

# HAVADAN HAVAYA ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARININ TS EN 308 STANDARTINA GÖRE VERİM TESTLERİNİN YAPILMASI

Orcan KAYA  
Serhan KÜÇÜKA

## 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 düzenekten elde edilen verilerin TS EN 308 standardı için gerekli asgari ölçüm şartlarını sağladığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Isı geri kazanım cihazı, bina havalandırmasında ısı geri kazanımı, hava debisi ölçümü, TS EN 308 standardı, sıcaklık oran testi.

## 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.

**Key Words:** Heat recovery devices, heat recovery on building ventilation, measurement of air flow rate, TS EN 308 standard, temperature ratio tests.

## 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 dönebilmektedir. 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.

## 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).

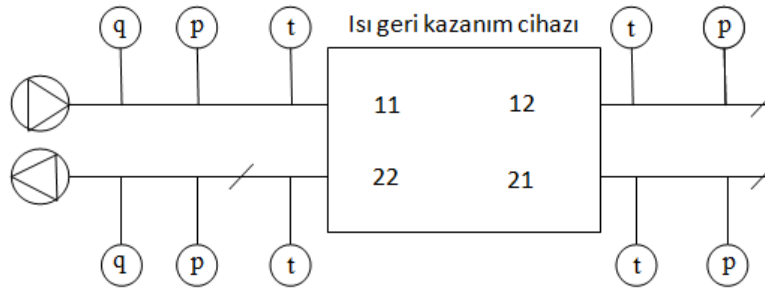
Standart, genel olarak bu cihazlardaki

- 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  $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , taze hava giriş sıcaklığı ise  $5 \pm 0.5^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiştir. Yoğuşma olmaması için egzoz havası yaş termometre sıcaklığının  $14^\circ\text{C}$ 'in üzerinde olması istenir. Soğuk iklimler için; yoğunlaşma 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.



**Şekil 1.** Sıcaklık Oran Testleri Ölçüm Düzeneği

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.

Isı geri kazanım cihazının verimi, geri kazanılan ısının 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.

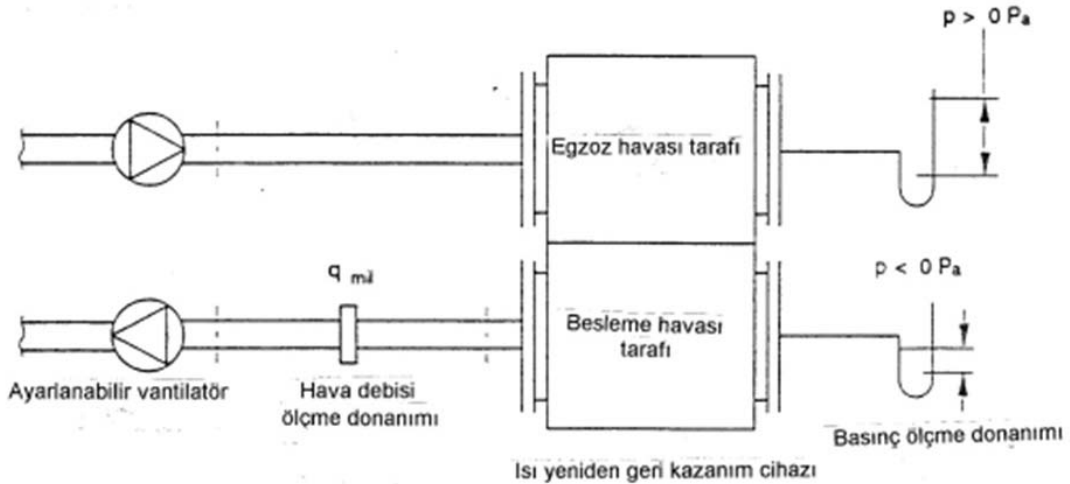
Deney sırasında basınç, sıcaklık ve debiler için sağlanması gereken koşullar, ölçüm yöntemleri ve ölçüm hassasiyetleri standartta ayrıntılı olarak verilmiştir.

### 3. KAÇAK TESTLERİ

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

#### 3.1. İç Kaçak Deneyi

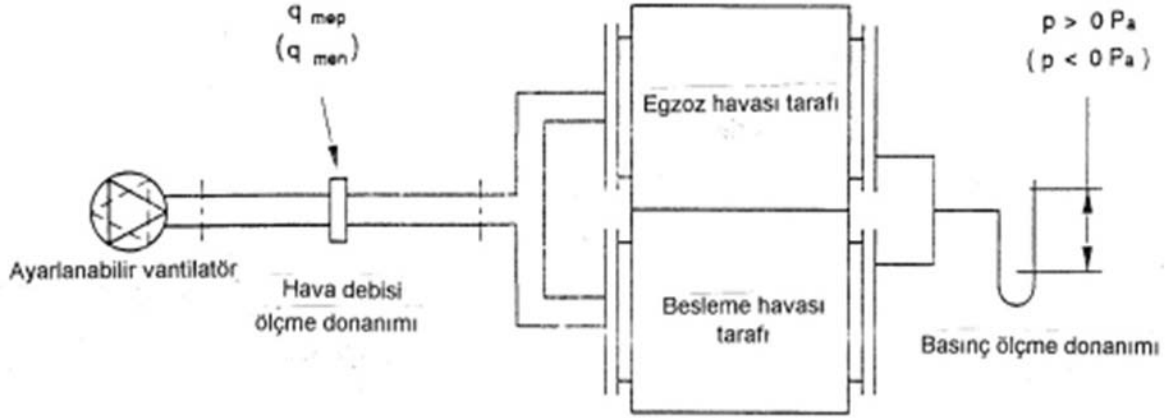
Cihazın diğer kısımları kapatılarak, taze hava ve egzoz havası kısımlarına ayrı fan bağlanarak deney yapılır. Egzoz havası tarafı 250 Pa basınçta iken taze hava tarafı 0 Pa basınçta tutulur (Şekil-2). Egzoz havası tarafında yüksek basınç oluşturmada amaç, olası taze hava tarafına kaçağı daha kolay tespit etmektir. Yapılan test çalışmasında 250 Pa basınç farkı için hava debisi (kaçağı) 5,3 m<sup>3</sup>/saat ölçülmüştür.



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

### 3.2. Dış Kaçak Deneyi

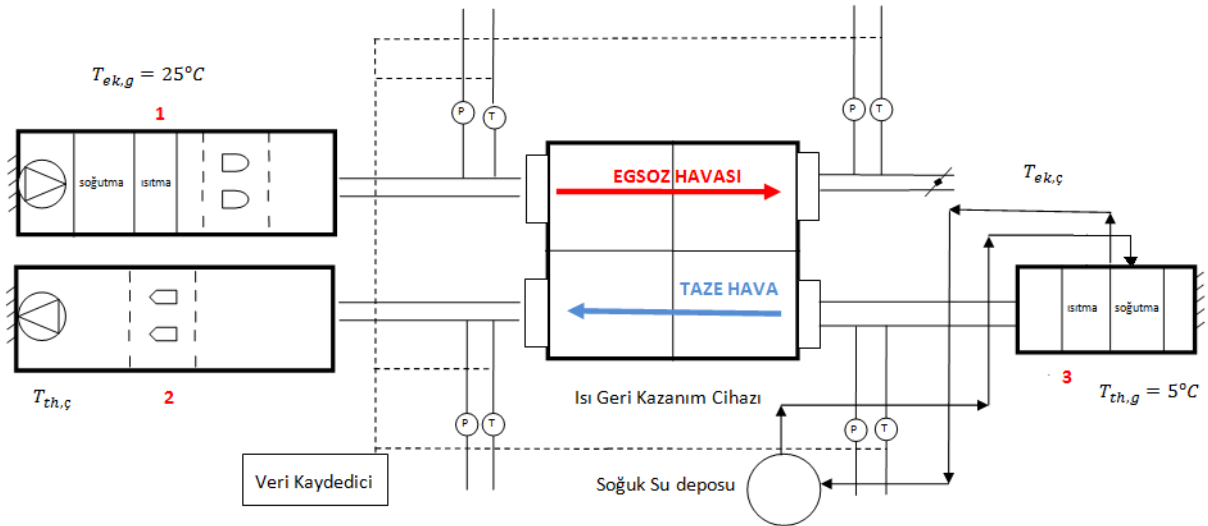
Taze hava ve egzoz havası tarafları birleştirilerek ucuna tek fan bağlanır. Diğer çıkışlar tıkanır.  $\pm 400$  Pa'lık basınçlar için kaçak testi yapılır. Amaç cihaz dışına sızıntı olup olmadığını belirlemektir. Yapılan çalışmada dış kaçak miktarı 250 Pa basınç için  $4,5 \text{ m}^3/\text{saat}$ , 400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



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

### 4. ORAN TESTLERİ İÇİN TEST DÜZENİĞİ

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



Şekil 4. Oran Testleri İçin Test Düzeneği Şeması



**Şekil 5.** Test Düzeneği

İmal ettirilen test düzeneği 3 ana üniteden oluşmaktadır.

#### 4.1. “1” Numaralı Test Ünitesi

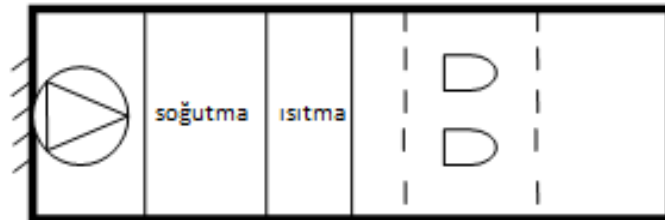
Egzoz havasını (iç ortam havası) temsil etmek üzere istenilen sıcaklık ve debide hava akışını sağlayabilmek için tasarlanmıştır.

“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 6.** “1” Numaralı Test Ünitesi

#### 4.2. “2” Numaralı Test Ünitesi

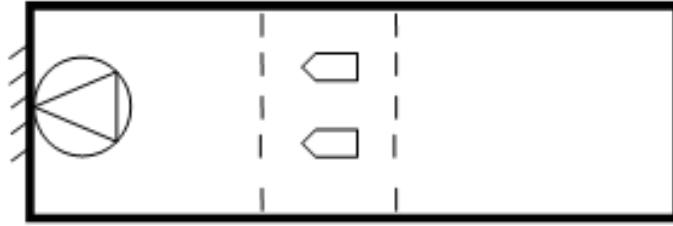
Taze hava tarafının (dış ortam havası) debisini ölçmek için ısı geri kazanım cihazının taze hava çıkış kısmına konumlandırılmıştır.

“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.

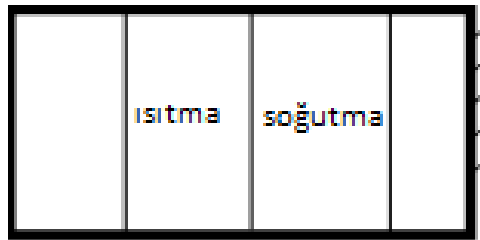
“3” numaralı test ünitesi;

- 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

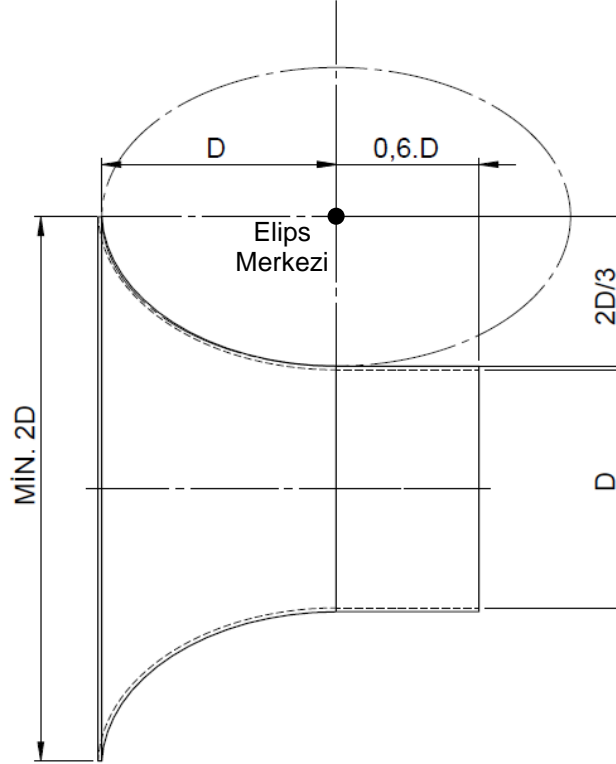
#### 4.4. Test Düzeneği Elemanları ve Debi Ölçümünün Yapılması

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

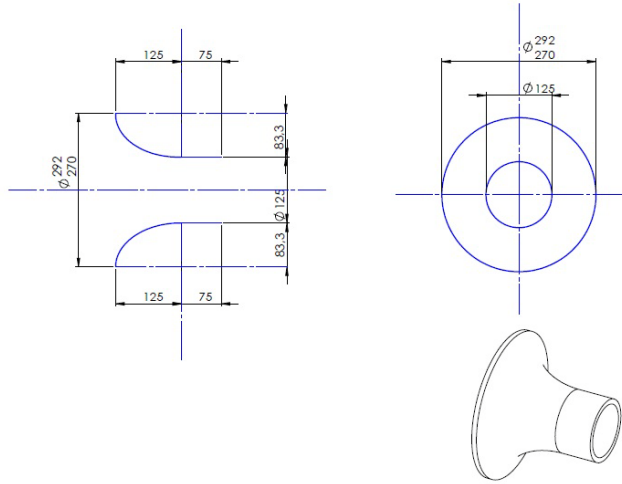
“1”, “2” ve “3” numaralı üniteler içinde ısıtıcı ve soğutucular, fanlar ve ölçüm plakaları uygun şekilde yerleştirilmiştir. Hava debisi, “1” ve “2” numaralı üniteler içinde yerleştirilen debi ölçüm plakaları ön ve arka tarafları arasındaki basınç farkı ölçülerek aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

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



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

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



**Şekil 10.** Test Düzeneğinde 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 ölçülebilecek 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.

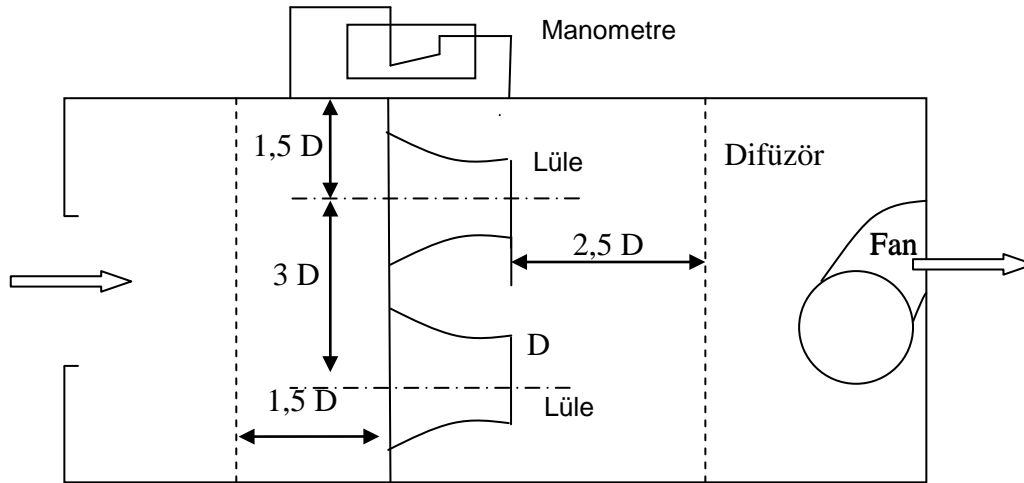
Hazırlanan test düzeneğinde her bir ölçüm plakasında 4 adet lüle bulunmaktadır (Şekil 11). Lülelerin hava giriş tarafında mevcut contalı kapama sacları kullanılması ile, istenilen lüleler hava geçişine kapatılabilmektedir. Açık lüle sayısı 1 ile 4 arasında değiştirilerek, 224 ile 6284  $\text{m}^3/\text{saat}$  arasında hava debileri ölçülebilmektedir.





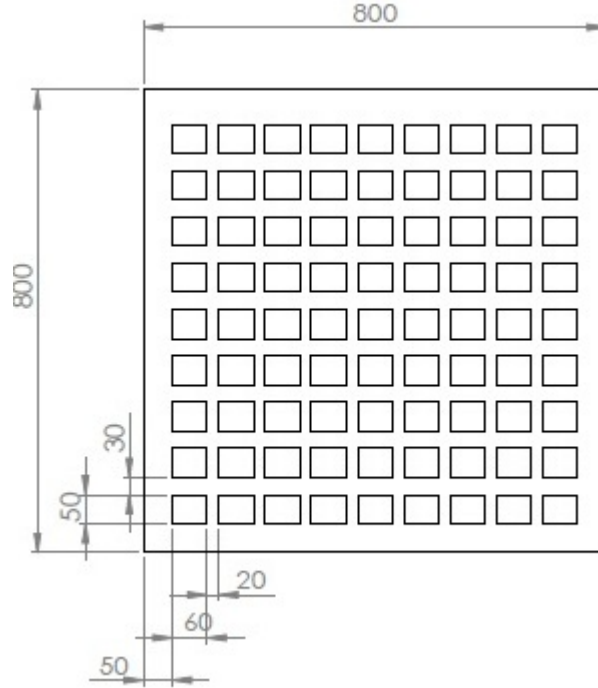
Şekil 11. Debi Ölçüm Plakası

Hava debisi ölçümü için hava akışının lülelere 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.



Şekil 12. Ölçüm Plakası ve Lülelerin Yerleşimi

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



Şekil 13. Difüzör Plakası

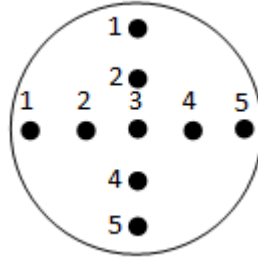
## 5. TESTLERİN YAPILMASI VE TEST SONUÇLARI

Kurulan test düzeneği kullanılarak piyasada mevcut bulunan 350 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/saat

Egzoz hava debisi: 350 m<sup>3</sup>/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 (kg-nem/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 m<sup>3</sup>/saat = 0,0971 m<sup>3</sup>/s

Hava yoğunluğu (15,70°C ve 95 kPa): 1,1465 kg/m<sup>3</sup>

Taze havanın aldığı enerji:

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

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

Egzoz havası:

Ölçüm plakası basınç farkı: 9 Pa

Hava debisi: 355,47 m<sup>3</sup>/saat = 0,0987 m<sup>3</sup>/s

Hava yoğunluğu (24,95°C ve 95 kPa): 1,1109 kg/m<sup>3</sup>

Egzoz havasının verdiği enerji:

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

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

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)

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

olarak hesaplanır.

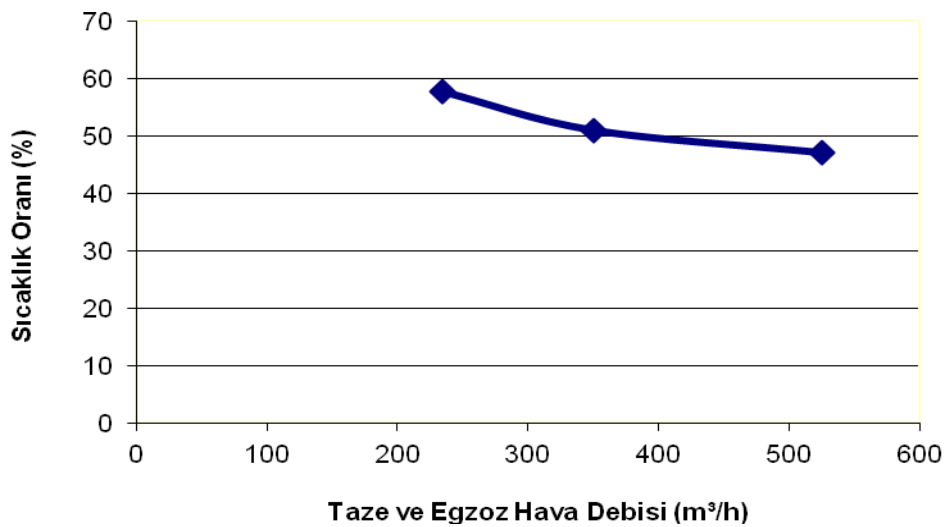
Standartta havanın içindeki su buharının yoğuşması ve/veya nem transferi dikkate alınmadığı ve yaş termometre sıcaklığından hesaplanan özgül nem değerleri ölçüm hassasiyeti sınırları içinde sabit kaldığından dolayı, havanın nem değişiminden ileri gelen gizli ısı değişimi hesaba katılmamıştır.

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.

**Tablo 2.** TS EN 308 Test Sonuçları

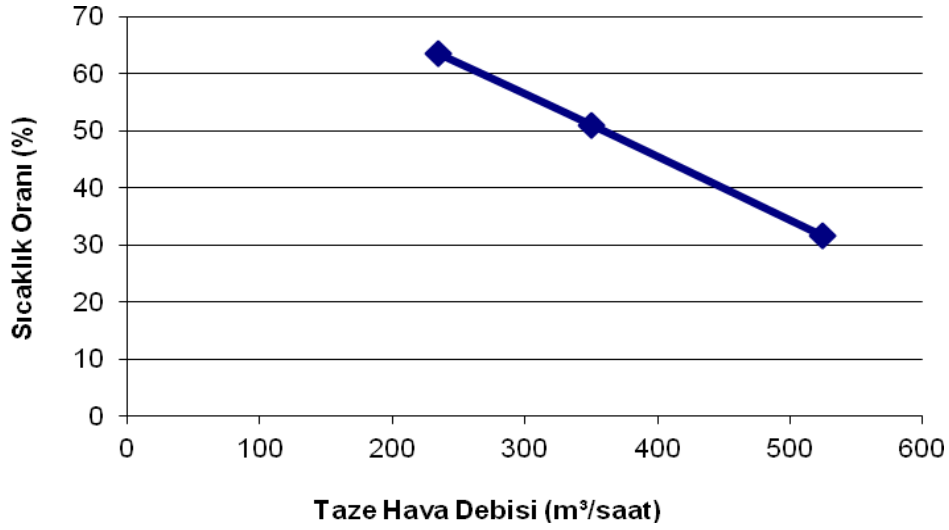
Test No	Egzoz Hava Debisi ( $q_{m1}$ ) m <sup>3</sup> /saat	Taze Hava Debisi ( $q_{m2}$ ) m <sup>3</sup> /saat	Sıcaklık Oranı % ( $\eta_t$ )	Enerji Dengesi Sapma Oranı (%)
1	234,5	234,5	57,7	4,609
2	234,5	350	45,4	1,155
3	350	234,5	63,5	5,536
4	350	350	51	4,621
5	350	525	31,5	4,641
6	525	350	57,2	3,204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

Şekil 15'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.



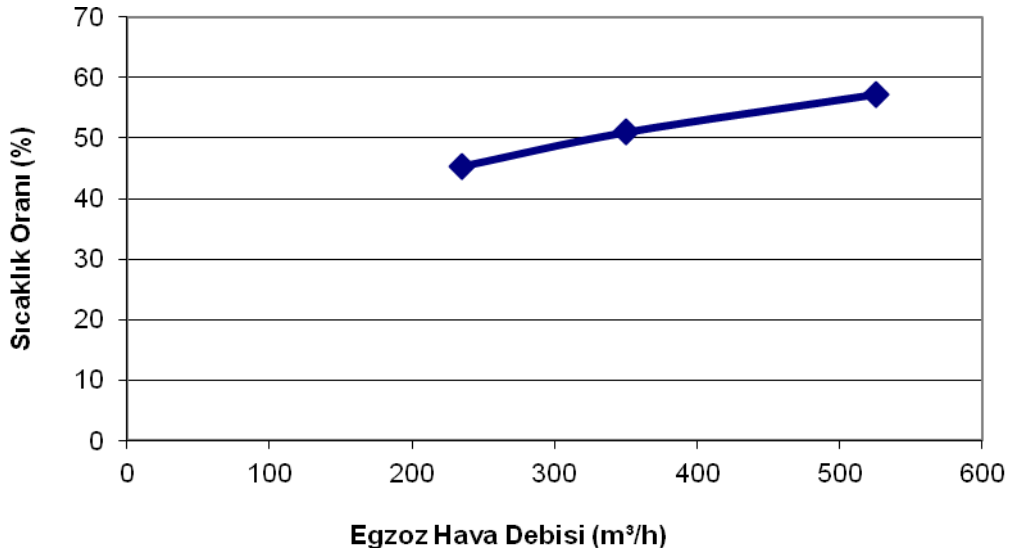
**Şekil 15.** Eşit Taze Hava-Egzoz Hava Debi Testleri İçin Sıcaklık Oranları

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



Şekil 16. Eşit egzoz hava debileri için taze hava debisinin artmasının sıcaklık oranına etkisi

Şekil 17'de test 2, 4 ve 6'daki eşit taze hava (350 m<sup>3</sup>/saat) debileri için egzoz havasındaki debi artışının sıcaklık oranına etkisi gösterilmiştir. Egzoz hava debisinin artması sıcaklık oranında artış sağlamıştır.



Şekil 17. Eşit taze hava debileri için egzoz hava debisinin artmasının sıcaklık oranına etkisi

## 6. SONUÇ

Nominal hava debisi 350 m<sup>3</sup>/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 oranları hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada egzoz ve taze hava enerji değişimleri, standartta belirtilen %5 sapma oranı içinde kalacak şekilde ölçülmüştür.

TS EN 308 standardına göre egzoz havası sıcaklığı  $25\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta olmalı ve yağ termometre sıcaklığı  $14\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  'nin altında kalmalıdır. Taze hava ise  $5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta sağlanmalıdır. Yapılan testlerde, bu koşullar  $1^{\circ}\text{C}$  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 yapılabiliyor olması umut verici niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- [1] [http://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/TOBB\\_iklimlendirme\\_raporu\\_2012.pdf](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.

## ÖZGEÇMİŞ

### Orcan KAYA

1987 yılı İzmir-Buca doğumludur. 2009 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Bitirme çalışması "Fren Kampanalarının Testi İçin Klimatik Test Kabini Tasarımı" üzerinedir. Aynı Üniversitede 2013 yılında Termodinamik Yüksek Lisans programını tamamlamıştır. Yüksek lisans tez çalışması " Havadan Havaya Isı Geri Kazanım Cihazları İçin TS EN 308 Standardına Göre Test Düzeneği Tasarımı" üzerinedir. Orcan KAYA, halen TERMODİNAMİK A.Ş. şirketinde AR-GE Tasarım Mühendisi olarak çalışmaktadır.

### Serhan KÜÇÜKA

1983 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünü bitirdi. Aynı bölümden 1985 yılında Yüksek Lisans, 1993 yılında Doktora derecelerini aldı. 1990-1998 yılları arasında TÜPRAŞ İzmit ve İzmir rafinerilerinde borulama, depolama tanklarının imal ve yenilenmesi, pompa sistemleri, bina ısıtma sistemleri gibi muhtelif konularda proje mühendisi olarak çalıştı. Halen DEÜ Makina Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesidir. TESKON VIII., IX.ve X. Kongrelerinde yürütme kurulu üyesi olarak görev almıştır. Çalışma konuları soğutma sistemleri, jeotermal ısıtma sistemleri, kurutma ve enerji verimliliğidir.