



**Bu bir MMO  
yayıdır**

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

## **ISI POMPASI DESTEKLİ ISI GERİ KAZANIM CİHAZININ FARKLI SICAKLIKLARDAKİ PERFORMANS ANALİZİ**

**HÜSEYİN BULGURCU**  
KONTERM AR-GE DANIŞMANI

**MEHMET MUSLU**  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

# ISI POMPASI DESTEKLİ ISI GERİ KAZANIM CİHAZININ FARKLI SICAKLIKLARDAKİ PERFORMANS ANALİZİ

*Performance Analysis of Heat Pump Assisted Heat Recovery Ventilator at Different Temperatures*

**Hüseyin BULGURCU**  
**Mehmet MUSLU**

## ÖZET

Ülkemizde ve dünyada değişken soğutucu akışkan debili (VRF) iklimlendirme sistemlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Ancak bu sistemlerde sadece ısıtma ve soğutma yükleri karşılanmakta olup taze hava ihtiyacı çoğunlukla ihmal edilmektedir. Bu problemi çözmek için taze hava ihtiyacı yoğun olan ortamlarda Isı Geri Kazanımlı Yerel Havalandırma (HRV) cihazları VRF ile birlikte devreye alınmıştır. Bu HRV cihazlarının ısı etkinlikleri %35 ila %90 arasında değişebilmekte, bazı modellerde nem geçişine izin veren ısı değiştiriciler kullanılarak nem geri kazanımı da yapılabilmektedir. Son yıllarda HRV cihazlarına havadan havaya ısı pompası eklenmek suretiyle etkinlik değerleri artırılmış, iç-dış hava değişiminden kaynaklanan konforsuzluklar ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca küçük ortamlarda iç ısı yükünün bir kısmı da bu cihazlar ile karşılanabilir hale gelmiştir. Bu çalışmada ülkemizde üretilen bir ısı pompası destekli HRV cihazı Balıkesir yaz-kış koşullarında çalıştırılmış ve farklı sıcaklıklarda performans ölçümleri yapılmıştır.

**Anahtar kelime:** Isı pompası, ısı geri kazanımı, HRV, etkinlik değeri

## ABSTRACT

The use of variable refrigerant flow (VRF) air conditioning systems in our country and around the world has become very popular. However, in these systems only the heating and cooling loads are met and the need for fresh air is often neglected. In order to solve this problem, fresh-air-intensive environments have been commissioned with Heat Recovery Domestic Ventilation (HRV) devices VRF. The thermal efficiencies of these HRV devices can range from 35% to 90%, and in some models moisture can be recovered using heat exchangers that allow moisture transfer. In recent years, air-to-air heat pumps have been added to HRV devices to increase efficiency values and to eliminate the discomforts caused by indoor-outdoor air exchange. In addition, some of the internal heat load in small environments has become affordable with these devices. In this study, a heat pump assisted HRV which is produced in our country was operated in Balıkesir summer and winter conditions and performance measurements were made at different temperatures.

**Key Words:** Heat pump, heat recovery, HRV, coefficient of performance.

## 1. GİRİŞ

Isı geri kazanımlı havalandırma sistemleri (HRV) bina içine, egzoz havasından aktardıkları ısı ile sürekli taze hava verirler. Enerji geri kazanımlı sistemler (ERV) ise, egzoz havasından taze havaya hem ısı hem de nem aktarımı sağlarlar. Enerji geri kazanımlı sistemler (ERV), ısıtma ve soğutma mevsimlerinde dış ortamlara atılan gizli ısı yüküne sahip nemin geri kazanılarak iç enerji yükünün

azaltılmasını hedeflemektedir. Bu işlemleri yaparken HRV cihazları herhangi bir enerji kaynağı kullanmazlar, ancak ısı değiştiricinin geometrisinden kaynaklanan basınç kaybı oluşur [1].

Binalarda ısı yalıtımı için hava sızdırmazlığı artırıldığından, binalar daha hava geçirmez hale getirilmekte ve sonuç olarak daha az havalandırılmaktadır. Bütün binalarda temiz hava yaşamsal bir ihtiyaç olması nedeniyle, HRV'lere olan talep açıkça görülebilmektedir. Bir pencere açtığınızda havalandırma sağlanırken binanın ısı ve nemi daha sonra kışın ortadan kaybolur ve yaz aylarında kazanılır, ikisi de iç mekân iklimi için ve enerji verimliliği için arzu edilmez, çünkü bu kayıplar bina ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tarafından telafi edilmelidir. HRV, bir binaya temiz hava katar ve verimli enerji kullanımını teşvik ederken iklim kontrolünü geliştirir.

Dünyanın birçok ülkesinde bina düzenlemeleri için her iki saatte bir hava değişimi gereklidir. Geleneksel havalandırma ile evin ısıtma sistemi, günde 12 kez soğuk hava ile dolu bir evi ısıtması gerekecektir [2].

HRV'ler ve ERV'ler bağımsız olarak çalışabilen ya da mevcut iklimlendirme sistemlerine eklenebilen ya da bağımsız aygıtlar olabilir. Bir binanın dış cepheye sahip hemen her odasında küçük bir HRV / ERV cihazı tek bir oda için havalandırma sağlayabilir. Daha büyük bir bina ya çok sayıda küçük cihazlara ya da büyük bir merkezi cihaza ihtiyaç duyacaktır. Binanın tek şartı direkt olarak bir dış duvardan veya bir kanaldan sağlanan bir hava kaynağı ve hava sirkülasyonu için fanlar, elektronik kontrol sistemi için elektrik gibi bir enerji kaynağıdır. Merkezi iklimlendirme sistemleri ile kullanıldığında, sistem zorunlu olarak hava tipi olacaktır.

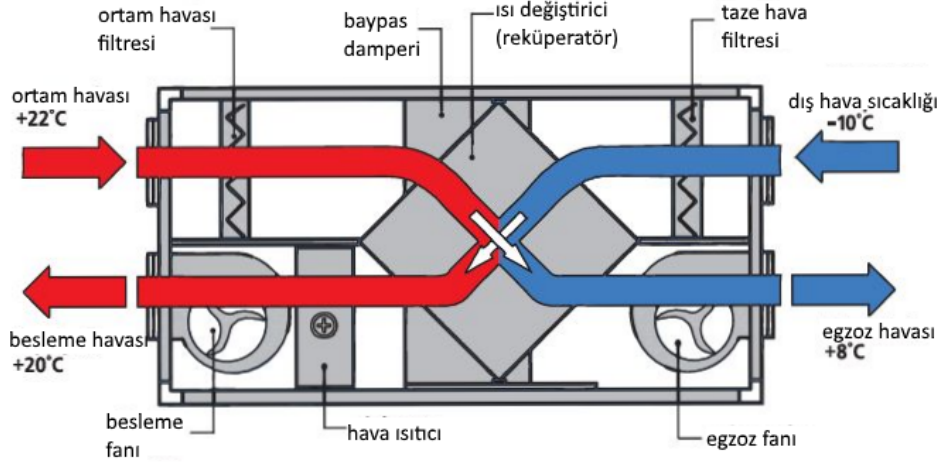
Isı pompaları ise en basit tanımıyla elektrik enerjisini kullanarak ısıyı bir yerden başka bir yere taşıma işlemini gerçekleştiren cihazlardır.

Bu iki cihazın bir arada çalıştırılması ile HRV ve ısı pompasının (HP) avantajları birleştirilmiş olur. Aynı anda iç ortamın taze hava ihtiyacı karşılanırken oluşacak ısı kayıplarının önüne geçilmiş ve dolayısıyla iç ortamda yaşanacak ısıl konforsuzlukların önüne geçilmiş olur.

## 2. ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARI

HRV cihaz birbirine ters yönde hava yönlendiren iki fandan ve bu iki havayı ortada bulunan çapraz ısı değiştirici (reküperatör) üzerinden temassız olarak çarpıştırır. Reküperatör alüminyum, plastik veya kâğıt levhalardan kompakt olarak imal edilmiştir. Nem transferi istendiğinde kâğıt esaslı reküperatörler kullanılır. Aksesuar olarak giriş ve çıkışta hem reküperatörün tıkanmasını önlemek hem de havayı tozlardan korumak için kaba kasetli filtreler kullanılır. Ortam havasını soğutmaması için ilave elektrikli veya bina ısıtma sistemine bağlanabilen sulu ısı değiştiriciler eklenebilir. Ayrıca bu cihazlarda kışın serpantin donmasını önlemek için sıcak hava baypasına izin veren defrost sistemleri de kullanılmaktadır.

Uygulamalarda 500 ~ 6000 m<sup>3</sup>/h hava debisi aralığında yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Şekil 1.). Küçük hava debililer kanallı fan-coil, daha büyük hava debililer ise çatı tipi klima cihazı yerine kullanılabilirler. Ön ısıtıcı veya ön soğutucu gibi çalışan ısı geri kazanım eşanjöründen eksik kalan kapasite, cihaz içine konulacak son ısıtıcı ve son soğutucu eşanjörler ile karşılanmalıdır. Isıtıcı eşanjörler genelde sıcak sulu (80 / 60 °C veya 60 / 50 °C) ya da elektrikli, soğutucu eşanjörler ise soğuk sulu veya doğrudan genleşmeli (DX) evaporatör destekli olabilir. %100 iç hava ile çalışan split klima uygulamalı mekânlarda, taze hava ihtiyacının karşılanmasında ortaya çıkan, dış hava yükünün yarattığı kapasite eksikliği ortadan kaldırmak için ideal bir çözümdür [3].



Şekil 1. Hava-hava kaynaklı ısı geri kazanım cihazı ve çapraz akışlı plakalı ısı eşanjörü [3]

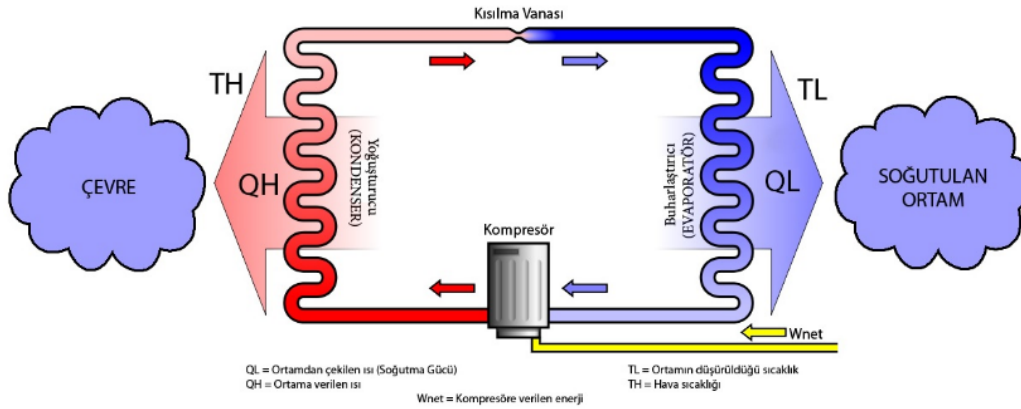
Üstün iç hava kalitesini yaratabilecek, %35 ~ %90 ısı geri kazanım verimliliğine sahip, sulu ısıtmalı ve soğutmalı, son ısıtıcı ve soğutucu, komple iklimlendirme cihazı olarak kullanılabilirler. Cihazlar, sulu son ısıtıcı ve soğutucuların yerine uygulanan ısı pompası ile daha kompakt ve ekonomik hale getirilebilmektedir. Yaygın olarak kullanıldıkları yerler; Restoran, ofis ve alışveriş birimleri, disko, sinema, tiyatro, okullar, yüzme havuzları, banyolar ve spor salonlarıdır [4].

### 3. ISI POMPALARI

Kondenser ve evaporatörün ısı transfer ortamının akışkan (hava veya su) olduğu sistemlerdir. Kaynağın sıcaklığının diğer ısı kaynaklarına göre değişken olması hava kaynaklı ısı pompası sisteminin performansını kararsız hale getirmiştir

Hava kaynaklı ısı pompalarının ısıtma kapasitesi ve etkinliği, düşük sıcaklıklarda önemli derecede düşmektedir. Bu yüzden, çoğu hava kaynaklı ısı pompalarında elektrikli ısıtıcı veya doğal gaz ısıtıcısı gibi ek bir ısıtma sistemine gerek duyulur.

Hava her yerde bulunabildiği, ısı pompalarında kullanımı kolay ve ekonomik olduğu için en çok kullanılan ısı kaynağıdır. Ancak ısı kaynağı olarak havanın en büyük dezavantajı kararlı bir sıcaklığa sahip olmaması ve hava sıcaklığının kış aylarında özellikle karasal iklimlerde çok düşmesidir. Hatta hava sıcaklığı gün içinde bile değişkenlik gösterebilmektedir.



Şekil 2. Hava-hava kaynaklı ısı pompası şematik gösterimi

Dış hava sıcaklığının düşmesi ısı pompasının kapasite ve performansını düşürmektedir. Bu nedenlerle hava kaynaklı ısı pompalarının karasal iklimlerde kullanımı yaygın değildir. Ayrıca hava kaynaklı ısı pompalarında 0°C ve daha düşük sıcaklıklarda buharlaştırıcı serpantini üzerinde buzlanma olmaktadır. Eğer buz birikimi engellenmezse oluşan buz ısı transferini azaltarak ısı pompasının performansını düşürecektir. Oluşan buz çözmek için ısı pompası ters yönde çalıştırılarak defrost yapılır. Ancak enerji veriminden dolayı bu çevrimlerin olabildiğince kısa ve seyrek yapılması gerekir. Defrost sıklığı arttıkça enerji tüketimi de artacağından ısı pompasının performans katsayısı düşecektir. Hava kaynaklı ısı pompalarının kurulum maliyeti toprak kaynaklı ısı pompalarından daha düşüktür.

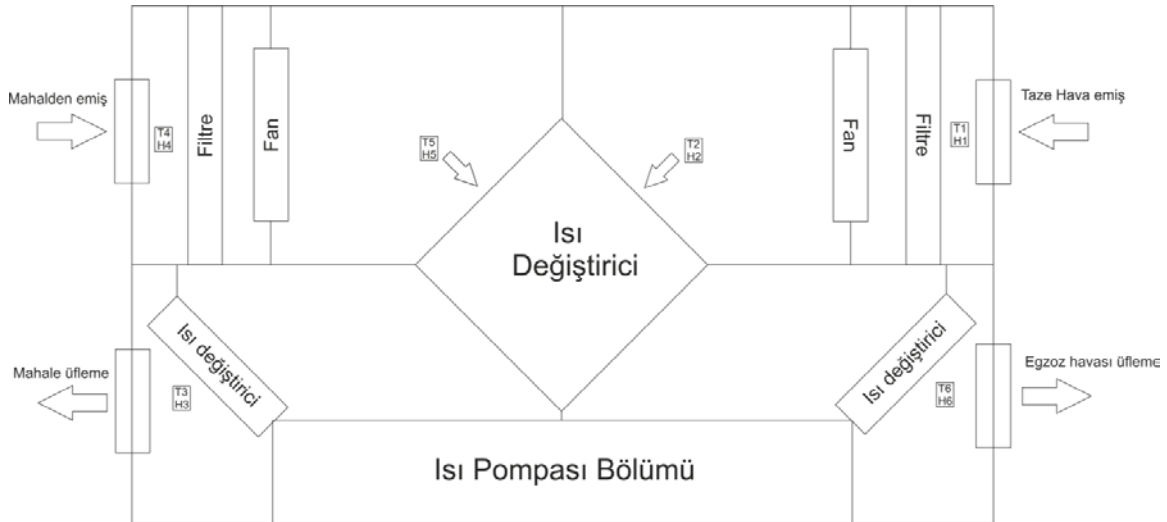
#### 4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında Balıkesir Küçük Sanayi Sitesindeki bir firmada kurulan Isı Pompası Destekli Isı Geri Kazanım Cihazının (HRV-HP) performans analizi gerçekleştirilmiştir.

HRV-HP Isı pompalı ısı geri kazanım havalandırma üniteleri, enerji tasarrufu sağlamanın yanında, yüksek iç hava kalitesi elde etmek için tasarlanmıştır. VHR DX cihazları içinde kullanılan havadan havaya ısı geri kazanım plakalı eşanjörleri ile ısı transferi yapılırken ısı pompası sayesinde oda sıcaklığında taze hava elde edilmiş olur. Standart ısı geri kazanım cihazlarında, ortalama olarak yaz aylarında 30 °C, kış aylarında ise 12 °C üfleme sıcaklığı elde edilmekte ve bu sıcaklıklar konfor açısından insanı rahatsız edebilmektedir. Isı Pompalı ısı geri kazanım cihazlarında ise, ısı pompası sayesinde, yazın 20 °C, kışın 25 °C taze hava üfleme sıcaklığı elde edilebilmektedir.

Cihazın taze hava girişinde ve iç ortam emiş hattında sentetik elyaf filtreler bulunmaktadır. Bu filtreler hem iç ortama verilen havanın temizliğini hem de plakalı ısı değiştiricinin zamanla kirlenip tıkanmasını önlemek için kullanılmaktadır.

Şekil 3'te deneysel çalışmada kullanılan Isı Pompası Destekli Isı Geri Kazanımlı Havalandırma Cihazı (HRV-HP) görülmektedir.



Şekil 3. Deneysel çalışmada kullanılan HRV-HP cihazının şeması

Cihaza ait elektronik kontrol paneli bulunmaktadır (Şekil-4). Bu panel sayesinde iç sıcaklık üfleme değerleri ayarlanabilmekte ve fan hızları 5 ayrı kademede sürülebilmektedir. Deneylerde fan hızı son kademede çalıştırılmıştır. Cihazda bulunan ısı pompası sisteminin boyutları ve teknik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.** HRV-HP cihazına ait elektronik kontrol paneli

**Tablo 1.** HRV-HP deney cihazının karakteristik özellikleri

Uzunluk	1140 mm
Genişlik	910 mm
Yükseklik	390 mm
Ağırlık	89 kg
Kanal bağlantısı	Φ200 mm
Fan hava debileri	500 m <sup>3</sup> /h
Kompresör tipi	sarmal (scroll)
Soğutucu akışkan cinsi	R-22
Soğutucu akışkan miktarı	2 kg

Test sırasında sadece sistem üzerinde bulunan fanlar çalıştırılmış ve fan debisi sabit olup ortalama 650 m<sup>3</sup>/h olarak ayarlanmıştır. Testlerin yapılması esnasında yaz koşullarında dış hava sıcaklığı ortalama 28 °C, iç ortamdan emilen hava ise 25 °C 'den başlayarak 20 °C'ye kadar düşürülerek, kış koşullarında ise dış hava sıcaklığı ortalama 14,5 °C, iç ortamdan emilen hava ise 20 °C'den başlayarak 25 °C'ye kadar yükseltilecek şekilde sistem performansı incelenmiştir.

#### 4.1 Sıcaklık Nem Duyargaları

Havadan havaya ısı pompası destekli ısı geri kazanım cihazımıza sonradan monte edilmiş sıcaklık nem duyargaları ile tüm köşe noktalarının sıcaklık ile nem değerleri ölçülmüştür (Şekil 5). Bu ölçümler için kullanılan 6 adet sıcaklık ve nem duyargasının teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca HRV-HP cihazına ait kendi sıcaklık duyargaları da bulunmaktadır.

**Tablo 2.** Sıcaklık ve nem duyargalarının teknik özellikleri

Ölçüm aralığı (RH)	%0 ... 100 RH
Ölçüm aralığı (T)	-20 ... +80°C
Doğruluk (RH)	+/- %2 RH (Typ) at 23 °C
Doğruluk (T)	+/- 0,1 °C (Typ) at 23°C
Kararlılık (RH)	<% 1 RH/yıl (Typ)
Kararlılık (T)	<0,04 °C/yıl (Typ)
Histerisiz (RH)	+/- %1 RH
Histerisiz (T)	+/- 0,1°C



Şekil 5. Deneysel çalışmada kullanılan HRV-HP cihazı üzerindeki sıcaklık nem duyarğaları

#### 4.2 Ölçüm Panosu

Sistem üzerinde bulunan ölçüm aletlerinden alınan sonuçları elektronik olarak okumamızı sağlar. Ölçüm panosu üzerinde dış ortamdan emilen, reküperatör giriş ve çıkış, iç ortama üflenen, iç ortamdan emilen ve dış ortama üflenen havanın sıcaklık ile nem değerlerinin, fanlar ve kompresör elektriksel güçlerinin okunduğu sayısal ekranlar bulunmaktadır.



Şekil 6. Ölçüm panosu

Sistem üzerinde kullanılan güç analizörü ile yapılacak olan ölçümlerde kompresörün ilk kalkınması sırasında güç analizörün dayanacağı maksimum amper değeri üzerine çıktığı görülmüş, güç analizörünün zarar görmemesi için ölçüm panosu içerisine akım trafosu eklenmiştir. Bu sayede kompresörün çektiği akım 1/6 oranında düşürülerek güç analizörüne gönderilmiş, cihaz üzerindeki çarpan katsayısı aracılığıyla 6 ile çarpılıp kompresör gücü gerçek değeri cihaz üzerinden okunmuştur. Fan güç ölçümlerinde de akım trafosu kullanılmıştır.

Sistemin kendi çalıştırma ekranı ile farklı fan hızlarına, yaz/kış konumlarına, otomatik veya sadece fan devreye girecek şekilde ayarlanabilmektedir. Ayrıca set sıcaklığı ayarlanarak iç ortam sıcaklığının bu değerde tutulması sağlanmaktadır.

### 4.3 Sistemin Kurulumu

Isı pompası destekli ısı geri kazanım cihazı, yaz/kış konumunda çalıştırılıp belirli sıcaklık değerlerinde ölçüm alınabilmesi için biri şartlandırılabilen adet farklı ortam arasına yerleştirilmiştir (Şekil 6). Cihazın kurulması sırasında iki ortam arasındaki bağlantı havalandırma esnek alüminyum kanallar sayesinde sağlanmıştır. Fakat dış ortamdaki emilen hava ile üflenen hava arasında baypas olmaması için Şekil 6'da görüleceği gibi taze hava emişi ve egzoz havası üfleme bölümleri birbirinden uzaklaştırılmıştır.



Şekil 6. Deney cihazının oda bağlantısı



Şekil 7. Deney cihazının şartlandırılmış oda çıkışları

Şartlandığımız yer 25 m<sup>2</sup> alana sahip olup yüksekliği 3 m'dir. Ortamın şartlandırılması merkezi VRF sistemine bağlı 14000 BTU/h'lık duvar tipi klima aracılığı ile yapılmıştır. Şartlandırma işlemleri ise yaz / kış şartlarına bağlı olarak istenilen sıcaklık değerinin 1 °C üstü veya altı olarak ayarlanmıştır. Ayarlanan sıcaklık değerlerine göre cihazın iç hava sıcaklığını bu değerde sabit tutması hedeflenmiş ve bu süre zarfında harcanan toplam elektrik gücü (kompresör ve fan güçleri) kaydedilmiştir.

### 4.4 Deneysel Verilen Değerlendirilmesinde Kullanılan Bağıntılar

Çevre ile olan etkileşimler ihmal edilmiştir. Bu şartlar altında sistemin ve bileşenlerinin termodinamik performans değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanabilir.

Hava kütleli debisi:

$$\dot{m}_h = \rho_h A u \quad [\text{kg/s}] \quad (1)$$

Kondenser kapasitesi:



$$\dot{Q}_k = \dot{m}_k (h_3 - h_2) \text{ [kW]}$$

Evaporatör kapasitesi:

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_k (h_2 - h_3) \text{ [kW]}$$

Isıtma tesir katsayısı (ITK):

$$ITK = \frac{\dot{Q}_k}{\dot{W}_c} \quad (4)$$

Soğutma tesir katsayısı (STK):

$$STK = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{W}_c}$$

Kompresör elektriksel gücü:

$$\dot{W}_c = V_m I_m \cos \phi \text{ [W]} \quad (6)$$

Isıtma (kış) konumunda reküperatör etkinlik değeri:

$$\varepsilon_k = \frac{t_2 - t_1}{t_4 - t_1} \quad (7)$$

Soğutma (yaz) konumunda reküperatör etkinlik değeri:

$$\varepsilon_y = \frac{t_1 - t_2}{t_4 - t_1} \quad (8)$$

Isıtma (kış) konumunda toplam (ısı pompası + reküperatör) etkinlik değeri:

$$\varepsilon_{kt} = \frac{t_3 - t_1}{t_4 - t_1}$$

Soğutma (yaz) konumunda toplam (ısı pompası + reküperatör) etkinlik değeri:

$$\varepsilon_{yt} = \frac{t_1 - t_3}{t_4 - t_1}$$

#### 4.5 Örnek Hesaplama

**Tablo 3.** Örnek ölçüm değerleri (yaz konumunda)

Nokta	Özellik	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Güç (Watt)
1	Taze Hava Emiş	24	40	
2	Rekuperatör Çıkış	22,6	45	
3	Taze Hava Üfleme	15,7	64	
4	Egzoz Havası Emiş	20,0	47	
5	Rekuperatör Çıkış	22,5	42	
6	Egzoz Havası Üfleme	39,5	17	
	Kompresör			810
	Taze Hava Fanı			30
	Egzoz Hava Fanı			58,8
	Kanal ortalama hızı	6 m/s		



$h_1 = 43$  kJ/kg (psikrometrik diy.)

$h_2 = 42,2$  kJ/kg (psikrometrik diy.)

$h_3 = 33,1$  kJ/kg (psikrometrik diy.)

$u = 6$  m/s (hava hız duyargası ile ölçülmüştür)

$$A = \frac{\pi \times (20 \times 10^{-2})^2}{4} = 0,0314 \text{ m}^2$$

$\rho = 1,218$  kg/m<sup>3</sup> (15,7 °C, 101,325 kPa, Balıkesir rakım:120 m'de )

$$\dot{m}_h = \rho_h A u = 1,218 \times 0,0314 \times 6 = 0,229 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q}_s = \dot{m}_h (h_2 - h_3) = 0,229 (42,2 - 33,1) = 2,088 \text{ kW} = 2088 \text{ W (Soğutma)}$$

Kompresör elektriksel gücü:

$$\dot{W}_c = V_m I_m \cos \phi = 810 \text{ W}$$

Soğutma tesir katsayısı (STK):

$$STK = \frac{\dot{Q}_s}{\dot{W}_c} = \frac{2088}{810} = 2,57$$

Soğutma (yaz) konumunda reküperatör etkinlik değeri:

$$\varepsilon_y = \frac{t_1 - t_2}{t_4 - t_1} = \frac{24 - 22,6}{20 - 24} = -0,35$$

Soğutma (yaz) konumunda toplam (ısı pompası + reküperatör) etkinlik değeri:

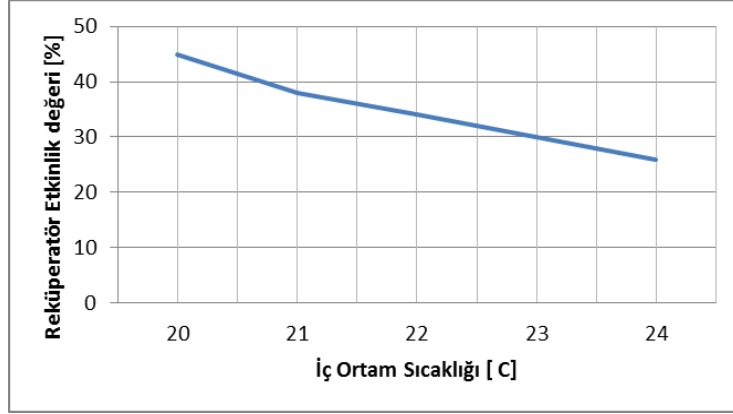
$$\varepsilon_{yt} = \frac{t_1 - t_3}{t_4 - t_1} = \frac{24 - 15,7}{20 - 24} = -2,075$$

## 5. DENEY SONUÇLARI

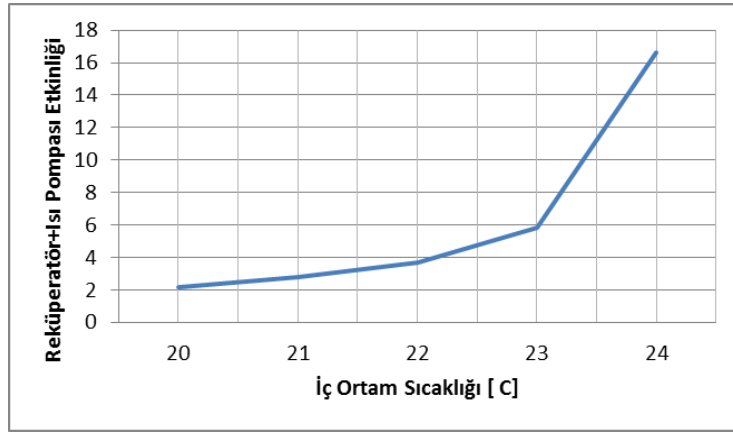
### 5.1 Cihazın Yaz Konumunda (Soğutma Amaçlı) Çalıştırılması

Isı geri kazanımlı ısı pompası destekli havalandırma cihazının yaz konumunda soğutma amaçlı testinde iç ortam sıcaklığına bağlı olarak; reküperatör etkinliği, toplam (reküperatör + ısı pompası) etkinliği ve ısı pompasının soğutma tesir katsayısı (STK) değişimi incelenmiş ve şu sonuçlara ulaşılmıştır:

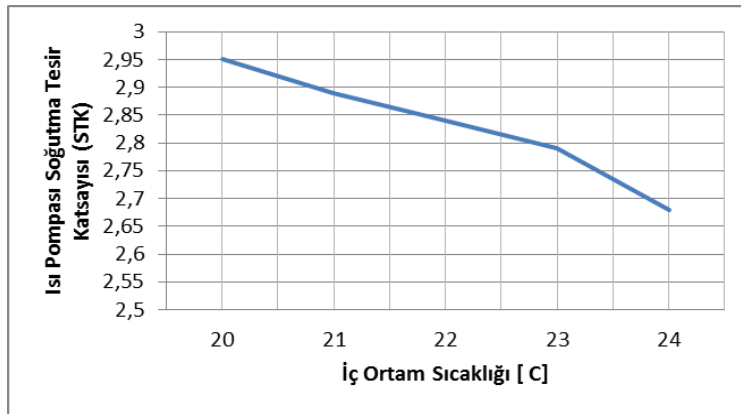
- Reküperatör etkinlik değeri iç ortam sıcaklığı arttıkça düşme eğilimindedir. %45'den başlayıp oransal olarak %26'ya doğru düşmüştür (Şekil 8).
- Toplam etkinlik değeri (reküperatör + ısı pompası) iç ortam sıcaklığı arttıkça parabolik olarak artmaktadır (Şekil 9).
- Isı pompası soğutma tesir katsayısı (STK) ise iç ortam sıcaklığı arttıkça düşme eğilimindedir (Şekil 10).



Şekil 8. Rekuperatör etkinlik değerinin iç ortam sıcaklığına bağlı değişimi (yaz uygulaması)



Şekil 9. Rekuperatör + ısı pompası etkinlik değerinin iç ortam sıcaklığına bağlı değişimi (yaz uygulaması)

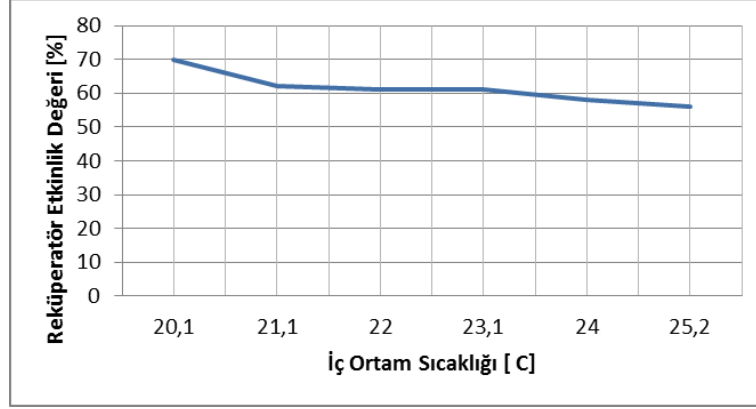


Şekil 10. Isı pompasının soğutma tesir katsayısının (STK) iç ortam sıcaklığına bağlı değişimi (yaz uygulaması)

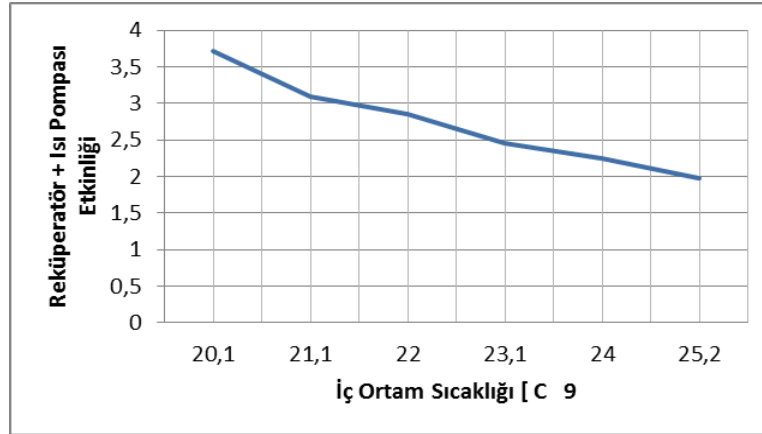
## 5.2 Cihazın Kış Konumunda (Isıtma Amaçlı) Çalıştırılması

Cihazının kış konumunda ısıtma amaçlı testinde dış sıcaklık 14,5 °C civarında sabit tutulmaya çalışılmış, iç ortam sıcaklığı 20 ila 25 °C arasında birer derecelik farklarla değiştirilmiştir. Deney sonuçları hesaplanmış ve aşağıdaki grafiklere göre şu sonuçlar elde edilmiştir:

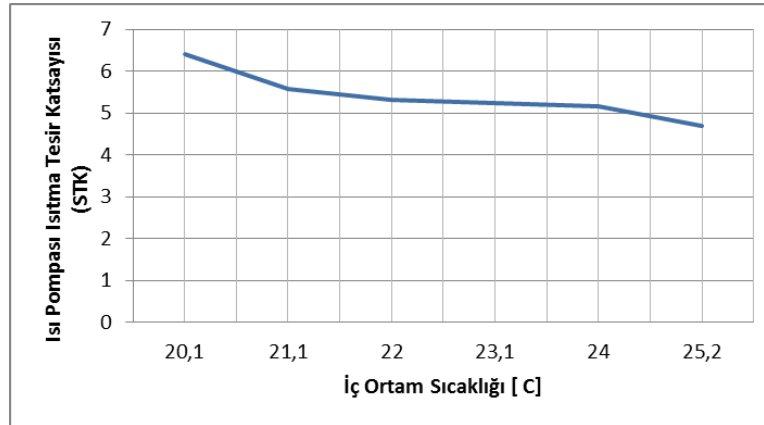
- Reküperatör etkinlik değeri iç ortam sıcaklığı arttıkça düşme eğilimindedir. %70'den başlayıp oransal olarak %56'ya doğru düşmüştür (Şekil 11).
- Toplam etkinlik değeri (reküperatör + ısı pompası) iç ortam sıcaklığı arttıkça parabolik olarak azalmaktadır (Şekil 12).
- Isı pompası soğutma tesir katsayısı (STK) ise iç ortam sıcaklığı arttıkça hafifçe düşme eğilimindedir (Şekil 13).



Şekil 11. Reküperatör etkinlik değerinin iç ortam sıcaklığına bağlı değişimi (kış uygulaması)



Şekil 12. Toplam (reküperatör + ısı pompası) etkinlik değerinin iç ortam sıcaklığına bağlı değişimi (kış uygulaması)



Şekil 13. Isı pompasının ısıtma tesir katsayısının (ITK) iç ortam sıcaklığına bağlı değişimi (kış uygulaması)

## 5.SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan deneyler sonucunda reküperatör etkinlik değerlerinin yaz soğutma uygulamasında kışa göre yarı yarıya düşük çıktığı görülmüştür. Bu durumda dış sıcaklığın 14,5 °C civarında tutulmasının da etkisi olabilir. Daha düşük dış sıcaklıklarda etkinlik değerinin artacağı tahmin edilmektedir.

Reküperatör ile ısı pompasının toplam etkinliği hem soğutmada hem de ısıtmada iç/dış sıcaklık farkı birbirine yaklaştıkça artmaktadır. Çünkü iç/dış sıcaklık farkı arttıkça ısı pompasının etkinliği azalırken, reküperatörün etkinliği artmaktadır.

Isı pompasının ısıtma tesir katsayısı (ITK),doğal olarak soğutma tesir katsayısına (STK) göre yüksek çıkmakta ve iç/dış ortam sıcaklık farkı arttıkça azalma eğilimine girmektedir.

Isı pompası iç ortama 20 °C iç ortam sıcaklığında 5,35 kW ısıtma gücü verebilmektedir. Benzer şekilde 20 °C iç ortam şartlarında 2,39 kW soğutma gücü eklemektedir.

Sonuç olarak HRV cihazlarına ısı pompası (HP) özelliği eklenmesi bu cihazların etkinliğini arttırmış, evler, ofisler ve küçük işyerlerinin ısı yükü olamadan havalandırılmasında çok yaygın olarak kullanılması iç hava kalitesi yönünden son derece faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] BULGURCU, H, Lokal ısı ve enerji geri kazanımlı havalandırma cihazlarının tasarımı, TESKON 2001, 5. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Sayfa 141-150, 3-6 Ekim 2001, İZMİR
- [2] <http://www.solarcrest.co.uk/heat-recovery-ventilation.asp> (12.12.2016 tarihinde erişildi)
- [3] <http://barrieheatingcooling.ca/blog/what-is-an-hrv/> (10.01.2017 tarihinde erişildi)
- [4] ŞAHAN, A, Müjdat, 2005, HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitabı, Sayfa 151-162, İZMİR

## ÖZGEÇMİŞ

### Hüseyin BULGURCU

1962 yılında İzmir Kınık'ta doğdu. 1984 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makine Enerji dalından lisans, 1989 yılında M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünden Yüksek Lisans, 1994 yılında aynı Enstitüden Doktora dereceleri aldı. 1995 yılında Y. Doçent, 2013 yılında Doçent oldu. 1986-1989 yılları arasında Kartal Teknik Lisesinde, 1989-1995 yılları arasında Çankırı Meslek Yüksekokulunda öğretim elemanı olarak çalıştı. 1994 yılında İngiltere'de mesleki araştırmalarda bulundu. 1995-2012 yılları arasında Balıkesir Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma Programında çalıştı. Ağustos 2012 ile Ekim 2016 tarihlerinde bu yana Balıkesir Mühendislik Fakültesi'nde çalıştı. 1 Şubat 2017'de emekli oldu. İklimlendirme ve soğutma sektöründe danışmanlık hizmetleri vermektedir. Evli ve iki çocukludur.

### Mehmet MUSLU

1990 yılında Çanakkale'de doğmuştur. 2013 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2015 yılında yüksek lisans eğitimine başlamış ve halen eğitimi devam etmektedir. Enerji verimliliği üzerine çalışmaktadır.