

Döner Tip Isı Değiştiricileri ve Örnek Bir Uygulama

Dr. Nuri Alpay KÜREKÇİ
Dr. Hakan DEMİR
Dr. Ahmet Selim DALKILIÇ

ÖZET

Döner tip ısı değiştiriciler, yüksek etkinlik değeri ile ekonomik ve kendini kısa sürede amorti eden ısı değiştiricilerdir. Yüksek kapasiteli uygulamalarda, ilk yatırım maliyetleri daha ekonomik olabilmektedir. Bu çalışmada proje aşamasında bulunan bir hastane binası için düşünülen taze hava klima santraline, döner tip ısı değiştirici kullanılması durumu incelenmiştir. Isıtma ve soğutma sezonları için yapılan hesaplamalarla elde edilen parasal tasarruf değeri ile ilk yatırım maliyeti değerleri karşılaştırılarak, sistemin kendini amorti etme süresi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçta sistemin kendini geri ödeme süresinin oldukça kısa olduğu gösterilmiştir.

Anahtar sözcükler: Döner tip ısı değiştirici, Isı geri kazanımı, Ekonomik analiz.

1. GİRİŞ

Simge Listesi

- Q_1 : Isıtma sezonunda enerji geri kazanımsız sistem için ısıl kapasite (kW)
 q : Taze hava debisi (m³/h)
 c_p : Havanın özgül ısısı (kJ/kg°C)
 ρ : Ortalama hava yoğunluğu (kg/m³)
 $T_{iç}$: Isıtıcı çıkışındaki sıcaklık (°C)
 $T_{dış}$: Dış hava sıcaklığı (°C)
 Q_2 : Enerji geri kazanımlı sistem için ısıl kapasite (kW)
 ε : Döner tip ısı değiştirgeci etkinliği (%)
 T_{oda} : Oda sıcaklığı (°C)
 T_s : Matris çıkış sıcaklığı (°C)
 Q_3 : Soğutma sezonunda enerji geri kazanımsız sistem için ısıl kapasite (kW)
 $h_{dış}$: Dış havanın entalpisi (kJ/kg)
 h_{oda} : Oda havasının entalpisi (kJ/kg)
 Q_4 : Soğutma sezonunda tasarruf edilen enerji miktarı (kW)
 Δh : Entalpi Farkı (kJ/kg)
 h_s : Matris çıkış havası entalpisi (kJ/kg)
 Q_5 : Soğutma sezonunda enerji geri kazanımlı ısıl kapasite (kW)
 KT_{oda} : Oda kuru termometre sıcaklığı (°C)

Abstract:

Rotary type heat exchangers are the most economical exchangers with high efficiency. They amortize themselves in a short period of time. In high capacity applications, even initial cost can be economical. In this study, heat and cool recovery amounts have been derived for months in case of using rotary type heat exchangers in an air conditioning plant of a hospital building. Obtained value of money savings has been compared to initial cost and pay off period of the system has been calculated. Profits which can be obtained have been calculated and it is shown that using this system is economical.

Key Words:

Rotary type heat exchanger, Heat recovery, Economic analysis,

YT_{oda} : Oda yaş termometre sıcaklığı (°C)

φ_{oda} : Oda bağıl nemi (%)

$KT_{dış}$: Dış hava kuru termometre sıcaklığı (°C)

$YT_{dış}$: Dış hava yaş termometre sıcaklığı (°C)

$\varphi_{dış}$: Dış hava bağıl nemi (%)

T_g : Geri ödeme zamanı

G_i : Toplam yıllık işletme giderleri

G_y : Toplam ilk yatırım giderleri

f : Yıllık faiz

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının sınırlı olması, giderek tükenmekte oluşu ve temininde karşılaşılan zorluklar enerji tasarrufunu gerektiren sebepler olmuştur. Son yıllarda yapılan enerji tasarruflarının ve çevre koruma bilincinin artışı, enerji geri kazanım sistemlerinde kullanılan tekniklerin gelişiminin bir göstergesidir. Özellikle meydana gelen ekonomik krizler ve buna bağlı olarak petrol ürünlerindeki fiyat artışı, sektörde enerji temin etme konusunda alternatif yöntem arama girişimlerini arttırmıştır. Öncelikle sanayide enerji kayıpları giderilmeye, atılan enerjiler geri kazanılmaya ve uygun ortamlarda kullanılmaya çalışılmıştır. Mahallerdeki transmisyon ve ısıtım ile ısı kayıpları, yapı malzemelerinde kullanılan izolasyon maddeleri ile giderilmeye çalışılmıştır. Ancak mahallerin ısıtılması ya da soğutulması sırasında ihtiyaç duyulan taze havanın ısıtılması veya soğutulması için değişik ısı değiştirgeçlerine ihtiyaç duyulmuştur. Asıl amaç dışarı atılan ve kullanılmayan ısının, bu ısı değiştiriciler ile alınıp tekrar kullanılabilir bir ortama aktarılmasıdır.

Isı değiştiriciler incelendiğinde çok değişik ısı değiştirici tipleri olduğu görülür. Bunların içinde döner tip ısı değiştirici ele alınacaktır. Döner tip ısı değiştiriciler, alüminyum ya da çeliğin ondüleli kıvrılması ve çok küçük kanalcıkların oluşturulması ile imal edilirler. Sıcak ve soğuk akışkanlar cihazın içinde bulunan küçük kanallardan geçerler. Kanalların içinde hareket eden akışkan ısı değiştirici içinden aksiyal yönde geçiş yapar. Bu sırada rotor yavaş bir şekilde dönme devam eder.

Döner tip ısı değiştiriciler, literatürde disk tipi döner

ısı değiştirici, ısı tekeri, termal tekerlek, rejeneratif tip hava ısıtıcı, havadan havaya ısı geri kazanım tekerleği ya da mucidinde hitaben Ljungstrom ısı değiştirici olarak geçerler.

2. DÖNER TİP ISI DEĞİŞTİRİCİLER

Döner tip ısı değiştiriciler ilk defa Frederick Ljungstrom (1922) tarafından demir endüstrisinde, gaz türbinlerinde ve güç istasyonlarında ön hava ısıtıcısı olarak önerilmiştir. Frederick Ljungstrom döner tip ısı değiştirici dizaynını yapıp, patentini almıştır.

Döner tip ısı değiştiricilerde duyulur ısı transferi, sıcak akışkan matris içinden geçerken matris yüzeyine ısı transferi olmakta ve rotorun dönmesi ile ısıyı depolamış yüzeyin soğuk akışkan tarafına geçerek, ısıyı soğuk akışkana transfer etmesiyle gerçekleşmektedir.

Döner tip ısı değiştiricilerde gizli ısı transferi ise, nemin matrisin higroskopik yüzeyleri tarafından absorbe edilerek, daha düşük nem potansiyeli taşıyan diğer akışkana transfer edilmesi ile gerçekleşir. Bu sayede bağıl nemi yüksek bir yerde soğutma yapılması durumunda, taze hava içinde bulunan su partikülleri döner tip ısı değiştirici yardımıyla egzost havasına taşınarak, içeri daha az bağıl neme sahip havanın girmesine olanak tanır. Ters durumda, yani bağıl nemi düşük bir ortamda yine egzost havasından alınan nem taze havaya karıştırıldığından nemlendirici kapasitesi azalacaktır.

Yüzey malzemesi higroskopik maddeler ile kaplanmamış matrislerde nem transferi ancak sıcak havanın çığ noktası sıcaklığının altındaki bir hava ile soğutulması ile mümkündür. Soğuk akışkan sıcaklığı diğer tarafta bulunan havanın çığ noktası sıcaklığından düşük olması durumunda, matris malzemesi sıcaklığı çığ noktası sıcaklığının altına düşecektir. Sıcak akışkan içinde bulunan su partikülleri, çığ noktası sıcaklığının altında bir yüzeyle karşılaştığında burada yoğunlaşacak ve bu su partikülleri soğuk akışkan tarafına taşınacaktır. Böyle bir durumun oluşması ve yüzeyde oluşan yoğunlaşmanın korozyona neden olacağı ihtimali göz ardı edilmemelidir.

Döner tip ısı değiştiriciler çok değişik kullanım alanlarında değişik yüklerde kullanılırlar. Elektrik güç üretim istasyonlarında (termik santrallerde), termal enerji kaynaklarının ısı geri kazanım ünitelerinde, gaz türbinlerinde, ısıtma-havalandırma ve klima santrallerinde dışarı atılan sıcak havadan ısıyı geri kazanmak amacıyla kullanılırlar.

Döner tip ısı değiştiricilerde kullanılan, dört ayrı tip matris vardır. Birincisi paslanmaz çelik veya alüminyum tellerin sıkı sıkıya ağ şekline getirilmesi ile imal edilir. İkincisi metal plakaların fabrika ortamında proseslerle değişik şekillere sokularak paralel akım pasajları oluşturularak meydana getirilen matrislerdir. Üçüncüsü seramik malzemeden bal peteği şeklinde yapılan laminer matristir. Bu tür matrisler yüksek sıcaklıklarda kullanılır. Dördüncü tip ise, nem alışverişi yapabilen ve havadaki özgül nemi üzerine alarak soğuk akışkan tarafına veren, bu sayede gizli ısıyı da transfer edebilen higroskopik ısı tekeridir. Bu tür tekerler havanın içindeki su buharını, kendi üzerinde bulunan ve nem almaya yarayan higroskopik maddeler tarafından absorbe ederler. Tekeleğin dönmesi sonucu soğuk akışkan bölümüne geçen yüzey, üzerindeki suyu soğuk akışkana verir. Bu sayede suyun gizli ısısından da yararlanılır.

2.1. Döner Tip Isı Değiştiricilerin Avantajları

Döner tip ısı değiştiricilerin direkt tip ısı değiştiricilere göre dört avantajı vardır.

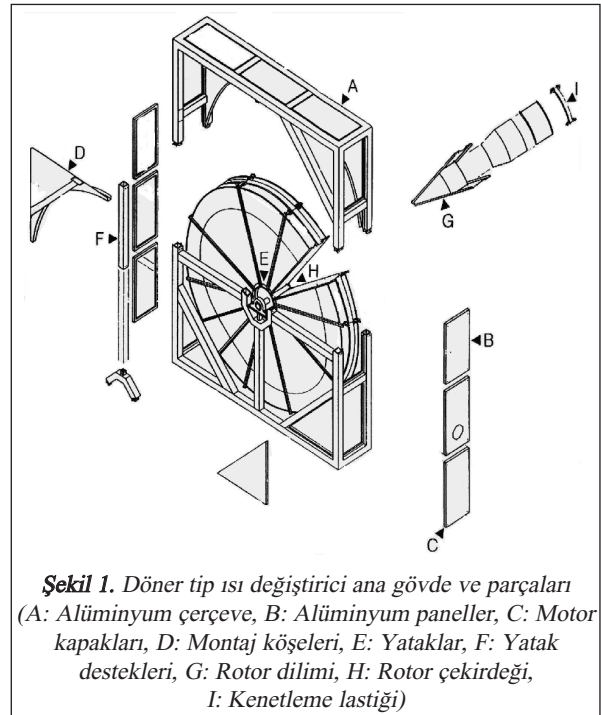
- 1- Isı transfer yüzey alanları fazladır.
- 2- Bu ısı değiştiriciler diğer ısı değiştirici ünitelere göre daha kısa sürede kendini amorti edebilmektedir.
- 3- Akışın karşı akışlı olması yüzünden, filtre kullanılsa bile dışarı atılan hava ile kanallar süpürüldüğünden yüzeyler temiz kalır. Havanın içinde yağlı, yapışkan, toksin vb. maddeler bulunmadıkça filtreye gerek yoktur.
- 4- Nemlendirme prosesine sahip sistemlerde, dönüş havası nemini geri kazanarak enerji tasarrufuna sebep olur. Döner tip ısı değiştiriciler soğutma için kullanıldığı zaman, sistem için gerekli olan soğutucu ekipmanların (kompresör, soğutma kulesi vb.), soğutma serpantinlerinin, pompaların ve

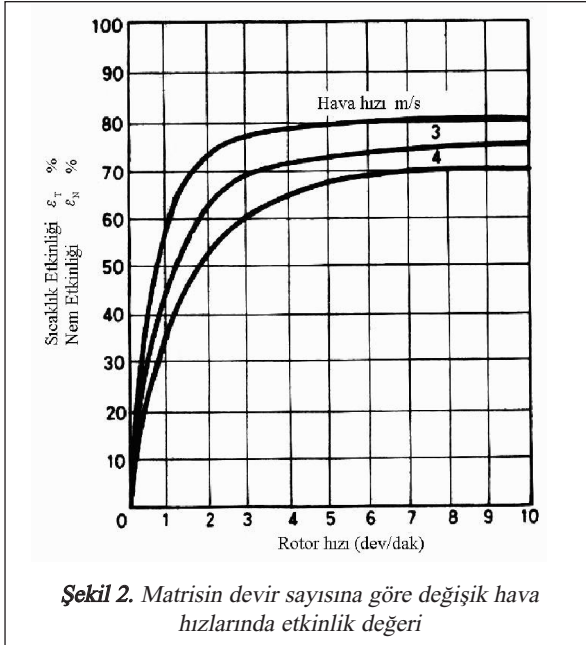
tesisatın boyutlarını küçülterek önemli bir tasarruf sağlar.

2.2. Döner Tip Isı Değiştiricilerin Dezavantajları

Döner tip ısı değiştiricilerin direkt tip ısı değiştiricilere göre dört dezavantajı vardır.

- 1- Döner tip ısı değiştiricilerde kaçak ve taşınma ile soğuk-sıcak akışkanlar karışabilmektedir. Bunu önlemek için fanların yerleri iyi ayarlanır ve bir temizleme bölümü kullanılır. Temizleme bölümü kullanılmadığı durumlarda, eğer pis havanın içinde temiz havaya karışması istenmeyen maddeler bulunduğunda (toksin, toz, boya, sigara dumanı vb.), taze hava bu maddeler içeren hava ile karışır.
- 2- Eğer akışkanlar arası basınç farkı artarsa, kaçak ile karışan akışkan miktarı artmakta ve önemli bir problem oluşturmaktadır.
- 3- Döner tip ısı değiştiriciler diğer ısı değiştiricilere nazaran daha sıkı bir yapıda olduklarından, basınç kayıpları da diğer ısı değiştiricilere göre fazla olmaktadır.
- 4- Döner tip ısı değiştiricilerde meydana gelecek basınç düşümü üzerindeki kısıtlamalar, matris yüzeyi değişmeksizin geniş bir akış alanı gerektirir. Bu durumda hantal bir kanal sistemi oluşumuna sebebiyet verir.





Döner tip ısı değiştiriciler Şekil 1’de gösterilen elemanlardan meydana gelmektedir. Şekil 2’de matrisin devir sayısı ve hava hızı ile değişen etkinlik değerleri görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi etkinlik değerleri %80’e kadar olabilmektedir. Devir sayısının artması etkinlik değerini artırmakta ama 10 d/d değerinden sonra etkinlik değerleri sabit kalmaktadır.

3. Örnek Hesap Yöntemi

Bu örnekte İstanbul’da yapılacak bir hastane binası için projelendirilen taze hava klima santralini verileri kullanılmıştır. Hava santrali fan-coil ile ısıtılıp soğutulan hastane binasına taze hava sağlamak ve bu taze havayı şartlandırmak amacıyla kurulacaktır. Klima santrali çıkışındaki hava şartları ortamı şartlandırmak amacıyla kullanılmadığından, ortam şartları olarak belirlenmiştir. Ortam şartları yaz ve kış aylarında 22°C, %50 bağıl nem kabul edilmiştir. Santral %100 dış hava ile çalışmaktadır. Yeni yapılacak olan bu tesisata döner tip ısı değiştirici ilave edilmesi durumunda yapılacak tasarruf hesaplanacaktır. Yapılan klima projesinde, kullanılan soğutma grubu ve ısıtma grubu herhangi bir ısı geri kazanım sistemi kullanılmadan, hesaplar sonucu büyük seçilmiştir. Bu uygulamada aynı klima santraline döner tip ısı değiştirici ilave edilmesi durumunda, kullanılacak ısıtıcı ve soğutucu bataryaların güçleri, enerji

tasarrufları ve ilk yatırım giderleri çıkarılarak, ekonomik bir analiz yapılmıştır.

Mevcut kullanılan sistemin verileri:

Taze hava debisi: $q=47.450 \text{ m}^3/\text{h}$

Klima santrali toplam hava debisi: $q=47.450 \text{ m}^3/\text{h}$ (%100 dış hava ile çalıştığı için)

Isıtıcı kapasitesi = 520,05 kW

Soğutucu kapasitesi= 569,4 kW

Kış aylarında istenen oda şartlarını sağlamak amacıyla klima santraline ısıtıcı batarya ve nemlendirici ünite yerleştirilmiştir. Yaz aylarında ise soğutucu batarya kullanılmış ve istenen oda şartları temin edilmiştir. Kullanılacak higroskopik döner tip ısı değiştirici ile birlikte, nemlendirici kapasitesi düşecek hatta bazı aylar nemlendirici ünitesi kullanılmayacaktır.

Hesaplarda sağlanan enerji tasarrufunu daha gerçekçi bulabilmek için, her ay için İstanbul’un o aydaki ortalama sıcaklık değerleri alınarak harcanan enerji miktarları bulunmuştur.

Aşağıdaki tabloda İstanbul için aylık ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir.

Tablo 1. İstanbul için ortalama dış hava sıcaklıkları ve ortalama bağıl nem

AYLAR	DÖNEM	DIŞ HAVA SICAKLIĞI (°C)	DIŞ HAVA BAĞIL NEMİ(%)
OCAK	ISITMA	2,5	80
ŞUBAT	ISITMA	2,5	75
MART	ISITMA	3,5	75
NİSAN	ISITMA	11,5	75
MAYIS	ISITMA	16,3	75
HAZİRAN	SOĞUTMA	26	70
TEMMUZ	SOĞUTMA	29	70
AĞUSTOS	SOĞUTMA	29	70
EYLÜL	SOĞUTMA	26	75
EKİM	ISITMA	15,6	78
KASIM	ISITMA	11,7	80
ARALIK	ISITMA	5,2	80

3.1 Isıtma Sezonu İçin Yapılan Hesaplamalar

Enerji geri kazanımsız sistem için ısı kapasite:

$$Q_1 = q \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T_{iç} - T_{dış}) \cdot (1/3600) \quad (1)$$

Q_1 : Enerji geri kazanımsız sistem için ısı kapasite (kW)

q : Taze hava debisi (m³/h)

c_p : Havanın özgül ısısı (kJ/kg°C)

ρ : Ortalama hava yoğunluğu (kg/m³)

$T_{iç}$: Isıtıcı çıkışındaki sıcaklık (°C)

$T_{dış}$: Dış hava sıcaklığı (°C)

Enerji geri kazanımlı sistem için ısı kapasite:

$$Q_2 = q \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T_{oda} - T_s) \cdot (1/3600) \quad (2)$$

Q_2 : Enerji geri kazanımlı sistem için ısı kapasite (kW)

ϵ : Döner tip ısı değiştirgeci etkinliği (%)

T_{oda} : Oda sıcaklığı (°C)

T_s : Matris çıkış sıcaklığı (°C)

Matris çıkış sıcaklığı:

$$T_s = T_{dış} + (T_{oda} - T_{dış}) \cdot \epsilon \quad (3)$$

Hesaplamalar için aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

Kabuller:

Oda sıcaklığı : 22°C

Oda bağıl nemi : %50

Döner tip ısı değiştirgeci etkinliği : %76

Havanın özgül ısısı (c_p) : 1,00 kJ/kg°C

Ortalama hava yoğunluğu (ρ): 1,233 kg/m³

Yakıt alt ısı değeri (Hu) : 34.485 kJ/m³ (doğalgaz)

Kazan verimi (η_k) : 90 %

Birim yakıt fiyatı (BYF) : 0,625 YTL/m³

(Ağustos 2008)

3.2 Soğutma Sezonu İçin Yapılan Hesaplamalar

Enerji geri kazanımsız ısı kapasite:

$$Q_3 = q \cdot \rho \cdot (h_{dış} - h_{oda}) \cdot (1/3600) \quad (4)$$

Q_3 : Enerji geri kazanımsız ısı kapasite (kW)

Tablo 2. Isıtma sezonu için yapılan hesaplama sonuçları

	Sembol	Birim	Isıtma Sezonu Toplam								Toplam
			Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Ekim	Kasım	Aralık	
Oda sıcaklığı	T_{oda}	°C	22	22	22	22	22	22	22	22	
Oda bağıl nemi	φ_{oda}	%	50	50	50	50	50	50	50	50	
Dış hava sıcaklığı	$T_{dış}$	°C	2,5	2,5	3,5	11,5	16,3	15,6	11,7	5,2	
Dış hava bağıl nemi	$\varphi_{dış}$	%	80	75	75	75	75	78	80	80	
Isıtıcı çıkışındaki sıcaklık	$T_{iç}$	°C	34	34,5	33,8	27	22	22	25,9	32	
Isıtıcı çıkışındaki bağıl nem	$\varphi_{iç}$	%	11	10	12	28	51	51	32	15	
Saat/ay	t		744	672	744	720	744	744	720	744	
Matris çıkış sic. $T_s = T_{dış} + (T_{oda} - T_{dış}) \cdot \epsilon$	T_s	°C	17,32	17,32	17,56	19,48	20,63	20,46	19,53	17,97	
Enerji geri kazanımsız sistem için ısı kap. $Q_1 = m \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T_{iç} - T_{dış}) \cdot (1/3600)$	Q_1	kW	511,93	520,05	492,42	251,90	92,63	104,01	230,77	435,54	2.639
Enerji geri kazanımlı sistem için ısı kap. $Q_2 = m \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T_{oda} - T_s) \cdot (1/3600)$	Q_2	kW	76,06	76,06	72,16	40,95	22,23	24,96	40,17	65,53	418
Enerji tasarrufu $Q_{ET} = Q_1 - Q_2$	Q_{ET}	kW	435,87	443,99	420,27	210,95	70,40	79,05	190,60	370,02	2.221
Yakıt tasarrufu $YT = Q_{ET} \cdot t \cdot 3600 / (Hu \cdot \eta_k)$	YT	m ³ /ay	37.615	34.608	36.268	17.617	6.076	6.822	15.918	31.932	186.855
Parasal tasarruf $PT = YT \cdot BYF$	PT	YTL	23.509	21.630	22.668	11.011	3.797	4.264	9.949	19.957	116.784

- q : Taze hava debisi (m³/h)
 ρ : Ortalama hava yoğunluğu (kg/m³)
 h_{dış} : Dış havanın entalpisi (kJ/ kg)
 h_{oda} : Oda havasının entalpisi (kJ/ kg)

Enerji tasarrufu:

$$Q_4 = q \cdot \rho \cdot \Delta h \cdot (1/3600) \quad (5)$$

- Q₄ : Tasarruf edilen enerji miktarı (kW)
 Δh : Entalpi farkı (kJ/kg)

Entalpi farkı:

$$\Delta h = (h_{dış} - h_s) \cdot \epsilon \quad (6)$$

- h_{dış} : Dış hava entalpisi (kJ/kg)
 h_s : Matris çıkış entalpisi (kJ/kg)
 ε : Döner tip ısı değiştirgeci etkinliği (%)

Enerji geri kazanımlı ısıl kapasite:

$$Q_5 = Q_3 - Q_4 \quad (7)$$

Hesaplamalar için aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

Kabuller:

- Oda sıcaklığı : 22°C
 Oda bağıl nemi : %50
 Döner tip ısı değiştirgeci etkinliği : %76
 Havanın özgül ısı (c_p) : 1,00 kJ/kg°C
 Ortalama hava yoğunluğu (ρ) : 1,2 kg/m³
 Sistemin COP değeri : 2,8
 Elektrik birim fiyatı (EBF) : 0,220 YTL/kWh
 (Ağustos 2008)

3.3 Toplam Enerji Tasarrufu

Kış ve yaz sezonlarında toplam 175.599 YTL tasarruf edilmiştir.

Tablo 3. Soğutma sezonu için yapılan hesaplama sonuçları

	Sembol	Birim	Soğutma Sezonu				Toplam
			Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	
Oda sıcaklığı (Kuru Termometre)	KT _{oda}	(°C)	22	22	22	22	
Oda sıcaklığı (Yaş Termometre)	YT _{oda}	(°C)	15,42	15,42	15,42	15,42	
Oda bağıl nemi	φ _{oda}	(%)	50	50	50	50	
Oda havası entalpisi	h _{oda}	kJ/kg	43,055	43,055	43,055	43,055	
Dış hava sıcaklığı (Kuru Termometre)	KT _{dış}	(°C)	26	29	29	26	
Dış hava sıcaklığı (Yaş Termometre)	YT _{dış}	(°C)	21,87	24,59	24,59	22,6	
Dış hava bağıl nemi	φ _{dış}	(%)	70	70	70	75	
Dış hava entalpisi	h _{dış}	kJ/kg	63,93	74,498	74,498	66,696	
Matris çıkış sic. KT _s =KT _{dış} - (KT _{dış} - KT _{oda}).ε	KT _s	(°C)	22,96	23,68	23,68	22,96	
Matris çıkış sic. YT _s =YT _{dış} - (YT _{dış} - YT _{oda}).ε	YT _s	(°C)	16,97	17,62	17,62	17,14	
Matris çıkış havası entalpisi	h _s	kJ/kg	47,58	49,557	49,557	48,098	
Entalpi farkı Δh=(h _{dış} - h _s) . ε	Δh	kJ/kg	12,42	18,96	18,96	14,13	
Enerji geri kazanımsız ısıl güç Q ₃ = q . ρ . (h _{dış} - h _{oda}) . (1/3600)	Q ₃	kW	330,11	497,32	497,32	373,92	1698,68
Enerji tasarrufu Q ₄ = q . ρ . Δh. (1/3600)	Q ₄	kW	196,49	299,81	299,81	223,56	1019,67
Enerji geri kazanımlı soğutucu batarya gücü Q ₅ = Q ₃ - Q ₄	Q ₅	kW	133,62	197,52	197,52	150,36	679,01
Elektrik tasarrufu ET = Q ₄ . t / COP	ET	kWh/AY	50.526	79.663	79.663	57.487	267.339
Parasal tasarruf PT = ET . EBF	PT	YTL	11.116	17.526	17.526	12.647	58.815

3.4. Ekonomik Analiz

İlk yatırım giderlerinde döner tip ısıtıcı ile bir miktar artış olmuştur. Ama kazan, chiller, batarya, nemlendirici ve ekipmanlarının kapasitelerindeki azalma nedeniyle yatırım masrafı da azalmıştır. İşletme giderlerinde elde edilen tasarruflarla, gelen ek basınç kaybı ile konulması zorunlu büyük fanın maliyeti ve yeni sistemin bakım giderleri de hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 4’de sunulmuştur.

3.5 Geri ödeme zamanı

Sistemin kendisini geri ödeme süresi için (8) no’lu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$T_g = \frac{\ln\left(\frac{G_i}{G_i - G_y \cdot f}\right)}{\ln(1 + f)} \quad (8)$$

T_g : Geri ödeme zamanı

G_i : Toplam yıllık işletme giderleri

G_y : Toplam ilk yatırım giderleri

F : Yıllık faiz

Yıllık faiz %16,75 olarak alınmıştır.

$$T_g = \frac{\ln\left(\frac{167849}{167489 - 15300 \cdot 0,1675}\right)}{\ln(1 + 0,1675)} = 0,099 \text{ yıl}$$

$$T_g \approx 2 \text{ ay}$$

4. Sonuç

Döner tip ısı değiştiriciler yüksek etkinlik değeri, az bakım gerektirmeleri, masraflarının azlığı ve kendini amorti etme sürelerinin kısıllığı ile birçok Avrupa ülkesinde tercih edilen ve sıkça kullanılan ısı değiştiricidir. Bütün bu avantajlarına rağmen ülkemizde kullanımı yaygın olmayıp, kullanıldığı yerler sınırlıdır. Enerjinin giderek değerlendirildiği şu günlerde bu tür tasarruf sağlayan ısı değiştiriciler büyük önem arz etmektedir. Yapılan hesaplamalarda mevcut yapılacak bir hastane binasında bu sistemin yerleştirilmesi ilk etapta biraz pahalı bile gelse görülmüştür ki 2 ay gibi kısa sürede kendisini amorti edebilmektedir. Bu günümüz şartlarında yatırım yapılması için son derece makul, hatta çok kısa sayılabilecek bir geri ödeme süresidir. Sonuç olarak döner tip ısı değiştiricileri artan enerji ihtiyacının ve maliyetlerinin artık zorunlu kıldığı tasarruf konusunda kullanılacak en uygun sistemlerden birisidir.

Kaynaklar

- [1] Ahmet, S. S., “An Analytical Modelling and Numerical Smulation of a Rotary Type Regenerative Heat and Humidity Exchanger”, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, 1992.
- [2] Applied Thermal Engineering, “Heat Recovery System and CHP”, 1998, vol 18.
- [3] ASHRAE Handbook Equipment Volume, Air to Air Energy Rcovery Equipment, 1988, Chapter 35.
- [4] Erdal, O., Termodinamik-Temmuz, “Klima Santrallerinde Enerji Tasarrufu”, 1998, 46.
- [5] Güngör, A., Tesisat Mühendisliği-Aralık, “Enerji Geri Kazanım Sistemleri”, 1993, 7.
- [6] Klingenburg, Döner Tip Isı Değiştiriciler El Kitabı, 1998.
- [7] Oğulata, R. T. ve Küçük, A., Mühendis ve Makina “Levhalı ve Döner Tip Isı Değiştiricilerin Karşılaştırılması, 1997, 450-47.

Tablo 4. İlk yatırım ve yıllık işletim giderleri			
A	İlk Yatırım Giderleri (G_y)		Miktar (YTL)
	a) Döner tip ısı değiştirici cihaz fiyatı	+	40.000
	b) Isıtıcı batarya tasarrufu	-	1.200
	c) Soğutucu batarya tasarrufu	-	2.500
	d) Kazan tasarrufu	-	5.500
	e) Kazan ekipmanları tasarrufu	-	2.500
	f) Chiller grubu tasarrufu	-	9.000
	g) Chiller grubu ekipmanları tasarrufu	-	2.500
	h) Nemlendirici tasarrufu	-	1.500
	Toplam İlk Yatırım Giderleri (G_y)	+	15.300
B	Yıllık İşletme Giderleri (G_i)		
	Isıtmadaki enerjisi tasarrufu	+	116.784
	Soğutmadaki enerjisi tasarrufu	+	58.815
	Hava tarafı ek basınç kaybı gideri	-	2.750
	Bakım ve kullanım gideri	-	5.000
	Toplam Yıllık İşletme Giderleri (G_i)	+	167.849

- [8] Reay, A., Heat Recovery Systems.
- [9] Rototherm, Heat Recovery Equipment, Engineering Features.
- [10] Tarakçı, M., Design, Construction and Performance Analysis of a Rotary Type Regenerative Heat Exchanger, Yüksek Lisans Tezi, OTDÜ, 1991.
- [11] Wolf Klimatechnik Booklet, "Heat Recovery Systems" 1997.
- [12] Yılmaz, T. ve Cihan, E., Tesisat Mühendisliği, "Döner Tip Rejeneratörler", 1993.
- [13] Yılmaz,T., Teskon 97, "Isı Geri Kazanım Sistemleri", 1997, 109.
- [14] Kürekci, N.A., "Döner Tip Isı Değiştiricilerin Ekonomikliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, 1999.