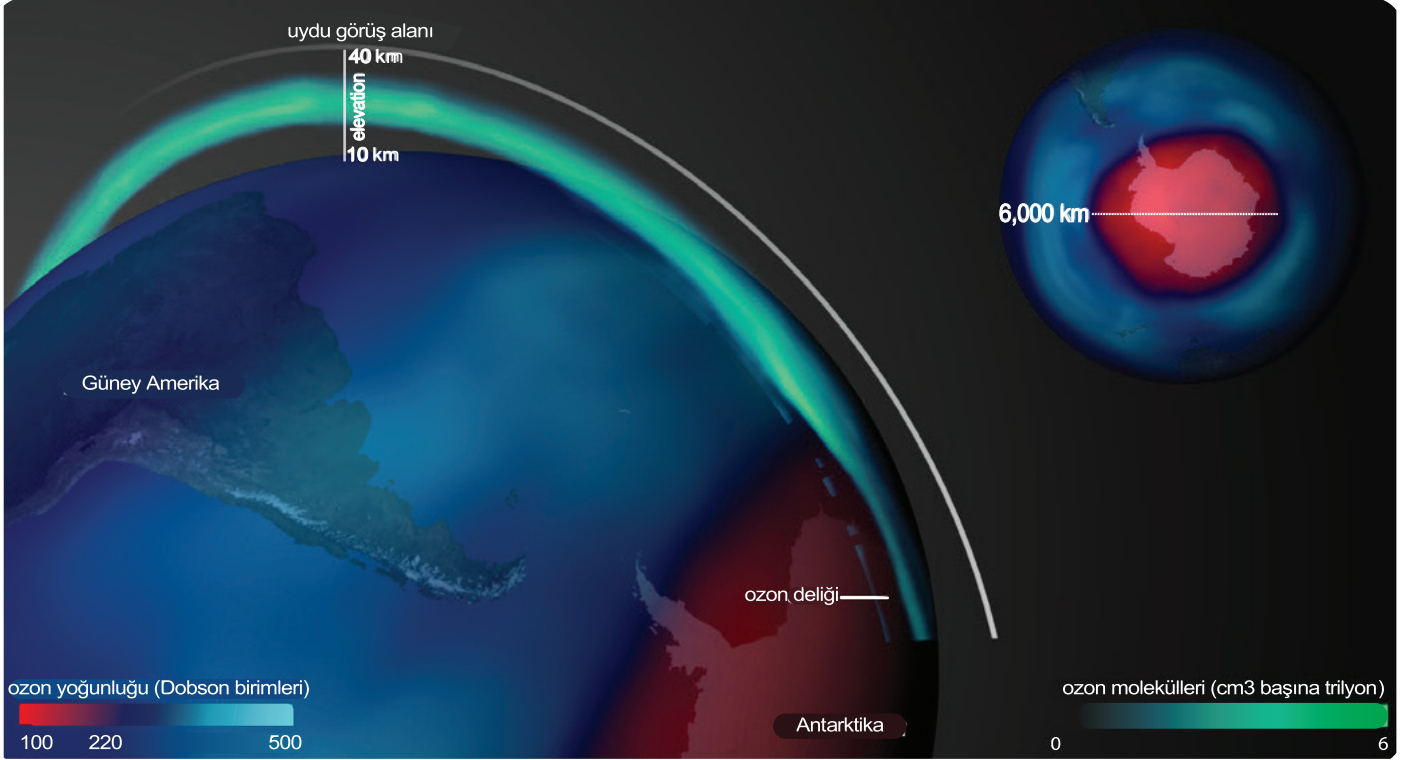


# TEKNİK BÜLTEN



## Yeni Soğutucu Akışkanlara Genel Bir Bakış

HVAC endüstrisi 1900'lerin başlarında ortaya çıktığından bu yana muazzam şekilde büyüdü ve birçok değişiklik geçirdi. Sadece donanım ve teknoloji gelişmekle kalmadı, aynı zamanda bu sistemlerde kullanılan soğutucu maddeler de çok gelişti. Gelişmeleri ve değişiklikleri yönlendiren ana konu, son kullanıcı güvenliğinin artırılması idi. Bu, cihazla direkt temas eden teknisyenlerin veya diğer kişilerin güvenliği olarak algılanabileceği gibi, aynı zamanda dolaylı yollardan çevreye verilen etkiler şeklinde de değerlendirilmesi gereken bir konudur.

Üreticiler, tasarım mühendisleri ve kanun koyucular çeşitli sorunları ele aldılar ve bugün de hala bunlara çözüm getirmeye devam etmekte. Soğutucu akışkanlar ilk başlarda toksik, yanıcı ve kararsız özellikteyken, zaman ilerledikçe CFC ve HCFC gibi daha güvenli bir hale geldiler. Ancak bu maddeler ozon tabakasını incelttikleri gerekçesi ile çevre açısından zararlı bulundu ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) Montreal Protokolü uyarınca kademeli olarak yasaklandılar. Bunların yerine HFCler kullanılmaya başlandı, ancak HFClerin de sorunlu olduğuna karar verildi zira bunlar küresel ısınmaya katkıda bulunan sera gazlarından oluşmaktaydı. Soğutucu maddeler günümüzde Montreal Protokolünün değiştirilmiş versiyonu olan Kigali Değişikliğine tâbidir.

# Yeni Soğutucu Akışkanlara Genel Bir Bakış

Bu bültende Montreal Protokolü ve onun tadil edilmiş versiyonu ve bunların federal ve eyalet seviyesinde ABD’de uygulanması, EPA’nın bu uygulamaya ilişkin stratejisi ve yeni geliştirilen soğutucu akışkanlar konu edilmiştir.

## HVAC Endüstrisinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar

Soğutma ve iklimlendirme için buhar sıkıştırma çevriminin kullanılmasına yönelik ilk girişimler, o zaman mevcut olan maddelerin kullanılmasına dayanıyordu. Bu maddeler sistem içinde istendiği gibi soğutma yapabilmekteydi, ancak örneğin yüksek seviyede toksik veya yanıcı (ya da her ikisi birden) olmaları ve serbest kaldıkları ve/veya yandıklarında tehlikeli yan ürünlerin ortaya çıkmasına neden olan kimyasal kararsızlığa sahip olmaları gibi bir takım olumsuz yönleri vardı. HVAC sisteminin geliştirme sürecinin ilk günlerinde bazı ölümcül kaza ve ağır yaralanmalar rapor edildi. Burada güvenlik sorunlarını azaltmak için gerekli olan güncel mühendislik bilgi birikiminin büyük ölçüde geliştiğini de belirtmek gerekiyor.

## CFC ve HCFC Soğutucu Akışkanlar: Tarihçe ve Çevre Sorunları

General Motors Araştırma Laboratuvarlarında Charles Kettering’in yönetiminde çalışan Thomas Midgley, 1928’de Kloro-Floro-Karbonlar (CFC’ler) olarak bilinen soğutucu akışkanları icat etmekle tanınmakta. CFC’ler ve onların yakın akrabaları olan Hidro-Kloro-Floro-Karbonlar (HCFC’ler), o zamanlar yaygın olarak kullanılan soğutucu akışkanların yanıcı ve toksik olmayan en güvenli alternatifleriydi. CFC-11, CFC-12 ve HCFC-22 gibi CFC’ler ve HCFC’ler, o zamana kadar kullanılan Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>), Metil Klorür (CH<sub>3</sub>CO) ve Amonyak (NH<sub>3</sub>) gibi yaygın şekilde kullanılan yanıcı ve toksik soğutucu akışkanların yerini neredeyse tamamen aldı. Bu yeni soğutucu maddeler DuPont Company tarafından General Motors lisansı altında Freon® ticari adıyla üretilmeye başlandı.

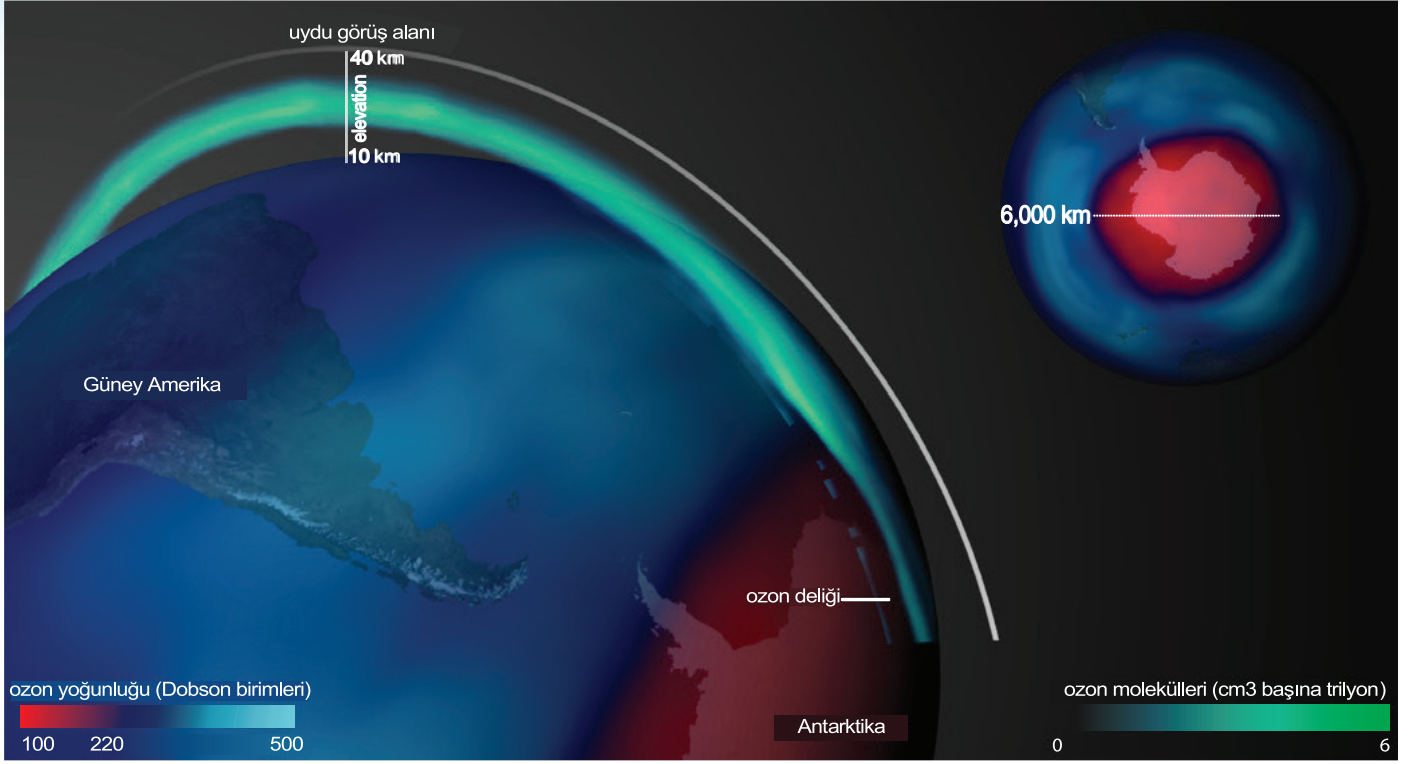
1932’de Carrier Engineering Corporation, soğutucu akışkan olarak Freon kullanan ilk ünitesini piyasaya sürdü.

CFC’ler ve HCFC’ler yanıcılık ve toksisite açısından güvenliydi; ancak 1974’te Frank Rowland ve Mario Molina, CFC’lerin ve HCFC’lerin yüksek kararlılıkları ve uzun ömürleri sayesinde atmosferin üst katmanlarına, özellikle stratosfere erişebileceklerini, orada UV ışınlarına maruz kalacakları için ayrışacaklarını ve klor atomları açığa çıkartacaklarını öne sürdüler. Ayrıca serbest klor atomlarının nihayetinde ozon moleküllerini (O<sub>3</sub>) parçaladığı ve bundan dolayı da stratosferdeki ozon miktarını azalttığı bir kimyasal reaksiyon meydana geleceğini de öne sürdüler. Ozon miktarındaki bu azalma, dünyanın Güney Kutbu üzerinde oluşan ve ozon deliği olarak adlandırılan olayın sorumlusuydu (bkz: Şekil 1).

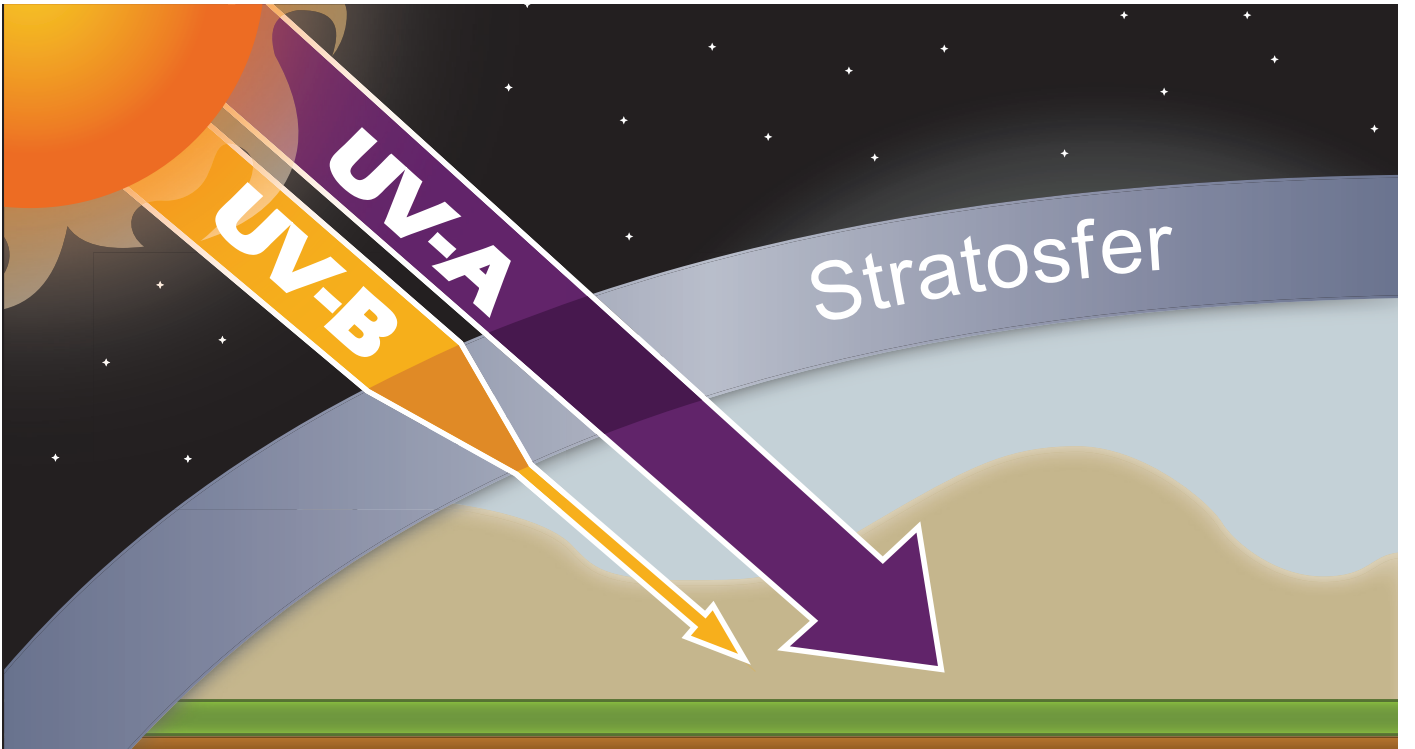
Stratosferik Ozon, atmosfere giren UV-B ışınlarının büyük bir bölümünü süzerek yüzeye ulaşmasını engellediği için (bkz: Şekil 2) insanların yaşam kalitesinde önemli bir rol oynar. Aşırı UV-B ışını, güneş yanığı gibi orta seviye rahatsızlıklardan, göz kataraktı, cilt yaşlanması ve cilt kanseri, bağışıklık sistemi baskılanması ve maküler dejenerasyon gibi daha şiddetli rahatsızlıklara kadar, insan sağlığı üzerinde birçok olumsuz etkiye neden olmaktadır.



Şekil 1: Ozon tabakasının temsili



Şekil 2: Stratosfer ozon tabakasının UV-B ışını süzmesinin etkisi



## Montreal Protokolü

Rowland ve Molina'nın keşfinden sonra Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), dünyanın her ülkesinden bilim insanları ve temsilcilerle bir dizi toplantı düzenledi ve bu toplantıların sonucunda 1987 yılında "Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü" imzalandı. Bu anlaşma, o güne dek Birleşmiş Milletler'in sponsorluğunu yaptığı en başarılı uluslararası anlaşma olarak kabul edildi. Anlaşma tüm katılımcı ülkeler tarafından onaylandı ve imzalandı ve halen de dünya çapında uygulanmakta. Montreal Protokolü dünyanın her yerinde tüm CFC'lerin ve HCFC'lerin kademeli olarak ortadan kaldırılmasından sorumludur. Günümüzde ABD dahil tüm gelişmiş ülkeler ve birçok gelişmekte olan ülke (anlaşmada 5. madde ülkeleri olarak anılan ülkeler) CFC'ler veya HCFC'leri kullanan hiçbir yeni ekipman üretmemektedir. Gelişmekte olan ülkelerde bile CFC/HCFC kullanımı büyük ölçüde azaltılmıştır ve nispeten kısa bir süre içinde de tamamen ortadan kaldırılacaktır. Türkiyede de bu gazların kullanımı yasaklanmıştır. Uygulama açısından, çok az vaka dışında bu durum sadece eski üretimli ünitelere bakım ve servis hizmeti vermek amacıyla zaten üretilmiş veya ithal edilmiş olan CFC'ler ve HCFC'lerin kullanılabilmesi, ancak yeni üretilen olan soğutucu akışkanların bu tiplerde olamayacağı anlamına gelmektedir.

## Hidro-Floro-Karbonlu (HFC) Soğutucu Akışkanlar

Endüstri, CFC ve HCFC'lerin üretimine getirilen yasak nedeniyle HFC'leri kullanmaya başlamıştır. HFC'ler de birer florokarbondur, örneğin R-134a ve R-410A gibi, ancak moleküler yapılarında klor atomu içermezler ve bu nedenle de ozon tabakasını tahrip etmezler. HFC'ler 3. nesil soğutucu akışkanlar olarak kabul edilmektedir ve yeni ekipmanlardaki tüm CFC ve HCFC uygulamalarının yerini alacak çözüm olarak düşünülmüştür.

## Doğal Soğutucu Akışkanlar

Yeni bir keşif olmamakla birlikte başka bir soğutucu madde grubu da endüstride yeniden ilgi görmeye başlamıştır: doğal soğutucu akışkanlar. Bu grup, florokimyasallar gibi sentezlenmeyen, daha ziyade doğal olarak oluşan kaynaklardan ekstrakte edilen veya rafine edilen soğutucu maddelerden oluşur. Bunların en yaygın olanları amonyak (NH<sub>3</sub>), propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) ve karbondioksittir (CO<sub>2</sub>). Doğal soğutucu akışkanları kullanmanın başlıca avantajı, sistemden sızıntı yapmaları halinde çevre için minimum risk oluşturmalarıdır: yani ozon tabakasının incelmeye neden olmazlar ve küresel ısınmaya katkı yapma potansiyelleri de çok düşüktür.

Ancak bunların kullanımı yüksek yanıcılık, toksisite özellikleri veya yüksek çalışma basınçları açısından özel hafifletme önlemlerini gerektirebilir.

**Amonyak (R-717):** Genelde büyük endüstriyel veya ticari soğutma sistemlerinde kullanılır, ancak bazı soğutma grubu uygulamalarında ve hatta bazı küçük cihazlarda da bulunabilir. Bakır ile uyumlu değildir ve başlangıç maliyeti yüksektir. Yanıcı ve toksiktir. İyi bir kapasiteye ve verimliliğe sahiptir ve çok düşük ppm seviyelerinde algılanabilen güçlü bir kokuya sahiptir. Amonyak kullanımı belirli uygulamalarda artmaktadır.

**Propan (R-290):** R-22 gibi çok çeşitli soğutma ve iklimlendirme uygulamalarında kullanılabilen bir hidrokarbondur (HC). En büyük dezavantajlarından biri, ASHRAE tarafından A3 olarak derecelendirilen yüksek yanıcılık özelliğidir. Bu özelliğinden ötürü ABD'de maksimum doldurma kapasitesi 150 gramla sınırlandırılmıştır. Maliyeti düşüktür.

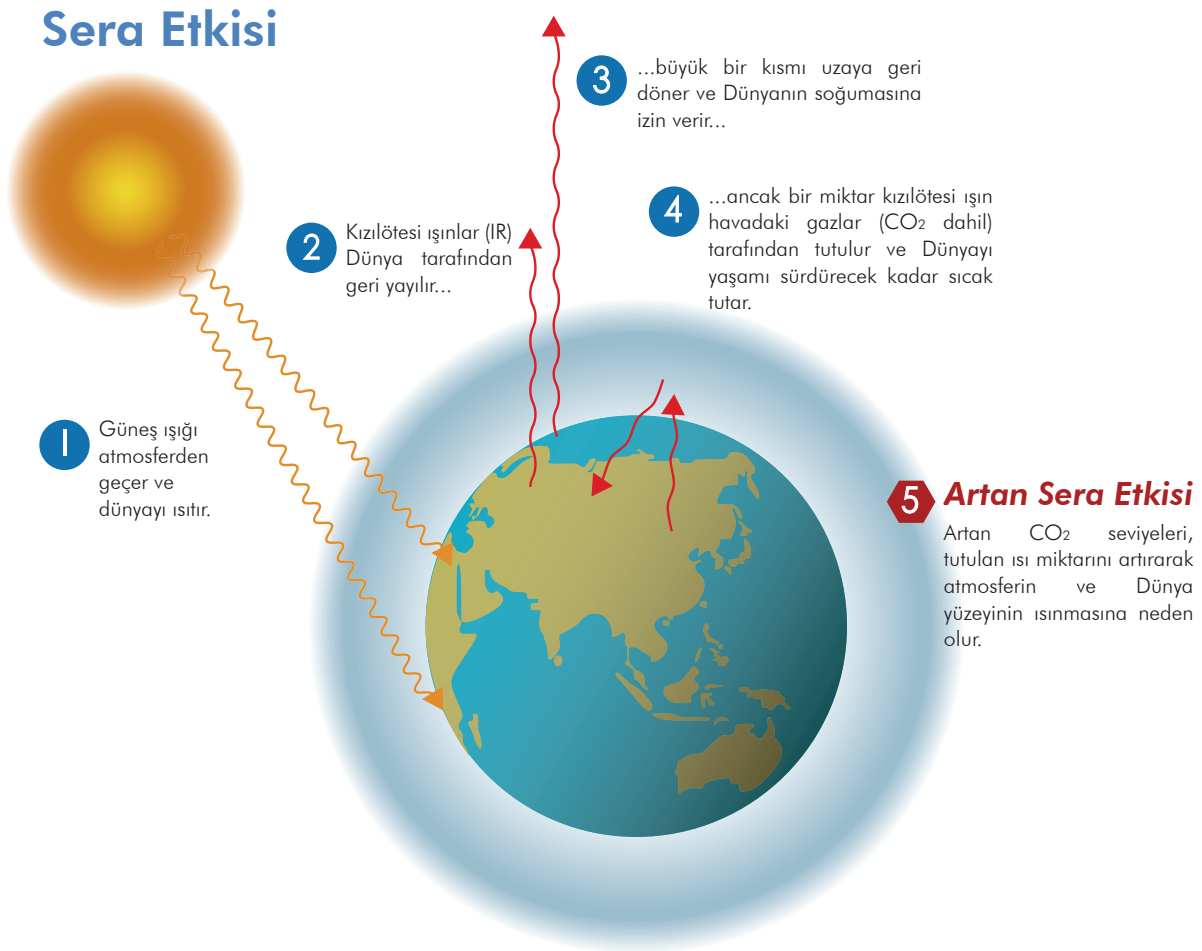
**Karbondioksit (R-744):** Bu soğutucu madde çok düşük sıcaklıktaki kademeli sistemlerde veya (giderek artan bir şekilde) ikincil döngü sıvısı olarak kullanılır (süpermarket soğutmasında olduğu gibi). Artan yoğunlaşma sıcaklıkları nedeniyle hızlı bir performans düşüşü yaşar, ancak Carrier'in CO<sub>2</sub>OLtec® soğutma ürünlerinde de kullanılan son teknolojik gelişmeler bu sorunun üstesinden gelmeye yardımcı olur.

## Küresel Isınma ve Sera Etkisi

Birleşmiş Milletler'in hükümetler arası bir organı olan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 1995 yılında küresel ısınmadan insan yapımı sera gazlarının (GHG) sorumlu olduğunu belirten bir rapor yayınladı. Soğutucu akışkanlar, özellikle de HFC'ler sera gazı olarak kabul edildi ve dünyayı ısıtan sera etkisine katkıda bulundu (bkz: Şekil 3).

Dünyanın yüzeyi atmosferden gelen güneş ışığı ile ısınır. Aynı zamanda dünya da bir miktar ısıyı kızılötesi radyasyon (IR) şeklinde uzaya geri yayar. Gelen ısı ile geri yayılan ısı arasındaki bu ince denge, ortalama dünya sıcaklığının sabit bir seviyede kalmasını sağlar. Atmosferdeki sera gazlarının miktarı çok fazla olduğunda, bunlar ısının daha büyük bir kısmını hapseder ve ısı artık uzaya geri yayılmaz. Bu artan sera etkisi dünyanın ısınmasına ve ortalama sıcaklığının yükselmesine neden olur. Görünüşte küçük sıcaklık artışlarının bile (2°F'den az) iklim üzerinde yıkıcı bir etkisi olabileceği tahmin edilmektedir. Bilim adamları, yaşadığımız bazı iklim değişikliklerini dünya sıcaklığındaki bu artışa bağlamaktadır.

Şekil 3: Sera etkisinin işleyişi



## Toplam Eşdeğer Isınma Etkisi (TEWI)

TEWI gibi bir ölçüt kullanılmadıkça bir HVAC sisteminin çevreye olan gerçek etkisini değerlendirmek zordur. Yaşam Döngüsü İklim Performansı (LCCP) gibi diğer ölçütler de kullanılabilir, ancak ABD’de en yaygın kullanılan TEWI’dir. TEWI, direkt emisyonların (bir sistemden soğutucu madde sızması) ve dolaylı emisyonların (bir sistemi ömrü boyunca çalıştırmak için enerji santrallerinde elektrik üretilmesinden kaynaklanan emisyonlar) etkisini ölçer. TEWI ne kadar düşük olursa çevre üzerindeki etki de o kadar düşük olur.

Bir soğutucu maddenin GWP’sini azaltmak direkt emisyon kısmını azaltmaya, bir sistemin verimliliğini artırmak ise dolaylı emisyon kısmını azaltmaya yarar. Pratik bir kural olarak soğutma grupları gibi sızdırmaz sistemler için direkt emisyonların toplam emisyonun yaklaşık %2’sini oluşturduğu, dolaylı emisyonların ise %98’e kadar çıktığı tahmin edilmektedir. Her iki kısmın da azaltılması gerekmesine rağmen, esas önemli olan nokta, bir sistem değişikliğinden veya sistemin yeniden tasarımından en fazla faydayı elde etmek için sistem verimliliğini artırmaktır.

Sistem verimliliğinin düşmesine neden olacak düşük GWP’li bir soğutucu akışkan kullanmak mantıklı değildir ve çevreyi iyileştirme hedefine de aykırıdır. Makul yasal düzenlemeler TEWI’nin hem direkt hem de dolaylı emisyon kısımlarına hitap edecektir.

## Kyoto Protokolü

Montreal Protokolü’nün başarısını takiben UNEP, Aralık 1997’de Kyoto Protokolü’nün taslağının hazırlanmasıyla sonuçlanan bir dizi toplantıya sponsor oldu. Kyoto Protokolü’nün amacı, küresel ısınma üzerindeki etkilerini azaltmak için HFC’ler de dahil olmak üzere tüm sera gazı emisyonlarını azaltmaktır. Kyoto Protokolü birkaç ülke tarafından onaylandı ve imzalandı (ABD onaylamadı), ancak Montreal Protokolü kadar başarılı olamadı ve yürürlüğe girmesinden bu yana tam anlamıyla uygulanamadığı için dünya çapında gerçekten de pek bir rol oynamadı. Kyoto Protokolü’nün karmaşıklığı, uygunluğun doğrulanmasını, takip edilmesini ve tatbikinin sağlanmasını zorlaştırdı.

## Montreal Protokolü Kigali Değişikliği

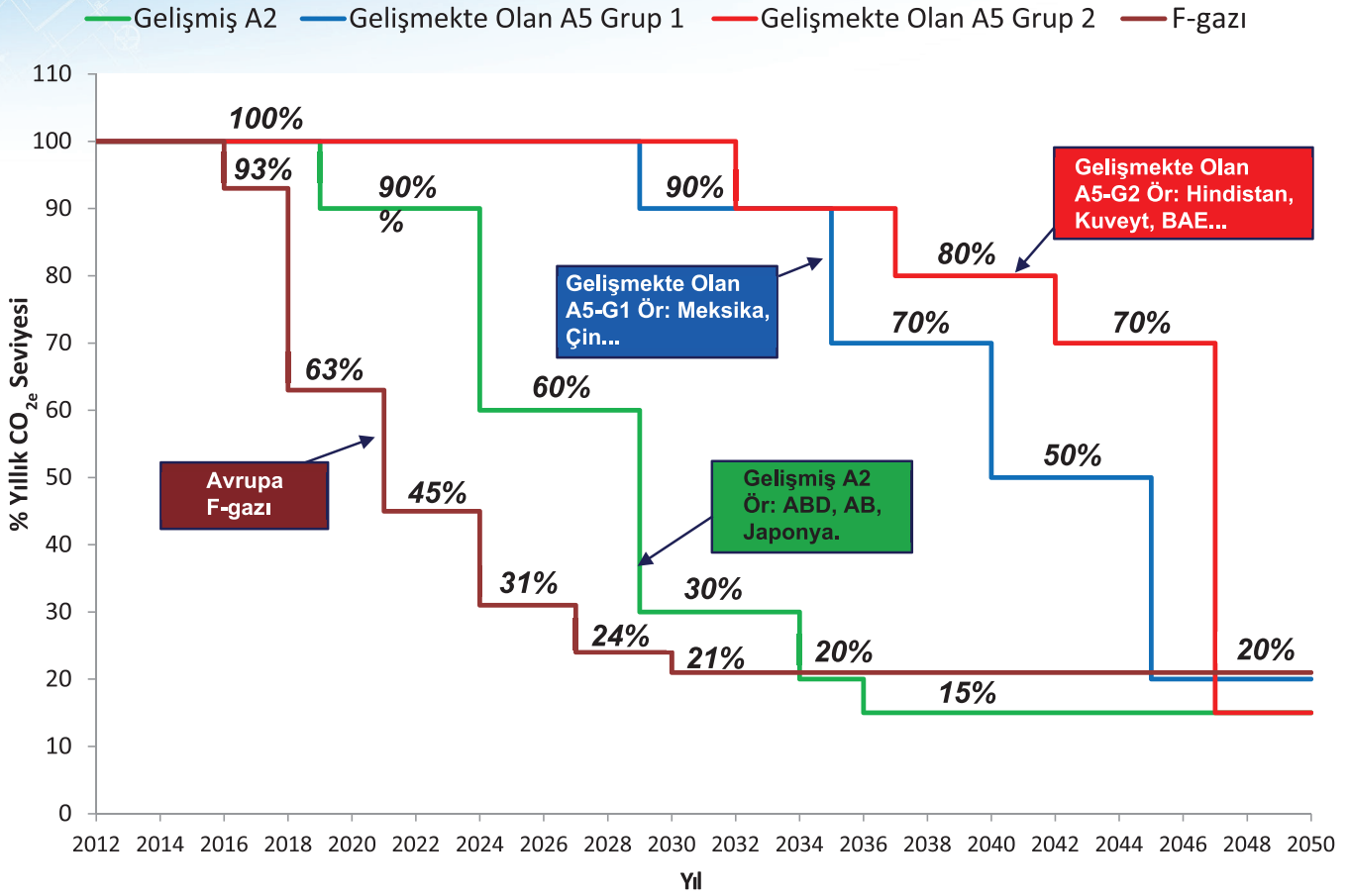
Kyoto Protokolü’nün başarısızlığına rağmen dünya ülkeleri hala sera gazı emisyonlarını azaltmakla ilgileniyordu. Pek çok tartışmadan sonra, ülkeler orijinal Montreal Protokolünü sera gazı azaltımlarını da içerecek şekilde değiştirmeye karar verdiler. Ekim 2016’da Ruanda’nın başkenti Kigali’de imzalanan anlaşma, karbondioksit eşdeğerlerinde (CO<sub>2</sub>eq) ölçülen HFC’ler için çok belirli seviyelerde azaltmalar yapılmasını öngördü. Kigali Değişikliği, CFC’lerin ve HCFC’lerin ortadan kaldırılmasıyla sonuçlanan orijinal Montreal Protokolü’nün aksine, yalnızca HFC’leri düzenledi ve herhangi bir soğutucu akışkanın kullanımını ortadan kaldırmadı. Aslında bu yeni revizyon, daha önce belirlenen ve uygulanmaya devam edilen klorlu soğutucu akışkanların kademeli olarak kullanımdan kaldırılması durumunu değiştirmedir.

Azaltmalar yaklaşık 30 yılda kademeli olarak gerçekleşmekteydi ve ülkeler arasında gelişmişlik seviyelerine bağlı olarak farklılık göstermekteydi.

(Gelişmiş ülkeler daha hızlı azalmalar görecektir, bunu geliştirmekte olan ülkeler, grup 1 ve grup 2 izleyecektir.) F-Gaz kuralları olarak bilinen ve florlu gazlar için geçerli olan Avrupa’ya özgü kurallar da referans amacıyla gösterilmektedir. (Bkz: Şekil 4.)

Burada ortadan kaldırmak için belirli bir soğutucu akışkanın seçilmediğini ve aslında HFC’lerin yalnızca düzenlemeye tâbi tutulduğunu ancak tamamen ortadan kaldırılmadığını belirtmek gerekli. Azaltmalar, soğutucu akışkanın ağırlığı ile GWP’sinin (CO<sub>2</sub>eq = ağırlıkça soğutucu akışkan x GWP) çarpımına göre hesaplanan toplam karbondioksit eşdeğerlerine (CO<sub>2</sub>eq.) dayalıdır. Anlaşmanın yürürlüğe girmesi için en az 20 ülke tarafından onaylanması gerekiyordu ve bu eşik zaten geçildi. Kigali değişikliği 1 Ocak 2019’da yürürlüğe girdi.

Şekil 4: Ülke grubu bazında HFC'ler için Kigali Değişikliğindeki kademeli azaltma programı.



Kigali Değişikliği ve F-gazı Yönetmeliği bazında

## Yeni Nesil Soğutucu Akışkanlar: HFO'lar

HVAC endüstrisi, HFC'lerin varlığındaki azalmanın yaratacağı boşluğu kapatmak amacıyla R-1233zd(E) ve R-1234ze gibi Hidro-Floro-Olefinler (HFO) adı verilen yeni nesil soğutucu maddeler geliştirdi. Bu maddeler moleküler yapılarında HFC soğutucu akışkanlarına çok benzerler ve aynı zamanda ozon tabakasının incelmeye neden olabilecek Klor atomlarına sahip değildir. Ancak bunların HFC'lerden büyük bir farkları vardır: HFO'lar, molekülü daha kararsız hale getiren ve atmosferik ömrünü büyük ölçüde azaltan bir çift bağa sahiptir. Daha kararsız olan soğutucu akışkanları kullanmak mantıksız görünebilir; ancak, depolama tanklarında veya sistemin içinde tutulduklarında bu bir sorun değildir. Kararsızlık, yalnızca soğutucu maddenin sızıntı yaptığı bir durumda güneş ışığına maruz kalması halinde meydana gelir. Yıllar yerine günlerle ölçülen bir ömre sahip olmak, bu soğutucu akışkanların sera gazı olarak potansiyel etkilerinin büyük ölçüde azaldığı anlamına gelir. Bu yeni soğutucu akışkanların bazı GWP değerleri "ultra düşük" olarak anılır ve çoğu durumda GWP'leri tek hanelidir. Ancak, diğer HFO gazlarının GWP değerleri çok daha yüksek olabilir.

Şu anda piyasaya çıkan birçok yeni düşük GWP'li soğutucu akışkan ya saf HFO'dur, ya da HFO ve HFC'lerin karışımıdır. Belli soğutucu akışkanları karıştırmak suretiyle, tek bir soğutucu akışkanın kendi başına elde edemediği belirli özellikleri karışım halinde elde etmek mümkündür.

## Soğutucu Akışkan Güvenlik Sınıflandırması

Piyasadaki daha düşük GWP'li soğutucu akışkanlardan bazıları hakkında tartışmak için şimdi 34 No.lu ASHRAE Standardı tarafından belirlenen güvenlik sınıflandırmalarına bakacağız. (Bkz: Şekil 5.)

Bu Standart her soğutucu akışkanın yanıcılığını ve toksisitesini değerlendirir ve ilgili akışkanı bir harf ve sayı kombinasyonu ile ifade edilen bir sınıfa dahil eder. Toksikite için iki sınıf vardır. A: düşük toksisite ve B: yüksek toksisite. Toksikite sınıfı, soğutucu akışkanın Mesleki Maruz Kalma Sınırına (OEL) dayalıdır ve OEL'si 400 ppm veya daha yüksek olan soğutucu maddeleri A sınıfı, 400 ppm'den düşük olanları B sınıfı olarak belirler. Yanıcılık için bu Standart, yanma hızına (BV), yanma ısısına (HOC) ve her soğutucu akışkanın alt alevlenme limitine (LFL) dayalı verileri kullanır. 1 sınıfı en düşük yanıcılık seviyesini, 3 sınıfı en yüksek yanıcılık seviyesini gösterir Son yıllarda Sınıf 2, 2 ve 2L olarak ikiye ayrılmıştır. 2L sınıfı, ilgili soğutucu akışkanın hala yanıcı olarak kabul edilmesine rağmen yanıcılığının sınıf 2 veya 3'ten çok daha düşük olduğunu gösterir.

Şekil 5: 34 No.lu ASHRAE Güvenlik Sınıfları Standardı

Yüksek Yanıcılık	<b>A3</b> Propane, Butane	<b>B3</b>
Yanıcılık	<b>A2</b> R-152a	<b>B2</b> R-40, Methyl Chloride
Düşük Yanıcılık	<b>A2L</b> R-32, R-454B, R-1234yf, R-1234ze(E)	<b>B2L</b> Ammonia
Alev Yayılımı Yok	<b>A1</b> R-22, R-410A, R-1233zd(E), R-134a, R-407C, R-513A	<b>B1</b> R-123, R-514A
	Düşük Toksikite (OEL $\geq$ 400 ppm)	Yüksek Toksikite (OEL < 400 ppm)
	Artan Toksikite $\rightarrow$	

## Piyasadaki Yeni Soğutucu Akışkanlar

Tablo 1, HVAC pazarında ortaya çıkan bazı düşük GWP'li yeni soğutucu maddeleri göstermektedir. Bu liste eksiksiz değildir, Carrier sistemlerine özel bir vurgu ile birlikte sadece pazardaki en önemli oyuncuların bazılarını içermektedir. Aşağıda yer alan Tablo 1, karışım halindeki düşük GWP'li soğutucu akışkanların bileşimini göstermektedir.

Yukarıda belirtilen soğutucu akışkanlara ek olarak, tek bileşenli HFO'lar R-1234yf, R-1234ze(E) ve R-1233zd(E) de ele alınacaktır.



**Tablo 1:** Bazı düşük GWP'li soğutucu akışkanların ağırlık yüzdesi bazında bileşimi

	R-454B	R-513A	R-514A	R-1233zd(E)	R-1234yf	R-1234ze(E)
Saf Akışkan	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet
R-134a		44%				
R-32	68.9%					
R-1234yf	31.1%	56%			100%	
R-1130			25.3%			
R-1336mzz			74.7%			
GWP	466	631	3.71	1.34	4	0.97
ASHRAE 34 Derecesi	A2L	A1	B2	A1	A2L	A2L

## Düşük Basıncılı Düşük GWP'li R-11 Soğutucu Akışkan Alternatifleri

**R-513A:** HFO ve HFC'nin orta basınçlı zeotropik karışımıdır. 1430 GWP'li R-134a'nın %50'sinin biraz altında, 631 gibi düşük bir GWP'ye sahiptir. Esasen R-134a ünitelerinde nispeten küçük değişikliklerle kullanılabilen, retrofit amaçlı bir soğutucu akışkan olarak tasarlanmıştır. R-513A'ya sonradan uygun hale getirilen R-134a üniteleri kapasite ve verimlilikte düşüş yaşayabilir, ancak ünite ve kontrolleri yeni soğutucu akışkana göre optimize edilerek bu kayıplar azaltılabilir. ASHRAE tarafından belirlenen güvenlik sınıflandırması A1'dir (yanıcı değil ve toksik değil) ve soğutma gruplarında kullanım için SNAP onaylıdır. Carrier, R-134a ünitelerinin birçoğunda bu maddenin kullanımını onaylamıştır. Ancak Carrier'ın bazı ünitelerde R-513A kullanımını onaylamasına rağmen, retrofitleri önermediğini de hatırlatmak gereklidir.

**R-1234ze(E):** R-134a'nın birçok uygulamasında, özellikle de soğutma gruplarında bir OEM ikamesi olarak kullanılması amaçlanan, orta basınçlı, tek bileşenli bir HFO'dur. 0.97 gibi son derece düşük bir GWP'ye sahiptir. ASHRAE güvenlik sınıflandırması A2L'dir, dolayısı ile toksik değildir ancak hafif yanıcıdır. Carrier ürün gamında bu gazın kullanıldığı bir çok ticari iklimlendirme cihazı bulunmaktadır. Bu soğutucu akışkan ayrıca düşük GWP'li bazı karışımlarda da bileşen olarak yer alır. R-134a'dan daha düşük hacimsel kapasiteye sahiptir, dolayısıyla daha yüksek bir kütleli akış hızı gerektirir; bu nedenle, üniteye modifikasyonlar yapılmadıkça R-134a için doğrudan retrofit olarak kullanılamaz.

**R-1234yf:** Belirli uygulamalarda R-134a için tek bileşenli, orta basınçlı HFO ikamesidir. R-1234yf'nin en önemli kullanımı mobil klima pazarındadır ve birkaç yeni otomobil modeli halihazırda bu maddeyi kullanmaktadır.

## Yüksek Basıncılı Düşük GWP'li R-410A Soğutucu Akışkan Alternatifleri

R-410A yerine kullanılacak soğutucu akışkanı geliştirmek endüstrinin şimdiye kadar karşılaştığı en zorlu işlerden biridir. R-410A için onun özelliklerine ve performansına uygun herhangi bir A1 sınıfı alternatif yok gibi görünmektedir. Yeni adayların çoğu ya yanıcı, ya daha düşük performans sergilemekte ya da uyumluluk sorunları yaşamaktadır. Soğutucularda R-410A için Carrier onaylı bir ikame ürün yoktur; ancak Carrier R-454B'yi (Puron Advance™) konut ve ünite klima uygulamaları için kullanılabilir bir ikame bir soğutucu akışkan olarak ilan etmiştir. Aynı zamanda R-32 soğutucu gazı da endüstride ve Carrier ürünlerinde yaygın olarak kullanılan orta düşük GWP seviyesine sahip bir soğutucu akışkandır. Bu gazlar ASHRAE A2L güvenlik sınıfındadır, bu nedenle toksik değildir ancak biraz yanıcıdır.