ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/338337262

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE DİRENÇ ADINA İYİ BİR ÖRNEKÖRNEK: OZON TABAKASINI KORUMA PROTOKOLÜ VE DEĞİŞİKLİKLERİ

Conference Paper · June 2019

CITATIONS
0

READS
1,196

1 author:



Mithat Ekici
Turkish State Meteorological Service
24 PUBLICATIONS **71** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Mithat Ekici on 02 January 2020.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE DİRENÇ ADINA İYİ BİR ÖRNEK: OZON TABAKASINI KORUMA PROTOKOLÜ VE DEĞİŞİKLİKLERİ

Mithat EKİCİ[1]

GİRİŞ

Ozon (O_3), Dünya atmosferinde doğal olarak bulunan ve üç oksijen atomundan oluşan (kimyasal formülü olan O_3) bir doğal sera gazıdır. Oksijenden (O_2) daha az kararlı ve bu nedenle çok daha reaktif bir yapısı vardır. Bu durum ozon gazını diğer bileşiklerle kolay etkileşime girebilen ve parçalanabilen bir yapı kazandırır. Ozonun reaktif özelliği, yukarı atmosferdeki insan yapımı bileşiklerle etkileşimi yoluyla azalabilmesine ve parçalanabilmesine sebep olur. Ozon tabakasına zarar veren maddeler (ODS- Ozone Depleting Substances), stratosferde ozonu parçalama potansiyeline sahip olan klor ve/veya brom içeren halojen gazlardır (Ritchie ve Roser, 2018).

1970'lerin başında, bilim insanları, insan faaliyetlerinden kaynaklanan ozon tabakasına zarar veren olası tehlikeler hakkında uyarılar yayınlamaya başlamışlardır. Tanımlanan ilk tehlike, Concorde gibi süpersonik yolcu uçak filolarından yayılan azot oksit (NOx) emisyonları olmuştur. Çok geçmeden NASA Uzay Mekiği'ndeki roket motorlarından kaynaklanan hidroklorik asit emisyonları hakkında aynı uyarıları yapmıştır. Ardından, 1974'te Sherwood Rowland ve Mario Molina'nın ozon tabakası hakkında yazdıkları ünlü makalelerinde, kloroflorokarbonlardan (CFC'ler) salınan klorun stratosferde ozonu tahrip edebileceği konusunda uyarıları ile iyice dikkat çekmiştir. Bu uyarılar sayesinde WMO tarafından 1975 yılında ozon tabakasının durumuyla ilgili ilk uluslararası değerlendirme için bir girişim yapılmıştır. 1977'de Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve WMO, Ozon Tabakasına İlişkin Eylem Planı oluşturmuşlardır. 1981 yılında, WMO/UNEP Ozon İncelmesinin Bilimsel Değerlendirmesi'ni yayınlamışlardır. 1985, 1988, 1991 ve 1994 yıllarında diğer değerlendirmeler bu ilk değerlendirme raporunu takip etmiştir. Birçok ulusal çevre kuruluşu ile işbirliği içinde hazırlanan bu değerlendirmelerin sonuncusu 2018 yılında olmak üzere her dört yılda bir yayınlanmaktadır (WMO Secreteriat, 2015).

[1]Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi (Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü Doktora Öğrencisi), mithatekici@gmail.com, mithatekici@gmail.com

Kloroflorokarbonlar (CFC'ler), hidrokloroflorokarbonlar (HCFC'ler), metil klorür ve bromür ve halojenler de dâhil olmak üzere önemli sayıda ODS'nin varlığından söz edilebilmektedir. Yer seviyesinde yayılan bu gazlar, küresel olarak aşağı atmosferde boyunca rüzgâr taşıma sistemleriyle dağılmaktadır. Aşağı atmosferden ultraviyole (UV) güneş ışığının bulunduğu yüksek oranda reaktif klor veya brom gazları ile karşılaşabilecekleri yukarı atmosfere (stratosfer) taşınmaktadır. Reaktif halojen gazları, stratosferik ozonu tahrip ederek ozon tabakasının incelmesine neden olmaktadır (Ritchie ve Roser, 2018). Ozon incelmesi, insan kaynaklı ODS emisyonları ve daha sonra stratosfere yerleşen reaktif halojen gazlarının, özellikle de klor ve brom salınımından kaynaklanmaktadır. ODS[2]'ler arasında kloroflorokarbonlar (CFC'ler), brom içeren halojenler ve metil bromür, hidrokloroflorokarbonlar (HCFC'ler), karbon tetraklorür (CCI_4) ve metil kloroform bulunur. Bu ODS'ler uzun ömürlüdür (örneğin CFC-12, 100 yıldan daha uzun bir ömre sahiptir) ve ayrıca güçlü sera gazlarıdır. Montreal Protokolü kontrollerinin bir sonucu olarak, antropojenik klor ve bromun stratosferik konsantrasyonları düşmektedir. Uzun ömürlü ODS'lere ek olarak, Montreal Protokolü kapsamında kontrol edilmeyen ve ömürleri yaklaşık 6 aydan kısa olan çok kısa ömürlü maddeler (VSLS[3]'ler) olarak bilinen geniş bir klor ve brom içeren madde sınıfı vardır. Örneğin, bromoform ($CHBr_3$) 24 günlük bir ömre sahipken, kloroform ($CHCl_3$) 149 günlük bir ömre sahiptir. Bu maddeler genellikle kimyasal reaksiyonlarda aşağı atmosferde tahrip olur. Genel olarak, VSLS emisyonlarının sadece küçük fraksiyonları, klor ve brom seviyelerine katkıda bulundukları stratosfere ulaşır ve ozon tabakasının incelmesine neden olmaktadır. 2016 Kigali Düzeltmeleri'yle Montreal Protokolünde Değişiklik Yapılması bazı HFC'lerin üretimini ve tüketimini azaltacak ve öngörülen küresel artışından ve buna bağlı iklim değişikliğinden kaçınmasını sağlayacaktır. (WMO, 2018: ES11). HFC'lerin küresel üretimi 2020'de sona erdiğinde, HFC emisyonlarının yüzey sıcaklığına katkısı, 21. yüzyılın tamamı için 0,02 ^oC'nin altında kalacaktır. Kigali Değişikliği hükümleri (0,2 ile 0,4 ^oC) ile düşeceği öngörülen sıcaklık artışının büyüklüğü, küresel sıcaklık artışını, sanayi öncesi sıcaklık seviyesinin 2,0 ^oC'nin oldukça altına düşürmeyi ve 1,5 ^oC'ye kadar sınırlandırma çabalarını sürdürmeyi hedefleyen 2015 BMİDÇS Paris Anlaşması bağlamında büyük önem taşımaktadır (WMO, 2018: ES22).

Modeller ayrıca sera gazı karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) konsantrasyonlarının artmasının, bu yüzyıl boyunca, küresel ozon seviyelerinin, özellikle üst stratosferin soğuması ve stratosferik dolaşımın değişmesi sayesinde, 1960'larda gözlenen doğal ozon seviyesinin de

[2] ODSs-ozone Depleting Substances (Ozon İncelten Maddeler)
[3] VSLSs- Very Short Lived Substances (Çok Kısa Ömürlü Maddeler)

ötesinde artmasını sağlayacaktır. Öte yandan, bir diğer GHG[4] olan artan nitröz oksit (N_2O) konsantrasyonlarının kimyasal etkisinin stratosferik ozonu inceltmek şeklinde bir etkisi olacaktır (WMO, 2018: ES12).

1994 yılında yapılan toplam sütun ozonu verileri analizine göre; her iki yarım kürenin orta enlemlerinde (30° - 60°), her mevsimde önemli miktarda ozon azalması tespit edilmiştir. Kuzey Yarımküre'nin orta enlemlerinde, kış ve ilkbaharda, 1979 - 1994 yılları arasında, her on yılda, yaklaşık % 6'lık düşüş eğilimi görülmüş ve yaz ve sonbaharda her on yılda yaklaşık % 3'lük düşüş gözlemlenmiştir. Güney Yarımküre'de ise mevsimsel fark biraz daha düşük olmasına rağmen orta enlemlerde düşüş eğilimi her on yılda % 4 ile % 5 oranında gerçekleşmiştir. Tropiklerde (20° S - 20° N) istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş eğilimi yoktur. Uydu ve ozonsonde verilerine (20 - 25 km yükseklikteki) göre; ozondaki düşüş eğiliminin çoğunun 25 km'nin (yani, alt stratosferde) altında olduğunu göstermektedir. 1992 ve 1993 yıllarında Antarktika'da en büyük (en geniş alan) ve en derin (en az 100 Dobson[5] birimi altındaki ozon) ozon "delikleri" gözlemlenmiştir. Bu aşırı ozon incelmeleri, polar stratosferik bulutlar üzerinde etkisi iyi bilinen klor ve brom reaksiyonlarına ek olarak, Pinatubo Yanardağı'ndan çıkan sülfat aerosollerinin neden olduğu kimyasal bozulmalar nedeniyle de ortaya çıkmış olabilir (WMO, 1994).

Küresel atmosferik sütun ozon miktarı, 1970'lerden 1990'lara kadar onlarca yıl boyunca azalırken, 1964–1980 ortalamalarına göre 2002–2005 yılları arasında % 3,5'lik bir düşüş görülmüştür. İlkbahar mevsimi için Antarktika ozon seviyeleri, 1970'lerde yavaş yavaş azalırken, 1980'lerde ve 1990'ların başında hızlı düşüşler göstermiştir. Ozonun çoğunun bulunduğu Antarktika stratosferinin 14–20. km seviyelerinde, her yıl Ağustos ayının sonundan Ekim ayının başlarına kadar, fiilen, ozonun tümü, neredeyse yok olmaktadır. Son yirmi yıl içerisinde bazı yıllarda, ilkbaharda, büyük Arktik ozon azalması da gözlenmiştir. Fakat Arktik ozon tabakasının incelmesi, atmosferik dinamikler, taşınma ve sıcaklıktaki değişkenlik sayesinde güçlü bir şekilde hafif atlatılmaktadır. ODS'lerden gelen çok yüksek klor ve brom seviyeleri, doğrudan gözlenen büyük kutupsal ozon incelmelerine (hem Antarktika'da hem de Arktik'te) neden olmaktadır (WMO, 2010: xviii).

Montreal Protokolü kapsamında ele alınan önlemler, ozon tabakasına zarar veren maddelerin (ODS'ler) atmosferdeki miktarında ve stratosferik ozonun tamirinin başlamasında ve kontrollü bir şekilde azalmasını sağlamıştır. Montreal Protokolü kapsamında kontrol edilen uzun

[4] GHG- Green Hause Gases (Sera Gazları)
[5] Dobsob Birimi- 3 mm kalınlığındaki ozon, 300 Dobson Birim ozona denk gelir (http://www.theozonehole.com/dobsonunit.htm).

ömürlü ODS'ler olan hem toplam troposferik klorin hem de toplam troposferik bromun atmosferdeki miktarı, 2014 ozon tabakası değerlendirmesinden bu yana azalmaya devam etmiştir. Kanıtlar göstermektedir ki ODS'lerdeki düşüş, burada verilen gözlenmiş ozon eğilimlerine önemli bir katkı yaptığını göstermektedir. Her yıl ortaya çıkan Antarktika ozon deliği iyileşmeye devam etmektedir. Montreal Protokolü sayesinde kutup bölgelerinde çok daha ciddi ozon azalmaları önlenmiştir. Kutup bölgelerinin dışında, yukarı stratosferikdeki ozon miktarı, 2000 yılından beri her on yılda % 1-3 oranında artmıştır. Son değerlendirmeden bu yana geçen yıllarda 1964–1980 ortalamasının yaklaşık % 2 altında kalan ortalama değerler, 1997–2016 döneminde küresel (60° S–60° N) toplam sütun ozonunda önemli bir düşüş eğilimi göstermemiştir. Ozon tabakası bu yüzyılın ikinci yarısında değişecek ve farklı bölgelerde artış ve azalışlar da karmaşık olacağı öngörülmektedir. Kuzey Yarımküre orta enlemlerde toplam sütun ozonunun 2030'larda 1980 miktarlarına, Güney Yarımküre orta enlemlerde ise ozonunun yüzyılın ortalarında 1980 miktarlarına dönmesi beklenmektedir. Antarktika ozon deliğinin kademeli olarak kapanması, ilkbahar toplam sütun ozonunun 2060'larda 1980 değerine geri dönmesi beklenmektedir (WMO, 2018: ES.3). 1970'lerin ortasında ozon tabakasında keşfedilen bu ciddi azalmalar ve dünya kamuoyunun dikkatinin çekilmesi sonucu WMO 2018 ozon değerlendirme raporundaki ozon tabakasının 1980 öncesi duruma dönebileceği noktaya nasıl gelinmiştir. Tüm dünyanın katılım sağladığı ve doğru bir yaklaşımla işbirliği yaptığı ozon tabakasını koruma protokolleri iklim değişikliği protokollerine de ilham olabilecek kapasitede iyi bir örnek olmaktadır. Bu çalışmada ozon tabakasının tüm dünyada 21. yüzyıl ortalarında 1980 öncesi dönebilmesini sağlayan eylemler ve çalışmaları inceleyip doğal bir sera gazı olmasından dolayı iklim değişikliğinin bir parçası olan ozon gazının ve tabakasının korunabilme başarısının iklim değişikliğine direnç için ne kadar iyi bir örnek olabildiği incelenecektir.

MONTREAL PROTOKOLÜNE GİDEN YOL

İlk olarak 1975 yılında WMO hükümetlerarası bilimsel açıklaması ile ozon tabakasına yönelik tehlike konusunda uyarıda bulunmuş ve bu durum yasal çalışmalar için zemin hazırlamıştır. 1976'da, UNEP *"insan yapımı kimyasalların salımı konusunda ulusal ve uluslararası kontrol önerileri için ihtiyaç ve gerekçelerin incelenmesi"* çağrısında bulunmuştur. Aynı yıl UNEP Yönetim Kurulu, hükümetler, hükümetler arası ve sivil toplum kuruluşları (STK'lar) tarafından görevlendirilen uzmanlar toplantısı için yetkili kılınmıştır. WMO, 1-9 Mayıs 1977 tarihinde Washington'da yapılan toplantının hazırlanmasında ve yürütülmesinde UNEP'e katılmıştır. WMO, ozon ve ilgili nadir türlerin izlenmesi, veri analizi, modelleme ve

laboratuvar fotokimyası ve UV-B ölçümlerini kapsayan bir dizi çalışmayı içeren seksen sayfalık *"Ozon tabakasının durumunun araştırılması"* anketini hazırlamıştır. 32 ülkenin temsilcileri *"Ozon Tabakasında Dünya Eylem Planı"* nı kabul etmiştir. Bu eylem planı 21 madde olarak yayınlanmıştır. Eylem planı, ozon ve güneş radyasyonunun izlenmesini, ozonun incelmesinin insan sağlığı, ekosistemler ve iklim üzerindeki etkisinin değerlendirilmesini ve kontrol önlemlerinin maliyet ve faydalarını değerlendirme yollarının geliştirilmesini kapsamaktadır. WMO atmosferik araştırma planının sorumluluğunu üstlenirken, UNEP geniş bir koordinasyon görevi almıştır. Hükümetlerin uzmanları Eylem Planını kabul ederek, henüz netleşmemiş olmasına rağmen potansiyel bir sorun olduğunu kabul etmişler ve bununla başa çıkmak için ortak çalışmalar önermişlerdir. ABD, Kanada, Norveç ve İsveç gibi ülkeler hemen CFC'leri kontrol etmek için harekete geçmişlerdir. 1980 yılında Avrupa Topluluğu Komisyonu, CFC 11 ve 12 üretme kapasitesini artırmamayı kabul etmiş ve 1982'ye kadar sprey kutularında kullanımlarında % 30'luk bir kesim yapılması çağrısında bulunmuştur. Eylem Planının uygulanmasını gözden geçirmek için UNEP, Ozon Tabakası ile ilgili bir koordinasyon komitesi kurmuştur. Eylem Planı, WMO, Dünya Sağlık Örgütü ve sivil toplum kuruluşlarından katılan büyük bilimsel programlara sahip ülkelerin temsilcilerinden oluşmaktadır. Komite 1980'lerin ortasına kadar düzenli olarak bir araya gelmiş ve uluslararası çalışmaların odak noktası olmuştur. Ozon tabakasının insan yapımı gazlar yüzünden inceldiği hipotezi, bilim adamları tarafından tartışılmış ve CFC'lerin kontrolü gerekliliği kabul edilinceye kadar sanayi üretimi üzerinde baskı kurulmuştur (WMO-UNEP, 1995).

Viyana Ozon Tabakasının Korunması Konvansiyonu'na genellikle çatı kontratı olarak bakılmaktadır. Çünkü dünyadaki ozon tabakasını koruma çabaları için önemli bir çerçeve görevi görmektedir. Viyana Sözleşmesi 1985'te kabul edilmiş ve 22 Eylül 1988'de yürürlüğe girmiştir. 2009 yılında, Viyana Konvansiyonu, evrensel onay almış bu türdeki ilk Sözleşme olduğu bildirilmiştir. Sözleşmenin amacı, tarafların, insan faaliyetlerinin ozon tabakası üzerindeki etkilerini sistematik gözlemler, araştırma ve bilgi alışverişi yaparak işbirliğini teşvik etmek ve ozon tabakası üzerinde olumsuz etkileri olabilecek bu faaliyetlere karşı yasal veya idari önlemleri almaktır. Viyana Sözleşmesi, ülkelerin ozon tabakasına zarar veren maddeleri kontrol etmek için somut adımlar atmalarını gerektirmemiştir. Dünya ülkeleri, bu amacı ilerletmek için Viyana Konvansiyonu kapsamında Ozon Tabakasını İncelten Maddeler Hakkında Montreal Protokolünü kabul etmişlerdir (Martin, 2015).

1987'de imzalanan orijinal Montreal Protokolü, stratosferik ozonu korumak için uluslararası çabalarda yaptırımı olan ilk adımdır. Orijinal Montreal Protokolü anlaşması (1987) uyarınca,

gelişmiş ülkelerin 1993 yılında CFC'leri ortadan kaldırmaya başlayacaklarını ve 1986 tüketim seviyelerine göre % 20'lik bir düşüşe ve 1998'e kadar % 50'lik bir azalmaya ulaşacaklarını taahhüt etmişlerdir. Ayrıca, gelişmiş ülkelerin 1986 seviyelerine göre halojen üretimi ve tüketimlerini dondurmaları gerekmektedir. Montreal Protokolü imzalandıktan sonra, yeni veriler, ozon tabakasının beklenenden daha kötü hasar aldığını göstermiştir. Montreal Protokolü Tarafları, Protokolde, taraf olanların yanı sıra, yeni kimyasalların kontrolünü ve gelişmekte olan ülkelerin de bu düzenlemelere uymasını sağlamak için finansal bir mekanizma oluşturulmasını mümkün kılan değişiklikler yapmışlardır. Montreal Protokolü ayrıca, Tarafların Protokol'e yeni bilimsel bilgilerle hızlı bir şekilde katkı vermeleri ve Protokol tarafından kapsanan kimyasallar için gerekli olan azaltımları hızlandırmak için gelişmiş bir düzenleme özelliğini taşımaktadır. O zamandan itibaren Montreal Protokolü, hem ozon tabakasına zarar veren (ODS) kimyasalları kontrol altına almak hem de önceden kontrol edilen kimyasalların aşamalı olarak artırılmasını sürekli hale getirmiştir. Montreal Protokolü'ndeki ayarlamalar ve değişikliklerin yanı sıra, Protokol Tarafları yıllık olarak toplanır ve bu önemli yasal düzenlemelerin etkin bir şekilde uygulanmasını amaçlayan çeşitli kararlar almaktadırlar. Montreal Protokolü kapsamında alınan önlemler nedeniyle, ODS (Ozone Depleting Sunstances- Ozon İncelten Maddeler) salımları düşmekte ve ozon tabakasının 21. yüzyılın ortalarına kadar tamamen iyileşmesi beklenmektedir (EPA, 2017).

Antarktika ozon deliği, mevcut ODS miktarı göz önüne alındığında beklendiği gibi, her baharda oluşmaya devam etmektedir. Her yıl Ağustos ayından Kasım ayına kadar Antarktika stratosferi önemli miktarda ozon kaybı yaşamaktadır. Kuzey Kutbu, Antarktika ile aynı derecede olmasa da önemli derecede stratosferik ozon incelmesi potansiyeli taşımaktadır. Bu farklılık, Arktik ve Antartika stratosferdeki farklı meteorolojik koşullar ile açıklanabilmektedir. Kuzey Kutbu, bazı yıllarda soğuk stratosferik bir kış geçirebilmektedir, ancak aralarında bazı ılık kışlar da yaşanmaktadır. Antartika'da ise her kış soğuk geçmektedir. 2011 kışında ve baharında Kuzey Kutbu stratosferi özellikle soğuk geçmiştir. Bu koşullar altında, beklendiği gibi önemli miktarda ozon tabakası incelmesi yaşanmıştır. 2011'de Kuzey Kutbu'ndaki ozon kaybı seviyesi, 1982/1983 yıllarında Antartika'da gözlenen ozon kaybıyla karşılaştırılabilir. Arktik'te zaman zaman yaşanan aşırı ozon incelmeleri, Antartika'da son 20 yıl içinde daha da şiddetlenmiştir. Bu durum, farklı meteorolojik koşullardan ve polar stratosferik bulutların oluşmasından kaynaklanmaktadır. Stratosfer, sadece 5 ppm su buharı kapasitesi ile troposfer ile karşılaştırıldığında çok kurudur. Bu nedenle stratosferde bulutlar nadiren görülür. Bununla birlikte, -78 °C'nin altında yeterince soğuk olması durumunda

stratosferde bulutların oluşması mümkündür. Bu gibi düşük sıcaklıklar sadece kutup bölgelerinde ve Güney yarım kürede Kuzeyde olduğundan çok daha büyük bir oranda görülür (WMOSecreteriat, 2015).

ABD hükümeti araştırmacıları 2 Kasım 1918 tarihinde yaptıkları açıklamada, 2018 yılında Antarktika'da aşırı soğuk şartlar yüzünden, bilim adamlarının son birkaç yılda ölçtüğünden yaklaşık 3 milyon kilometre kare daha büyük bir ozon deliği ürettiğini tespit etmişlerdir. Antarktika atmosferdeki aşırı soğuk şartlar, yüksek buz kristallerinin oluşumunu teşvik etmektedir. Buz, kloroflorokarbonlardan (CFC'ler) türetilen klor gibi kimyasalların üzerine tutulur ve onları parçalara ayırır. Bu klor atomları ozon moleküllerini parçalar. Bu oluşum yüzünden 2018 yılında Antarktika'da yaklaşık 23 milyon kilometrelik bir delik açılmıştır. Araştırmacılar, atmosferde yaklaşık 50 yıl devam eden protokole aykırı kaynağı belirsiz emisyonların, on yıl veya daha uzun bir süre boyunca ozon tabakasının iyileşmesini engelleyebileceğinden bahsetmektedir (Rehm, 2018).

Montreal Protokolünde Yapılan Değişiklikler

Londra Değişikliği (Amandment-1990) ile gelişmiş ülkelerde 2000 yılına kadar ve 2010 yılına kadar gelişmekte olan ülkelerde, CFC'lerin, halojenlerin ve karbon tetraklorürün içeren ODS'leri kademeli olarak ve sonunda tamamen kaldıran salım planı değişikliğine gitmiştir. Ayrıca, 2005 yılına kadar gelişmiş ülkelerde ve 2015 yılına kadar ise gelişmekte olan ülkelerde metil kloroform bu listeye eklenmiştir. **Kopenhag Değişikliği (1992),** 2004'ten başlayarak, gelişmiş ülkeler için bir hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) safhasını içeren ODS'lerin azaltımını önemli ölçüde hızlandırmayı içermektedir. Bu anlaşmaya göre, 1996 yılında gelişmiş ülkelerde CFC'ler, halojenler, karbon tetraklorür ve metil kloroformun safhalarının tamamen kaldırılması hedeflenmiştir. Ek olarak, metil tüketimi 1991 seviyeleriyle sınırlandırılmıştır. **Montreal Değişikliği (1997)** ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sırasıyla 2005 ve 2015 yıllarında metil bromür azaltımını öngörürken, gelişmekte olan ülkelerdeki HCFC'lerin azaltılma aşamasını da içermiştir. **Pekin Değişikliği (1999),** HCFC'lerin üretimi ve ticareti konusunda sıkı kontroller içermektedir. 2004 yılı için hedeflenen kademeli azaltımı kontrol edilen maddeler listesine de bromoklorometan eklenmiştir. **Kigali Değişikliği (2016),** hidroflorokarbonların (HFC'ler) üretimini ve tüketimini azaltmaya yönelik kontrolleri genişletmiştir. Çünkü bu maddeler sanayi için ozon

tabakasına zarar veren maddeler olmamasına rağmen dünyanın iklimine zarar veren güçlü sera gazları olarak tespit edilmiştir (EPA, 2017).

Çevre konusunda imzaya açılmış en başarılı çok taraflı uluslararası anlaşma özelliğindeki Montreal Protokolü'ne 196 ülke taraf olmuştur. Ayrıca 1990 yılında, Montreal Protokolü'nün Uygulanması için Londra'da, gelişmiş ülkelerin katılımlarıyla Çok Taraflı Fon (MLF) meydana getirilmiştir. Montreal Protokolü 27. Taraflar Toplantısı'nda (MOP 27), 2015 yılında Dubai'de düzenlenmiştir. Bu toplantıda küresel ısınma potansiyeli karbondioksitten 100 ile 1000 kat daha kuvvetli potansiyele sahip florlu sera gazlarından olan hidroflorokarbonların (HFCs) aşamalı azaltımı kararı çıkmıştır. Ekim 2016 tarihinde Kigali'de 28. Taraflar Toplantısı'nda (MOP 28) hidroflorokarbonlar, Montreal Protokolü ozon azaltan maddeler listesine eklenmiştir. Kigali Değişikliği 2040'ların sonundan itibaren, Taraflar'ın hidroflorokarbonları % 80-85 oranında azaltmasını öngörmektedir (MFA, 2016).

KİGALİ DEĞİŞİKLİKLERİNİN GETİRDİKLERİ

Kigali Değişikliği'nin hidroflorokarbonlar (HFC'ler) sayesinde 2100'de küresel ortalama ısınmayı 0,1^{o}C 'den daha az olacak şekilde başlangıç değerinden 0,3-0,5^{o}C civarında düşüreceği öngörülmektedir. Bu yüzyılda küresel sıcaklığın yükselişini sanayi öncesi seviyelerin 2 °C'nin üstüne çıkarmayı hedefleyen 2015 Paris Anlaşması bağlamında, Kigali Değişikliği (0,2 ile 0,4 ^{o}C) hükümleri sayesinde önlenebilecek sıcaklık artışı önemlidir. CFC-11'in küresel toplam salımlarında beklenmeyen bir artış olmuştur. İki bağımsız ağ tarafından yapılan ölçümlerden elde edilen Global CFC-11 salımları 2012'den sonra artmış ve böylece önceki değerlendirmelerde bildirilen atmosferik konsantrasyonlardaki istikrarlı azalmayı yavaşlatmıştır. 2014'ten 2016'ya kadar olan küresel CFC konsantrasyon düşüşü, 2002'den 2012'ye olduğu hızın ancak üçte ikisi kadar olmuştur. Doğu Asya'dan kaynaklanan CFC-11 salımları 2012'den bu yana artmıştır, ancak bu bölgenin küresel emisyon artışına katkısı iyi bilinmemektedir. Emisyonların arttığı ülke veya ülkeler tespit edilememiştir. Daha önce tanınmayan, önemli karbon tetraklorür emisyonlarının kaynakları belirlenmiştir. Bu kaynaklar arasında, klorometan ve perkloretilen üretiminden kaynaklanan istenmeyen yan ürün emisyonları ve klor-alkali işleminden kaynaklanan kaçak emisyonlar bulunmaktadır. Karbon tetraklorürün küresel miktarı, önceki değerlendirmelerde olduğundan daha iyi anlaşılmıştır. Gözlemlenen ve endüstri kaynaklı emisyon tahminleri arasındaki önceden belirlenen fark büyük ölçüde azaltılmıştır. Montreal Protokolünün stratosferik ozonun korunmasındaki devam eden başarısı, Protokol ile sürekli uyumluluğa bağlıdır. Ozon tabakasının geri

kazanılmasını hızlandıracak seçenekler artık sınırlanmıştır, çünkü yardımcı olabilecek önlemler zaten önemli ölçüde gerçekleştirilmiştir. Karbon tetraklorür ve diklorometan gibi kontrol edilen ve kontrol edilemeyen madde emisyonları tamamen ortadan kaldırılması gibi kalan seçenekler ise CFC'lerin, halojen'lerin ve HCFC'lerin yeniden kazanılması ve imhası ile HCFC ve metil bromid üretiminin ortadan kaldırılması gibi durumlar küçük ve mütevazı ozon tabakası geri dönüşümlerini sağlayacaktır. Gelecekte karbondioksit, metan ve azot oksit salımları, iklim ve atmosfer kimyası üzerindeki etkileri açısından ozon tabakasının geleceği için son derece önemli olacaktır. Azot oksit salımlarının azaltılması aynı zamanda küçük ve mütevazı bir ozon geri dönüşümünü sağlayabilecektir (WMO, 2018:ES.3).

1997–2016 döneminde orta enlemlerde (60° S - 60° N) toplam sütun ozonunda istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim tespit edilmemiştir. 2014 değerlendirmesinden bu yana ortalama küresel toplam sütun ozonu, 1964–1980 ortalamasının yaklaşık % 2,2 altında kalmıştır. Bu bulgular, ozonu kontrol eden süreçler göz önüne alındığında beklenen bir sonuçtur. Orta enlemlerde, EESC (Equivalent effective stratospheric chlorine)'de 1997'den bu yana % 15'lik düşüş sayesinde ozon miktarı artmıştır. Halojen kaynaklı ozon kaybının aşağı stratosferde küçük olduğu tropik bölgelerde, toplam sütun ozonu, yüksek volkanik aerosol artma koşulları (örn., Pinatubo (1991)) hariç, ODS konsantrasyonları yüzünden önemli ölçüde değişmemiştir. Toplam ozon sütunun sadece küçük bir kısmını temsil eden yukarı stratosferik ozon miktarı, kutup bölgelerinin dışında, 2000 yılından bu yana her on yılda % 1-3 oranında artmıştır. Yükseliş eğilimi, en büyük ve istatistiksel anlamlı artışını kuzey orta enlemlerde ve 40 km yükseklik üzerinde en yüksek değerine ulaşmaktadır. Ozon artışının diğer yarısını sağlayan ise sera gazı artışının yukarı stratosferi soğutmasından kaynaklanan ozon yıkımının yavaşlamasına bağlıdır (WMO, 2018: ES26).

Ozon iyileşmesi ve ozon-iklim etkileşimleri açısından bu değerlendirmede kimyasal iklim modellerinde rafine bir ODS senaryosu ve yeni sera gazı emisyonları senaryoları kullanılmıştır. Enlemlere bağlı olarak, son değerlendirmeye göre ozonun iyileşme tarihlerinde 5 ila 15 yıl gecikmeler beklenmektedir. Antarktika ozon deliğinin kademeli olarak kapanması beklenirken, ilkbaharda toplam sütun ozonu, yüzyılın ortasından kısa bir süre sonra 1980 seviyelerine (yaklaşık 2060) döneceği beklenmektedir. Kuzey Kutbu ilkbahar mevsimi için toplam sütun ozonunun yüzyılın ortasından önce (yaklaşık 2030'lar) 1980 değerlerine dönmesi beklenmektedir. ODS konsantrasyonları, doğal seviyelerin oldukça üzerinde olduğu soğuk kışlarda, Arktikte önemli ozon tabakası incelmeleri mümkün olacaktır. Antarktika'nın tersine, ilkbahar mevsiminde Kuzey Kutbu toplam ozonun iyileşmesinin zamanlaması,

antropojenik iklim değişikliğinden güçlü biçimde etkilenecektir. Montreal Protokolü'ne tam uyumun devam ettiğini varsayarsak, Antarktika dışında, CO_2, CH_4 ve N_2O, 21. yüzyılın ikinci yarısında stratosferik ozon değişikliklerinin başlıca nedenleri olacaktır. 2100 itibariyle stratosferik sütunun tropik bölgelerde RCP-4.5 için yaklaşık 5 DU, RCP-8.5 için yaklaşık 10 DU düşmesi beklenmektedir. Net toplam sütun ozonunun değişiminin, troposferik ozonda, dengeleme artışlarından dolayı daha küçük (yaklaşık 5 DU) olacağı tahmin edilmektedir. Ozonda sadece iyileşme yaşanmayacak, aynı zamanda orta enlemlerde ve Kuzey Kutbu'ndaki ortalama değerlerinde 1960–1980 ortalamasını aşması beklenen durumlarda yaşanabilecektir. İlkbahar mevsiminde Arktik ozonda RCP-4,5 için yaklaşık 35 DU, RCP-8,5 için yaklaşık 50 DU yükselme beklenmektedir (WMO, 2018: ES27).

Kigali Değişikliği'ni onaylayan ülkeler 2047 yılına kadar HFC kullanımını 2021 kullanımı üzerinden % 80 oranında azaltmayı taahhüt etmiş olacaktır. Küresel ısınma potansiyeli oldukça yüksek bir sera gazı olan HFC azaltımı ozon tabakası protokolü sayesinde yapılsa da aslında iklim değişikliği Paris Antlaşmasının küresel ısınmayı 1,5 °C'de tutma düşüncesine hizmet etmektedir. HFC azaltımı sayesinde yüzyıl sonuna kadar yaklaşık 0,4'lik bir azaltım katkısı yapması beklenmektedir. Türkiye, Montreal Protokolüne göre gelişmekte olan A2 ülkeleri listesinde bulunmaktadır. Cumhurbaşkanlığı tarafından Kigali Değişikliği'nin onaylanması teklifine göre Türkiye HFC gaz salımlarındaki artışı 2024 yılında durduracak ve devamında ise 2029 yılına kadar % 10, 2035'e kadar % 30, 2040'a kadar % 50 ve 2045 yılında % 80 azaltım yapmak zorundadır. HFC gazı, bir sera gazı olarak tanımlanıyor.

KAYNAKLAR

EPA, (2017), *"International Treaties and Cooperation about the Protection of the Stratospheric Ozone Layer",* https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/international-treaties-and-cooperation-about-protection-stratospheric-ozone, (08.05.2019).

Martin, F., (2015), *"The Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer (Vienna, Revised 2012)",* Environment, Climate Change and Green Economy, https://europa.eu/capacity4dev/public-environment-climate/document/vienna-convention-protection-ozone-layer-vienna-revised-2012, (08.05.2019).

MFA, (2016), *"Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü",* http://www.mfa.gov.tr/viyana-sozlesmesi-ve-montreal-protokolu.tr.mfa, (10.05.2019).

Rehm, J., (2018), "Rogue chemicals threaten positive prognosis for ozone hole", nature-International Journal of Science, https://www.nature.com/articles/d41586-018-07269-1, (10.05.2019).

Ritchie, H., ve Roser, M., (2018), *"Ozone Layer"*, Our World in Data, https://ourworldindata.org/ozone-layer, (07.05.2019).

WMO Secreteriat, (2015), *"Is the Ozone Layer on the Mend?",* https://public.wmo.int/en/bulletin/ozone-layer-mend-0, (07.05.2019).

WMO, (1994), *"Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994 Executive Summary",* World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 37, https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/1994/executivesummary.html#B1, (07.05.2019).

WMO, (2010), *"Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010",* World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 52, https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2010/documents/Ozone-Assessment-2010-complete.pdf (07.05.2019).

WMO, (2018), *"Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018",* World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 58, https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2018/report/FrontMatter-ExecutiveSummary_2018OzoneAssessment.pdf (08.05.2019).

WMOSecreteriat, (2015), *"Is the Ozone Layer on the Mend?",* https://public.wmo.int/en/bulletin/ozone-layer-mend-0, (10.05.2019).

WMO-UNEP, (1995), *"Plan Of Action On The Ozone Layer",* https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ozwv/dobson/papers/wmobro/action.html (08.05.2019).

View publication stats