

# AZEOTROPİK VE YAKIN AZEOTROPİK SOĞUTUCU AKIŞKAN KARIŞIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Ali KILIÇARSLAN  
Tuğba TETİK  
İrfan KURTBAŞ

## ÖZET

Geleneksel HCFC tip soğutucu akışkanların şu anda Avrupa Birliği Ülkelerinde kullanılmadığı ve Amerika Birleşik Devletlerinde de 2010 yılından itibaren kullanımdan kalkacağı bilinmektedir. HFC tip soğutucu akışkanların ve özellikle HFC-134a'nın Avrupa Birliği ülkelerinde 2011 yılından itibaren üretilen araçların klima sistemlerinde kullanılmasının yasaklanacağı da bilinmektedir. Bu nedenlerden dolayı alternatif soğutucu akışkanlar üzerine yapılan çalışmalar artarak devam etmektedir. Bu çalışmada, R502, R507A ve R500 gibi azeotropik, R404A ve R410A gibi yakın azeotropik soğutucu akışkanların buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminde performans ve bazı çevrim parametreleri açısından karşılaştırılmaları enerji analizinde en yaygın kullanılan EES-V8.683-3D yazılımı kullanılarak geliştirilen bir program yardımıyla yapılmıştır. Farklı buharlaştırıcı (-30°C / 5°C) ve yoğuşurucu sıcaklıkları (30°C / 51°C) ve izantropik verimin (0.5/ 1) çevrimin soğutma tesir katsayısı üzerine etkisi incelenmiştir. Çevrimde kullanılan akışkanlar ayrıca kompresör çıkış sıcaklığı ve basınç oranı açısından da karşılaştırılmıştır. R500 soğutucu akışkanı, yoğuşurucu ve buharlaştırıcı sıcaklıkları ve izantropik verimin artırılması durumunda en büyük soğutma tesir katsayısı değerlerini alırken, R404A soğutucu akışkanı en küçük değerleri almaktadır. Her üç çevrim parametresinin artırılması durumunda da, R410A ve R502 soğutucu akışkanları için çevrimde yaklaşık olarak aynı soğutma tesir katsayısı değerleri elde edilmiştir. İzantropik verim ve yoğuşurucu sıcaklığı sabit tutulurken, buharlaştırıcı sıcaklığı artırıldığında çalışmada kullanılan bütün soğutucu akışkanlar için kompresör çıkış sıcaklığı ve basınç oranı azalmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** soğutma çevrimi, performans, azeotropik, yakın azeotropik

## ABSTRACT

In this study, the performances and cycle parameters of azeotropic refrigerants such as R502, R507A and R500, and near azeotropic refrigerants including R404A and R410A are compared in a vapor compression refrigeration cycle by a computer code developed by means of the software EES-V8.683-3D that is commonly used in the analyses of energy systems. The effects of various evaporator (-30°C / 5°C) and condenser temperatures (30°C / 51°C) and isentropic efficiencies (0.5 / 1) on the coefficient of performance (COP) are observed. The refrigerants used in this study are also compared in terms of compressor outlet temperature and pressure ratio. In the case of increasing condenser and evaporator temperatures and isentropic efficiencies, refrigerant R500 gives maximum amount of COP while the minimum COP values are obtained by using the refrigerant R404 in the vapor compression refrigeration cycle. For three cases mentioned, R404A and R502 approximately give the same COP values. As the evaporator temperature is increased while keeping isentropic efficiency and condenser temperature constant, the compressor outlet temperature and pressure ratio decrease for all the refrigerants used in this study.

**Keywords:** Compression cycle, COP, azeotropic, near azeotropic

## 1. GİRİŞ

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 uluslar arası anlaşmalar ile CFC (kloroflorokarbon) ve HCFC (hidrokloroflorokarbon)'ların kullanımına sınırlandırmalar getirilmiştir ve bu akışkanların yerine kullanılabilir alternatif akışkanlar için çalışmalar sürdürülmektedir.

CFC ve HCFC sınıfı soğutucu akışkanlarının yerine soğutucu akışkan olarak kullanılabilir üç tip akışkan bulunmaktadır. Bunlar azeotropik, yakın azeotropik ve zeotropik akışkanlar olarak adlandırılmaktadır[1]. Azeotropik akışkanlar bir kaç akışkanın birleşimi ile oluşmasına rağmen aynı sıcaklık ve basınçta tek bir akışkan gibi davranırlar. Bu akışkanlarda termodinamik denge halindeki sıvı ve buhar fazlarının bileşimleri birbirleriyle aynıdır. Bu yüzden sabit basınç altında oluşan hal değişimleri sırasında yani buharlaşma veya yoğunlaşma olayları sırasında sıcaklık değişimi olmaz. Yakın azeotropik akışkanlar, kaynama noktaları birbirinden farklı olan iki ya da daha fazla akışkanın birleşmesiyle oluşurlar. Sıvı ve buhar fazlarında bileşimleri aynı olan bu akışkanların, hal değişimi sırasında her akışkan farklı sıcaklıklarda buharlaşır veya yoğunlaşır. Bu akışkanların geliştirilebilme potansiyeli azeotropik akışkanlara göre daha fazla olmasına rağmen, sistemde olabilecek sızıntılar akışkanın bileşiminin ve özelliklerinin değişmesine sebep olabilmektedir.

Genellikle azeotropik ve yakın azeotropik akışkanlarla ilgili yapılan çalışmalar enerji analizi üzerine dayanmaktadır. Akışkanlar çevrimde verdikleri performans açısından karşılaştırılmıştır. Literatürde ekserji analizi üzerine yapılan çalışmalara da rastlanmaktadır.

R502 ve onun alternatifleri olan R404A ve R507A akışkanlarının kullanıldığı buhar sıkıştırımlı soğutma sistemleri üzerinde teorik olarak detaylı ekserji analizleri yapılmış, sistem performansı(COP), ekserji yıkımı ve verimini incelemek için geliştirilen matematiksel model kullanılarak, buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı sıcaklıklarının sırasıyla -50°C / 0°C ile 40°C / 55°C değiştiği sistemlerde R507A akışkanın R404A akışkanından daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir[2].

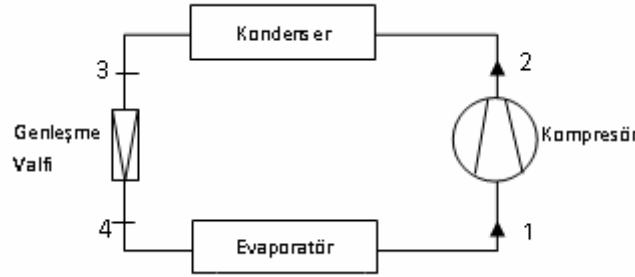
R502 akışkanın alternatifi olarak kullanılabilir, fiziksel özellikleri R502'ye benzer fakat çevre dostu olan HFC-161 karışımı, R404A için tasarlanan buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminde soğutucu akışkan olarak kullanılmış ve çalışma sonucunda bu yeni akışkanın basınç oranının R404A ve R502 ile yaklaşık aynı değerlerde olmasına karşılık yüksek buharlaştırıcı sıcaklıklarında COP'sinin R404A'dan daha yüksek olduğu görülmüştür[3].

R502'ye alternatif olarak kullanılabilir R402A, R402B, R403B, R408A, R404A, R407A ve FX40 akışkanlarının genel karakteristikleri ve sistem performansları deneysel olarak incelenmiş ve R403B dışındaki akışkanların soğutma çevrimindeki performansının R502'ye çok yakın olduğu belirtilirken, R404A'nın en uygun alternatif akışkan olduğu bulunmuştur[4]. Saf soğutucu akışkanlar ile R22/R11 akışkanları ve bu akışkanların karışımlarından kullanıldığı soğutucu akışkan karışımlarının buhar sıkıştırımlı soğutma sistemindeki performansı incelenmiştir[5].

Literatür özetinden de anlaşıldığı gibi, azeotropik ve yakın azeotropik akışkanların kullanıldığı soğutucu akışkanlarla ilgili kapsamlı bir buhar sıkıştırımlı çevrim analizi yapılmadığı anlaşılmaktadır. Genellikle yapılan çalışmalar buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı sıcaklığının sistem performansı üzerine etkisini araştırmaya yöneliktir. Bu çalışmada, buharlaştırıcı, yoğunlaştırıcı sıcaklıklarının ve izantropik verimin soğutma sistem performansı üzerine etkisi araştırılmış ve ayrıca önemli sistem parametrelerinden olan kompresör çıkış sıcaklığı ve basınç oranının, çevrimde kullanılan soğutucu akışkanlar için buharlaştırıcı sıcaklığına göre değişimi incelenmiştir. Yapılan soğutma sistem çevrimi analizinde aşırı soğutma ve kızgınlık etkileri de dikkate alınmış ve enerji analizinde en yaygın kullanılan EES-V8.683-3D yazılımı kullanılmıştır.

## 2. TERMODİNAMİK ANALİZ

Termodinamik analiz Şekil 1’de gösterilen buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi üzerine dayanmaktadır. Çevrimde aşırı soğutma ve kızgınlık etkileri dikkate alınmaktadır. Soğutma çevriminde, soğutucu akışkan düşük basınç ve sıcaklıkta kızgın buhar olarak 1 noktasında kompresöre girmektedir. Kompresörde sıkıştırılan soğutucu akışkan yüksek sıcaklık ve basınçta kızgın buhar olarak 2 noktasında yoğuşturucuya gönderilir ve burada sabit basınçta çevreye ısı atılır. Yoğuşturucu çıkışında aşırı soğutulmuş soğutucu akışkan 3 noktasında genleşme vanasına girerek, basıncı buharlaştırıcı basıncına düşürülür. Sıcaklığı ve basıncı düşürülmüş soğutucu akışkan 4 noktasında buharlaştırıcıya girerek, burada soğutulacak ortamdan ısı çekerek sabit basınçta buharlaştırılır. Buharlaştırıcıyı düşük basınç ve sıcaklıkta terk eden soğutucu akışkan tekrar kompresöre gönderilerek çevrim tamamlanır.



Şekil 1. Buhar Sıkıştırımlı Soğutma Sistemi

Şekil-1 de gösterilen buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminin termodinamik analizinde;

- Soğutma sisteminin elemanlarında soğutucu akışkanın akışı sürekli ve homojen akış şartlarına göre olmaktadır.
- Kompresörden, genleşme vanasından ve elemanları birbirine bağlayan boru hatlarından çevreye olan ısı geçişi ihmal edilmektedir.
- Elemanlarda soğutucu akışkanın akışı esnasında kinetik ve potansiyel enerjilerdeki değişimler ihmal edilebilir derecededir.
- Aşırı soğutmanın sıvı hattında, kızgınlığın soğutma ortamı içinde bulunan emme hattında ve sistemde meydana gelen basınç kayıplarının ihmal edilebilir seviyede olduğu varsayılmıştır.

Basınç kayıpları, kinetik ve potansiyel enerjilerdeki değişikliklerin ihmal edilebilir bir derecede olduğu varsayılmıştır. Ayrıca, çevrimi oluşturan elemanların (kompresör, yoğuşturucu, buharlaştırıcı ve genleşme vanası) sürekli rejime göre çalıştığı ve kompresörün adyabatik olduğu varsayılmıştır. Termodinamiğin I. Kanunu kompresöre uygulandığında, kompresöre birim zamanda verilmesi gereken enerji miktarı aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\dot{W}_{komp} = \dot{m}_r (h_2 - h_1) \quad (1)$$

Burada,  $\dot{m}_r$ ,  $h_1$  ve  $h_2$  sırasıyla soğutucu akışkanın kütle debisini, kompresöre giriş ve çıkışındaki entalpilerini temsil etmektedir.

Kompresörün izantropik verimi ise aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\eta_s = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \quad (2)$$

Burada,  $\eta_s$  kompresörün izantropik verimini ve  $h_{2s}$  izantropik durumda kompresör çıkışındaki entalpiyi göstermektedir.

Buharlaştırıcının soğutma kapasitesi aşağıdaki denklem ile ifade edilir.

$$\dot{Q}_{buh} = \dot{m}_r (h_4 - h_1) \quad (3)$$

Burada,  $h_4$  buharlaştırıcı çıkışındaki entalpiyi temsil göstermektedir.

Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminin performansının bir ölçüsü olan soğutma tesir katsayısı

$$STK = \frac{\dot{Q}_{buh}}{\dot{W}_{komp}} \quad (4)$$

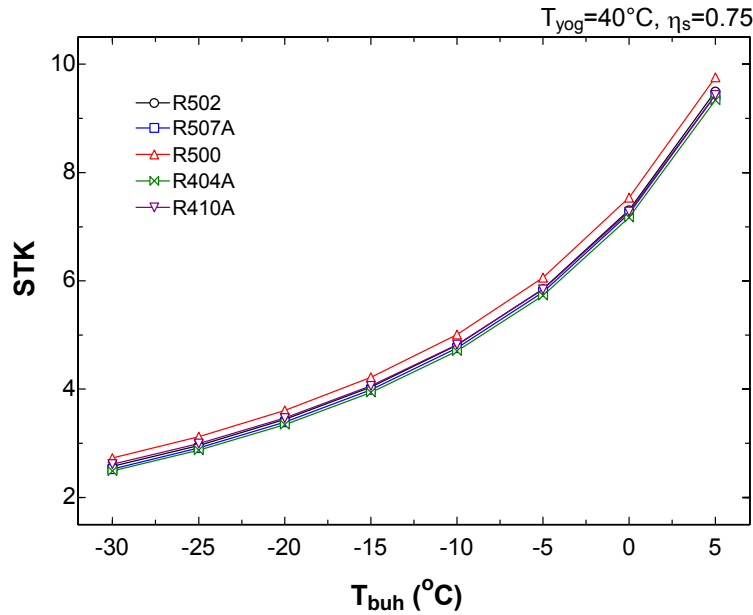
şeklinde ifade edilir.

Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminde basınç oranı  $P_r$ , yoğuşturucu basıncının buharlaştırıcı basıncına oranı olarak ifade edilir.

$$P_r = \frac{P_{yog}}{P_{buh}} \quad (5)$$

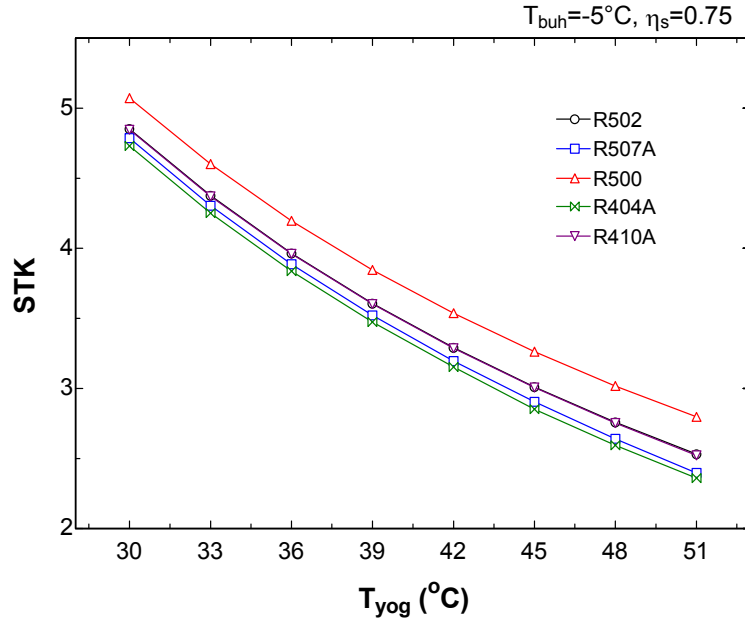
### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

R502, R507A ve R500 gibi azeotropik, R404A ve R410A gibi yakın azeotropik soğutucu akışkanların buhar sıkıştırılmalı bir soğutma çevriminde performans ve bazı çevrim parametreleri açısından karşılaştırılmaları enerji analizinde en yaygın kullanılan EES-V8.683-3D yazılımı kullanılarak geliştirilen bir program yardımıyla yapılmıştır. Geliştirilen programda, değişken yoğuşturucu, buharlaştırıcı sıcaklıkları ve izantropik verimin çevrimin soğutma tesir katsayısı üzerine etkisi incelenmiştir. Çevrimde kullanılan akışkanlar ayrıca kompresör çıkış sıcaklığı ve basınç oranı açısından da karşılaştırılmıştır. Bilgisayar Programının işleyişi esnasında, aşırı soğutma, kızgınlık ve soğutucu akışkan debisinin sabit değerleri sırasıyla 5°C, 7°C ve 1 kg/s olarak alınmıştır.



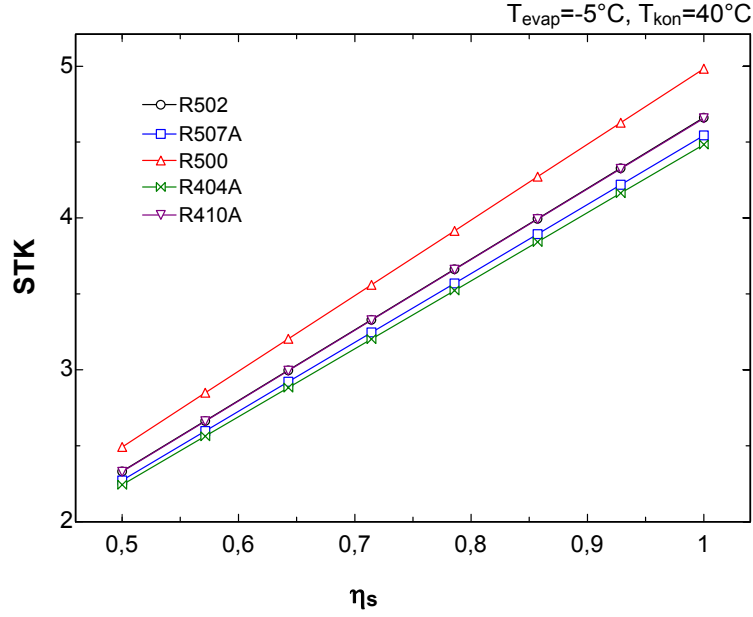
**Şekil 2.** Farklı Soğutucu Akışkanlar İçin Soğutma Tesir Katsayısının Buharlaştırıcı Sıcaklığı ile Değişimi

Şekil 2, buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminde kullanılan soğutucu akışkanlar için soğutma tesir katsayısının buharlaştırıcı sıcaklığı ile değişimini göstermektedir. Çevrimde buharlaştırıcı sıcaklığı  $-30^{\circ}\text{C}$  ile  $5^{\circ}\text{C}$  arasında değiştirilirken, yoğuşturucu sıcaklığı ve izantropik verim sırasıyla  $40^{\circ}\text{C}$  ve  $0.75$  değerlerinde sabit tutulmuştur. Çevrimde yoğuşturucu sıcaklığı sabit tutulurken, buharlaştırıcı sıcaklığı artırıldığında, soğutulacak ortamdan çekilen enerji miktarı artarken kompresöre verilen enerji miktarı azalacaktır ve dolayısı ile sistemin soğutma tesir katsayısı da artmaktadır. Şekil 2’de görüldüğü gibi soğutma çevriminde en yüksek performans R500 soğutucu akışkanının kullanılması ile en düşük performans ise R404A akışkanının kullanılması ile elde edilmiştir. Düşük buharlaştırıcı sıcaklıklarında R500 haricindeki soğutucu akışkanların çevrimde göstermiş olduğu performans değerlerinin birbirine çok yakın olduğu,  $-20^{\circ}\text{C}$ ’den itibaren ise R502 ile R410 soğutucu akışkanların çevrimde göstermiş oldukları performans değerlerinin çakıştığı görülmektedir.



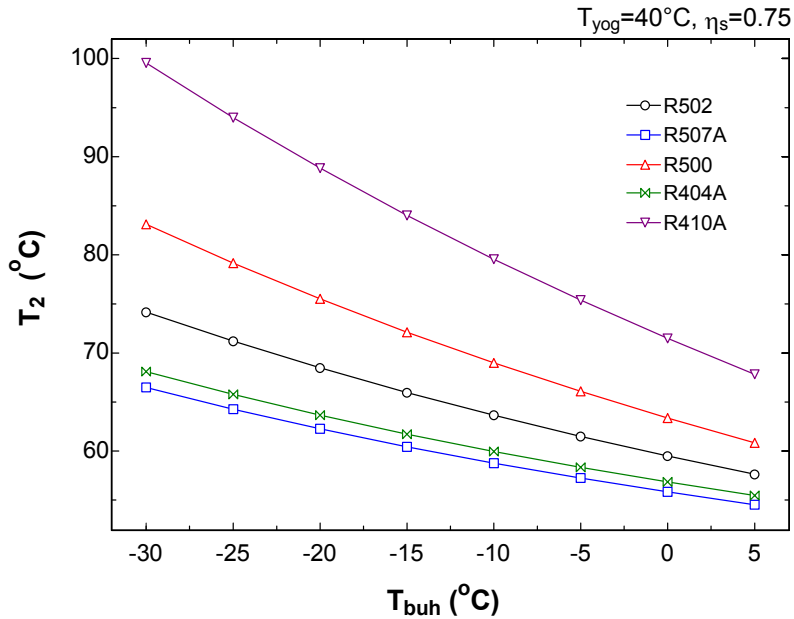
**Şekil 3.** Farklı Soğutucu Akışkanlar İçin Soğutma Tesir Katsayısının Yoğuşturucu Sıcaklığı ile Değişimi

Şekil 3’de soğutma tesir katsayısının yoğuşturucu sıcaklığına bağlı olarak değişimi görülmektedir. Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimde yoğuşturucu sıcaklığı  $30^{\circ}\text{C}$  ile  $51^{\circ}\text{C}$  arasında değiştirilirken, buharlaştırıcı sıcaklığı ve izantropik verim sırasıyla  $-5^{\circ}\text{C}$  ve  $0.75$  değerlerinde sabit tutulmuştur. Yoğuşturucu sıcaklığı artırıldığında, kompresörün çıkışındaki basınç, diğer bir ifade ile yoğuşturucu basıncı artacaktır ve dolayısı ile kompresöre verilmesi gereken enerji miktarı artacaktır. Ayrıca buharlaştırıcı sıcaklığı sabit tutulduğundan dolayı soğutma kapasitesinde herhangi bir değişiklik olmayacaktır ve sonuç olarak sistemin soğutma tesir katsayısı azalacaktır. Buhar sıkıştırımlı soğutucu çevriminde kullanılan soğutucu akışkanlar arasında en büyük soğutma tesir katsayısı R500 ile elde edilirken, en düşük soğutma tesir katsayısı R404A ile edilmektedir. Çevrimde çalışılan bütün yoğuşturucu sıcaklık aralığında, kullanılan soğutucu akışkanların R410A ve R502 olması durumunda, çevrimin soğutma tesir katsayısı hemen hemen aynı değerleri almaktadır. Ayrıca Şekil 3’den görüldüğü gibi artan yoğuşturucu sıcaklıklarında, R404A ve R507A soğutucu akışkanlarının kullanılması durumunda çevrimin soğutma tesir katsayısı değerlerinin paralel bir şekilde artış gösterdiği görülmektedir.



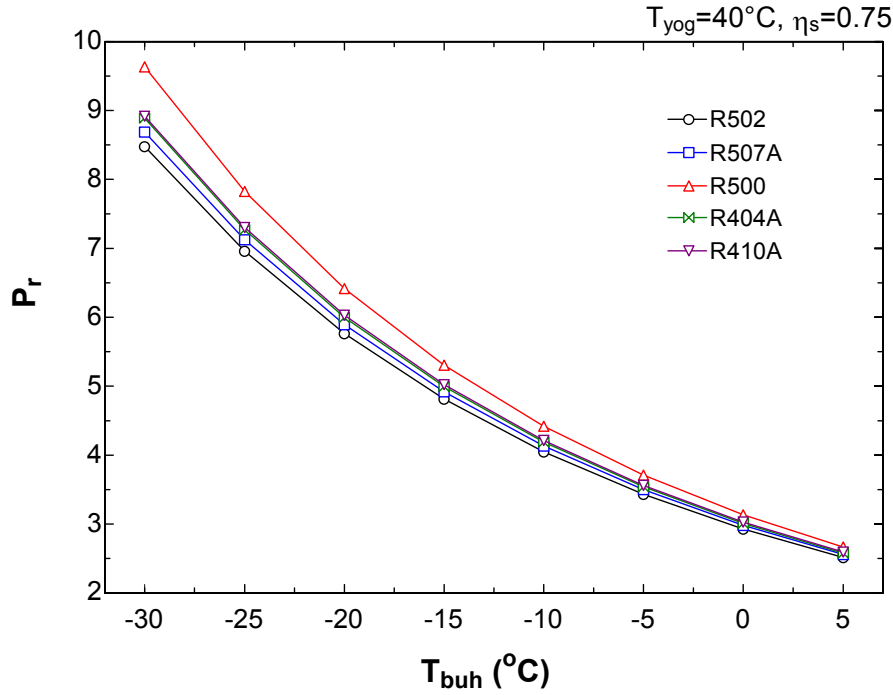
**Şekil 4.** Farklı Soğutucu Akışkanlar İçin Soğutma Tesir Katsayısının İzentropik Verim ile Değişimi

İzentropik verim 0.5 ile 1 arasında değiştirilirken, buharlaştırıcı  $-5^{\circ}\text{C}$ , yoğuşurucu sıcaklığı  $40^{\circ}\text{C}$  değerlerinde sabit tutulmuştur. Sabit yoğuşurucu ve buharlaştırıcı sıcaklığında buhar sıkıştırılmalı soğutma sisteminde kompresörün izentropik verimi artırıldığında, kompresörün çıkışında soğutucu akışkanın sıcaklığı azalacaktır. Sıcaklığın azalması durumunda kompresörün sıkıştırması gereken buharın özgül hacmi azalacak ve kompresöre verilmesi gereken birim enerji miktarı azalacaktır. Sonuç olarak, sabit buharlaşma sıcaklığında izentropik verimin artırılması soğutma sisteminin soğutma tesir katsayısını arttıracaktır ve bu durum Şekil 4'de görülmektedir. Artan izentropik verim değerlerinde (%50 / %100) en büyük soğutma tesir katsayısı değerlerini R500 soğutucu akışkanı alırken en küçük değeri R404A soğutucu akışkanı almaktadır. Çalışılan izentropik verim aralığında, artan yoğuşurucu sıcaklıklarında olduğu gibi R410A ve R502 soğutucu akışkanları için buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminden yaklaşık olarak aynı soğutma tesir katsayısı değerleri alınmaktadır. Artan izentropik verim değerlerinde, kullanılan soğutucu akışkanlar için soğutma tesir katsayısı değerlerinin birbirlerinden uzaklaştığı görülmektedir.



**Şekil 5.** Farklı soğutucu akışkanlar için kompresör çıkış sıcaklığının buharlaştırıcı sıcaklığı ile değişimi

Şekil 5'te çevrimde kullanılan soğutucu akışkanlar için kompresör çıkış sıcaklığının buharlaştırıcı sıcaklığına göre değişimi gösterilmiştir. Buharlaştırıcı sıcaklığı artırılırken yoğuşturucu sıcaklığı sabit tutulursa, kompresörün sıkıştırdığı soğutucu akışkanın özgül hacmi azalacaktır. Sıkıştırılan soğutucu akışkanın özgül hacminin azalması kompresör çıkışında soğutucu akışkanın sıcaklığını azaltacaktır. Şekil 5'den görüldüğü gibi, düşük buharlaştırıcı sıcaklıklarında kullanılan soğutucu akışkanlar için, kompresör çıkış sıcaklıkları arasındaki fark daha az iken, buharlaştırıcı sıcaklığı artırıldığı zaman bu fark azalmaktadır. Çevrimde en yüksek soğutucu akışkan kompresör çıkış sıcaklığı R410A ile elde edilirken, en düşük değer ise R507A'nın kullanılması ile elde edilmektedir. Artan buharlaştırıcı sıcaklıklarında, R507A ve R404A soğutucu akışkanların kullanılması durumunda, kompresör çıkış sıcaklığında azalma değerleri birbirine paralel olmaktadır.



Şekil 6. Farklı Soğutucu Akışkanlar İçin Sıkıştırma Oranının Buharlaştırıcı Sıcaklığı ile Değişimi

Şekil 6, çevrimde kullanılan soğutucu akışkanlar için basınç oranının buharlaştırıcı sıcaklığına göre değişimini göstermektedir. Çevrimde buharlaştırıcı sıcaklığı -30°C ile 5°C arasında değiştirilirken, yoğuşturucu sıcaklığı ve izantropik verim sırasıyla 40°C ve 0.75 değerlerinde sabit tutulmuştur. Yoğuşturucu sıcaklığı sabit tutulurken buharlaştırıcı sıcaklığı artırıldığında, buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin basınç oranı azalacaktır. Basınç oranı azaldığı zaman, sistemin soğutma kapasitesi artarken kompresöre verilmesi gereken enerji miktarı azalacak ve sonuç olarak sistemin soğutma tesir katsayısı azalacaktır. Şekil 6'dan görüldüğü gibi, -30°C'de kullanılan soğutucu akışkanlar için elde edilen basınç oranları arasında belli bir fark olurken -5°C'de bu fark yok denecek kadar azdır. Çalışılan buharlaştırıcı sıcaklık aralıklarında, çevrimde en yüksek basınç oranı R500 ile elde edilirken, en düşük basınç oranı R502 ile elde edilmektedir.

## SONUÇLAR

Buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminde, R502, R507A ve R500 gibi azeotropik, R404A ve R410A gibi yakın azeotropik soğutucu akışkanların soğutma tesir katsayıları; buharlaştırıcı sıcaklığının, yoğuşturucu sıcaklığının ve izantropik verimin farklı değerlerine göre kıyaslanmıştır. Ayrıca kullanılan soğutucu akışkanlar için kompresör çıkış sıcaklığının ve basınç oranının buharlaştırıcı sıcaklığına göre değişimi de araştırılmıştır.

Buharlaştırıcı sıcaklığı ve izantropik verimin artırılması durumunda soğutma sisteminde kullanılan bütün akışkanların STK değerleri artmaktadır. Her iki durumda da en büyük STK değerlerini R500 soğutucu akışkanı alırken, en küçük STK değerlerini ise R404A soğutucu akışkanı almaktadır. Ayrıca çevrimde R410A ve R502 soğutucu akışkanları kullanılması durumunda yaklaşık olarak aynı STK değerleri elde edilmiştir. Performans açısından bu akışkanlar birbirinin alternatifi olarak değerlendirilebilir.

Yoğusturucu sıcaklığının artırılması durumunda ise çevrimde kullanılan bütün soğutucu akışkanlar için soğutma sisteminin STK değeri azalmaktadır. Buharlaştırıcı sıcaklığının ve izantropik verimin artırılması durumunda olduğu gibi yoğusturucu sıcaklığının artırılması durumunda da en büyük STK değerlerini R500 soğutucu akışkanı alırken, en küçük STK değerlerini ise R404A soğutucu akışkanı almaktadır.

Sabit yoğusturucu sıcaklığında, buharlaştırıcı sıcaklığının artırılmasının, kompresör çıkış sıcaklığı ve basınç oranı üzerine etkisi aynı olmaktadır. Her iki çevrim parametresi de buharlaştırıcı sıcaklığının artmasıyla azalmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] 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
- [2] Arora A., Kaushik S.C., "Theoretical Analysis of a Vapour Compression Refrigeration System with R502, R404A and R507A", International Journal of Refrigeration, Volume 31, Issue 6, September 2008, Pages 998-1005
- [3] Xuan Y., Chen G., "Experimental study on HFC-161 mixture as an alternative refrigerant to R502", International Journal of Refrigeration Volume 28, Issue 3, May 2005, Pages 436-441
- [4] Aprea C., Mastrullo R., Rossi F., "Behaviour and Performances of R502 Alternative Working Fluids in Refrigerating Plants", International Journal of Refrigeration, Volume 19, Issue 4, May 1996, Pages 257-263
- [5] McLinden M.O., Radermacher R., "Methods for Comparing Performance of Pure and Mixed Refrigerants in the Vapour Compression Cycle", International Journal of Refrigeration, Volume 10, Issue 6, November 1987, Pages 318-325

## ÖZGEÇMİŞ

### Ali KILIÇARSLAN

1964 yılı Yozgat doğumludur. 1989 yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesi Gaziantep Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Enerji programında 1994 yılında yüksek lisansını ve 2000 yılında doktorasını tamamlamıştır. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Çorum Mühendislik Fakültesinde Yrd. Doç. Dr. ünvanını, 2006 yılında Hitit Üniversitesinde Doçentlik ünvanını almıştır. Termodinamik, iklimlendirme, soğutucu akışkanlar, soğutma sistemleri, ısı sistemlerinin enerji ve ekserji analizi, gaz yakıtlı darbeli yanma konularında çalışmaktadır.

### Tuğba TETİK

1986 yılı Balıkesir doğumludur. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Çorum Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans çalışmalarına devam etmektedir. 2009 yılından beri Hitit Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.





## **İrfan KURTBAŞ**

1972 yılı Kars doğumludur. 1997 yılında Fırat Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümünden mezun olmuştur. 2000 yılında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Anabilim Dalında yüksek lisansını ve 2005 yılında doktorasını tamamlamıştır. 2008 yılında Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesine Yrd. Doç. Dr. olarak atanmıştır, şu anda Hitit Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Faz değiştiren malzemeler, gözenekli ortamlarda ısı transferi, akışkanlar mekaniği konularında çalışmaktadır.