soğutma dünyası

Florlu Sera Gazları Yönetmeliği ve Güncel Soğutucu Akışkanlar

TTMD İzmir İl Temsilciliği Enerji Komisyonu

TTMD İzmir İl Temsilciliği Enerji Komisyonu(2020): Uğur ASLAN, Orhan EKREN, Seçkin T. ERDOĞMUŞ, Arslan Ç. GÜREL, Z. Haktan KARADENİZ, Burcu KOCAOVA KARAMAN, Hakan KOCAOVA, Burak SATOĞLU (isimler soyad alfabetik sırayla verilmiştir).

İlkel soğutma tekniklerinin ilk uygulaması Çinliler tarafından MÖ 1100'de kullanılmış olup o zamanki amaç sadece yiyeceklerin bozulmasını önlemek idi. Fakat günümüzde hepimiz biliyoruz ki "soğutma" sadece gıda muhafazası için değil konfor, endüstiyel uygulamalar, elektronik ekipmanlar, data ve telekomünikasyon sistemleri vs. için vazgeçemeyeceğimiz bir işlemdir. Soğutma için çeşitli methodlar bulunmakla birlikte halihazırda en çok kullanılan (ancak en verimlisi diyemeyiz) termodinamik anlamda buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma çevrimine göre çalışan sistemlerdir. Bilindiği üzere yazıya konu olan "soğutucu akışkanlar" bu sistemler için olmazsa olmazdır.

Ancak yaşadığımız dünyada ozon tabakası incelmesi, küresel ısınma etkisi gibi çevre problemlerinin sebeplerinden birisi de soğutucu akışkanlardır. Bu soruna neden olan sera gazları ve atmosferde bulunma oranları şöyledir: Metan (%9), NO_2 (%6), CO_2 (%82) ve Florlu Gazlar (%3). Florlu sera gazları aşağıdaki sınıflandırılmıştır [1]:

- Chlorofluorocarbons (CFCs)
- Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs)
- Hydrofluorocarbons (HFCs)
- Perfluorocarbons (PFCs)
- Sulphur hexafluoride (SF_6)
- Nitrogen trifluoride (NF_3)

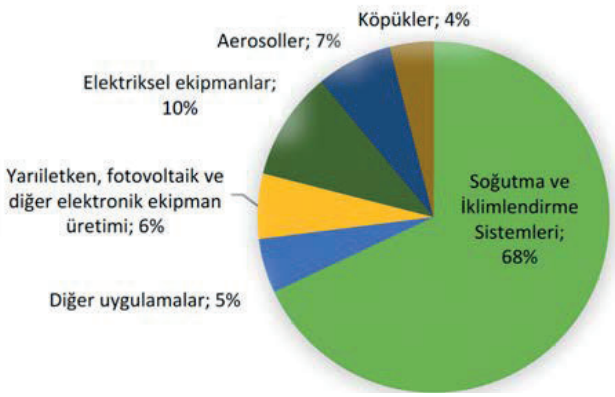
Soğutma sistemleri için vazgeçilmez olan soğutucu akışkanların dahil olduğu florlu gazlar atmosferde sadece %3 oranında olmasına rağmen küresel ısınmayı önleme çalışmalarında en fazla kısıtlama uygulanan gazlardır. Çünkü florlu gazlar diğer sera gazlar içinde en yüksek küresel ısınma etkisine sahip gazlardır. Tablodan görüleceği üzere referans alınan CO_2'e göre çok yüksek küresel ısınma potansiyeli (GWP=KIP) bulunmaktadır.

İklim konusunda yapılan araştırmalar gösteriyor ki küresel sıcaklıklar insan aktiviteleri sonucu endüstri devrimi öncesi periyoda göre (1850 öncesine göre) yaklaşık 1±0,2°C artmıştır. Daha kötüsü bu artışın günümüzdeki gibi devam etmesi halinde 2030-2052 yılları arasında 1,5°C'ye ulaşması beklenmektedir ve bunun 2°C'ye ulaşması geri dönülemez hasarlara neden olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, uluslararası arenada sera gazlarını azaltmak amacıyla çeşitli yaptırımlar, kurallar uygulamaya girmektedir.

Tablo 1.Soğutucu akışkanların GWP değeri [1]

Bazı genel soğutuculardaki GWP'ler ve ODP'ler Yaygın olarak kullanılan florokarbonların çoğu çok güçlü sera gazlarıdır.			
Tip	**Gaz**	**GWP[2]**	**ODP[3]**
ODS	CFC-12	10.900	1,0
	HCFC-22	1.810	0,055
HFC	HFC-404A	3.922	0
	HFC-410A	2.088	0
	HFC-134a	1.430	0
	HFC-32	675	0
HFO	HFO-1234yf	4	0
Doğal	Propan	3	0
	CO_2	1	0

Soğutucu akışkanları yakından ilgilendirien bu gelişmeler iklimlendirme ve soğutma sektörünü de doğrudan etkilemektedir çünkü enfazla florlu gazın kullanıldığı ve atmosfere bırakıldığı sektördür. Ayrıca, iklimlendirme ve soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan kullanımının 2050 yılına kadar OECD dışı ülkelerde 4,5 kat, OECD ülkelerinde ise 1,3 kat artacağı öngörülmektedir [2].



Şekil 1.CO_2-e cinsinden florlu gazlar[3]

Florlu sera gazları kapsamındaki soğutucu akışkanlarla ilgili yaptırımlar şu şekilde özetlenebilir.

a.Montreal Protokolü (1987)

Tüm dünyada 197 ülkenin imzalamasıyla yürürlüğe girmiş olup temel amacı ozon tabakasını incelten gazların azaltılmasıdır. Türkiye 1991'de dahil olmuştur. Protokol kapsamında, imzası olan ülkelerce CFC, HCFC ve Halonların (Yangın Söndürmede) kullanımına tamamen son verilmiştir. Dünyada amacına ulaşan en iyi uluslararası anlaşma olarak görülmektedir. Montreal protokolü yola çıkış amacına ulaştıktan sonra 2016 yılında Ruanda'nın Kigali kentinde yapılan bir toplantıda "Kigali Değişikliği-Ruanda" adı altında revize edildi ve artık kapsamına HFC'leri azaltma hedef olarak eklendi. Kigali Değişikliği ile 2050 yılına kadar en az 80 milyon tonCO_2 eşdeğeri sera gazını azaltma hedefi konulmuştur. Küresel sıcaklık artışının yüzyılın sonuna kadar 2°C altında kalmasına yardımcı olma hedefi bulunmaktadır. Türkiye, Kigali Değişikliği'ne göre, A5-Grup-1 ülkesi olup, 2020, 2021 ve 2022 yılları referans yıl olarak "HFC tüketimi+HCFC nin %65" i referans değer olmak kaydıyla 2024 ten itibaren azaltıma başlayacaktır.

b.Kyoto Protokolü (1997)

Kyoto protokolü 181 ülkenin imzasıyla yürürlüğe girmiş olup gelişmiş ülkelerin sera gazı salımlarını azaltmalarını öngörmüştür. Türkiye 2009 da dahil olmuştur. Kapsamındaki gazlar;

- Karbondioksit(CO_2),
- Metan(CH_4),
- NitrözOksit(N_2O),
- Hidrofluorokarbonlar(HFCs),
- Perfluorokarbonlar (PFCs),
- Kükürt heksaflorür (SF_6)

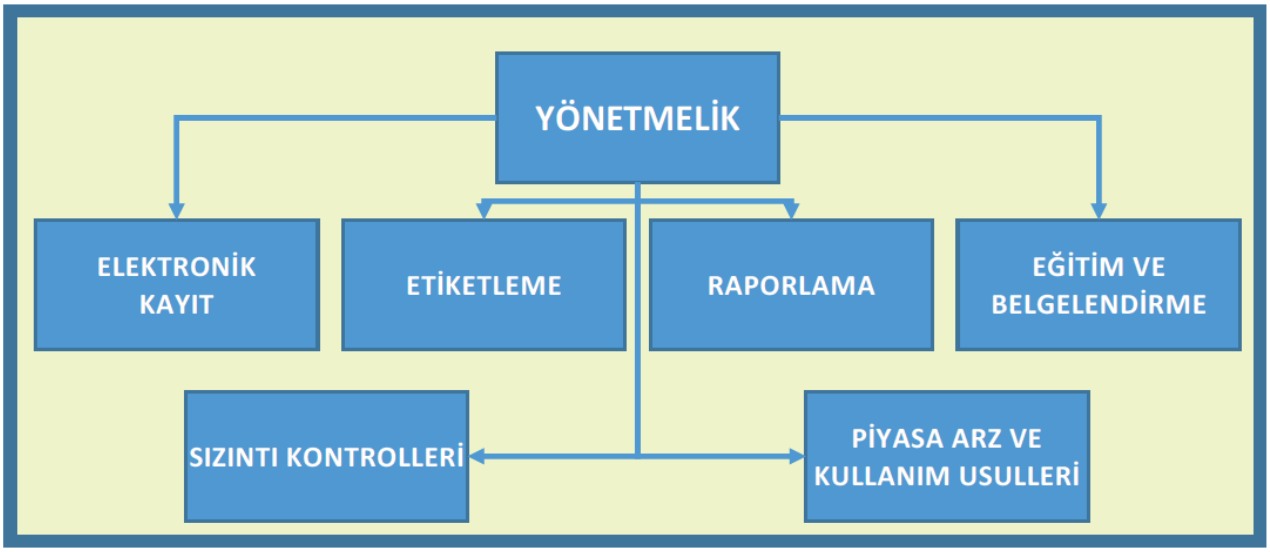
Kyoto Protokolü kapsamda iki temel yükümlülük tanımı bulunmaktadır:

Yükümlülük-1: Sanayileşmiş ülkeler, 1990'daki sera gazı salım oranlarını 2008-2012 yılları arasında %5 oranında azaltmayı taahhüt etmiştir. Bu yükümlülük tam olarak hayata geçirilememiştir.

Yükümlülük-2: 2013-2020 taahhüt döneminde 1990 yılına göre sera gazı salımı en az %18 azaltılması kararlaştırılmıştır. 144 taraf ülke gerekirken 126 ülke kabul etmiş olup, yürürlüğe girmemiştir. ABD, Japonya, Rusya ve Yeni Zelanda imzalamamıştır. Kyoto Protokolü'nün 2020 sonrası iklim değişikliği çerçevesini oluşturan Paris Anlaşması, 2015 yılında Paris'te gerçekleşti ve 2016 da yürürlüğe girdi (Türkiye henüz Paris Anlaşmasını imzalamamıştır). Temel amacı sera gazlarını 2030 yılına kadar 56 milyar ton düşürmeyi ve küresel sıcaklık artışını yüzyılın sonuna kadar 2°C altında tutma hedefi bulunmaktadır.

c.F-gaz Yönetmeliği (2006)

Florlu sera gazlarının Avrupa'da kullanımını azaltma amacıyla "F-gas Regulation 842/2006" olarak ilk defa 2006 yılında yürürlüğe girmiştir. Şu an geçerli olan versiyonu F-Gas Regulation 517/2014 tür. Türkiye'de de aynı amaçla, "Florlu Sera Gazlarına İlişkin Yönetmelik" olarak 2018 yılında yürürlüğe girmiş olup yeni versiyonu üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Çevre Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından yürütülen bu yeni yönetmelik kapamında Kigali değişikliğinin uygulamasına yönelik detayların da yer alacağı ifade edilmektedir.



Şekil 2. F-gaz yönetmelik içeriği [4]

Görüldüğü üzere, Türkiye'de uygulanan yönetmelik 6 ana bileşenden oluşmaktadır. Avrupa'da uygulanan yönetmelikten farkı; kademeli azaltım ve kota uygulaması olmamasıdır. Türkiye-F-gaz yönetmeliğine göre, "Merkezi Veri Tabanı" kullanıma geçene kadar her yıl ÇŞB tarafından yayınlanan formlar kullanılarak takip eden yıl Mart ayına kadar aşağıdaki kriterlere uyan F-gaz kullanıcıları bildirim yapmak zorundadır.

(i)Yılda 1 tondan fazla F-gazı üreten, ithal eden ve ihraç edenler,
(ii)F-gazlarını geri kazanan, geri dönaüştüren, yenileyen veya imha eden gerçek ve tüzel kişiler ve distribütörler,
(iii)Ürün ve ekipman üreticileri,
(iv)Ekipman operatörleri bu yönetmeliğe tabidir.

Türkiye F-gaz yönetmeliğine göre, saf veya karışım halinde florlu sera gazları içeren etiketsiz ürünlerin veya ekipmanların veya basınçlı konteynerlerin piyasaya sürülmesini yasaklamaktadır. Buna göre,

(i)Florlu sera gazları içerir ifadesi, endüstriyel veya kimyasal isim ve kg olarak miktarı,
(ii)F-gazlarının karbondioksit eşdeğeri miktarı, (1 Ocak 2019'da başlamıştır),
(iii)Eğer ürün veya ekipman hermetik olarak sızdırmazsa "Hermetik sızdırmaz" ibaresi yazılmak zorundadır.

Türkiye'de yürürlükte olan F-gaz yönetmeliğine göre, sertifikalı personel tarafından yapılması gereken sızıntı kontrol aralıkları (Tablo.2), soğutucunun şarj miktarına göre tanımlanmıştır. Ayrıca, Ocak 2019'dan itibaren >300 kg'lik şarj taşıyan sabit soğutma ve ısı pompası ekipmanları için sızıntı tespit sistemi kurma yükümlülüğü getirilmiştir. Sistemin çalışır olması ve 12 ayda bir kontrol edilmesi gereklidir.

Tablo 2.F-gaz sızıntı kontrol kuralları [4]

Genel Test Aralığı	Test yok	12 ay	6 ay	3 ay
Kurulu sızıntı tespit sistemi ile	< 3kg (Veya hermetik olarak sızdırmazsa < 6kg)		300 kg veya daha fazla	
Kurulu sızıntı tespit sistemi olmadan	< 3kg (Veya hermetik olarak sızdırmazsa < 6kg)	3 kg veya daha fazla ancak 30 kg'den az	30 kg veya daha fazla ancak 300 kg'den az	300 kg veya daha fazla

F-gaz yönetmeliği gereği, F-gazların miktarı 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren tonCO_2 eşdeğeri cinsinden ifade edilmeye başlanmıştır. Buna göre, ilgili F-gazın sahip olduğu küresel ısınma yaratma potansiyeli (GWP) değeri ile ton cinsinden miktarı çarpılarak tonCO2 eşdeğeri (tCO_2e) bulunur. Düşük tCO_2e değerine sahip soğutucu akışkanlar tercih edilmektedir. Söz konusu mevzuat ve uluslararası anlaşmalara göre, öncelikle Avrupa pazarı daha sonra ülkemizde iklimlendirme ve soğutma sektöründe hali hazırda kullanılan soğutucu akışkanlarda köklü değişiklikler olması gerekmektedir.

Türkiye F-gaz yönetmeliğine göre florlu ürün ve ekipmanlar için yasaklama takvimi aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.F-gaz yasaklama takvimi [4]

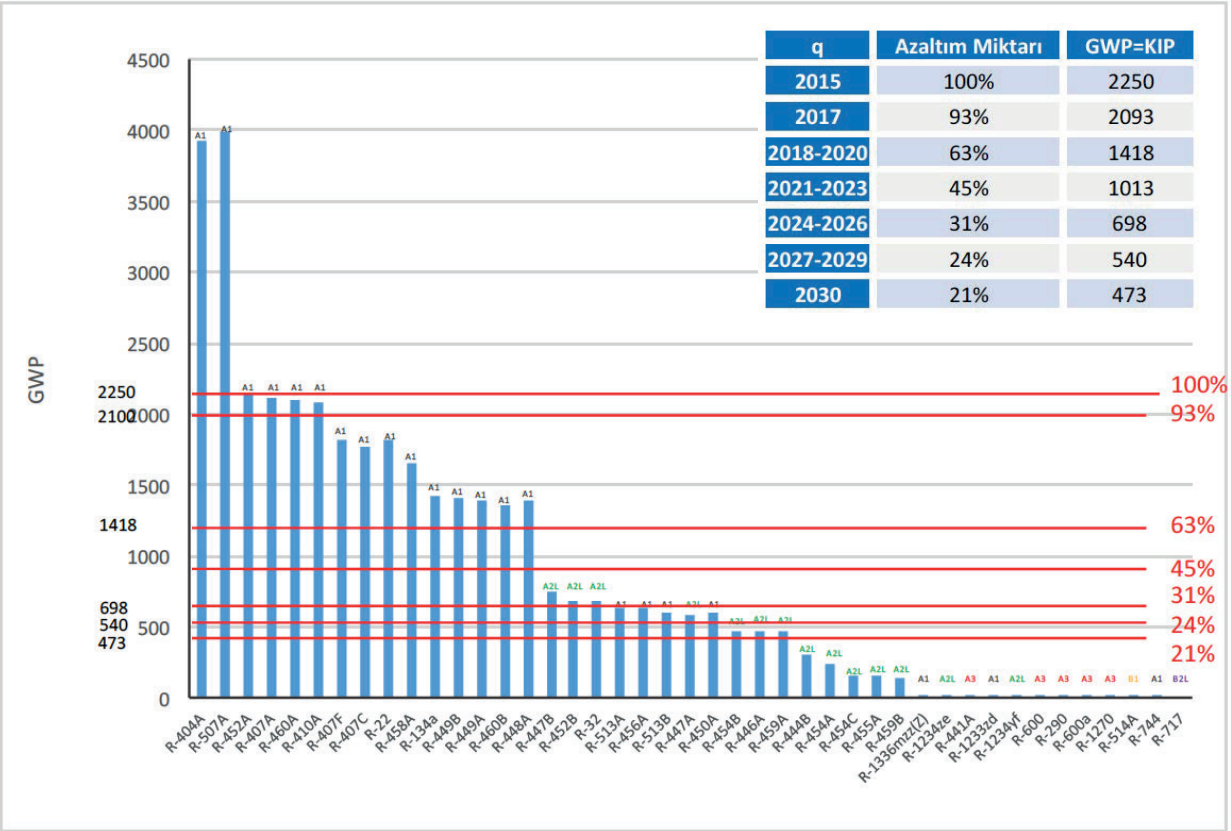
Tarih	Ürün ve Ekipman
1 Ocak 2019	GWP≥150 HFC'ler içeren eğlence ve dekoratif amaçlı aerosol jeneratörleri
	GWP≥150 olan florlu sera gazı içeren köpükler
	GWP≥150 HFC'ler içeren ev tipi soğutucular ve dondurucular
	PFC veya HFC içeren yangın koruma cihazları
	Florlu sera gazı içeren evsel pencere, ayakkabı ve araç lastikleri
	Magnezyum kalıp dökümünde ve magnezyum kalıp döküm alaşımlarının geri dönüşümünde kükürt hekzeflorür (SF_6) SF_6>850 kg/yıl ise
	Araç lastiklerinin şişirilmesi için kükürt hekzeflorür (SF_6) kullanılması yasaktır.
4 Ocak 2020	F-gazları içeren yeniden doldurulmayan konteynerlerin ithalatı
1 Ocak 2022	F-gazları içeren yeniden doldurulmayan konteynerlerin piyasaya sürülmesi

Avrupa, 517/2014 sayılı F-gaz yönetmeliğine göre piyasaya sürme ve kullanım kontrol takvimi sırasıyla aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 4.F-gaz yasaklama takvimi [5]

Tarih	Ürün ve Ekipman (Piyasaya Sürme)
1 Ocak 2015	≥150 GWP değerinde HFC'ler içeren ev tipi soğutucular ve dondurucular
1 Ocak 2020	≥2500 GWP değerinde HFC'ler içeren ticari soğutucular ve dondurucular
1 Ocak 2022	≥150 GWP değerinde HFC'ler içeren ev tipi soğutucular ve dondurucular
1 Ocak 2020	≥2500 GWP değerinde HFC'ler içeren sabit soğutma ekipmanları (-50°C sıcaklığa sahip cihazlar hariç)
1 Ocak 2022	≥150 GWP değerinde HFC'ler içeren, 40 kW veya üzerinde kapasiteye sahip ticari çok paketli merkezi soğutma sistemleri
1 Ocak 2025	< 3 kg F-gazı içeren veya çalışması için ≥750 GWP değerinde F-gazı kullanan tekli split iklimlendirme sistemleri
1 Ocak 2020	≥150 GWP değerinde HFC'ler içeren taşınabilir oda iklimlendirme ekipmanları
	≥150 GWP değerinde HFC kullanılan motorlu araçlar
Tarih	**Yasak Türü (Kullanım Kontrol)**
1 Ocak 2020	≥2500 GWP değerinde işlenmemiş F-gazları içeren soğutma ekipmanlarının (≥40 t CO_2 eşdeğeri) bakım ve servisi
	Muafiyetler: Askeri cihazlar ve -50°C sıcaklığa sahip cihazlar
1 Ocak 2030	≥2500 GWP değerinde geri dönüştürülmüş veya yenilenmiş F-gazları içeren soğutma ekipmanlarının (≥40 t CO_2 eşdeğeri) bakım ve servisi. Geri dönüştürülmüş F-gazlarının yanlızca geri kazanımı yapan veya kendisi için geri kazanımının yapıldığı işletme tarafından kullanımına izin verilecektir.

Her ne kadar Türkiye'de kademeli azaltım takvimi olmasa da Avrupa ile ticari ilişkiler ve soğutma-iklimlendirme sektörünü gelecekte nelerin beklediğinin görülmesi açısından azaltım takvimi önemlidir. Avrupa F-gaz yönetmeliğine göre çeşitli soğutucu akışkanlar için azaltım takvimi ve GWP değerleri şekilde verilmiştir.



Şekil 3.Farklı soğutucu akışkanlar için AB azaltım takvimi [5]

Görüldüğü üzere farklı soğutma uygulamalarında çok kullanılan HFC türü soğutucu akışkanların (R410a, R134a, R404a, R407c ve son yıllarda R32), florlu gazlar yönetmeliği gereği kullanımının sonlandırılması nedeniyle alternatifi olan gazlara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu alternatif soğutucu akışkanlar öncelikle Hidrofloro-Olefinler (HFO) olup bu gazlar hem F-gaz hem de Kigali Değişikliği kapsamındaki yaptırımlara dahil değildir. Yaptırımlar nedeniyle HFO türü soğutucu akışkanlar ve/veya geçiş dönemi için düşük tCO_2e 'e sahip HFC'ler (örneğin R32) tercih edilmektedir. HFC alternatifi olarak şu an için kullanıma girmiş HFO lar R1234yf, R1234ze'dir. HFC'ler için diğer bir alternatif ise HFO tabanlı soğutucu akışkanlardan R452A, R452B, R454A, R454B gazlarıdır. HFC'ler için alternatif gazlar özetle aşağıda verilmiştir [6]; R410a gazı (GWP 2100) için alternatifler ve kapasite karşılaştırması:

▪HFC tabanlı R32 birim gaz hacmi için (kJ/m³) soğutma kapasitesi %10 daha FAZLA
▪HFO tabanlı R452B birim gaz hacmi için (kJ/m³) soğutma kapasitesi %1 daha AZ
▪HFO tabanlı R454B birim gaz hacmi için (kJ/m³) soğutma kapasitesi %1 daha AZ

Farklı uygulama türleri için F-gaz yönetmeliği gereği mevcut ve alternatif soğutucu akışkanlar tabloda özetlenmiştir.▪

Referanslar

[1]Birleşmiş Milletler, "Montreal Protokolü Kigali Değişikliği", Ruanda, 2016.
[2]Chuck Booten, Scott Nicholson, Margaret Mann, Omar Abdelaziz, "Refrigerants: Market Trends and Supply Chain Assessment", ABD, 2020.
[3]European Environment Agency Report, "Fluorinated greenhouse gases", ISSN 1977-8449, 2018.
[4]Çevre ve Şehircilik Bakanlığı-Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, "Florlu Sera Gazlarına İlişkin Yönetmelik", 2018.
[5]Avrupa Birliği, "F-Gas Regulation, 517/2014", 2014.
[6]Dr. Orhan Ekren, "Florlu Gazlar Yönetmeliği Sunumu", TTMD İzmir İl Temsilciliği Semineri, 2019.

Tablo 5.Mevcut ve alternatif soğutucu akışkanlar [6]

İklimlendirme			
Sistem	**Mevcut**		**2022 sonrası**
VRF	R410a	2022 GWP>150	R32
Isı Pompası ve Split Üniteler	R410a R32	2025 GWP>750	R454b R32 R452b
Chiller (Vidalı ve Santrifuj)	R134a		R1233zd R1234ze
Chiller (Scroll)	R410a		R32 R454b
	R407c		R454a R290
Rooftop	R410a		R32 R454b
	R407c		R454a R290
Soğutma			
Sistem	**Mevcut**		**2020 ve 2022 sonrası**
Ev Tipi Buzdolabı ve Dondurucu	R600	2015 GWP>150	R1234yf R600
Araç Kliması	R1234yf R134a	2020 GWP>150	R1234yf CO_2
Ticari Soğutucular	R404a	2020 GWP>2500	R454a R290
Kondensing Unit	R410a		R32 R454b
	R407c		R290 R454a
Şişe Soğutucu	R134a	2022 GWP>150	R1234yf
	R404a		R290 R454a