

Yeni Nesil Soğutucu Akışkan: R32*

Dr. Andaç YAKUT
a.yakut@daikin.com.tr
Daikin Türkiye, Kurumsal Planlama Departmanı

ÖZET

Soğutucu akışkan seçimi, enerji verimliliğini en üst düzeye çıkarmak ve sistemlerin küresel ısınma etkilerini en aza indirmek için önemli bir faktördür.

Bu çalışmada; düşük küresel ısınma potansiyeline sahip alternatif akışkanlardan biri olan R32 soğutucu akışkanının (Küresel Isınma Potansiyeli - GWP=675¹) fiziksel özellikleri, 'Yaşam Süreci İklim Performansı" (LCCP) değerinin diğer alternatif akışkanlar ile karşılaştırılması, yanıcılık özelliği ve ilgili standartlar incelenmiş olup, kendi soğutucu akışkanını ve kompresörünü üreten dünyanın önde gelen klima üreticisi Daikin'in yakın zamanda piyasaya süreceği, Avrupa'nın R32 soğutucu akışkanı içeren ilk havadan havaya konut tipi ısı pompası hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: R32, A2L, Düşük GWP, LCCP, HFC, HCFC, CFC.

1. GİRİŞ

Soğutma sektöründe soğutucu akışkan olarak kullanılan kloroflorokarbon (CFC) ve hidrokloroflorokarbonların (HCFC) zaman içerisinde atmosfere karışması atmosferde sera etkisinin artmasına ve ozon tabakasının tahribatına sebep olmuştur. Canlıları zararlı güneş ışınlarından koruyan ozon tabakası, soğutucu maddelerin yapısında bulunan klor, flor ve brom atomlarının serbest kalıp zayıf ozon moleküllerini parçalamasıyla tahrip olmaktadır.

Ozon tabakası ve çevre üzerine etkisi olan soğutucu maddeleri dört ana gruba ayırmak mümkündür.

1. Bromoflorokarbonlar (Halonlar):

Karbon, flor, brom veya klordan oluşan bileşiklerdir. Bu grupta yer alan maddelere örnek olarak Halon1301 (R13B1) verilebilir. Halonlar ozon tahribatına katkıları en fazla olan maddelerdir.

2. Kloroflorokarbonlar (CFC):

Klor, flor ve karbonlardan oluşan bileşiklerdir. Ozon tahribatına katkıları halonlardan sonra en fazla olan soğutucu maddelerdir. Örnek olarak R11 ve R12 verilebilir.

3. Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC):

Klor, flor, hidrojen ve karbon içeren bileşiklerdir. Ozon tahribatları düşük olmakla birlikte oldukça yüksek sera etkisine (küresel ısınma potansiyeli) sahiptirler. Bu grupta yer alan maddelere örnek olarak R22 verilebilir.

4. Hidroflorokarbonlar (HFC):

Hidrojen, flor ve karbon içeren bileşiklerdir. Ozon tabakası üzerinde tahrip edici etkileri yoktur, fakat küresel ısınma potansiyeline sahiptirler.

Ozon tabakasının tahribatını önlemek amacıyla 1987 yılında 43 ülke tarafından Montreal Protokolü imzalanmıştır. Bu protokole göre tüm ülkeler ozon tahribatı yaptığı tespit edilen soğutucu maddelerin üretim ve tüketimini azaltacak ve belirli bir takvim içerisinde sonlandıracaklardır [1].

¹Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report



Montreal protokolü çerçevesinde ozon tahribatına olan büyük etkisi sebebiyle ilk önce CFC grubu akışkanların kullanımı sonlandırılmıştır. Daha sonra CFC'lerin alternatifi olan ve daha az ozon tahribatına sahip olan HCFC grubu akışkanların kullanımı yaygınlaşmıştır. Yine Montreal protokolü çerçevesinde HCFC grubu soğutucu akışkanların kullanımının da belirli bir takvim çerçevesinde sonlandırıp azaltılması ve ozon tabakasına hiç 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 (GWP) düşük olan alternatif soğutucu akışkan arayışları sürmektedir. Bu çalışmada ise son zamanlarda oldukça ilgi çeken ve üzerinde yoğun çalışmalar yapılan HFC grubundan R32 soğutucu akışkanı incelenmiştir.

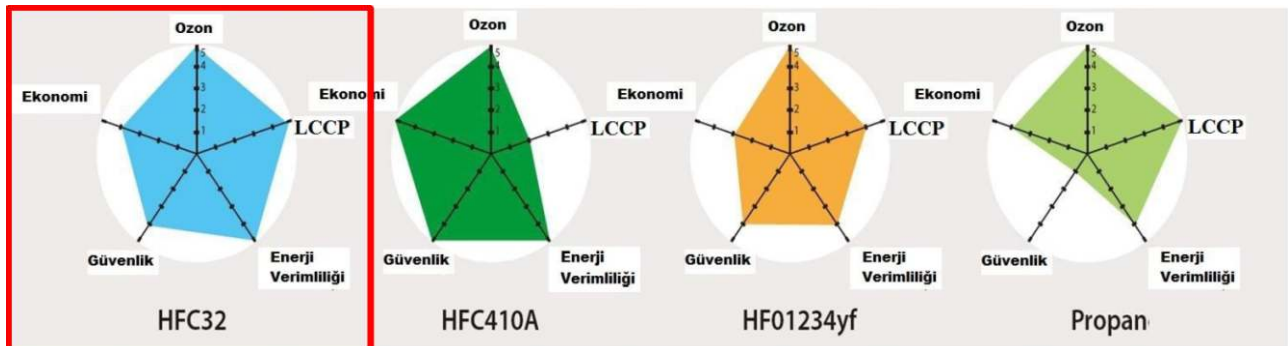
2. R32 EN DENGELİ ÇÖZÜM

Alternatif soğutucu akışkan arayışında; akışkanın ozon tüketme potansiyeli (ODP), küresel ısınma potansiyeli (GWP), enerji verimliliği, güvenlik, ekonomiklik gibi birçok faktör etki eder. Bu faktörleri tam anlamıyla karşılayan mükemmel bir akışkan henüz yoktur. Seçim yaparken bütün bu faktörleri en uygun şekilde karşılayacak, en dengeli seçimi yapmak önemlidir.

Kendi soğutucu akışkanını ve kompresörünü üreten dünyanın önde gelen klima üreticisi Daikin, yaptığı araştırmalar sonucunda düşük küresel ısınma potansiyeline sahip alternatif akışkanlar arasından R32'nin en dengeli çözüm olduğu sonucuna varmıştır (Şekil 1). Bu sonuçtan sonra Daikin, R32 soğutucu akışkanını ve bu akışkan için özel olarak geliştirdiği kompresörü konut tipi klimalara adapte ederek, 27 Eylül 2012'de dünyanın ilk R32 soğutucu akışkanını içeren klimasını Japonya pazarına sunmuştur.

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. Genel olarak R32[2];

- ♦Ozon Tabakasına zarar vermez (ODP=0)
- ♦Küresel Isınma Potansiyeli GWP=675¹'dir.
- ♦R410A'ya göre daha az küresel ısınma etkisine (LCCP) sahiptir.
- ♦R410A'ya göre daha yüksek enerji verimliliğine sahiptir.
- ♦Diğer soğutucu akışkanlara göre daha az soğutucu akışkan kullanımı mümkündür.
- ♦Daha kompakt tasarım mümkündür.
- ♦Düşük yanıcılık özelliğinden dolayı birçok uygulamada güvenli kullanım sağlar.
- ♦R410A'nın bir bileşeni olduğu için R32 üretim kapasitesi mevcuttur.
- ♦Tek bileşenli bir akışkan olduğu için geri dönüşümü ve yeniden kullanımı kolaydır.
- ♦Gelişmekte olan ülkeler için ekonomiktir.



Şekil 1. R32 En Dengeli Çözüm [2].

3. R32 VE R410A'NIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Günümüzde konut tipi klimalarda oldukça yaygın olarak kullanılan R410A soğutucu akışkanının fiziksel özelliklerinin R32 soğutucu akışkanının fiziksel özellikleriyle karşılaştırılması Tablo 1'de verilmiştir (Refprop 7).

Tablo 1. R32 ve R410A Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması

Parametre	Birim	R410A		R32	
Kritik Sıcaklık	°C	70,116		78,105	
Sıcaklık	°C	43,33	10	43,33	10
Doymuş Buhar Basıncı	MPa	2,6114	1,0811	2,6858	1,1069
Sıvı yoğunluğu	kg/m ³	957,83	1129,6	876,09	1019,7
Buhar yoğunluğu	kg/m ³	113,95	41,769	80,779	30,232
Gizli Isı	kJ/kg	148,08	203,52	228,49	298,92
Sıvı özgül ısısı	kJ/kg.K	1,9961	1,5618	2,2379	1,8056
Buhar özgül ısısı	kJ/kg.K	2,0019	1,2438	2,1312	1,3667
Sıvı ısı iletkenlik	mW/m.K	112,29	109,48	119,53	146,65
Sıvı Viskozite	uPa.s	105,16	146,66	93,647	140,26
Buhar Viskozite	uPa.s	15,493	12,859	14,458	11,976

Tablo 1'de görüldüğü üzere R32'nin R410A'ya göre teorik fiziksel üstünlükleri [3];

- ♦R410A'ya göre %8 daha yüksek kritik sıcaklığa sahiptir; yüksek ortam sıcaklıklarında daha iyi performans.
- ♦R410A'ya göre benzer basınç ve basınç oranı; sistemde önemli değişiklikler yapmadan R410A kullanılan sistemde R32 kullanımına olanak sağlar.
- ♦R410A'ya göre %9 daha az sıvı yoğunluğu; sistemde daha az akışkan gereksinimi.
- ♦R410A'ya göre %28 daha az buhar yoğunluğu ve daha az kütleli debi; %50 oranında daha düşük bir basınç düşümü beklenir.
- ♦R410A'ya göre %41 daha fazla sıvı ısı iletkenliği, aynı kütleli debide daha yüksek ısı transfer katsayısı.
- ♦Daha az akışkan gereksinimi sayesinde ısı değiştiricilerin optimize edilerek küçültülme olanağı.

4. OZON TÜKETME POTANSİYELİ (ODP) VE KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİ (GWP)

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.

Soğutucu akışkanlar atmosfere salındığında Stratosfer tabakasına ulaşırlar. Burada güneşten gelen ultraviyole ışınlarına maruz kalarak bileşenlerine ayrışırlar. Örneğin R22 bileşenlerine ayrıldığında klor atomları ortaya çıkar ve bu serbest klor atomları oldukça zayıf bağlara sahip olan ozon molekülleri ile reaksiyona girerek oksijen molekülleri açığa çıkar ve böylece ozon tabakasının tahribatına neden olurlar. Ozon tabakasında tahribatın artmasıyla zararlı ultraviyole ışınları dünya yüzeyine ulaşmakta ve böylece deri kanseri ve benzeri problemler ortaya çıkmaktadır.

Örnek vermek gerekirse R22'nin ODP değeri 0,05 iken, R32 ve R410A klor ve brom içermediğinden dolayı bu soğutucu akışkanların ODP değeri 0'dır.

Küresel Isınma Potansiyeli (GWP), soğutucu akışkanların veya benzer gazların küresel ısınmaya (sera etkisine) olan katkısını gösterir.

Güneşten gelen ışınlar sayesinde ısınan dünya, bu ısının bir miktarını geri yayar. Atmosferdeki bazı gazlar, seralarda bulunan camlar gibi davranarak güneşten gelen enerjinin girmesine izin verir fakat kaçmasına da engel olurlar.

Su buharı gibi bazı sera gazları (en fazla bulunan sera gazı) atmosferde doğal olarak bulunmaktadır. Eğer bu gazlar olmasaydı dünyamızın ortalama sıcaklığı yaşanamayacak seviyede olurdu (15°C yerine -18°C seviyelerinde). Fakat insanların aktiviteleri sonunda atmosfere çok fazla miktarda sera gazı salındığından bu, sera etkisini ve küresel ısınmayı arttırmaktadır.

Soğutucu akışkanın GWP değeri, akışkanın atmosfere salınması halinde küresel ısınmaya olan etkisini gösterir. Bu değer CO₂ referans alınarak 100 yıllık bir süreye göre belirlenmektedir. CO₂ için bu değer 1.0'dır.

Örneğin; R410A için GWP değeri 2088¹ iken, R32 için GWP değeri 675¹'dir.

5. TOPLAM EŞDEĞER ISINMA ETKİSİ (TEWI) VE YAŞAM SÜRECİ İKLİM PERFORMANSI (LCCP)

Yakın zamana kadar soğutma ve iklimlendirme ekipmanlarının küresel ısınmaya etkisi "Toplam Eşdeğer Isınma Etkisi (TEWI)" modeli ile değerlendiriliyordu. Bu model, soğutma sistemi içindeki soğutucu akışkanın küresel ısınma üzerindeki etkisini ikiye ayırmıştır.

Bunlardan birincisi atmosfere olan akışkan emisyonundan kaynaklanan direkt etki, ikincisi ise ekipman tarafından harcanan enerjiden kaynaklanan dolaylı etkidir. Direkt etki, her soğutucu akışkan için belli olan GWP değeri ile atmosfere yayılan akışkan miktarının çarpımıyla bulunur. Dolaylı etki ise ekipmanın kullandığı elektrik enerjisinin üretimi safhasında meydana gelen CO₂ emisyonları ile hesaplanır.

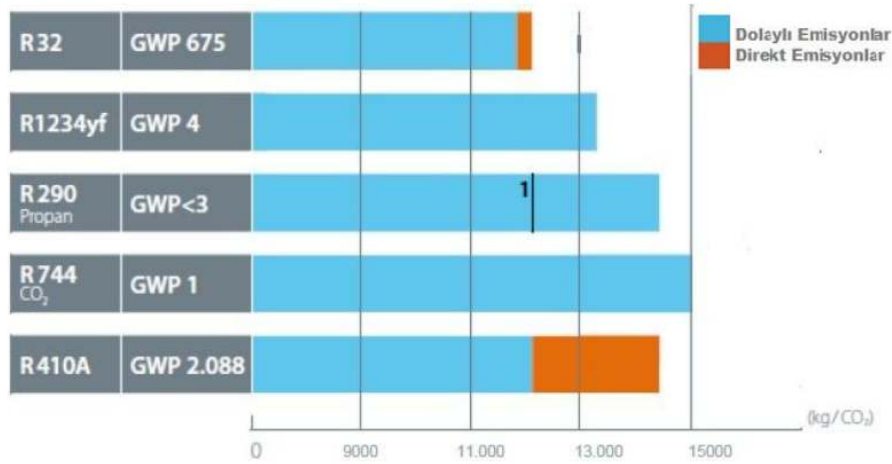
TEWI, kg CO₂ emisyon olarak ifade edilip hem direkt hem de dolaylı etkilerin toplamından oluşur ve soğutma ve iklimlendirme ekipmanlarının küresel ısınmaya etkisini gösteren bir ölçüm sağlar [4].

Bugünlerde ise daha hassas bir model araştırmacı çevrelerce kabul görmektedir. Bu model, ekipmanın ömrü sonunda devreden çıkarılmasıyla küresel ısınmaya olan etkisini ve kullanılan soğutucu akışkanın üretimi sırasında harcanan enerjinin etkisini de göz önüne alır. Bu daha hassas ve gelişmiş olan model "Yaşam Süreci İklim Performansı (LCCP)" olarak adlandırılır (Şekil 2). Buna aynı zamanda akışkanın "küresel ısınma etkisi" de diyebiliriz.



Şekil 2. LCCP [3]

Şekil 3'deki grafikte havadan havaya konut tipi ısı pompaları için çeşitli akışkanlar kullanılarak yapılan LCCP analizi sonuçları görülmektedir. Grafikten de görüldüğü üzere yüksek enerji verimliliğinden dolayı, R32 içeren ısı pompasının LCCP değeri, çok düşük GWP değerlerine sahip olan akışkanları içeren ısı pompalarının LCCP değerlerinden daha düşüktür. Buradan, R32 içeren ısı pompasının küresel ısınmaya ve çevreye olan etkisinin diğer akışkanları içeren ısı pompalarından daha az olduğu sonucuna varılabilir. Dolayısıyla alternatif akışkan seçiminde akışkanların çevresel etkilerini değerlendirirken akışkanların sadece GWP değerlerine bakarak yorum yapmak yanlış olur. Akışkanın yaşam sürecini (ömürünü) içeren LCCP analizinin yapılması değerlendirme aşamasında zorunludur [2].



Hesaplar: 3,5 kW havadan havaya ısı pompası, sezonsal verimlilik hesabı Ecodesign Lot10'a göre ortalama iklim koşulları, elektrik faktörü 0,43 kg/kWh'e göre, ömür 12 yıl, yıllık soğutucu akışkan emisyonu %5, ömür sonu emisyonu %70 baz alınarak hesaplanmıştır.

Not 1: Daha fazla miktarda R290 eklenerek daha yüksek enerji verimliliği elde edilebilir fakat akışkan miktarı IEC güvenlik standardına göre sınırlandırılmıştır.

Şekil 3. Alternatif Akışkanlar için LCCP Analizi [2]

6. R32 YANICILIK ÖZELLİĞİNE SAHIPTİR, PEKİ NE KADAR YANICI?

R32 düşük yanıcılık özelliğe sahiptir ve birçok uygulamada güvenli olarak kullanılabilir. Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHRAE) soğutucu akışkanları yanıcılık özellikleri bakımından 3 ana sınıfa ayırmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Yanıcılık Sınıfları

	Sınıf A: Zehirlilik Yok	Sınıf B: Yüksek Zehirlilik
Sınıf 3: Yüksek Yanıcılık	A3 (Örnek: propan)	B3
Sınıf 2: Düşük Yanıcılık	A2	B2
	A2L (Örnek: R32)	B2L (Örnek: amonyak)
Sınıf 1: Yanıcılık Yok	A1 (Örnek: R410A/R22)	B1

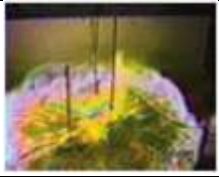



- ♦ Sınıf 1: Yanıcı değil
- ♦ Sınıf 2: Düşük yanıcılık
- ♦ Sınıf 3: Yüksek yanıcılık

Ayrıca zehirlilik özelliği bakımından soğutucu akışkanlar 2 sınıfa ayrılmıştır.

- ♦ Sınıf A: Zehirli olmayan
- ♦ Sınıf B: Zehirli olan

Uzmanlar, yanıcılık özelliğine sahip soğutucu akışkanların kullanılabilirliğini 10 yıldan daha uzun süredir araştırmaktadırlar. Yapılan araştırmalar sonucunda, uygun şekilde kullanıldıklarında birçok uygulamada kullanılacak oldukça düşük yanıcılık özelliğine sahip soğutucu akışkanların olduğuna karar vermişlerdir. Bunun sonucunda "Sınıf 2L" denilen yeni bir yanıcılık sınıfı oluşturulmuştur. Bu sınıf yanma hızı 10 cm/s'den daha düşük olan ve daha önce "Sınıf 2" de yer alan akışkanları içerir ve "hafif yanıcılık sınıfı" olarak adlandırılır. R32 "Sınıf 2L" kategorisinde yer alır, ayrıca R32'nin alt yanıcılık sınırı diğer soğutucu akışkanlar ile kıyaslandığında oldukça yüksektir (Tablo 3). Bunun anlamı yanıcı hava ve akışkan karışımının oluşabilmesi için çok fazla miktarda soğutucu akışkan gerektirir. Kıvılcım kaynağı olsa bile, alt yanıcılık sınırı (LFL) değerinden daha düşük konsantrasyonlarda karışım tutuşmaz [5]. "Sınıf 2L" kategorisindeki soğutucu akışkanlar düşük yanma hızına sahip olduklarından yayılmazlar. Ayrıca, R32'nin yanma ısısı düşüktür ve kendi alevinden kaynaklanan herhangi bir etki aralığı sınırlıdır.

Tablo 3. Çeşitli Soğutucu Akışkanlara Ait Yanıcılık Özellikleri

Madde	Sınıf A3 R-290 Propan	Sınıf A2 HFC152a	Sınıf A2L HFC32	Sınıf B2L R-717 Amonyak
Yanma Hızı	43 cm/s	23 cm/s	6.7 cm/s	7.7 cm/s
Yanma Isısı	46 MJ/kg	16 MJ/kg	9 MJ/kg	19 MJ/kg
LFL (alt yanıcılık sınırı)	0.038 kg/m ³	0.13 kg/m ³	0.307 kg/m ³	0.104 kg/m ³
Yanma durumu				

7. STANDARTLAR VE SON GELİŞMELER

Yeni tanımlanan hafif yanıcılık sınıfında yer alan R32 gibi soğutucu akışkanların ticarileştirilmesi yönünde en büyük sorun bu tür akışkanlar için henüz herhangi bir güvenlik standardının bulunmamasıdır. Küresel çapta örneğin ABD, Avrupa ve Çin'de çeşitli komiteler bu standartların (ASHRAE standart 15 ve 34, UL 471 ve 1995, IEC 60335-2, ISO 5149, pr EN 378-2) oluşmasını hızlandırmak amacıyla son zamanlarda çalışmalarını arttırmışlardır. Bu standartların çoğu tesisatlarda izin verilebilecek maksimum akışkan miktarının ve diğer güvenlik önlemlerinin belirlenmesine dayalıdır.

Avrupa'da EN 378 (soğutma sistemleri ve ısı pompaları güvenlik ve çevre gereksinimleri) standardının revizyon çalışmaları devam etmektedir. Mevcut EN 378 standardında R32, "Sınıf 2" kategorisi altında bulunmaktadır. Fakat bu, R32 soğutucu akışkanının bugün kullanılmayacağı anlamına gelmez. Sadece güvenlik gereksinimlerinin daha kısıtlayıcı olduğu anlamına gelir. R32 soğutucu akışkanının kullanımını daha genel ve kolay kılmak adına EN 378 standardının revizyon çalışmaları kapsamında bu standardın içine A2L hafif yanıcılık sınıfı dahil edilmelidir.

8. AVRUPA'NIN R32 SOĞUTUCU AKIŞKANI İÇEREN İLK HAVADAN HAVAYA KONUT TİPİ ISI POMPASI

Alternatif soğutucu akışkan arayışları hakkında çalışmalar devam ederken, dünyanın önde gelen klima üreticisi Daikin, Avrupa'nın ilk ticari R32 soğutucu akışkanını kullanan havadan havaya konut tipi ısı pompası sisteminin 2013 Sonbaharında tanıtılacağını duyurmuştur [6]. Yenilenmiş Ururu Sarara adı verilen bu model, R32 soğutucu akışkanı kullanımı sayesinde üstün enerji verimliliği sağlarken aynı zamanda şimdiye kadar hiç olmadığı kadar düşük çevresel etkiye sahiptir.

Çevreye olan bağlılığının bir parçası olarak Daikin, daha düşük çevresel etkiye sahip sistemler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Soğutucu akışkan seçimi, enerji verimliliğini en üst düzeye çıkarmak ve sistemlerin küresel ısınma etkilerini en aza indirmek için önemli bir faktördür.

Bu amaçla geliştirilen Daikin'in Ururu Sarara konut tipi ısı pompası modeli soğutma, ısıtma, hava temizleme, havalandırma, nemlendirme ve nem alma sağlayarak iç mekân konforu için tam bir evsel çözüm sunar. Bu modele R32 soğutucu akışkanının adapte edilmesiyle bu üniteler, soğutmada sezonsal enerji verimliliği oranında (SEER) 9,54 (A+++) ve ısıtmada sezonsal performans katsayısında (SCOP) 5,9 (A+++) değerlerine rahatlıkla ulaşarak piyasadaki en yüksek enerji verimli cihaz konumuna gelmiştir.

Yeni Ururu Sarara modelinde R32 soğutucu akışkanının kullanımı, ısı pompası sisteminin çevresel etkisini azaltırken aynı zamanda son kullanıcılara eşsiz enerji verimliliğinden, mükemmel hava kalitesi ve yüksek konfor seviyesinden yararlanma olanağı sunar.

9. SONUÇ

Alternatif soğutucu akışkan arayışında; akışkanın ozon tüketme potansiyeli (ODP), küresel ısınma potansiyeli (GWP), enerji verimliliği, güvenlik, ekonomiklik gibi birçok faktör etki eder. Bu faktörleri tam anlamıyla karşılayan mükemmel bir akışkan henüz yoktur.

R32 soğutucu akışkanı ozon tabakasına zarar vermediğinden, R410A'ya göre daha düşük küresel ısınma etkisine (LCCP), yüksek enerji verimliliğine, düşük yanıcılık özelliğine sahip olduğundan birçok uygulamada güvenlikle kullanılabilirliğinden, tek bileşenli bir akışkan olduğu için geri dönüşümü ve yeniden kullanımı kolay olduğundan şu an konut tipi ısı pompaları için cazip bir çözüm olarak görülmektedir.*

KAYNAKLAR

[1]Erkut BEŞER, "Soğutucu Maddelerle İlgili Dünyada ve Türkiye'deki Gelişmeler".

III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 20-23 Kasım 1997.

[2]Hilde Dhont, Daikin Europe N.V. Environment Research Center, "Next Generation Refrigerants A Daikin Perspective", Chillventa 2012.

[3]Hung Pham, Rajan Rajendran, Emerson Climate Technologies Inc., "R32 And HFOs As Low-GWP Refrigerants For Air Conditioning", International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, July 16-19, 2012.

[4]"Say Hello to Life Cycle Climate Performance", Press Release.

<http://www.heatcraft.com/news/2010/life-cycle-performance/> (26.08.2013)

[5]Osami Kataoka, JRAIA (The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association), "ISO 5149, IEC60335-2-40 Proposed Changes to Incorporate 2L Refrigerants", June 24, 2012 ASHRAE Annual Conference.

[6]"Daikin Ururu Sarara, the first European air-to-air heat pump system with R32 refrigerant", Press Release,

<http://www.daikineurope.com/news/recent/2013/deu043.jsp> (26.08.2013)