



## Temiz Oda Standartına Göre Ameliyathane ve Yoğun Bakımların Değerlendirilmesi Evaluating Operating Theaters and Intensive Care Units Based on Clean Room Standard

Fatma Azizoğlu<sup>1</sup>, Burcu Onat<sup>2</sup>, Betül Sönmez<sup>3</sup>, S. Bilge Hapçioğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Çevre Yönetim Birimi, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.

<sup>3</sup>İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Florence Nightingale Hemşirelik Fakültesi, Hemşirelikte Yönetim AD, İstanbul, Türkiye.

<sup>4</sup>İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı AD, İstanbul, Türkiye.

### Özet

**Amaç:** Bu çalışma, kamuya bağlı bir üniversite hastanesinin temiz alanlarında hava akış hızı ve dağılımı, hava debisi ve partikül sayısının ölçülerek ve DIN 1946/4 Hastanelerde Havalandırma Standartı ve ISO 14644-1 Temiz Oda Standartına uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirildi.

**Materyal-Metot:** Ölçüm noktalarının yeri ve sayısı standartlar doğrultusunda belirlenerek hastanenin tüm ameliyathaneleri erişkin ve çocuk yoğun bakım üniteleri olmak üzere 82 farklı noktada yapıldı. Belirlenen alanlarda hava akış hızı, sıcaklık ve nem ölçümleri, hava debisi ve alanlar arasındaki basınç farkı, filtre sızdırmazlık ölçümü ve partikül sayısı ölçümleri yetkili firma aracılığıyla gerçekleştirildi. Ölçüm sonuçları ile DIN 1946/4 ve ISO 14644-1 kabul kriterleri ile karşılaştırılarak değerlendirildi ve hava temizlik sınıfları belirlendi.

**Bulgular:** Yoğun bakım ve izolasyon odalarında ve iki ameliyathanede el yıkama alanlarında hava değişim oranının düşük olduğu (<6) saptandı. Yoğun bakım ünitelerinde ve üç ameliyathanede pozitif basınç gerekirken negatif basınç koşulları bulunduğu belirlendi. Otuz bir ameliyathanenin, sıcaklık ve nem değerlerinin uygun olduğu, altı ameliyathanede hava değişim oranının ve partikül sayısının ISO 7 standartını sağlamadığı görüldü. On üç ameliyathanede partikül sayısına göre ISO 7 koşullarını sağladığı ancak hava değişim hızının düşük ya da çok yüksek olduğu saptandı.

**Sonuç:** Standartlara uygun hava değişim hızının sağlanması oda içinde istenen temizlik sınıfına ulaşılmasını sağlayacaktır. Bu çalışma sonuçları, hastanelerde havalandırma sistemlerinin kurulması kadar bakımının yapılması, performanslarının ölçülerek etkinliğinin sürdürülmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Temiz Oda, Partikül, Standart, Ameliyathane, Yoğun Bakım, Hastane

### Abstract

**Objective:** The purpose of this study is to measure the air flow speed and distribution, air flow rate and the amount of particles in the clean spaces of a public university hospital and to evaluate their compliance to DIN 1946/4 Standard on Ventilation in Hospitals and ISO 14644-1 Clean Room Standard.

**Material-Method:** Once the location and number of the measurement points were determined in accordance with the standards, the measurement was carried out in 82 points including in all the operating theaters and pediatric intensive care units of the hospital. In the spaces determined, the air flow speed, temperature, and humidity measurements, the pressure differences between air flow rate and the areas, measurement of filter impermeability, and measurement of the particle amount were carried out by an authorized company. The measurement results were compared and evaluated with DIN 1946/4 and ISO 14644-1 acceptance criteria and the air cleaning classes were determined.

**Results:** It was found that the air exchange rate in hand washing areas in intensive care unit and isolation rooms and two operating theaters was lower than 6. It was also determined that even though positive pressure was required in intensive care units and three operating theaters, there were negative pressure conditions. It was revealed that the temperature and humidity values of thirty one operating theaters were suitable and air exchange rate and particle amount did not meet the ISO 7 standard in six operating theaters. The particle amount met the ISO 7 standard in thirteen operating theaters, but the air exchange rate was found to be low or too high.

**Conclusions:** Providing the air exchange rate in accordance with the standards will ensure the room to reach the desired cleaning class. The results of this study have revealed that carrying out maintenance, measuring the performances, and maintaining them effectively in ventilation systems in the hospitals are required as much as their installation.

**Keywords:** Clean Room, Particles, Standard, Operating Theater, Intensive Care, Hospital

## Giriş

Sağlık hizmetlerinde ve ilaç, mikro elektronik gibi üretim sektöründe ortamdaki partikül sayısının kontrol altında tutulduğu ve bununla birlikte ortamın sıcaklık, nem ve havalandırma değerlerinin belirli bir aralıkta korunacağı özel alanlar, temiz oda (clean room) olarak adlandırılır (1). Yüksek riskli tıbbi girişimlerin gerçekleştirildiği hastane ve klinikler, temiz oda teknolojilerinin kullanılması, temiz oda standartlarına uygun olması ve uygunluğun sürdürülmesi gereken yerlerdir (2). Toz, atık-anestezik gaz gibi ölü parçacıklardan veya bakteri, virüs gibi mikroorganizmalardan oluşan partiküllerin kontrolü ile birlikte sıcaklık, nem, basınç, gürültü seviyesi ve hava hareketi gibi şartlarında sağlanması ve uluslararası standartlara uygun olan temiz ortamın oluşturulması gerekmektedir (1).

Hastane enfeksiyonları dünya genelinde sağlık sonuçlarını ve sağlık hizmeti maliyetini etkileyen önemli bir sorundur. Hastane ortamında patojen enfeksiyon riski diğer ortamlardan daha yüksektir ve enfeksiyon seyri ölümcüldür. Amerika Birleşik Devletleri'nde hastane enfeksiyonlarının ölüm nedenleri arasında 6. sırada yer aldığı, Avrupa'da ise bir yoğun bakım ünitesinde (YBÜ) hastane enfeksiyonu riskinin %45 olduğu belirtilmektedir (3). Hastane genelinde hastane enfeksiyonu görülme sıklığı %3-17 iken, yoğun bakımlarda bu oranın %25-50'lere çıktığı belirtilmektedir (4). Hastane enfeksiyonlarının maliyetini inceleyen sistematik derlemede (5), beş ana enfeksiyonun (cerrahi alan enfeksiyonu, ventilasyon ilişkili pnömöni, santral venöz katater enfeksiyonu, clostridium difficile enfeksiyonu, üriner kateter enfeksiyonu), toplam yıllık maliyetinin 9,8 milyar dolar olduğu, cerrahi alan enfeksiyonlarının ise bu maliyetin %33,7'sini oluşturduğu hesaplanmıştır. Bu doğrultuda, hastanelerde kök hücre nakil ünitesi, ameliyathaneler, yoğun bakım üniteleri gibi özellikli birimlerde hava kalitesinin izlenmesi ve temiz oda standartlarının sürdürülmesi gereklidir (3).

ISO 14644-1 standartı (6) temiz oda ve temiz bölgelerde havadaki partiküllerin konsantrasyonu açısından hava temizliğini sınıflandırmaktadır. Sınıflandırmada, 1m<sup>3</sup> içinde bulunan 0,1-5 mikrometre (µm) arasında boyuta sahip parçacıkların kümülatif dağılımları dikkate alınmakta ve dokuz temiz oda sınıfı tanımlanmaktadır. Bu yöntem hem havalandırma hem de filtrelerin etkinliğini belirlemek için önerilmektedir (3, 6).

Seal ve Clark (7) ve Stocks ve ark. (8) tarafından yapılan çalışmalarda havadaki partiküllerin sayısı ile koloni oluşturan birim (colony forming units-CFU) sayısı arasında bir korelasyon olduğu belirlenmiş, ortam havasında 5 µm'den büyük partiküllerin varlığının partiküllerin mikrobiyolojik kontaminasyona maruz kaldığının göstergesi olduğu tespit edilmiştir. Günümüzde, temiz odaya giren herhangi bir dış hava, yüksek etkinlikte partikül yakalayıcı (high efficiency particulate arresting-HEPA, 0,3 µm üstü partikülleri %85 ve üstü verimle tutabilen filtre) ve/veya çok düşük geçirgenlikli (ultra-low particulate air-ULPA, 0,12 µm üstü partikülleri %99,99 verimle tutabilen filtre) hava filtrelerinden süzülerek kirleticilerin temiz odaya girmesi ve ortam yüzeylerine yerleşmesi önlenmektedir (3).

Coşgun ve ark. (9) Akdeniz Üniversitesi Hastanesi'nde yaptıkları çalışmada, çocuk hematoloji servisinde beş odada periyodik olarak sıcaklık, bağıl nem ve partikül miktarını ölçmüşlerdir. Hasta odalarının Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı (ISO) sınıf 6 (partikül sınır değeri 35200'den az) kategorisinde olduğu saptanmıştır. Odaların klimasının hijyenik klima ile değiştirildiğinde değerlerde azalma olduğu, anlamlı fark saptandığı belirtilmiştir (9). Tosun ve ark. (4), hijyenik iklimlendirme sisteminden önce alanda 1m<sup>3</sup> hacimde 0,5 µm boyutunda 146.000.000 adet partikül bulunduğunu, sistemin değişmesi sonrasında YBÜ'de 171.000, giriş holde 320.000, izolasyon odasında 148.000 ve izolasyon ön odasında 150.000 partikül bulunduğu saptanmıştır. Tüm YBÜ'lerin ISO sınıf 7 kategorisini karşıladığı saptanmıştır (4).

Yüksek riskli cerrahi girişimlerin gerçekleştirildiği ameliyathanelerde cerrahi alan enfeksiyonları riskini en aza indirmek için hava değişim sayısının (odaya verilen toplam besleme havası miktarının oda hacmine oranıdır ve ortamda bulunan partiküllerin giderilmesinin yeterliliğini gösterir) hastanedeki diğer alanlardan daha yüksek olması gerekmektedir (10). Gormley ve ark. (10), ameliyathanede genel hava kalitesini tanımlamak için geliştirdikleri çevresel kalite göstergelerini sahte cerrahi prosedür ile uyguladıkları çalışmalarında, üç ameliyathanedeki partikül sayısını ISO temiz oda standartlarıyla karşılaştırmış ve ISO 7 ve 8'e karşılık geldiklerini saptamışlardır. Sezdi ve Üzcan (11), tarafından bir tıp fakültesinin monoblok ameliyathanelerinde yapılan çalışmada, kalp damar cerrahisi ameliyat odasının ISO sınıf 6, diğer ameliyat odalarının ise ISO sınıf 6 ve 7 kategorisinde olduğu saptanmıştır. Kalp damar cerrahisi ameliyat odasının sınıfının daha iyi olmasının nedeni, diğer ameliyat odalarında iki adet olan HEPA filtre sayısının bu odada dört adet olması olarak belirtilmiştir (11).

Uluslararası standartların yanı sıra, Sağlık Hizmetlerinde Kalite Standartlarına (12) göre de, hastanelerde havalandırma sistemlerine göre düzenleme yapılmalı ve düzenli aralıklarla performans testleri yapılmalıdır. Bu standarta göre, steril alanlarda HEPA filtreli havalandırma sistemi kullanılmalı, ameliyathanelerde hava akımı steril alandan temiz olmayan alana doğru (pozitif basınçlı) olmalı, yüksek riskli cerrahi operasyonlar için laminer hava akımı tesis edilmeli ve partikül ölçümleri yapılmalıdır (12).

## Materyal-Metot

Bu araştırma, kamuya bağlı bir üniversite hastanesinin yoğun bakım, ameliyathane ve sterilizasyon üniteleri temiz alanlarında hava akış hızı ve dağılımı, hava debisi ve partikül sayısının ölçülerek ve Alman Standartlar Enstitüsü (Deutsches Institut für Normung-DIN) 1946/4 Hastanelerde Havalandırma Standardı ve ISO 14644-1 Temiz Oda Standardına uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla tanımlayıcı olarak gerçekleştirildi.

Ölçümler, 22-30 Kasım 2017'de hastanenin tüm ameliyathaneleri ile erişkin ve çocuk YBÜ olmak üzere 82 farklı noktada yapıldı. Ölçüm noktalarının yeri ve sayısı standartlar doğrultusunda belirlendi. Ölçümler bu ölçümleri yapmada yetkili firma aracılığıyla gerçekleştirildi. Hava

değişim hızı, sıcaklık ve nem ölçümleri termal anemometre, hava debisi ve basınç farkı ölçümleri sırasıyla balometre ve manometre ile yapıldı. Partikül sayısı ise partikül sayım cihazı (Lighthouse, Model 3016, USA) ile belirlendi. Birimlerin yüzey alanı ve yüksekliği ile birlikte, HEPA ve ULPA filtrelerde kaçak olup olmadığının değerlendirilmesi için sızdırmazlık ölçümü yapıldı. Birimlerin temiz alan ve diğer alanlar arasındaki basınç farkları ölçüldü. Dinlenme ortamında, dezenfeksiyonu yapılmış ve temizlik yapıldıktan en az bir saat sonra partikül sayımı yapıldı. Ayrıca, birim sıcaklığı, nem ve havalandırma sisteminin ortamı yeniden temizleme etkinliği (dekontaminasyonu) ölçüldü. Verilerin analizi, ölçüm sonuçları ile DIN 1946/4 ve ISO14644-1 kabul kriterleri ile karşılaştırılarak değerlendirildi ve hava temizlik sınıfları belirlendi.

### Bulgular

Hastanenin YBÜ, izolasyon odaları ve steril koridorlarında yapılan ölçüm sonuçları Tablo 1’de sunuldu. Bu ölçümlerin yapıldığı alanlar, genel olarak pozitif basınçlı oda (koruyucu ortam) özelliği göstermektedir. YBÜ R2 ve R3, izolasyon odası 1-2, Reanimasyon izolasyon odası ve ameliyathane 5 ve 6 el yıkama alanlarında hava değişim oranının düşük olduğu (<6) görüldü. Ayrıca YBÜ R2 ve R3’te negatif basınç koşulları bulunduğu görüldü (Tablo 1).

Tablo 2’de hastanenin monoblok ameliyathanelerinde, Tablo 3’te ise diğer (acil, göz, ortopedi, beyin cerrahisi) ameliyathanelerde yapılan ölçüm sonuçları verildi. Tüm ameliyathaneler (31 ameliyathane) sıcaklık ve nem değerlerine göre değerlendirildiğinde, nem değerinin tüm

noktalarda %30-60 arasında olduğu, sıcaklığın ise 16,2-21,8 °C arasında değiştiği, çoğu ameliyathanede ise 20°C’nin altında olduğu görüldü (Tablo 2 ve 3). Hava değişim oranı ve partikül sınıfı bakımından değerlendirildiğinde ise; acil cerrahi 1-2-3-4 nolu ameliyathanelerde ve birinci ve ikinci nöroloji ameliyathanelerinde hava değişim oranı ve partikül sayısının ISO 7 standartını sağlamadığı görüldü (Tablo 3). Monoblok 1-2-7-9-10-11-12-21 nolu ameliyathanelerde hava değişim oranının 15’in altında kaldığı ama partikül sayısına göre ISO 7 koşullarını sağladığı, ancak 10-15 nolu ameliyathanelerde negatif basınç koşullarının olduğu görüldü (Tablo 2). Ortopedi 1-2-3-4-5 nolu ameliyathanelerinin partikül sayısına göre ISO 7 koşullarını sağladığı ancak hava değişim oranının 25’in üzerinde olduğu ve göz 4 nolu ameliyathanede ise negatif basınç koşullarının olduğu görüldü (Tablo 3).

### Tartışma

Hastane içinde, parçacık sayısının kontrol altında tutulması amacıyla özel havalandırma sistemlerinin kurulması gereken alanlar pozitif basınç odaları, negatif basınçlı izolasyon odaları, yoğun bakım üniteleri ve ameliyathanelerdir. Temiz odalarda (clean room), kontrol altında tutulan parçacık sayısı ve hava değişim oranına göre uluslararası standartlarla belirlenmiş sınıflar ve limit değerler mevcuttur (5, 13).

Hastanenin farklı bölgelerinde hijyenik nedenlerden dolayı farklı hava şartları gerekebilir. Hava akış yönlerinin yüksek şartlar gerektiren ameliyathane ve yoğun bakım hastane odalarından daha düşük şartlar gerektiren odalara doğru (pozitif basınç) olması veya hastaların bulaşıcı hastalık

**Tablo 1.** YBÜ, izolasyon odaları, steril koridorlarda hava debisi, hava değişim oranı, sıcaklık, nem, basınç, partikül ölçüm sonuçları\*

Ölçüm No	Lokasyon	Hava Değişim Sayısı (1/sa)	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Basınç (Pa)	Ortalama Partikül Sayısı (partikül / m <sup>3</sup> )		ISO Sınıfı
						0,5 µm	5 µm	
4	YBÜ R2	2,7	23,8	39,2	-1,8	639505	1987	ISO 8
1	YBÜ R3	3,1	23,0	45,0	-4,0	477966	2712	ISO 8
2	İzolasyon-1	2,6	23,1	45,2	0,0	522303	1915	ISO 8
3	İzolasyon-2	2,4	23,1	45,2	0,0	367420	3024	ISO 8
8	İzolasyon-3	5,5	22,6	29,7	1,0	127885	3557	ISO 7
5	Çocuk YBÜ	15,0	23,8	30,2	5,0	626136	1170	ISO 8
6	Çocuk YBÜ izolasyon	13,4	23,8	30,3	5,0	447745	2146	ISO 8
7	Steril koridor	4,0	23,4	29,5	3,5-3,0	355497	2684	ISO 8
59	Ortak steril koridor	16,5	18,0	43,5	5,0	723796	2308	ISO 8
62	Hasta çıkışı AM-1	14,2	16,7	42,2	Kapı yok	472843	2417	ISO 8
63	El yıkama AM-1-2	16,8	16,3	42,0	Kapı yok	506690	1468	ISO 8
64	Hasta girişi AM-2	13,4	16,3	41,7	Kapı yok	627554	3213	ISO 8
65	Hasta girişi AM-3	11,2	16,2	41,8	Kapı yok	1274400	2386	ISO 8
66	El yıkama AM-3-4	16,4	16,4	41,6	Kapı yok	528879	3016	ISO 8
67	Hasta girişi AM-4	11,7	16,7	41,3	Kapı yok	494814	2578	ISO 8
68	Hasta çıkışı AM-5	9,5	16,3	41,5	Kapı yok	819221	1514	ISO 8
69	El yıkama AM-5-6	4,9	16,4	42,3	Kapı yok	689424	498	ISO 8

R: Reanimasyon AM: Ameliyathane \*Standarta uymayan değerler koyu olarak belirtilmiştir.

**Tablo 2.** Monoblok ameliyathanelerinde hava debisi, hava değişim oranı, sıcaklık, nem, basınç, partikül ölçüm sonuçları\*

No	Lokasyon	Hava Değişim Oranı (1/sa)	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Basınç (Pa)	Ortalama Partikül Sayısı (partikül / m <sup>3</sup> )		ISO Sınıfı
						0,5 µm	5 µm	
9	AM-20	16,2	18,1	47,8	2,5	281494	107	ISO 7
10	AM-20 Airlock	19,3	17,7	47,3	3,0	157816	113	ISO 7
11	AM-21	<b>14,0</b>	17,0	48,3	1,0	172341	93	ISO 7
12	AM-21 Airlock	18,6	17,7	47,3	3,0	157088	37	ISO 7
13	AM-18	16,4	17,1	46,8	1,5	166340	65	ISO 7
14	AM-18 Airlock	23,0	16,8	51,2	12,0	199396	74	ISO 7
15	AM-17	17,7	16,2	56,6	0,0	215243	51	ISO 7
16	AM-17 Airlock	27,5	17,0	48,3	12,5	228268	57	ISO 7
17	AM-16	20,2	15,3	53,1	2,0	234164	68	ISO 7
18	AM-16 Airlock	<b>28,3</b>	15,4	54,3	10,0	192893	107	ISO 7
19	AM-23	15,1	18,3	45,4	1,0	189321	62	ISO 7
20	AM-23 Airlock	19,0	17,7	46,1	2,0	130352	24	ISO 7
21	AM-11	12,2	19,7	43,5	1,5	110395	24	ISO 7
22	AM-11 Airlock	22,5	19,3	43,8	<b>-1,0</b>	121201	36	ISO 7
23	AM-10	<b>9,7</b>	19,4	45,6	<b>-1,0</b>	123176	39	ISO 7
24	AM-10 Airlock	19,5	19,3	43,8	0,0	134497	79	ISO 7
25	AM-12	<b>12,9</b>	20,5	28,7	1,4	155441	42	ISO 7
26	AM-12 Airlock	15,5	20,4	29,0	1,5	162325	39	ISO 7
27	AM-4	22,0	17,7	30,3	2,6	185948	56	ISO 7
28	AM-4 Airlock	18,7	18,0	29,7	10,0	199813	67	ISO 7
29	AM-5	21,1	17,4	30,7	11,0	175054	44	ISO 7
30	AM-5 Airlock	18,5	18,0	30,1	10,0	149819	28	ISO 7
31	AM-6	24,9	17,7	30,2	16,0	143405	37	ISO 7
32	AM-6 Airlock	18,2	18,0	30,3	7,0	272544	90	ISO 7
33	AM-9	<b>12,4</b>	19,7	33,4	1,0	138124	40	ISO 7
34	AM-9 Airlock	23,0	18,4	33,1	<b>-1,5</b>	124745	30	ISO 7
35	AM-15	15,1	20,5	31,9	<b>-4,5</b>	<b>1168440</b>	56	<b>ISO 8</b>
36	AM-14	18,3	20,2	32,5	-3,0	<b>712632</b>	45	<b>ISO 8</b>
37	AM-13	15,4	19,9	32,9	0,0	234142	53	ISO 7
38	AM-12	15,6	18,6	32,8	1,0	114575	1066	ISO 7
39	AM-12,13,14,15 Airlock	<b>26,5</b>	20,0	31,1	5,0	416988	1587	<b>ISO 8</b>
40	AM-8	16,0	20,2	31,9	0,0	120236	1863	ISO 7
41	AM-8 Airlock	<b>25,4</b>	20,4	31,1	2,0	231455	2632	ISO 7
42	AM-7	<b>10,5</b>	20,0	34,3	0,0	196818	2663	ISO 7
43	AM-7 Airlock	<b>26,9</b>	20,1	32,0	0,0	180137	4218	ISO 7
44	AM-1	<b>7,2</b>	20,3	44,6	1,5	126171	3174	ISO 7
45	AM-2	<b>10,1</b>	19,0	45,9	7,0	122830	1692	ISO 7
46	AM-3	19,7	16,9	31,8	4,0	48740	1063	ISO 7
47	AM-3 Airlock	23,2	17,9	30,3	0,0-7,5	125977	2799	ISO 7

AM: Ameliyathane \*Standarta uymayan değerler koyu olarak belirtilmiştir.

nedeniyle kontrol altında tutulduğu hastane odalarına ise dışarıdan hava girişinin sağlanması (negatif basınç) gerekmektedir (3,14). DIN 1946/4 standartına (13) göre, negatif basınçlı izolasyon odasında basınç negatif, hava değişimi (1/saat)  $\geq 12$ , hava akım yönü temizden kirliye (hasta

kirli tarafta) doğru, filtrasyon %90 olmalıdır. Pozitif basınçlı odalarda basınç pozitif, hava değişimi (1/saat)  $\geq 12$ , hava akım yönü temizden kirliye (hasta temiz tarafta), filtrasyon %99,7 olmalıdır. YBÜ'lerde basınç pozitif, negatif veya nötr, hava değişimi (1/saat)  $\geq 6$ , hava akım yönü odanın kullanım

**Tablo 3.** Diğer ameliyathanelerde hava debisi, hava değişim oranı, sıcaklık, nem, basınç, partikül ölçüm sonuçları\*

No	Lokasyon	Hava Değişim Oranı (1/sa)	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Basınç (Pa)	Ortalama Partikül Sayısı (partikül / m <sup>3</sup> )		ISO Sınıfı
						0,5 µm	5 µm	
51	OAM-1	<b>60,6</b>	16,7	41,6	21,00	170727	1257	ISO 7
52	OAM-1 Airlock	<b>13,9</b>	16,6	42,8	Kapı yok	1174476	1241	<b>ISO 8</b>
53	OAM-4	<b>35,1</b>	17,0	42,3	19,00	142611	2075	ISO 7
54	OAM-4 Airlock	14,6	16,4	43,0	Kapı yok	725535	742	<b>ISO 8</b>
55	OAM-5	<b>53,2</b>	18,8	43,5	25,00	41260	2719	ISO 7
56	OAM-5 Airlock	<b>12,7</b>	16,8	41,8	Kapı yok	517446	1241	<b>ISO 8</b>
57	OAM-3	<b>32,4</b>	17,3	43,0	20,00	131198	1276	ISO 7
58	OAM-3 Airlock	<b>13,3</b>	16,3	44,0	Kapı yok	426347	2695	<b>ISO 8</b>
60	OAM-2	<b>55,8</b>	17,5	43,7	27,00	155213	3844	ISO 7
61	OAM-2 Airlock	16,2	16,2	41,7	Kapı yok	762974	3006	<b>ISO 8</b>
70	GAM-1	<b>27,3</b>	20,6	39,1	30,00	24542	2650	ISO 6
71	GAM-2	23,0	20,5	39,3	31,00	117555	1504	ISO 7
72	GAM-3	<b>25,6</b>	21,8	34,8	<b>28,50</b>	177323	1430	ISO 7
73	GAM-4	<b>14,6</b>	22,3	38,1	<b>-12,00</b>	123805	1803	ISO 7
76	ACİL AM-1	<b>9,1</b>	20,5	44,6	1,50	1507343	1266	<b>ISO 8</b>
77	ACİL AM-2	<b>11,6</b>	20,0	45,0	<b>3,50</b>	626598	1868	<b>ISO 8</b>
78	ACİL AM-3	<b>13,3</b>	20,6	44,9	2,00	865120	1746	<b>ISO 8</b>
79	ACİL AM-4	<b>5,7</b>	20,1	45,5	1,00	1088563	1655	<b>ISO 8</b>
80	BCAM-1	<b>7,7</b>	17,7	42,0	40,00	806011	2073	<b>ISO 8</b>
81	BCAM-2	15,5	17,3	46,8	34,00	483875	1472	<b>ISO 8</b>
82	BCAM-3	<b>6,1</b>	16,8	49,2	42,00	459443	2652	<b>ISO 8</b>

OAM: Ortopedi Ameliyathane, GAM: Göz ameliyathane, OAM: Ortopedi ameliyathane, BCAM: Beyin cerrahi ameliyathane \*Standarta uymayan değerler koyu olarak belirtilmiştir.

amacına göre değişmekte olup, filtrasyon %90 olmalıdır. Pozitif basınçlı oda (koruyucu ortam) özelliği olan YBÜ gibi alanlarda yapılan ölçümlerde hava değişim oranının saatte  $\geq 6$  olması gerekmektedir. YBÜ R2 ve R3, izolasyon odası 1-2-3 ve 5-6 nolu ameliyathane el yıkama alanlarında hava değişim oranının altından düşük olduğu saptandı. Basınç (Pa) ölçüm değerleri değerlendirildiğinde ise, R2 ve R3 YBÜ’de pozitif basınç gerekirken negatif basınç koşulları bulunduğu belirlendi (Tablo 1).

ISO 14644-1 standartına (6) göre partikül konsantrasyon düzeyleri eşik değerleri ISO 6, 7, ve 8 sınıf için şu şekildedir: 0,5 µm: 352000, 5 µm: 293 (ISO 6); 0,5 µm: 35200, 5 µm: 2930 (ISO 7); 0,5 µm: 3520000, 5 µm: 29300 (ISO 8). YBÜ, izolasyon odaları, steril koridor, el yıkama alanları ve hasta giriş ve çıkışlarında partikül sayısı yalnızca YBÜ izolasyon-3 odasında ISO 7, diğer alanlarda ISO 8 sınıfına karşılık gelmektedir (Tablo 1). Tosun ve ark. (4), hijyenik iklimlendirme öncesi ve sonrası karşılaştırma yaptıkları çalışmalarında, hijyenik iklimlendirme sonrası tüm YBÜ’lerin ISO 7 sınıf koşullarını karşıladığını saptamıştır. Ameliyathaneler koridorlara ve bitişik alanlara göre pozitif basınçta olmalı ve sürdürülmelidir (15). Hasta odası ile oda dışındaki alanlar arasında  $>2,5$  Pa’lık bir basınç farkı bulunmalı ve saatte  $\geq 15-25$  hava değişimi sağlanmalıdır. Hava akım yönü temizden kirliye (hasta temiz tarafta), filtrasyon %90, ortam sıcaklığı 20-23°C, rölatif nem %30-

%60 olmalıdır (13). Ameliyathane havası, toz, aerosol, tiftik, mikroorganizmalar, cilt skuamöz epitel hücreleri ve solunum damlacıkları içerebilir. Ameliyathanedeki havadaki mikrobiyal seviye, odanın içinde hareket eden insan sayısı ile doğru orantılıdır (15). Ameliyathane havasının partikül sayısı sınıfına göre ISO 7 standartlarına uyması gerekmektedir (6). Ölçüm sonuçlarına göre 31 ameliyathane standart koşullarını sağlamaktadır. Sıcaklık ve nem değerlerine göre değerlendirildiğinde, nem değerinin tüm noktalarda %30-60 arasında olduğu, sıcaklığın ise 16,2-21,8°C arasında değiştiği, çoğu ameliyathanede ise 20°C’nin altında olduğu görülmektedir. Bir tanesi göz ameliyathane olmak üzere toplam üç ameliyathanede negatif basınç ölçülmüştür (Tablo 2 ve 3).

Hava değişim oranı ve partikül sınıfı bakımından değerlendirildiğinde ise; acil ameliyathanelerinin tümünün ve beyin cerrahisi ameliyathanelerinden ikisinin hava değişim oranı ve partikül sayısının ISO 7 standartını sağlamadığı belirlenmiştir. Sekiz ameliyathanede hava değişim oranının  $\geq 15$ ’in altında kaldığı ancak partikül sayısına göre ISO 7 koşullarının sağlandığı; ortopedi ameliyathanelerinde ise partikül sayısına göre ISO 7 koşullarını sağladığı ancak hava değişim oranının  $\geq 25$ ’in üzerinde olduğu belirlenmiştir. ISO sınıflandırmasına göre, bir ameliyathane ISO 6, 15 ameliyathanede ortam veya airlock ölçümlerinin ISO 8, diğerleri ise ISO 7 olduğu saptandı (Tablo 2 ve 3). Sezdi

ve Üzcan (11), kalp damar cerrahisi ameliyathanesinin ISO sınıfının 6, diğer ameliyathanelerin ise ISO sınıfının 6 ve 7, Gormley ve ark. (10), üç ameliyathanelerin ise ISO sınıfının 7 olduğunu belirtmiştir.

Temiz odalarda hava akım hızı kadar önemli diğer bir parametre HEPA filtrenin özellikleridir. HEPA filtreden önce koyulan kaba filtrelerin kalitesi HEPA filtrelerin ömrünü etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Yapılan çalışmalarda çift HEPA filtre sisteminin kullanılmasının maliyet açısından çok büyük bir fark getirmediği, düşük akım hızlarında bile istenen temizlik sınıflarının sağlanabildiği belirtilmektedir (16). Bir diğer önemli unsur HEPA filtreler gazları, kokuları ve egzoz emisyonlarını filtre edememektedir. Özellikle taşıt egzoz emisyonları hastane iç ortam hava kalitesini bozan en önemli etkenlerden biridir (13). Trafığın yoğun olduğu bölgelerde bulunan sağlık kurumlarının havalandırma sistemlerinde filtre kademelerinin aktif karbon filtre ile desteklenmesi gerekmektedir.

### Sonuç

Hastane içinde 82 farklı noktada ölçümlerin yapılarak hava kalitesinin ölçüldüğü bu çalışmada, temiz oda kriterleri doğrultusunda çoğu alanların standartları karşıladığı, bazı alanlarda hava değişim oranının standartların altında kaldığı veya üzerine çıktığı, bazı ameliyathanelerde de partikül sayısının ISO 7 şartını sağlamadığı saptanmıştır. Hava değişim sayısının düşük olması oda içindeki partiküllerin dışarı atılma süresini arttırmakta, dolayısıyla partikül sayısının yükselmesine sebep olmaktadır. Oda içindeki partiküller içeride ne kadar çok kalırsa içerideki hastaya vereceği zarar o derece artacaktır. Standartlara uygun hava değişim hızının sağlanması oda içinde istenen temizlik sınıfına ulaşılmasını sağlayacaktır.

Bu çalışma sonuçları, hastanelerde havalandırma sistemlerinin kurulması kadar bakımının yapılması, performanslarının ölçülerek etkinliğinin sürdürülmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır. Hastane havalandırma sistemi proje ve tasarımı, uygulaması, devreye alınması, bakımı ve işletilmesi, uygunluk kontrolleri ile ilgili test ve muayene işlemleri ciddi bir bilgi birikimi ve tecrübe gerektirmektedir. Bu konuda uluslararası standartlar yanı sıra SKS-Hastane standartının bu uygulamaları zorunlu kılması teknik kurulum, bakım ve işlevselliğin sürdürülmesi amacıyla önemlidir. Bununla birlikte, temiz oda şartlarının sürdürülmesi ve kontaminasyonun önlenmesi için çalışanların ABD Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri'nin (CDC) önerilerini uygulamaları gerekmektedir.

### Kaynaklar

1. Türkmen B. Temiz Oda Standartları ve Laminer Hava Akışlı Tavan Sistemleri. TTMD Dergisi 2001; 13, <http://www.ttmd.org.tr/userfiles/dergi/dergi13.pdf>
2. İman H. Temiz Oda. TTMD Dergisi 1999; 3. <http://www.ttmd.org.tr/userfiles/dergi/dergi3.pdf>
3. Mora M, Mahnert A, Koskinen K, Pausan MR, Oberauner-Wappis L, Krause R, Perras AK, Gorkiewicz G, Berg G, Moissl-Eichinger C. Microorganisms in Confined Habitats: Microbial Monitoring and Control of Intensive Care Units, Operating Rooms, Cleanrooms and the International Space

- Station. *Front. Microbiol* 2016; 7: 1573.doi: 10.3389/fmicb.2016.01573
4. Tosun MF, Karakuş C, Yağlı H, Baltacıoğlu H. Yoğun Bakım Ünitesinin Hijyenik İklimlendirme Hesabı ve Örnek Uygulama. *TTMD Dergisi* 2015; 95: 30-36.
5. Zimlichman E, Henderson D, Tamir O, Franz C, Song P, Yamin CK, Keohane C, Denham CR, Bates DW. HealthCare-Associated Infections A Meta-analysis of Costs and Financial Impact on the US Health Care System. *JAMA Intern Med.* 2013; 173(22): 2039–2046. doi:10.1001/jamainternmed.2013.9763
6. International Organization for Standardization- ISO 14644-1:2015: Cleanrooms and associated controlled environments Part 1: Classification of aircleanliness by particle concentration. Second edition, Switzerland; 2015.
7. Seal DV, Clark RP. Electronic particle counting for evaluating the quality of air in operating theatres: a potential basis for standards? *J. Appl. Bacteriol.* 1990; 68: 225–230. doi: 10.1111/j.1365-2672.1990.tb02568.x
8. Stocks, G. W., Self, S. D., Thompson, B., Adame, X. A., and O'Connor, D. P. (2010). Predicting bacterial populations based on airborne particulates: a study performed in nonlaminar flow operating rooms during joint arthroplasty surgery. *Am. J. Infect. Control* 38, 199–204. doi: 10.1016/j.ajic.2009.07.006
9. Çoşgun A, Korkmaz A, Dođdu N. Hastanelerde Hijyenik Ortamlarda İç Hava Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi (Antalya Örneđi). III. Ulusal İklimlendirme Kongresi, İklim 2011, Antalya; 2011.
10. Gormley T, Markel TA, Jones H, Wagner J, Greeley D, Clarke JH, Abkowitz M, Ostojic J. Methodology for analyzing environmental quality indicators in a dynamic operating room environment. *American Journal of Infection Control* 2017; 45: 354-359.
11. Sezdi M, Üzcan Y. Ameliyathanelerde Temiz Oda Sınıflandırması. *Tıp Tekno'2016 Tıp Teknolojileri Kongresi*, Antalya; 2016.
12. T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetlerinde Kalite Standartlarına (SKS- Hastane V5.R1). 2. Baskı, Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Sağlıkta Kalite ve Akreditasyon Daire Başkanlığı, Ankara: Pozitif Matbaa, 232.
13. DIN 1946/4. Ventilation and airconditioning-Part 4: Ventilation in hospitals; 2008.
14. Boylu A, Nisan E. Hastanelerde iç hava kalitesi; çağdaş teknoloji ve Türkiye'de görünüm. 12.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir; 2015.
15. Sehulster LM, Chinn RYW, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, Besser R, Fields B, McNeil MM, Whitney C, Wong S, Juraneck D, Cleveland J. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations from CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Chicago IL; American Society for Healthcare Engineering/American Hospital Association; 2004.
16. Özcan A. Temiz odalarda hava değişim sayısı ve filtre sınıfının oda klasına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006; 84.