



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

FARKLI ODA SICAKLIĞI VE HAVA HIZI DEĞERLERİNDE İKİ FARKLI AMELİYATHANEDE AMELİYAT MASASI ÜZERİNDEKİ PARTİKÜL SAYILARININ İNCELENMESİ

**HANDE UFAT
RECEP YAMANKARADENİZ
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**



FARKLI ODA SICAKLIĞI VE HAVA HIZI DEĞERLERİNDE İKİ FARKLI AMELİYATHANEDE AMELİYAT MASASI ÜZERİNDEKİ PARTİKÜL SAYILARININ İNCELENMESİ

Investigation of Particle Numbers on Surgical Table in Two Different Operating Rooms at Different Room Temperatures and Air inlet Velocities

Hande UFAT
Recep YAMANKARADENİZ

ÖZET

Bu çalışmada, biri laminer akış (LAF) ünitesi diğeri difüzör ile iklimlendirilmesi yapılan iki farklı ameliyathanede ameliyat masası üzerinden partikül sayımları yapılmıştır. Her iki odada, oda sıcaklıkları 19°C - 22°C arasında iken ölçümler alınmıştır. LAF üniteli odanın günlük kullanımda ortalama hava giriş hızı değerinin 0.1 m/s olduğu tespit edilmiş ve bu değer standartlara uygun olmadığından sistemin çıkabildiği maksimum ortalama hava giriş hızı değeri olan 0.2 m/s değerinde de partikül sayımı yapılmıştır ve bulunan sonuçlar kıyaslanmıştır.

Elde edilen partikül sayılarına bakıldığında sıcaklığın direkt olarak partikül sayıları üzerinde etkisi olduğunu söylemek mümkün değildir. Ancak hava giriş hızının LAF üniteli sistemlerde partikül sayısını oldukça etkilediği söylenebilir. Ayrıca LAF ünitesi ile iklimlendirme yapılan ameliyathanede ortalama hava giriş hızı değeri 0.1 m/s civarlarında olduğunda partikül sayısı açısından difüzörlü sistemden çok farklı olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ameliyathane iklimlendirmesi, Laminer akış ünitesi sistemi, difüzör, partikül sayımı.

ABSTRACT

In this study, particle counts were performed on an operating table in two different operating rooms, One of the rooms is air-conditioned with a laminar flow (LAF) unit and the other is with diffusers. Measurements were taken when the room temperatures were between 19 ° C and 22 ° C in both rooms. The average inlet air velocity of the LAF room was found to be 0.1 m / s for daily use, and since this value was not in compliance with the standards, so particle counts were made at 0.2 m / s, the maximum average air inlet velocity of the system.

According to the results, it is not possible to say that the temperature directly affects the number of particles. However, it can be said that the inlet air velocity greatly affects the number of particles in LAF unit systems. It was also found that the number of particles was not much different from the diffuser system when the average air inlet velocity was around 0.1 m / s in the operating theater with the LAF unit.

Key Words: Operating room air conditioning, Laminer air flow unit system, diffusor, particle counting

1. GİRİŞ

Hastane iklimlendirmesi tesisat mühendisliğinin en karmaşık alanlarından biridir. Isıl konfor şartlarını sağlamanın yanında, hava yoluyla yayılan enfeksiyon kaynaklarının azaltılması ve minimize edilmesi için iklimlendirme ve havalandırma sistemleri gereklidir [1,2]. Özellikle ameliyathane iklimlendirmesi, ameliyat enfeksiyonunu önemli derecede etkilemekte olduğundan iklimlendirme sistemlerinin tasarımı, uygulaması ve işletmesi sırasında oldukça dikkatli olmak gerekmektedir. İklimlendirme sistemi, ameliyat boyunca hastayı enfeksiyondan korumalı, havayla yayılan enfeksiyon kaynaklarını minimize etmeli ve aynı zamanda hem hasta hem de ameliyat ekibi için konforlu ve hijyenik bir ortam oluşturmalıdır. Bu şartların hepsinin bir arada sağlanması gerektiğinden dolayı, ameliyathane iklimlendirmesi tesisat mühendisliği alanının en zor konularından biridir [3,4,5,6].

Standartlara uygun yapılmayan ve işletim sırasındaki bakımlarına dikkat edilmeyen ameliyathane iklimlendirme sistemleri, ortamdaki ısı konfor şartlarını sağlayamadığı gibi hava yoluyla gelen mikrobiyolojik maddeler enfeksiyona sebep olabilmektedir. Ameliyathane enfeksiyonu hastanın sağlığını tehlikeye soktuğu gibi hastanın iyileşme süresini uzatarak maddi anlamda da büyük kayıplara neden olmaktadır. Enfeksiyonu minimize edebilmek için uygun hava sıcaklığı ve bağıl nemle birlikte hava giriş hızı ve dağıtım şeklinin kontrolü oldukça önemli rol oynamaktadır.

2- İNCELENEN AMELİYATHANELER

Laminer akış (LAF) ünitesi bulunan ameliyathanedeki ünite 300 x 300 cm boyutlarındadır. Ünite etrafında 50 cm genişliğinde kısmi perde vardır. Ameliyat masası ünitenin altında tam ortada konumlandırılmıştır. Odanın karşılıklı iki duvarında 4 noktadan emiş yapılmaktadır. Menfezin ikisi tabana, diğer ikisi de tavana yakın konumlandırılmıştır. Ameliyat lambalarının da ameliyathane esnasından genelde Şekil 1'deki konumunda kullanıldığı öğrenilmiştir ve ölçümler sırasında bu konumda tutulmuştur.

Difüzörler vasıtasıyla iklimlendirilmesi yapılan ameliyathane de Şekil 2'de görülmektedir. 61 x 61 cm boyutlarında 4 adet difüzörle ortama hava girişi yapılmaktadır ve kirli hava LAF ünitesi olan odayla aynı şekilde dışarıya atılmaktadır. Her iki sistemde HEPA filtreler mevcuttur.



Şekil 1 Laminer Flow üniteli ameliyathane



Şekil 2 Difüzörlü Ameliyathane

Sıcaklık ölçüm cihazlarıyla laminer flow izdüşümü içerisinde ve dışarısında, ameliyat masası yanında olmak üzere 4'er noktadan ölçümler alınmıştır. LAF ünitesi dışındaki ölçümlerin ortalaması alınarak odanın sıcaklığı belirlenmiştir. LAF ünitesi yüzeyinden de 6 noktada hava hızı ölçümü alınıp ortalaması bulunarak yaklaşık hava giriş hızı hesaplanmıştır. Ameliyat masası üzerinden, masanın baş, orta ve ayak kısmı olmak üzere 3 noktadan partikül sayımı yapılmıştır. Benzer ölçümler Şekil 2'de görülen difüzyörlü sistemle iklimlendirilmesi sağlanan ameliyathanede de yapılmıştır. Ölçümler sırasında lambaların ve ameliyat masasının konumları her ölçümde aynı pozisyona getirilmiştir. Lambaların konumu da bir ameliyathane hemşiresine danışılarak ameliyatlarda en çok tercih edilen konuma ayarlanmıştır ve Şekil 1 ve 2'de görülmektedir.

3. ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

3.1 Ameliyathane iç hava kalitesiyle ilgili genel bilgiler

Hastane içerisinde çok farklı koşullarda mahaller olması ameliyathane iklimlendirme sistem tasarımını zorlaştıran ana sebeplerinden biridir. Ameliyathane iklimlendirmesi de hastane iklimlendirmesinin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Ameliyathane personelinin ısı konforunu sağlarken ameliyat yarasının de enfeksiyon kapma olasılığını minimize etmek gerekir. Bunları sağlamak için içerideki sıcaklık, bağıl nem, hava giriş hızı, odanın basınç farkı ve mahaldeki partikül sayısı gibi parametrelerin hepsinin belli sınırlar içerisinde olması gerekmektedir ve işin zorluğu da bunu yapabilmektir. Bu şartların olması gereken sınır değerleri için uluslararası geçerli tek bir standart yoktur. Her ülkenin kullandığı belli standartlar bulunmaktadır ve klima tasarımlarını bu standartlara göre yapmaktadırlar. Ülkemizde genelde DIN 1946/4, ISO 14644, ASHRAE ve VDI 2167 standartları tercih edilmektedir.

Yapılan çalışmalarda hastane enfeksiyonunun %14-16 civarı ameliyathanelerden kaynaklanmaktadır. Hastane enfeksiyonu hastanın hayatını tehlikeye soktuğu gibi tedavi süresini de 10 gün civarında uzatabilmektedir [7]. Uzayan bu süreç maddi olarak da bir yük oluşturmaktadır. Ameliyat yarasındaki kontaminasyon %80-90 oranında ortamdaki havadan kaynaklanmaktadır [8,9]. Bu sebeplerden dolayı hem ısı konforu sağlamak hem de içeriye hijyenik tutmak için aşağıda bahsedilen özelliklerin sürekli kontrol altında olması gerekir.

Sıcaklık: ASHRAE standartlarına göre ameliyathane sıcaklığı 20-24 °C arasında [10], DIN 1946-4 standardında 19-26 °C arasında [11] ve VDI 2167 standartlarına göre 22 °C olmalıdır [12]. Ameliyathane içerisindeki herkesin ısı konforunu sağlamak oldukça zordur. Cerrahlar 18-19 °C'de, hemşireler ise 22-24.5 °C arasında kendilerini konforlu hissetmektedir. Hasta için ise 24-26 °C aralığı tavsiye edilmektedir [9].

Bağıl Nem: Bağıl nem de ısı konforu sağlamak için sıcaklık kadar önemli bir parametredir. Ayrıca belli bir bağıl nem oranı üzerinde bakteri artışı hızlandığından hijyen kontrolü için de önemlidir. Çok düşük bağıl nem değerleri de ameliyat sırasında hastanın kan pıhtılaşmasına engel olabileceği gibi ameliyathane içerisindeki cihazların statik yükünü arttırmaktadır. Bu fazla statik yük de içerideki anestezi gazlarının tutuşmasına sebep olabilmektedir [9]. Standartlarda istenilen bağıl nem değerleri ASHRAE' de %30 – 60 [10] ve % VDI 2167 [12] standardında %30-50 önerilmektedir [13,14].

Hava Giriş Hızı ve Hava Dağılım Şekli: Hava dağıtım şekli ameliyathanenin hijyenini sağlamak açısından oldukça önemlidir. Eski hastanelerde daha çok karışık hava akışlı sistemler kullanılmaktaydı. Ancak bu sistemlerde parçacıklar tüm ortama dağılmaktadır [13]. Bu sistemlerde ortama sağlanması gereken toplam taze hava miktarının 2,400 m³/h olması istenmektedir [14]. Daha sonra tek yönlü laminer akış sağlayan "Laminer Akış Üniteleri" kullanılmaya başlanmıştır. Başlangıçta çoğunlukla 120 x 240 cm boyutlarında LAF üniteleri kullanılmaktaydı. Ancak bu ölçülerdeki ünitelerde özellikle personelin üzerin türbülanslı hava akış bölgeleri oluşmaktadır. Ayrıca steril cerrahi aletlerin bulunduğu masa bu akış bölgesinin dışında kaldığından dolayı bu aletlerin üzerindeki bakteri üremesine engel olunamamıştır [15]. Sonrasında VDI 2167 standardında 320 x 320 cm boyutlarında LAF ünitesi tavsiye edilmiştir [12]. Bu sayede hastayla birlikte ameliyathane personeli ve steril aletlerin bulunduğu masa da laminer akış altına alınmıştır [9]. Partiküllerin ortamdaki uzaklaştırılması için hava giriş hızı da oldukça önemlidir. Hava giriş hızı ise ASHRAE standartlarında ortalama 0.13-0.18 m/s

[10], DİN 1946/4 ve VDI 2167’de ise minimum 0.23 m/s [11, 12] civarlarında tavsiye edilmektedir. Ancak çalışmalarda 0.45 m/s hızın ameliyathane personelini rahatsız ettiği belirtilmiştir [2]. Mahalde en uygun akışı yakalayabilmek havanın toplanış şekline de dikkat etmek gerekir. Genelde tavsiye edilen karşılıklı iki duvardan, havanın 2/3’ünün tabandan 1/3’ünün de tavandan yakın olacak şekilde toplamda 8 noktadan toplanmasıdır. Benzer mantıkla 4 noktadan da toplanabilir [9,19].

Basınçlandırma: Ameliyathanenin hijyenini koruyabilmek için içeriden dışarıya doğru bir hava akışı oluşturmak gerekir. Buna pozitif basınçlandırma denir. Bu sayede komşu mahalden içeriye doğru toz ve partiküllerin geçişini önlenmiş olur [13]. Bunun için üflenen havanın bir kısmı egzoz havası olarak atılırken bir kısmı içeride basınç oluşturmak üzere bırakılır.

Partiküller: Ameliyat yazarında meydana gelen enfeksiyonun %98’inin havadan geçtiği belirlenmiştir [15]. Havayla taşınan deri döküntüleri ve diğer partiküller, anestezi gazları, aerosoller v.b. canlı mikroorganizma kaynaklarıdır [9] ve bunlar enfeksiyona sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalarda bakterilerin 1-5 µm [8], 2.5-20 µm [18,19] ve 5-10 µm [20] arasındaki boyutlarda partiküllerle taşınmakla olduğunu söylenmektedir. Partikül sayım işlemlerinde ise 0.5 µm’den büyük partiküllerin sayısı önemsenmektedir [1,21]. Ayrıca 5µm’den büyük partiküllerle canlı mikroorganizma arasında bir bağlantı vardır [20]. ISO standardında oda sınıflarına göre mahalde bulunabilecek maksimum partikül sayıları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 ISO standardına göre 1 m³ havada bulunabilecek maksimum partikül sayısı [21]

ISO Sınıf	0.1 µm	0.2 µm	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1,000	237	102	35	8	
4	10,000	2,370	1,020	352	83	
5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29
6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293
7				352,000	83,200	2,930
8				3,520,000	832,000	29,300
9				35,200,000	8,320,000	293,000

3.2 Ölçüm Yöntemleri

3.2.1 Ameliyathane sıcaklık ölçümü

Oda içerisindeki sıcaklık kararlı hale geldikten sonra oda içerisinde, hava dağıtım difüzörü izdüşümü alanından uzakta, eşit mesafede 4 nokta belirlenerek, duvardan 0.5 m uzaklıkta olmak üzere yer seviyesinden itibaren 1.5m yükseklikte sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri yapılır [22]. Buna bağlı olarak oda sıcaklığını belirlemek için laminer flow ünitesi izdüşümü dışarısında 4 noktadan ölçümler alınmıştır. Cihazlar online olarak çalışmakta ve alınan ölçümler bir baz ünitesine iletilmektedir ve ölçümler buradan bilgisayara aktarılabilir. Cihazlar dakikada bir ölçüm alacak şekilde ayarlanmıştır. Herhangi bir ölçüm süresi belirtilmediğinden cihazların buldukları noktalarda 30’ar dakika boyunca ölçüm alınmış ve ortalamaları alınarak odanın sıcaklık değeri belirlenmiştir. Şekil 3 ve Şekil 4’te baz ünitesi ile radyofrekanslı sıcaklık ve bağıl nem ölçer görülmektedir.



Şekil 3 Baz Ünitesi



Şekil 4 Online sıcaklık ve bağıl nemölçer

3.2.2 Hava giriş hızı ölçümü

Ortalama giriş havası hızının belirlenmesi için en az 100 saniye ölçüm alınması gereklidir [22]. Hava giriş hızını belirlemek için laminer flow üzerinde belli noktalardan Şekil 5'de gösterilen transmitter ve hız probu ile 5'er dakika ölçüm alınarak bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Difüzlü odada da benzer şekilde difüzör yüzeyinden ölçüm alınmış ve ortalama hava giriş hızları belirlenmiştir. Bu cihaz online olarak çalışmaktadır. Hız probuyla alınan ölçümler transmittere ve oradan da sinyalle baz ünitesine gönderilmektedir.



Şekil 5 Transmitter ve hız probu

3.2.3 Havadan Partikül Sayım Cihazı

Ameliyathane içerisinde laminer flow ünitesinin altı ve özellikle ameliyat masası üzeri hizasındaki partikül sayıları önemli olduğundan ameliyat masası üzerinde partikül sayım değerleri alınmıştır. Tablo 1 'de görüldüğü üzere müsaade edilen partikül sayıları değerleri 1 m³ hava için verilmiştir. Cihaz 1 m³ hava vakumlamak üzere ayarlanmış ve masanın baş kısmı, ortası ve ayak kısmına gelen noktalarda 3 defa bu işlem uygulanarak elde edilen değerlerin ortalamaları alınmıştır.



Şekil 6 Havadan Partikül Sayım Cihazı

Partikül sayımları LAF ünitesi olan ameliyathanede tercih edilen kullanım hızı ayarlanmış ve ölçüm alınmıştır. Elde edilen verilere göre ortalama hava giriş hızı 0.1 m/s olacak şekilde sistem ayarlanmaktadır. Hava giriş hızının standartlarda tavsiye edilen minimum değeri LAF ünitesi sistemlerde 0.23 m/s olduğu belirtilmiştir. Ancak sistem maksimum hız değerine ayarlandığında ortalama 0.2 m/s civarlarında bir hız değerine çıkmıştır. Bu sebepten dolayı bir de ortalama hava giriş hızı 0.2 m/s' de partikül sayımı yapılmıştır.

Difüzörlü odada ise difüzörlerden aşağıya dikey yönde olan ortalama hız değeri $V_g=2-2.2$ m/s civarlarında olup odaya yaklaşık $2.400 \text{ m}^3/\text{h}$ taze hava verildiği tespit edilmiş ve kullanılan hava giriş hızı şartlarında LAF üniteli odadakine benzer şekilde ameliyat masasının üzerinde üç noktadan üçer kere partikül sayımı yapılarak ortalamaları bulunmuştur. Kullanılan cihazların özellikleri Tablo 2 'de görülebilir. Cihazların hepsi ölçümlerin kısa bir süre öncesinde satın alınmıştır ve kalibrasyonları yapılmıştır.

Tablo 2 Kullanılan ölçüm cihazlarının özellikleri

Ölçüm Aleti	Ölçüm aralığı	Çözünürlük	Hassasiyet
Online sıcaklık Ve bağıl nem sensörü	Sıcaklık: $-20...+50^\circ\text{C}$ Bağıl nem: $0\%...+100\%$	$\pm 0.1^\circ\text{C}$ $\pm 1\%$	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ <90% RH $\pm 2\%$, >90% RH 3%
Transmitter ve Hız probu	0 ... $+60^\circ\text{C}$ 0...20 m/s	$\pm 0.01 \text{ m/s}$	0,02mA / 1,5mV resp. 15mV $\pm 0,03 \text{ m/s}$
Partikül sayım cihazı	Partikül kanal boyutları : 0.3 μm , 0.5 μm , 1 μm ve 5 μm Konsantrasyon limiti: 13.3×10^6 partikül/ m^3 (10% doğruluk) Örnekleme hızı: 75 litre/dakika		

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan ölçümler sonucunda LAF üniteli odada ortalama hava giriş hızı (V_g) 0.1 m/s için farklı oda sıcaklıklarında elde edilen partikül sayım sonuçları aşağıda verilmiştir. Klima santrali günlük kullanım şartlarına ayarlanmış ve ortalama hava giriş hızı değeri yukarıda bahsedildiği şekilde ölçülmüştür. Hava giriş hızı değişken olmakla birlikte ortalama olarak 0.1 m/s elde edilmiştir.

Tablo 3 $T_{\text{oda}}=19^\circ\text{C}$ $V_g=0,1$ m/s için ameliyat masası üzerindeki ortalama Partikül Sayısı

	>0,3 μm	>0,5	>1	>5
Baş kısmı	19.362.829*	6.9693	1.204	296*
Orta Kısım	487.832	21.499	2.202	259
Ayak Kısım	2.881.079*	7.852	1.736	516*

Tablo 4 $T_{\text{oda}}=20^\circ\text{C}$ $V_g=0,1$ m/s için ameliyat masası üzerindeki ortalama Partikül Sayısı

	>0,3	>0,5	>1	>5
Baş kısmı	1.038.215*	19.713	2.553	430*
Orta Kısım	337.535*	23.450	2.440	352*
Ayak Kısım	10.294.254*	10.501	1.400	321*

Tablo 5 $T_{\text{oda}}=21^\circ\text{C}$ $V_g=0,1$ m/s için ameliyat masası üzerindeki ortalama Partikül Sayısı

	>0,3	>0,5	>1	>5
Baş kısmı	2.516.513*	15.331	2.070	376*
Orta Kısım	262.679*	15.249	1.790	363*
Ayak Kısım	315.987*	11.797	1.797	622*

Tablo 6 $T_{oda}=22^{\circ}\text{C}$ $V_g=0,1$ m/s için ameliyat masası üzerindeki ortalama Partikül Sayısı

	>0,3	>0,5	>1	>5
Baş kısmı	9.950.544*	18.731	2.324	331*
Orta Kısım	200.009*	12.424	1.688	267
Ayak Kısım	76.637	5.603	1.246	350*

$V_g=0,2$ m/s için farklı oda sıcaklıklarında elde edilen partikül sayım sonuçları aşağıda verilmiştir. Bu hız değeri de klima santrali en yüksek kapasitede çalıştırılırken elde edilmiştir.

Tablo 7 $T_{oda}=19^{\circ}\text{C}$ $V_g=0,2$ m/s için ameliyat masası üzerindeki ortalama Partikül Sayısı

	>0,3	>0,5	>1	>5
Baş kısmı	15.925.862*	11.506	878	134
Orta Kısım	235.430*	12.479	805	80
Ayak Kısım	233.185*	14.443	1.239	150

Tablo 8 $T_{oda}=19^{\circ}\text{C}$ $V_g=0,2$ m/s için ameliyat masası üzerindeki ortalama Partikül Sayısı

	>0,3	>0,5	>1	>5
Baş kısmı	30.172.732*	5.244	726	76
Orta Kısım	211.683*	8.716	791	71
Ayak Kısım	53.428	8.891	1.220	278

Tablo 9 $T_{oda}=21^{\circ}\text{C}$ $V=0,2$ m/s için ameliyat masası üzerindeki ortalama Partikül Sayısı

	>0,3	>0,5	>1	>5
Baş kısmı	74.360	4.027	858	142
Orta Kısım	45.528	3.350	723	104
Ayak Kısım	20.202	1.469	332	90

Tablo 10 $T_{oda}=22^{\circ}\text{C}$ $V=0,2$ m/s için ameliyat masası üzerindeki ortalama Partikül Sayısı

	>0,3	>0,5	>1	>5
Baş kısmı	2.183.176*	35.533*	3.565	268
Orta Kısım	483.982*	32.418	3.006	168
Ayak Kısım	149.086	12.139	1.292	218

Difüzörlü odada ise ortalama $2400\text{ m}^3/\text{h}$ taze hava miktarının sağlandığı görülmüş ve bu şartlarda farklı sıcaklıklarda yapılan partikül sayım değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 11 $T_{oda}=19^{\circ}\text{C}$ için Ortalama Partikül Sayısı

	>0,3 μm	>0,5 μm	>1 μm	>5 μm
Baş kısmı	213.638*	14.426	1.960	484*
Orta Kısım	159.644*	11.034	1.411	394*
Ayak Kısım	148.033*	8.958	1.335	487*

Tablo 12 $T_{oda}=20^{\circ}\text{C}$ için Ortalama Partikül Sayısı

	>0,3μm	>0,5 μm	>1 μm	>5 μm
Baş kısmı	978.424*	5.681	2.342	536*
Orta Kısım	25.926	4.071	1.575	384*
Ayak Kısım	15.273	2.533	1.058	389*

Tablo 13 $T_{oda}=21^{\circ}\text{C}$ için Ortalama Partikül Sayısı

	>0,3μm	>0,5 μm	>1 μm	>5 μm
Baş kısmı	4.894.441*	3.751	1.989	457*
Orta Kısım	10.663	1.860	926	260
Ayak Kısım	9.356	1.799	1.035	1.219*

Tablo 14 $T_{oda}=22^{\circ}\text{C}$ için Ortalama Partikül Sayısı

	>0,3μm	>0,5 μm	>1 μm	>5 μm
Baş kısmı	24.014.902*	3.670	1.689	445*
Orta Kısım	22.742	3.145	1.353	355*
Ayak Kısım	19.670	3.057	1.423	377*

Partikül sayılarıyla ilgili net olarak konuşmak çok mümkün değildir. Odanın ölçüm alınan günlük temizlik durumu, ölçüm esnasında cihazın yakınında bulunmak, ameliyathane kapısının açılıp kapanması v.b. gibi birçok kontrol edilemeyen etken vardır.

ISO 6 sınıfı ameliyathane için partikül sayılarının olması gereken değerlerine Tablo1'den bakarak, uygun olmayan değerler çizelge üzerinde (* ile) işaretlenmiştir. Partikül sayısını etkileyen çok fazla etken olduğundan $V_g=0.1$ m/s için farklı sıcaklıklara göre yapılan sayımlarda bu farka direkt olarak sıcaklığın etki ettiğini söylemek çok doğru olmayacaktır. Özellikle baş kısmında >0.3 μm boyutundaki partiküllerde çok yüksek değerlerde çıkan sonuçların neden kaynaklandığı belirlenememiştir.

$V_g=0.2$ m/s hız için yapılan ölçümlerde yine sıcaklığın direkt olarak etkisi olduğunu söyleyemesek de $V_g=0.1$ m/s hava giriş hızına göre partikül sayılarının düştüğü rahatlıkla görülebilmektedir.

Difüzörlü odadaki partikül sayılarına bakıldığında standartlarda istenilen değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca LAF üniteli sistemin $V_g=0.1$ m/s olduğu durumdaki partikül sayılarıyla kıyaslandığında her iki odadaki partikül sayılarının birbirlerine yakın değerlerde ve kabul edilebilir değerler üzerinde olduğu görülmektedir.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında ölçüm alınan ameliyathanelerde sıcaklığın direk olarak etki ettiğini söyleyememekle birlikte LAF üniteli sistemlerde hava giriş hızının oldukça önemli olduğu görülmektedir. Gürültü ve ameliyathane ekibinin konforu için hava giriş hızının düşük kullanılması sebebiyle partikül sayısının oldukça arttığı görülmüştür. Amaç ameliyathane ekibinin konforunun yanında enfeksiyon riskini azaltmak olduğundan dolayı sistemin bu kadar düşük hızlarda kullanılmaması gerekmektedir. $V_g=0.1$ m/s olduğunda difüzörlü odadaki partikül sayılarına yakın değerler elde edilmesi LAF üniteli sisteme yapılan yatırımı boşa çıkarmaktadır. Sistemi sadece yapmak yeterli değildir, uygun şartlarda kullanılması gerekmektedir.

Difüzörlü sistemde ise amaç saatte belirli miktarda taze hava sağlamak olduğundan mecburen hava girişi yüksek hızlarda yapılmaktadır. Ameliyathanede tercih edilen hava giriş hızı değerleriyle istenilen $2,400$ m^3/h değeri yaklaşık olarak sağlandığından hızı daha düşük kullanma şansı yoktur. Zaten difüzörlü sistemde hava giriş hızının yüksek olması ve oluşan türbülans sebebiyle partikül sayılarının ameliyat bölgesinde artmasından dolayı LAF üniteleri kullanılmaktadır.

Alınan ölçümler sırasında içeride sadece ölçüm alan tek bir kişinin bulunduğu ve ameliyathane ekibi ve hastayla birlikte partikül sayılarının çok fazla artacağı unutulmamalıdır. Bu sebepten dolayı ameliyat ekibinin hijyene çok fazla önem vermesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ANIL, O.B., MOBEDİ, M., ÖZERDEM, M.B. 2009. “Bir ameliyat odasında klima ve havalandırma tasarım parametrelerinin değişimi üzerine deneysel bir çalışma”. 9. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi bildiriler kitabı, Mayıs 2009, Say. 1191-1201.
- [2] VAN GAEVER, R., JACOBS, V.A., DILTOER, M., PEETERS, L., VANLANDUIT, S. “Thermal comfort of the surgical staff in the operating room”. Building and Environment, 81: 37-41, 2014.
- [3] FOREJT, L., DRKAL, F., HENSEN, J., IN SEPPÄNEN, O., SÄTERI, J., SEPPÄNEN, O. JUNE. “Assessment of operating room air distribution in a mobile hospital: field experiment based on VDI 2167”. In Proceedings of the 10th int roomvent conference, Haziran 2007, Say. 57-69.
- [4] HO, S.H., ROSARIO, L., RAHMAN, M.M. “Three-dimensional analysis for hospital operating room thermal comfort and contaminant removal”. Applied Thermal Engineering, 29(10): 2080-2092, 2009.
- [5] WANG, F.J., LAI, C.M., CHENG, T.J., LIU, Z.Y. “Performance Investigation for the Cleanroom Contamination Control Strategy in an Operating Room”. ASHRAE Transactions, 116(1): 74-80, 2010.
- [6] EL GHARBI, N., BENZAOUI, A., KHALIL, E.E., KAMEEL, R. “ Analysis of indoor air quality in surgical operating rooms using experimental and numerical investigations”. Mechanics & Industry, 13(2): 123-126, 2012.
- [7] RUI, Z., GUANGBEI, T., JIHONG, L. “Study on biological contaminant control strategies under different ventilation models in hospital operating room”. Building and environment, 43(5): 793-803, 2008.
- [8] LIU, Y., MOSER, A., HARIMOTO, K. “Numerical study of airborne particle transport in an operating room”. International Journal of Ventilation, 2(2): 103-110, 2003.
- [9] BALARAS, C.A., DASCALAKI, E. AND GAGLIA, A. “HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms”. Energy and Buildings, 39(4): 454-470, 2007.
- [10] AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, AIR CONDITIONING ENGINEERS ASHRAE/ASHE STANDARD 170. “Ventilation of Heating Care Facilities”, 2008.
- [11] DEUTCHES INSTITUT FUR NORMUNG e.V. DIN 1946, TEIL 4. “Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern”, 2007.
- [12] VEREIN DEYTSCHER INGENIEURE, VDI 2167. “Teschliche Gebaudeausrüstung von Krankenhäusern”, 2007.
- [13] ANIL, O.B., MOBEDI, M., ÖZERDEM, M.B. “Hastane hijyenik ortamları için klima ve havalandırma sistemleri tasarım parametreleri”. 8. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi, Ekim 2007, say. 497-509.
- [14] ANIL, O.B., MOBEDİ, M., ÖZERDEM, M.B. “Hastanelerin hijyenik sınıf 1 ortamlarında kullanılan klima ve havalandırma sistemleri için tasarım parametreleri”. Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi, 58: 23-30, 2008.
- [15] DIAB-ELSCHAHAWI, M., BERGER, J., BLACKY, A., KIMBERGER, O., OGUZ, R., KUELPMANN, R., KRAMER, A. AND ASSADIAN, O. “Impact of different-sized laminar air flow versus no laminar air flow on bacterial counts in the operating room during orthopedic surgery”. American journal of infection control, 39(7): 25-29, 2011.
- [16] YAMANKARADENİZ, R., HORUZ, İ., KAYNAKLI, Ö., COŞKUN, S., Yamankaradeniz, N. İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları. Dora Yayınevi, Bursa, 602 s. 2012.
- [17] SADRİZADEH, S. AND HOLMBERG, S. “ Effect of a portable ultra-clean exponential airflow unit on the particle distribution in an operating room”. Particuology, 18: 170-178 2015.
- [18] CHOW, T.T., YANG, X.Y. “Performance of ventilation system in a non-standard operating room”. Building and environment, 38(12): 1401-1411 2003.
- [19] CHOW, T.T., YANG, X.Y. “ Ventilation performance in the operating theatre against airborne infection: numerical study on an ultra-clean system”. Journal of Hospital Infection, 59(2): 138-147 2015.
- [20] SADRİZADEH, S., TAMMELIN, A., EKOLIND, P., HOLMBERG, S. “ Influence of staff number and internal constellation on surgical site infection in an operating room”. Particuology, 13: 42-51, 2013.
- [21] DHARAN, S. AND PITTET, D. “ Environmental controls in operating theatres”. Journal of Hospital Infection, 51(2): 79-84. 2013.
- [22] BOYLU, A. “ Ameliyathane ve Yoğun Bakım Hijyenik Havalandırma Sistemlerinin Performans Doğrulaması”. 9. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi bildiriler kitabı, Mayıs 2009, Say. 1233-1244.



ÖZGEÇMİŞ

Hande UFAT

1983 yılında Bursa'da doğmuştur. 2004 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2010 yılında Uludağ Üniversitesinde yüksek lisansını tamamlamış ve halen doktora eğitimine devam etmektedir. 2005-2007 yılları arasında çeşitli mekanik tesisat firmalarında proje mühendisi olarak çalışmış, 2008 yılından beri Uludağ Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

Recep YAMANKARADENİZ

1954 yılında Bafra'da doğdu. 1975 yılında İTÜ Makine Fakültesi'nde doktorasını tamamladı. 1990 yılında Isı Tekniği dalında doçent oldu. 1995 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde Profesör oldu. Halen Uludağ Üniversitesi Müh. Fak. Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Isıtma, soğutma, klima, doğalgaz ve yangın konularında çalışmalarını sürdürmektedir.