




R22 ve Alternatifleri R438A ile R417A Soğutucu Akışkanları için Kızılötesi Görüntü İşleme Teknikleri Kullanarak, Soğutma Sistem Performansının İncelenmesi


¹Ferzan Katırcıoğlu, ^{*2}Zafer Cingiz, ³Yusuf Çay, ⁴A. Etem Gürel, ⁵Suat Sarıdemir, ⁶Ahmet Kolip


¹D.Ü. Düzce MYO Elekt. ve Otomasyon Böl. Düzce, ferzankatircioglu@duzce.edu.tr 

²D.Ü. Düzce MYO Elektrik ve Enerji Böl. Düzce, zafercingiz@duzce.edu.tr 

³SUBÜ Teknoloji Fak. Makine Müh. Böl. Sakarya, ycay@subu.edu.tr 

⁴D.Ü. Teknoloji Fak. Makine ve İmalat Müh. Böl. Düzce, alietemgurel@duzce.edu.tr 

⁵D.Ü. Tekn. Fak. Makine ve İmalat Müh. Böl. Düzce, suatsaridemir@duzce.edu.tr 

⁶SUBÜ Teknoloji Fak. Makine Müh. Böl. Sakarya, akolip@subu.edu.tr 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 25.04.2020

Kabul Tarihi: 07.07.2020


Öz


Günümüzde çeşitli protokoller ile halojenik kloroflorokarbon (CFC) ve hidrokloroflorokarbon (HCFC) soğutucu akışkanlarının ilerleyen zamanlarda kullanılmayacağı ve bu akışkanlara çeşitli alternatiflerin oluşturulması gerektiği gözlemlenmiştir. Geleneksel soğutma etkinlik katsayısı (COP) hesaplama yönteminde, termodinamik özellik tabloları ve basınç-entalpi diyagramları kullanılmaktadır. Önerilen yöntem sayesinde, COP hesaplanırken, bu tablo ve diyagramların kullanılmasına gerek duyulmayacaktır. Kızılötesi görüntüleme sistemi ile belirtilen bölgelerden görüntü alınması yeterli olacaktır. Bu çalışmada, R22 akışkanına alternatif olan, ozon tabakasına dost R417A ve R438A akışkanlarının ticari soğutma sistemlerine yönelik performans analizi yapılmıştır. CFC gazların tüketiminin yasaklanması ile birlikte gelen süreçte ozon tabakasına zarar veren diğer bir gaz grubu olan HCFC gazların da kullanımı önce sınırlandırılmış ardından tamamen yasaklanmıştır. Bu gazlardan en çok kullanılanı R22 gazıdır. Referans R22 gazı ile R438A ve R417A gazlarının performansları kızılötesi görüntü analizi ile gerçekleştirmek için bölgesel öz nitelik veri elde edinimi ile COP olmak üzere iki yöntem önerilmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen iki ara yüz üzerinde, kızılötesi görüntülerden elde edilen büyüklükler, grafiksel ve sayısal olarak karşılaştırılmaktadır. Elde edilen sayısal ve görsel uygulama sonuçlarına göre, R22 gazına en yakın performansı R438A göstermiştir. Geleneksel hesaplamalı performans testlerine göre, uygulanan sistemin kullanım kolaylığı, uzaktan ölçüm ve eş zamanlı kayıt alma noktasında daha avantajlı olduğunu göstermiştir.


Anahtar Kelimeler: Kızılötesi görüntü işleme, COP, soğutucu akışkan


Investigation of refrigeration system performance using infrared image processing techniques for R22 and its alternatives, R438A and R417A refrigerants.


¹Ferzan Katırcıoğlu, ^{*2}Zafer Cingiz, ³Yusuf Çay, ⁴A. Etem Gürel, ⁵Suat Sarıdemir, ⁶Ahmet Kolip

¹D.Ü. Düzce MYO Elekt. ve Otomasyon Böl. Düzce, ferzankatircioglu@duzce.edu.tr, 

²D.Ü. Düzce MYO Elektrik ve Enerji Böl. Düzce, zafercingiz@duzce.edu.tr, 

³SUBÜ Teknoloji Fak. Makine Müh. Böl. Sakarya, ycay@subu.edu.tr, 

⁴D.Ü. Teknoloji Fak. Makine ve İmalat Müh. Böl. Düzce, alietemgurel@duzce.edu.tr, 

⁵D.Ü. Tekn. Fak. Makine ve İmalat Müh. Böl. Düzce, suatsaridemir@duzce.edu.tr, 

⁶SUBÜ Teknoloji Fak. Makine Müh. Böl. Sakarya, akolip@subu.edu.tr, 

Abstract

Today, it has been observed that with various protocols, halogenic chlorofluorocarbon (CFC) and hydrochlorofluorocarbon (HCFC) refrigerants will not be used in the future and various alternatives must be created. In the conventional cooling efficiency coefficient (COP) calculation method, thermodynamic property tables and pressure-enthalpy diagrams are used. Thanks to the

*Sorumlu yazar: Elektrik ve Enerji Bölümü, Düzce Meslek Yüksek Okulu, Düzce Üniversitesi, 81010 Düzce, Turkey. zafercingiz@duzce.edu.tr, +90380 524 00 98.

Doi: 10.21541/apjes.726624

proposed method, it will not be necessary to use these tables and diagrams when calculating the COP. It will be sufficient to take images from the regions indicated by the infrared imaging system. In this study, performance analysis of commercial refrigeration systems of R417A and R438A fluids that are alternative to R22 fluid, which are friendly to the ozone layer, has been performed. With the prohibition of the consumption of CFC gases, the use of HCFC gases, another gas group that damages the ozone layer, has been restricted and then banned. The most used of these gases is R22 gas. In order to perform the performances of reference R22 gas and R438A and R417A gases with infrared image analysis, two methods are proposed: COP with regional feature data acquisition and COP. In addition, on the two interfaces realized, the sizes obtained from infrared images are compared graphically and numerically. According to the obtained numerical and visual application results, R438A showed the closest performance to R22 gas. Compared to traditional computational performance tests, the ease of use of the system has shown that it is more advantageous in terms of remote measurement and simultaneous recording.

Keywords: Infrared image processing, COP, refrigerant

1. GİRİŞ

Mevcut çalışmalar soğutucu akışkanların performanslarını termodinamiğin birinci ve ikinci yasası çerçevesinde incelemekte ve buna göre performans değerlendirmesi sunmaktadır. Soğutma insanoglu için vazgeçilmez ihtiyaçtır. Çünkü soğutma gıdaların korunmasında, her türlü konfor sistemlerinde (konutlar, taşıtlar, iş yerleri vb.), sanayide, sağlık sektöründe kısacası birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Soğutma sistemleri, özellikle endüstride kullanılanları gittikçe önem kazanmaktadır. Refah seviyesinin yükselmesiyle birlikte tüketim maddelerinde aranan kaliteyi de, beraberinde getirmektedir. Özellikle gıda maddelerinin ilk üretildiğindeki tazeliğini ve özelliklerini koruyabilmesi ancak uygun sıcaklık ve nem ortamı oluşturularak saklanabilmesiyle sağlanabilir. Literatür incelendiğinde, R22 ve alternatifleri olan R417A ve R438A soğutucu akışkanları için deneysel ve teorik çalışmaların olduğu, genelde performans ile verimlilik üzerine yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Allgood ve diğ., yaptıkları çalışmada, mevcut soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde R438A'yı denemiş ve R22'ye kıyasla benzer soğutma performansı ve enerji verimliliğinin elde edildiğini bildirmiştir. Yenileme sırasında yağ değişiminde herhangi bir değişiklik olmadan düşük deşarj sıcaklığı, benzeri evaporatör ve kondenser basıncı gözlenmiştir [1]. Baraz, yaptığı çalışmada doğrudan genleşmeli sistemlerde alternatif soğutucu akışkanlar kullanmıştır. R22 alternatiflerinden R422D ve R417A soğutucu akışkanları teorik ve deneysel kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır [2]. BOCK Kompresörleri, kompresörlerinde R422D (MO29), R417A (MO59) ve R438A (MO99) değerlerini test etmişler ve üç alternatif soğutucu arasında sıkıştırma sıcaklığının R417A için en düşük olduğunu bulmuşlardır; R438A en yüksek soğutma kapasitesine sahipken R417A, R22'ye kıyasla en yüksek enerji verimliliğine sahip olduğu görülmüştür [3]. Ergün ve diğ., yaptıkları çalışmada, özellikle soğuk depoculukta ve iklimlendirme sistemlerinde oldukça yaygın olarak kullanılan R-22 soğutucu akışkanına alternatif olarak piyasaya sürülen ve ozon tabakasına dost olan, iki soğutucu akışkan R-417A ve R-438A termodinamik açıdan incelenmiştir. Yapılan çalışmada, R-22, R-417A ve R-438A soğutucu akışkanlarının performansları karşılaştırılmıştır. Farklı evaporasyon sıcaklıkları için, soğutucu akışkanların performansları termodinamiğin birinci ve ikinci kanunu kullanılarak değerlendirilmiştir ve

sistemlere ait performans katsayıları hesaplanmıştır. Sonuç olarak incelenen 3 akışkan için R22 akışkanına en iyi alternatifin R438A olduğu tespit edilmiştir [4]. La Rocca ve diğ., yaptıkları çalışmada, R413A, R417A, R422A ve R422D'nin R22'nin yerini alması için düşük sıcaklıklı bir soğutma ünitesinde incelemiş, düşük enerji verimliliği ve daha yüksek enerji tüketimi gösteren tüm alternatif akışkanlar için COP'un daha düşük olduğunu bildirmiştir. [5]. Cingiz ve diğ., yaptıkları çalışmada, soğutma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan R22 soğutucu akışkanına alternatif ve ozon tabakasına dost R417A, R438A, R422A ve R422D soğutucu akışkanlarının performansları termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına göre incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, R22 soğutucu akışkanına alternatif olarak geliştirilen R417A, R438A, R422A ve R422D akışkanlarından, R438A akışkanının daha yüksek COP değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir [6]. Termal kamera ile yapılan çalışmalar, genelde yalıtım uygulamaları ve enerji tüketiminin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Görüntü işleme tekniği gelişmiş ülkelerde uzun yıllardır kullanılmakta olup, uzay araştırmaları, tıp alanında çeşitli hastalıkların tespit edilmesi, tarım ve gıda mühendisliği alanında ürün kalitesinin, makine ve inşaat mühendisliği alanında çeşitli mekanik ve beton malzemelerin özelliklerinin, korozyonlarının belirlenmesinde, ayrıca kalite kontrol alanında yararlanılmıştır. Termal kamera ile görüntü işleme tekniğinin soğutucu akışkan ile sistem performanslarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalara literatürde rastlanılmamıştır. Görüntü işleme yöntemiyle performans tespiti her ne kadar R22, R417A ve R438A üzerinde gerçekleştirilse de yöntemin uygulama sınırları belirlenip farklı soğutucu akışkan grupları içinde kullanımı genişletilecektir. Çalışan ve diğ., termal kamera görüntülerini, ekipmanların ve cihazların arızalarının giderilmesi, bakımları gibi fonksiyonları icra etmek için kullanmışlardır. Tesisin bakım ve plansız oluşan aksaklıklarına bağlı maliyetler termografi maliyetinden daha pahalı olmaktadır [7]. Weinmann ve diğ., yaptıkları çalışmada, borulardaki ve binalardaki izolasyon kusurlarını belirlemede termal görüntüleri kullanmışlardır. Yapacağımız çalışmada soğutma sistemindeki arızalar, bakım periyotları ve borulardaki izolasyon eksiklikleri ve hatları da rahatlıkla belirlenebilecektir [8]. Katırcıoğlu ve diğ., sunduğu çalışmada, soğutma sistemlerinde termal görüntü analizi ile farklı soğutucu akışkanların uzaktan

sensörsüz olarak performanslarının karşılaştırılması için, elde edilen termal görüntülerin iyileştirilmesi önerilmiştir [9].

Gerçekleştirilen bu çalışmanın özgün değeri; ticari tip soğutma sistemlerinde, sistem üzerinden alınacak ölçüm değerleri (sıcaklık, basınç vb.) yerine kızılötesi görüntü analizi işleme tekniği kullanılarak farklı soğutucu akışkanların COP değerinin belirlenmesidir. Çalışmada, R22 soğutucu akışkanının alternatifleri, kızılötesi görüntü işleme tekniği açısından incelenmiştir. R22'ye ek olarak R417A ve R438A soğutucu akışkanları ele alınarak, kurulmuş olan soğutma sisteminde yapılan deneyler ve alınan veriler incelenip hesaplamalar yapılmış, buna ek olarak ticari tip soğutma sisteminde kızılötesi görüntüleme analizi hususu da incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar soğutma etkinliği katsayısı (COP) performansı açısından değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile ticari tip soğutucular ve endüstriyel tip soğutma sistemleri için performans iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Oluşturulacak olan kullanıcı ara yüzü bu alanda çalışacak teknik elemanların kullanımına uygun, basit ve kolay algılanabilir şekilde tasarlanacaktır. Bu sayede, yöntemin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Başarı durumunda, endüstriyel soğutma sistemlerinde kızılötesi görüntüleme analizinin ele alınması ile teknolojik önemi olan sonuçlar elde edilmesi beklenmektedir. Kızılötesi görüntü verilerinin farklı bir algılama elemanı olarak kullanılması önemli bir yeniliktir. Soğutma sistemini hızlı ve kolay bir yolla izleme kolaylığı getirecektir. Bağlantı olmaksızın termal kamera ve bir bilgisayar, sistemin performansını test etmek için yeterli olacaktır. Uzaktan algılama sayesinde, sisteme yaklaşım açısından iş güvenliğini yükseltme ve kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Mevcut araştırmamızda, Bölüm 3.1.'de; öznetelik çıkartım yöntemi ile soğutma sistem performansı belirlenmesi, Bölüm 3.2'de COP yöntemi ile soğutma sistem performansının belirlenmesi, Bölüm 4.'de ise deneysel sonuçların değerlendirilmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2. R22, R438A ve R417A GAZLARI İLE SOĞUTMA SİSTEMİNİN KURULUMU

2.1. Kullanılan gazların genel özellikleri

CFC gazların tüketiminin yasaklanması ile birlikte gelinecek noktada ozon tabakasına zarar veren diğer bir gaz grubu olan HCFC gazların da kullanımı önce sınırlandırılmış ardından tamamen yasaklanmıştır. Bu gazlardan en çok kullanılanı R22 gazıdır. R22 gazının alternatifi olarak çeşitli gazlar kullanılmıştır. En sık kullanılanları R404A, R407c ve R410A gazlarıdır. Ancak bu gazların mevcut sistemlerde kullanılmasında bazı problemlerle karşılaşmaktadır. R22 yerine bu gazlardan herhangi birinin sisteme alınabilmesi için sistem boru hatlarında ve ekipmanlarında değişiklikler yapılması gerekmektedir. Bu durum, uygulamada önemli güçlükler çıkarmaktadır. Bu güçlükleri aşabilmek amacı ile iki yeni alternatif HFC grubu gaz olan R417A ve R438A soğutucu akışkanları piyasaya sürülmüştür. Bu soğutucu akışkanların ön önemli avantajı; sistem boyutlandırmasında

herhangi bir değişikliğe gerek kalmaması ve sadece kurutucu-filtre değişimi ile sisteme uyum sağlayabilmesidir. R417A ve R438A akışkanları HFC karışımlarıdır. Bünyesindeki akışkanların kütleli miktarları ve ozon yok etme potansiyeli (ODP), küresel ısınma potansiyeline (GWP) değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü üzere, R417A ve R438A akışkanlarının ozon tüketim değerleri olmamasına rağmen, küresel ısınma potansiyelleri bulunmaktadır. R22 soğutucu akışkanın GWP değeri alternatifi olan akışkanlardan daha düşüktür. Ancak ODP değerlerinin sıfır olması sebebiyle orta vadede R22 ile çalışan sistemlerde kullanılmasının uygun olacağı düşünülebilir.

Tablo 1. Soğutucu Akışkanların Özellikleri (Properties of Refrigerants) [6]

Soğutucu Akışkan	Moleküler Ağırlık (kg/kmol)	Kritik Sıcaklık (°C)	Kaynama Noktası (°C)	ODP	GWP
R22 Bileşim Saf	86.5	96.2	-40.8	0.05	1810
R417A Bileşim R125 (% 46.6) R134a (% 50) R600 (% 3.4)	106.8	87.1	-39.1	0	2346
R438A Bileşim R125 (% 45) R134a (% 44.2) R600 (% 1.7) R601a (% 0.6) R32 (% 8.5)	99.1	85.3	-42.3	0	2264

İçerdiği klor atomları sebebiyle R22, ozon tabakasının tükenmesine yol açmaktadır. Bu yüzden R22 ile çalışan sistemler, uzun vadede (ODP) değeri sıfır olan düşük (GWP) sahip soğutucu akışkanlarla değiştirilmelidirler. Yüksek GWP, yüksek çevresel etki demektir. Sonuç olarak düşük GWP soğutucularının benimsenmesi toplam çevresel etkilerin azaltılması açısından etkili bir çözüm olduğu sonucuna varılmıştır [6]. R417A, R125, R134a ve R600'ün kullanımı kolay, ozon tüketmeyen bir HFC güçlendirme soğutucu karışımıdır. Tipik olarak, direkt genişlemeli sabit iklimlendirme ve orta sıcaklıkta soğutma sistemlerinde R22'nin yerine kullanılır. R417A, kompresörün ömrünü uzatabilen R22'den önemli ölçüde daha düşük deşarj sıcaklığına sahiptir. Çoğu sistemde bu ürün gerekli soğutma kapasitesini ve enerji tasarrufu sağlar, ancak bazı sistemler daha düşük kapasitede çalışabilir. Bu soğutucu, hızlı, kolay ve uygun maliyetli iyileştirmeler sağlayan geleneksel ve yeni yağlayıcılarla uyumludur ve tüm soğutucu şarjını çıkarmadan servis sırasında doldurulabilir. R417A bir karışım olduğu için, sistemi şarj ederken, daima bir sıvı olarak silindirden çıkarılmalıdır. Klima ve küçük ticari soğutma uygulamaları için uygun olup MO/AB/POE yağları

ile uyumludur [10]. R438A, kullanımı kolay, ozona zarar vermeyen HFC soğutucu akışkan karışımıdır. Performans, kapasite, kütle akışı ve basınç karakteristiklerine açısından tüm klima ve chiller uygulamaları için R22'nin yerine alternatif olarak kullanılmak için uygundur. Genleşme valfinin sabit bir deliğe sahip olduğu veya sistemin kapasitesine çok yakın olduğu R422D'ye göre avantajları vardır, R417A'ya göre daha iyi kapasiteye sahiptir. Bu ürün, geleneksel ve yeni yağlayıcılarla uyumludur, hızlı, kolay ve uygun maliyetli bir iyileştirme sağlar ve servis sırasında tüm soğutucu şarjını çıkarmadan tamamlanabilir. R438A bir karışım olduğu için, sistemi şarj ederken daima bir sıvı olarak silindirden çıkarılmalıdır. Ticari klima, ısı pompaları, doğrudan genleşmeli (DX) soğutma sistemleri için uygun olup, MO/AB/POE yağları ile uyumludur [10]. Özellikle R22 ve alternatifleri olarak ele alınan soğutucu akışkanlar düşük sıcaklık uygulamalarındaki ticari tip soğutma sistemleri için uygundur.

2.2. Soğutma sistemi deney seti kurulumu

Deney setine ilişkin genel görünüş **Şekil 1**'de verilmiştir. Üç soğutucu akışkanın enerji değerlendirmesi için kullanılan deneysel sistem, başlangıçta R22 ile çalışmak üzere tasarlanmış buhar sıkıştırma soğutma çevrimidir. Tasarlanan deneysel sistemde, R22, R417A ve R438A soğutucu akışkanları kullanılmıştır. Deney sisteminde hermetik pistonlu tip kompresör, hava soğutmalı evaporatör ve kondenser, dıştan dengelemeli termostatik genleşme vanası kullanılmış olup, evaporatör yalıtımlı ve sabit hacimli bir kabin içerisine konulmuştur. Test edilen her soğutucu gaz öncelikle sistem vakum edilerek elektronik terazi kullanılarak 900 g miktarında gaz şarjı yapılmıştır. Deneylerin stabil ve sağlıklı bir ortamda gerçekleştirilebilmesi, farklı gazların performanslarının daha gerçekçi şekilde incelenebilmesi için sistem kapalı bir ortamda, dış sıcaklık sabit olacak bir şekilde imal edilmiştir. Tiç: 22 °C (iç-ortam sıcaklığı) olarak kabul edilmiştir. Soğutma sisteminden kızılötesi görüntülerin alınma prosesi **Şekil 2**'de gösterilmiştir. Önerilen yöntemde kullanılacak bölgeler, numaralandırılmış ve bölge isimleri de yine şekil üzerinde verilmiştir. **Tablo 2**'de kullanılan soğutma sistem bileşenleri ve özellikleri verilmiştir. Her soğutucu akışkan ile sistem çalışırken termal kamera ile görüntüler, sistem bir saat çalışarak kararlı hale geldikten sonra alınmıştır. Daha sonra verisi alınan soğutucu akışkan sistemden boşaltılıp, sistem vakumlandıktan sonra diğer soğutucu akışkan basılmıştır.

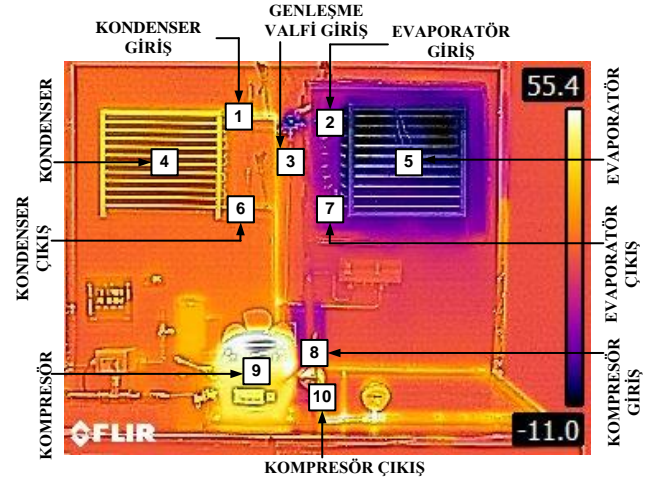
Tablo 2. Soğutma sisteminin bileşenleri ve özellikleri

Malzemenin adı	Özellği
Hermetik kompresör	Embraco NEU 6215 GK Güç: 1/2 HP
Kondenser hava akışlı	Karyer KT 3/4 HP
Evaporatör hava akışlı	Karyer KT 3/4 HP
Genleşme vanası	Dunan TGV, PS 46 bar Çalışma aralığı: -40/+10 °C
Termal kamera	Flir E8-XT 320x240 (76800 piksel) -20 °C – 550 °C
Soğutucu akışkan	R22, R438A, R417A

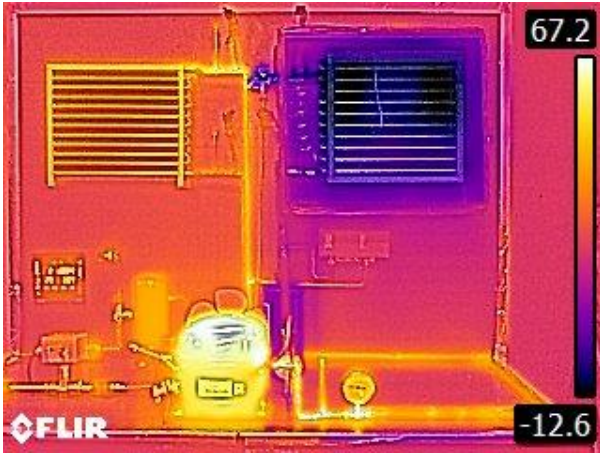


Şekil 1. Soğutma sistemi deney seti

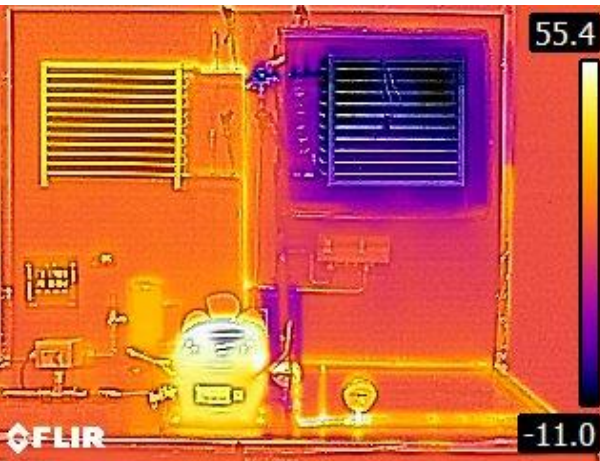
Deney sisteminden R22, R438A ve R417A soğutucu akışkanları için alınan infrared görüntüler **Şekil 3. a, b ve c'** de görülmektedir. Sistemin şematik gösterimi **Şekil 4**'de verilmiştir. Çalışılan akışkanların performanslarını değerlendirebilmek için, sistemin her ana eleman giriş ve çıkışları (kompresörün giriş-çıkışı, kondenser giriş-çıkışı, termostatik genleşme valfi girişi, evaporatör giriş-çıkışı) ile kompresör, kondenser ve evaporatör yüzeyindeki sıcaklıklar, sistem üzerinde belirtilen noktalardan termal kamera ile elde edilerek karşılaştırılmıştır.



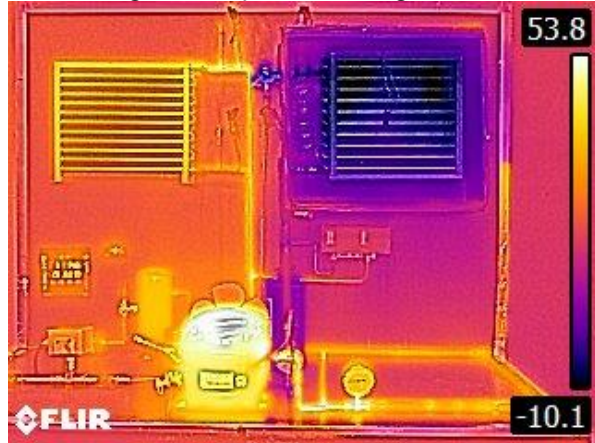
Şekil 2. Soğutma sistemi üzerinden infrared (kızılötesi) görüntü alınan bölgeler



(a) R22 soğutucu akışkanı infrared görüntüsü



(b) R438A soğutucu akışkanı infrared görüntüsü



(c) R438A soğutucu akışkanı infrared görüntüsü

Şekil 3. Deney sisteminden alınan soğutucu akışkanlara ait infrared görüntüler

Alternatif gazların kullanımı sistem maliyeti açısından (revizyona ihtiyaç kalmadığından) daha uygun görülmüştür. Bu sayede, alternatif akışkanların soğutma etkinlik katsayısı (COP) geleneksel hesaplama yönteminin dışında, termal kamera ile alınan sıcaklık verileri kullanılarak, termal görüntü işleme analizi (kompresör, kondenser, evaporatör

yüzeylerinden alınacak termal görüntüler ile ana elamanların giriş-çıkışlarından alınacak termal görüntüler) olarak incelenerek, yapılacak soğutucu akışkan dönüşüm işlemlerine ve performanslarına ışık tutulması hedeflenmiştir.

3. SOĞUTMA SİSTEM PERFORMANSI İÇİN KIZILÖTESİ GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ

3.1. Öznitelik çıkartım yöntemi ile soğutma sistem performansı belirlenmesi

Üzerinde çalışılan görüntüden öznitelik çıkarma, görüntü analizi ve karar işlemleri için önemli bir adımdır. Görüntülerin içsel içeriğini mümkün olduğunca eksiksiz yansıtabilen ideal özelliklerin nasıl ayıklanacağı hala bilgisayar analiz sistemlerinde zor bir süreçtir. Görüntülerde öznitelik çıkartım yöntemlerini, renk, doku ve şekil olmak üzere üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Önerilen çalışmada, kızılötesi görüntü kullanılmasından dolayı renk ve doku üzerine daha fazla yoğunlaşmıştır. Kızılötesi görüntü üzerinde istenilen bölgelerin seçimi yapıldıktan sonra aşağıda sırası ile verilen öznitelikler elde edilmektedir.

3.1.1. Standart sapma

Dijital görüntü işleme uygulamalarında histogram, görüntü seviyesi ile istatistiksel olasılığı arasındaki ilişkiyi göstermek için yaygın olarak kullanılmaktadır [11]. Görüntüdeki her bir pikselin, ortalamadan ne kadar uzakta ya da yakında toplandığı bilgisini veren değere standart sapma denir. Standart sapması küçük olması bir görüntüdeki değerlerin birbirine yakın olduğunu gösterir, büyük olması ise değerlerin birbirinden uzak olduğunu göstermektedir.

$$\sigma_g = \sqrt{\sum_{g=0}^{L-1} (g - \bar{g})^2 P(g)} \quad (1)$$

Eşitlik 1’de verildiği gibi $P(g)$ görüntünün birinci dereceden histogram olasılığı olup, şu şekilde tanımlanır:

$$P(g) = \frac{N(g)}{M} \quad (2)$$

Burada M görüntüde ki toplam piksel sayısını, $N(g)$ g renk tonunda ki piksel sayısını ifade etmektedir. Eşitlik 1’de verilen \bar{g} görüntünün ortalama değeri olup Eşitlik 3’de verildiği gibi bulunur [12].

$$\bar{g} = \sum_{g=0}^{L-1} gP(g) \quad (3)$$

3.1.2. Entropi

Entropi bir değişkendeki belirsizliği ölçmek için kullanılır. Değişkenin bütün değerleri birbirine eşit olduğunda belirsizlik yoktur ve entropi değeri sıfır olur. Ancak değişken tamamen birbirinden farklı değerler alıyorsa entropi maksimum değerine ulaşır [13].

$$Entropi = - \sum_{g=0}^{L-1} P(g) \log_2(P(g)) \quad (4)$$

3.1.3. Kontrast

Görüntünün en açık ve en koyu bölgeleri arasındaki farktır. Yüksek kontrastlı görüntü hem ışığın çok güçlü olduğu bölgelere hem de çok koyu gölgelik alanlara sahiptir. Küresel kontrast ölçüsü olarak Michelson eşitliği kullanılmış olup Eşitlik 5’de verildiği gibi ifade edilmektedir [14].

$$C = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \quad (5)$$

Eşitlikteki C global kontrast değerini temsil ederken maksimum parlaklık L_{max} ve minimum parlaklık L_{min} ile gösterilmiştir.

3.1.4. Çarpıklık

Renk bilgisi kızılötesi görüntülerinin en önemli özelliklerinden biridir. Seçilen bölge alanı belirlendikten sonra çarpıklık değeri Eşitlik 6’da verilmiştir. Seçilen bölge içerisinde piksel renk değerleri simetrik değildirler. Bundan dolayı, çarpıklık, kullanılan ortalamanın simetrik özelliğinden ne kadar uzak olabileceğini göstermektedir.

$$\gamma_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \mu_i)^3 \right)^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

Eşitlik 6’da verildiği gibi f_{ij} değeri j . görüntü pikselinin i . kanaldaki renk değerini, μ_i i . kanalın renk ortalama değerini, N ise görüntüde ki toplam piksel sayısını temsil etmektedir. γ_i ise her bir kanaldaki çarpıklık değeridir.

3.1.5. Maksimum ve minimum yüzey sıcaklık değeri

Üzerinde çalışılmak için kesilen bölgenin maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri analiz için gerekli öznetelik verilerini oluşturmaktadır. Bunun için Eşitlik 7’de verildiği gibi maksimum ve minimum sıcaklık verilerinin elde edilmiş yöntemleri sunulmuştur.

$$\begin{aligned} T_{max} &= \max(T_{low} + (T_{high} - T_{low}) * T_I) \\ T_{min} &= \min(T_{low} + (T_{high} - T_{low}) * T_I) \end{aligned} \quad (7)$$

Eşitlik 7’de verildiği gibi T_I , renkli kızılötesi görüntünün gri termal görüntüye dönüştürülerek elde edilen giriş görüntüsünü, T_{low} ve T_{high} sıcaklık barının alt ve üst değerlerini göstermektedir.

3.1.6. Ortalama yüzey sıcaklık değeri

Belirlenen bölgenin kızılötesi görüntüsünde yer alan sıcaklık değerlerinin ortalama değeri Eşitlik 8’de verilmiştir.

$$T_{av} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N T_{low} + (T_{high} - T_{low}) * T_I}{M * N} \quad (8)$$

Eşitlik 8’de verilen, M ve N kesilen bölgenin boyut bilgileridir.

3.1.7. En yoğun yüzey sıcaklık değeri

Belirlenen bölgenin kızılötesi görüntüsünde en çok karşılaşılan sıcaklık değerini tespit etmek için Algoritma 1 kullanılmıştır.

Algoritma 1. En yoğun yüzey sıcaklık değeri belirleme kodu.

Adım 1. Her bir piksele karşılık gelen sıcaklık değerini bul.

Adım 2. En yoğun yüzey sıcaklık değerini bulma

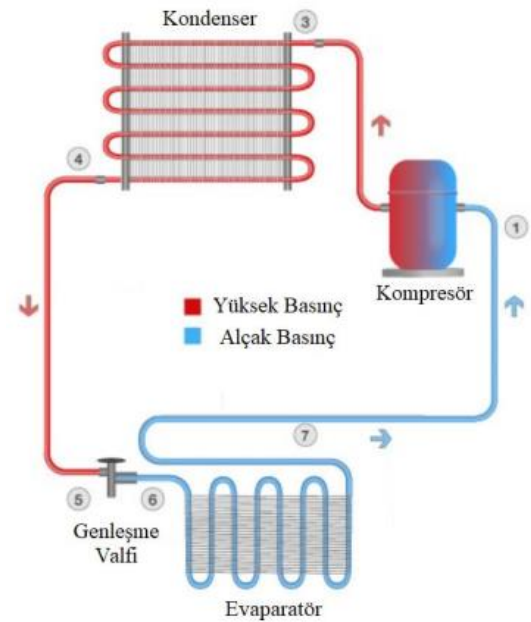
```
for i=1:satir
  for j=1:sütun
    değer=T_I(i,j);
    frekans(değer)=frekans(değer)+1;
  end
end
```

Adım 3. En yoğun sıcaklık değerini göster

Tyoğun =Max(frekans(değer));

3.2. COP yöntemi ile soğutma sistem performansı

Buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemleri, düşük sıcaklıktaki bir ortamdan ısıyı çekerek yüksek sıcaklıktaki ortama aktaran ve böylece bulunduğu ortamı soğutan sistemlerdir. Sistemde, çevrim esnasında soğutucu akışkan çeşitli termodinamik işlemler geçirerek soğutma işini gerçekleştirilmektedir. Şekil 4’de görülen tek kademeli bir buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin temel elemanları, kompresör, yoğuşturucu (kondenser), kısılma vanası ve buharlaştırıcıdan (evaporatör) oluşmaktadır. Bu çalışmada, sistemin performans analizi, termodinamiğin birinci kanununa göre yürütülmüştür. Soğutma sistemine ait birinci kanun analizinde, kondenser, kompresör ve evaporatör kapasiteleri, Şekil 4 üzerindeki çevrim noktaları göz önüne alınarak, sırasıyla aşağıdaki eşitlikler aracılığı ile hesaplanmaktadır [4].



Şekil 4. Bir buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin şeması ve temel elemanları

$$\dot{Q}_{kond} = \dot{m}_{sa} \cdot (h_3 - h_4) \quad (9)$$

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m}_{sa} \cdot (h_7 - h_6) \quad (10)$$

$$\dot{W}_{komp} = \dot{m}_{sa} \cdot (h_1 - h_2) \quad (11)$$

Kompresöre uygulanan elektrik gücü ise kompresör gücünün, elektrik ve mekanik verimlere bölünmesi ile bulunmaktadır.

$$\dot{W}_{komp,el} = \frac{\dot{W}_{komp}}{\eta_{el} \times \eta_{mek}} \quad (12)$$

Bir soğutma sisteminin performansı COP, soğutma etkinlik katsayısı ile değerlendirilir. İdeal buhar sıkıştırmalı bir soğutma çevrimi için soğutma etkinlik katsayısı Eşitlik 13'de verilen denklem ile tanımlanmaktadır.

$$COP = \frac{\dot{Q}_{evap}}{\dot{W}_{komp,el}} \quad (13)$$

COP, soğutma sisteminin veriminin, sıkıştırma işleminde harcanan enerjinin, buharlaşmada soğurulan enerjiye oranı ile belirlenen miktarı veya ölçüsüdür. Sıkıştırma işleminde ne kadar az enerji harcanırsa, soğutma sisteminin etkinlik katsayısı COP, o kadar büyük olur. Bu yüzden, diğer özellikleri ve faktörleri eşit olan soğutucular arasından, en yüksek COP'a sahip olan soğutucu seçilmelidir. COP değerinin hesaplanması, birinci kanun analizinde, gaz soğutucusu sıcaklığı, evaporatör sıcaklığı, aşırı kızdırma sıcaklığı ve kompresör verimi değişimleri için gereklidir. Yukarıda verilen eşitliklerde (Eşitlik 9-13), h ilgili referans numarası ile gösterilen entalpi değerini (kJ/kg) göstermektedir. \dot{m}_{sa} soğutucu akışkan debisini (kg/s) belirtmektedir. Eşitlik 10, 12 ve 13'de verilen termodinamik denklemlerden esinlenilerek kızılötesi görüntü işleme yöntemlerinde kullanılabilir soğutma sistem performans katsayısı önerilmiştir. Önerilen $COP_{kögi}$ katsayısı Eşitlik 14'de verildiği gibi, sistemin yüzey sıcaklık bilgilerinin kullanımını esas almaktadır. Buradaki $COP_{kögi}$, kızılötesi görüntü işleme (kögi) olarak kısaltma kullanılmıştır.

$$COP_{kögi} = \frac{(Komp_{çıkış} - Komp_{giriş})}{(Evap_{çıkış} - Evap_{giriş})} \quad (14)$$

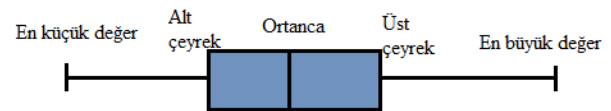
Eşitlik 14'de verilen $Komp_{çıkış}$ ve $Komp_{giriş}$, kompresörün giriş ve çıkış yüzey sıcaklık değerlerini, $Evap_{çıkış}$ ve $Evap_{giriş}$ ise evaporatörün giriş ve çıkış yüzey sıcaklık değerlerini temsil etmektedir. Önerilen çalışmada, R22, R438A ve R417A gazlarının kızılötesi görüntüleri üzerinde yukarıda ki dört bölge seçimi yapıldıktan sonra, elde edilen değerler Eşitlik 14'e uygulanmaktadır. Seçilen bölgelerde ortalama sıcaklık değeri esas alınmıştır.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

4.1. Öznitelik çıkartım yöntemi ile soğutma sistem performans deneysel sonuçları

MATLAB (MATrix LABoratory) 1985 yılında C.B Moler tarafından matematik ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiş olup, sayısal hesaplama, veri çözümleri ve

grafik işlemlerinde kullanılabilir genel amaçlı olmakla beraber, özel amaçlı modüler paketlere de sahip etkileşimli bir paket programlama dilidir [15]. MATLAB 'da problemler, komut satırında çalışan programlar yazarak çözülebileceği gibi, MATLAB GUI (Graphical User Interfaces) geliştirme aracını kullanarak, formlar ve butonlar gibi nesnelere oluşan görsel yazılımlar da oluşturulabilmektedir [16, 17]. Öznitelik Çıkartım Yöntemi (ÖÇY) olarak adlandırılacak olup, ara yüzü Şekil 5'de verilmiştir. Üzerinde çalışılan soğutma gazının kızılötesi görüntüsü yüklenerek, başlanmaktadır. Kızılötesi görüntüsünde yer alan sıcaklık bar göstergesinin alt ve üst sıcaklık değerleri girildikten sonra "Kes" butonuna basılır. "Kes" butonuna basılmasıyla görüntünün sol üst köşesi ve sağ alt köşesinden istenilen koordinat noktaları girilmektedir. Böylece deney setinin arka plan kısımları, sıcaklık bar göstergesi gibi istenilmeyen bölgeler kesilerek atılmaktadır. Ayrıca sözde renkli kızılötesi görüntü üzerinden her bir piksel için sıcaklık atama hesaplamaları bu bölümde yapılmaktadır. Bu işlemden sonra, kullanıcıdan kesilen görüntüyü kaç alt bölgeye ayırması gerektiği sorulur ve bunun için satır ve sütun bilgileri girilmektedir. Çalışma da bütün görüntüler 20x20 olmak üzere 400 alt bölge oluşturularak analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. "Bölütleme" butonuna basılmasıyla görüntü alt bölgeleri kırmızı çizgi ile belirlenmiş olarak ara yüzde, orta bölümde güncellenmektedir. İşlem hızını artırmak ve kullanıcının istediği bölgelere yoğunlaşmak için kullanıcıdan hangi bölgeleri istiyor ise o bölge numaraları girilerek, "Analize Başla" butonuna basılmaktadır. Seçilen bölgeler için standart sapma, entropi, kontrast, çarpıklık, maksimum, minimum, ortalama ve en yoğun sıcaklık öznitelik verileri elde edilmektedir. Ayrıca bölgelerin görüntüleri ve öznitelik eğrileri ara yüzün sol tarafında oluşmaktadır. ÖÇY, R22, R438A ve R417A gazları için 3 kızılötesi test görüntülerinde çalıştırılmıştır. Her bir test görüntüsü için 10 bölge belirlenerek 8 öznitelik elde edilmiştir. **Tablo 3**'ün sayısal sonuçlarına bakıldığında, gazların performans sonuçları için kesin bir sonuç cümlesi söylemek veya karşılaştırma yapmak zordur. Bunun için **Tablo 3**'de yer alan üç gazın öznitelik verileri ve belirlenen bölgeler için karşılaştırmalı kutu grafik çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kutu grafikleri değişkenin dağılım şeklini, merkez eğilimini ve yayılım düzeyini görmek ve bir değişkenin farklı kategorilerini birbiriyle karşılaştırmak için kullanışlı bir grafik türüdür. Bir veri setinin en küçük değer, alt çeyrek, ortanca, üst çeyrek ve en büyük değer olmak üzere beş sayılı özetini göstermektedir.

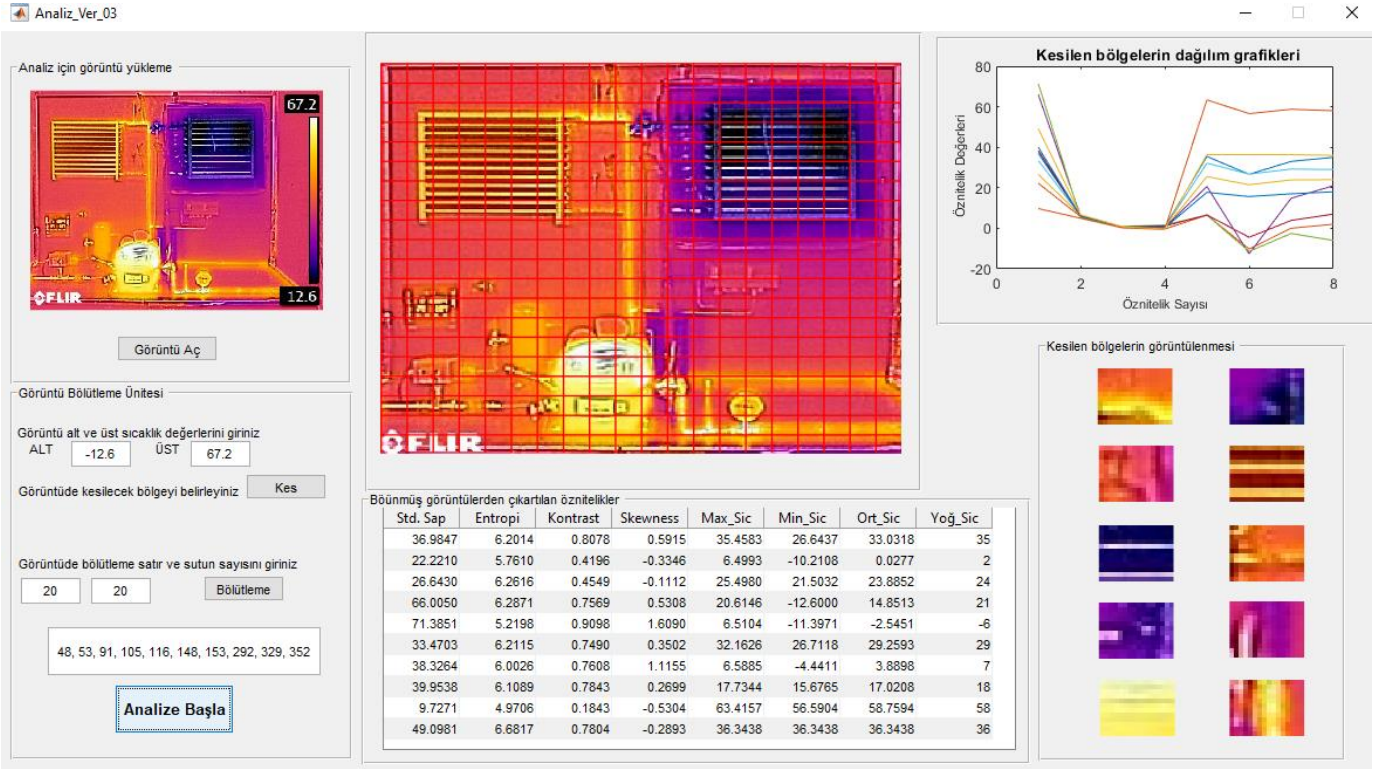


Şekil 6. Kutu grafiği ve bölümleri

Şekil 6'da görüldüğü gibi birinci çeyrekte üçüncü çeyreğe bir kutu çizilmektedir. Kutunun uzunluğu verilerin orta bölümlerde yayılma özelliğini vermektedir. Ortanca değer kutudan düşey bir çizgi ile geçmektedir. Verinin uç değerleri kolaylıkla görülmekte olup kutudan bu noktalara çizilen çizgi ile gösterilmektedir. Şekil 7'de görüldüğü gibi ÖÇY de

belirlenen bölgeler karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Her bir bölge görüntüsünün bütün gazlarda birbirlerine çok benzer olmaları yapılan görüntü alma ve bölgelerin elde edilme süreçlerinin hassas ve doğru yapıldığını göstermektedir. Şekil 7.'de verilen görsel karşılaştırma, aynı şekilde Tablo 3.'de verildiği üzere sayısal karşılaştırmada olduğu gibi, performans karşılaştırmaları veya benzerlikleri için bilimsel

bir sonuç elde etme yönünden yeterli değildir. Bunun için Şekil 7. ve Tablo 3. gazların performans karşılaştırmalarının görüntülerden alınan verilerin analiz edilerek gerçekleştirilebileceği sonucunu vermektedir.



Şekil 5. Matlab GUI öznelik çıkartım yöntemi ara yüzü

Tablo 3. Kullanılan gazların öznelik verileri

Kullanılan Gaz	Bölge No	Standart Sapma	Entropi	Kontrast	Çarpıklık	Maksimum Sıcaklık (°C)	Minimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğun Sıcaklık (°C)
R22	1	36,6833	6,1615	0,8078	0,5668	35,3073	26,6688	33,1339	35
	2	22,0723	5,6714	0,4157	-0,4939	6,4720	-8,3904	0,9701	3
	3	26,8951	6,1363	0,4824	-0,2508	25,3572	24,5039	24,8075	25
	4	66,0363	6,2439	0,7529	0,5303	20,6042	-12,6000	15,4080	21
	5	72,5085	5,3650	0,9098	1,4670	8,0104	-11,3111	-1,7654	8
	6	33,3421	6,1935	0,7373	0,3995	32,4176	26,5357	28,8928	29
	7	39,0315	5,7217	0,7333	1,3231	6,3277	-4,4732	3,5585	6
	8	41,1147	5,9001	0,7569	0,3608	18,0521	15,5177	17,2708	18
	9	9,7317	5,0100	0,1843	-0,5107	63,2381	56,5474	58,8153	58
	10	53,2030	6,7760	0,7882	-0,1830	36,2240	36,2240	36,2240	36

R438A	1	38,0885	6,4576	0,7098	-0,1814	32,5208	25,7958	31,6172	33
	2	27,5112	5,7803	0,6235	0,0182	9,4731	-9,4249	-0,0100	2
	3	26,2515	6,1035	0,5804	0,0342	26,4944	19,6666	21,4126	20
	4	80,8172	5,3689	0,8392	0,6535	16,3646	-11,0000	8,7909	16
	5	62,4135	5,7927	0,8157	1,3845	5,1563	-8,0589	-1,4210	5
	6	34,1888	6,1954	0,7176	-0,3053	32,4003	25,5389	27,1124	26
	7	42,9209	5,8744	0,7569	1,2369	9,3270	-4,4058	6,0444	7
	8	39,6146	5,2852	0,7465	0,3512	18,0402	13,2177	17,2452	18
	9	24,7249	5,1750	0,5059	-2,1834	48,4942	45,4583	46,1272	45
	10	47,9484	6,7031	0,7804	0,0820	28,3229	19,5795	27,2729	28
R417A	1	34,6510	6,1051	0,6667	0,6263	29,9792	24,5244	28,7198	30
	2	18,0584	5,3165	0,3569	-0,2330	9,4902	-5,3404	3,9494	4
	3	26,0992	6,1373	0,4078	-0,0354	20,4905	12,5472	17,4716	17
	4	66,9122	6,3828	0,7725	0,1575	23,1719	-10,1000	18,4552	23
	5	46,9458	5,4537	0,7176	1,4172	2,5052	-6,9146	-1,3101	-1
	6	32,6906	6,1934	0,7333	0,4949	28,1146	25,5027	27,4975	28
	7	35,1863	5,8219	0,7529	1,5207	5,2708	-1,8404	3,2072	5
	8	29,0314	5,7603	0,6196	0,2096	13,3907	8,9304	11,7171	13
	9	11,8201	4,9199	0,2706	-0,5267	51,4177	47,5103	48,2992	48
	10	54,9558	6,7278	0,7686	-0,0582	26,8125	26,8125	26,8125	27

Belirlenen Bölge No	R22	R438A	R417A
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Şekil 7. Üç gazın belirlenen bölge kızılötesi görüntüleri

Şekil 8 'de kullanılan 3 gazın 8 öznitelik değeri yönünden karşılaştırmalı kutu grafiklerine yer verilmiştir. **Şekil 8** a, c, e, f ve g ortalama yönünden, **Şekil 8** b, d, e, f ve h alt ve üst çeyrek yönünden, **Şekil 8** c, d, g ve h üst limit yönünden, **Şekil 8** d, e, f, g ve h alt limit yönünden R22 ve R438A birbirlerine çok yakındır. Özellikle standart sapma, entropi, maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık öznitelik verileri R22 ve R438A gazlarının birbirlerine benzer olduğunu göstermektedir. Ayrıca çarpıklık ve en yoğun sıcaklık öznitelik değerleri bakımından R438A ile R417A birbirine benzer, kontrast öznitelik karşılaştırmasında R417A ile R22 birbirine benzer çıkmıştır. Sonuç olarak, öznitelik veri karşılaştırmasında R22 gazı performans sonuçları R438A'ya daha yakındır. ÖÇY'nin uygunluğunu ve performansını daha iyi test etmek amacıyla bölgelerin üç gaz için karşılaştırılması **Şekil 9**'da yapılmıştır.

Grafikler incelendiğinde R22 gaz sonuçlarının 2, 4, 5, 7 ve 9. bölgelerde daha normal bir dağılıma sahip olduğu, buna karşın 1, 3 ve 6. bölgelerde görüldüğü gibi, R438A gazının öznitelik değerlerinin daha yüksek rakamlarda toplandığı tespit edilmiştir. Yani 5 bölge için R22, 3 bölge için R438A gazının daha başarılı oldukları görülmektedir. **Şekil 9** 1, 2, 3, 4, 6 ve 8. bölgeleri için R22 ve R438A gazları, **Şekil 9** 7 ve 9. bölgeleri için ise R22 ve R417A gazları birbirlerine yakın performans göstermişlerdir. Ayrıca **Şekil 9** 10. bölge için R438A ve R417A gazları benzer ve **Şekil 9** 5. bölge için ise üç gazda birbirine yakın performans göstermişlerdir. **Şekil 9**'da ki ÖÇY 'nin bölgesel görsel sonuçlarına göre, sırasıyla R22, R438A ve R417A performans sıralaması yapılabilir. Ek olarak bölgesel performans benzerliğinde R22 gazına en yakın gaz R438A çıkmıştır.

4.2. COP yöntemi ile soğutma sistem performans deneysel sonuçları

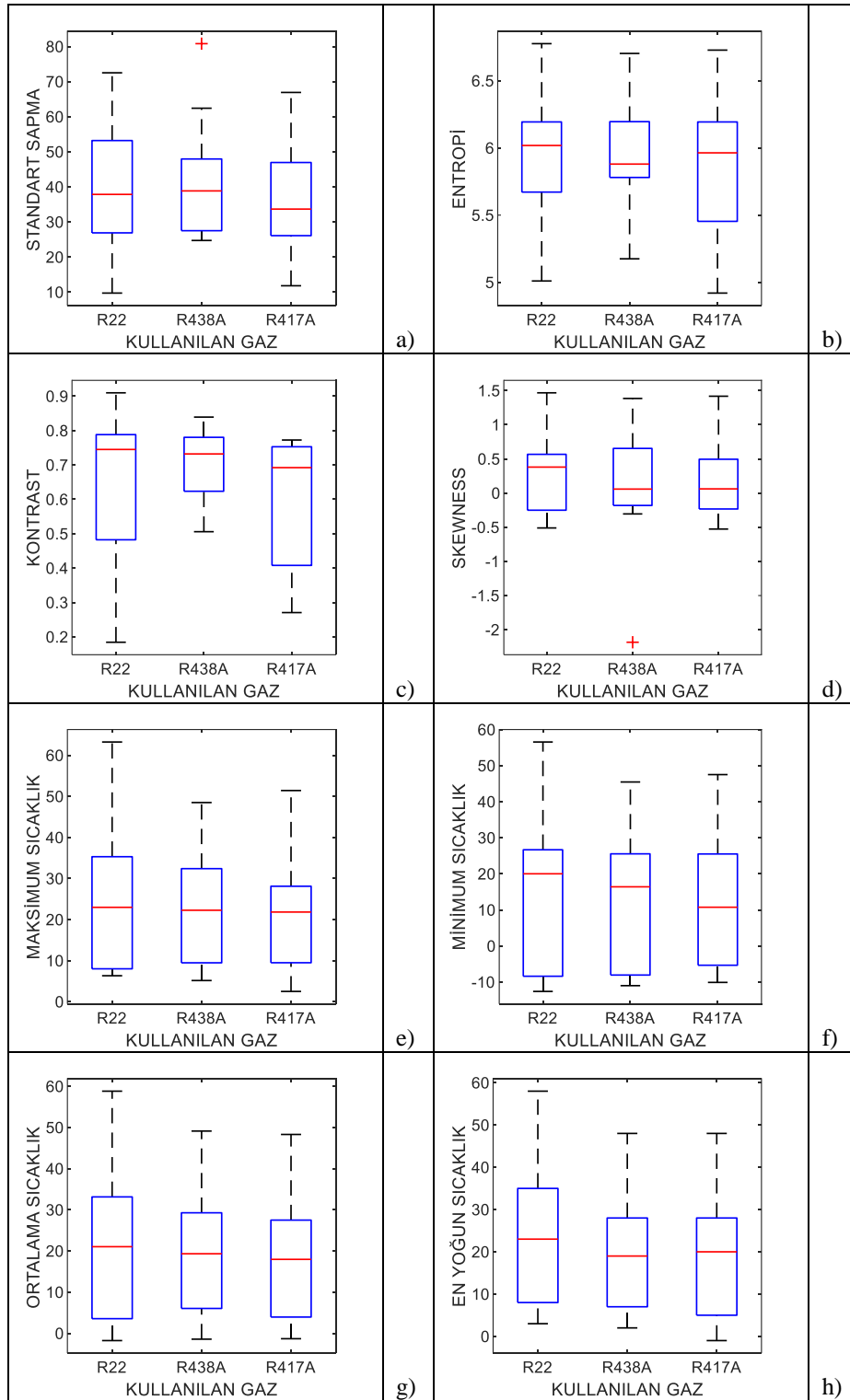
COP yöntemi ile soğutma sistem performans ara yüzü **Şekil 10**'da verilmiştir. ÖÇY yönteminde olduğu gibi COP yöntemin kızılotesi görüntülerin analiz işlemine sokulması için ön hazırlık çalışmaları yer almaktadır. COP yönteminde evaporatör giriş ve çıkış ile kompresör giriş ve çıkış

bölgeleri için bölümlenmiş görüntü üzerinden bölge numaraları girilmelidir. “Analize Başla” butonuna basıldıktan sonra, ara yüzün sol alt tarafında ilgili gazın COP değeri yazılmaktadır. Ayrıca üzerinde çalışılan dört bölge görüntüsü ve hesaplamaya katılan sıcaklık değerleri tablo halinde sol kısımda oluşmaktadır.

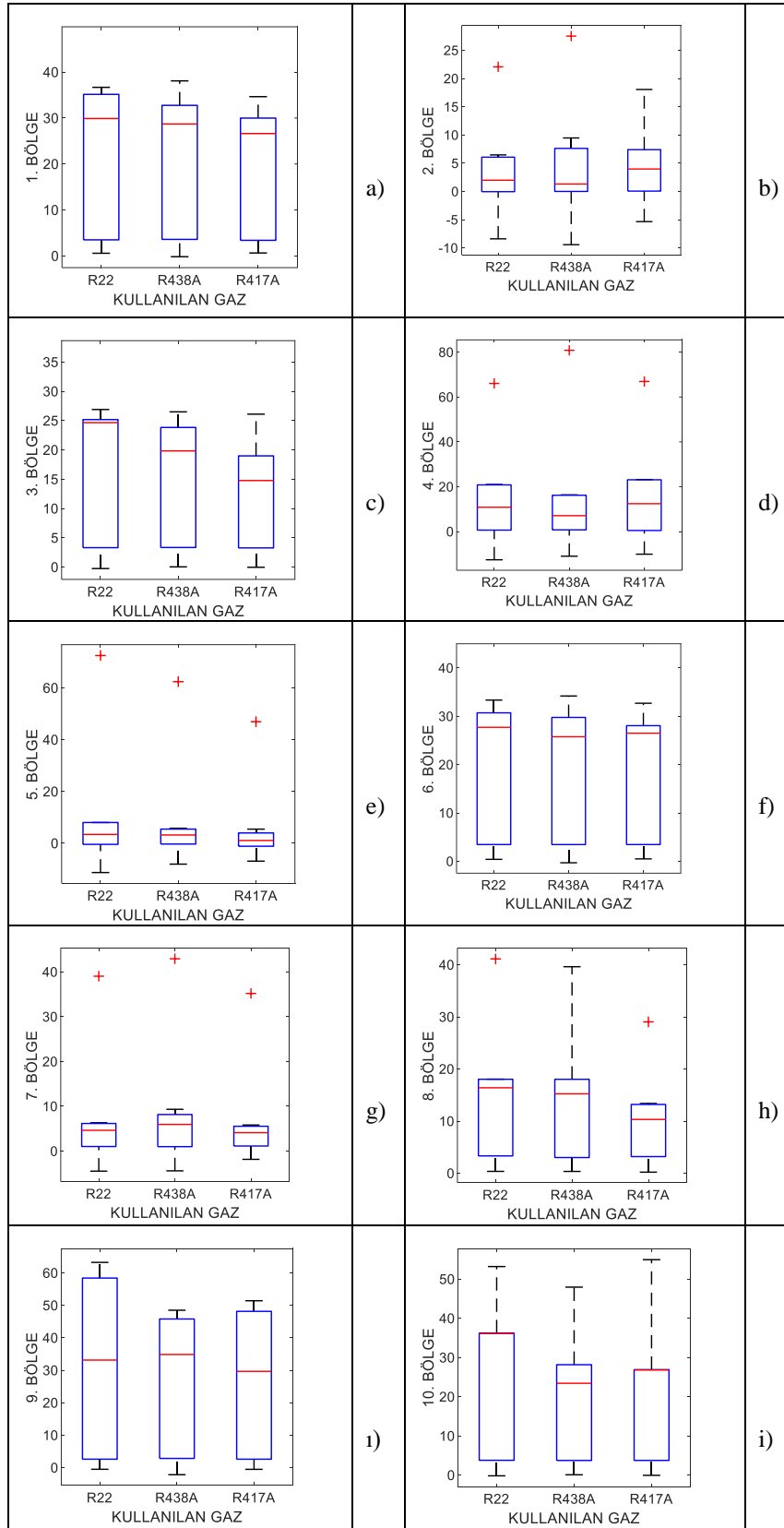
Tablo 4. Kullanılan gazların COP sonuçları

Gaz	Bölge	Sıcaklık (°C)	COP
R22	Evaporatör Giriş	-2,3791	3,6231
	Evaporatör Çıkış	1,9503	
	Kompresör Giriş	18,7736	
	Kompresör Çıkış	34,4593	
R438A	Evaporatör Giriş	-2,4081	3,5653
	Evaporatör Çıkış	1,1318	
	Kompresör Giriş	17,4287	
	Kompresör Çıkış	30,0493	
R417A	Evaporatör Giriş	-3,2319	2,9617
	Evaporatör Çıkış	1,1500	
	Kompresör Giriş	12,4807	
	Kompresör Çıkış	25,4585	

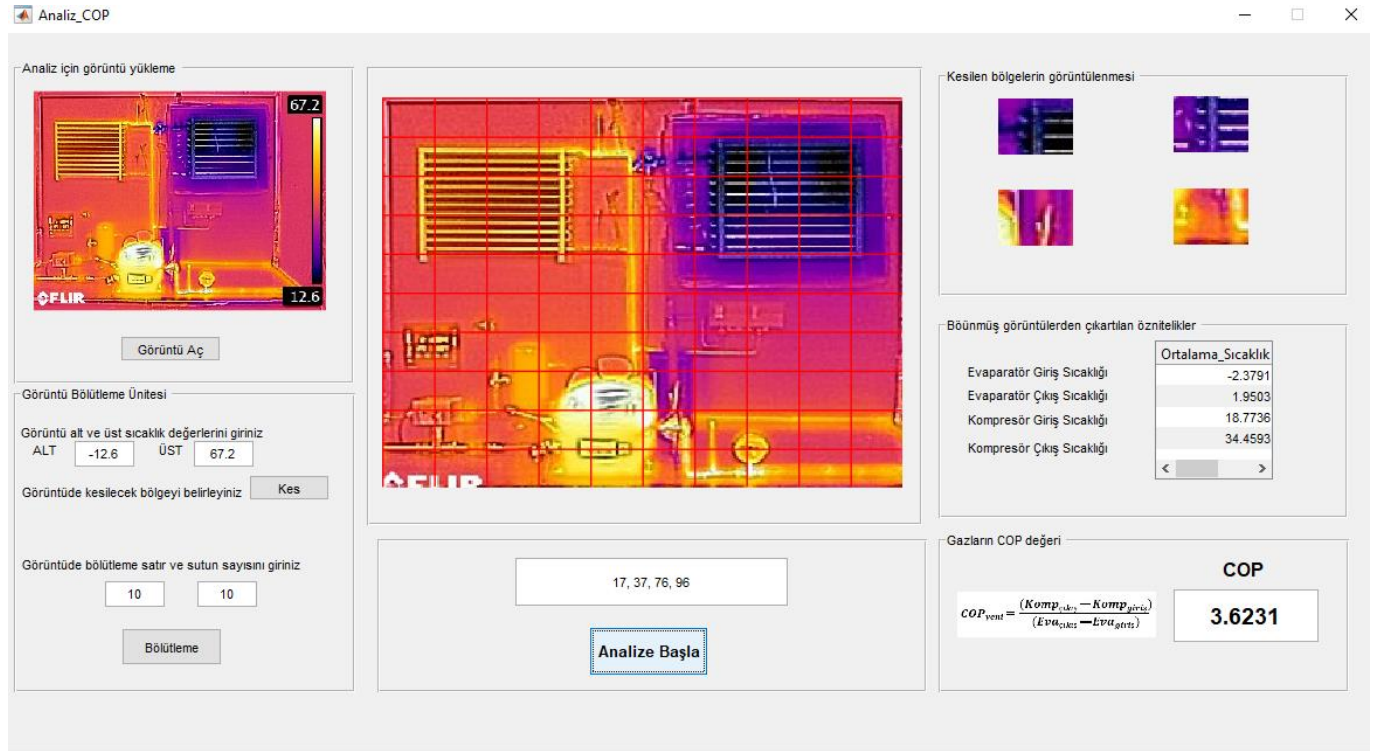
COP, R22, R438A ve R417A gazları için 3 kızılotesi test görüntülerinde çalıştırılmıştır. Her bir test görüntüsü için 4 bölge üzerinden COP değeri hesaplanmıştır. **Tablo 4**'ün sayısal sonuçlarına bakıldığında, üç gazda birbirine yakın performans göstermişlerdir. COP'un sayısal sonuçlarına göre, sırasıyla R22, R438A ve R417A performans sıralaması yapılabilir. Ek olarak bölgesel performans benzerliğinde R22 gazına en yakın gaz R438A çıkmıştır.



Şekil 8. Üç gazın öznitelik verileri yönünden karşılaştırmalı kutu grafikleri



Şekil 9. Üç gazın belirlenen bölge verileri yönünden karşılaştırmalı kutu grafikleri



Şekil 10. Matlab GUI öznetelik çıkartım yöntemi ara yüzü

5. SONUÇ

Bu çalışmada, R22 akışkanına alternatif olan ve ozon tabakasına dost R417A ve R438A akışkanlarının ticari soğutma sistemlerine yönelik performans analizi önerilmiştir. Matlab GUI ara yüzü ve kızılötesi görüntüleme kullanılarak öznetelik veri elde edinimi ve yeni bir COP soğutma etkinlik katsayısı olmak üzere iki yöntem kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, kızılötesi görüntüleme sayesinde soğutma sisteminin başarılı bir şekilde uzaktan performans analizinin gerçekleştirilebileceği ispatlanmıştır. Öznetelik veri elde ediniminde, standart sapma, entropi, maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri R22 ve R438A gazlarının birbirlerine benzer olduğunu göstermektedir. Ayrıca yeni COP'un sayısal sonuçlarına göre, sırasıyla R22 (3,6231), R438A (3,5653) ve R417A (2,9617) performans sıralaması yapılmıştır. Geliştirilen kızılötesi görüntü işleme ile performans testi uygulamasında çalıştırılabilirliği ortaya konmuştur. Yapılan çalışmada kullanılan kızılötesi görüntüleme ile sensor montajı, maliyeti ve kablolama problemi ortadan kaldırılmış, ara yüz özelliği ile daha görsel hale getirilmiştir. Sistem için geliştirilen yazılım, kullanıcı için kolay programlanabilir özellikte olup, eş zamanlı kayıt ve grafik çizim özelliklerine sahiptir. Çalışmanın sonunda, R22 soğutucu akışkanına alternatif olarak geliştirilen R417A ve R438A akışkanlarından, R438A akışkanının daha yüksek COP değerine sahip olduğu görülmüştür. İncelenen 3 akışkan için R22 akışkanına en iyi alternatifin R438A olduğu tespit edilmiştir. Ticari tip soğutma sistemlerinde kullanılacak en uygun alternatif soğutucu akışkan belirlenmiştir. Sensörsüz uzaktan algılamanın bu sistemlere uygulanması ve sistem

performansı, insan gücü maliyetini ile zaman tasarrufunu elde edilerek sağlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmamız Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi (No: 2019.21.02.983) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1]. C. C. Allgood ve C. C. Lawson, "Performance of R-438A in R-22 refrigeration and air conditioning systems," International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, Indiana, 2010.
- [2]. M. Baraz, "Alternatif soğutucu kullanılan doğrudan genleşmeli soğutma sistemlerinde evaporatör ve kondenser kapasitesine etki eden parametrelerin incelenmesi," Doktora Tezi, 2011.
- [3]. Bock Compressor, "Alternative Refrigerants Information on use of R22," 7 Nisan 2020. URL: http://www.bock.de/media/files/PDF/Produktinformat ionen/96151_Alternative-refrigerants_R22_Gb.pdf.
- [4]. A. Ergün, A. E. Gürel ve İ. Ceylan, "Ticari tip soğutma sistemlerinde R22 akışkanının alternatifi olarak R438A ve R417A akışkanlarının performansının incelenmesi," Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, cilt 6, no. 4, pp. 824-833, 2018.
- [5]. A. La Rocca, V. La Rocca, A. Messineo ve D. Panno, "Use of HFC fluids as suitable replacements in low-temperature refrigeration plants," Journal of Engineering and Applied Sciences, cilt 9, no. 1, pp. 74-79, 2014.

- [6]. Z. Cingiz, F. Katırcıoğlu, Y. Çay ve A. Kolip, "Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sisteminde R22 Alternatifi Soğutucu Akışkanların Termodinamik Analizi," *Politeknik Dergisi*, 2020.
DOI: 10.2339/politeknik.548115
- [7]. M. Çalışan ve İ. Türkoğlu, "Termal Kameralar ve Uygulamaları," *Elektrik-elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, FEED 2011, Elazığ*, 2011.
- [8]. M. Weinmann, J. Leitloff, L. Hoegner, B. Jutzi, U. Stilla ve S. Hinz, "Thermal 3D mapping for object detection in dynamic scenes," *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, cilt 2, no. 1, p. 53, 2014.
- [9]. F. Katırcıoğlu, Y. Çay ve Z. Cingiz, "Infrared image enhancement model based on gravitational force and lateral," *Infrared Physics and Technology*, cilt 100, pp. 15-27, 2019.
- [10]. Climalife IDS Refrigeration Limited, "HFC Refrigerants," URL: <https://www.climalife.co.uk/refrigerants-hfc-refrigerants>. [Erişildi: 12 Nisan 2020].
- [11]. Jiang, H., Zeng, L., ve Bi, B., "A comprehensive method of contour extraction for industrial computed tomography images," *Optics and Lasers in Engineering*, 51(3), 286-293, 2013.
- [12]. Duan, L., Yao, M., Wang, J., Bai, T., ve Zhang, L., "Segmented infrared image analysis for rotating machinery fault diagnosis," *Infrared Physics & Technology*, 77, 267-276, 2016.
- [13]. Barbieri, A. L., De Arruda, G. F., Rodrigues, F. A., Bruno, O. M., ve da Fontoura Costa, L., "An entropy-based approach to automatic image segmentation of satellite images," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(3), 512-518, 2011.
- [14]. Simone, G., Pedersen, M., ve Hardeberg, J. Y., "Measuring perceptual contrast in digital images," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 23(3), 491-506, 2012.
- [15]. T. Haigh, "Cleve Moler: Mathematical software pioneer and creator of Matlab," *IEEE Annals of the History of Computing*, 30(1), 87-91, 2008.
- [16]. The MathWorks, Inc., "Creating graphical user interfaces," The MathWorks, Nantick, MA, 2002.
- [17]. F. Katırcıoğlu, "Real-time infrared image processing for control and monitoring of greenhouse system," *Journal of Applied Remote Sensing*, cilt 14, no. 2, p. 026503, 2020.