	←	↑					
4	Ameliyat öncesi bekleme odası	←	↑	○				
5	Ameliyat sonrası bekleme odası	←	↑	○	○			
6	Steril alet muhafaza	←	↑	↑	↑	↑		
7	Steril malz. temini, koridor ve deposu	↑	↑					
8	St. malz. ve teç temini, koridor ve deposu	←	↑					
9	Ameliyathane koridoru			←	←	←	←	←
10	Steril teçhizat hazırlama					○	←	←
11	Steril olmayan teçhizat hazırlama							
12	Sterilizasyon sonrası malz. hazırlama	↑	↑				○	↑
13	Sterilize edilmeden malz. hazırlama							
14	Ameliyat sonrası kendine gelme mahalli							
15	Personel dinlenme odası							
16	Temizlikçi dinlenme odası							
17	Personel giyinme (steril oda)							
18	Personel giyinme (steril olmayan oda)							
19	Pers.giy.WC'li steril olmayan dış oda							
20	Hastalar için hava kilidi							
21	Malzeme girişi için hava kilidi							
22	Atıklar için hava kilidi							
23	Hastahananın diğer bölümleri							
24	Dış hava	←	←				←	←

- Oklar bitişik odalarda gerekli hava akış yönünü göstermektedir.

- O işareti yönün önemli olmadığını göstermektedir.

- Örnek : 1.kolon aseptik ameliyathane, 3. Satır lavabo da hava akış yönü ameliyathaneder lavaboya doğru olacaktır.

Tablo 4.4 devamı

	9	10	11	12	13	14	15	16
	Ameliyathane koridoru	Steril teçhizat hazırlama	Steril olmayan teçhizat hazırlama	Sterilizasyon sonrası malz. hazırlama	Sterilize edilmeden malz. hazırlama	Ameliyat sonrası kendine gelme mah.	Personel dinlenme odası	Temizlikçi dinlenme odası
1	Aseptik Ameliyathane							
2	Septik Ameliyathane							
3	Lavabo							
4	Ameliyat öncesi bekleme odası							
5	Ameliyat sonrası bekleme odası							
6	Steril alet muhafaza							
7	Steril malz. temini, koridor ve deposu							
8	St. malz. ve teç temini, koridor ve deposu							
9	Ameliyathane koridoru							
10	Steril teçhizat hazırlama	↑						
11	Steril olmayan teçhizat hazırlama	←	←					
12	Sterilizasyon sonrası malz. hazırlama	↑	↑					
13	Sterilize edilmeden malz. hazırlama	←		○	←			
14	Ameliyat sonrası kendine gelme mahalli	←						
15	Personel dinlenme odası	←						
16	Temizlikçi dinlenme odası	←	←	○	←	○		
17	Personel giyinme (steril oda)	↑						
18	Personel giyinme (steril olmayan oda)							
19	Pers.giy.WC'li steril olmayan dış oda							
20	Hastalar için hava kilidi	↑				○		
21	Malzeme girişi için hava kilidi	↑						
22	Atıklar için hava kilidi	←						
23	Hastahänenin diğer bölümleri				←	←	←	←
24	Dış hava		←	←	←	←	←	←

- Oklar bitişik odalarda gerekli hava akış yönünü göstermektedir.
- O işareti yönün önemli olmadığını göstermektedir.

Tablo 4.4 devamı

	17	18	19	20	21	22	23	24
	Personel giyinme (steril oda)	Pers. giyinme (steril olmayan oda)	Pers.giy.WC'li steril olmayan dış oda	Hastalar için hava kilidi	Malzeme girişi için hava kilidi	Atıklar için hava kilidi	Hastanenin diğer bölümleri	Dış hava
1	Aseptik Ameliyathane							
2	Septik Ameliyathane							
3	Lavabo							
4	Ameliyat öncesi bekleme odası							
5	Ameliyat sonrası bekleme odası							
6	Steril alet muhafaza							
7	Steril malz. temini, koridor ve deposu							
8	St. malz. ve teç temini, koridor ve deposu							
9	Ameliyathane koridoru							
10	Steril teçhizat hazırlama							
11	Steril olmayan teçhizat hazırlama							
12	Sterilizasyon sonrası malz. hazırlama							
13	Sterilize edilmeden malz. hazırlama							
14	Ameliyat sonrası kendine gelme mahalli							
15	Personel dinlenme odası							
16	Temizlikçi dinlenme odası							
17	Personel giyinme (steril oda)							
18	Personel giyinme (steril olmayan oda)	←						
19	Pers.giy.WC'li steril olmayan dış oda	←	←					
20	Hastalar için hava kilidi							
21	Malzeme girişi için hava kilidi							
22	Atıklar için hava kilidi							
23	Hastanenin diğer bölümleri	←	←	←	←	←		
24	Dış hava							

- Oklar bitişik odalarda gerekli hava akış yönünü göstermektedir.
- O işareti yönün önemli olmadığını göstermektedir.

Yer seviyesinde yüksek yoğunluktaki toz ve mikroorganizmaları emmemek için taze hava panjurları, yer seviyesinden en az 3 m yukarıda ve düz çatı hizasından uzakta olmalıdır. Egzost hava panjurları ise tercihen çatı üzerinde bulunmalı ve etkin rüzgar yönü de dikkate alınarak etrafa zarar vermeyecek, taze hava panjurundan uzak bir yerde bulunmalıdır.

Kanallar galvaniz, paslanmaz veya benzeri saclardan mümkün olduğu kadar kısa ve yüzeyleri düzgün olacak şekilde imal edilmiş olmalıdır. 3. kademe son filtreden sonra fleksibel kanal, damper, ses yutucu gibi hiçbir elemanın kullanılmasına izin verilmemeli ve bu son kanalların antiseptik sıvılar ile temizlenebilmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Klima sisteminde menfez, anemostat, filtre kutu bağlantılarında kullanılacak fleksibel kanal boyları 2 m'yi geçmemelidir.

Birbirinden hava geçişine müsaade edilmeyen farklı gruptaki veya fonksiyondaki odalar aynı klima santralinden besleniyorsa, oda giriş çıkışlarındaki besleme ve dönüş kanallarına 3. kademe filtreden önce gerektiğinde odaları izole etmek için, tamamen sızdırmaz damperler konulmalıdır. Bunun için kriter de, damper kapalı olduğunda 100 Pa basınç farkında, maksimum 10 m³/h hava debisinin geçmesine izin verilmesidir. Bu damperlerin açık veya kapalı olduğu kumanda kollarından açıkça görülebilmeli ve birer gözetleme camı konularak da kontrolüne imkan verilmelidir.

Eğer inşaat aşamasında betonarme boşlukları ve tavan araları gibi yerler kanal olarak kullanılmamalıdır.

Taze hava kanallarında negatif basınç bulunduğundan, geçtiği yerlerden istenmeyen kirli havanın enfiltrasyonla kanala girme tehlikesi vardır. Bu nedenle bu kanalların mümkün olduğu kadar kısa ve sızdırmaz olması istenir. Klima santralinin yeri seçilirken negatif basınç olan emiş kanallarının mümkün olduğu kadar kısa, basınçlı veriş kanallarının uzun tutulmasına çalışılmalıdır.

Taze hava kanallarının temizlenebilmesi için insanların girebilecekleri adam delikleri konulmalıdır.

Besleme kanallarının da mümkün olduğu kadar kısa ve sızdırmaz olması istenir. Kanalların geçtiği yerlerde pozitif basıncın oluşmaması için, kanal kaçaklarının 3 katı kadar bir havanın bu bölgelerden egzost edilmesi istenir.

Klima santrali içinde kaçınılmaz nemli ortam, kaynağı soğutma serpantini ve bunun damla tutucusu ve tavasıdır. Öncelikle yoğuşan suyun, tava içinde birikmeden hemen tahliyesi sağlanmalıdır. Hava hızları düşük tutularak damlacıkların hava akımına kapılmadan serpantin kanatları veya damla tutuculardan tavaya süzülmesi sağlanmalıdır. Ayrıca serpantin kanat hatvelerinin geniş ve cihaz yüzeylerinin pürüzsüz olması gerekir.

Klima santrali içindeki diğer problemlilerden biri de yıkayıcıdır. Yıkayıcının ıslak yüzeyleri, havuzu, fiskiyeleri, bakterilerin üremesi ve çoğalması için ideal bir ortamdır. Bununla mücadele için yıkayıcı içine konacak kimyasal maddelerin faydası varsa da bunların bir kısmı hava akımı ile kanallara ve oradanda hastahane içine kadar taşınmakta ve hastalar üzerinde toksit etkileri olmaktadır. Buna alternatif olarak yıkama hücresi içine konulacak ultraviyole lambaların üzerleri kısa zamanda kirlenmekte ve sık sık temizlenmesi gerekmektedir. Bu da işin içine insan faktörü girdiği ve bakımı zor bir yerde olduğundan sakıncalı bir uygulamadır. Bütün bu nedenlerle hastahanelerde kullanılan santrallerde yıkayıcı yerine nemlendirme işlemi için doymuş buhar sıcaklığının çok az üzerinde kızgın buhar kullanmak daha doğru olacaktır. Ancak bunu yaparken kanal tipi bu buharlı nemlendiricilerden duruş ve kalkışlarda su damlamaması, buharın bütün keside eşit yayılması, % 80 bağıl nemin üzerine çıkılmaması gibi konulara dikkat edilmelidir. Klima santralinin soğutma serpantini, nemlendirici, damla tutucu elemanları ikinci kademe filtreden önce bulunmalıdır.

Klima sisteminde kötü izolasyon sonucu kanal içinde yoğuşma olan yerlerde de nemli ortam oluşabilir. Yalıtım kalınlıklarının doğru seçilmesi, yalıtım yapılmamış yer bırakılmaması ile bunun önüne geçilebilir.

Klima sisteminde oluşabilecek toz birikmelerini ve dolayısıyla mikroorganizma kaynaklarını temizlemek için yeterli sayıda sızdırmaz bakım kapağı bırakmak gerekir.

Kanallarda ve sistemde yüzeylerin mümkün olduğu kadar düzgün olması ve keskin köşe, girinti, çıkıntı olmamasına dikkat edilmelidir.

Kanal sistemine konulacak ses yutucuların iç yüzeylerinin, yani dolgu maddesinin aşınmaya karşı dirençli olması, tanecik kaynağı oluşturmaması, su geçirmez olması gerekmektedir. Dış hava kanalına konulacak susturucular 1.Kademe filtreden sonra, besleme kanalına konacak olanlar ise 2.kademe filtreden ve bir zorunluluk var ise 3.kademe filtreden önce konulmalıdır.

Filtreler arası kanalların temizlenmesi her zaman kolay olmadığından bunları imalat sırasında temiz olmasına özen gösterilmeli ve 3.kademe filtreden sonraki kanalların temizlenip kanalların dezenfekte edilmesine imkan tanınmalı ve bu filtrelerin değişiminde veya kısa süreli sistemin her duruşunda bu işlem tekrarlanmalıdır.

Ameliyathane içinde bulunan menfez, anemostat veya HEPA filtre kutuları kolayca açılıp arkalarındaki kanallar dahil temizlenebilir ve dezenfekte edilebilir olmalıdır. Dönüş menfezleri üzerinde ve bilhassa ameliyathanelerde görülen elyaf uçuntularını (hav) tutmak için alet gerektirmeden çıkarılıp değiştirilebilecek sinek teli tipi filtre bulunmalıdır. Ayrıca ameliyathanelerde dönüş havasının $1200 \text{ m}^3/\text{h}$ 'ı zemin seviyesinden birkaç cm yukarıdan, kalanı tavana yakın bir yerden egzost edilmelidir.

Türbülanslı akış olarak tasarlanan ameliyathanelerde minimum $2400 \text{ m}^3/\text{h}$ besleme havası gerektiği saptanmıştır. Bunun en az % 50'sinin ise taze hava olması istenir. Ancak yüksek seviyede steril ortam gerektiren açık kalp ameliyatı, eklem protezi, alloplastik ameliyatlara veya organ nakli ameliyatlarının yapıldığı ameliyathanelerde laminar akışlı hava dağıtım sistemi kullanılmalıdır. Taze hava miktarının gerekliliği anestezi gazları ile antiseptik maddelerin hava içerisindeki konsantrasyonunu tehlikeli sınırların altında tutmak içindir. Anestezi için kullanılan gazları emmek için özel sistemler yapılsa bile bunların her zaman sağlıklı çalışacağı garanti edilemediğinden bu kaideye uymak gerekir.

Diğer istenilmeyen konu ise klima sisteminin çalışmadığı zamanlar, sistem içine doğal hava akımları ile mikroorganizmaların girmesi ve kontrolsüz olarak bunların etrafa

yayılmasıdır. Bunun için çözümlerden biri dış hava ve zonlar arasında sistem bir arıza anında durduğunda otomatik olarak kapanan tamamen sızdırmaz damperlerin konulmasıdır. İş saatlerin dışında ise sistemin düşük kapasitede de olsa devamlı çalışmasını sağlamaktır. Bu dönemlerde 3.kademe filtrelerin sistemin en sonunda, yani menfez veya hava dağıtım plenumunun hemen arkasında olmadığı hallerde besleme kanallarında minimum 2 m/s hız tutacak kadar sistem kapasitesi azaltılabilir. Filtrelerin sistemin en sonunda olması halinde tablo 4'te verilen odalar arası hava akışını sağlamak yeterli olacaktır. Yine bu bölümlerde tablo 4'te gösterilen hava akışına gerek olmayan mahallerde besleme veya egzost kanallarına konulacak sızdırmaz damperler ile hava akışı tamamen kapatılmalıdır.

I.Grup ameliyathane ve mahalleri besleyen klima santralleri muhakkak elektrik kesintisine karşı bir jeneratör sistemine bağlı olmalıdır. Pozitif basınç altında tutulan odaları besleyen fanda bir arıza olduğu zaman, egzost fanını da hemen devreden çıkaran bir otomatik kontrol sistemi ön görülmelidir. Aynı şekilde negatif basınç altında tutulan bir mahalde basınç artması olduğunda besleme fanı da durdurulmalıdır.

I.Gruba giren mahallerde atmosfere bakan pencere ve duvarlar olması halinde sızdırmazlığı temin etmek çok zor olduğundan, bunların tercihen iç bölümlerde veya illa dışarıya bakması isteniyorsa iki yüzü camlı bir koridor ile ayrılması tavsiye edilir.

5. AMELİYATHANE TASARIMI:

5.1 Ameliyathane Yapı Malzemelerinin Seçimi Ve Odanın İnşası

Ameliyathane kavramı ilk çıktığında genel olarak bağımsız bir klima sistemi olan, çevresindeki mahallerle beraber taneciklerden arındırılmış (steril) bir oda düşünülürdü. Ancak bu tip odaların yapımı çok pahalı olduğundan ve büyük işletme masrafları gerektirdiğinden zamanla bu sistemler yerini merkezi klima sistemine bağlı olan zon kontrollü, hava-kilitleri ile diğer ortamlardan arınmış küçük odalara terketmiştir. Klima sisteminin tasarımında değişimlere imkan tanıyabilmesi, oda sınırlarının da kolayca değiştirilebilen cinsden olmasına dikkat edilir.

Yapı malzemelerinin seçiminde bunların toz ve kimyasal buhar çıkaran cinsden olmaması, yüzeylerin gözenekli olmaması, büyük parçalardan yapılmış, dolayısıyla minimum ek ve birleşim yerlerinin olması, tercihen temizlenebilir cinsten olması istenir.

Klasik duvar malzemeleri kullanıldığı zaman yüzeyin muhakkak kaplanması gerekir. Kaplama malzemesi olarak genellikle vinil tabakalar veya formika gibi malzemeler tavsiye edilir. Yüzeylerin özel boya ile boyanması ise fazla önerilmemekle beraber yine kabul edilebilir bir çözümdür. Boyaların uzun bir süre odaya içlerindeki ucucu maddeleri vermeleri ve tamamen kuruduktan sonra da zamanla kırılma hâle gelmeleri dezavantajlarıdır. Boya olarak epoksi en çok tercih edilen malzemedir. Duvarlarda kullanılabilecek diğer malzemeler arasında eroksallı Alüminyum yüzeyler paslanmaz sac ve kırılmaya karşı dirençli camlar da sayılabilir.

Ameliyathanelerde en çok dikkat edilmesi gereken yapı malzemesi ise zeminde kullanılacak malzemedir. Yaya trafiği, zemin temizliği, içerde kullanılan arabalar, eşyaların yerlerin değişmesi gibi işlemler zemin malzemeleri üzerinde olumsuz etki yapar. Ayağın yürürken yüzeye sürtmesi bile yüzey malzemesini bozduğu gibi, taneciklerin üretimini de artırır. Bu nedenle çizilmeyen, çatlamayan, aşınmayan, mekanik ve kimyasal aşınmalara karşı dayanıklı bir malzeme gerekmektedir. En ucuz ve uygulaması kolay olan, beton zemin üzerine vinil tabaka kaplamasıdır. Ancak çeşitli kalite ve özelliklerde vinil olabileceğinden

aşınmaları da farklı olacaktır. İçinde az miktarda ucucu madde olan çok yumuşak veya çok sert olanı tercih edilmelidir.

Şekil 5.1’de aşınma testine tabi tutulan iki ayrı vinil zemin kaplaması arasındaki tanecik üretimi açısından farklar görülmektedir.

Ameliyathanelerde zemin kaplaması olarak yurdumuzda kullanılmaya başlayan diğer bir malzemededir. Kimyasal maddelere karşı etkilenme özelliği, kolay aşınmaması tercih nedenidir. Ancak uygulamanın çok dikkatli olarak uzman kişilerce yapılması şarttır. Uygulanacak zemin beton ise bunun tozsuz, yağsız, pürüzlü, sağlam ve ahşap mala ile düzeltilmiş veya kumlama yapılmış olması istenir. İçine katılan dolgu malzemesinin (kum) iyi elenmiş ve iyi karıştırılmış olması gerekmektedir. Uygulama ve karıştırma esnasında

Eposi içinde hava kabarcıklarının oluşmamasına bilhassa dikkat edilmelidir. Bunlar üzerlerine basılınca patlamakta, birer bakteri yuvası ve tanecik kaynağı haline gelmektedir. Epoksi zemin kaplamaları genellikle yedi gün içerisinde tam kuruyarak kullanılabilir hale gelirler ve firmadan firmaya değişmekle beraber son kalınlıkları 3-5 mm civarındadır. Antistaik zemin kaplaması olarak da kullanılan iki tabakadan oluşan bir diğer cins epoksi de bulunmaktadır. Tablo 5.1’de 3 mm kalınlığında ameliyathanelerde kullanılan bir epoksi zemin kaplama malzemesinin kimyasal özellikleri görülmektedir.

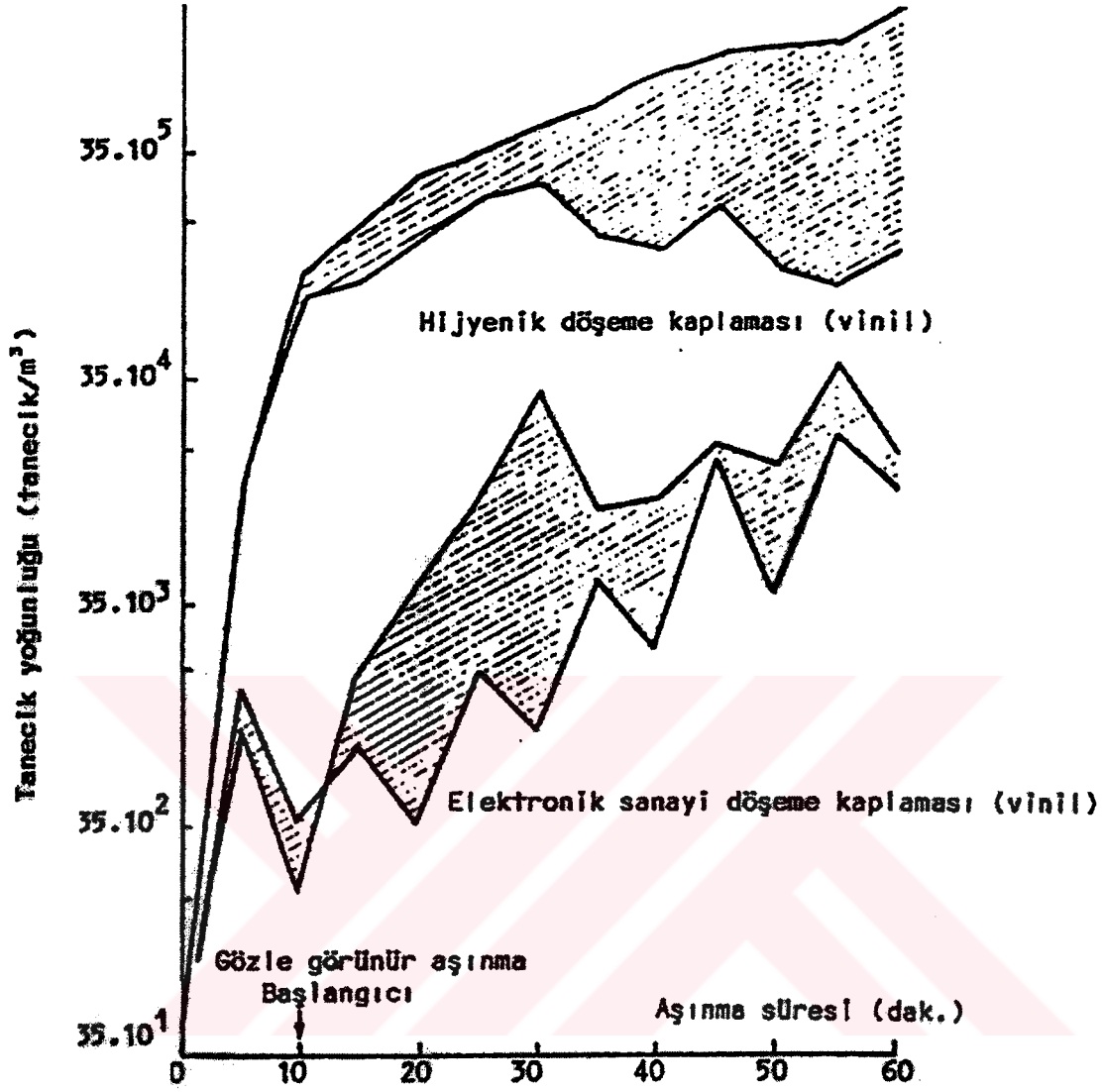
Tablo 5.1 ÇEŞİTLİ MEKANİK ÖZELLİKLER

Sıkıştırma mukavemeti	65 N/mm ²
Gerilme bükülme mukavemeti	5 N/mm ²
Betona yapışma	4-5 N/mm ²
Elastikiyet modülü	5500 N/mm ²
Yoğunluk	1,7 g/cm ²

ÇEŞİTLİ KİMYASAL ÖZELLİKLER: Etkilenme

Su, İyonsuz	+
Javel suyu	% 14 +

Sülfirik asit	% 10 + % 30 +
Nitrik asit	% 30 +
Asetik asit	% 10 <input type="checkbox"/>
Kostik soda	% 20 +
Benzin (kurşunlu)	+
Toluen	+
Ksilen	+
Strien	+
111-Trikloreten	+
Skydroll 500A(Hidrolik sıvı)	+
Oktanöl	+
Meyve suları	+
+ Etkilenmemiştir	
<input type="checkbox"/> Sararmıştır	



Şekil 5.1 Çeşitli vinil zemin malzemesi ile yapılan aşınma testi sonuçları ($d = 0.2-12 \mu\text{m}$)

Ameliyathanelerde kullanılan diğer zemin malzemesi de çelik veya Aliminyum konstrüksiyonundan yapılmış, yükseltilmiş döşeme üzerinde vinil veya Aliminyum kaplanmış yüzeylerdir. Klima sisteminin dönüş havasının zeminden olduğu hallerde bu döşemeler delikli olarak yapılabilmektedir.

Tavan konstrüksiyonu zeminden çok farklıdır. Tavanda filtreler, laminer akış düzenleri, aydınlatma armatürleri, yangın söndürme sprinkler tesisatı, hava kanalları bulunabilmektedir. Bunların hiç olmasa bir kısmını saklayabilmek için asma tavan

kullanılır. Asma tavan arasında bulunan kablo, kanal v.s.'ye müdahale edebilmek için asma tavan 60*60 veya 50*50 cm boyutlarında çıkılabilir elemanlardan yapılır. Bu elemanlar yine toz çıkarmayacak malzemelerden olmalı veya formika, vinil, epoksi, polyester kaplı olarak imal edilmelidir. Ana bina tavanından gelecek taneciklerin bu elemanların arasından geçip odaya girmemeleri ve odadaki hava hareketi nedeniyle yerlerinden oynamamaları için elemanlar klips şeklinde bir kilitleme sistemi ve elastik bir conta ile taşıyıcı bir konstrüksiyona tuttururlar. Klas 10.000 (M4,5) ve daha küçük temizlik sınıflarında ise HEPA filtrelerde içine alan çok özel konstrüksiyon gerektiren tavanlar kullanılır. Şekil 5.2'te özel ameliyathanelerde kullanılan böyle bir asma tavan sistemi görülmektedir.

Yukarıda da anlaşılacağı gibi ameliyathane yapımında, normal bir inşaatmış gibi davranmak çok yanlıştır. Ameliyathane tamamlandıktan sonra iş işten geçmiş olacaktır. Bu nedenle inşaat esnasında kullanılan malzemenin kapalı yerlerde tozlanmayacak ve çizilmeyecek şekilde depolanması, inşaat esnasında açılan vida v.s. deliklerinin anında kapanması, hergün sonunda temizlik yapılması, çalışanlarının işin başından itibaren temiz iş elbiseleri, altı lastikl ayakkabılar giymeler ve bunları sadece içerde çalışırken kullanmaları bile kaçınılmaması gereken tedbirler arasında sayılabilir.

5.2 Ameliyathane Personeli Ve Giysileri:

Ameliyathanelerde çalışacak personel ameliyathaneye girmeden önce el ve yüzünü yıkayarak temizlemeli ve bu işlem için deriyi yumuşatıp nemlendirecek lanolinli sabun kullanılmalı ve gerekirse yıkamadan sonra lanolinli losyon sürünmelidir. Deri soyulması ve dökülmesine neden olacağı için solventlerle ve deterjanlarla elin temizlenmesinden kaçınılmalıdır.

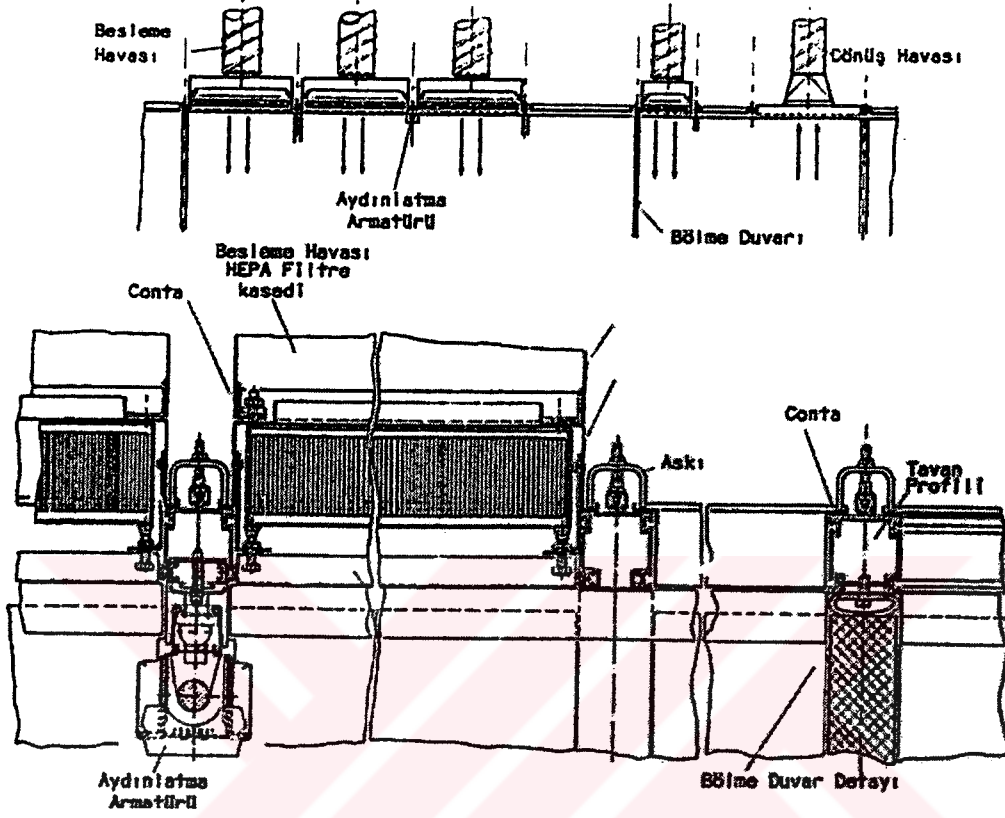
Personelin makyaj malzemesi veya herhangi bir cilt ilacı kullanmalarına müsaade edilmemelidir. Normal günlük yaşatıda giyilen elbiseler birer tanecik üreticileri olmalarının yanında mikroskobik olarak incelendiklerinde aynı zamanda taneciklerin geçmesinde izin veren gözeneli bir yapıya sahiptirler. Bunun başlıca nedeni bu giysilerin pamuk veya yün gibi tabi elyaflardan yapılmış ve bunlarla dikilmiş olmalarındandır. Örneğin pamuklu

kumaştan yapılan bir elbise pamuk, çırçır, harman, hallaç gibi makinalardan bazı ara işlemlerden geçtikten sonra büküm makinalarında elyaflar bir araya getirilir. Elyafları bir arada tutan genellikle büküm sonucu oluşan sürtünme kuvvetidir. Bu şekilde oluşan iplik bir gerilmeye maruz kaldığı zaman veya sürtünmeler sonucu kopar veya hav oluşur ve bunun sonucu ortama devamlı tanecik yayar. Ayrıca tabii elyaftan yapılmış bu giysilere toz veya polen gibi tanecikler kolayca yapışarak ameliyathane açısından kirli hale gelmesine neden olurlar.

Yukarıda saydığımız nedenlerle ameliyathanelerde sentetik veya insan yapısı elyaflardan yapılmış özel giysiler tercih edilir. Bunlar ekstrüzyon yolu ile naylon, polyester, Dacron gibi polimer malzemelerden elde edilen çok ince sürekli elyafların bükümü sonucu elde edilir. Bu cins iplikler çok sağlam oldukları gibi sürtünme ile hav oluşturmazlar, kolay ve sık dokunmaya da uygundurlar. Böylece vücut derisinden çıkan taneciklerin de ortama yayılması önlenmiş olurlar.

5.3 Ameliyathanelerde Hava Dağılımı

Ameliyathanelerde hava dağılımını etkileyen en önemli faktör hava veriş ve dönüş menfezlerinin yerleri ile cinsleridir. İstenen temizlik klası içerdeki cihazların yerleşim durumu binanın inşaaı durumu ile bunun klima santrallerinin uygunluğu ve en önemlisi bu işe ayrılacak mali kaynak miktarı hava dağıtım sisteminin seçimini etkiler.

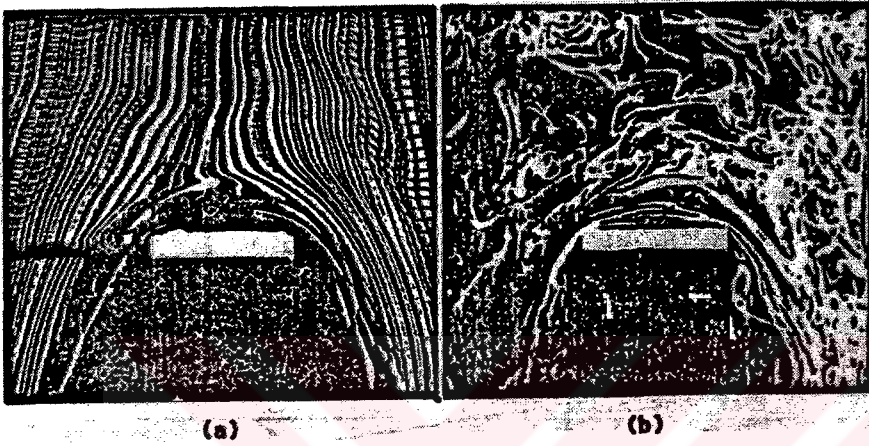


Şekil 5.2 Ameliyathanelerde kullanılan bir asma tavan sistemi

Genel olarak hava dağılımı pahalı ama ideal olarak kabul edilen laminer ve ucuz bir çözüm olan türbülanslı bir akış olmak üzere ikiye ayrılır. Laminer akışta akış çizgileri birbirine paraleldir ve hız yaklaşık olarak her yerde aynıdır. Paralel akış çizgileri önüne bir engel çıktığı zaman ona çarparak engel etrafında dönüp tekrar paralel haline gelirler. Türbülanslı akış isminden de anlaşılacağı gibi düzensiz bir akıştır. Akım çizgileri rastgele dağılmıştır. Bir engel etrafındaki bu durum şekil 5.3'de açıkça görülmektedir.

Zigzag hareket eden hava ve dolayısıyla tanecikler yüzeylere laminer akışa nazaran çok daha fazla çarpmakta ve Van der Waals kuvvetleri dolayısıyla buralara yapışıp kalmaktadırlar. Bu nedenle türbülanslı bir akış düzeni sağlayan cinsden tavanı olan bir oda da bulunan bir yüzeyde aynı kirlilik oranına sahip laminer akış düzenine sahip bir odaya nazaran çok daha fazla mikroorganizma birikmiş olmaktadır. Yapılan bir deneyde, aynı

kirlilik oranındaki laminer ve türbülanslı akış önüne konan mikroorganizma üretme kaplarında laminer akışta kaba yapışan mikroorganizmalar ile sıfır kirlilik (kontaminasyon) ölçülürken, türbülasyonlu akışta % 64 ve 200 ölçülmüştür. Buradan ameliyathanelerde hiç olmazsa ameliyat masalarının üzerinde muhakkak laminer akış olması gerektiği saptanmıştır. Şekil 5.3'da türbülanslı (A) ile laminer (B) bir oda da hava dağılımı şematik olarak gösterilmiştir.

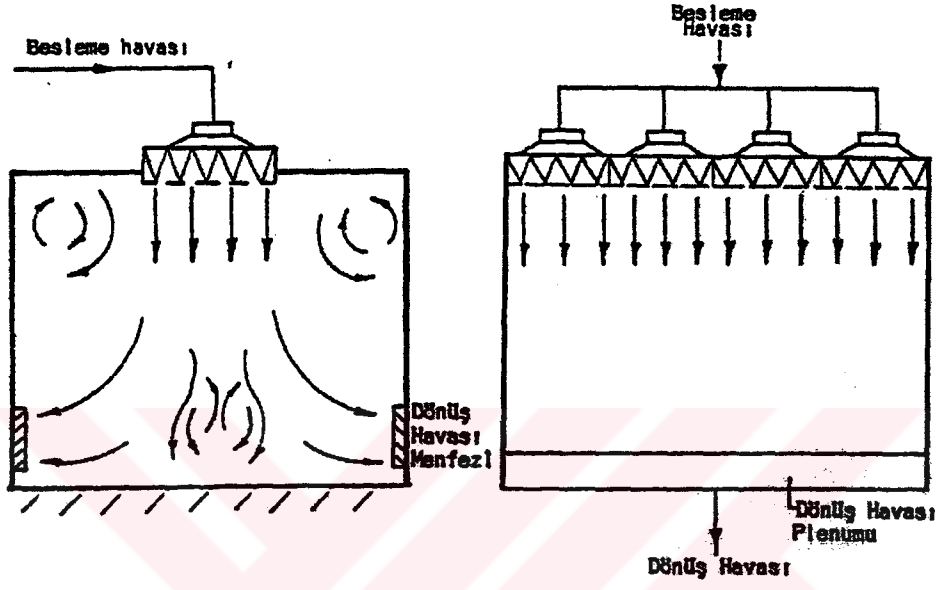


Şekil 5.3 Bir engel etrafında Laminer (A) ve Türbülanslı (B) akış çizgileri .

5.4 Türbülanslı Odalarda Hava Dağılımı

Genel olarak laminer olmayan türbülanslı ameliyathanelerde filtre edilmiş temiz hava tavandaki bir menfez sisteminden odaya girilerek döşemeye yakın duvar üzerindeki dönüş menfezlerinden odayı terk eder. Klass 10.000-100.000 (M 5,5-M 6,5) arasında kullanılan bu tip sistemler havanın verilmiş ve toplanış şekline göre birkaç değişik tipte olabilir. Ancak hepsinde akışın laminer olmamasının getirdiği mahsurlar mevcuttur. Laminer hava akımında havanın etrafa dağıtmadan bir süpürge gibi alıp götürdüğü tanecikler türbülanslı akışta etrafa dağılır. Hava hızlarının da uygun olması halinde bunlar birleşerek daha büyük tanecikler oluşturur ve odanın kirlenmesine neden olurlar. Bu nedenle bu tip odalarda türbülansın mümkün olduğu kadar azaltılabilmesi için tedbirler alınmalı ve oda da karşıdan karşıya yani hava giriş yönüne dik yöndeki hızların 0,15-0,45 m/s (tercihen 0,25 m/s) arasında kalmasına çalışılmalıdır. Çok düşük hızlarda taneciklerin çökerek oda içine

yerleşmeleri söz konusu olacağı gibi yüksek hızlarda ise taneciklerin çarpışarak birbirlerine yapışmaları ve büyümeleri söz konusudur.



Şekil 5.4 Akış haline göre hava dağılımı

Şekil 5.4'de tavan difüzörü kullanarak gerçekleştirilen HEPA filtrenin difüzör içinde (A) veya kanalda (b) olmasına göre iki tip türbülanslı oda görülmektedir. Her iki oda da dönüş havası döşemeye yakın duvar üzerindeki menfezlerden terketmektedir.

Şekil 5.5'de ise asma tavanın hava veriş menfezleri ve aydınlatma panelleri ile donatıldığı iki sistem görülmektedir. Birisinde hava kanallarla getirilerek müstakil filtre kabinlerine bağlanmakta (a), diğerinde ise kanal yerine asma tavan arası plenum gibi kullanılarak hava dağıtılmaktadır (b).

Türbülanslı ameliyathaneler, laminer akışlı ameliyathanelere göre daha az güvenilir olmalarına karşın, bölgesel laminer akışlı masalar ile takviye edilmeleri halinde ekonomik bir çözüm oluşturabilmektedirler.

Klas 10.000-100.000 (M5.5-6.5) olarak tasarılacak, türbülanslı ameliyathanelerde tavsiye edilen bazı özellikler Tablo 5.2’da verilmiştir.

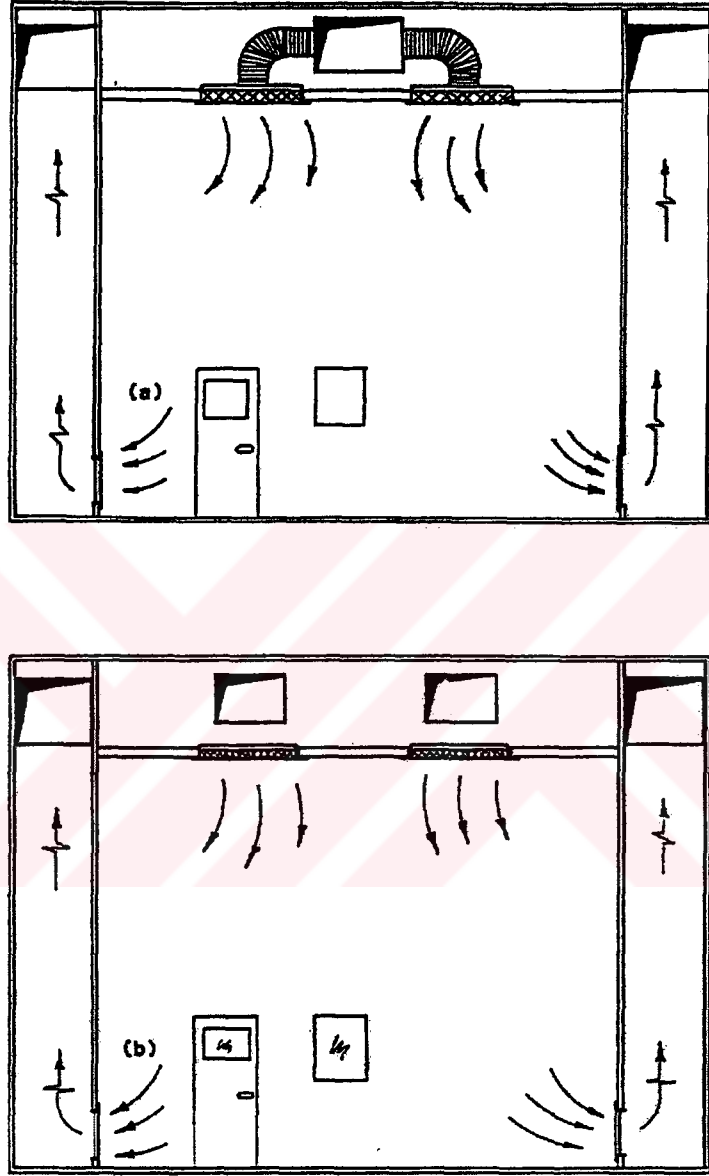
TABLO 5.2 Türbülanslı ameliyathanelerde tavsiye edilen özellikler

KLAS	10.000 (M5,5)	100.000 (M6,5)
Maksimum oda alanı:	300 m ²	500 m ²
Oda boyut oranı	3/1	2/1
Minimum oda yüksekliği:	2,75 m	2,25 m
Oda pozitif basıncı:	10-15 Pa	5-10 Pa
Saatte hav değişimi	60-90	5-48
Hava veriş menfezi alanı/tavan alanı	%10-20	% 5-10
Verici ve emici menfezler arası mak. Yatay uzaklık	6 m	9 m
Dönüş menfezi alın hızı	1-2,5 m/s	2,5 m/s

5.5 Laminer Akışlı Ameliyathaneler

Bu cins ameliyathaneler havanın hareke yönüne göre yatay ve düşey akışlı olmak üzere ikiye ayrılır.Hava tavan veya yan yüzün tamamından girerek karşı yüzeyden, yani döşemeden veya diğer yüzeyden çıkar. Akış iplikçikleri tamamen birbirine paraleldir. FD 209’a göre taneciklerin çökmesini önlemek ve ısı kaynaklarından oluşabilecek sekonder akımları bastırmak için hava hızının 0,45 m/s olması önerilir.Şekil 5.6’da bu hızın gerekliliği açıkça görülmektedir.0,45 m/s hızda sadece boyunda görülen yüzeyden kopma daha sonra omuz hizasında kaybolmakta ve akış laminer olarak devam etmektedir.0,33 m/s de ise baş etrafında 10 cm kalınlığında insan vücudunun ortam sıcaklığından daha fazla sıcak olmasından oluşan doğal taşınım akımları ile hava akışının karıştığı bir bölge, yanlarda ise taneciklerin yayılacağı 40 cm’ye yakın türbülanslı bir bölge

bulunmaktadır. 0,20 m/s de ise insan etrafında tamamen kontrol dışı türbülanslı bir bölge görülmektedir.



Şekil 5.5 Türbülanslı ameliyathanelerde hava dağılımı

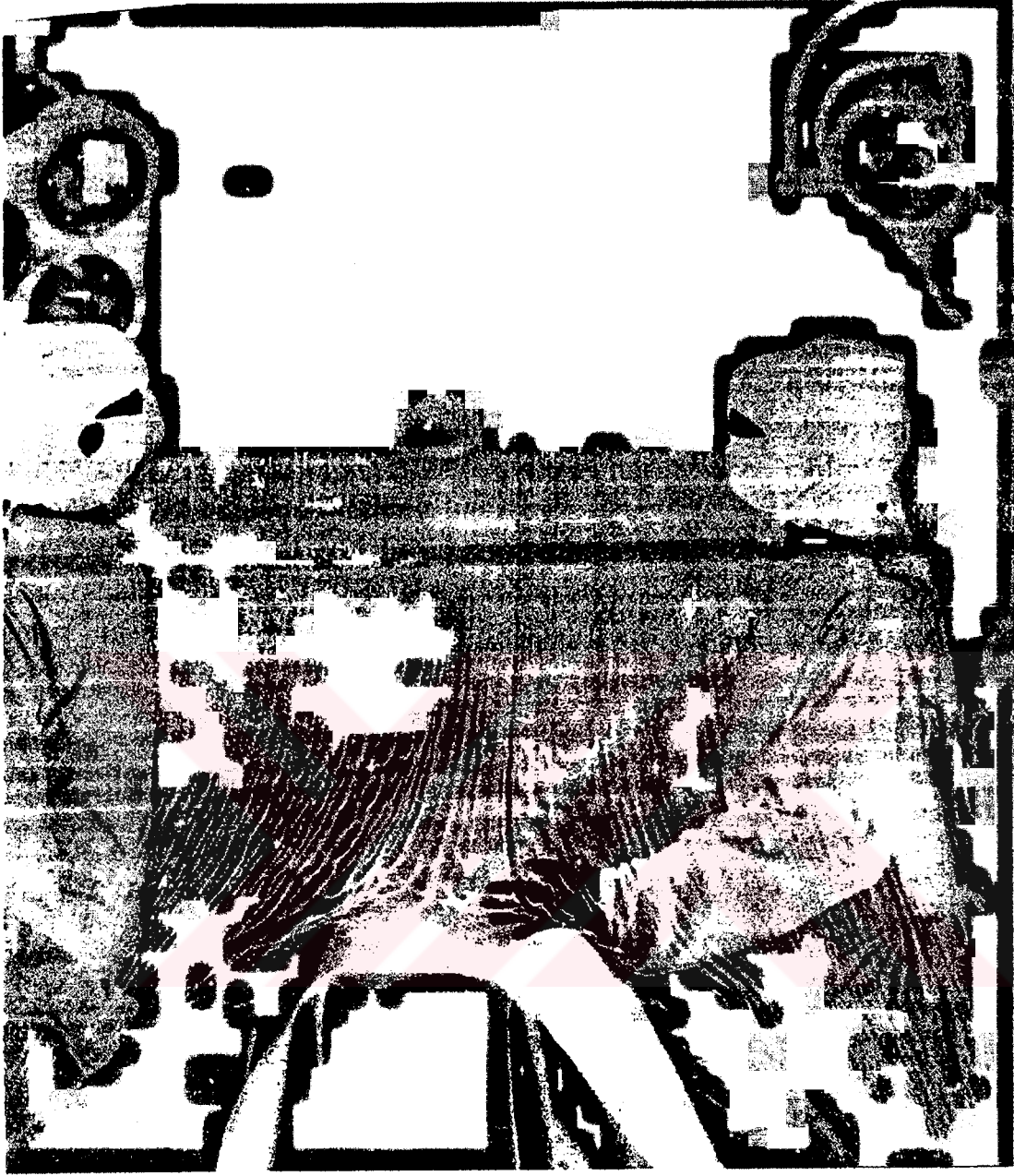
Akışın laminer ve her yerde aynı olmasını sağlamak için hava girişinde tavan veya yan yüzü tamamen kaplayan yüksek verimli (HEPA) filtreler veya bir membran bulunur. Şekil 5.7'da böyle bir laminer akışlı ameliyathanede hasta üzerinde duman jeneratörü kullanılarak görülür hale getirilen akış çizgileri görülmektedir.



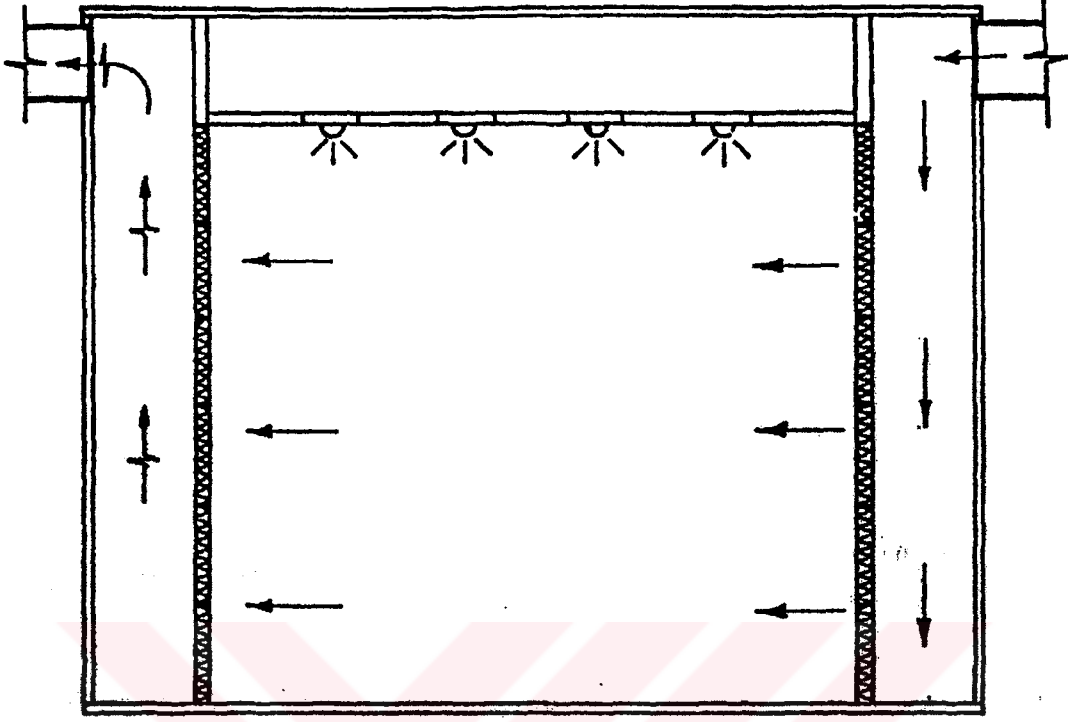
Şekil 5.6 Hava hızının bir insan üzerindeki akıştaki etkisi

Şekil 5.8'da yatay akışlı ameliyathanelerin tasarımında çok dikkatli olunması gerekir. Yatay hava hareketi dolayısıyla bir bir tanecik kaynağından alınan taneciklerin hava ile istenmeyen bir yere taşınmaları sağlanacağından, kirlenmeye veya taneciğin bakteri olması durumunda enfeksiyona neden olmasından korkulur. Ancak bu dezavantajına karşılık, mevcut düşük tavanlı odalardan ameliyathane yapılmak istenirse, şekil 10'daki gibi bir ameliyathane, pratik bir çözüm olarak karşımıza çıkar.

Düşey akışlı laminer odalar da ise, şekil 5.9'de havanın önce bir plenuma oradan da filtreler dağıldığı yükseltilmiş döşemeli bir oda, şekil 5.10'de ise havanın kanallardan müstakil olarak dağıtıldığı laminer akışlı bir ameliyathane şematik olarak görülmektedir.

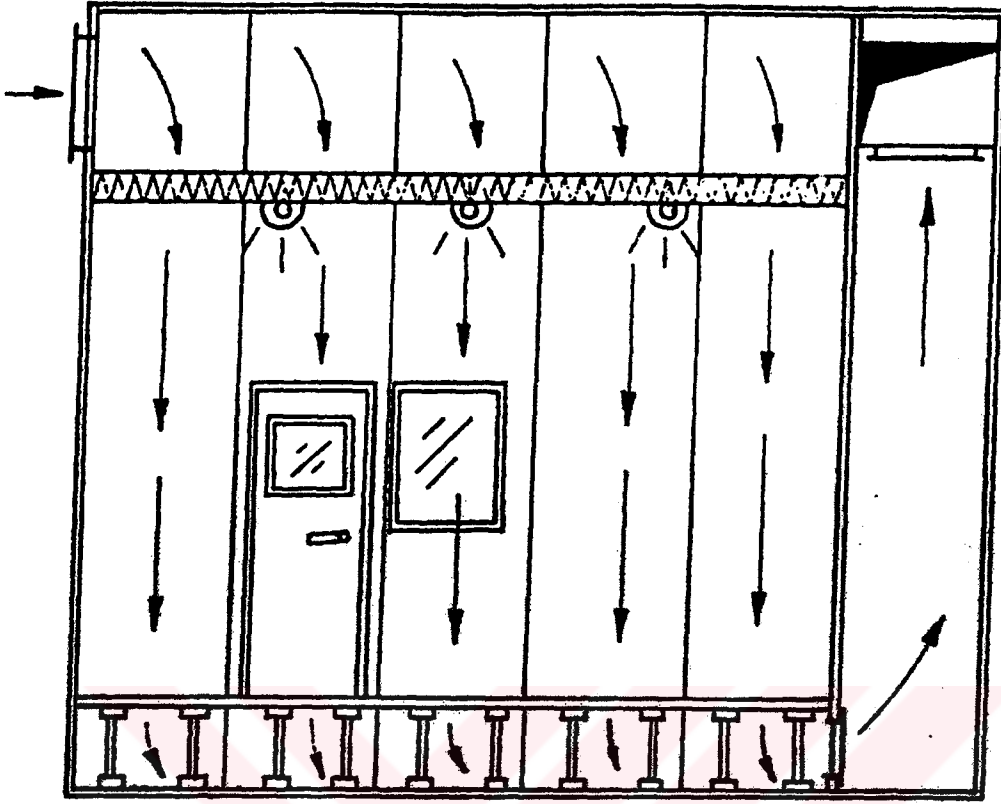


Şekil 5.7 Laminer akışlı bir ameliyathanede akış çizgileri

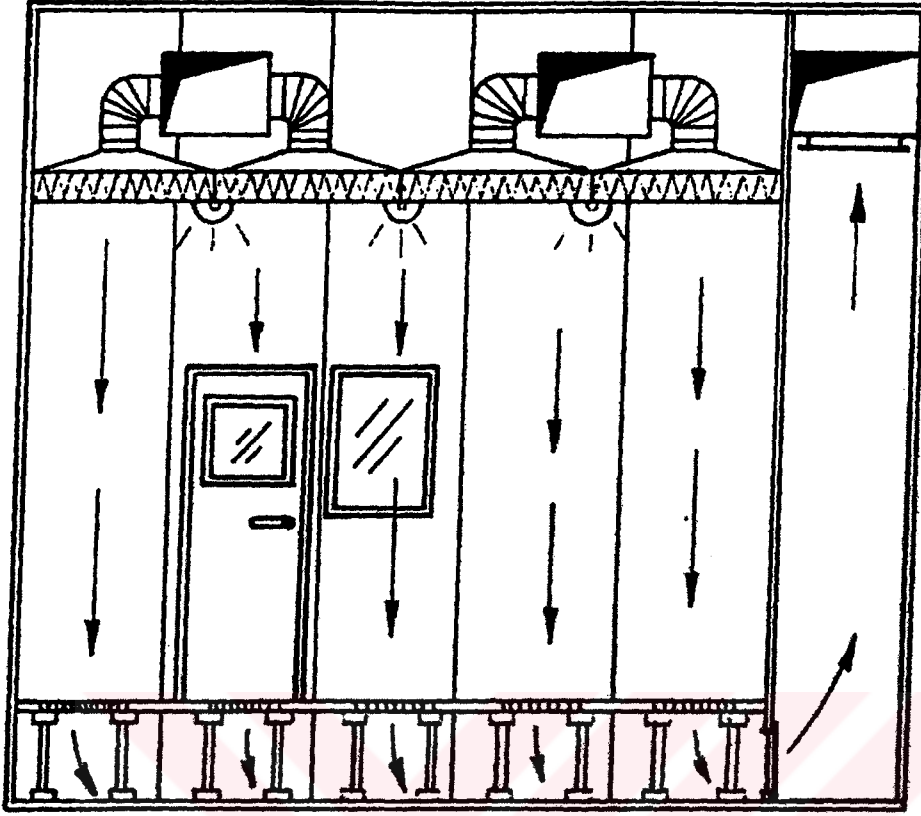


Şekil 5.8 Yatay laminer akışlı ameliyathane

Bu ameliyathane'de görülen pencere doktorların sterilizasyon odalarına bakmaktadır. Ameliyathane'nin içinde herhangi bir dışa bakan pencere bulunmamalıdır. Çünkü bu pencereler bir yığın mikrop ve bakteri barındırabilmekte, kontrolsüz bir hava girişi sağlayabilmektedirler.



Şekil 5.9 Havanın bir plenumdan filtrelerle dağıldığı düşey laminar akışlı ameliyathane



Şekil 5.10 Havanın kanaldan filtrelerle dağıldığı düşey laminar akışlı ameliyathane

5.6 Karışık Akışlı Ameliyathaneler

Yukarıda saydığım bütün avantajlarına rağmen, hava hızının her yerde 0,45 m/s olma zorunluluğundan dolayı laminar akışlı ameliyathaneler filtre ve klima sistemi maliyetleri açısından pahalı bir çözümdür.

$$n = \frac{a \cdot b \cdot 0,45 \cdot 3600}{a \cdot b \cdot h} = \frac{1620}{h} \text{ (l/h)} \quad (5.1)$$

n = Laminar akışlı bir ameliyathanenin saatteki hava değişim adedi (n)

a = Eni,

b = boyu,

h = yükseklik

olarak bulunur. Yüksekliği 2,5 m olan bir odada saatteki hava değişimi $n = 540$ olarak bulunur. Normal klima edilen bir ortamda saatteki hava değişimi 10-15 olduğu dikkate alınır, bu rakamların ne kadar büyük olduğu anlaşılır. İşletme ve ilk yatırım maliyetlerini azaltmak için elverdiğince laminer ameliyathaneler küçük yapılmaya çalışılır. Diğer bir çözüm ise alanının tamamının laminer akışlı olmasının yerine, bir kısmının laminer olması veya laminer akışlı kabin davlumbazlar kullanılarak maliyetlerinin azaltılabileceği görülmektedir.



6. FİLTRELER

Ameliyathanelerde kullanılan klima sistemlerinde istenen özelliklerin başında havanın odada sağlanması arzu edilen klase göre taneciklerden arınmış olarak içeriye sevk edilmesidir. Bu ise havanın çeşitli kademelerde filtrelerden geçirilmesi ile sağlanabilir. İstenmeyen bazı gazların ve kokuların giderilmesinde kullanılan aktif karbonlu filtreler ile farklı bir prensibe göre çalışan elektrostatik filtreler dışında klima sisteminde kullanılan filtreleri aşağıdaki gibi üç grupta toplamak mümkündür.

- Ön filtreler
- Hassas filtreler
- Mutlak veya HEPA filtreler

Bu filtrelerde taneciklerin toplanması çeşitli mekanizmaların tek başlarına veya çoğu zaman bir arada bulunması ile gerçekleşir.

6.1 Filtrasyon Mekanizmaları:

6.1.1 Eleme Etkisi

En basit mekanizma olarak tanımlanabilen eleme tipi filtrasyon etkisinde Şekil 6.1'de görüldüğü gibi çapı filtre elemanı olarak kullanılan iki elyaf iplikçığının arasındaki açıklıktan daha büyük olan taneciklerin tutulması olayıdır.

6.1.2 İnat Etkisi

Akım iplikçiklerinin önüne bir filtre elyafı çıktığı zaman onun etrafında paralelliklerini bozmadan dönerek yollarına devam ederler. Ancak akış içinde sürüklenen tanecikler inatları dolayısıyla filtre elyafı etrafında dönmeyerek, elyafa çarpıp onun yüzeyine yapışır. Bu etki hava hızının artması, tanecik çapının büyümesi ve elyaf çapının küçülmesi ile artar

Bu filtrasyon mekanizmasını, yani atalet etkisini en iyi temsil eden aşağıdaki şekilde tanımlanan Stokes sayısıdır.

$$St = \frac{\rho \cdot d_p \cdot V_o}{\mu \cdot D} \quad (6.1)$$

ρ = tanecik yoğunluğu,

d_p = taneçik çapı,

V_o = hava hızı,

μ = dinamik vizkozite

D = elyaf çapı

Stokes arttıkça atalet etkisi artmaktadır.

6.1.3 Yakalama Etkisi

Tanecik çapı çok küçük ise tanecik hava ile beraber elyaf iplikçığı etrafında bir yörünge takip edebilir. Ancak bu yörünge taneciğin elyaf etrafındaki hareketinde, elyafa tanecik yarı çapından daha yakın bir yerden geçiyorsa, tanecik elyaf etrafından yakalanır ve elyafa yapışır. Tanecik çapı artıp, elyaf çapı ve elyaf iplikçikleri arasındaki mesafe azaldıkça bu etki artar. Bir filtre elyafı içinde, tutulmak istenen tanecik çapına yakın ne kadar küçük çaplı filtre elyafı varsa bu yakalama etkisinde o derece kuvvetli olur.

Yakalama etkisi verimi Torgeson tarafından:

$$\eta_{yak} = 0.00759 C_D \cdot Re_p \cdot (d_p/D)^{1.5} \quad (6.2)$$

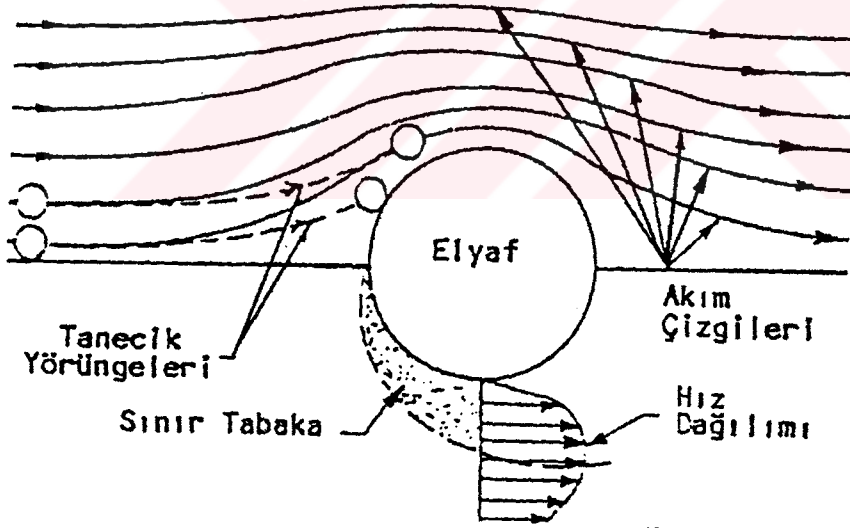
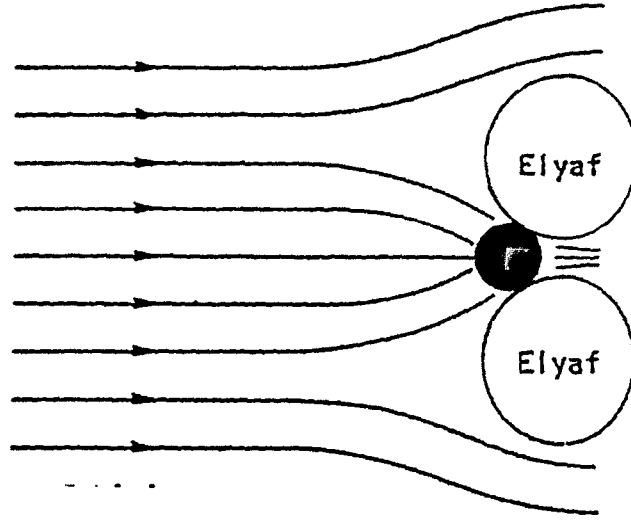
C_D = Elyafın Direnç Katsayısı

Re_p = Tanecik çapına göre tasarlanmış Reynolds sayısı

d_p = taneçik çapı,

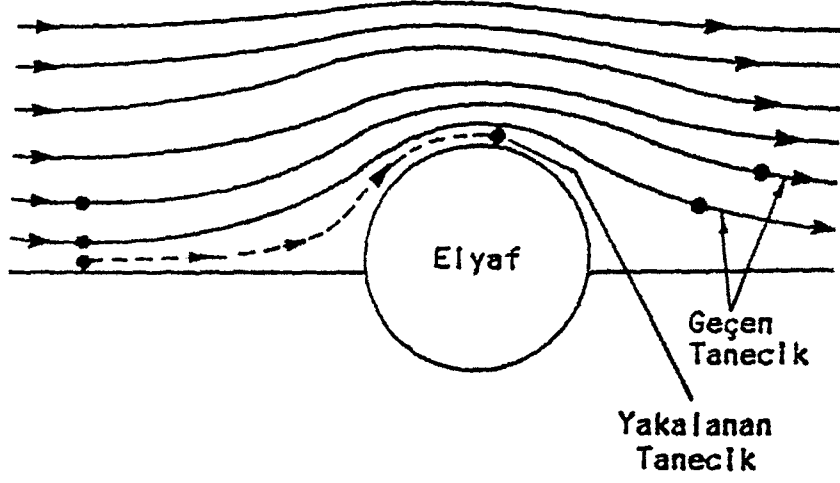
D = elyaf çapı

Elek Etkisi

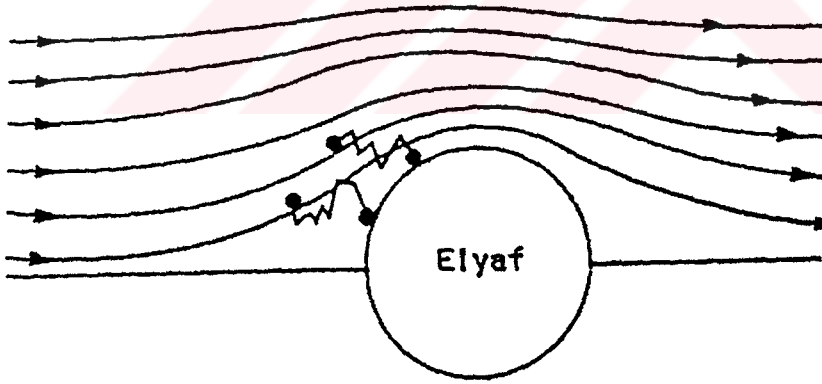


Atalet Etkisi

Yakalama Etkisi



Difüzyon Etkisi



Şekil 6.1 Çeşitli filtrasyon mekanizmaları

şeklinde ifade edilmiştir. Burada Re_p , tanecik çapına göre tasarımlanmış Reynold sayısını, C_D ise elyafın direnç katsayısını göstermektedir.

6.1.4 Difüzyon Etkisi

Tanecik çapının $1 \mu\text{m}$ den daha küçük olması halinde, taneciklerle çarpışan gaz molekülleri onların düzensiz hareket etmelerine neden olabilmektedir. Gaz moleküllerinin Brownian hareketi denen bu davranışları sonucu filtre elyafı ile çarpışan tanecikler onlara yapışabilmektedir. Bu etki hava hızı, tanecik çapı ve elyaf çapı küçüldükçe artmaktadır. Difüzyon etkisi verimi yine Torgeson tarafından verilen:

$$\eta_{\text{yak}} = 0.75 * \frac{(C.Re_p)^{0.04} * (V_0 * D)^{-0.6} * 3.\pi.\mu.d}{2 \sigma.C} \quad (6.3)$$

ifadesi ile hesaplanabilir. Burada,

C = Cunningham kayma düzeltme faktörü,

σ = Stefan-Boltzman sabitidir.

Bir filtrenin toplam veriminde bütün bu mekanizmaların etkisi görülür. Tanecik çapının artması atalet ve yakalama etkisini artırırken, difüzyon etkisini azaltacağından seçilen bir filtre elyafı için tutulması en zor olan bir tanecik çapı bulunur. Şekil 6.2'de cam yünü elyafından yapılmış hasas bir filtrede bütün bu mekanizmaların verim üzerindeki etkisi ile toplam verimin tanecik çapına göre değişimi görülmektedir. Buradan $0,02-0,03 \mu\text{m}$ çapındaki taneciklerin tutulması en zor tanecikler olduğu görülür. Şekildeki eğri sabit bir hava hızı için geçerlidir, hava hızı azaldıkça difüzyon etkisi artıp, atalet etkisi azalacağından eğri sağa doğru kayacaktır.

6.2 Filtre Verimleri Ve Filtre Seçimi

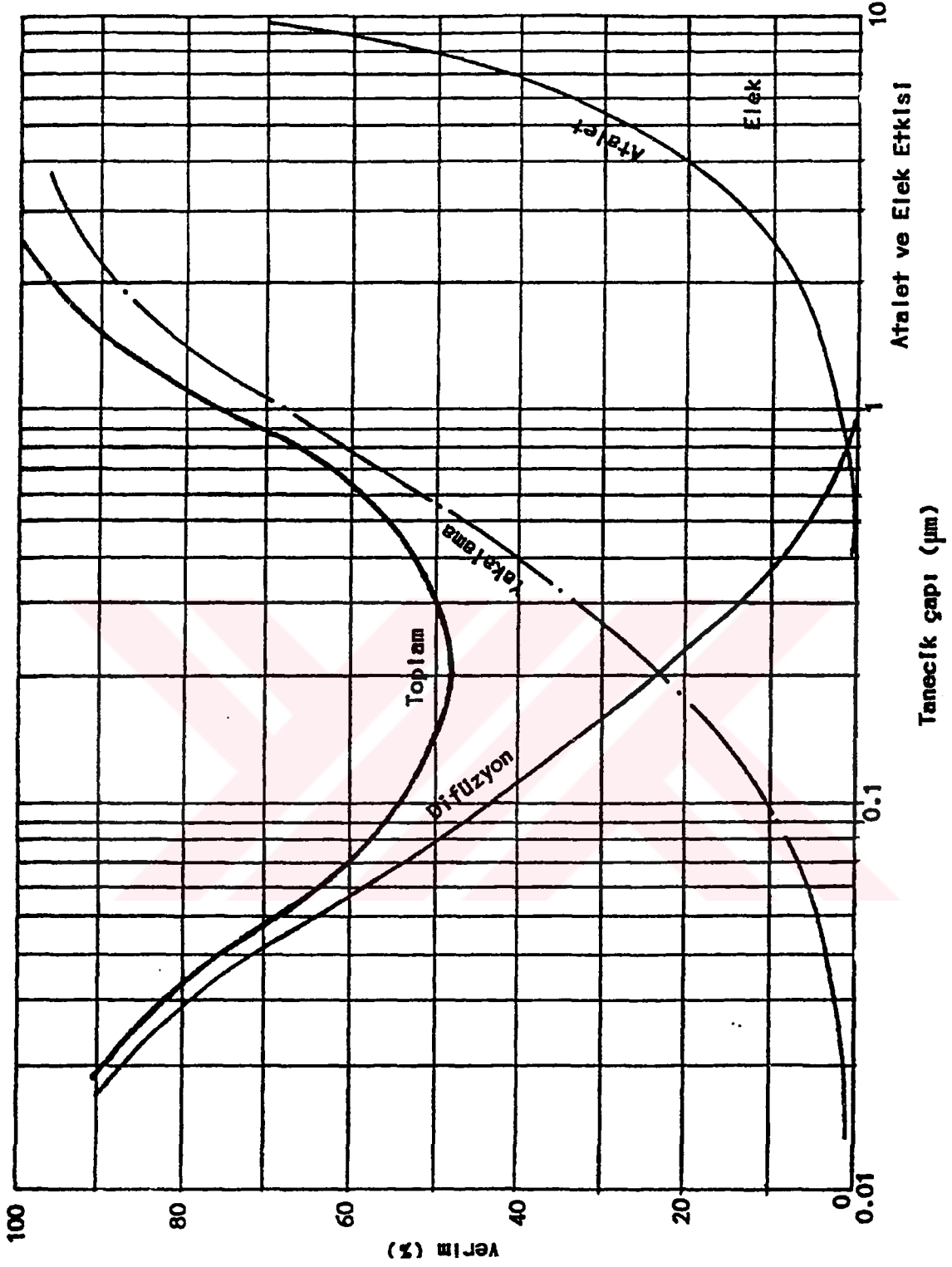
Bir filtrenin verimini ölçmek için değişik ülkeler tarafından çeşitli metodlar geliştirilmiş ve standartlar çıkarılmıştır. Ancak bu çok büyük karmaşıklığa neden olduğundan 1968 yılında A.B.D.'lerinde çıkarılan ASHRAE Standart 52-76 ve Avrupa'da da bunu esas alan EUROVENT 4/5 Standardı bir çok filtre imalatçısı tarafından kabul edilerek bu karışıklık

giderilmiştir. Avrupa'da 1993 yılında çıkarılmış olan CEN (Comite Europeen du Normalisation) ve DIN 24185 filtre verim ölçme standartı da yine ASHRAE'yi esas almıştır

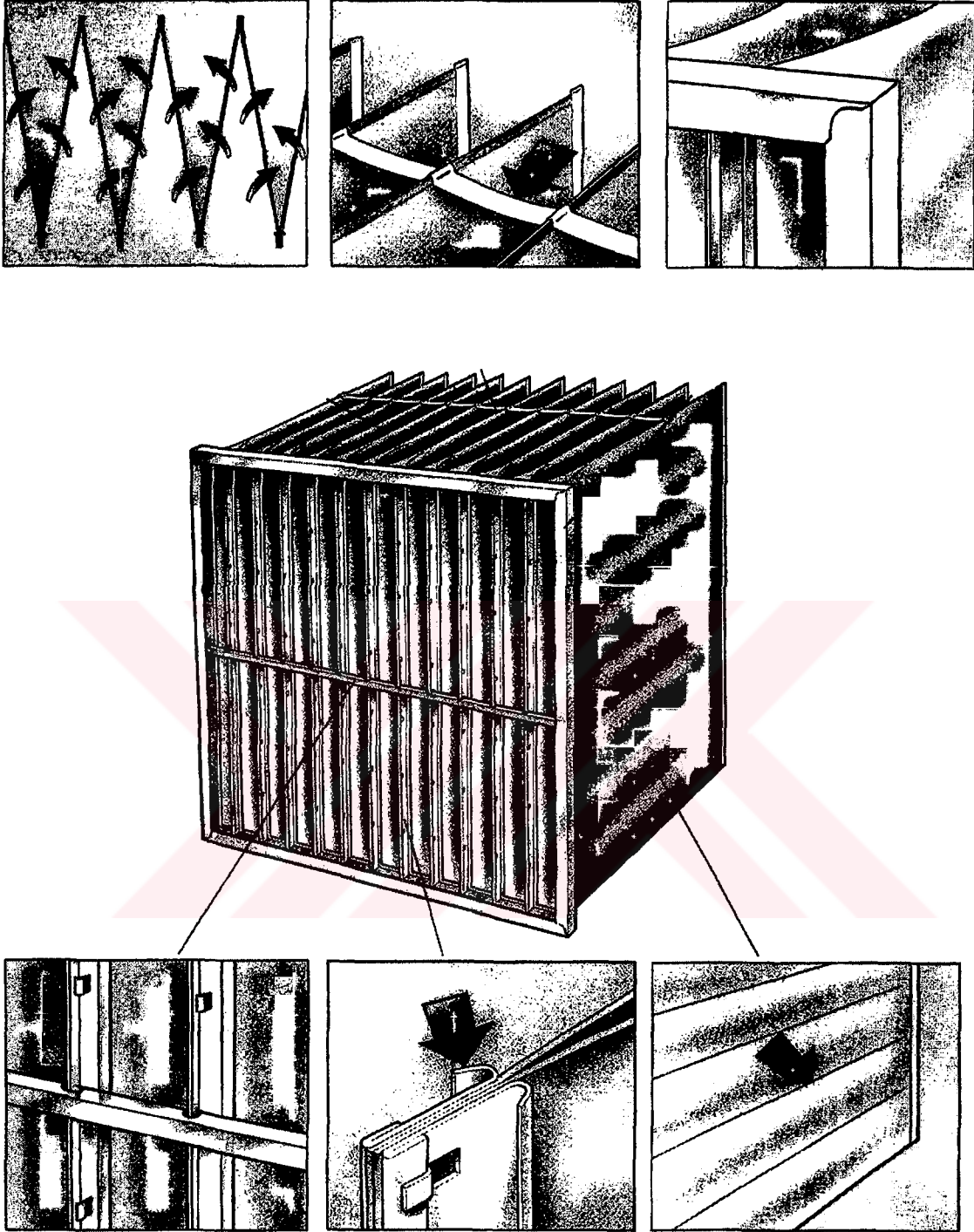
Bu standarta göre iki test önerilmiştir. Atmosferik toz verimi (Atmospheric Dust Spot Efficiency) denilen atmosfer havası ile yapılan verim deneyinde test edilecek filtreden önce ve sonra konulan kağıt filtrelerin optik olarak karşılaştırılması esas alınmıştır.

Şekil 6.3'de ise bir HEPA Filtre ve çerçevesine yerleşimini görebilirsiniz.





Şekil 6.2 Çeşitli filtrasyon mekanizmalarının tanecik çapına göre filtrasyon verimine etkisi



Şekil 6.3 Bir HEPA Filtrenin önden görünümü ve çerçevesine yerleşimi

Şekil 6.4'da atmosferik toz verimini ölçmek için ASHRAE 52-76'ya göre kurulması gereken test sistemi görülmektedir. Atmosferlerden alınan dış hava bir odadan test edilecek

filtrenin bağlandığı kanala girmektedir. Filtre önüne ve arkasına konulan sondalardan bir vakum pompası ile emilen hava, sondalarda bulunan kağıt filtreler üzerinde dışarı atılmaktadır. Bu kağıt filtreler kirlenme miktarına göre optik olarak ışığı geçirme kabiliyetlerini yitirmektedirler. Problardan emilen hava miktarları (Q) ve ışık geçirme kabiliyetlerindeki azalma (O) ölçülerek atmosferik toz verimi:

$$E = \% (1 - \frac{Q_2}{Q_1} * \frac{O_2}{O_1}) * 100 \quad (6.4)$$

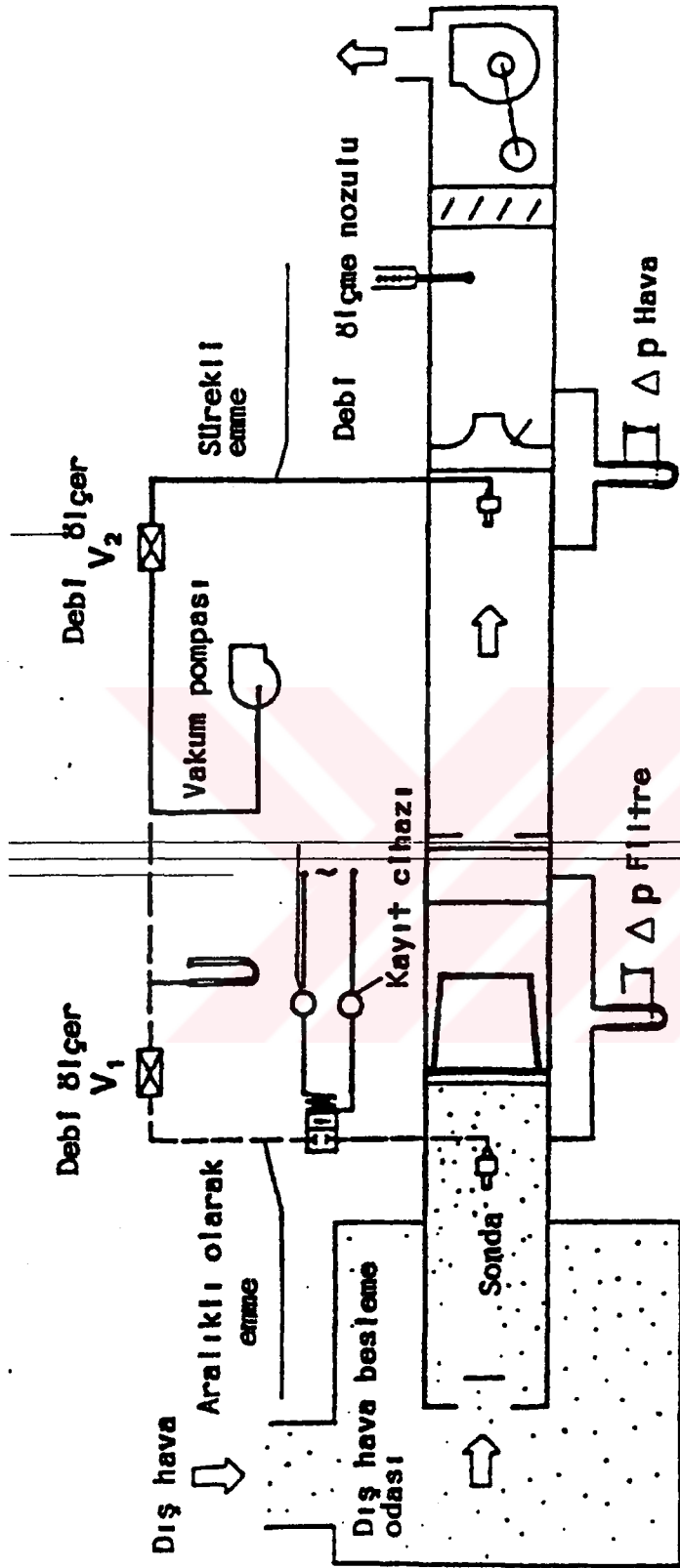
şeklinde hesaplanır. Test sırasında kirli havadan aralıklı olarak, temiz havadan ise sürekli olarak sondalar ile hava emilerek, her iki sondadaki filtre kağıdının aynı miktarda kirlenmesine yani $O_2/O_1=1$ olması çalışılır.

Tutulan toz ağırlığına göre verim (weight arrestence) ise yapay toz ile yapılan deney sonucu bulunan bir verimdir. Deney yapılan filtreden geçen ve filtrede tutulan toz taneciklerinin tartılması ile hesaplanır.

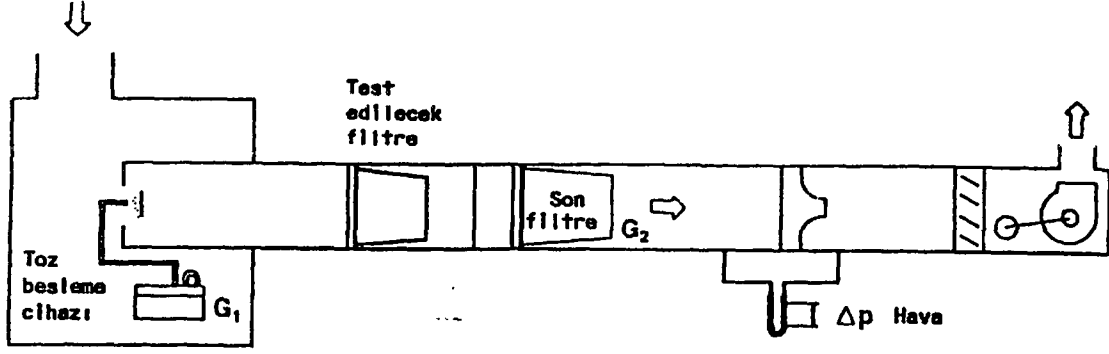
Şekil 6.5’de bu verimin tesbiti için gerekli deney tesisatı gösterilmiştir. Test edilecek filtreden geçen tozlar bir son filtre ile tutulmaktadır. Beslenen toz ağırlığı W1, son filtrede tutulan veya test edilen filtreden geçen toz ağırlığı W2 ise yapılan her bir test verimi:

$$A = \% (1 - \frac{W_2}{W_1}) * 100 \quad (6.5)$$

şeklinde hesaplanır. Bu deney esnasında yapay toz kademeli olarak beslenerek her bir kademedeki basınç kaybı, atmosferik toz verimi, (temiz filtrede E = %20’nin üzerinde olmak kaydı ile) tutulan toz ağırlığına göre verim (A) ve ayrıca toz tutma kabiliyeti ölçülür.



Şekil 6.4 ASHRAE 52-76'da tanımlanan atmosferik toz veriminin tesbiti için gerekli deney



Şekil 6.5 ASHRAE 52-76'da tanımlanan tutulan toz ağırlığına göre verim deney sistemi

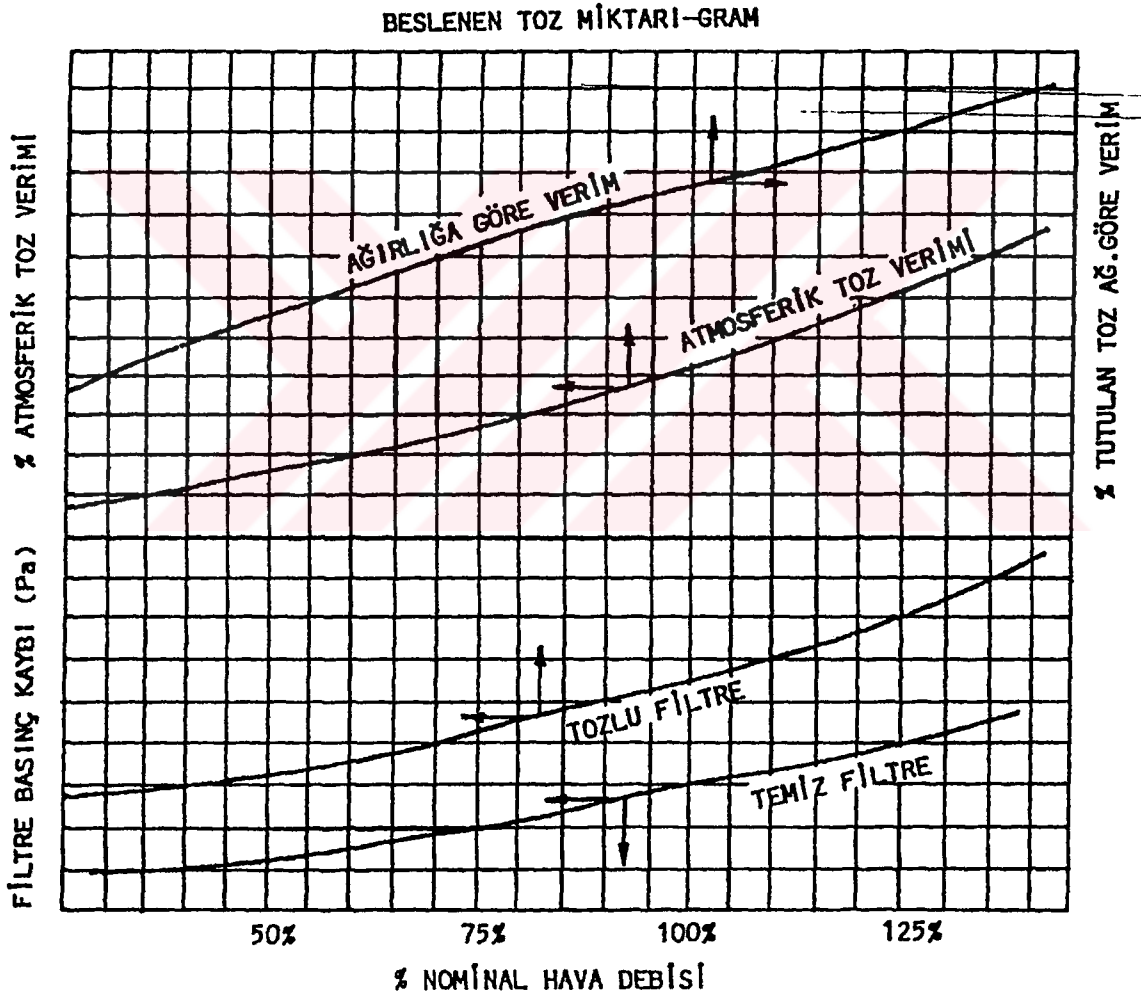
Müsaade edilebilir basınç kaybına erişilene kadar deneye devam edilerek ortalama değer hesaplanır. ASHRAE'ye göre bu deneyde kullanılacak yapay tozun tanecik dağılımı Tablo-6.1' de verilmiştir.

TABLO 6.1 ASHRAE'ye göre tutulan toz ağırlığına göre verim testinde kullanılan yapay tozun tanecik dağılımı

Tanecik Cinsi	Yüzdesi (%)
Arizona ince yol tozu	%72
0-5 μm %12	
5-10 μm %12	
10-20 μm %14	
20-40 μm %23	
40-80 μm %30	
80-200 μm %9	
Karbon siyahı	%23
Pamuk elyafı	%5

ASHRAE standartlarına göre filtreler için her iki veriminde tayin edilmesi ön görülmektedir. Ancak atmosferik toz verimi %20 nin altında olan filtreler için bu verim istenmez. Bu metoda göre yapılan bir filtre deneyinde Şekil 6.6'de verilene benzer eğriler

elde edilir. Bu standarda göre yapılan filtre verim deneylerinde ayrıca filtrenin basınç kaybı artışı gözlenir. İmalatçı tarafından saptanan filtrenin maksimum basınç kaybına erişilince deneye son verilir. ASHRAE toz tutma kapasitesi diye tanımlanan büyüklük, deney sonuna kadar eğri altında kalan alanı intagre ederek bulunan toz tutma miktarlarıdır. Bu da yine Şekil 6.6'de görülmektedir. Bu deney her ne kadar filtrenin ömrünün bir ölçüsü ise de, yapay toz kullanıldığından yanıltıcı olabilmektedir. Bazı imalatçılar ise toz tutma kapasitesi ve ağırlığa göre verim, yüksek basınç kayıplarında iyileştiğinden, normal 250 Pa basınç kaybına kadar kullanılması gereken bir filtrede, 500-600 Pa'daki değerleri verebilmektedir.



Şekil 6.6 ASHRAE 52-76 Standardına göre yapılan bir filtre verim deneyi

Atmosferik toz verimi %98'in üzerindeki filtreler için DOP testi istenir. Bu testte plastik ve boyalarda kullanılan dioctyl phthalate (DOP) adlı madde kullanılır. Buharlaşıma basıncı düşük olduğu için normal sıcaklıklarda yoğuşturularak 0.3 µm çapında homojen tanecikler elde etmek mümkündür. Bu taneciklerin filtrelerdeki geçirgenliği optik olarak saptanarak filtre verimi tayin edilir. Buna göre örneğin DOP %99.97 den büyük olan filtrelere ise mutlak filtre adı verilir. Buna göre örneğin DOP verimi %99.9999 olan bir mutlak filtrede 0.3 µm çapındaki 1.000.000 tanecikten sadece bir tanesi filtreden geçebilmiş demektir. Mutlak filtreler kullandıkları ülkelere, verime ve test metodlarına göre çeşitli isimlere göre adlandırılır. En çok kullanılanlarla ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

DOP verimi % 99,97'de büyük, temiz iken normal debisinde maksimum 250 Pa basınç kaybında çalışan kullanılıp atılır cinsden filtreler uluslararası verilen isim HEPA(High Efficiency Particulate Air Filter) filtredir. BS 3928 İngiliz standardına göre verimi % 99,95'den büyük olan mutlak filtreler göre HESPA (High Efficiency Submicrometer Particulate Air Filter) denilmektedir. 0,12 mikrondan büyük tanecikler için % 99,999 olan daha hassas filtreler ise ULPA filtre denir. Almanya'da DIN 2418 normuna göre mutlak filtreler SCHWEBSYOFF filtreler denir ve Q, R, S olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar. Kuzey ülkelerinde ise mutlak filtreler verilen diğer bir isim ise MİKRO FİLTRE'dir. Bunun dışında VEPA (Very High Efficiency Particulate Air Filter) ve VLSI (Very Large Scale Integrated Circuit Filters) isimleri de kullanılmaktadır. Tablo 6.2'de DIN 24184 ve 24185'de alınan ASHRAE 52-75'e göre tanımlanan bu verimlerin karşılaştırılması, Eurovent 4/4'e göre filtre verimleri görülmektedir.

Tablo 6.2 Çeşitli verimlerin karşılaştırılması (DIN 24184-5)

ASHRAE 52-76'da tutulan toz ağırlığına göre verim (A)	ASHRAE 52-76'da atmosferik toz verimi (E)	Eurovent Klas	Eski tanım	Filtre kalitesi
% 100	% 100			
99.5	95	EU 9		Mutlak
99.3	90	EU 8	C 3	Hassas
98	80	EU 7	C 2	Hassas

Eurovent 4/9 Standartında da tanımlanan bu yeni metodun klasik DOP testi ve ASHRAE 52-76 verim tanımlarına göre önemli avantajları vardır. Bunlar arasında filtre veriminin, filtrenin kullanılacağı yerde istenen özelliklere göre (örneğin istenen tanecik çapı için) test edilebilmesi için laboratuvar şartları ile gerçek uygulama arasındaki benzeşime daha iyi uyum sağlama, daha hızlı ve basit deney yapabilmek ve hepsinden önemlisi aynı ölçme aletlerini filtrenin kullanıldığı yere taşıyarak mahalle deney imkanınının olması sayılabilir. Lazerli tanecik sayıcıları kullanılarak 0,2-5 µm arasındaki kısmi verimler kolayca ölçülebilmektedir. Eurovent 4/9'a göre bu verim testlerinde DOP taneciklerine benzer DOS (DEHS) veya plastik esaslı olan Latex (0,15-5 µm) tanecikler kullanılmaktadır.

Filtre seçiminde genel kaide, verilen bir hava debisi için filtre yüzeyini mümkün olduğu kadar büyük seçmektir. Bu şekilde filtre ömrü arttığı gibi basınç kayıpları da azalacağından işletme masrafları da düşecektir. Diğer bir kaide de HEPA ve ULPA filtrelerin muhakkak bir hassas filtre ile (EU 7) ile korunmasıdır. Bu şekilde kullanım yerine bağlı olarak HEPA ve ULPA filtrelerin ömrü 5-7 seneye kadar çıkabilir. Ön filtre olarak kullanılacak hassas filtrelerin ömrü ise tesisin bulunduğu ortama göre değişebilmektedir.

Ameliyathanelerde kullanılan HEPA ve ULPA filtrelerin seçiminde Tablo 6.2'de de görüldüğü gibi birçok alternatif bulunmaktadır. 610*610 mm boyutlarında ve % 99,99 DOP veriminde bir filtrenin fiyatının 350-400 \$ mertebelerinde, EU 8-9'luk bir filtrenin ise bunun onda biri fiyatında temin edilebileceği düşünülürse seçimde ne kadar hassas davranmak gerektiği ortaya çıkar.

6.3 Temizlik Klasının Saptanması Ve Filtreler

Mevcut bir ameliyathanede, oda klasının tayini veya istenen klasdaki bir oda da filtre seçimi, parametrelerin çokluğu nedeniyle oldukça zordur. Ancak yine basit bir modelleme ile çok faydalı sonuçlar elde edilebilmektedir. Şekil 6.8'deki Laminer akışlı ameliyathane incelendiğinde oda klasını veren tanecik konsantrasyonu (K) aşağıdaki denge denklemi ile bulunabilir.

$$[(1-X) V C_t (1-\eta_o) + XG] (1-\eta_{ha}) (1-\eta_{he}) =kV \quad (6.6)$$

Bu denge denklemi yazılırken oda laminer akışlı olduğundan, içeride üretilen taneciklerin oda konsantrasyonunu bozmadan dışarıya atılacağı varsayılmıştır. (6.6) no'lu denklemden oda klası

$$K = [(1-X) (1-\eta_{\delta}) C_t + X G/V] (1-\eta_{ha}) (1-\eta_{he}) \quad (6.7)$$

Şeklinde bulunur. Tamamen taze hava ile çalışması ($X=0$) halinde (6.6) denklemi

$$K_{x=0} = (1-\eta_{\delta}) (1-\eta_{ha}) (1-\eta_{he}) C_t \quad (6.8)$$

Şeklini, tamamen dönüş havası ile çalışması ($X=1$) halinde ise

$$K_{x=1} = (G/V) (1-\eta_{ha}) (1-\eta_{he}) \quad (6.9)$$

Şeklini alır.

Oda laminer akışlı olmayıp da türbülanslı olması halinde içeride üretilen tancikler hemen oda havasına karışarak her tarafa dağılacaktır. Bu durumda denge denklemi,

$$(1-X) V. C_t (1-\eta_{\delta}) (1-\eta_{ha}) (1-\eta_{he}) + G = kV \quad (6.10)$$

şeklini alır. Oda klası ise,

$$K = (1-X) (1-\eta_{\delta}) (1-\eta_{ha}) (1-\eta_{he}) C_t + (G/V) \quad (6.11)$$

Şeklinde bulunur. Tamamen taze hava ile çalışması ($X=0$) halinde (6.11) denklemi:

$$K_{x=0} = (1-\eta_{\delta}) (1-\eta_{ha}) (1-\eta_{he}) C_t + (G/V) \quad (6.12)$$

Şeklini, tamamen dönüş havası ile çalışması ($X=1$) halinde ise,

$$K_{x-1} = G/V \quad (6.13)$$

Şeklini alır.

Bu denklemleri kullanıp oda klasını saptayabilmek için yukarıdaki denklemlerden görülebileceği gibi,

C_1 = Dış havadaki tanecik konsantrasyonu,

η = Filtre verimleri ve

G = Odadaki tanecik üretimi,

tanecik çapına göre çok iyi bir şekilde bilinmesinin yanında hava debisinin de seçilmesi gerekir.

Bu tür hesapların hassas bir şekilde yapılabilmesi için filtre imalatçılarından alınacak verim eğrilerinin çok önem kazandığı görülür. Ameliyathanelerde kullanılan klima santrallerinde son filtreye göre önerilen ön filtre ve hassas filtre (2.ön filtre) tablo 6.3'da görülmektedir.

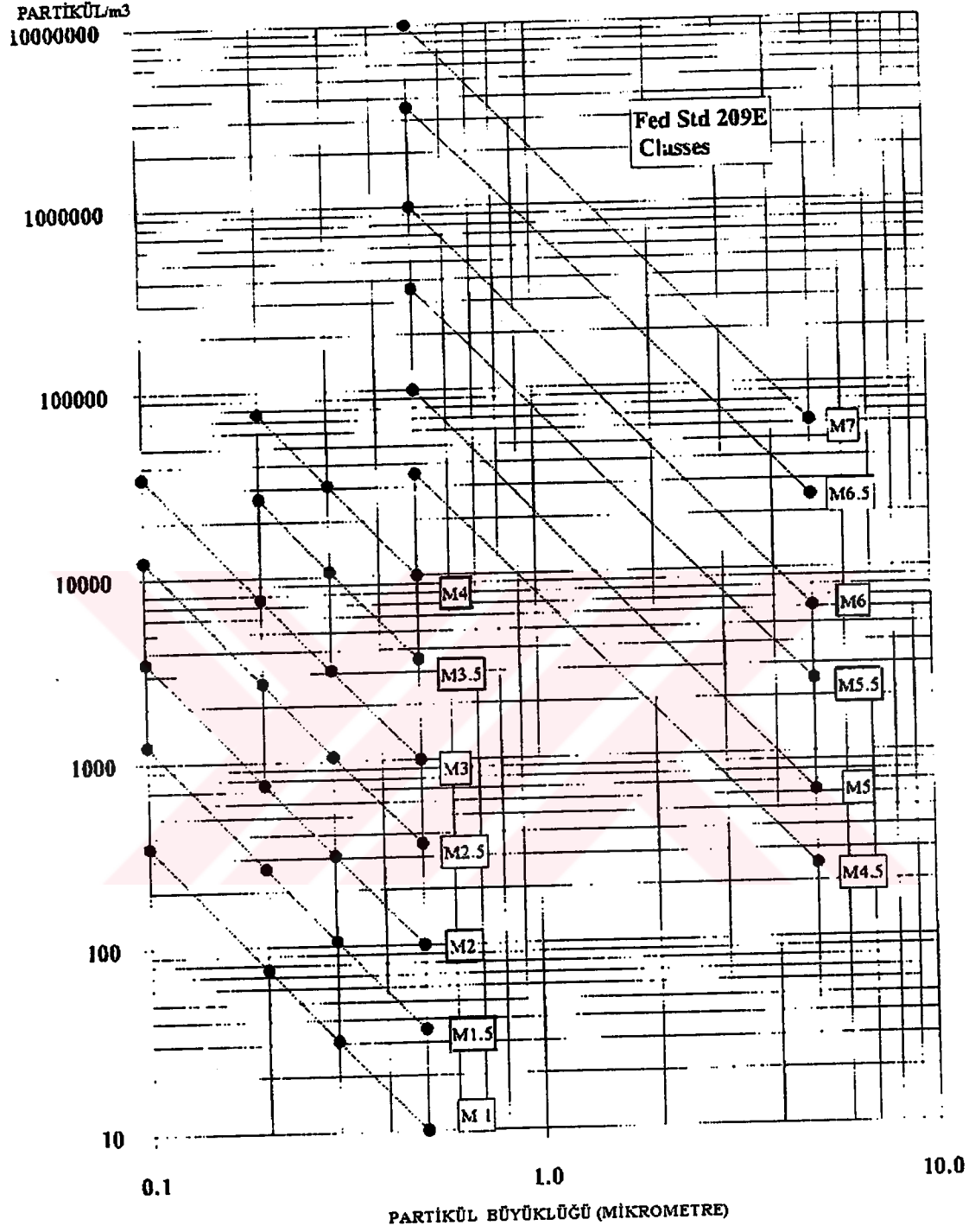
Tablo 6.3 Filtre seçimi

UYGULAMA	ÖN FİLTRE	2.ÖN FİLTRE (HASSAS FİLTRE)	SON FİLTRE	NOTLAR
Hastane'de çok steril olması gerekmeyen mahaller	Tutulan toz ağırlığına göre verim: %80-90, atmosferik toz verimi % 20-35 Eurovent 4/5:	Tutulan toz ağırlığına göre verim > %98, atmosferik toz verimi % 80-90 Eurovent4/5:	DOP verimi: Eurovent 4/5: EU 10	Bakteri, duman, is, leke yapıcı kirliliğe karşı (yağ) etkili filtrasyon

	EU 3	EU 7		
Ameliyathaneler ve radyoaktif sahalar	Tutulan toz ağırlığına göre verim: %80-90, atmosferik toz verimi % 20-40 Eurovent 4/5: EU 3/4	Tutulan toz ağırlığına göre verim > %98, atmosferik toz verimi % 80-95 Eurovent4/5: EU 7/8	DOP verimi > % 99,97 Eurovent 4/5: EU 12/13/14	Bakteri, radyoaktif toz, duman, toksit tozlara ve virüzlere karşı çok etkili bir filtreleme

Klasını bulmak için ayrıyeten daha kısa bir yöntem ise tablodan seçmektir. m^3 başına partikül sayısı bilindiği takdirde partikül büyüklüğü ile karşılaştırılıp bulunabilir.





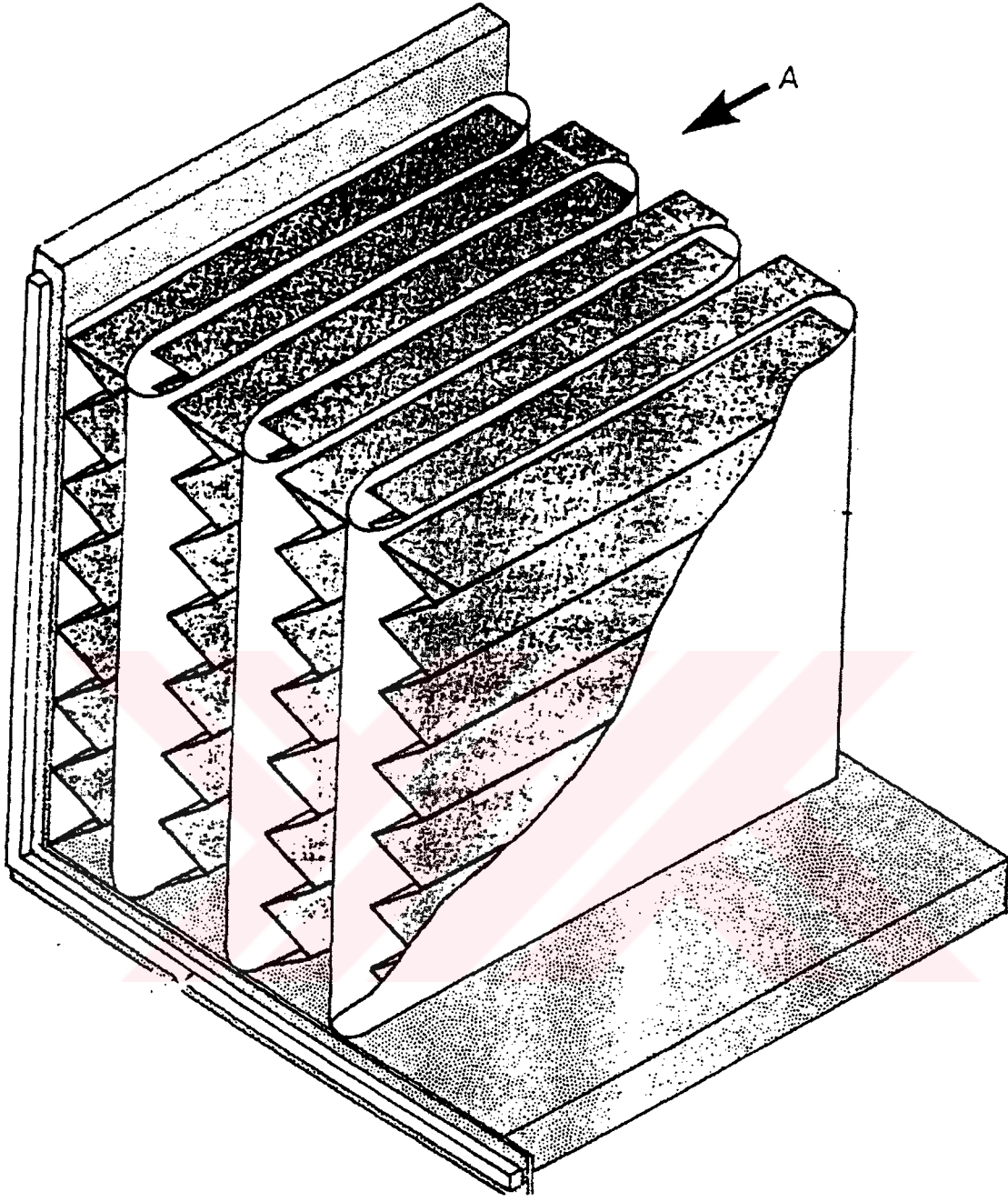
Şekil 6.8 Diyagramdan klas seçimi

6.4 Yüksek Verimli Filtrelerin Yapısı

Yüksek verimli filtreler genellikle iki şekilde yapılmıştır. Geleneksel ve mini-kıvrımlı. Her iki yapının da amacı geniş bir yüzey alanı elde etmek ve bu yüzey alanının emniyetli bir şekilde çerçeveye oturtulmasıdır. Ki bu filtre edilmemiş havanın içeriye sızması için çok önemli bir konudur.

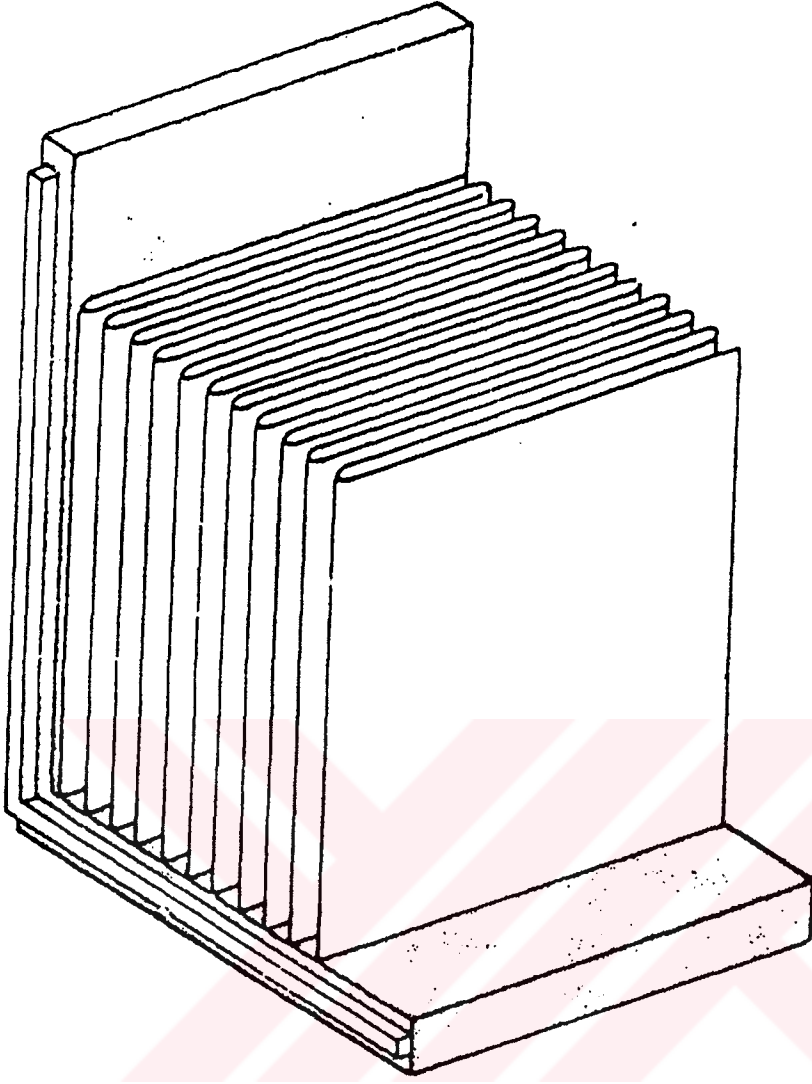
Geleneksel filtreler, filtre kağıtlarının ileri geri ve yan yana 15 cm veya 30 cm uzunluklarında yuvarlayarak bitleştirilmesidir. Havanın geçişine izin vermek ve filtreyi düz tutmak için buruşturulmuş bir parça alüminyum folyo separatör olarak kullanılmaktadır. Bu takım ardından plastik, ahşap veya metal bir çerçevenin içine yerleştirilmektedir. Böyle bir filtre örneğini Şekil 6.9'da görebilirsiniz.





Şekil 6.9 Geleneksel Filtre yapısı

Son zamanlarda bu filtreler anı zamanda mini platformda da görülmektedir. Bu filtre de Alüminyum separatör kullanılmamaktadır. Filtre kağıdı kıvrımlıdır ve bu şekilde çerçeveye yerleştirilmiştir. Bu tip filtrelerin çevresi diğerlerine göre iki katıdır. Bu tip bir filtre şekil 6.10'de gösterilmektedir.



Şekil 6.10 Mini kıvrımlı filtre örneği

7. AMELİYATHANELERDE LAMBALARIN, ANESTEZİ GAZ VE CİHAZLARIN ETKİSİ:

Ameliyathanelerin klimatizasyonunda etkili olan kriterlerden biri de anestezi sırasında kullanılan gazlardır. Eskiden ameliyat sırasında eter kullanılırdı, fakat bunun yerini artık özel anestezi cihazlarıyla uyuşturma aldı. Kullanılan yeni yöntemler, ya maske ile uyuşturma (Bu durumda yüksek bir aspirasyon gerekmez) veya İntubasyon narkozu (Burada hava veya oksijen-narkoz karışımı bir hortum vasıtasıyla doğrudan solunum yollarına verilir) tercih edilmektedir.

İstenmeyen yan etkileri önlemek için genellikle anestezi gazları insanlara bir karışım halinde verilmektedir. Bu ana gazların karıştırıldıkları gazlar genellikle Opioiden ve Kasrelaxanzen'dir. Böylece ana gazların kullanımını azaltmış ve sağlık faktörünü arttırmış oluruz. Ana anestezi gazlarımız:

- N₂O
- Halothan
- Enfluran
- İsofluran
- Methoxyfluran (Bu gaz daha nadir olarak kullanılmaktadır)
- Eter (Bu gaz da daha nadir kullanılmaktadır)

Bu ana gazlar oda sıcaklığında ya gaz olarak (N₂O) veya çoğunlukla sıvı olarak ortamda bulunmaktadır. Bu gazların uygulandığı cihazlar belirli kategorilerde toplanmıştır:

7.1 Kapalı Sistem

Bu tip cihazlarda egzost olarak çıkan gazlar, bir karbondioksit filtresinden geçilerek ve kullanılmış oksijen gazının yerine yeni oksijen gazı takviye edilerek, bu yeni karışım tekrar hastaya verilmektedir. Anestezi gazları pahalı olduğundan dolayı, bu tip cihazlar ekonomiklik sağlamaktadır.

7.2 Yarı Kapalı Sistem

Bu tip cihazlarda hastanın dakikadaki nefes hacmini geçmeyecek şekilde taze gaz ilavesi sağlanır ve böylece bir sonraki nefes alışında sadece bir miktar eski gaz karışımı hastanın yeni solumasına karışır. Yeni solumaya katılamayan gazlar bir egzost ventili ve ona bağlı boru ile dışarıya atılır.

7.3 Yarı Açık Sistem:

Bu tip cihazlarda bir gaz deposu bulunur ve egzost ventili bulunmaz. Böylelikle hastaya sadece deposundaki gaz verilir ve nefes verişinde ortaya çıkan gazlar ortama atılır.

7.4 Açık Sistem

Bu tip cihazlarda egzost gazların tümü ortama bırakılır. Hastaya hiçbir şekilde kullanılmış gaz bırakılmaz. Fakat bu tip bir sistemin maliyeti çok yüksek olduğundan artık pek tercih edilmemektedir.

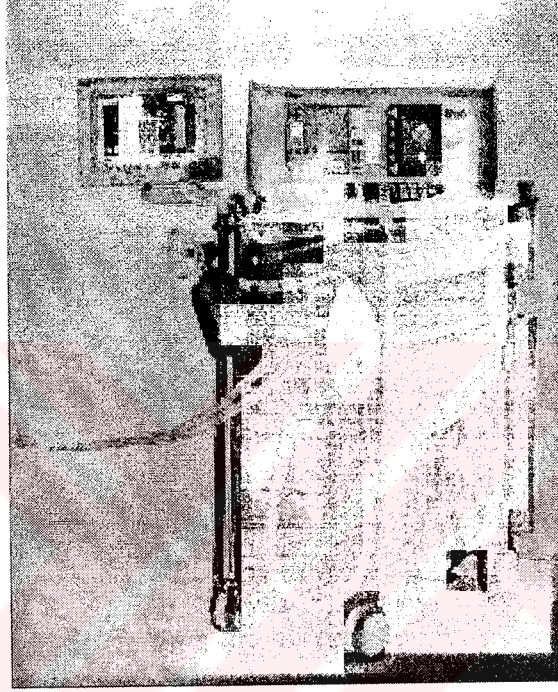
Açık ve ya yarı sistem kullanılmadığı takdirde ameliyathanelerde anestezi gazlarının çok büyük bir etkisi yoktur.

Açık ve yarı açık sistem tipi cihazlarda, cihazın gaz atış noktasında mutlaka özel bir aspirasyon yapılmak zorundadır. Çünkü aksi durumda doktorlar atılan gazlardan etkilenebilir. Cihazın egzostuna bağlanan bir kanal ile oluşan atık anestezi gazları dışarıya atılmaktadır. Atılan gazların egzost sistemi çıkışı hastahanenin, ameliyathanenin, veya herhangi bir sisteminin taze hava beslemesinin yakınında olmamalıdır. Aksi takdirde by-pass olma ihtimali doğar ve bu durumda istenmeyen bu anestezi gazları, bütün hastahaneye yayılabilir. Ayrıca dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ise egzost gazı atış menfezinin yerinin, insanları etkilemeyecek kadar yukarıda olmasıdır.

Yarı kapalı ve kapalı sistemde, bir kapama ventilinden sonra bağlı bir boru mevcut olduğundan, sadece bu egzost borusunun doğru yere yerleştirilmesi önem kazanır.

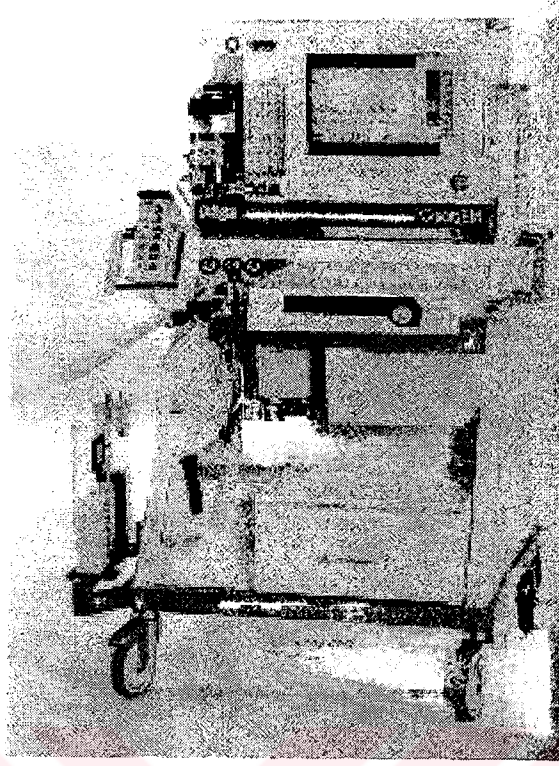
Buradaki boru tesisatı yapılırken, yine açık sistemdeki yerleştirme kaidelerine dikkat edilmelidir.

Anestezi gazları bu cihazlara duvarda bulunan gaz prizleri sayesinde gelir. Anestezi uzmanı kullanacağı gaza göre cihazı gerekli prize takmaktadır. Aşağıda çeşitli anestezi cihazlarının resmi bulunmaktadır.

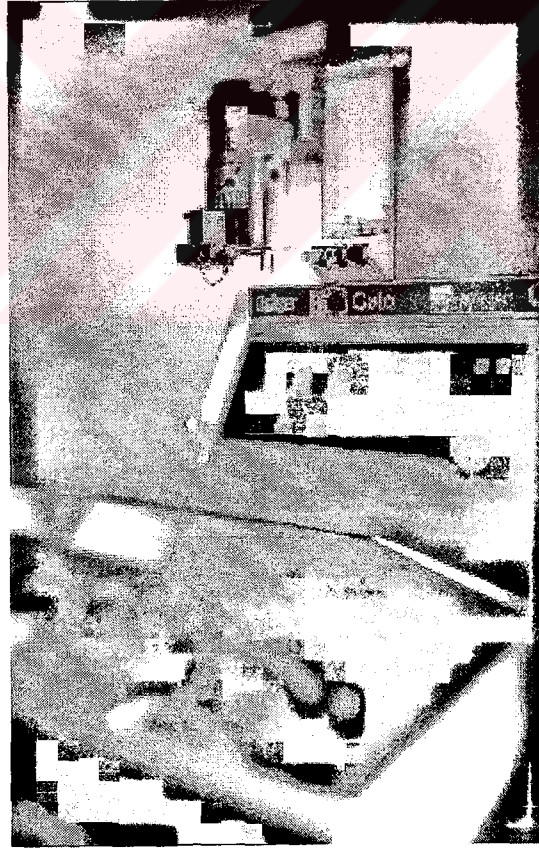
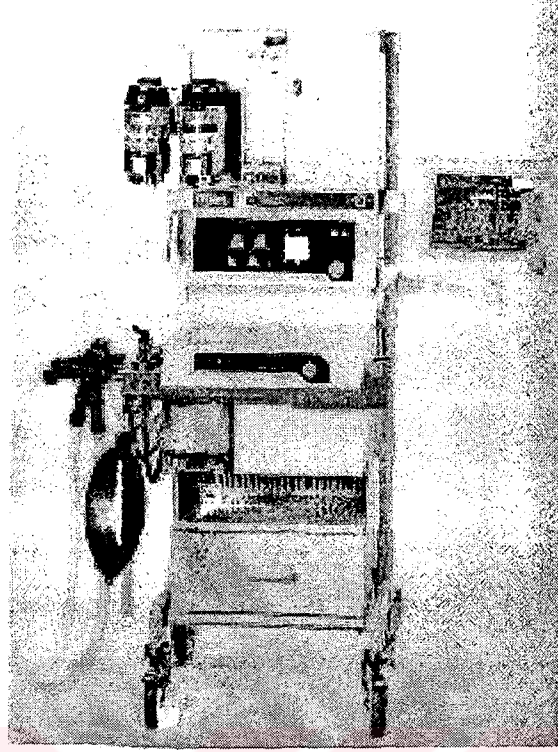


Şekil 7.1 Bir kapalı sistem anestezi cihazı örneği

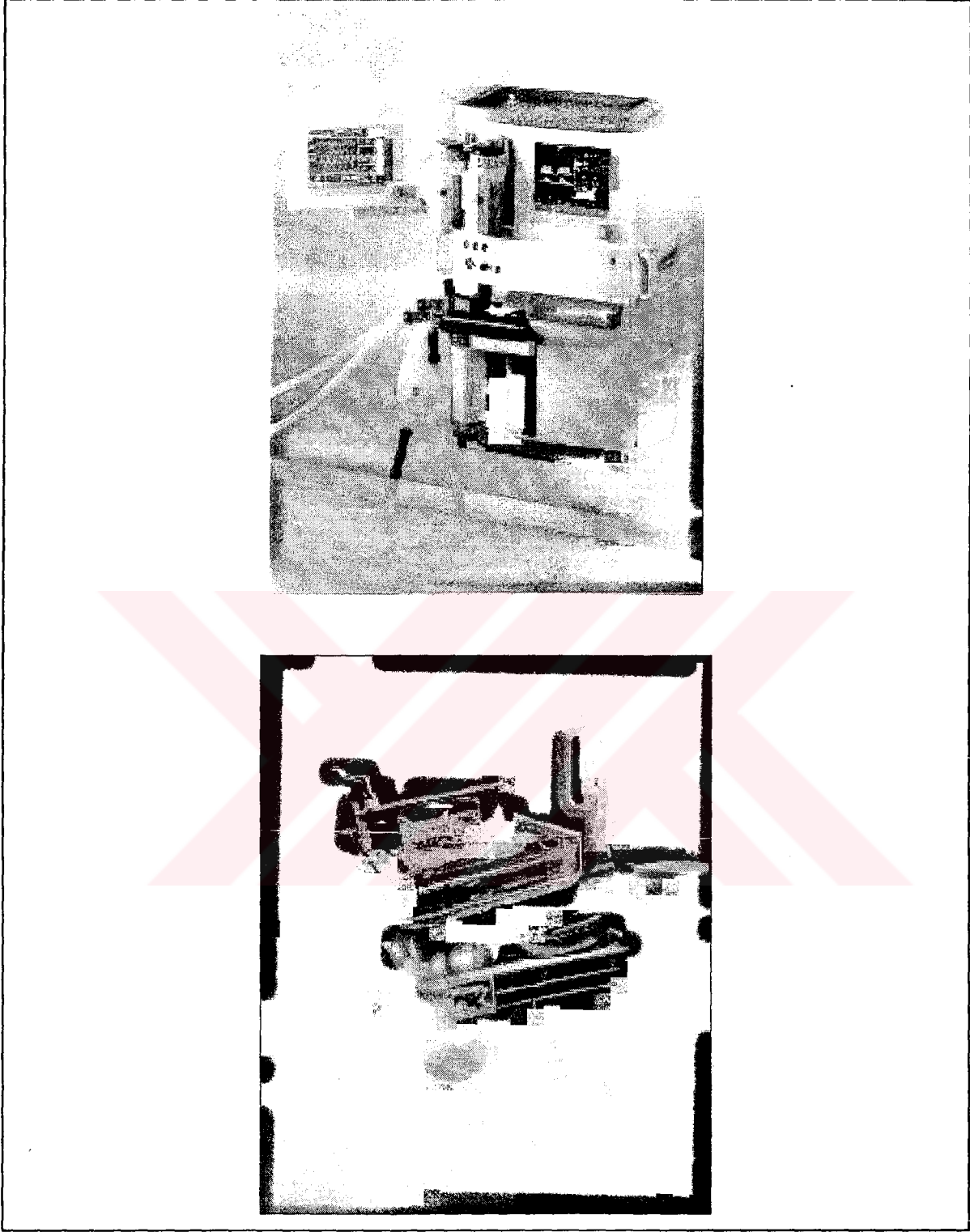
Şekil 7.1'de bir kapalı sistem anestezi cihazı görülmektedir. Bu cihazda üzerinde mevcut renkli ekranı sayesinde ayarlanan bütün değerler görülebilmektedir.



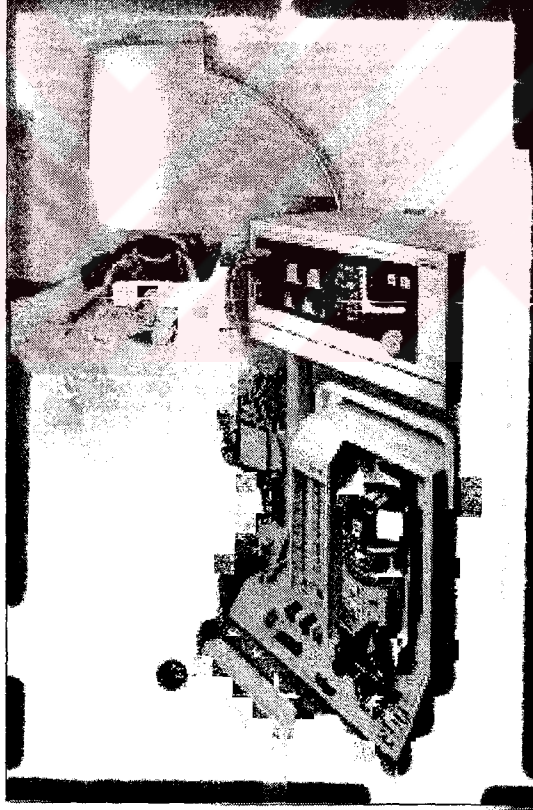
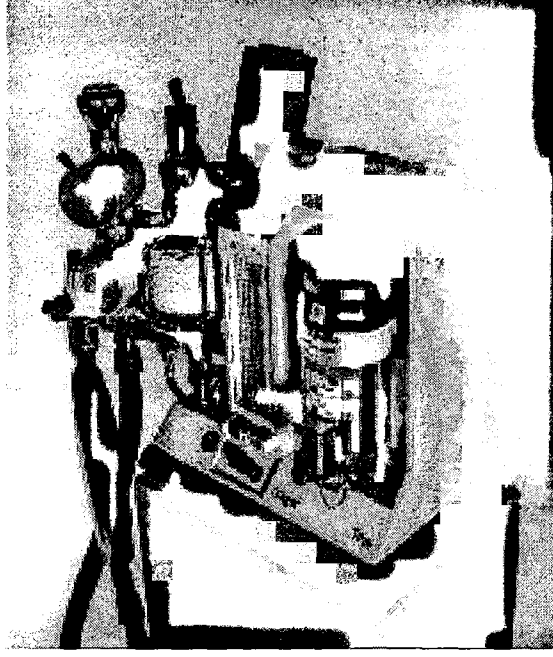
Şekil 7.2 Bir maskeli anestezi cihazının verileri gösteren ekranıyla birlikte örneği



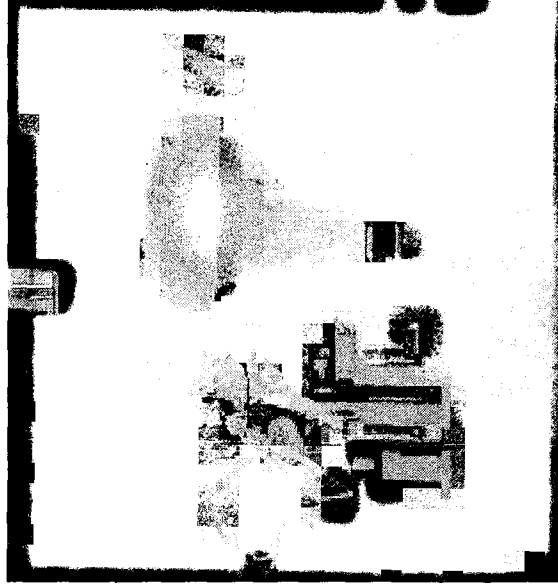
Şekil 7.3 Anestezi cihazı, nefes verme cihazı ve yaşamsal fonksiyonları izletebilen kompakt bir cihaz örneği



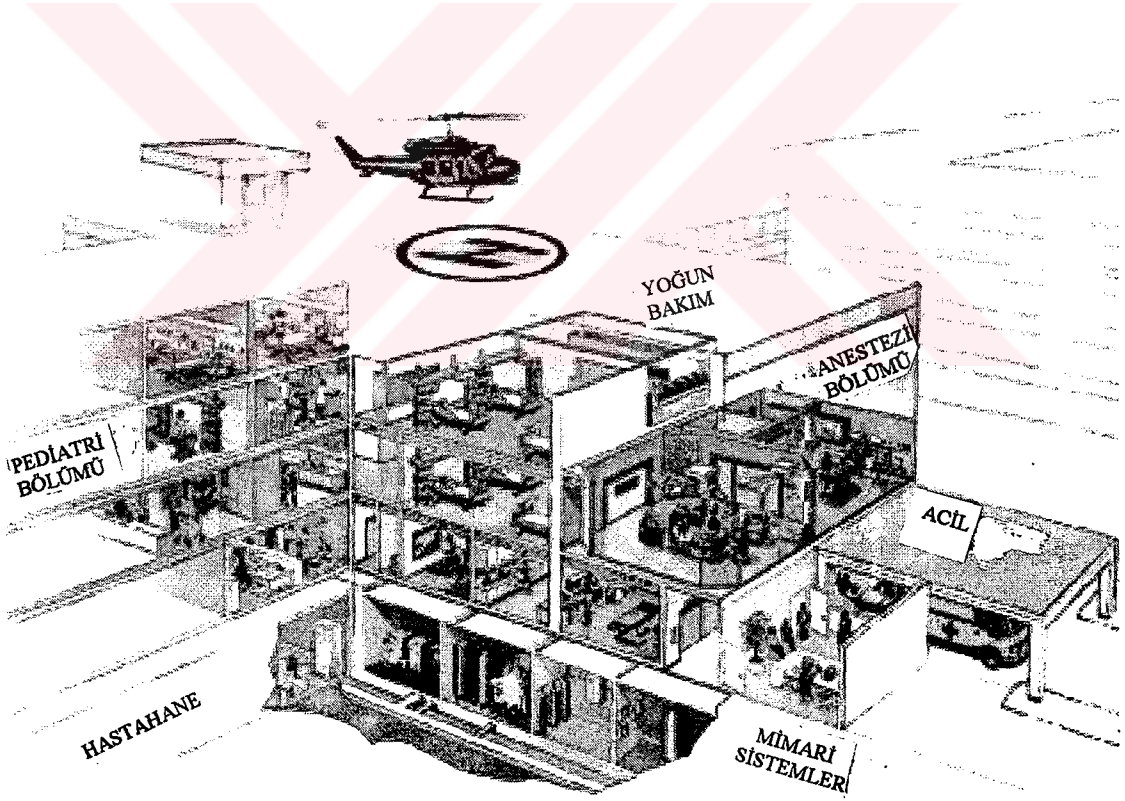
Şekil 7.4 Yer, tavan ve duvara yerleştirilebilecek bir nefes verme cihazı ayrı olarak da kullanılabilir bir anestezi cihazı örneği



Şekil 7.5 İstenirse anestezi kısmı ayrılabilen (Örneğin ambulansa yerleştirilmek üzere) veya kompakt olarak kullanılabilen anestezi cihazı örneği



Şekil 7.6 Bir anestezi cihazının hastaya uygulanırken görünümü



Şekil 7.7 Bir hastahane görünümü

7.5 Gaz Sistemi

Merkezi Gaz Dağıtım Sistemi başlıca,

1. Gaz Besleme Kaynağı,
2. Dağıtım şebekesi (boru hattı)
3. Gaz terminalleri kısımlarından oluşur.

Ameliyathane, Reanimasyon, Yoğun Bakım gibi hastaların oksijen, medikal hava ve vakum ihtiyacı olduğu servislerde merkezi sistem arızalandığında veya acil durumlarda devreye girecek yedek gaz tüpleri bulunacaktır.

Gaz besleme kaynağı aşağıdaki donanımları içermektedir:

- Birisi yedek olmak üzere 2 adet gaz tank grubu, (Her bir grup en az 1 günlük gaz tüketimini karşılayabilecek kapasitede olacaktır.)
- Kriyojenik sıvı tankları,
- Medikal hava için birisi yedek olmak üzere 2 adet Kompresör,
- Medikal hava için oranlayıcı (azot/oksijen gaz karışımları uygun oranda karıştırılır.
- Karışım gaz analizörü üzerinden geçirilerek hatalı olması durumunda otomatik olarak kesilir.
- Vakum için birisi yedek olmak üzere 2 adet vakum pompası (vakum boru hattı sıcaklık 4°C altına düşmeyecek şekilde döşenmelidir.)

7.6 O₂ ve N₂O gazlarının Stoklanması

Basınç altında sıkıştırılmış O₂ ve N₂O gaz tanklarında sıcaklık hiçbir zaman 54°C'yi aşmamalıdır. Azot protoksit ve karbon diyoksit gazları için ayrıca sıcaklık 15°C'nin altına düşmemelidir. Bu tanklar, yanıcı maddelerden uzak tutulmalıdır, birlikte saklanmamalıdır.

Gaz çıkışlarındaki başlıklar, birbirleri arasında karışıklığa imkan vermeyecek şekilde O₂ , N₂O ve vakum için farklı boyut ve tipte standartlaştırılmıştır. Her bir çıkış hattı üzerinde 190 Kg/cm² basınç değerine dayanıklı çek valf takılı olacaktır.

Acil durumlarda gazları kesebilmek için, her ameliyathanede O₂ ve N₂O boru hatları üzerinde valfler bulunmalı; valfler, bir ameliyathaneye gelen gazlar kesildiğinde, diğerleri etkilenmeyecek şekilde monte edilmelidir. Acil durumda alarmlar devreye girmelidir.

Başlıca alarm nedenleri;

- Hatalı çalışma,
- Aşırı basınç,
- Medikal hava kompresörü su kaçırıyor
- Hava karışım oranı hatalı
- Düşük vakum basıncı, v.s.

Sıkıştırılmış oksijenin organik yağ, gres, kauçuk gibi organik maddeler ile temas etmemesine özen gösterilmelidir. Klinik uygulamalarda, yanıcı ve yanıcı olmayan anestezi gazları aşağıda verilmiştir:

Yanıcı olanlar: Cyclopropane, Ethyl ether, Divinyl ether, Ethyl klorür, v.s.

Yanıcı olmayanlar: Chloroform, Halothan, Metoksi fluran, Azot protoksit, Triklorlilen, Enfluran, v.s.

Tablo 7.1 Gaz Dağıtım Sisteminin özellikleri

Gazlar	Basınç (psi)	Debi (litre/dak)
Oksijen	50 - 55	100
Azot Protoksit	50 - 55	100
Medikal Hava	50 - 55	100
Azot	160 - 200	İmalatçı tarafından belirtilen değer

Tablo 7.2 Anestezi Cihazlarında Kullanılan Gazlar için kullanılan basınç:

	Sıcaklık: 21 °C	Kullanılan Basınç
Oksijen	Gaz	1800-2400
Karbon Diyoksit	Sıvı	838
Azot Protoksit	Sıvı	745
Medikal Hava	Gaz	1800
Etilen	Sıvı	1200
Cyclopropane	Sıvı	75
Azot	Gaz	1800-2200

- Yüksek basınçlı gaz girişlerinde bir filtre, çek valf ve dedantör (regülatör) bulunur. Dedantör basıncı 45 psi'ye düşürür.
- 25 - 30 psi altındaki oksijen basıncında gaz girişleri otomatik olarak kesilmektedir. Ancak, bazı çok eski model anestezi cihazlarında bu özellik mevcut değildir.
- Vakum tesisatında, emniyet bakımından 2 veya daha fazla vakum pompası kullanılır. Vakum terminallerinde minimum basınç 30cm Hg olmalıdır.
- Borular bakır, paslanmaz çelik veya galvaniz çelik olabilir. Boruların temizliğinde yağdan arındırılmış kuru azot veya hava kullanılmalıdır

Tablo 7.3 Vakum pompası kapasitesinin hesaplanması:

Birim	Terminal Sayısı	Grup
Anestezi odası	3 / oda	A
Sistoskopi	3 / oda	A
Ameliyathane	3 / oda	A
Doğumhane	3 / oda	A
Yoğun Bakım Odası	3 / yatak	A
Acil odası	1 / yatak	A
Travma odası	3 / yatak	A
Koronar Yoğun Bakım ünitesi	2 / yatak	A
Kateter Lab.	3 / oda	B
Diyaliz ünitesi	0,5 / yatak	B
Hemşire odası	1 / yatak	B
Hasta odaları	1 / yatak	B
Otopsi odası	1 / masa	B
Muayene odası	1 / yatak	B

A ve B kategorilerindeki toplam vakum terminal sayısı hastane için ayrı, ayrı hesaplanır ve 0.25 SCFM ile çarpılır. Bu sayı daha sonra aşağıdaki eğrilerden elde edilen kullanım faktörü ile çarpılır. Ağırlıklı toplam pompa kapasitesini bulmak için yukarıda hesaplanan A ve B toplamları toplanarak her bir ameliyathane için 1,5 SCFM eklenir:

$$\text{Vakum pompası kapasitesi} = (N_A \times 0,25 \times KFA) + (N_B \times 0,25 \times KFB_B) + 1,5N_{AMEL}$$

* SCFM = 20 °C ve 1 atmosfer hava basıncında standart cubic feet/minute

Anestezi atık gazlarının vakum sistemi ile boşaltılması durumunda pompa kapasitesi buna uygun olarak arttırılacaktır.

Yanıcı olmayan anestezikler doğrudan vakum sistemi ile atılabilmektedir. Yanıcı olanları ise, boşaltma öncesi yanıcı olmayan konsantrasyon seviyesine seyreltmek gerekmektedir.

Örnek: 385 Yataklı Bir Hastane için Vakum Pompası Kapasitesinin Hesaplanması

Aşağıdaki özelliklere sahip 385 yataklı bir hastane için gerekli vakum kapasitesi hesaplanmıştır.

Birim	Oda - Yatak Sayısı	Terminal Sayısı	Grup
Sistoskopi	2 oda	6	A
Ameliyathane	6 oda	18	A
Doğumhane	4 oda	12	A
Yoğun Bakım Odası	24 yatak	72	A
Acil odası	10 yatak	10	A
Travma odası	2 yatak	6	A
Koronar Y. Bakım ünitesi	13 yatak	39	A
Diyaliz ünitesi	4 yatak	2	B
Otopsi	1 masa	1	B
Hasta yatağı	385 yatak	385	B

Solunum Terapi	1 yatak	1	B
Revir	30 yatak	30	B
Tedavi ve Muayene odaları	20 yatak	20	B

Toplam Terminal Sayısı	SCFM	Kullamm Faktörü	Ağırlık SCFM	
Grup A	163	$163 \times 0,25 = 41$	0,52	21
GrupB	439	$439 \times 0,25 = 110$	0,22	24
Ameliyathane	6	$6 \times 1,5 = 9$	1,0	9
TOPLAM:			54*	

- Anestezi gazlarının tahliyesi dahil edilmemiştir.



Şekil 7.8 Kullanım Faktörü eğrileri

7.7 DEZENFEKSİYON VE STERİLİZASYON:

Dezenfektanlar, bilinen tüm patojenik organizmaları öldürür. Ancak bu tüm mikropların öleceği anlamına gelmez. Sterilizasyon, vejetatif bakteriler, virüsler, fungi ve bakteriyel sporları içeren tüm mikro-organizmaların öldürülerek yok edilmesidir.

Clean -Air sistemlerinde, DIN standartlarına göre, 3 kademeli filtre ile, en küçük 1 mikrona kadar olan mikrop ve partiküllerin %95'i süzülmalıdır. Tüm toz partikülleri ve yağ-su aerosolları ön filtrede tutulmaktadır. İkinci kademede yerleştirilen kömür filtresi,

yağ buharını ve kokuyu emmektedir. Tüm mikroplar üçüncü ve son olarak yerleştirilen bakteri filtresi ile süzülmemektedir.

Ev ve işyerlerinde kullanılan, duvara monte, klima cihazlarında,

- Cihaz içindeki nemden ötürü bakteri üremesine uygun ortam oluşturmakta,
- Bu bakteriler hava akımına karışarak enfeksiyon riski yaratmakta,
- Gelişigüzel bir hava akımı oluşturulduğundan ameliyat bölgesinde hava çalkalanmakta ve partikül yoğunluğu artmaktadır.

Bu tür cihazların ameliyathanelerde havalandırma maksadıyla kullanılması sakıncalıdır.

Hastanede havalandırma sistemi özellikleri bakımından öncelikli bölgeler için aşağıdaki klimatizasyon şartları önerilmektedir:

Tablo 7.4 Önerilen klimatizasyon şartları

	Havadaki mikroorganizma Partikül/m ³	Yer	Sıcaklık min-maks	Rölatif Nem	Minimum hava değişimi
Çok düşük bakteri sayısı	<10	Ameliyathane			
		Öz.el Laboratuvar	19-24 °C	% 45-60	
Düşük bakteri sayısı	<200	Aseptik ameliyathane	19-24 °C	% 45-60	15
		Acil ameliyathane	19-24 °C	% 45-60	15
		Post operatif uyanma odası	22-24 °C	% 45-60	10
		Yoğun Bakım	24-26 °C	% 35-60	10
		Doğumhane	24-26 °C	% 45-60	15
		Prematüre bebek odası	24-26 °C	% 35-60	10

Yurdumuzda bazı hastahane ameliyathanelerinde ev tipi klima cihazları ile birlikte dezenfeksiyon amacıyla ultraviyole lambası kullanılmaktadır. 240 - 480 nanometre dalga boyundaki Ultraviyole ışınları, ancak doğrudan ve sürekli temas halinde buldukları taktirde. havada asılı vejetatif bakterileri, fungi, lipoprotein virüsleri öldürmektedirler. Ameliyathanenin bir köşesine asılmış bir ultraviyole lambasının (mesafeye ters orantılı) etki sahası çok sınırlı olacağından ve mikro-organizmalar havada sürekli hareket halinde olduğundan ultraviyole ışınlarının yukarıda bahsedilen etkisi çok düşük ve yetersiz olacaktır.

Ultraviyole lambalarının, tipine göre, ışınlarının yararlı olduğu bir kullanım ömrü vardır (3000 saat gibi).

Ultraviyole ışınları dalgaboyu bakımından göz için son derece zararlı olup sürekli etkisi gözde katarakta neden olmaktadır. Bu nedenle, ultraviyole ışınlarının yoğun olduğu bir ortamda bulunanların mutlaka koruyucu gözlük takmaları gerekir.

Sağlık kuruluşlarında, hastanelerde sterilizasyon işlemi, basınç altında su buharı (otoklav), kuru sıcak hava; gaz (örneğin EtO, Etilen Oksit gazı ile); sıvı veya ışımaya yolu ile sağlanmaktadır.

Otoklavda, sterilizasyon 3 aşamada gerçekleştirilmektedir:

1. Vakum süreci: Otoklavın içerisindeki hava emilerek dışarı atılır.
2. Sterilizasyon süreci: Sterilize edilecek ve çift kat beze sarılmış malzeme üzerinde 120 °C ve 1 atmosfer basınçta su buharı 15 dakika süreyle veya, 144°C'de 3 atmosfer basınçta 2 dakika süreyle uygulanır.
3. Post-sterilizasyon süreci: Su buharı dışarı atılarak sterilize edilen malzemenin dışarıya çıkarılmadan önce iyice kuruması beklenir.

Sterilizasyon işleminin tamamlanmış olduğundan emin olmak için, malzeme ile birlikte beze sarılan özel endikatörler kullanılmaktadır. Sterilizasyon sonrası bunlar renk değiştirmektedir. Otoklavın sterilizasyon etkisi periyodik olarak kontrol edilmelidir. Bu amaçla kullanılan "sıpor şeritleri önce sterilize edilmekte ve daha sonra laboratuarda kültürü yapılarak otoklavda ölmemiş olan sıporların cinsi belirlenmektedir.

Otoklav kadar etkin olmasa da sterilizasyon amacıyla kullanılan bir diğer yöntem ise, oda ortamında ve normal hava basıncında kuru sıcak hava uygulanmasıdır. Bu yöntemde, 160°C'de 120 dakika, 170°C'de 60 dakika ve 180°C'de 30 dakika gerekmektedir.

EtO sterilizasyonunda, malzeme 10 ila 12 saat süreyle, 30 ila 60°C sıcaklıkta, sterilizatörde tutulmakta ve daha sonra en az 24 saat süreyle havalandırılarak artık gazların uçuşması sağlanmaktadır. EtO sterilizatörlerin kullanımı çok daha zor ve problemlidir. EtO sterilizasyonu, daha çok yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmayan malzemeler için uygundur. Bunlar başlıca, kauçuk, plastik, sentetikler, v.s.'dir. EtO gazı ile reaksiyona giren bazı malzemeler EtO sterilizasyonu sonucu çabucak yıpranmaktadır.

Antiseptik sıvılarda sterilizasyon maksadıyla kullanılmaktadır. Kullanılan malzemenin ve antiseptik sıvının cinsine göre, sterilize edilecek malzeme antiseptik sıvı içerisine batırılarak, 30 dakikadan bir kaç saate kadar değişebilen bir süre için tutulmaktadır.

Kobalt - 60 radyoaktif kaynağından elde edilen gamma ve röntgen ışınlarının oluşturduğu iyonizan radyasyon daha çok endüstride, tıbbi malzemelerde yüksek seviyede sterilizasyonun gerektiği durumlarda kullanılmaktadır. Sterilizasyon süresi yaklaşık 24 saattir.

Ameliyathanede kullanılan tıbbi cihaz ve donanımlar, ameliyathaneye sokulduklarında, bunlarla birlikte üzerlerine yapışmış, asılı kalmış her türlü toz partikülleri, bakteri, vs. taşınmış olmaktadır ve ameliyathaneyi kirletmektedir.

Bu şekilde kontamine olmuş tıbbi cihazlar 3 gruba ayrılabilir:

1. Üzerinde gözle görülen kan, idrar lekeleri bulunan cihazlar,
2. Üzerindeki lekeler gözle seçilemese bile perfüzyon, hemodiyaliz, ototransfüzyon aygıtları, aspiratör prob ve hortumları gibi hasta ile rutin olarak (kan yolu ile) temas halinde bulunan cihazlar,
3. Fizyolojik monitör, EKG cihazı, enfüzyon pompası gibi kontamine olmayan ancak enfeksiyon bakımından temiz tutulması gereken cihazlar.

Üretici firmalar, tıbbi cihaz kullanım kitapçığında o cihazın hangi koşullarda (sterilizasyon türü, dayanabildiği azami sıcaklık, v.s.) sterilize edilmesi konusunda mutlaka bilgi vermelidir. Şayet cihazın dekontaminasyon prosedürü ile ilgili herhangi bir bilgi mevcut değilse bu bilgi mutlaka üreticiden istenmelidir. Üretici bu bilgiyi sağlamakla hükümlüdür. Hatta bu husus gerekirse cihaz teknik şartnamesine de ilave edilebilir.

Cihazların hasta ile temasta bulunan prob, kateter, plastik hortum, v.s. gibi aksesuar ve parçalarının bir çoğu, enfeksiyona karşı önlem olarak, günümüzde artık tek kullanımlık olarak imal edilmektedir. Ancak, tek kullanımlık parçaların maliyeti düşürmek amacıyla tekrar kullanıldıkları görülmektedir.

8 SONUÇ

Görüldüğü gibi ameliyathane klimatizasyonu çok hafife alınacak bir konu değildir. Genelde Türkiye’de yaygın olan bir HEPA filtre takıldığında bütün sorunlara bir çözüm getirildiğidir. Maalesef Türkiye’de yerleşmiş bu düşünceyi yoketmek yine bize düşmektedir, çünkü bunun sonucunda riske attığımız bir, hatta o ameliyathanelerde ameliyat olan yüzlerce insanlardır.

Ameliyathane’nin aydınlatmasından, tavanına; hava hareketinden kullanacağımız cihazlara kadar klimatizasyonu etkileyen bir sürü etken vardır. Fakat çevremize baktığımızda ameliyathanelere pencere takan uygulamalar ve normal evsel tip klimalar uygulanarak çözüm getirmeye çalışan firmalar mevcuttur. Umarım bundan sonra bazı değişiklikler yaşar ve insanlara daha çok önem vererek bu tip işleri daha bilinçli olarak yerine getiririz.

Ameliyathanelerdeki klimatizasyon şartlarını özetlersek, ortam sıcaklığını 20-24 °C arasında ve bağıl nemi de % 50 - % 60 arasında tutmak gerekmektedir. Hava basıncı ise herhangi bir bitişik odaya göre ortalama % 15 daha fazla olması gerekmektedir. Ameliyathanelerde filtreler ihmal edilmemeli, 3 Kademeli filtrasyon sisteminden vazgeçilmemelidir. Dizayn ederken, yapılanişlemlerin temizlenmesi de düşünölmelidir. Çünkü temizlendikten sonra, sistem eski steril haline getirilmelidir. Aksi durumda yapılan işlemlerin pek bir faydası dokunmayacaktır.

Filtre değişimine çok özen gösterilmelidir. Filtreleri değiştirirken, filtrenin hasar görmemesine dikkat edilmelidir. Özellikle HEPA filtreler çok hassas olduğundan, çok kolayca yırtılabilmektedir. Yırtıldığı takdirde de fonksiyonlarını yerine getiremeyecektir. Bu yüzden değişimi sırasında ve çerçevesine yerleştirilirken çok dikkat edilmelidir.

Ameliyathanelerin klimatizasyonu çok önemli olduğundan devletin denetleyici ve kural koyucu olarak bu konuya bir el atması çok önemlidir. Çünkü bütün bu işlemler hayatımızı doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden de gerekli standartların uygulanmasını sağlamalı ve bunları denetlemelidir.

KAYNAKLAR:

ASHRAE Handbook, (1991), (1992), (1993), HVAC Applications Systems and Equipment Fundamental

Bilge, M., (1998), Ders Notları, YTÜ, İstanbul

FOCUS, (1998), “ Aman Durun Uyanıyorum”, Focus, Sayı 6, Haziran 1998, İstanbul

Genceli, F.O., (1997), Havada bulunan kirletici maddeler, ASHRAE Temel el kitabı, Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar 2, Haziran 1997, Ankara

Gustavsson, J., (1995), Clean Room Filters, Camfill, Kingell Offset AB, Sweden

[http:// www.bk.med.dk](http://www.bk.med.dk)

<http://www.draeger.com>

<http://www.lifeline.de/roche>

Küçükçalı,R., “Hastahaneler ve Endüstriyel Sistemlerdeki Basınçlı Hava Sistemleri”, ISISAN çalışmaları, 176, İstanbul

Maro, O.S., (1997), “Temiz Odalar Düzenlenmesi Koşulları”, III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 20-23 Kasım 1997, cilt 1, Büyük Efes Oteli, İzmir

Özkaynak, F.T., (1994), Temiz Oda Tasarımı ve Klima Sistemleri, Tetisan A.Ş. Teknik Yayınları, İstanbul

Ülgen, Y., (1998), Ders Notları, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

Ülgen, Y., (1998), Kurs Notları, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

Weiss Technik, "Zuluftsysteme Für OP-Räume", Weiss Klima Technik GmbH Geräte und Anlagenbau, Berlin, D-Nr-Rk4.0.39/51881

Whyte, M., (1992), Clean Room Design, John Willey & sons, Chichester



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	03.03.1975	
Doğum yeri	Almanya	
Lise	1986-1992	Bahçelievler Anadolu Lisesi
Lisans	1992-1996	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1996-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı
Çalıştığı kurum	1995-Devam ediyor	ISISAN A.Ş.



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHÜR
SYON Müh.