

# HASTANE HİJYENİK ORTAMLARI İÇİN KLİMA VE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ TASARIM PARAMETRELERİ

Orkun Baki ANIL  
Moghtada MOBEDİ  
M. Barış ÖZERDEM

## ÖZET

Bu çalışmada amaç, hastanedeki tüm hijyenik ortamlar için klima ve havalandırma sistemi tasarım parametrelerinin standartlar tarafından önerilen değerlerinin gözden geçirilmesi ve karşılaştırılmasıdır. Bu makalede öncelikle hijyenin öneminden bahsedilmiş, hastane hijyenik ortamları tanıtılmış, bu ortamlarda hijyenin korunması için alınması gerekli önlemlere değinilmiştir. Ayrıca hastane hijyenik ortamlarının en önemlilerinden birisi olan ameliyathaneler için klima ve havalandırma sistemleri tasarım parametreleri açıklanarak, bu parametrelerin standartlar ve kılavuz kitaplar tarafından önerilen tasarım değerleri karşılaştırılmıştır.

## 1. GİRİŞ

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

Hastane ortamlarında, özellikle de ameliyat odalarında temiz hava kullanılmasının temel nedeni aseptik bir ortam yaratıp, yaratılmış bu aseptik ortamı korumaktır. Aseptik ortam, uygun debilerde temiz hava sağlayıp, yine uygun debilerde ve uygun noktalardan havanın çekilmesiyle sağlanır. Yaratılan bu aseptik ortam hastadan hastaya ve hastadan personele patojen geçiş riskini azalttığı gibi hastalarda ameliyat sonrası görülen enfeksiyon riskini de azaltmaktadır. Bu riskin azalmasıyla hastaların ilk ameliyatları sonrasında tekrar tedavi edilmeleri gerekliliği ortadan kalkmakta, takip eden tedaviler için harcanan zaman ve paradan tasarruf edilmektedir. Ameliyat sonrası enfeksiyonu, özellikle diz ve kalça eklemlerinin protez ameliyatları açısından büyük önem teşkil etmektedir. Bu tip ameliyatlarda çok derin kesiler açıldığından ve büyük protezler vücut içine yerleştirildiğinden ameliyat odasının havasının temizliği çok önemli bir faktördür. Gerek asılı kalmış parçacıkların ameliyat bölgesi ile direk teması, gerekse bu parçacıkların kullanılan ekipman ya da protezlerin üzerine yerleşmesi vasıtasıyla ameliyat bölgesine dolaylı olarak taşınması sonucu gelişebilecek ameliyat sonrası enfeksiyon, ameliyatın tamamen başarısız olmasına, hastanın ağrı duymasına, ameliyatın ağırlığı sebebiyle hemen ikinci bir ameliyat yapılamayan durumlarda ise, hastanın bu sorunu 6-12 ay çekmesine ve bu süre sonunda aynı ameliyatın tekrarlanmasına yol açmaktadır [1, 2]. Diğer zorlu ameliyat türlerinde ise (organ ve kemik iliği nakilleri, beyin ve omurilik ameliyatları vb.); ameliyat odası havasının temizliği aynı önemi taşımakta, oluşabilecek ameliyat sonrası enfeksiyon hastanın hayatını kaybetmesi ile bile sonuçlanabilmektedir.

Hastane enfeksiyonu nedeniyle gerçekleşen yıllık ölümler ve bunun Amerika Birleşik Devletleri bütçesi üzerindeki tahmini yıllık etkisi Tablo.1'de gösterilmiştir. Tablodan görülebileceği gibi, bu harcamaların 1.6 milyar dolarlık kısmı ameliyat bölgesi enfeksiyonları içindir. Her yıl Amerika'da tahmini olarak 19000 insan bu enfeksiyonlar sonucu hayatını kaybetmektedir. Dünya sağlık örgütünün bilgilerine göre tüm dünyada 1.4 milyon insan hastane enfeksiyonu yüzünden rahatsızlık çekmektedir [3].

**Tablo 1.** Hastane enfeksiyonu etkilerinin ABD üzerindeki yıllık etkisi

	Ekstra Gün		Ekstra Harcamalar			Doğrudan Enf.	Enfeksiyonun Yol		
	Enf. Başına Ort.	ABD Tahm. Top.	Enf. Başına Ort.	Enf. Başına Ort.	ABD Tahm. Top.	Kaynaklı Ölüm	Açtığı Ölüm		
			[1975]	[1992]	[1992]		ABD Tahm. Top.	ABD Tahm. Top.	
						[%]	[%]		
Ameliyat böl. Enf.	7.3	3,726,000	\$ 838.00	\$ 3,152.00	\$1,609,000,000.00	0.64	3,251	1.91	9,726
Zatürre	5.9	1,339,000	\$1,511.00	\$ 5,683.00	\$1,290,000,000.00	3.12	7,087	10.13	22,983
Bakteremi	7.4	762,000	\$ 935.00	\$ 3,517.00	\$ 362,000,000.00	4.37	4,496	8.59	8,844
İdrar Yolları Enfeksiyonu	1.0	903,000	\$ 181.00	\$ 680.00	\$ 615,000,000.00	0.10	947	0.72	6,503
Diğer	4.8	1,946,000	\$ 430.00	\$11,617.00	\$ 656,000,000.00	0.80	3,246	2.48	10,036
Toplam	4.0	8,676,000	\$ 560.00	\$ 2,100.00	\$4,532,000,000.00	0.90	19,027	2.70	58,092

## 2. HASTANELERDEKİ HİJYENİK ORTAMLAR

Hastanelerde çeşitli amaçlar için kullanılmak üzere tasarlanmış hijyenik ortamlar mevcuttur. Bunlar şu alt başlıklar altında incelenebilir.

1. Ameliyathaneler
2. Doğumhaneler
3. Yoğun bakım üniteleri
4. Karantina odaları
5. Koruyucu ortam odaları
6. Otopsi odaları
7. Laboratuvarlar

### 2.1. Ameliyathaneler

Ameliyathaneler her türlü cerrahi operasyonun yapılabilmesi için tasarlanmış, ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) ve AIA (American Institute of Architects – Amerikan Mimarlar Enstitüsü) tarafından çeşitli alt bölümlerden oluşması önerilen önemli hijyenik alanlardandır. Bu bölümler şunlardır [1, 7];

1. Ameliyat odaları
2. Hasta hazırlama odaları
3. Anestezi cihaz odaları
4. Uyanma odaları
5. Sterilizasyon odaları
6. Temiz eşya odaları
7. Kirli malzeme odaları
8. Koridor ve holler

### **2.1.1. Ameliyat Odaları**

Her türlü cerrahi müdahalenin yapıldığı alanlardır. Bir çok elektronik cihaz içermektedir. Ayrıca bünyesinde steril cihazlar da barındırmaktadır.

### **2.1.2. Hasta Hazırlama Odaları**

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

### **2.1.3. Anestezi Cihaz Odaları**

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

### **2.1.4. Uyanma Odaları**

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

### **2.1.5. Sterilizasyon Odaları**

Cihazların sterilizasyonunun yapıldığı ve steril cihazların saklandığı alanlardır.

### **2.1.6. Temiz Eşya Odaları**

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

### **2.1.7. Kirli Malzeme Odaları**

Kirli malzeme odaları, her türlü kullanılmış cihaz veya malzemenin temizlenmeye gönderilmeden ya da atılmadan önce depolandığı alanlardır.

### **2.1.8. Koridor ve Holler**

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

## **2.2. Doğumhaneler**

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

### 2.3. Yoğun Bakım Üniteleri

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

### 2.4. Karantina Odaları

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

### 2.5. Koruyucu Ortam Odaları

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

### 2.6. Otopsi Odaları

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

### 2.7. Laboratuvarlar

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

## 3. HİJYENİK ORTAMLARDAKİ KİRLİLİK KAYNAKLARI

Hijyenik ortamlardaki en önemli kirlilik faktörlerinden birisi insandır. Hareketsiz bir insan ortama saatte yaklaşık 1000 parçacık yayar [1]. Kişinin hareketliliği arttıkça yaydığı parçacık sayısı da artmaktadır. Bu parçacıklar genelde ölü üst deriden kaynaklanır. Bu deri parçacıkları mikro-organizma taşıyabileceği gibi havada uzun süre asılı da kalabilir. Ayrıca aksırma, öksürme ve yüksek sesle konuşma gibi eylemler de ortama yüksek oranda parçacık yayılmasına sebep olmaktadır.

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

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

#### 4. HİJYENİK ORTAMLARDA KİRLİLİĞİ AZALTMA YÖNTEMLERİ

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

##### 4.1. Personel Tarafından Alınması Gereklili Önlemler

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

Personelin hijyenik ortam içindeki hareketi en alt seviyede tutulmalıdır çünkü fazla hareket personel üzerindeki ya da yerdeki çökmüş tozun tekrar havalanmasıyla sonuçlanmaktadır. Ayrıca hijyenik ortama dış mahallerden parçacık girişinin de engellenmesi için hijyenik ortama giriş-çıkış mümkün olduğunca az yapılmalıdır [2, 5].

Hijyenik mahal içindeki ve hijyenik mahal ile çevre mahaller arasındaki hareketi azaltmak için hijyenik ortamda mümkün olduğunca az personel görevlendirilmelidir. Bu şekilde hem hareketlilik azaltılacak, hem de kişi sayısına bağlı olarak personelden yayılan parçacık sayısında da azalma görülecektir [5].

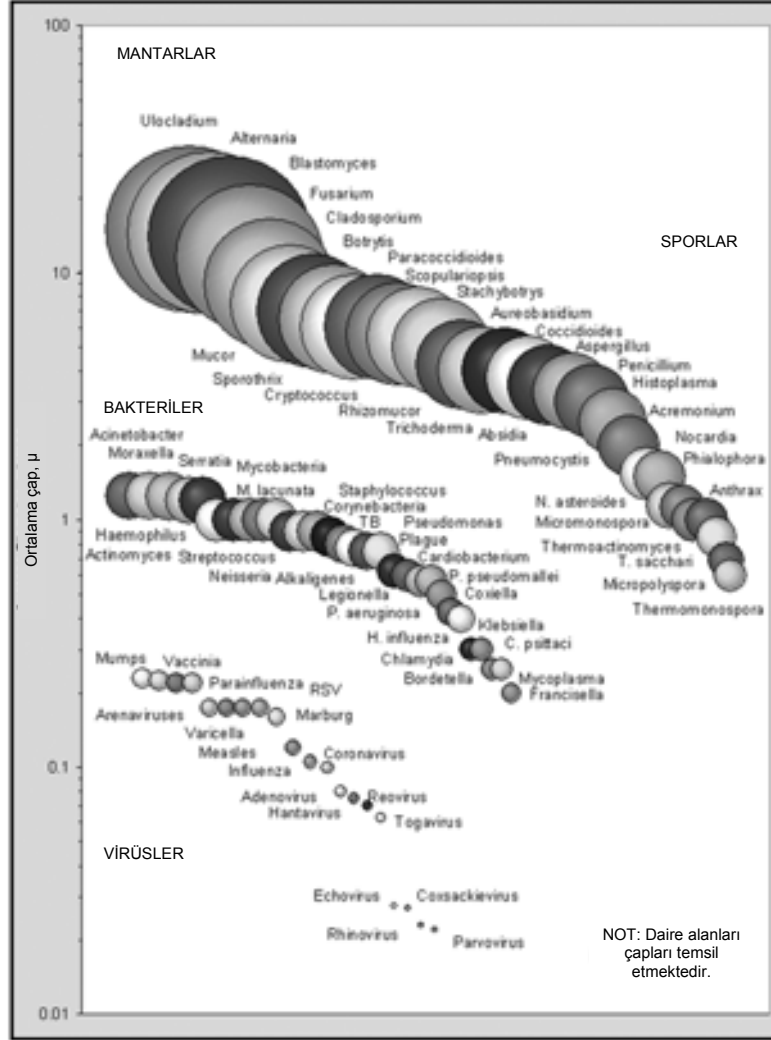
Hijyenik mahal personelinin dikkat etmesi gereken son nokta, hastaya dokunan her şeyin kullanımdan önce ve sonra sterilizasyonunun yapılması, atılacak cihazların ise mümkün olduğu kadar çabuk kirli cihaz odalarına gönderilmesidir. Böylece hastalar arası ya da hastadan personele mikrop geçiş engellenebilir.

##### 4.2 Klima ve Havalandırma Sistemi ile Sağlanması Gereklili Önlemler

Daha önce bahsedildiği üzere hastanelerin hijyenik ortamlarında havanın hijyenik olması ortama verilen temiz hava ile sağlandığından, klima ve havalandırma sisteminin temizliği dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardandır. Sistemin işletilmesi sırasında özellikle nemin ve suyun toplandığı terleme tavaları, nemlendiriciler ve kanal izolasyonları gibi noktaların periyodik kontrolleri yapılmalıdır. Sistemde mikrobiyolojik yerleşim için riskli noktalarda, sistemin tasarımı ve inşası sırasında anti-bakteriyel malzemeler seçilmeli ve kullanılmalıdır.

Hijyenik ortamlar içinde, özellikle ameliyat odalarında, birçok standart ve kılavuz kitabında belirtildiği gibi düzgün hava akışı üniteleri kullanılmalıdır. Bu şekilde havanın akışı rahatça egzoz menfezlerine yönlendirilebildiği gibi oluşan parçacıklar da ortam içine yayılmadan ortamdaki uzaklaştırılabilir.

Ayrıca ortama verilen havanın temizlenmesi için 0,3  $\mu\text{m}$  üzerindeki parçacık büyüklükleri için %99,97 verimlilikte HEPA filtreler kullanılması gerekmektedir. Havadaki parçacıklar mikro-organizmaların taşınması için çok iyi birer araç olduklarından parçacıkların temizlenmesi havanın mikro-organizmalardan büyük oranda arındırılması anlamına gelmektedir.



**Şekil 1.** Havada bulunan patojenlerin boyutları [13]

Şekil 1’de görülebildiği gibi mantarlar, sporlar ve bakterilerin büyük çoğunluğu 0,3  $\mu\text{m}$ ’den büyük oldukları için kullanılan HEPA filtre sonrasında havadaki mikro-organizmalar büyük ölçüde engellenmiş olacaktır. Daha küçük mikro-organizmaların ise bir bölümü filtre tarafından tutulmuş parçacıklar üzerinde taşınmakta olduğundan havadaki canlıların küçük bir kısmı filtreden geçecektir. Filtreden geçen bu mikro-organizmaların dezenfeksiyonu içinse ultraviyole ışık ya da kanala verilecek az miktarda ozon gazı kullanılabilir. Ultraviyole ışınlar canlılar için zararlı olduğundan ultraviyole ışığa maruz kalan mikro-organizmalar ölmekte ya da uzunca bir süreliğine canlılıklarını yitirmektedirler. Ozon gazı da canlılar için toksik etki yaptığından ozon gazına maruz kalan mikro-organizmalarda da aynı sonuçlara rastlanmaktadır.

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

Hijyenik ortamdaki istenen basınç ilişkisini koruyacak debilerde hava egzoz edilmelidir. Ayrıca egzoz menfezlerinin yerlerinin seçiminde özen gösterilmelidir. Egzoz yapılırken ortam içerisindeki hava akışının ve ortam havasındaki parçacıkların egzoz menfezlerine yönlendirilmesi sağlanmalıdır.

Tüm bu bahsedilen önlemler bir bütün içinde uygulandığı zaman hijyenik ortam içerisinde gerekli taze hava oranı sağlanmış ve ortam içerisindeki havanın temiz kalması garanti altına alınmış olmaktadır.

## 5. HASTANE HİJYENİK ORTAMLARINDA KLİMA VE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ TASARIM PARAMETRELERİ

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

Bahsedilen bu yedi parametrenin kontrol aralıklarına ilişkin olarak standartlar ve kılavuz kitaplar bulunmaktadır. Birçok ülkede kullanılmakta olan standart ve kılavuzlar şunlardır;

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

olarak sıralanmaktadır. FED 209 ve ISO 14644 temiz odalar ile ilgili standartlar olduğundan ve doğrudan ameliyat odalarıyla ilgili yönlendirmeler içermediğinden standartların karşılaştırılması sırasında bu standartlara atıfta bulunulmamıştır. Bu sıralanan standartlardan bir kısmına ulaşılabilmişken geri kalanlara daha önce yapılmış çalışmalar aracılığı ile ulaşılabilmektedir. Bu makalede sözkonusu standart ve kılavuzların ameliyat odaları için karşılaştırılması yapılacaktır.

## 6. AMELİYAT ODASI TASARIM PARAMETRELERİ

### 6.1. Ameliyat Odası Tipleri

Ameliyat odaları çeşitli standartlarda hijyen ihtiyaçlarına göre gruplandırılmışlardır. ASHRAE ve AIA yönergelerine göre ameliyat odaları üçe ayrılmaktadır. Lokal anestezi altında yapılan ikincil ameliyatlar için kullanılmakta olan ameliyat odaları A Sınıfı'na girmektedir. Ancak lokal anestezi kullanılmasına rağmen damar içi girişimler, omurilik ya da beyin zarı ameliyatları ikincil ameliyatlar başlığı altında değerlendirilmemektedir [1,7]. Ağızdan ya da enjeksiyon ile sakinleştirilmiş hastaların birincil ya da ikincil dereceli ameliyatlarının yapıldığı odalar ise B Sınıfı'na girmektedir. Mide, karaciğer gibi genel cerrahi ameliyatları bu sınıf ameliyat odalarında yapılmaktadır [1, 4]. C Sınıfı ameliyat odaları ise yaşam destek ünitelerinin kullanıldığı, genel anestezi altında yapılan ameliyatlar için kullanılmaktadır. En yüksek hijyen gereksinimi bu tip odalardadır. Bu odalarda yapılan ameliyatlar için organ nakli, kalp ya da ortopedik protez ameliyatları örnek verilebilir [1, 4]. DIN standardına göre ise yüksek ve çok yüksek hijyen isteyen odalar Sınıf 1, normal seviyede hijyen ihtiyacı olan odalar ise Sınıf 2 olarak ayrılmaktadır [14].

### 6.2. Sıcaklık

Ameliyat odasının sıcaklığı cerrahi ekibin konfor hissi üzerinde büyük önem teşkil etmektedir. Koruyucu kıyafet giymiş, belirli bir fiziksel faaliyet içinde bulunan ve yüksek miktarda ısı yayan ameliyat lambaları altında çalışan cerrahlar ile ameliyat sırasında cerrahlar kadar çok çalışmayan hemşireler ya da anestezi uzmanlarının kendilerini konforlu hissettikleri sıcaklıklar farklıdır. Cerrahlar genelde düşük sıcaklıklarda kendilerini daha konforlu hissederken, hemşire ve anestezi uzmanları aynı ortamı soğuk bulmaktadır. Hemşire ve anestezi uzmanlarının konforlu hissettiği ortalama sıcaklıklarda ise cerrahlar ameliyat odasının sıcak olduğunu düşünmektedir [6].

Personelin konforu kadar ameliyatın türü de sıcaklığın belirlenmesinde önem taşımaktadır. Genelde kalp ameliyatları 15-16°C'de başlamakta ve ameliyat sırasında odanın sıcaklığı 26°C'ye kadar yükseltilmektedir [1]. Organ nakilleri için ise ameliyat odası sıcaklığı genelde 15-16°C olarak belirlenmektedir [1]. Fakat pediatrik ameliyatlarda ameliyat odası sıcaklığının 30°C civarında olması istenmektedir [1]. Bunun sebebi çocukların yetişkinlere göre düşük sıcaklıklardan daha kolay etkilenmesidir. Burada dikkat edilmesi gereken husus; gerek çocuk gerek yetişkin hastalar için, hastanın hipotermiye girmesinin engellenmesidir. Yapılan daha önceki çalışmalar 21°C altındaki ameliyat odası sıcaklıklarında hastanın ısı kaybının yüksek olduğunu ve hipotermiye girme riskinin de yükseldiğini göstermiştir [6].

Ameliyat odası sıcaklığı açısından bakıldığında ASHRAE yönergeleri tasarım sıcaklığı aralığı olarak 18-26°C arasını önermektedir. AIA yönergesi ise 20-23°C'ler arasının göz önünde bulundurulmasını önermektedir. DIN 1946/4 standardının önerisi ise 19-26°C arasını tasarım sıcaklığı olarak almak yönündedir. CBZ kılavuzu ise sağlanan havanın sıcaklığını 18-24°C arası önerirken, ameliyat ekibi için farklı sıcaklıklar önermektedir. VDI 2167 de CBZ ile aynı sıcaklık aralığını önermekte ve ortam sıcaklığının ameliyat ekibinin konforuna göre oda içerisinden ayarlanabilir olması gerektiğini vurgulamaktadır. NBR 7256 için ise önerilen sıcaklık 19-24°C'ler arası iken sadece sezaryen ameliyatları için 22-26°C arasındaki sıcaklıklar önerilmektedir [1, 7, 11].

### 6.3. Bağıl Nem Oranı

Ameliyat odasının bağıl nem oranı da personelin konfor hissi üzerinde büyük paya sahiptir. Ayrıca bağıl nem oranı ameliyat bölgesindeki yaranın kurumasında ve kanın pıhtılaşmasında büyük bir etkidir.



Çoğu uygulamada klima ve havalandırma sistemi ameliyat odası nem oranının ameliyat sırasında personel tarafından ayarlanabileceği şekilde tasarlanmaktadır. Bu sistemlerde personel tarafından sıklıkla yapılan bir yanlış, nemden kaynaklanan yüksek sıcaklık hissini ortam sıcaklığının yüksek olmasıyla karıştırılmasıdır. Bu durumlarda sadece ortam sıcaklık ayarının düşürülmesi, ortamın bağıl nem oranının artmasıyla sonuçlanmakta bu ise daha da artan rahatsızlık hissi yaratmaktadır. Sonuç olarak, ameliyat ekibinin konsantrasyonu bundan olumsuz olarak etkilenmektedir. Bu yüzden özellikle ortamın sıcaklığı düşürülürken nem oranı göz ardı edilmemelidir.

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

ASHRAE, AIA, DIN, CDC ve HICPAC tasarım değerleri olarak %30-60 arası bağıl nem oranlarını önermekte ve nem oranının ameliyat ekibi tarafından ayarlanabilir olması gerektiğini vurgulamaktadır. NF S90:351 için ise bağıl nem değerleri %40-60 arasında tutulmalıdır. VDI 2167 tarafından önerilen nem oranı ise %30-50 arasındadır. Brezilya standardı olan NBR 7256'ya göre bağıl nem oranı %45-60 aralığında kalacak şekilde tasarlanmalıdır [1, 7, 11, 12].

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

Genelde havadaki parçacıklar mikro-organizma taşıyıcı birer araçlardır. Dolayısıyla havadaki parçacık sayısı ile ameliyat bölgesi enfeksiyon riski doğru orantılıdır.

Bu riski azaltmak için havanın filtrelenmesi gereklidir. Filtreleme işlemi için 0.3µm'den büyük parçacıklar için en az %99.97 verimliliğe sahip HEPA filtrelerin kullanılması incelenen tüm standart ve kılavuzlar tarafından önerilmektedir. Eğer hastane enfeksiyon komiteleri gerekli görürse daha yüksek verimlilikte (%99,997, %99,9997...) HEPA filtreler de kullanılabilir.

Şekil 1'de görülebileceği gibi 0.3µm'lik parçacıkların elenmesi havayı parçacık ve mikro-organizma açısından büyük oranda temizlemektedir. AIA ve ASHRAE filtreleme işleminin ardından UV/UVGI kullanımını kabul etmektedir. Fakat dikkat çektikleri nokta UV/UVGI kullanımının havanın temizlenmesi için ana faktör olmadığı, sadece ana faktör olan filtrelemeye yardımcı olarak kullanılması gerektiği hususudur.

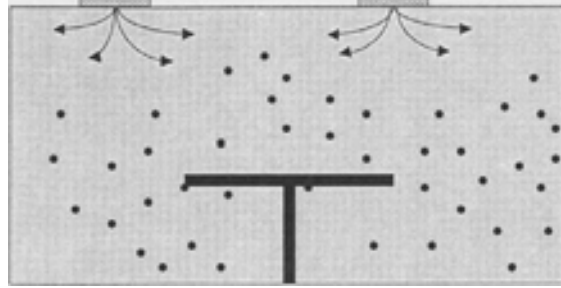
AIA, ASHRAE CDC ve HICPAC %99.97 verimlilikte HEPA filtreyi son filtre olarak tavsiye etmektedirler. Ayrıca çok kademeli filtreleme sistemleri kullanılmalıdır. VDI 2167'ye göre HEPA filtreli terminal ünitelerinden önceki filtre kademeleri F7 (%80-90), F9 (>%90) ve H10 (%85) ya da H11 (%95) olarak belirlenmelidir. NF S90:351'de ise en yüksek risk seviyesine sahip ameliyat odaları için tavsiye edilen minimum filtreleme zinciri F6 (%70-80), F7 ve H13 (%99.95) şeklindedir. CBZ'de ise bu sıralama F5 (%40-60), F7, F9 ve H13 olarak önerilmektedir. UNE100713:2003 tarafından önerilen sıralama ise F6, F9 ve H13 ya da H14 (%99.995) şeklindedir. NBR 7256 Brezilya standardı ise iki tip altında incelenen ameliyat odalarında filtreleme sırası olarak ortopedik, organ nakli ve kalp ameliyatları gibi ameliyatların yapıldığı odalar için G2 (%75-84), F2 (%70-89), A3 (%99.97) şeklinde bir sıralama önermektedir. DIN 1946/4 standardı filtre sıralamasını G4, F7 ve H13 olarak önermektedir. [1, 7, 11, 12, 14]

#### 6.5. Hava Hızı ve Hava Dağılımı

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

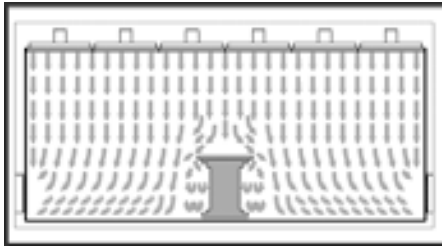
Ameliyat odaları hava dağılımına göre incelendiğinde iki farklı tipte karşılaşırlar; bunlar düzgün hava akışlı ve karışık hava akışlı odalardır. Düzgün hava akışlı ameliyat odalarıysa yatay, dikey ve karşıt akışlı olarak sınıflandırılabilir.

Karışık hava akışlı ameliyat odaları (Şekil 2) genellikle eski hastanelerde kullanılmakta olup daha çok genel cerrahi ameliyatlara için kullanılmaktadır. Fakat incelenen tüm standartlara ve kılavuzlara göre karışık hava akışlı ameliyat odası kullanılması hijyen açısından tavsiye edilmemektedir. Bunun en önemli sebebi karışık havalı sistemlerde mahal içindeki parçacıkların tüm hacme homojen olarak yayılmasıdır. Bu şekilde ameliyat odası içinde bir temiz bölge oluşturmak mümkün değildir.

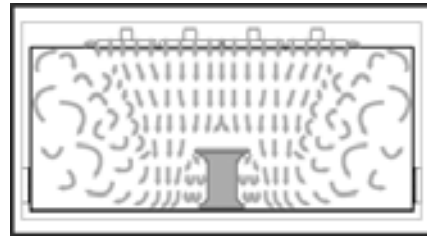


Şekil 2. Karışık hava akış düzeni

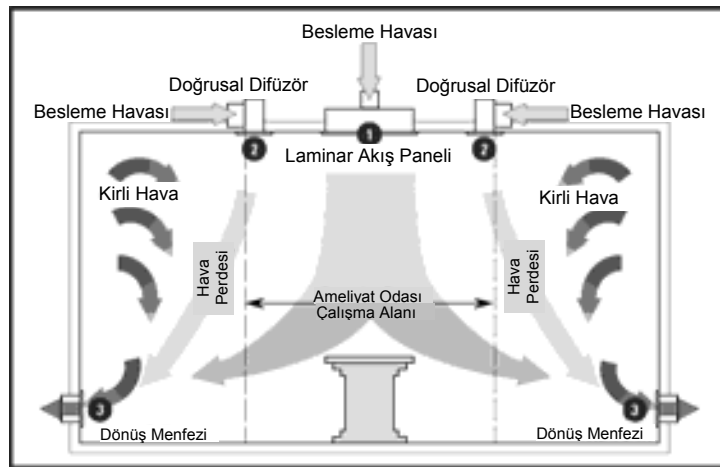
Düzgün akışlı ameliyat odalarında ise bir temiz bölge yaratılması çok daha kolaydır. Şekil 3 ve Şekil 4'te iki farklı şekilde tasarlanmış temiz bölgeler görülmektedir. Şekil 3'te görülen ameliyat odasına düzgün hava akışı sağlandığı görülmektedir. Fakat düzgün akış ünitelerinin pahalılığından dolayı bu sistem sıklıkla kullanılan bir sistem değildir. Şekil 4'teki sistemde ise sadece hasta ve ameliyat ekibi üzerinde bir temiz bölge yaratılmıştır. Bu sistemde, sadece ameliyat masası üzerinde temiz bölge yaratılıp diğer alanlardan bu bölgeye hava geçişini kısıtlamak amaçlanmıştır. Bu sistem tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Ameliyat masası üzerinde yaratılmak istenen temiz bölgeye çevreden kirli havanın girişinin engellenmesi amacıyla pratikte çeşitli firmalar tarafından hava perdeleri kullanılması önerilmektedir. Önerilen bu sistem Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 3 Tek yönlü düzgün akışlı oda [8]



Şekil 4. Karışık yönlü düzgün akışlı oda [8]



Şekil 5. Hava perdeli düzgün akışlı oda [8]

Şekil 3, 4 ve 5'te verilen örnekler dikey ve düzgün akışlı sistemlere örnektir. Bu sistemlerde sorun ortamın ısı kazancını almak için sağlanan soğuk havanın doğrudan cerrahların üzerine üflenmesi ve personelin konsantrasyonunun azalmasıdır. Ayrıca daha önceki çalışmalar göstermiştir ki bu tip akışa sahip sistemlerde personel tarafından gerekli önlemler alınmazsa personelin kafasından hastaya doğru olan hava akışı fazla miktarda parçacığı hastaya taşımaktadır [9]. Bu sorunları ortadan kaldırmak için yatay akışlı sistemler önerilmiştir; fakat bu sistemlerde ameliyat odasındaki cihazların çokluğu ve personel hareketleri yüzünden akışın düzgünlüğü korunamamaktadır [10]. Bir diğer alternatif olarak sunulan karşıt akışlı sistemler ise yatay ve dikey atışın birlikte kullanılmasıyla oluşturulmaktadır; fakat yatay atışta olduğu gibi ameliyat ekibi ve cihazlar yüzünden hava akışının düzgünlüğü yine korunamamaktadır.

İncelenen yönerge ve standartlarda kullanılması önerilen hava dağılım sistemleri dikey ve düzgün hava akışlı sistemlerdir. Ayrıca şekillerde görüldüğü gibi havanın ameliyat masasından egzoz menfezlerine yönlendirilmesi gerekmektedir. Egzoz menfezleri yerleşimi için ise öneriler, en az iki adet menfezin düşük seviyeden emiş yapması yönündedir. Ameliyat odalarında kullanılan kimyasal ve anestezi gazlarının yoğunlukları sebebiyle en yüksek konsantrasyonlarının yer hizasında olduğu göz önünde bulundurulursa bu gazların ortamdaki uzaklaştırılabilmesi için düşük seviyeli menfez yerleşiminin şart olduğu görülmektedir [11].

Hollanda'ya ait CBZ standardı, dikey ve düzgün hava akış profilini uygun görmektedir. NF S90:351 ve UNE100713:2003 ise Şekil 3'te görülen dikey ve düzgün hava akışı sistemini önermektedir. DIN tarafından da önerilen sistem dikey ve düzgün hava akış üniteleridir [11, 12].

Hava hızı için VDI 0.20 m/s önerirken, ASHRAE kılavuzları ise 0.25 – 0.45 m/s hızı tavsiye etmektedir [1, 11].

## 6.6. Basınçlandırma

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

İncelenen bütün standart ve kılavuzlar ameliyat odalarının pozitif basınçta tutulması gerekliliğinde hemfikirlerdir. Mahaller arası basınç farkı için ASHRAE 2,5 – 7,5 Pa aralığındaki değerleri ya da bir mahalden diğerine 35 – 47 L/s hava akışı sağlanmasını önermektedir [1]. DIN, mahaller arası uygun hava akış yönünü korumak için mahalle, duvarlardaki metre açıklık (kapı ve pencere açılır uzunlukları) başına 20 m<sup>3</sup> fazladan hava sağlanmasını önermektedir [14]. AIA ise gerekli hava akışının sağlanabilmesi için mahaller arasında minimum 2,5 Pa basınç farkı yaratılması gerektiğini söylemektedir [7].

## 6.7. Hava Değişim Sayıları

Ameliyat odalarında gerekli iç hava kalitesini sağlamak için ortama taze hava sağlanması gerekmektedir. Tam dış havalı sistemlerde ortama verilen havanın tamamı taze hava olurken birçok standart ve kılavuz (NBR 7256, ASHRAE, CDC, HICPAC, AIA gibi) enerji tasarrufu için karışım havalı sistemleri de önermektedir. Bu tip uygulamalarda ortama sağlanan taze hava önem kazanmaktadır. Sağlanan taze hava ile ortamdaki parçacık ve kimyasal gazların konsantrasyonu da düşürülmektedir. Dolayısı ile taze hava değişim oranının ve toplam hava değişim oranının hem ameliyat odası hava kalitesi hem de ameliyat ekibi üzerindeki etkisi çok önemlidir.

Anestezik ve kimyasal gazların ortamdaki uzaklaştırılabilmesi için DIN 1946/4 tarafından önerilen taze hava miktarı 800-1200 m<sup>3</sup>/h iken CDC ve HICPAC kılavuzlarının önerisi saatte 3 taze hava değişimi ve 15 toplam hava değişimi olarak belirtilmiştir [11]. ASHRAE kılavuzu taze havalı sistemlerde 15 hava değişimi önerirken karışım havalı sistemler için 25 toplam ve 5 taze hava değişimi istemektedir. Ayrıca ASHRAE'ye göre hava değişim oranı insan başına 15 L/s değerini sağlamalıdır [1]. AIA kılavuzu ise 3 taze hava değişimi ve 15 toplam hava değişimini önermektedir [7].

## SONUÇ

Görüldüğü üzere hijyenik klima ve havalandırma sistemlerinin tasarımında dikkat edilmesi gereken parametreler konfor uygulamalarına oranla daha fazladır. Bu parametreler birçok standart ve kılavuzda tanımlanmıştır. Neredeyse her ülkeye ait standart ya da kılavuz bulunabilmekle birlikte, ancak uluslararası çapta bu standartların birkaçı (DIN 1946/4, ASHRAE ve AIA kılavuzları) ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Bu makalede bütün standartlar hakkında bilgi verilmiş, tasarım sırasında kontrol edilecek parametrelerin tasarım şartları hakkında daha iyi kararlar verilebilmesi amaçlanmıştır. Bu şekilde; tasarım sadece tecrübeye bağımlı olarak kalmaz, eldeki bilginin de kullanılmasıyla iyi sistemler oluşturulabilir.

Bu makalede bahsedilen ve karşılaştırılan standart ve kılavuzlar tarafından önerilen tasarım değerleri arasında seçim yapmak tasarımcının ve iş verenin sorumluluğundadır. Sistemler, sağlanması gereken şartlar da göz önüne alınarak, standart ve kılavuzların içerdiği sınırlar dahilinde tasarlanmalıdır. Metinde verilen TABLO-2-'in tamamlanması ve genişletilmesi için araştırma devam etmektedir.

**Tablo 2.** Standart ve kılavuzlarda verilen tasarım değerlerinin karşılaştırma tablosu

Standart	Ameliyat ya da Ameliyat Odası Tipi	Sıcaklık	Nem	Filtreleme	Hava Hızı	Hava Dağılımı	Basınç	Basınç Farkı	Dış Hava Değişim Sayısı	Toplam Hava Değişim Sayısı
ASHRAE	A Snifi	18-26 °C	30-60%	-	0,25-0,45 m/s	Düzensiz/Dikey	P	2,5-7,5 Pa / 35-47 L/s	5* / 15** / 15(lt/sn)/insan	25* / 15**
	B Snifi			-						
	C Snifi			-						
AIA	A Snifi	20-23 °C	30-60%	-	-	Düzensiz/Dikey	P	2,5 Pa	3	15
	B Snifi			-						
	C Snifi			-						
DIN	Sınıf 1	19-26 °C	30-60%	G4-F7-H13	-	Düzensiz/Dikey / Karışık Havalı	P	20 m <sup>3</sup> /m	800-1200 m <sup>3</sup> /h	-
	Sınıf 2			G4-F7-H13						
CEZ	-	18-24 °C	-	F5-F7-F9-H13	-	Düzensiz/Dikey	P	-	-	-
VDI	-	18-24 °C	30-50%	F7-F9-H10/H11-H13	0,20 m/s	-	P	-	-	-
NBR	Genel	19-24 °C	45-60%	G2-F2-A3	-	-	P	-	-	-
	Sezaryen	22-26 °C		-	-					
CDC	-	-	30-60%	-	-	-	P	-	3	15
HICPAC	-	-	30-60%	-	-	-	P	-	3	15
NF S90	-	-	40-60%	F6-F7-H13	-	Düzensiz/Dikey	P	-	-	-
UNE100713	-	-	-	F6-F9-H13/H14	-	Düzensiz/Dikey	P	-	-	-

\* Karışım havalı sistemler için önerilen taze ve toplam hava değişim sayıları

\*\* Tam dış havalı sistemler için önerilen toplam hava değişim sayısı

## KAYNAKLAR

- [1] "HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2003
- [2] NEIL, J. A., NYE, P. F., TOVEN, L. A., "Environmental Surveillance in the Operating Room", AORN Journal, Vol. 82, No 1, Temmuz 2005
- [3] "Guidelines of Prevention and Control of Hospital Associated Infection", World Health Organisation, Ocak 2002
- [4] MELDAHO, M. A., BEYER, P. O., HENSEN, J. M., SIQUEIRA, L. F. G., "Study of the Thermal Comfort, of the Energy Consumption and of the Indoor Environment Control in Surgery Rooms", Indoor Air 2005, Say. 3160-3165
- [5] DHARAN, S., PITTET, D., "Environmental Controls in the Operating Theatres", Journal of Hospital Infection, No 52, 2002
- [6] MELDAHO, M. A., HENSEN, J. M., LOOMANS, M., "Literature Review of Staff Thermal Comfort and Patient "Thermal Risks" in Operating Rooms"
- [7] "Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities", American Institute of Architects, 2006
- [8] "[http://www.price-hvac.com/catalog/E\\_all/E\\_html/E\\_EG4.html](http://www.price-hvac.com/catalog/E_all/E_html/E_EG4.html)", 18 Temmuz 2007
- [9] OWERS, K. L., JAMES, E., BANNISTER, G. C., "Sources of Bacterial Shedding in Laminar Flow Theatres", Journal of Hospital Infection, No 58, 2004
- [10] MELDAHO, M. A., HENSEN J. L. M., LOOMANS, M., "Review of Ventilation Systems in Operating Rooms in View of Infection Control"
- [11] MELDAHO, M. A., HENSEN J. L. M., LOOMANS, M., FOREJT, L., "Review of Operating Room Ventilation Standards"
- [12] DORCHIES, F., "Nosocomial Infections and Air Filtration in Operating Theatre Suites – Application of French Standard NFS90-351:2003", Business Briefing: Hospital Engineering & Facilities Management 2005, Say. 1-3
- [13] KOWALSKI, W. J., BALMFLETH, W., "Airborne Respiratory Diseases and Mechanical Systems for Control of Microbes", HPAC, Temmuz 1998, Say. 34-48
- [14] DIN 1946/4, "Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems in Hospitals", Aralık 1989

## ÖZGEÇMİŞLER

### Orkun Baki ANIL

1983 yılında Eskişehir’de doğdu. 2006 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği’ni bitirmiştir. Halen aynı üniversitede yüksek lisansına devam etmekte GENTA A.Ş.’de proje mühendisi olarak çalışmaktadır.

### Moghtada MOBEDİ

1985 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimini, aynı bölümde yüksek lisans eğitimini ve 1994 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nde doktora eğitimini tamamlamıştır. 1995-1998 yılları arasında İran’ın Orumiye Üniversitesi’nde öğretim üyesi ve 1998-2003 yılları arasında TEBA Şirketler Grubu’nda proje yöneticisi olarak çalışmıştır. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü’nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

### M. Barış ÖZERDEM

1982 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora eğitimini DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü’nde tamamladı. Doktora sonrası çalışmaları için 1992-1994 yılları arasında ABD’ye gitti ve Amerika Katolik Üniversitesi’nde Araştırmacı olarak çalıştı. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü’nde Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü ve Makina Mühendisliği Bölümü’nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.