

## BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİNDE R410A VE R32 SOĞUTUCU AKIŞKANLARININ TERMODİNAMİK ANALİZİ

Reşat SELBAŞ, Fatih YILMAZ \*

### Özet

Son yıllarda küresel ısınma ile ilgili endişeler arttıkça; küresel ısınma potansiyeli (GWP) yüksek olan akışkanların kullanım alanları azalmaya başladı. GWP oranı yüksek olan akışkanlar yerine GWP değerleri düşük olan çevre dostu akışkanların kullanılması yaygınlaşmıştır. R410A, GWP değeri 2088 olan ve konut soğutmalarında ve ısı pompası sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir akışkandır(Erkut, 1997). GWP değeri 675 olan R32 soğutucu akışkanın bu akışkana alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada; temel buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminde R410A ve R32 soğutucu akışkanı için aynı şartlar altında termodinamik analizi yapılmıştır. Bunun için Engineering Equation Solver (EES) adlı bilgisayar programı kullanılmıştır. Sistem de her iki akışkan için soğutma performans katsayısının (COP) değişimi ve ekserji verimleri evaporatör ve kondenser sıcaklığına göre incelenmiştir.

**Anahtar kelime:** Soğutma sistemi, soğutucu akışkan, küresel ısınma değeri (GWP)

### THERMODYNAMIC ANALYSIS OF R410A AND R32 REFRIGERANTS IN VAPOR-COMPRESSION REFRIGERATION CYCLE

### Abstract

In recent years as global warming has raised concern; refrigerants with high global warming potentials has decrease used. On the contrary to GWP rate of with high refrigerants, GWP rate low friendly environmental refrigerants commonly used. R410a, which is GWP rate 2088, residential air-conditions and heat pumps system commonly used refrigerants. R32, which is GWP rate 675, alternative can be considered.

In this study; the basic vapor-compression refrigeration cycle R410A and R32 refrigerants for under the same terms perform thermodynamic analysis was performed. For this apply Engineering Equation Solver (EES) is used. For both refrigerants in the system, the cooling performance coefficient (COP) exchange and efficient exergy according to the evaporator and condenser temperatures have been investigated.

**Key word:** Air-condition system, refrigerant, global warming.

### 1. Giriş

Ozon tabakasının delinmesine ve sera etkisine neden olan halokarbon bileşimli soğutucu akışkanlar soğutma sistemlerinde uzun yıllar boyunca kullanılmıştır. Çevreye olan bu zararlı etkilerinden dolayı bazı ulusal ve uluslararası anlaşmalar ile CFC (kloroflorokarbon) ve HCFC (hidrokloroflorokarbon)'ların kullanımına sınırlandırmalar getirilmiştir ve bu

---

\* Aksaray Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O

E-posta: fatiyilmaz7@gmail.com

akışkanların yerine kullanılabilir alternatif akışkanlar için çalışmalar sürdürülmektedir (Didion ve Bivens, 1990).

Montreal protokolü çerçevesinde HCFC grubu soğutucu akışkanların kullanımının belirli oranda azaltılması ve ozon tabakasına zararı olmayan HFC grubu akışkanlara geçilmesine karar verilmiştir. HFC grubu akışkanlar ozon tabakasına zarar vermese de küresel ısınmaya etkisi olan akışkanlardır. R-410A, R407C ve R134A bu gruptaki soğutucu akışkanlara örnek olarak verilebilir. Günümüzde küresel ısınma potansiyeli düşük olan akışkan arayışı devam etmektedir ve bu noktada HFC gurubuna giren akışkanlar öne çıkmaktadır.

Yajima vd. (2000), 16 kW prototip değişken hızlı bir kompresörün performans analizini incelemiş ve test sonuçları R32 akışkanın soğutma performansı R410A'dan daha yüksek olduğunu görmüştür. Taira vd. (2011), soğutma sistem seçiminde R32 akışkanın kullanımının küresel ısınma olayına daha az etki edeceğini ileri sürmüştür. Yine Tuat vd.(2011), 3.2 kW 'lık R32 ve R410A soğutucu akışkan lı ısı pompası sistemini termodinamik analizini incelemiştir. R32 akışkanın veriminin daha iyi olduğunu ileri sürmüştür. Huang vd (2011), ısı değiştiricili ısı pompasını incelemiş ve R32 akışkanın soğutma performans katsayısının R410A akışkanına çok yakın olduğunu ileri sürmüştür.

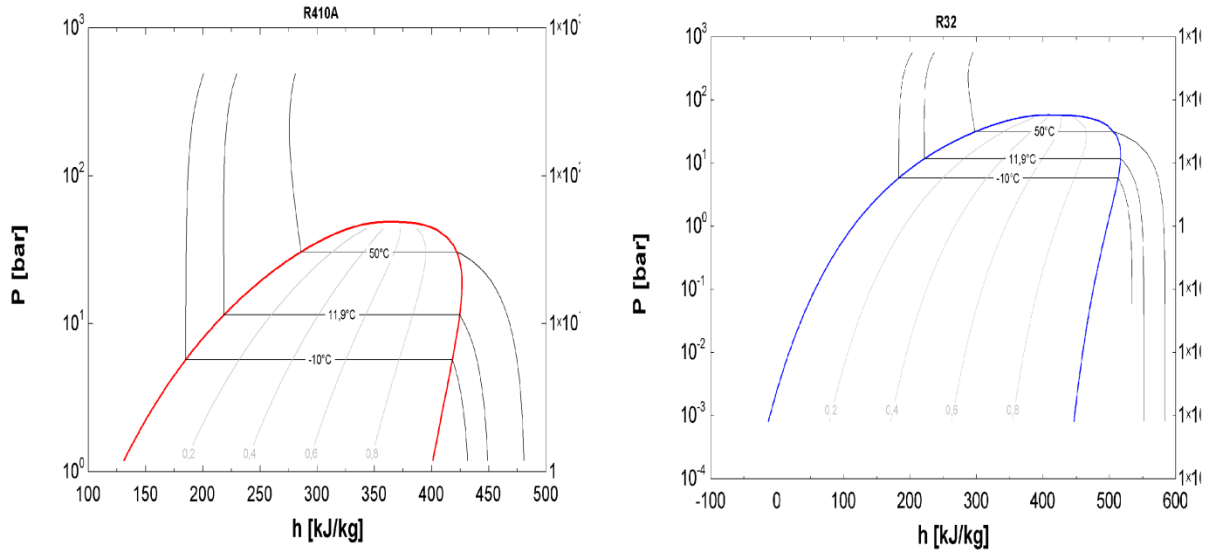
R410A akışkanı, ozon dostu iki HFC türü akışkanın karışımıdır. Bu akışkanlar R32 (% 50) ve R125 (% 50)'tir. Bu nedenle, R410a akışkanının çevreye zararı neredeyse yoktur. R32 akışkanı ise tek bileşeni olan akışkandır.

Literatür çalışmalarından da görüldüğü gibi R410A akışkanı ile R32 akışkanın aynı şartlar altında incelendiğinde sistemin soğutma performans katsayılarının yakın olduğu görülmüştür. Tablo 1' de R410A ve R32 soğutucu akışkanlarının temel özellikleri verilmiştir.

**Tablo 1.** R32 ve R410A gazlarının temel özellikleri

Özellikleri	Birimleri	R32	R410A
<b>Kritik basınç</b>	Bar	57.8	49.3
<b>Kritik sıcaklık</b>	<sup>0</sup> C	78.1	72.1
<b>Kritik yoğunluk</b>	Kg/m <sup>3</sup>	424.1	489
<b>Molekül ağırlığı</b>	g/mol	52	72.6
<b>Kaynama noktası</b>	<sup>0</sup> C	-51.7	-51.5
<b>GWP</b>	-	675	2008
<b>ODP</b>	-	0	0

Tablo 1'de görüldüğü gibi bu iki akışkanın temel özellikleri birbirine çok yakındır. R32, HFC grubundan olmasına rağmen günümüzde sıklıkla kullanılan R410A soğutucu akışkanının sahip olduğu küresel ısınma potansiyelinin (GWP) üçte birine sahiptir. Üstelik R32 tek bileşenli bir soğutucu akışkan olduğundan geri dönüşümü de kolaydır R32 akışkanı hala çok fazla keşfedilen bir akışkan değildir.(Daikin 2012).



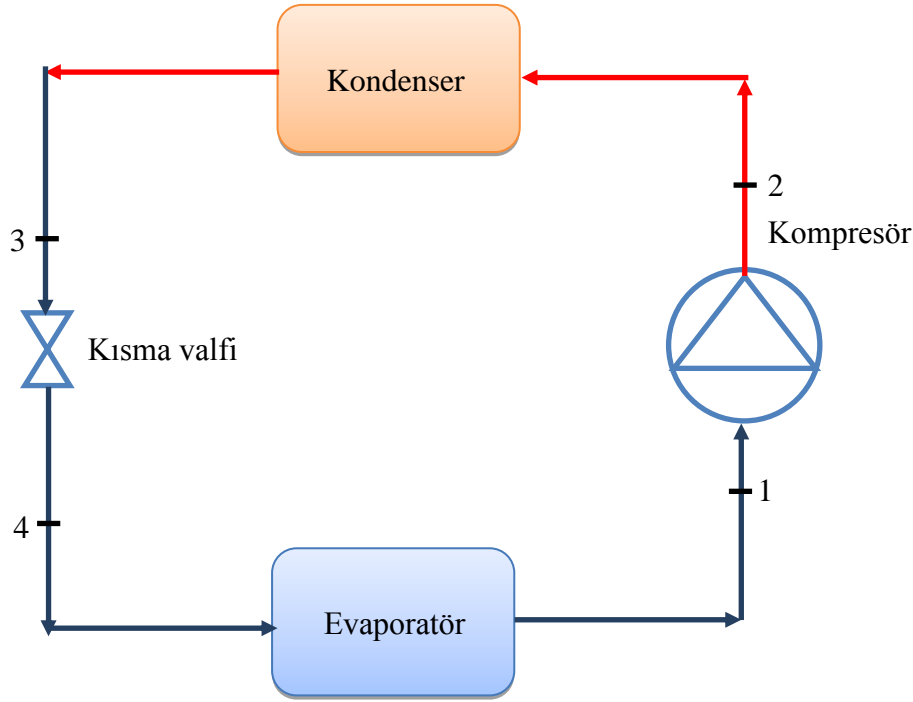
**Şekil 1.** R410a ve R32 akışkanların P-h diyagramı

Bu çalışmada tek kademeli temel soğutma çevriminin her iki akışkana göre çevrimin teorik olarak soğutma performans analizi ve ekserji verimi incelenmiştir. Sistemde evaporatör ve kondenser sıcaklık değişimine göre soğutma performans katsayısı (COP) değişimi ve ekserji verimlerinin nasıl değiştiği incelenmiştir. Her iki sisteminde kompresörlerin izantropik verimleri % 80 olarak kabul edilmiştir. Hesaplarda Engineering Equations Solver (EES ) adlı program kullanılmıştır.

## 2. TEMEL MEKANİK SOĞUTMA ÇEVİRİMİ VE TEORİK ANALİZ

Kompresörlü soğutma sistemleri, düşük sıcaklıktaki bir ortamdan ısıyı çekerek yüksek sıcaklıktaki ortama atan ve böylece bulunduğu ortamı soğutan sistemlerdir. Bu işlemler soğutucu akışkanlar yardımıyla ve dışarıdan enerji harcanarak yapılır(Çengel ve Boles, 1994)

Şekil 2’de temel mekanik soğutma çevriminin tesisat şeması verilmiştir. Bu soğutma çevrimi dört elemandan meydana gelmektedir. Kompresör, kondenser, kısma valfi ve evaporatör den meydana gelmektedir. Kompresör; düşük sıcaklıkta ve basınçtaki akışkanın basınç ve sıcaklığını artırıp kondensere gönderir. Kondenser; yüksek basınç ve sıcaklıkta gelen akışkanı yoğuşturup kısma velfine gönderir. Kısma vafine gelen akışkan burada basınç ve sıcaklığı düşürerek evaporatöre gelir. Çevre sıcaklığının altında evporatöre gelen bu akışkan evporatörde çevreden ısı çeker ve soğutma meydana gelir. Sistem bu şekilde sürekli olarak çalışmaya devam eder.



Şekil 2. Temel mekanik soğutma çevriminin tesisat şeması

Çalışmada kabul edilen sistem parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Çalışmada kabul edilen sistem parametreleri

Soğutma kapasitesi ( $Q_{ev}$ )	1 kW
Evaporatör sıcaklık aralığı ( $T_{ev}$ )	0-(-20) ( $^{\circ}$ C)
Kondenser sıcaklık aralığı ( $T_{ev}$ )	30-50 ( $^{\circ}$ C)
Kompresör izantropik verimi ( $\eta_k$ )	80 %
Soğutucu akışkanlar	R410A- R32

Tablo 2’de verilen değerler iki soğutucu akışkan içinde geçerlidir. İki akışkanlarda aynı şartlar altında aynı model aracılığıyla çevrimin soğutma performansı ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda soğutma yükü 1 kW olarak kabul edilmiştir.

Soğutma sisteminin modellenmesinde bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller aşağıda belirtilmiştir.

- ✓ Bütün sistem bileşenleri için sürekli rejim çalışma şartları geçerlidir.
- ✓ Çevrim bileşenlerinde basınç kayıpları ihmal edilmiştir.
- ✓ Çevrimden çevreye ısı kayıpları ve çevreden çevrime olan ısı kazançları ihmal edilmiştir.
- ✓ Kinetik ve potansiyel enerji terimleri ihmal edilmiştir.

Evaporatörün ısı yükü, kondenserin ısı yükü ve kompresörün çektiği güç belli kabuller altında denklem 2.1 , 2.2 ve 2.3 ‘deki gibi yazılmıştır.

$$Q_{ev} = m_s (h_1 - h_4) \quad (2.1)$$

$$Q_{kon} = m_s (h_2 - h_3) \quad (2.2)$$

$$W_{kom} = m_s (h_2 - h_1) \quad (2.3)$$

Sistemin soğutma performans katsayısı ise denklem 2.4 'ile hesaplanmıştır.

$$COP = \frac{\text{elde edilen soğutma yükü}}{\text{kompresör çektiği güç}} = \frac{Q_{ev}}{W_k} \quad (2.4)$$

Akış ekserjisi denklem 2.5' de verilmiş ve bu denklem her bir elemana giriş ve çıkış değerlerine göre uygulanmıştır.

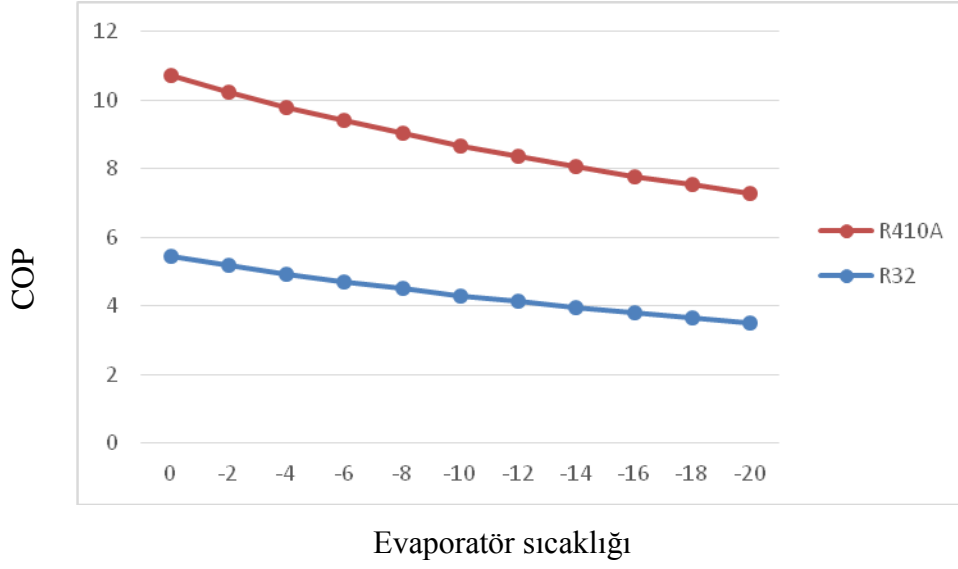
$$E_x = m_s * (h - h_0) - T_0 * (s - s_0) \quad (2.5)$$

$$\eta_{ex} = \frac{E_{x1} - E_{x4}}{W_k} \quad (2.6)$$

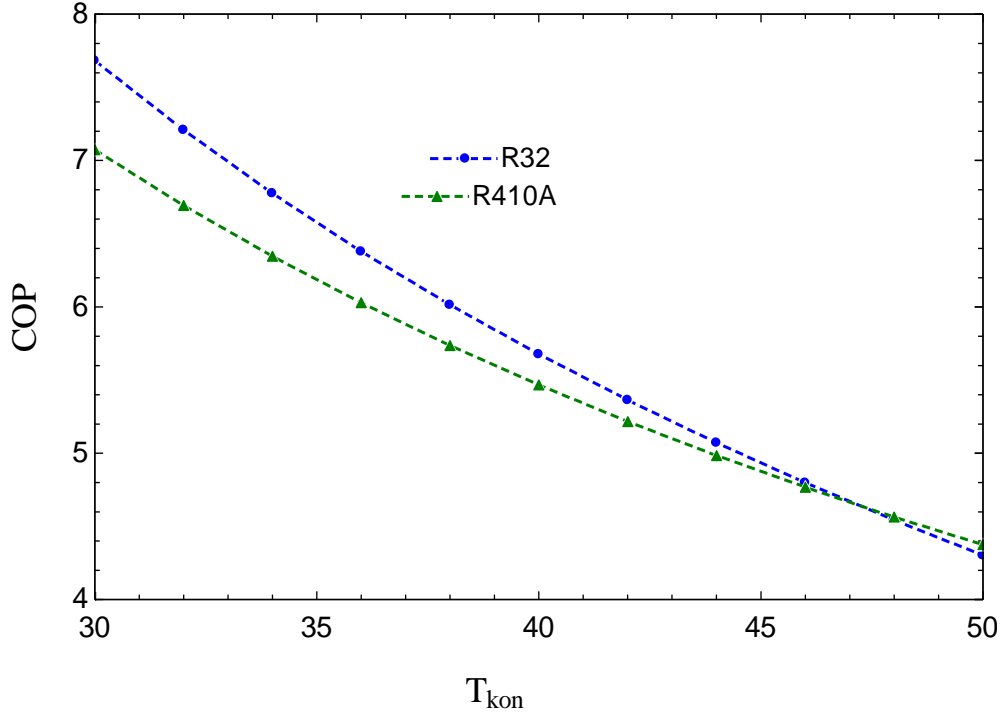
Denklem 2.5'de  $s_0$  ve  $h_0$  çevre şartlarındaki basınç ve sıcaklık değerine bağlı olarak elde edilen entropi ve entalpi değerleridir. Çevre şartlarında basınç ( $P_0$ ) 1 Bar, sıcaklığı ( $T_0$ ) ise 21 °C olarak kabul edilmiştir. Denklem 2.6'daki  $E_{x1}$  ve  $E_{x4}$  evaporatörün giriş ve çıkışı için akış ekserjisidir.

### 3. Sonuçlar

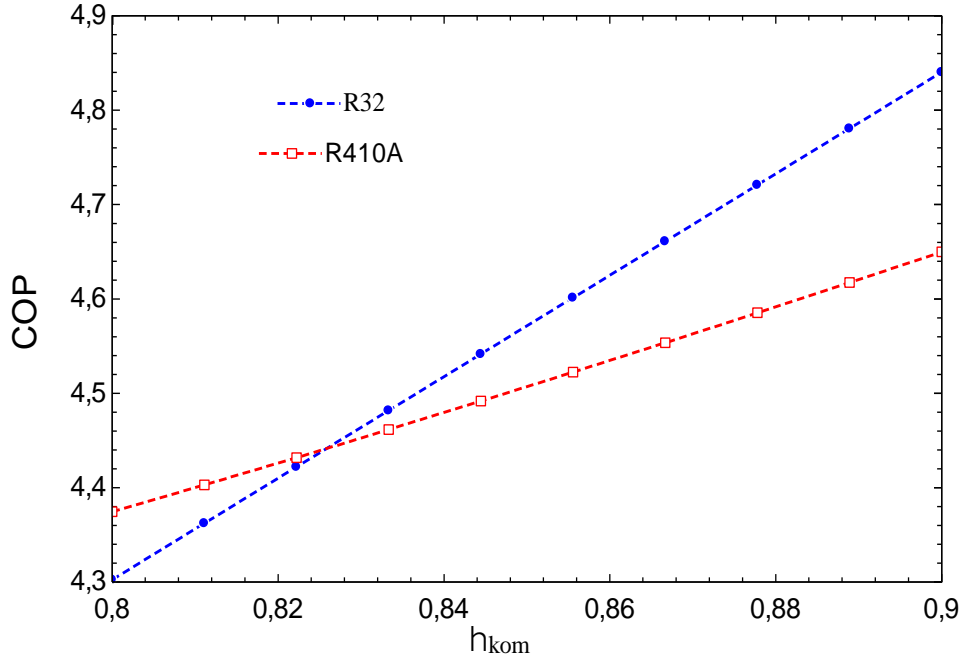
Soğutma sisteminin teorik olarak analizinde evaporatör sıcaklığına ve kondenser sıcaklıklarına bağlı olarak her iki akışkan içinde sistemin soğutma performans katsayısı ve ekserji verimlerinin değişimi incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Soğutma sisteminde evaporatör ve kondenser sıcaklıklarına bağlı olarak soğutma performans katsayısının değişimi Şekil 3 ve 4'de sırasıyla verilmiştir. Bu grafikler her iki akışkan içinde aynı şartlar altında çizilmiştir. Grafiklerden de anlaşıldığı gibi R410A akışkanın soğutma performansı R32 akışkanına göre daha yüksektir. Evaporatör sıcaklığının azalması sonucunda akışkanın soğutma performansı da düştüğü görülmektedir.



Şekil 3.Çevrimin evaporatör sıcaklığına göre soğutma performans katsayısının değişimi

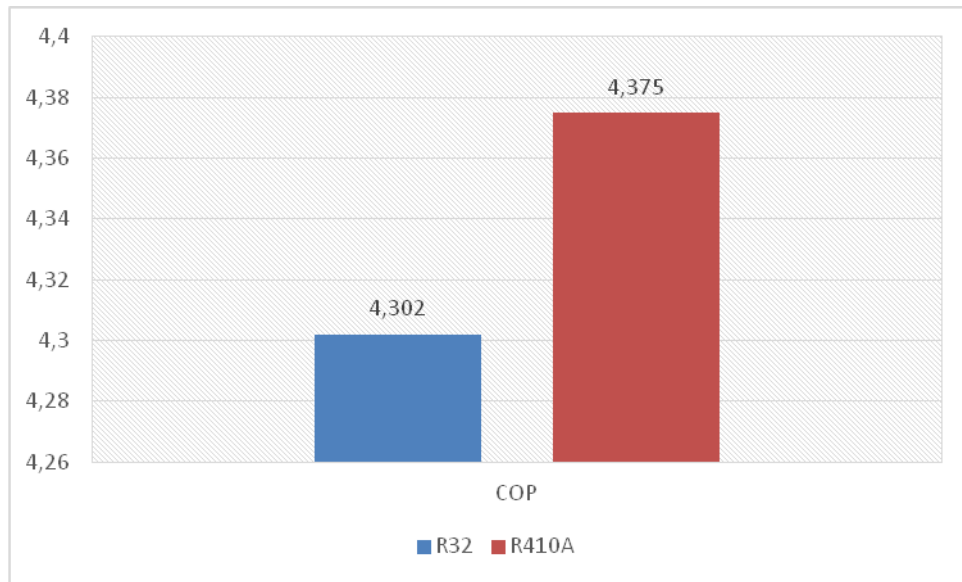


Şekil 4. Çevrimin kondenser sıcaklığına göre soğutma performans katsayısının değişimi



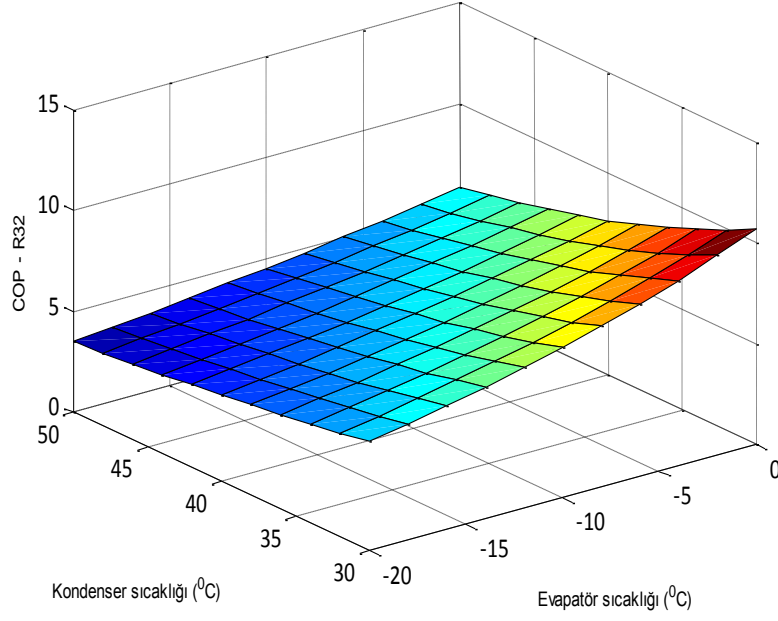
**Şekil 5.** Çevrimin kompresör verimine göre soğutma performans katsayısının değişimi

Şekil 5’de evaporatör sıcaklığı  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  de kondenser sıcaklığı  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ide iken kompresörün izantropik verimine bağlı olarak çevrimin soğutma performans katsayısı değişimi verilmiştir. Kompresörün izantropik verimi artırıldığında sistemin soğutma performans katsayısı da arttığı görülmüştür. Kompresörün izantropik verimine bağlı olarak çevrimin soğutma performans katsayısı doğru orantılıdır.

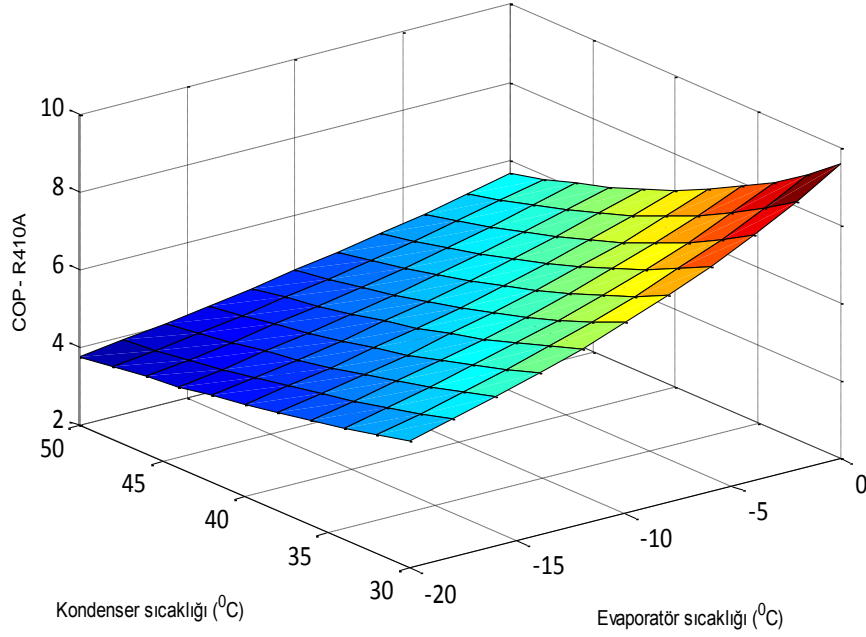


**Şekil 6.** Çevrimin R32 ve R410A akışkanlarının soğutma performans katsayısı değerleri

Şekil 6’da evaporatör, kondenser sıcaklıkları ve kompresör izantropik verimleri her iki akışkan içinde aynı alındığında çevrimin soğutma performans katsayısı. Şekilde 6’dan görüldüğü soğutma performans katsayıları oldukça yakın olduğu anlaşılmaktadır.



**Şekil 7.** Çevrimin kondenser ve evaporatör sıcaklığına bağlı R32 akışkanın soğutma performans katsayısı değişimi

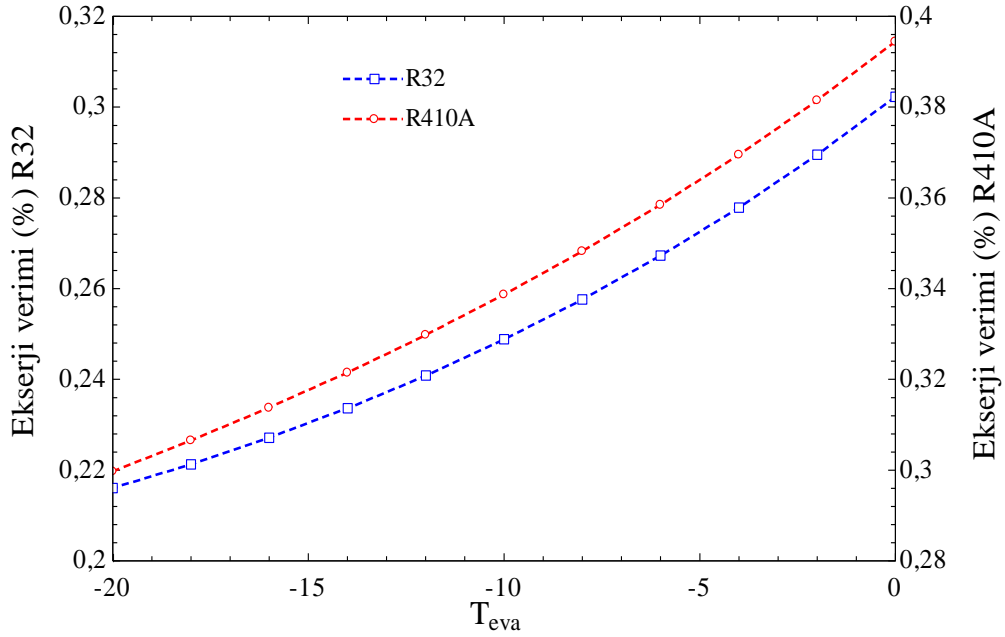


**Şekil 8.** Çevrimin kondenser ve evaporatör sıcaklığına bağlı R410A akışkanın soğutma performans katsayısı değişimi

Şekil 7 ve 8'de sistemin aynı basınç ve sıcaklıklar altında her iki akışkana göre soğutma performans katsayısı (COP) değişimi incelenmiştir. Şekil 7'de R32 soğutucu akışkanı için

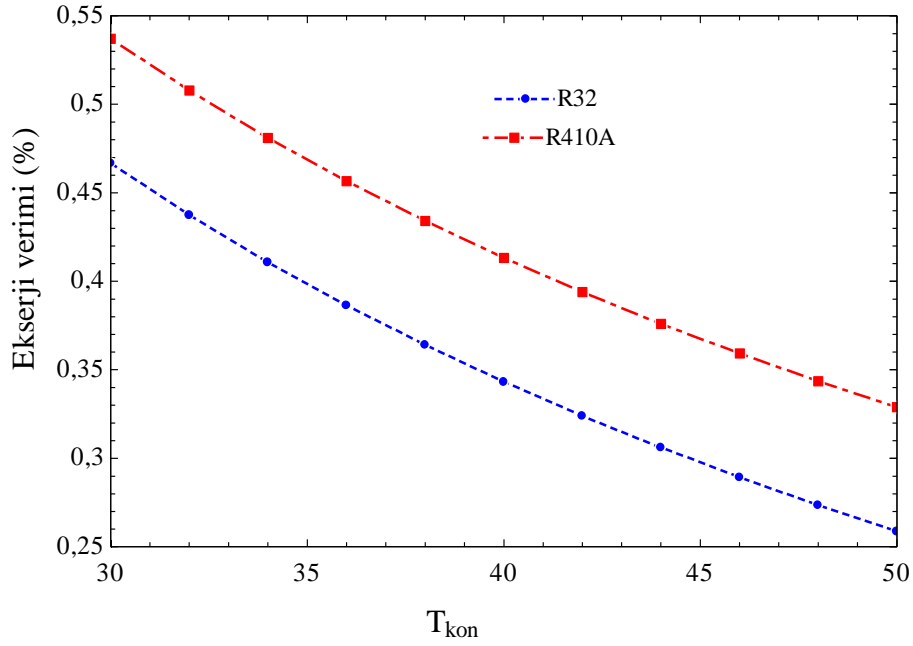


Şekil 8’de se R410A akışkanı için evaporatör ve kondenser sıcaklıklarını kademeli olarak değişimine göre soğutma performans katsayısı değişimi verilmiştir. Her iki akışkanın da soğutma performans katsayıları birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Evaporatör sıcaklığını sabit tutup kondenser sıcaklığı artırıldığı zaman sistemin soğutma performans katsayısının düştüğü görülmektedir. Kondenser sıcaklığını sabit tutup evaporatör sıcaklığı düşürüldüğü zaman sistemin soğutma performans katsayısı da düşmektedir. Evaporatör sıcaklığının artırılması soğutma performans katsayısının arttırmaktadır.



Şekil 9. Çevrimin evaporatör sıcaklığına göre ekserji verimlerinin değişimi

Şekil 9’da kondenser sıcaklığını 50 °C ‘de sabit iken evaporatör sıcaklığı -20 °C den 0 derece kadar artırıldığında her iki akışkanında ekserji verimlerinin arttığı görülmektedir. Aynı şartlar altında R410a akışkanın ekserji verimi R32 akışkanından biraz daha yüksek olduğu görülmüştür.Şekilden anlaşıldığı gibi bu akışkanların ekserji verimleri birbirine yakındır. Evaporatör sıcaklığının artırılması çevrimin ekserji veriminide arttırmaktadır.



**Şekil 10.** Çevrimin kondenser sıcaklığına göre ekserji verimlerinin değişimi

Şekil 10’da evaporatör sıcaklığı - 10 °C de iken kondenser sıcaklığı arttırılığında her iki akışkan için sistemin ekserji verimlerinin azaldığı görülmektedir. Çevrimin kondenser sıcaklığı arttırılığında her iki akışkan içinde ekserji veriminin düşmesine sebep olduğu görülmüştür.

R410A ve R32 soğutucu akışkanlarının kritik sıcaklık ve basınç değerleri birbirine oldukça yakındır. Akışkanların soğutma sisteminde aynı şartlar altında incelendiğinde ekserji verimleri ve soğutma performans değerleri birbirine oldukça yakın olduğu ortaya çıkmıştır. Soğutma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan R410A akışkanın yerine R32 akışkanı alternatif bir akışkan olarak tercih edilebilir. Soğutma uygulamalarında R410A akışkanı yaygın olarak kullanılırken R32 akışkanı çok fazla kullanılmamaktadır.

Ozon Tüketme Potansiyeli (ODP), bir soğutucu akışkanın ozon tabakasına zarar verme riski olarak tanımlanır. Bu değer, ODP’si 1 olarak kabul edilen R11 soğutucu akışkanı referans alınarak ifade edilir. Günümüzde küresel ısınma sebeplerinden dolayı soğutucu akışkan seçimi yaparken Ozon delme potansiyeli ve küresel ısınma potansiyeli önemli yer teşkil etmektedir. Bundan dolayı alternatif akışkan arayışları devam etmektedir. Bu çalışmada alternatif akışkan olan R410A ve R32 soğutucu akışkanların soğutma performans katsayıları ve ekserji verimleri kıyaslanmış ve bu akışkanların birbirlerini alternatifleri olabileceği anlaşılmıştır. Yaygın olarak kullanılan R410a akışkanın yerine R32 akışkanı tercih edilebilir. Küresel ısınma değerlerine göre kıyaslama yapıldığında R32 akışkanın daha çevre dostu olduğu anlaşılmaktadır. Bundan dolayı R410A akışkanın yerine R32 akışkanı kullanılabileceği anlaşılmıştır.

**KAYNAKLAR**

Çengel, A.Y., Boles, A.M, Thermodynamics: An Engineering Approach, McGraw-Hill, New York, U.S., 1994.

Daikin Europe N.V. and Hilde Dhont, Environment Research Center, “Next Generation Refrigerants A Daikin Perspective”, Chillventa 2012.

Didion D. A., Bivens D. B., “Role of Refrigerant Mixtures as Alternatives to CFCs”, International Journal of Refrigeration, Volume 13, Issue 3, May 1990, Pages 163-175

Erkut BEŞER, “Soğutucu Maddelerle İlgili Dünyada ve Türkiye’deki Gelişmeler”, III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 20-23 Kasım 1997.

Huang, Y., Yin, Q., Yu, J., Wang, J., 2011. Comparative experimental researches of air-to-water heat pump with R32 and R410A for household. International Congress of Refrigeration.

Taira, S., Yamakawa, T., Nakai, A., Yajima, R., 2011. Examination regarding air-conditioners and heat pumps, using the next generation refrigerants. In: IEA Heat Pump Conference.

Tu, X., Liang, X., Zhuang, R., 2011. Study of R32 refrigerant for residential air-conditioning applications. International Congress of Refrigeration.

Yajima, R., Kita, K., Taira, S., Domyo, N., 2000. R32 as a solution for energy conservation and low emission. In: Eighth International Refrigeration Conference at Purdue.