

Havadan Havaya Isı Geri Kazanım Cihazlarının TS EN 308 Standartına Göre Verim Testlerinin Yapılması

Orcan KAYA
Serhan KÜÇÜKA

Abstract

In this study, according to TS EN 308 a test unit designed and manufactured to determine temperature ratio for heat recovery units. The temperature ratio tests were made for a heat recovery device on this test unit. The data obtained from the test unit provided minimum requirements of TS EN 308 standard.

ÖZET

Havadan havaya ısı geri kazanımı yapan ısı geri kazanım cihazlarının ısı verimleri belirlemek üzere TS EN 308 standardına göre sıcaklık oran testlerinin yapılabileceği bir test düzeneği tasarlanmış ve üretilmiştir. Üretilen test düzeneği kullanılarak bir ısı geri kazanım cihazı üzerinde sıcaklık oran testleri yapılmıştır. Testler sonunda kurulan düzenden elde edilen verilerin TS EN 308 standardı için gerekli asgari ölçüm şartlarını sağladığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER

Isı Geri Kazanım Cihazı, Bina Havalandırmasında Isı Geri Kazanımı, Hava Debisi Ölçümü, TS EN 308 Standardı, Sıcaklık Oran Testi

1. GİRİŞ

İklimlendirme sektörü Türk Makina İmalat Sanayii içinde güçlü ve ağırlığı artan bir sektör olup, Türkiye İklimlendirme Meclisi Sektör Raporu 2011'e göre 2011 yılı ihracat tutarı 4.7 Milyar \$'a ulaşmıştır[1]. Buna karşın, bu konudaki standartlar genelde Avrupa merkezli olarak geliştirilmekte ve üretilen cihazların standartlara uygunluğunun gösterilmesi bir yandan kaliteyi geliştirici bir katkı yaparken, diğer yandan yerli firmalar için bürokratik ve teknik engellerle dolu bir süreç haline dönüşmektedir. Bu kapsamda, sektörde yaygın bir üretimi ve kullanımı olan ancak sertifikasyon testleri ülkemizde yapılmayan havadan havaya ısı geri kazanım cihazlarının verim testlerinin Dokuz Eylül Üniversitesi bünyesinde yapılması hedeflenmiş ve TS EN 308 standardının [2] gereksinimlerini karşılayacak test düzeneğinin tasarımı yapılarak ön testler gerçekleştirilmiştir.

Key Words

Heat Recovery Devices, Heat Recovery On Building Ventilation, Measurement Of Air Flow Rate, TS EN 308 Standard, Temperature Ratio Tests

2. TS EN 308 STANDARDI TEST ESASLARI

TS EN 308 standardına göre havalandırmada kullanılan ısı geri kazanım cihazları (IGK) 3 ayrı kategoride sınıflandırılmaktadır. Buna göre;

Kategori I: Reküperatörler (Havadan havaya ısı transferinin bir ısı değiştirici üzerinden gerçekleştiği cihazlar).

Kategori II: Yardımcı bir ısı transfer akışkanı kullanılan cihazlar (Isı borulu ve su dolaşım serpantinli cihazlar).

Kategori III: Regeneratörler (Isının bir kütle üzerinde depolanıp daha sonra soğuk akışkana aktarıldığı cihazlar).

Standart, genel olarak bu cihazlardaki;

- Dış hava kaçağını (cihazdan çevreye olan sızıntı),
- İç kaçağı (cihaz içinde egzoz havası tarafından taze hava tarafına doğru olan hava kaçağını),
- Taze hava tarafı sıcaklık ve nemlerinin oransal değişimini,
- Egzoz ve taze hava taraflarındaki basınç düşümlerini

belirlemeye yöneliktir. İlk iki maddede belirtilen kaçak testleri için cihaz basınçlandırılıp, basınç altında cihazdan çevreye ve egzoz havası tarafından taze hava tarafına doğru olan hava kaçakları ölçülür. Oran testleri, hava ısı geri kazanım cihazından geçerken

sıcaklık değişim oranına bağlı olarak ısı veriminin hesaplanmasına yönelik testlerdir. Bu çalışmada, Kategori I cihazları için oran testleri ile ilgili test düzeneğinin tasarım ve ölçüm çalışmaları yapılmıştır.

Oran Testlerinin Yapılması: Testler, standartta tanımlanan egzoz ve taze hava debilerinde yapılır. Ölçüm için istenen egzoz havası giriş sıcaklığı 25 ± 0.5 °C, taze hava giriş sıcaklığı ise 5 ± 0.5 °C olarak belirlenmiştir. Yoğuşma olmaması için egzoz havası yağ termometre sıcaklığının 14 °C'nin üzerinde olması istenir. Soğuk iklimler için; yoğuşma göz önüne alınarak ilave deneyler yapılması istenmekte ise de, bu çalışmada ilave durum göz önüne alınmamıştır.

Standartta tanımlı test düzeneğinin şematik durumu ve ölçüm noktaları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekilde;

t: sıcaklık ölçüm noktalarını,

p: statik basınç ölçme noktalarını,

q: hava debisi ölçüm noktalarını,

↘ : damperleri,

⊙ : yardımcı fanları,

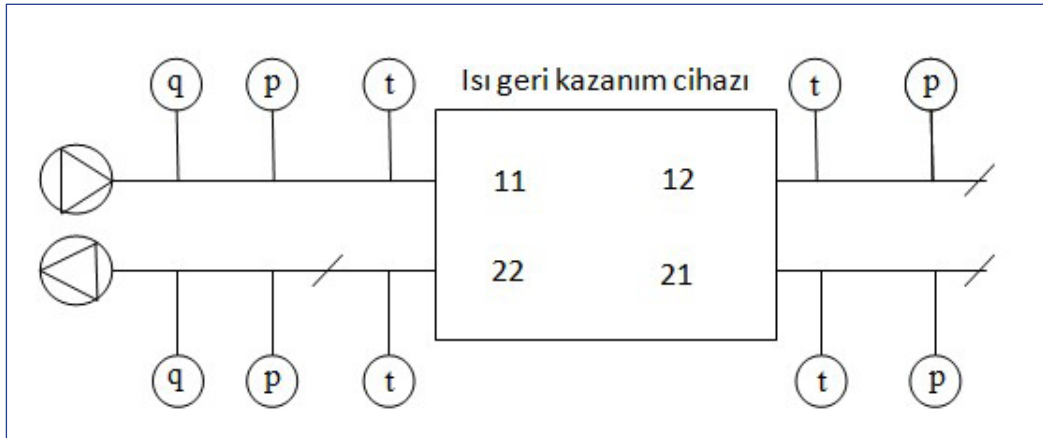
21: taze hava giriş bölgesini

22: taze hava çıkış bölgesini

11: egzoz havası giriş bölgesini

12: egzoz havası çıkış bölgesini

temsil etmektedir.



Şekil 1. Sıcaklık Oran Testleri Ölçüm Düzeneği

Isı geri kazanım cihazının verimi, geri kazanılan ısı-
nın kazanılabilecek en çok ısıya oranıdır. Cihazın
sıcaklık oranı (verimi) taze hava tarafı esas alınarak
aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\eta_t = \frac{T_{th,\zeta} - T_{th,g}}{T_{ek,g} - T_{th,g}}$$

Burada;

- $T_{th,\zeta}$ (°C): Taze hava çıkış sıcaklığını
 $T_{th,g}$ (°C): Taze hava giriş sıcaklığını
 $T_{ek,g}$ (°C): Egzoz havası giriş sıcaklığını

göstermektedir.

Deney sırasında basınç, sıcaklık ve debiler için sağ-
lanması gereken koşullar, ölçüm yöntemleri ve ölçüm
hassasiyetleri standartta ayrıntılı olarak verilmiştir.

KAÇAK TESTLERİ

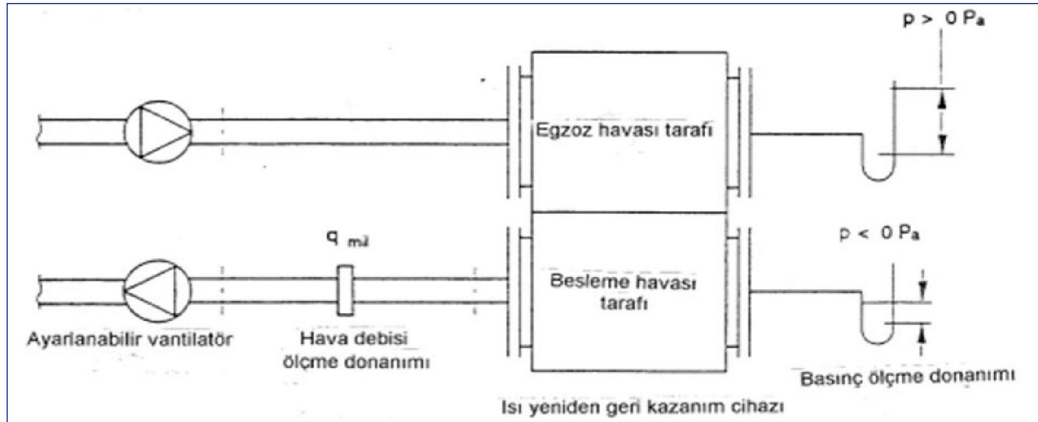
TS EN 308 standardına göre cihazların oran testine
alınmadan önce kaçak testi ile sızdırmazlık durum-
larının belirlenmesi istenmektedir. Kaçak testlerinin
yapılması bu bölümde açıklanmıştır.

3.1. İç Kaçak Deneyi

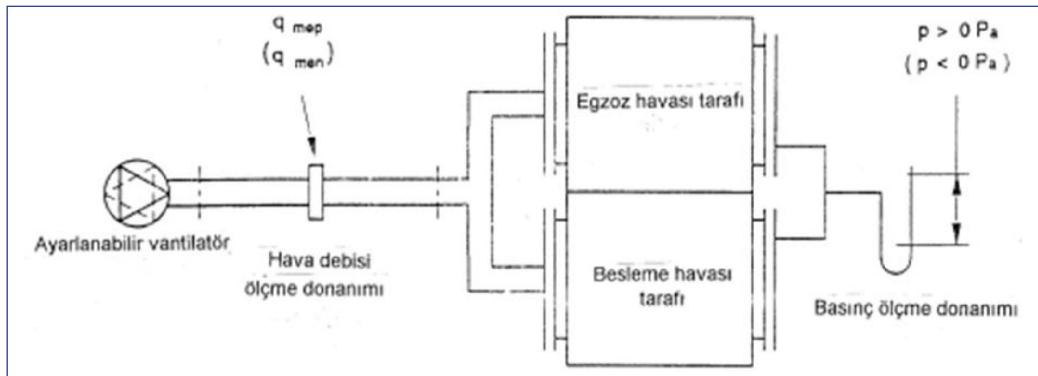
Cihazın diğer kısımları kapatılarak, taze hava ve eg-
zoz havası kısımlarına ayrı fan bağlanarak deney yap-
ılır. Egzoz havası tarafı 250 Pa basınçta iken taze
hava tarafı 0 Pa basınçta tutulur (Şekil-2). Egzoz ha-
vası tarafında yüksek basınç oluşturmada amaç, olası
taze hava tarafına kaçağı daha kolay tespit etmektir.
Yapılan test çalışmasında 250 Pa basınç farkı için
hava debisi (kaçağı) 5,3 m³/saat ölçülmüştür.

3.2. Dış Kaçak Deneyi

Taze hava ve egzoz havası tarafları birleştirilerek
ucuna tek fan bağlanır. Diğer çıkışlar tıkanır. ± 400
Pa'lık basınçlar için kaçak testi yapılır. Amaç cihaz
dışına sızıntı olup olmadığını belirlemektir. Yapılan
çalışmada dış kaçak miktarı 250 Pa basınç için 4,5
m³/saat, 400 Pa basınç için 7,3 m³/saat ölçülmüştür.
En yüksek kaçak miktarı, cihazın nominal hava debi-
si 350 m³/saat değerinin %2'si mertebesindedir.



Şekil 2. TS EN 308'e Göre İç Kaçak Belirleme Şeması



Şekil 3. TS EN 308'e Göre Dış Kaçak Belirleme Şeması

4. ORAN TESTLERİ İÇİN TEST DÜZENEGİ

Standartta verilen oran testlerinin yapılabilmesi için özellikleri verilen test düzeneği tasarlanmış ve imal edilmiştir (Şekil 4 ve Şekil 5).

İmal ettirilen test düzeneği 3 ana üniteden oluşmaktadır.

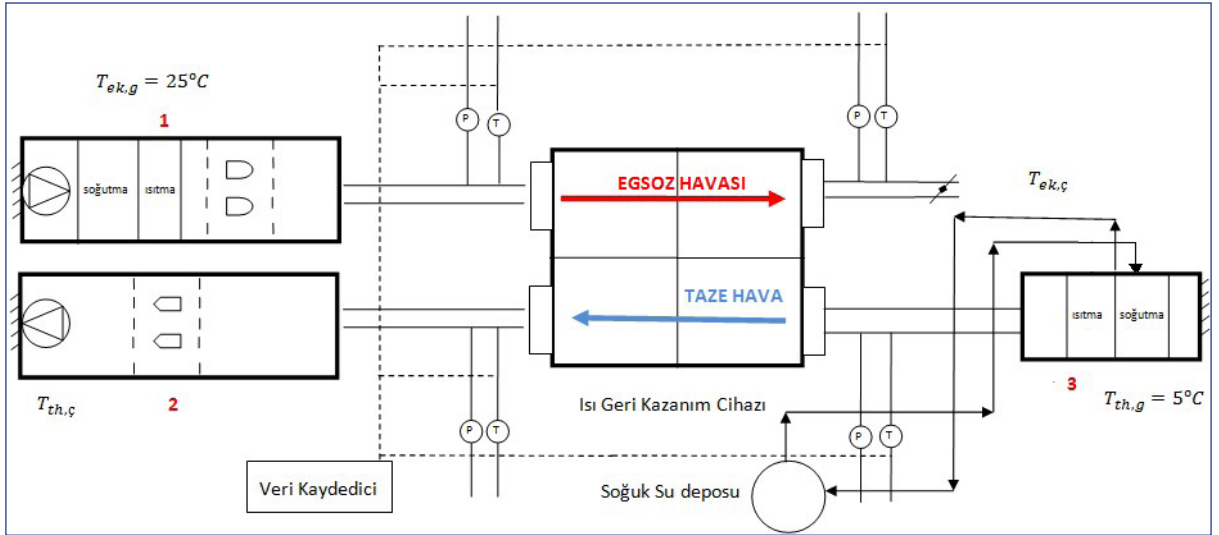
4.1. "1" Numaralı Test Ünitesi

Egzoz havasını (iç ortam havası) temsil etmek üzere istenilen sıcaklık ve debide hava akışını sağlayabilmek için tasarlanmıştır.

"1" numaralı test ünitesi;

- Isıtıcı rezistans
 - Soğutucu batarya
 - Fan
 - Difüzör
 - Debi ölçüm plakası
- elemanlarını içerir (Şekil 6).

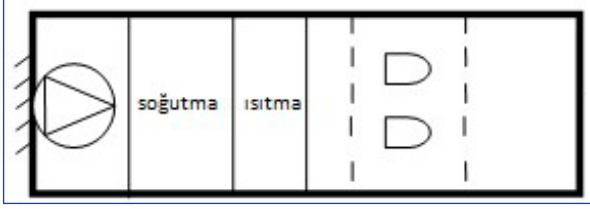
TS EN 308 standardına göre egzoz havası girişinde hava sıcaklığının 25 °C olması gerekmektedir. Bu sıcaklığın sağlanabilmesi için ısıtıcı rezistans ve soğutucu batarya üniteye yerleştirilmiştir. Soğutucu batarya aynı zamanda egzoz havasının önce soğutulup sonra ısıtılarak neminin alınması işlemi için de kullanılabilir.



Şekil 4. Oran Testleri İçin Test Düzeneği Şeması



Şekil 5. Test Düzeneği



Şekil 6. "1" Numaralı Test Ünitesi

4.2. "2" Numaralı Test Ünitesi

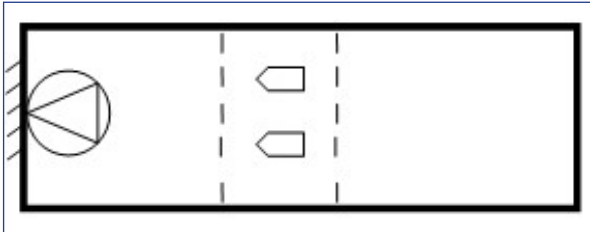
Taze hava tarafının (dış ortam havası) debisini ölçmek için ısı geri kazanım cihazının taze hava çıkış kısmına konumlandırılmıştır.

"2" numaralı test ünitesi;

- Fan
- Difüzör
- Debi ölçüm plakası

elemanlarını içerir (Şekil 7).

Taze hava çıkışı, iç ortama yapılan üfleme bölümünü temsil etmektedir. Bu bölümde havaya ısıtma veya soğutma yapılmamakta, sadece emiş ve debi ölçüm işlemleri yapılmaktadır.



Şekil 7. "2" Numaralı Test Ünitesi

4.3. "3" Numaralı Test Ünitesi

Isı geri kazanım cihazına gönderilen taze havanın istenilen sıcaklığa getirilmesi için tasarlanmıştır.

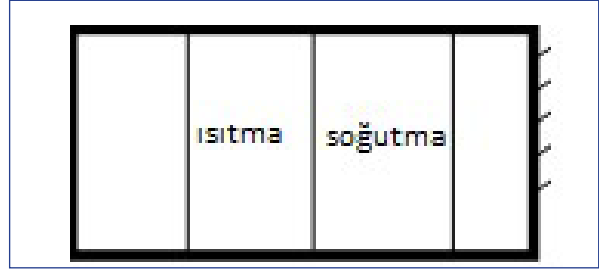
"3" numaralı test ünitesi;

- Isıtıcı rezistans
- Soğutucu batarya

elemanlarını içerir (Şekil 8).

TS EN 308 standardına göre taze hava girişinde hava sıcaklığının 5 °C olması istenmektedir. Test için gereken taze hava giriş sıcaklığını 5 °C'ye şartlandırabilmek için ısıtıcı rezistans ve soğutucu batarya test ünitesinde kullanılmıştır.

"2" ve "3" numaralı deney düzenekleri aynı hat (taze hava hattı) üzerinde bulunmasına rağmen tek bir düzenek olarak üretilmemesinin nedeni, TS EN 308 standardına göre debi ölçümünün taze hava çıkışında yapılması gerektiğindedir.



Şekil 8. "3" Numaralı Test Ünitesi

4.4. Test Düzeneği Elemanları ve Debi Ölçümünün Yapılması

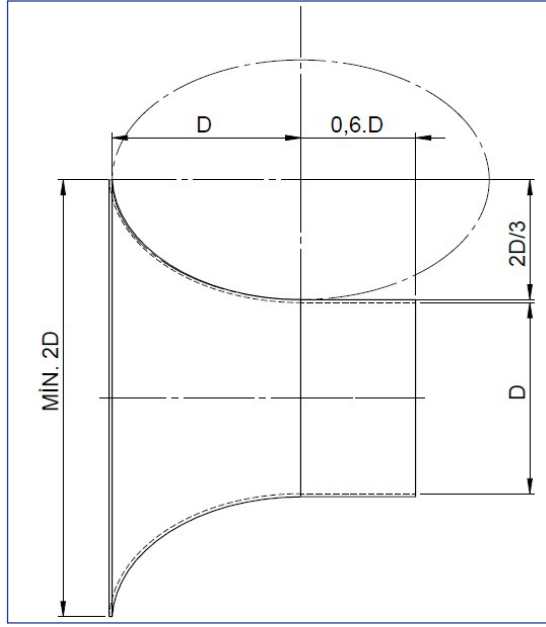
Test ünitelerini oluşturan elemanlar ve test düzeneğinin diğer ekipmanları aşağıda listelenmiştir.

- Isıtıcı rezistanslar
- Soğutucu bataryalar
- Hava Debi ölçüm plakaları
- Difüzörler
- Fanlar
- Damperler
- Basınç ve sıcaklık ölçerler
- Soğuk Su Deposu
- Veri kaydedici ve bilgisayar

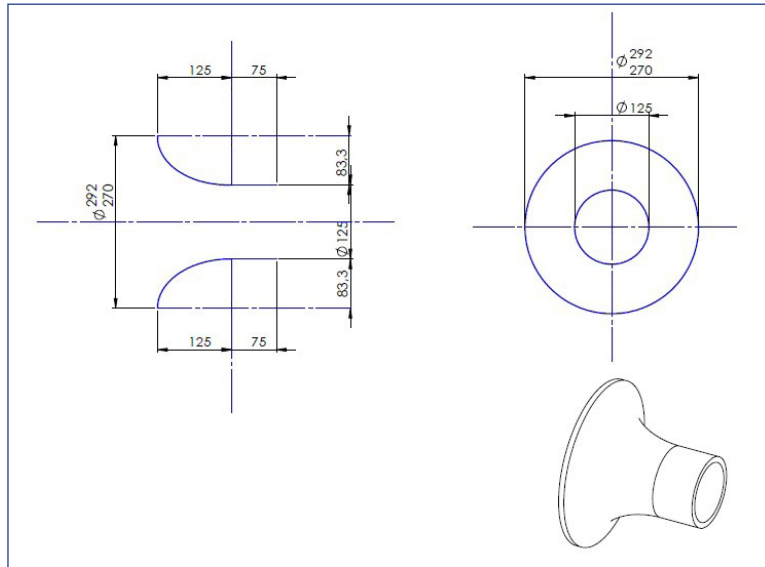
"1", "2" ve "3" numaralı üniteler içinde ısıtıcı ve soğutucular, fanlar ve ölçüm plakaları uygun şekilde yerleştirilmişlerdir. Hava debisi, "1" ve "2" numaralı üniteler içinde yerleştirilen debi ölçüm plakaları ön ve arka tarafları arasındaki basınç farkı ölçülerek aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

ANSI / ASHRAE 116 standardında [3] ölçüm lülesi genel boyutları Şekil-9'da gösterildiği şekilde verilmiştir.

Bu çalışma için tasarlanan test düzeneğinde ise lüle boğaz çıkış çapı 125 mm seçilmiş ve lüleler buna göre ölçülendirilmiştir (Şekil 10).



Şekil 9. ANSI/ASHRAE 116 Standartlarına Göre Lüle Genel Ölçüleri [3]



Şekil 10. Test Düzeneginde Kullanılan Lüle Ölçüleri

ANSI / ASHRAE 116 standardına göre lüle çıkış boğazında ölçüm için izin verilen en düşük hız,

$$1000 \text{ fpm} = 5,08 \text{ m/s}$$

ve $D = 125 \text{ mm}$ lüle çapı için lüle üzerinde ölçülebi-
lecek en düşük debi,

$$\dot{Q}_{\min} = 5,081 * (\pi * 0,125^2 / 4) * 3600 = 224,43 \text{ m}^3/\text{saat}$$

olarak hesaplanır.

Lüle çıkış boğazındaki en yüksek hız ise;

$$7000 \text{ fpm} = 35,56 \text{ m/s}$$

olarak verilmiştir. Seçilen çaplı lüleden geçebilecek en yüksek debi

$$\dot{Q}_{\max} = 35,56 * (\pi * 0,125^2 / 4) * 3600 = 1571 \text{ m}^3/\text{saat}$$

olarak hesaplanır.

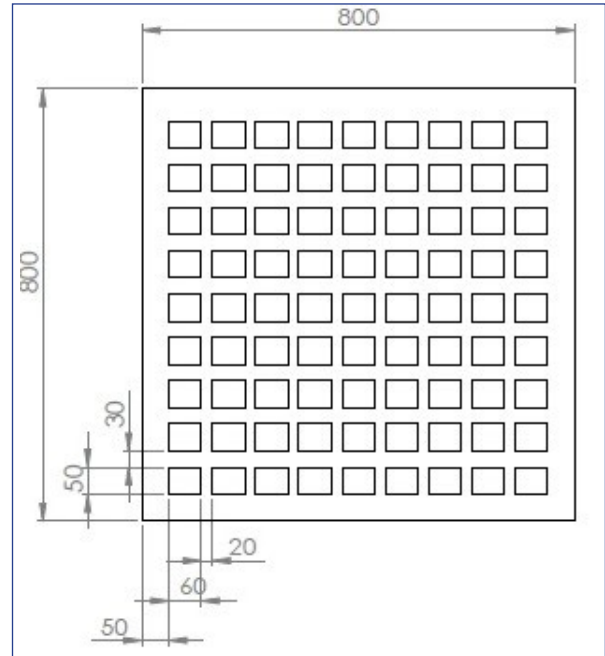
Hazırlanan test düzeneğinde her bir ölçüm plakasında 4 adet lüle bulunmaktadır (Şekil 11). Lülelerin hava giriş tarafında mevcut contalı kapama sacları kullanılması ile, istenilen lüleler hava geçişine kapatılabilmektedir. Açık lüle sayısı 1 ile 4 arasında değiştirilerek, 224 ile 6284 m³/saat arasında hava debileri ölçülebilmektedir.



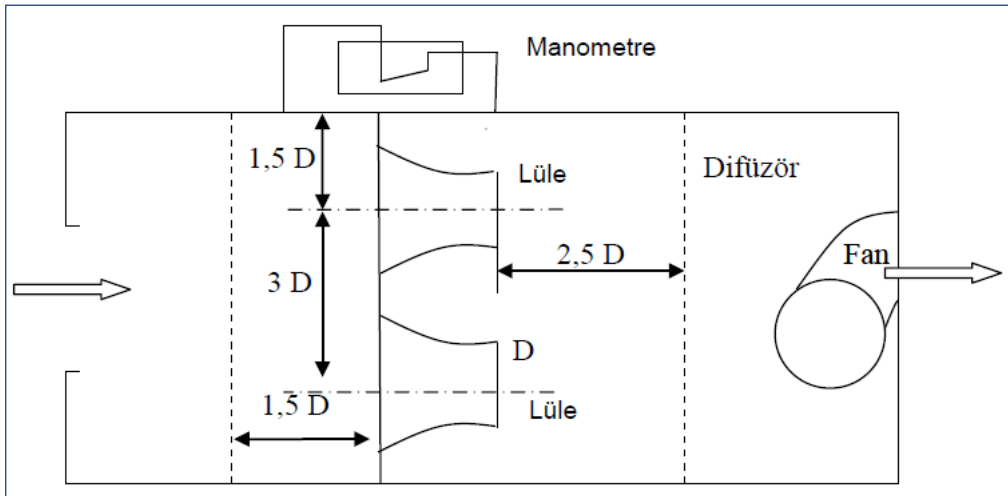
Şekil 11. Debi Ölçüm Plakası

Hava debisi ölçümü için hava akışının lünelere düzgün bir akışla gelmesi istenir. ANSI / ASHRAE-116 standardına göre lüle plakasının önünde en az 2,5D, arkasında ise en az 1,5D uzaklıkta, en fazla %40 hava geçirgenlik oranına sahip difüzörlerin (hava dağıtıcı levhaların) olması istenmektedir. Asgari koşulları sağlayacak şekilde hazırlanan ölçüm kanalı şeması Şekil 12’de verilmiştir.

Test düzeneğinde kullanılan %37,96 hava geçirgenlik oranına sahip difüzör plakası aşağıda gösterilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Difüzör Plakası



Şekil 12. Ölçüm Plakası ve Lülelerin Yerleşimi

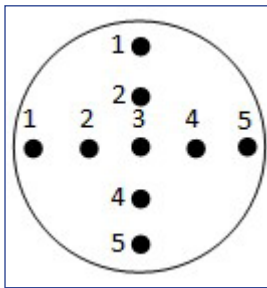
5. TESTLERİN YAPILMASI VE TEST SONUÇLARI

Kurulan test düzeneği kullanılarak piyasada mevcut bulunan 350 m³/saat anma debili bir ısı geri kazanım cihazının oran testleri yapılmıştır. Testlerin yapıldığı cihaz taze hava ve egzoz fanları bulunan, selülozik ısı değiştiricili ve havadan havaya paket tip (taze hava ve egzoz kanalları dağıtım kanalları arasında monte edilmeye uygun) bir IGK cihazıdır.

Testlerde IGK cihazının kendi fanı çalıştırılmış, test cihazının egzoz ve taze hava fanları istenen debiyi sağlayacak şekilde ayarlanmış, “3” numaralı test ünitesi soğutucu bataryasından soğuksu geçirilerek taze hava giriş sıcaklığının 5 °C’a düşmesi için beklenmiş, egzoz havası giriş sıcaklığının 25 °C olabilmesi için “1” numaralı ünitenin ısıtıcısı ayarlanmıştır. Egzoz havası nemini almak için ön soğutma yapılmasına gerek duyulmamıştır.

Egzoz ve taze hava giriş ve çıkış kanalları üzerinde IGK cihazının yaklaşık 150 mm önünde seçilen sıcaklık ölçüm düzleminde birbirlerine 90° açı ile konumlandırılmış sıcaklık ölçüm noktaları Şekil 14’de görülmektedir. Sıcaklık ölçümleri için T tipi ısı çiftleri kullanılmıştır. Testlerden önce ısı çiftlerinin kalibrasyonu yapılmıştır.

Standart tarafından öngörülen çeşitli taze hava ve egzoz havası debi kombinasyonları için 7 ayrı test yapılmıştır. Test verilerinin daha kolay anlaşılabilmesi için, egzoz ve taze hava debilerinin 350 m³/saat anma debisinde olduğu “4” numaralı test aşağıda detaylı şekilde açıklanmıştır.



Şekil 14. Hava Kanallarında Sıcaklık Ölçüm Düzlemi Üzerindeki Ölçüm Noktaları

“4” numaralı test için örnek hesaplama:

Taze hava debisi: 350 m³/saat

Egzoz hava debisi: 350 m³/saat

Egzoz ve taze hava kanallarında ölçülen sıcaklıkların ortalama değerleri ve yaş termometre sıcaklıkları Tablo 1.’de verilmiştir.

Tablo 1. “4” Numaralı Test Ölçüm Değerleri

Sıcaklık Ölçüm Noktası	Ortalama sıcaklık (°C)	Yaş termometre sıcaklığı (°C)	Özgül nem (kgnem/kg-hava)
Taze Hava Giriş	6,04	5,5	0,0054
Taze Hava Çıkış	15,70	11	0,0062
Egzoz Hava Giriş	24,95	15,5	0,0071
Egzoz Hava Çıkış	15,60	12,5	0,0077

Enerji dengesi kontrolü yapılırsa;

Taze hava:

Ölçüm plakası basınç farkı: 9 Pa

Hava debisi: 349,914 m³/saat = 0,0971 m³/s

Hava yoğunluğu (15,70 °C ve 95 kPa): 1,1465 kg/m³

Taze havanın aldığı enerji:

$$\dot{Q}_{\text{tazehava}} = \dot{m} \rho C_p (T_{\text{tazehavaçıkışı}} - T_{\text{tazehavagiris}})$$

$$\dot{Q}_{\text{tazehava}} = 0,0971 * 1,006 * 1,1465 * (15,70 - 6,04) = 1,081 \text{ kW}$$

Egzoz havası:

Ölçüm plakası basınç farkı: 9 Pa

Hava debisi: 355,47 m³/saat = 0,0987 m³/s

Hava yoğunluğu (24,95 °C ve 95 kPa): 1,1109 kg/m³

Egzoz havasının verdiği enerji:

$$\dot{Q}_{\text{egzozhava}} = \dot{m} \rho C_p (T_{\text{egzozhavagiris}} - T_{\text{egzozhavaçıkis}})$$

$$\dot{Q}_{\text{egzozhava}} = 0,0987 * 1,006 * 1,1109 * (24,95 - 15,60) = 1,031 \text{ kW}$$

Enerji dengesi sapma oranı (%): $[(1,081 \text{ kW} - 1,031 \text{ kW}) / 1,081] * 100 = \% 4,621$ Anılan test şartlarında cihazın sıcaklık oranı (geri kazanım verimi)

$$\eta = (15,70 - 6,040) / (24,95 - 6,040) = 0,510$$

olarak hesaplanır.

Standartta havanın içindeki su buharının yoğuşması ve/veya nem transferi dikkate alınmadığı ve yaş termometre sıcaklığından hesaplanan özgül nem değerleri ölçüm hassasiyeti sınırları içinde sabit kaldığından dolayı, havanın nem değişiminden ileri gelen gizli ısı değişimi hesaba katılmamıştır.

Toplam 7 deney için elde edilen sıcaklık oranları ve enerji dengesi sapma oranları Tablo 2.'de verilmiştir. Egzoz ve taze hava enerji değişimleri arasındaki farkın standartta istenildiği gibi $\pm\%5$ değerinden küçük olduğu görülmüştür.

Şekil 15'de test 1, 4 ve 7'deki eşit taze hava-egzoz hava debisi şartları için belirlenen sıcaklık oranları gösterilmiştir. Hava debisinin artması, beklenebileceği gibi sıcaklık oranının azalmasına yol açmıştır.

Şekil 16'da test 3, 4 ve 5'deki eşit egzoz hava (350 m³/saat) debileri için taze havadaki debi artışının sıcaklık oranına etkisi gösterilmiştir. Taze hava debisinin en az olduğu durum olan 234 m³/saat debi için sıcaklık oranı en yüksek çıkmıştır.

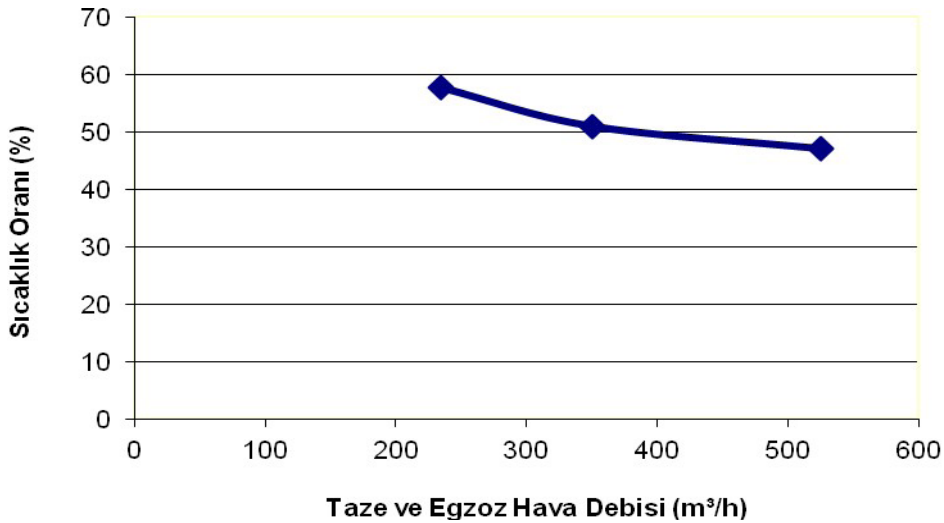
Şekil 17'de test 2, 4 ve 6'daki eşit taze hava (350 m³/saat) debileri için egzoz havasındaki debi artışının sıcaklık oranına etkisi gösterilmiştir. Egzoz hava debisinin artması sıcaklık oranında artış sağlamıştır.

6. SONUÇ

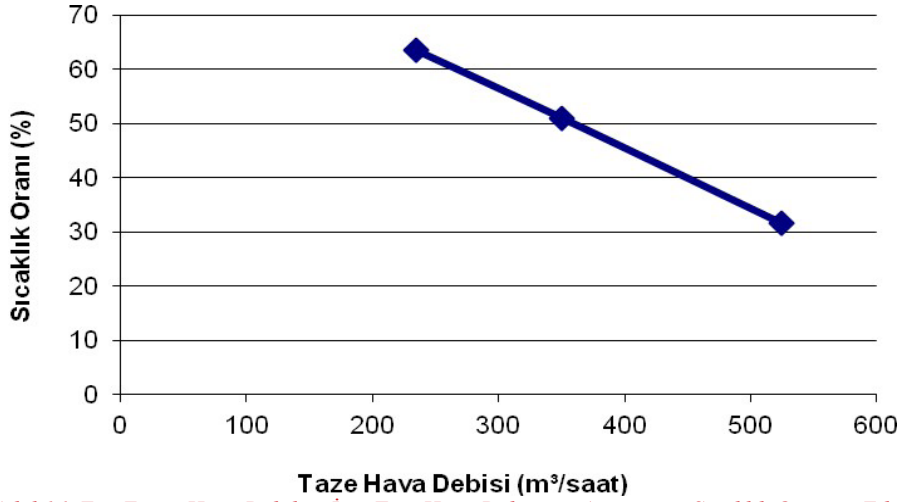
Nominal hava debisi 350 m³/h olan ısı geri kazanım cihazının TS EN 308 standardına göre sıcaklık oran testlerini yapacak test düzeneği tasarlanarak üretilmiş ve testler gerçekleştirilmiştir. Testler, taze ve egzoz havası bölümlerinde farklı hava debileri için yapılmış ve sonuçta ısı geri kazanım cihazının sıcaklık oran-

Tablo 2. TS EN 308 Test Sonuçları

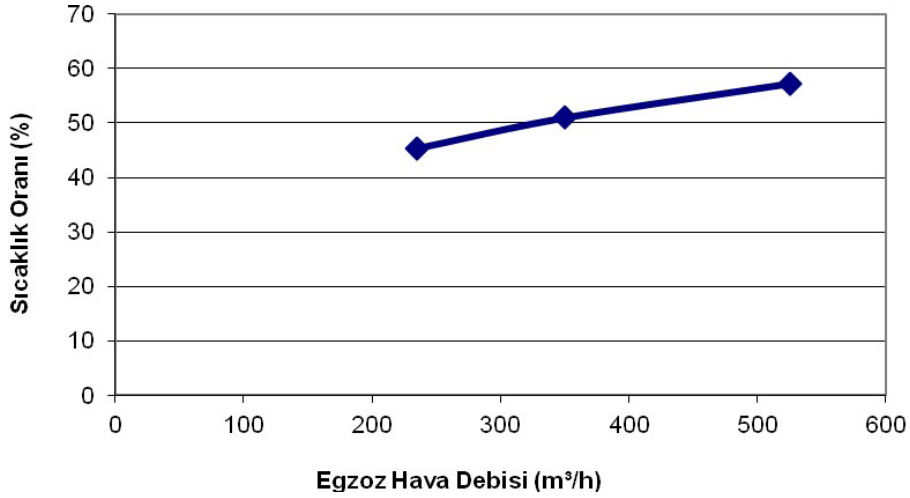
Test No	Egzoz Hava Debisi (q_{m1}) m ³ /saat	Taze Hava Debisi (q_{m2}) m ³ /saat	Sıcaklık Oranı % (η_t)	Enerji Dengesi Sapma Oranı (%)
1	234,5	234,5	57,7	4,609
2	234,5	350	45,4	1,155
3	350	234,5	63,5	5,536
4	350	350	51	4,621
5	350	525	31,5	4,641
6	525	350	57,2	3,204
7	525	525	47,1	2,771



Şekil 15. Eşit Taze Hava-Egzoz Hava Debi Testleri İçin Sıcaklık Oranları



Şekil 16. Eşit Egzoz Hava Debileri İçin Taze Hava Debisinin Artmasının Sıcaklık Oranına Etkisi



Şekil 17. Eşit Taze Hava Debileri İçin Egzoz Hava Debisinin Artmasının Sıcaklık Oranına Etkisi

ları hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada egzoz ve taze hava enerji değişimleri, standartta belirtilen %5 sapa oranı içinde kalacak şekilde ölçülmüştür.

TS EN 308 standardına göre egzoz havası sıcaklığı $25 \pm 0,5$ °C sıcaklıkta olmalı ve yaş termometre sıcaklığı $14 \pm 0,5$ °C'nin altında kalmalıdır. Taze hava ise $5 \pm 0,5$ °C sıcaklıkta sağlanmalıdır. Yapılan testlerde, bu koşullar 1 °C mertebesinde sapmalarla sağlanmış ve test şartlarındaki sıcaklık oranları hesaplanmıştır. Isı geri kazanım cihazının iç ve dış kaçak oranları bir gaz sayacı kullanılarak ayrıca belirlenmiş ve TS EN 308 standardına göre ön koşul olarak istenilen, kaçak debisinin nominal hava debisinin %3'ü veya daha düşük olması koşulu sağlanmıştır.

Sonuç olarak, test düzeneğindeki bazı küçük iyileştirmeler ile TS EN 308 standardına göre uygun test ölçümlerinin yapılabilir olduğu görülmüştür. Ülkemizde yaygın bir şekilde üretimi olan ısı geri kazanım cihazlarının sertifikasyonu için bu testler gerekli olup, yurt dışı markalarla rekabet açısından testlerin Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği bölüm laboratuvarında yapılabilir olması umut verici niteliktedir.

KAYNAKLAR

- [1] http://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/TOBB_iklimlendirme_raporu_2012.pdf
- [2] TS EN 308 Türk Standardı, 1997.
- [3] ANSI / ASHRAE Standard 116, 2010.

çevresine ve ameliyat odasına bakterilerin girişini önlemek ve kurulum kriterleri, kullanılacak filtreler, pozitif basınçlandırma, nerede kullanacağı, örneğin Sınıf Ia ameliyathane sistemini daha büyük yabancı cisimlerin implantasyonunda ve transplantasyonda yani organ naklinde kullanmak gerekiyor. Enfeksiyon riski daha az olan ameliyathaneler için karışık akımlı 1b sınıfı detaylarına girmeyeceğim, gereksinimleri biraz daha az, ama bu kılavuz standart çalışması belki de tıp sektöründeki insanlarla makine mühendislerinin ortak bir dilde buluşmasını da sağlayabilecektir. Çünkü gereksinimleri biraz detaylı çalışmadan ne biz anlayabiliyoruz, ne onlar bize anlatabiliyor, ortak dili kullanmak gerekiyor. Karışık akımlı hibrit ameliyathaneler var Türkiye’de pek yer bulmayan, karşılaşmadık. Koruma izolasyon odalarının gereksinimleri, burayı da hızlıdan geçiyorum. Muayene odaları, cerrahi müdahale odaları, bakım alanları, yoğun tedavi izleme odaları, hasta odaları, yine tedarik alanları, merkezi sterilizasyon, örneğin koruma gereksinimi neymiş merkezi sterilizasyonda? Steril edilmiş ve paketlenmiş malzemelerin yeniden kirlenmesinin azaltılması, buhar sterilizasyonundan önce steril ürünün termik koşullandırılması, beklenti bu, bizim bunun üzerine kafa yorup projemizi oluşturmamız gerekiyor. Temiz bölgede H13 filtre kullanımı, kirli bölgenin negatif basınçta olması gibi kriterler, çamaşırhanenin gereksinimleri, steril laboratuvar gereksinimleri GMP kılavuzuna

göre yapılması lazım. Tıbbi laboratuvarın DIN 1946/7 standardı uyarınca yapılması gerekiyor. Mutfağın VDI-2052 uyarınca, bunlar genel olarak uygulanan standartlar.

Şimdi havalandırma sistemi tasarımı Ek 3 ve 4’te, bir de yapısal ve mekanik kurulum gereksinimlerine yönelik olarak dikkat edilecek unsurlar var. Türkiye’de atlanan, hijyen açıdan asgari kurulum kriterleri, aslında burada çok faydalı, uygulamaya yönelik ve projeye yönelik güzel bilgiler var, ama bunları anlatmak pek mümkün değil zaman darlığından dolayı. Şimdi ilerleyeyim, periyodik kontroller var. Belirli kontroller maalesef Türkiye’de pek bilinmiyor, layıkıyla yapılmıyor. Yani bir partikül aletini eline alan kontrolsüz alanlarda partikül ölçüp, bir yola varmaya çalışıyor. Tabii böyle bir şey yok bu işin literatüründe, standartlar ile test parametreleri, yöntemleri ve test aralıkları belirlenmiş durumda, bunlara da değinmeye zaman olmadığı için hızlı geçiyorum. Performans yeterliliği ile ilgili gereksinimler var. Bir de ameliyathanelere genel prensipte Avrupalı nasıl bakıyor, Almanlar nasıl bakıyor, onu söyleyeyim. Slayt-taki çizimde görülen beyaz bölge Sınıf Ia alan, aynı operasyon odasında bu koruma alanının dışında kalan Sınıf Ib alan var. Komşu hazırlık odasında ekipmanların, cihazların korunması amacıyla yine küçük bir düşük türbülanslı tek yönlü akış koruma alanı gereksinimi söz

Ek 4			
İzolasyon Odalarının Havalandırma Ve İklimlendirme Tasarım Kriterleri			
Tasarım kriterleri	Kaynak izolasyonu Havadaki enfeksiyöz bakterilerden çevrenin korunması	Koruyucu izolasyon Havadaki mikroplardan hastayı koruma	Kombine izolasyon Hasta ve çevrenin korunması
Hava bakterilerine olan etki	İzolasyon odasından gelen havadaki bakterilerin çevreye yayılmasını önleme	Dışarıdan bakteri girişinin önlenmesi ve aşırı seyreltme ile bakteri eliminasyonu veya bas-kılanması	İzolasyon odasında seyreltme ile bakteri azalımı, havadaki enfeksiyöz bakterilerden çevrenin ve hastanın korunması
Besleme havası	Türbülanslı karışık akış, Odanın eşit havalandırılması	Türbülanslı karışık veya düşük türbülanslı hava akışı, Odanın eşit havalandırılması	Türbülanslı karışık akış, Odanın eşit havalandırılması
İzolasyon odasında besleme havası çıkış türü	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzör çıkışı	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzör çıkışı veya düşük türbülanslı besleme hava tavanı yaklaşık 0,6 m - 2 m	Tavan hava çıkışı - Swirl difüzör çıkışı

Şekil 5 - Kılavuz Standart İzolasyon Odalarının Tasarım Kriterleri Tablosu/Küçük Bir Görünüm

konusu. Komşu aygıt odası Sınıf Ib olarak tasarlanmış. Ayrıca türbülans akımlı Ib sınıfı operasyon odası var yine çizimde, onun hazırlık odası ve aygıt odaları Sınıf Ib, fakat tüm koridorlar Sınıf-II ve koridora çoğu zaman besleme havası verilmiyor, son derece kaliteli taşma havasıyla koridorlara ve diğer kirli alanlara hava tedarik ediliyor ve bu alanlardan dışarıya egzoz ediliyor.

Tasarım kriterleri ile devam edecek olursak; oda sınıfı 2'de sadece primer iklim fizyolojik görev, yani konfor şartlarının sağlanması, yan etki olarak havadaki bakterilerin azalması söz konusu. Bu gereksinim bir F9 filtre kullanıldığı zaman veya operasyon odasından kaliteli bir taşma havası kullandığınız zaman ki, buna da oda besleme havası miktarı $3.500 \text{ m}^3/\text{h}$ 'i geçtiği zaman tavsiye ediliyor. Çünkü $2.400 \text{ m}^3/\text{h}$ besleme havası olan operasyon odasından fazla miktarda hava taşıramıyorsunuz. Çünkü düşük miktarda havada operasyon esnasındaki partikül oluşumu çok fazla seyreltilemeyebiliyor. Yine besleme havasının odaya girişi ve besleme sisteminin nasıl olması gerekiyor? Emiş filtreleri veya menfezlerinin hangi bölgelerde tavana, tabana yakın olması, mahallelere bağlı olarak sıcaklık kontrollerinin hangi sıcaklıklar aralığında olması, hava değişimi için karakteristik değerlerin ne olması gerektiği. Ib sınıfı operasyon odalarında dinlenme süresinin tespiti, yani yüz kat temizlenme 25 dakikada sağlanabilmeli, bu da minimum 15 ACH gerektiriyor ve $2.400 \text{ m}^3/\text{h}$, bunlar hep alt limitlerdir, sizi yanıltmasın. Tabii Avrupa eskiden beri $8.000-10.000 \text{ m}^3/\text{h}$ besleme havası miktarı uyguluyor, oysa Türkiye'de biz akredite test ve muayene kuruluşu olduğumuz için eski sistemleri de göz önüne alarak periyodik testlerde alt limitlerden hareket etmek durumunda kalıyoruz. Hava emiş şekilleri ve burada yine Sınıf-1a'daki besleme şekilleri verilen kriterler söz konusu, hava değişim sayıları yan alanlarda mesela, Sınıf-1a'yla bağlantılı koridorlar taşma havası dahil 15 kez, hava çevrimi kaliteli, en azından bir ISO 7 şartlarını sağlayabilmek için sınıf-1b'yle bağlantılı alanlarda taşma havası dahil 12 kez ve eski kurulumlarda 4, 6 kez gibi kriterler söz konusu. Hava akış yönleri ve

hava temizliği çalışma yüksekliğinde partikül değerleri -bunlara girmeyeceğim, belki diğer oturdaki konuşmamda girebilirim zaman kalırsa- hava bakteri sayıları hem çalışırken, hem boş alandaki değerlerle ilgili kriterler, izolasyon odalarının havalandırma ve iklimlendirme tasarım kriterleri, burada yine hava değişim sayılarından tutun da dış hava miktarları ihtiyaçları ve sıcaklıklar, filtrasyon ihtiyaçları... Tek tek kupon bilgi şeklinde bunlar, standarda da aykırı olmayacak şekilde; kaynak izolasyonu, koruyucu izolasyon, kombine izolasyon, temas ve damlacık izolasyon odaları. Mesela biz bir proje geldiği zaman önümüze, bütün izolasyon odalarını kaynak izolasyonu gibi görüyoruz veya koruma izolasyonu gibi görüyoruz. Oysa hastanelerin temas ve damlacık izolasyon odalarına da ihtiyaçları var. Yani hava kontrolünün gerekmediği, yön kavramının önemli olmadığı sadece temas amaçlı. Bize bir talep geldiği zaman en yüksek gereksinimlere sahip olanı algılayıp onu yapmaya çalışıyoruz, onu da beceremiyoruz ayrı bir mesele ve izolasyon odalarının çoğu temas izolasyonu olacak nitelikte isteniyor aslında.

Biraz hızlı bir sunum oldu. Önemli detaylara girmek isterdim, ama yeterli zamanımız olmadığı için bu şekilde tamamlıyorum bu oturumu. Umarım konuya ilgi duyan arkadaşlarımıza az da olsa faydalı bilgiler aktarabilmişimdir. Hepinize çok teşekkür ediyorum.

TEVFİK PEKER- Biz teşekkür ederiz. Şimdi tabii bu oturumda açıklanan konuları büyük olasılıkla biz buradaki panel sunumlarını Tesisat Dergimizin eki olarak yayımlayacağız. O zaman da sizlere geri dönüşüm yaparız, anlatamadıklarımızı ilave edebilirsiniz. 10 dakika ara efendim.

**Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şube tarafından 27 Nisan 2013 tarihinde Şube toplantı salonunda gerçekleştirilen Panel'e ait ses kayıtlarının dökümüdür. Panel'in ilk bölümü yer almaktadır, ikinci bölümü 142. sayıda yayınlanacaktır.*