

# Soğuk İklim Isı Pompası ve Erzurum

Mehmet YILMAZ\*

## Özet

Soğuk iklimlerde kullanım için Soğuk İklim Isı Pompası (Cold Climate Heat Pump) veya Düşük Sıcaklık Isı Pompası (Low Temperature Heat Pump) ismiyle yüksek verimini  $-18^{\circ}\text{C}$  ve altındaki sıcaklıklarda da sürdüren hava kaynaklı ısı pompaları geliştirilmiştir. Bu makalenin amacı soğuk iklim bölgelerinde kullanılmak için optimize edilen soğuk iklim ısı pompasının Erzurum ilinde kullanılabilirliğini tekno-ekonomik açıdan analiz etmektir. Soğuk iklim ısı pompasının klasik hava kaynaklı ısı pompasına göre daha düşük bir denge sıcaklığı oluşturduğu, daha yüksek ısıtma kapasitesi ve COP sağladığı, işletme maliyetinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Erzurum, hava kaynaklı ısı pompası, soğuk iklim ısı pompası, düşük sıcaklık ısı pompası, sıfır derece ısı pompası

## 1. GİRİŞ

Hava kaynaklı ısı pompaları (HKIP) göreceli olarak düşük donanım maliyetleri nedeniyle ısıtma için yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan ısıtmanın en fazla ihtiyaç olduğu kış mevsimlerinde düşük dış ortam sıcaklığı nedeniyle elde edilen ısının ve COP'un düşük olması, hava kaynaklı ısı pompalarının soğuk iklim bölgelerinde kullanımını sınırlamaktadır. Düşük dış ortam sıcaklıklarında çalışan HKIP sistemleriyle ilgili araştırmalar, yeni tip ısı pompası sistemleri ve daha iyi ısıtma kapasitesine sahip sistemlerin gelişmesiyle sonuçlanmıştır [1-15]. Soğuk iklim ısı pompaları klasik HKIP'nin dezavantajlarını

giderme ve elektrik/doğal gaz ısıtma teknolojileriyle doğrudan rekabet etme potansiyeline sahiptirler.

Amerika Maine'de ve bazı Asya ülkelerinde çeşitli ısı pompası imalatçıları  $-18^{\circ}\text{C}$ 'den düşük sıcaklıklarda COP'u 2'den daha yüksek olan ve yeterli kapasiteye sahip ısı pompaları imal etmektedirler [7]. Bu sıcaklıklarda klasik HKIP çok düşük verimle çalışmakta, kapasitesi yarıdan daha aşağıya düşmekte ve konfor ortamını sağlamak için genellikle ilave elektrik ısıtıcılar kullanmak gerekmektedir. Soğuk iklimlerde kullanım için geliştirilen ısı pompalarından birisi de Amerika'da Nyle Special Products tarafından üretilen ve

\*\* Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü - ERZURUM.

CCHP) olarak isimlendirilen bir hava kaynaklı ısı pompasıdır. Bu ısı pompası ayrıca Düşük Sıcaklık Isı Pompası (Low Temperature Heat Pump) olarak da adlandırılmaktadır. Soğuk iklim bölgelerinde kullanılmak için optimize edilen bu ısı pompası ilk olarak 1988 yılında üretilmiş ve o tarihten bu yana sınırlı sayıda da olsa Amerika'nın soğuk iklime sahip çeşitli bölgelerinde özellikle Kuzeybatı bölgelerinde kullanılmaktadır. Bu ısı pompasının yüksek verimini -18°C ve aşağısındaki sıcaklıklarda da sürdürdüğü ve çoğu dış ortam sıcaklıklarında klasik HKIP'ndan daha iyi performans sağladığı iddia edilmektedir [3-7].

Bu makalenin amacı soğuk iklim ısı pompasının Erzurum ilinde kullanılabilirliğini tekno-ekonomik açıdan analiz etmektir. Soğuk iklim ısı pompasının konstrüksiyon ve performans karakteristiklerine ilişkin bilgi verilmiş ve Erzurum ili iklimsel verileri kullanılarak bu ısı pompasının Erzurum ilinde kullanılabilirliği tekno-ekonomik açıdan incelenmiştir.

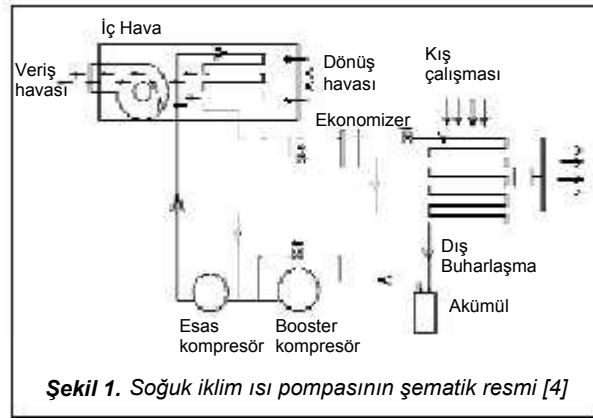
## 2. SOĞUK İKLİM ISI POMPASI

CCHP Amerika'da geliştirilmiş ve soğuk iklim bölgelerinde kullanılmak için optimize edilmiş bir hava kaynaklı ısı pompasıdır. Soğuk iklim ısı pompasının şematik resmi Şekil 1'de gösterilmiş, elemanları ve bunların fonksiyonları ise Çizelge 1'de verilmiştir. Benzer hava kaynaklı ısı pompalarından farklı olarak ısıtma amaçlı dizayn edilen CCHP ısı pompası, iki-hızlı/iki silindri bir kompresör, bir geri-besleme booster kompresörü ve bir ekonomizer içermektedir. Bu dizayn ısı pompası sisteminin şartlara göre optimum performans oluşturacak şekilde değişik koşullar altında çalışmasını sağlamaktadır. Dış ortam sıcaklığı +2°C ile -10°C arasında olduğu zaman geri besleme-booster kompresörü, sıcaklık -10°C'nin altına düştüğünde ise ekonomizer devreye girmekte ve ısı pompasının performansını artırmaktadır. Bağlı olarak kompakt ve bir evaporatif soğutucudan birazcık daha büyük olan CCHP'nin şu özelliklere sahip olduğu ifade edilmektedir [3-7]:

- (a) Düşük dış ortam sıcaklıklarında verimleri standart ısı pompalarından daha yüksektir ve 16 değerine eşit olan mevsimsel enerji verimlilik oranı

ısı seçenekleri kadar verimlidir.

- (b) CCHP işletme masraflarını geleneksel elektrikli ısıtma sistemlerine göre %30-40 azaltmaktadır.  
(c) CCHP -30 °C'nin altındaki sıcaklıklara kadar çalışabilmektedir.  
(d) CCHP yüksek verimini -18 °C ve altındaki sıcaklıklarda da sürdürmektedir.  
(e) -9°C kadar düşük sıcaklıklarda elektrik ısıtıcı gereksinimi olmaksızın iç mekânlarda konfor sıcaklıkları elde edilebilmektedir.  
(f) CCHP'nin maliyeti toprak kaynaklı sistemlerle karşılaştırılabilir büyüklüktedir, bunun yanında kuyu kazmaya ihtiyaç olmaması nedeniyle ilk yatırım maliyeti çok daha azdır.



Şekil 1. Soğuk iklim ısı pompasının şematik resmi [4]

CCHP'nin veriminin geleneksel ısıtma sistemleriyle karşılaştırması Çizelge 2'de, aynı kapasitedeki yüksek verimli bir ısı pompasıyla karşılaştırması ise Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 2'deki karşılaştırma -8.33°C (17°F) sıcaklık baz alınarak yapılmıştır. Görüldüğü gibi CCHP'nin verimi yüksek verimli geleneksel ısıtma sistemlerinden çok daha yüksektir. Oldukça geniş dış sıcaklık aralıklarında klasik ısı pompalarından daha verimlidir ve daha yüksek kapasite sağlarlar. Örneğin -18°C dış sıcaklıkta CCHP yaklaşık 1/3 oranında daha verimlidir ve benzer büyüklükteki klasik ünitelerin hemen hemen 3 katı kadar ısı sağlar (Çizelge 3). Böylece CCHP'nin çok düşük sıcaklıklarda bile ilave ısıtıcı olmaksızın ısı sağlayabildiği görülmektedir.

- Çizelge 4 CCHP'nin Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kullanım potansiyelini özetlemektedir. ABD ısıtma derece-gün sayılarına göre 3 bölgeye ayrılmış, 1. ve 2.

iklim bölgelerinde CCHP'nin klasik ısı pompalarıyla rekabet edebileceği ifade edilmiştir [5]. CCHP'nin üretiminin yapıldığı Bangor, Maine (Amerika) bölgesinde yıllık ortalama sıcaklık 7°C, yıllık ortalama minimum günlük sıcaklık +2°C. ısıtma derece-gün sayısı

## Çizelge 2. CCHP ve ısıtma sistemi verimleri [4]

Isıtma Sistemi	Verim
Fuel-oil	% 80
Propan	% 80
...	...

4264, soğutma derece-gün sayısı 7 değerindedir. Erzurum ise yıllık ortalama sıcaklığı 5.9°C, yıllık ortalama minimum günlük sıcaklığı -2.8°C, ısıtma derece-gün sayısı 4912, soğutma derece-gün sayısı 10 olan bir ilimizdir [16]. Amerika'da 1. iklim bölgesi için CCHP kullanımı önerildiğine göre klasik HKIP kullanımının verimli olmadığı Erzurum bölgesinde CCHP veya benzeri karakteristiklere sahip soğuk iklim ısı pompalarının kullanımının tekno-ekonomik açıdan analiz edilmesi gerekir.

Çizelge 1. CCHP elemanları ve elemanların fonksiyonları [3, 4]

Sıra Eleman	Fonksiyonu
1 Esas kompresör	İki hızlı çalışmaya olanak veren bir kompresördür. Isıtma ve soğutma modlarında optimum ısı pompası performansı elde edilmektedir.
2 Booster kompresör	Booster kompresör +2°C ile -10°C sıcaklıkları arasında yüksek verim ve konfor sağlamaktır.
3 Ekonomizer	Plakalı bir ısı değiştirici olan ekonomizer -10°C ile -18 °C'dan çok daha düşük sıcaklıklar arasında CCHP'nin maksimum verim ve konfor sağlama-sına olanak tanımaktadır.
4 Yüksek ve Düşük Basınç Devre Kesicileri	Zararlı bir durum saptandığında sistem hasar görmesini önlemektedir.
5 Emme Hattı Akümülatörü	Sistemin uzun ömürlü olmasını sağlamak için monte edilmiş olan bir emniyet elemanıdır.
6 Lojik Kontrol	CCHP, konfor ve enerji verimini temin etmek için dış sıcaklığı evdeki talep ile karşılaştırmak amacıyla Johnson Controls Metasys kontrol sistemini kullanmaktadır.
7 Bakır Boru/ Alüminyum Kanatlı Isı Değiştiricisi	Bakır boru/alüminyum kanat ısı de-ğiştiricisi, ekonomik tasarruf sağlayarak ve korozyon etkilerini en aza indirerek gerekli ısı transfer miktarını maksimum yapmaktadır.
8 Yüksek Verimli Fan ve Karter	Yüksek verimli fan ve karter dış ha-vayı klasik ısı pompalarından daha ve-rimli olarak sessiz bir şekilde hareket ettirecek şekilde tasarlanmıştır.

Doğalgaz	% 80
Standart veya yüksek verimli ısı pompası	% 120
CCHP	% 270

Çizelge 3. 3.5 ton CCHP ile aynı kapasitedeki yüksek verimli bir ısı pompasının karşılaştırılması [4]

Dış Hava Sıcaklığı	COP		Kapasite	
	Tipik Yüksek Verimli Isı Pompası	CCHP	Tipik Yüksek Verimli Isı Pompası	CCHP
+4.5°C (40°F)	3.2	3.3	9.52 kW (32500 Btu/h)	11.13 kW (38000 Btu/h)
-6.7°C (20°F)	2.4	2.8	7.17 kW (24500 Btu/h)	19.03 kW (65000 Btu/h)
-17.8°C (0°F)	1.7	2.3	4.68 kW (16000 Btu/h)	13.76 kW (47000 Btu/h)

Çizelge 4. Amerika Birleşik Devletleri 'nde CCHP'nin kullanım potansiyeli [5]

Bölge	Isıtma Derece-Gün Sayısı IDG (°F)	Isıtma Derece-Gün Sayısı IDG (°C)	CCHP Kullanımı İçin Öneriler
1. Bölge	> 7000	> 3888	CCHP klasik HKIP ve merkezi havalandırma sistemleriyle rekabet edebilir.
2. Bölge	5000-7000	2777-3888	CCHP klasik HKIP ve merkezi havalandırma sistemleriyle rekabet edebilir.
3. Bölge	4000-5000	2222-2777	CCHP'nin kullanılabilmesi için promosyonlar gerekir.

### 3. SOĞUK İKLİM ISI POMPASININ ERZURUM İLİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ

#### 3.1. YILLIK ENERJİ HESABI

CCHP'nin Erzurum bölgesinde kullanılabilirliğini incelemek amacıyla Erzurum ili Merkez Palandöken ilçesinde hem yaz hem de kış aylarında konut amaçlı kullanılmakta olan 2 katlı bir villa örnek olarak seçilmiştir. Isı pompasının performans katsayısı dış sıcaklık ile önemli miktarda değiştiğinden yıllık enerji tüketimini belirlemek için sıcaklık ve zaman aralıkları ayrı ayrı değerlendiren bin yöntemi kullanılmıştır. Bin yönteminde enerji tüketimi, çeşitli dış sıcaklık T<sub>o</sub>

değerine göre dış hava sıcaklığı T<sub>o</sub>'ın merkezinde olduğu her sıcaklık aralığı (bin) için geçen zaman süresi N<sub>bin</sub> değerinin, bu sıcaklık değerine göre hesaplanan enerji miktarı ile çarpılmasıyla bulunur [17]:

$$Q_{bin} = N_{bin} \frac{K_{top}}{h_h} (T_{den} - T_o)^+ \quad (1)$$

Üst indis artı işareti ile parantez içindeki sıcaklık far-

lam ısı yükü 191501 kWh, yıllık toplam elektrik sarfıyatı 76340 kWh olarak bulunmuştur. Bin saatleri göz önüne alındığında yıllık toplam 7408 saat ısıtma ihtiyacından sadece 193 saat ek ısıtma gerekirken diğer 7215 saat ısı pompası ısıtma ihtiyacını karşıladığından ek ısıtma gerekmediği görülmektedir (Çizelge 5).

#### 3.2. KLASİK HKIP VE GELENEKSEL ISITMA SİSTEMLERİYLE KARSILASTIRMA

kının sadece pozitif değerlerinin hesaba katılması gerektiği ifade edilmektedir.  $T_o$  sıcaklığının  $T_{sıcak}$ lığından büyük olduğu durumlarda ısıtma gerekli değildir. Her sıcaklık aralığı (bin) için bu bağıntı kullanılarak  $Q_{bin}$  değerleri hesap edilir. Bulunan  $Q_{bin}$  değerleri bütün sıcaklık aralıkları için toplanarak toplam enerji tüketimi bulunur. Bin yöntemi ile soğuk iklim ısı pompasının enerji hesabı yapılmış ve Çizelge 5'de gösterilmiştir. Örnek binanın toplam ısı transfer katsayısı  $UA=1617.52 \text{ W/}^\circ\text{C}$  olarak alınmıştır [16]. Bin yöntemi kullanılırken denge sıcaklığı olarak  $18^\circ\text{C}$  alınmış, Erzurum için  $N_{bin}$  değerleri ise Kaynak [18]'den temin edilmiştir. Isı pompası ısıtma kapasitesi değerleri için CCHP kataloglarından elde edilen değerler kullanılmıştır (Çizelge 6). Çizelge 6'da verilen performans değerleri ARI standartlarına göre belirlenmiş olan değerlerdir ve ilave ısıtıcısız durumu karakterize etmektedir.

Isıtma yükü ile ısı pompasının rejim halindeki kapasitesinin kesiştiği nokta denge noktası sıcaklığı olarak adlandırılır. Denge noktası sıcaklığının yaklaşık  $-20^\circ\text{C}$ 'de olduğu görülmektedir. Denge noktasından düşük sıcaklıklarda ısı pompasının ısıtma kapasitesi ısıtma yükünden daha azdır. Bu sıcaklıklarda ilave enerji gereklidir ve sistem açma/kapama çevrimsel kayıpları göstermez. İlave ısı gereksinimi genellikle ilave bir ısı kaynağı (elektrik ısıtıcı, sıvı/doğal gaz kazan) ile sağlanır. Denge noktasının üstündeki sıcaklıklarda ısı pompasının kapasitesi ısı ihtiyacını geçer, ilave enerji gerekli değildir ve ünite yükü karşılamak için açma/kapama işlemlerine gereksinim duyar. Bu durum, çalışılan sıcaklıktaki kısmi yük faktörüne bağlı olarak ısı pompasının COP'unu azaltır. Açma/kapama sıklığı ve buna bağlı verim kayıpları ısı pompasının sürekli kapasitesi ve bina ısıtma yükünün fonksiyonudur. Bin yöntemine göre binanın yıllık top

Şekil 2'de soğuk iklim ısı pompasının klasik HKIP ile karşılaştırması gösterilmiştir. CCHP'nin tam kapasite ile çalışması durumunda (esas kompresör + booster kompresör + ekonomizer) denge sıcaklığının  $-18^\circ\text{C}$  ( $0^\circ\text{F}$ ) olduğu, klasik HKIP için denge sıcaklığının  $-4^\circ\text{C}$  ( $25^\circ\text{F}$ ) olduğu görülmektedir. Şekil 3' ten  $-2^\circ\text{C}$  ( $30^\circ\text{F}$ ) nin aşağısında elektrik ısıtıcılı ısı pompasının COP'unun çok hızlı bir şekilde düştüğü görülmektedir.  $-18^\circ\text{C}$  sıcaklıkta klasik HKIP ısı üretmeyi durdurmakta ve sadece elektrikli ısıtıcının ısını kullanmaktadır. Bu durumda COP 1 değerine eşit olmaktadır. Oysaki bu sıcaklıkta CCHP için COP 2.23 değerindedir [5].

Örnek binada klasik HKIP kullanıldığında elde edilen performans değerlerinin CCHP'nin performans değerleri ile karşılaştırması Çizelge 7'de gösterilmiştir. Karşılaştırma için  $16^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 74 kW kapasiteye sahip ısı pompası seçilmiştir. Bu ısı pompasının performans datası Isıtma Soğutma Klima İmalatçıları Derneği'nin katkılarıyla hazırlanan tablodan alınmıştır [19]. Çizelge 7'den görüldüğü gibi CCHP denge sıcaklığını, ilave enerji gereken süreyi, gerekli ilave enerji miktarını ve toplam elektrik sarfiyatını azaltmaktadır. Çizelge 8 binanın mahal ısıtması için yıllık 191500 kWh enerji sağlayacak farklı ısıtma sistemlerinin işletme maliyetlerinin karşılaştırmasını göstermektedir. CCHP'nin işletme maliyeti Çizelge 5' te bulunan yıllık toplam elektrik sarfiyatının birim elektrik fiyatıyla çarpılması sonucu 12210 YTL olarak bulunmuştur. CCHP'nin işletme maliyeti klasik HKIP'nin işletme maliyetinden yaklaşık % 14 daha azdır. İşletme maliyeti açısından en yüksek maliyete sahip olanın elektrikli ısıtma ve fuel-oil, en düşük maliyete sahip olanın ise doğal gaz ve CCHP olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Bin yöntemi ile soğuk iklim ısı pompasını yıllık enerji hesabı

İklim		Bina		Isı Pompası								Enerji	İlave
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sıc. Bin (°C)	Sıc. Farkı, $T_{den}-T_o$	Bin h	Isı Kaybı kW	IP Isıtma Kapasitesi kW	ÇKAF <sup>(a)</sup>	Ayarlan. IP Kap. <sup>(b)</sup> kW	Elekt. Girdisi <sup>(c)</sup> kW	Çalış. Zamanı Oranı <sup>(d)</sup>	IP Sezon Isıtma <sup>(e)</sup> kWh	Toplam IP Elk. Sarf. <sup>(f)</sup> kWh	Ortam Isılave Yükü <sup>(g)</sup> kWh	Gerekli Enerji <sup>(h)</sup> kWh	Toplam Elk. Sarf. <sup>(i)</sup> kWh
-36/-33	52.5	3	84,92	38,18	1,0038	18	23,86	1,00	114,5	71,6	254,8	140,2	211,8
-33/-30	49.5	13	80,07	41,331	0,04133		24,171	0,00	537,3	314,2	1040,9	503,6	817,8
-30/-27	46.5	26	75,21	46,321	0,04632		24,131	0,00	1204,3	627,3	1955,6	751,3	1378,5
-27/-24	43.5	53	70,36	50,781	0,05078		25,391	0,00	2691,3	1345,7	3729,2	1037,9	2383,5
-24/-21	40.5	98	65,51	56,971	0,05697		28,061	0,00	5583,1	2750,3	6419,9	836,9	3587,2

-21/-18	37.5	124	60,66	62,470,9	962,02	28,980,98	7521,5	3514,7	7521,5	0,0	3514,7	
-18/-15	34.5	176	55,80	67,610,9	664,66	29,390,86	9821,6	4464,4	9821,6	0,0	4464,4	
-15/-12	31.5	246	50,95	70,060,9	365,28	29,010,78	12534,2	5570,7	12534,2	0,0	5570,7	
-12/-9	28.5	332	46,10	73,190,9	166,42	28,140,69	15305,0	6485,2	15305,0	0,0	6485,2	
-9/-6	25.5	461	41,25	57,340,9	353,32	22,500,77	19014,8	8023,1	19014,8	0,0	8023,1	
-6/-3	22.5	601	36,39	61,280,9	055,06	22,200,66	21872,9	8819,7	21872,9	0,0	8819,7	
-3/0	19.5	712	31,54	67,240,8	758,32	22,600,54	22457,6	8704,5	22457,6	0,0	8704,5	
0/3	16.5	849	26,69	75,640,8	463,40	21,940,42	22659,0	7840,5	22659,0	0,0	7840,5	
3/6	13.5	772	21,84	55,500,8	547,08	15,190,46	16857,8	5438,0	16857,8	0,0	5438,0	
6/9	10.5	811	16,98	60,770,8	249,82	15,520,84	13774,0	4291,0	13774,0	0,0	4291,0	
9/12	7.5	789	12,13	66,510,8	052,92	15,940,23	9571,7	2883,0	9571,7	0,0	2883,0	
12/15	4.5	712	7,28	70,450,7	854,66	15,840,13	5182,5	1502,2	5182,5	0,0	1502,2	
15/18	1.5	630	2,43	72,730,7	655,15	15,320,04	1528,6	424,6	1528,6	0,0	424,6	
Toplam	-	7408	-	-	-	-	-	-	73070,6	191501,4	3269,8	76340,4

(a) Çevrim Kapasitesi Ayar Faktörü  $\text{ÇKAF} = 1 - C_d(1 - x)$

x: Bina'nın ısı kaybının göz önüne alınan sıcaklık aralığındaki (bin) birim cihaz kapasitesine bölümü

$C_d$ : Azaltma faktörü (0.25 olarak alınmıştır)

(b) Ayarlanmış Isı Pompası Kapasitesi = IP Isıtma Kapasitesi \* ÇKAF

(c) Elektrik Girdisi = Ayarlanmış Isı Pompası Kapasitesi/COP

(d) Çalışma Zamanı Oranı = Isı Kaybı/Ayarlanmış IP Kapasitesi veya 1 değerlerinden en küçüğü.

(e) Isı Pompası Isıtma = Çalışma Zamanı Oranı \* Ayarlanmış Isı Pompası Kapasitesi \*  $N_{bin}$

(f) Sezon Isı Pompası Elektrik Tüketimi = Çalışma Zamanı Oranı \* Isı Pompası Elektrik Girdisi \*  $N_{bin}$

(g) Ortam ısı yükü =  $N_{bin}$  \* Isı Kaybı

(h) Gerekli İlave Enerji = Ortam Isı Yükü - Isı Pompası Isıtma

(i) Toplam Elektrik Tüketimi = Sezon Isı Pompası Elektrik Tüketimi + Gerekli İlave Enerji

**Çizelge 6. CCHP'nin performans parametreleri (kapasite: 4 ton) [4]**

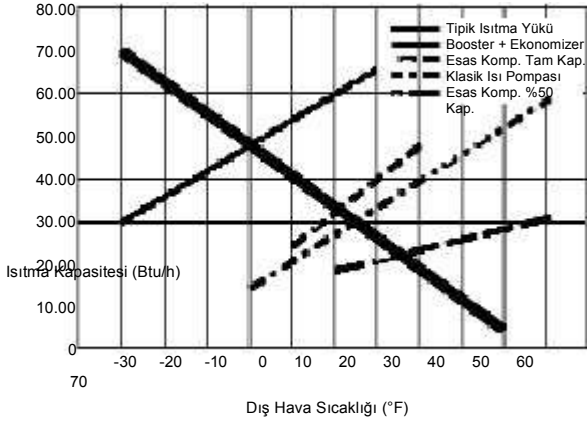
Dış Sıcaklık		P			P & B			P & B & E		
°F	°C	Btu/h	kW	COP	Btu/h	kW	COP	Btu/h	kW	COP
60	15.6	62100	18.18	3.6						
55	12.8	59500	17.42	3.4						
50	10.0	56200	16.46	3.3						
45	7.22	51400	15.05	3.2						
40	4.44	47300	13.85	3.1						
35	1.67	43700	12.80	2.9	65000	19.03	2.7			
30	-1.114	4200	12.06	2.8	58100	17.01	2.6			
25	-3.893	6400	10.66	2.6	53200	15.58	2.5			
20	-6.673	1400	9.19	2.5	49200	14.41	2.4	68100	19.94	2.6
15	-9.44				48400	14.17	2.3	63600	18.62	2.4
10	-12.2				43100	12.62	2.2	60700	17.77	2.3
05	-15.0				38200	11.19	2.1	58800	17.22	2.2

00	-17.8	34500	10.10	2.0	56800	16.63	2.2
-05	-20.6				51100	14.96	2.1
-10	-23.3				47600	13.94	2.0
-15	-26.1				42200	12.36	2.0
-20	-28.9				39000	11.42	1.9
-25	-31.7				35000	10.25	1.7
-30	-34.4				32600	9.55	1.6

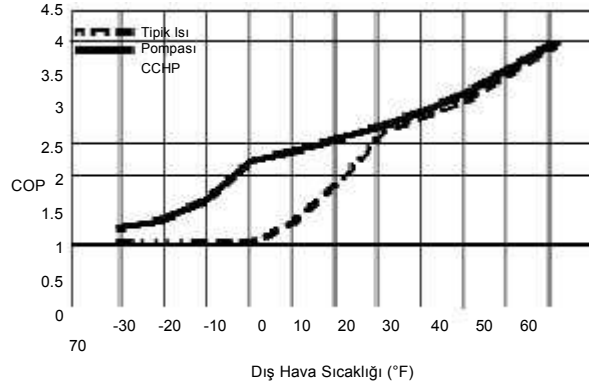
**P:** Esas kompresör (tam kapasite)

**P & B:** Esas kompresör (tam kapasite) + booster kompresör

**P & B & E:** Esas kompresör (tam kapasite) + booster kompresör + ekonomizer



**Şekil 2.** Soğuk iklim ısı pompası ile klasik HKIP'nin karşılaştırılması [5]



**Şekil 3.** Soğuk iklim ısı pompası ile ilave elektrik ısıtıcılı klasik HKIP'nin COP'unun karşılaştırılması [5]

51  
2007

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 9 7,

#### Çizelge 7. CCHP ile klasik HKIP'nin karşılaştırması

Isı Pompası	Klasik HKIP	CCHP
Kapasite (+16°C)	74 kW	73 kW
Denge noktası (°C)	-12	-20
Yıllık ısıtma ihtiyacı (saat/yıl)	7408	7408
İlave enerji gereken süre (saat/yıl)	739	193
Gerekli ilave enerji (kWh/yıl)	13091	3270
Toplam elektrik sarfiyatı (kWh/yıl)	88293	76340

#### Çizelge 8. CCHP, klasik HKIP ve geleneksel ısıtma sistemlerinin işletme maliyeti [19-20]

Isıtma Sistemi	Mevsimsel Performans Faktörü	Yakıt Fiyatı (YTL/1000 kcal)	İşletme Maliyeti (YTL/Yıl)
CCHP	Değişken	-	-
12210			
Klasik HKIP	Değişken	-	-
14122			
Elektrikli Isıtma% 99		0 1860	30627

ma sistemleri ile karşılaştırılmıştır. Bulunan sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- CCHP, klasik HKIP'ye göre daha düşük bir denge sıcaklığı oluşturmaktadır.
- CCHP, klasik HKIP'ye göre daha yüksek ısıtma kapasitesi ve COP sağlamaktadır.
- CCHP'nin işletme maliyeti klasik HKIP'nin işletme maliyetinden yaklaşık % 14 daha düşüktür.
- İşletme maliyetleri açısından doğal gazdan sonra en düşük işletme maliyetine sahip olan sistem CCHP'dir.

Doğal gaz fiyatları arttıkça CCHP enerji maliyetleri açısından doğal gazlı sistemlerle daha da rekabet edebilir duruma gelecektir. Bu sonuçlar bölgede CCHP kullanımının önerilmesinin uygun olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte son kararın toplam maliyetler dikkate alınarak verilmesinin ve bu inceleme sonuçlarının deneysel sonuçlarla desteklenmesinin uygun olacağı ifade edilmelidir. Atatürk Üniversite

Isıtma Sistemi	Oran (%)	0.1000	00021
Doğal Gaz	% 93	0.0669	11016
Fuel-Oil	% 80	0.1861	30643
Kömür	% 65	0.0769	12662

Isıtma sistemlerinin maliyeti ilk yatırım, işletme ve bakım maliyeti olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bu nedenle CCHP'nin ekonomikliğini diğer ısıtma sistem alternatifleriyle karşılaştırmak için sadece işletme maliyetleri açısından karşılaştırma yapmak yeterli değildir. Bunun yanında ilk yatırım ve bakım maliyetleri arasında da karşılaştırma yapılmalı ve son karar toplam maliyetler dikkate alınarak verilmelidir. Kaynak [5]'e göre CCHP'nin ilk yatırım maliyeti klasik ısı pompalarından sadece % 20 daha yüksektir. Buna rağmen CCHP'nin Amerika'da halen yaygın olarak kullanılmadığını, üretim yapacak firmaların henüz seri üretime başlamakta olduğunu belirtmekte fayda vardır. Bu bağlamda ilk yatırım maliyetleri ve bakım maliyetleri bazında gerçeğe yakın bir değerlendirme yapmak için gerekli verinin bulunmadığını ifade etmek gerekir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Erzurum bölgesinde CCHP'nin kullanılabilirliği incelenmiş, klasik HKIP ve geleneksel ısıt

ısı BAP projesi kapsamında yapacağımız deneysel çalışmalar bu amaca yönelik olacaktır.

**Teşekkür:** Bu makale 2004/250 nolu "Soğuk İklim Şartlarında Isı Pompalarının Kullanımı" isimli Atatürk Üniversitesi Araştırma Fonu projesi kapsamında hazırlanmıştır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Cane, D., Garnet, J., 2000, "Learning from Experiences with Commercial/Institutional Heat Pump Systems in Cold Climates", CADEET Analyses Series No. 27, CADEET ENERGY Efficiency, ISBN-90-72647-46-7.
- [2] Roth, K. W., Westphalen, D., Dieckmann, J., Hamilton, S.D., Goetzler, W., 2002, "Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC Systems" Volume III: Energy Savings Potential, For Building Technologies Program Project Manager: Dr. James Brodrick (DOE) Contract No.: DE-AC01-96CE23798.
- [3] The Cold Climate Heat Pump, 2006. Nyle Special Products, U.S.A., [www.nyletherm.com](http://www.nyletherm.com).
- [4] Cold Climate Heat pump, 2006. [www.energy-innovation.com](http://www.energy-innovation.com).

- [5] Linn, C., 2006. Can a New Kind of Heat Pump Change the World? Architectural Record, McGraw Hill Construction, [www.archrecord.construction.com](http://www.archrecord.construction.com).
- [6] Stein, J., Jacob, A., Slowe, J., 2005. Can the Low-Temperature Heat Pump Defrost the Status Quo in the Space Heating Sector?. Platts E Source. [www.esource.platts.com](http://www.esource.platts.com).
- [7] Stein, J., Reid, M., Krepchin, I., Santo, Y., 2006. Will the Low-Temperature Heat Pump Flatten Peak Heating Loads? An E SOURCE Multi-Client Study. E SOURCE Business Development Team Platts. [www.esource.platts.com](http://www.esource.platts.com).
- [8] Heat Pump System for Air Conditioning Adaptable to Cold Regions, United States Patent 6481234, Issued on November 19, 2002.
- [9] Guoyuan, M., Qinhu, C., Yi, J., 2003 Experimental investigation of air-source heat pump for cold regions, International Journal of Refrigeration. 26, 12-18.
- [10] Minagawa, T. and Yamaguchi, Z., 1987. Operating Experience with Heat-Pump-Type Room Air Conditioners for Cold Districts, Proceedings of the 1987 IEA Heat Pump Conference, Ed. By. ...
- [11] ...
- [12] ...
- [13] Erdoğan, S., Yılmaz, M., Çomaklı, Ö., Dursun, B., 2006. Soğuk İklim Bölgelerinde Hava Kaynaklı Isı Pompaları-1. Termodinamik, 162, 86-94.
- [14] Erdoğan, S., Yılmaz, M., Çomaklı, Ö., Dursun, B., 2006. Soğuk İklim Bölgelerinde Hava Kaynaklı Isı Pompaları-2. Termodinamik, 163, 84-94.
- [15] Dursun, B., 2006. Soğuk İklim Koşullarında Isı Pompalarının Kullanımı, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ERZURUM.
- [16] Erdoğan, S., Yılmaz, M., Bakırcı, K., Özyurt, Ö., 2006. Erzurum ilinde konutsal ısıtma/soğutma gereksinimi ve yakıt tüketimi", Tesisat, 129, 84-97.
- [17] ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals), 1998. Bölüm 28 Enerji Yükleri Tahmin Yöntemleri, Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar: 2, İSTANBUL.
- [18] Bulut, H., Büyükalaca, O., Yılmaz, T., 2001. Bin weather data for Turkey. Applied Energy 70, 135-155.

Kay H. Zimmerman, 33-44.

[11] Dieckmann, J., Roth, K., Brodrick, J., 2004. Heat Pumps for Cold Climates, ASHRAE Journal, 46(12), 115-116.

[12] Yılmaz, M, Erdoğan, S., Çomaklı, Ö, Dursun, B., 2006. Hava Kaynaklı Isı Pompalarının Soğuk İk -

[19] Tesisat Pazarlama Dünyası 9/2006, 12 Eylül 2006 - Avrupa Teknik Medya.

[20] Palen Enerji Doğalgaz Dağıtım Endüstri ve Tic A.Ş., Eylül 2006. Erzurum [www.palen.com.tr](http://www.palen.com.tr).