

# TOMS ve OMI UYDU TÜRKİYE OZON VERİLERİ (1979-2014) ANALİZİ ve ANKARA BREWER SPEKTROFOTOMETRE OZON VERİLERİ (2007-2014) ile KARŞILAŞTIRMASI

Mithat EKİCİ<sup>1</sup>, Osman ESKİOĞLU<sup>1</sup>, Yılmaz ACAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, 06 120, Kalaba/Ankara, mekici@mgm.gov.tr, oeskioglu@mgm.gov.tr, yacar@mgm.gov.tr,

## ÖZET

*Ozon, gezegenimizi çevreleyen atmosfer içinde önemli bir iz gaz olarak tanımlanır. Stratosferdeki ozon, güneş ışınlarının zararlı kısmını emme yeteneğine sahiptir.*

*TOMS (Total Ozone Measurement Spectrophotometer) uydu ozon programı, 24 Ekim 1978 tarihinde Nimbus-7 ile başlamış ve 1993 yılına kadar devam etmiştir. Meteor-3 TOMS, 22 Ağustos 1991 tarihinden itibaren ölçüme başlamış ve faaliyetini 24 Kasım 1994 tarihinde sonlandırmıştır. Uydu ozon verilerinde; Kasım 1994 ile Temmuz 1996 yılları arasında yaklaşık 20 aylık ölçümsüz boş dönem yaşanmıştır. Earth Probe uydusu ise 31 Aralık 2005 tarihine kadar faaliyetine devam ettirilmiştir. Aura uydusu üzerine konulan OMI (Ozone Monitoring Instrument) ozon ölçüm cihazı ile 2004 yılı Temmuz ayında ozon ölçümü başlamış ve halen devam etmektedir.*

*Bu çalışmada, <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/Aura/data-holdings/OMI> web sitesinde yayınlanan küresel uydu toplam sütun ozon verisi bir kod ile indirilmiştir. Küresel veri seti içerisinde 1979-2014 (36 yıl) periyoduna ait ve 25° - 45° Doğu Boylamı ile 34° - 42° Kuzey Enlemi aralığındaki Türkiye koordinatlarına ait veriler ayrıştırılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu veriler 1° x 1.25° çözünürlüğünde ve Türkiye'yi kapsayan 82 adet grid'den oluşmaktadır. Bu veriler yardımıyla Türkiye'ye ait aylık, mevsimlik ile yıllık toplam ozon eğilim grafiği çizdirilmiş ve Türkiye ozon tabakası durumu analiz edilmiştir. Ayrıca, Ankara'da kurulmuş olan Brewer Spektrofotometre cihazı verileri (2007-2014) ile karşılaştırma yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.*

*Anahtar Kelime: Ozon Uydu Verisi, Toplam Ozon, Dobson Birimi, Mevsimsel Ozon, Brewer Spektrofotometre*

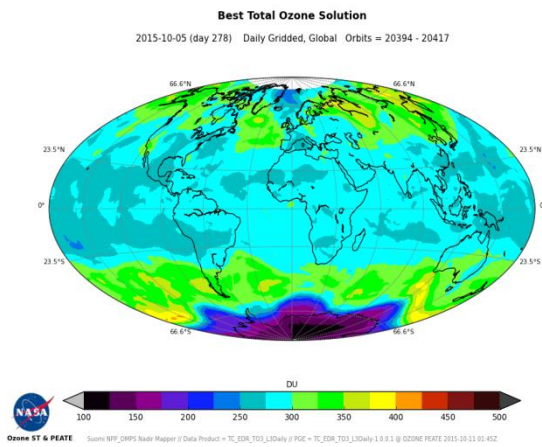
### 1. GİRİŞ

Ozon, gezegenimizi çevreleyen atmosfer içinde önemli bir iz gaz olarak tanımlanır. Stratosferdeki ozon, güneş ışınlarının zararlı kısmını emme yeteneğine sahiptir. Bu sayede yeryüzündeki canlı hayatını korur. Ancak, stratosferik ozon tabakası, ozon tabakasına zarar veren maddeler ve insan yapısı kimyasallar (CFCs, Br vb.) yüzünden tehlike altındadır (1). Ozon, ekvator kuşağı üzerindeki stratosfer tabakasında bütün bir yıl boyunca üretilmekte ve hava hareketleri ile buradan kutuplara doğru taşınmaktadır. Ozonun en çok bulunduğu stratosfer tabakasının alt kısımları ise tropopoz yüksekliği ile belirlenebilmektedir. Toplam sütun ozonunun dünya ortalaması 300 Dobson birimi (Dobson Unit, DU) civarında olup, coğrafyaya bağlı olarak 230 ile 500 Dobson birimi arasında değişmektedir. Toplam ozon ortalaması, ekvator kuşağı üzerinde 240 DU ile en düşük değere sahipken ekvator dan kutuplara doğru gidildikçe 400 DU'e kadar artış göstermektedir (9). Bir Dobson birimi, ozon hacminin yaklaşık milyarda bir kısmının (1 ppbv), ortalama atmosferik konsantrasyonunu ifade eder.  $1 \text{ DU} = 10^{-3} \text{ atm-cm} = 0.01 \text{ mm} = 10^{-5} \text{ m}$ 'dir (11). Stratosferik ozon, orta enlem bölgelerinde son birkaç on yıl için belli oranda düşüş trendine girmiştir (2). 2006-2009 ortalama toplam ozon değerleri; 1964-1980 ortalamalarına göre son on yıldır aynı düzeyde kalırken,  $90^{\circ}\text{S} - 90^{\circ}\text{N}$  için yaklaşık %3,5 ve  $60^{\circ}\text{S}-60^{\circ}\text{N}$  için %2,5 altında gerçekleşmiştir (6). Kuzey yarımküre orta enlemlerindeki ( $35^{\circ}\text{N}-60^{\circ}\text{N}$ ) 2006-2009 dönemi yıllık toplam sütun ozon miktarı, 1998-2005 döneminde gözlemlenen miktarla aynı kalırken ve 1964-1980 ortalamasına göre yaklaşık % 3,5 azalmıştır. En düşük miktar, 1964-1980 ortalamasına göre, % 5,5 azalma ile 1990'ların ortalarında görülmüştür (6).

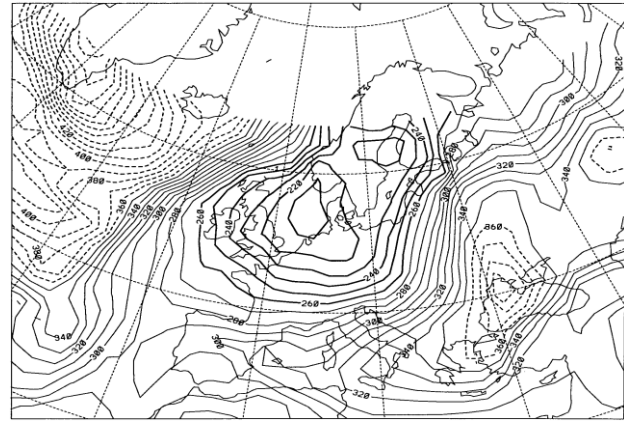
TOMS uydu gözlemleri ile yapılan toplam ozon ölçümlerine dayalı çok sayıda çalışmada, orta enlemlerde yaz mevsimine göre kış ve ilkbahar aylarında, toplam ozon miktarında daha büyük düşüş eğilimleri görülmüştür (3). NASA tarafından 1975 yılında yapılan kongrede; araştırma, teknoloji ve yukarı atmosfer gözlem programının izlenmesi ve geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kongre; dünya yukarı atmosferinin kimyasal ve fiziksel bütünlüğünü korumak için bir anlayış birliği geliştirmiştir (12). Uydu ölçümleri için ilk ozon alıcıları 1960 yılında geliştirilmiştir. Ozon gözlemlerinin en geniş ölçüm seti 1970 ile 1977 arasında Nimbus-4'den elde edilmiştir (4). Nimbus-7 TOMS uydusundan toplam ozonun günlük ölçümleri, sürüm-7 verileri kullanılarak 14 yıl boyunca alınmıştır. Uydu gözlemleri modern çağında yapılan ilk büyük çalışmalarda, Antartika üzerindeki bahar mevsimi ozon deliğinde tespit edilen geçici ozon miktarı düşüşleri araştırılmıştır (5). Aslında ozondaki mini azalmalar her iki yarımküre orta enlemlerde de yaygındır. Bunlar, yatay ve dikey adveksiyon

## II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

hava hareketinin bir kombinasyonu sonucu, genellikle, ozonun az olduğu zamanlarda meydana gelir ve antisiklonik bir çizgide, nispeten sıcak hava kutba ve doğuya doğru hareket ederken görülür. Ozonca fakir havayla dolu tropopozun yükselmesi, toplam sütun ozon oranının artmasına yardımcı olur (5). Sonuç olarak, toplam sütun ozon miktarı tropopoz yüksekliği ile güçlü bir korelasyon gösterir. Ozon azalma klimatolojisi, Nimbus-7 TOMS'un günlük ozon gözlemlerine dayanır ve sürüm-7 verinin elde edilebildiği en son sürümüdür. Bu sürüm özellikle önceki sürümlere göre, düşük güneş zenit açıları için yeniden elde edilen verilerin kalitesinin artırılmasında ve ham verilerin kalibrasyonunda kullanılmıştır (5).



Şekil 1: OMI Uydu  
Küresel Toplam  
Ozon Gösterimi  
(13)



Şekil 2. Nimbus-7 TOMS cihazı tarafından 5 Şubat 1990'da Avrupa üzerindeki toplam ozon seviyeleri: Kontur aralığı 10 DU, en düşük 260 DU ve en yüksek 360 DU'dur (5).

## 2.YÖNTEM

TOMS programıyla yapılan geçerli ölçümler, 24 Ekim 1978 tarihinde Nimbus-7 uzay aracı üzerindeki TOMS Uçuş Modülü kullanılarak, 1978 yılı Kasım ayında başlamıştır. TOMS cihazının görevi Mayıs 1993 yılında sona ermiştir. Yerine kullanılan Meteor-3 TOMS ise Ağustos 1991'de veri göndermeye başlamış ve Aralık 1994 yılında faaliyetini durdurmuştur (12). Başlangıçta, Earth Probe (EP) TOMS ile elde edilen veriler, uydunun yüksek yörüngesi ve tam ekvatorial özelliklerinden dolayı ADEOS TOMS'dan elde edilen verilerle tamamlanmış ve EP-TOMS ilk planlanan 950 kilometrelik yörünge yerine 500 kilometrelik yörüngeye oturtulmuştur (13). OMI, NASA'nın Yeryüzü Gözlem Sistemi Aura

## II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Uydu güvertesindeki UV/Görünür CCD Spektrometre ile birlikte NADIR görüntüleme sistemidir. Aura, 15 Temmuz 2004 tarihinde uzaya fırlatılmış ve 9 Ağustos 2004 yılından bu yana da veri toplamaktadır (15). Son zamanlarda, TOMS ve OMI verilerindeki görüntüleme koşullarıyla ilgili hataları gidermek amacıyla, NASA'nın Goddard Ozon İşlem Ekibi tarafından geliştirilen Sürüm 8 algoritması ile işlem yapılmaktadır (16;p20).

Bu çalışmada, 1979-2014 (36 yıl) periyodu ve 34°-42° K, 25°- 45°D (82 grid) aralığındaki 36x82=2952 adet uydu ozon verisi kullanılmıştır. Bu veriler 1°x1.25° çözünürlüğünde ve Türkiye sınırlarını kapsayan 82 grid'den oluşmaktadır. Aylık değerlendirmeler için 82x12=984, mevsimlik karşılaştırmalar için de 82x4= 328 adet veri kullanılmıştır.

### 2.1. Brewer Spektrofotometre Cihazı

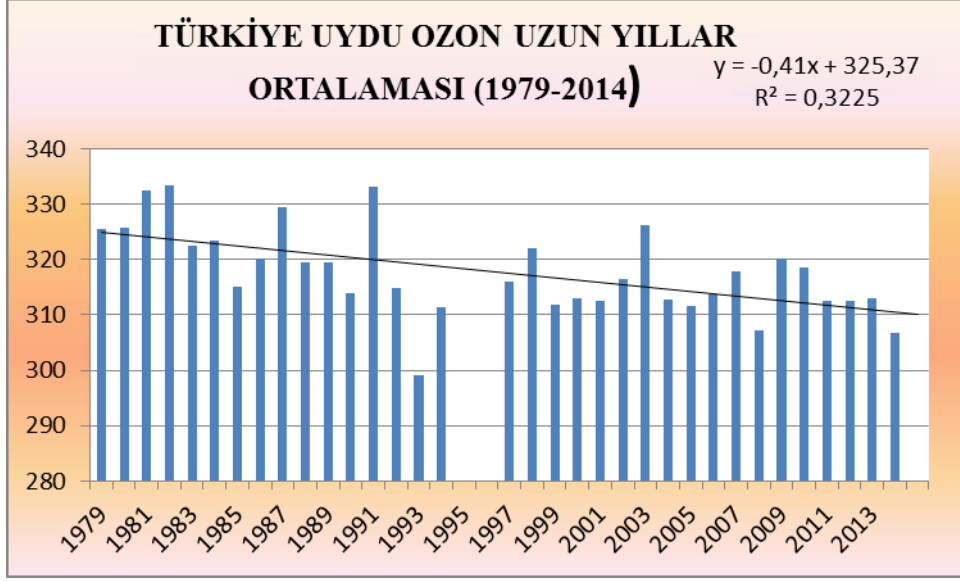
Ankara'da (39° 58' N; 32° 52' E) 2006 yılı Kasım ayından beri Brewer MKIII cihazı ile düzenli olarak ozon ölçümü yapılmaktadır. Brewer #188 MKIII cihazı double monocromator tip bir cihazdır. Cihaz Toplam Ozonu, UV Radyasyonun 306.3, 310.1, 313.5, 316.8 ve 320.1 nm dalga boylarını esas alarak hesap etmektedir. MKIII Brewer Spektrofotometre cihazı UV Radyasyonu 286.5 – 363 nm aralığında ölçmektedir (286.5 – 325 UV-B).

Ankara'da Brewer Spektrofotometre cihazından elde edilen aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama ozon verileri ile aynı periyodu kapsayan Uydu Ozon verilerinin aynı koordinata denk gelen grid değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Bu sayede Ankara'ya ait yer temelli ozon ölçüm verisi referans kabul edilerek uydu ozon verisinin doğrulaması yapılmıştır.

## 3. TÜRKİYE UYDU OZON TABAKASI UZUN YILLAR ANALİZİ (1979-2014)

36 yıllık veri setinde; tüm periyodun ortalama değeri 318 DU'dur. En düşük yıllık ortalama ozon değeri 299 DU ile 1993 yılında (1 aylık veri eksikliği var); en yüksek yıllık ortalama ozon değeri ise 333 DU ile 1982 ve 1991 yıllarında görülmüştür.

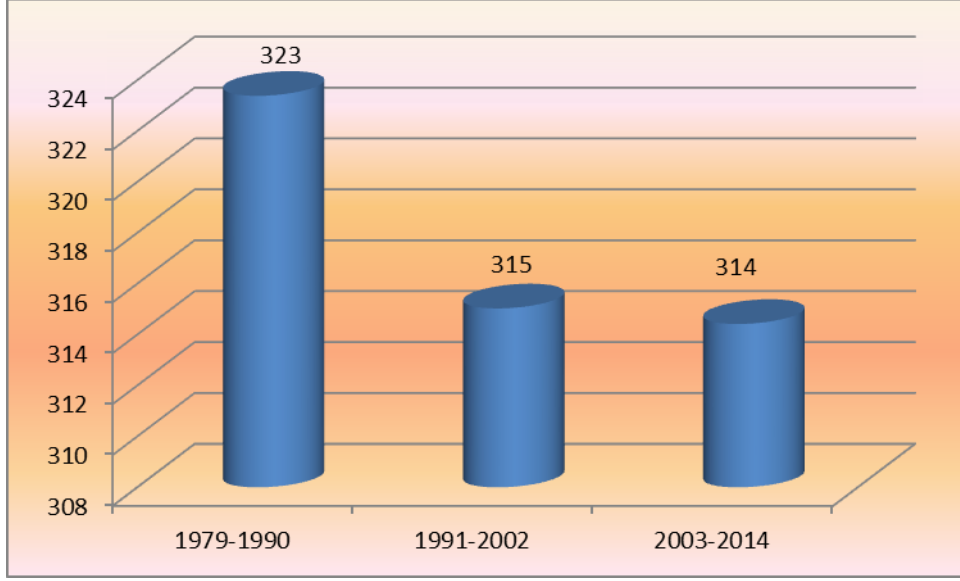
## II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 3: Türkiye Uzun Yıllar Ortalama Ozon Grafiği (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2014)

Şekil 3’de 1979-2014 yılları arasında TOMS-OMI uydu verilerine göre, yıllık ortalama zaman serisi bir düşüş eğilimi göstermektedir. Bu düşüş eğiliminin yaklaşık yıllık 0,4 DU olduğu ama Regresyon Katsayısı ( $R^2$ ) =0,3225 değerine göre istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. 1991 ve 1982 yılları toplam sütun ozonu ortalamasının en yüksek (333 DU) olduğu yıllardır. En düşük ortalama ise 299 DU ile 1993 (1 aylık veri eksiktir) yılında görülmüştür. WMO 2010 yılı ozon değerlendirmesinde; Kuzey yarım küre orta enlemlerde en düşük miktar, 1964-1980 ortalamasına göre, % 5,5 ile 1990’ların ortalarında görülmüştür (6). 1994 (1 aylık veri eksiktir) yılında sonlanan Nimbus-7 uydusu yerine konulan Earth Probe uydusunun kalibrasyon sorunları nedeniyle veri ölçümüne başlamasına kadar 1995 yılı verisi alınamamış ve 1996 yılı da eksik verilerden dolayı değerlendirmeye eklenememiştir. Veri serisinde, özellikle, dikkat çeken bölüm 1991 Pinatubo Yanardağı patlamasını takip eden yıllar olmuştur. Kuzey yarım küre orta enlemlerde 1992–1996 yılları arasında sütun ozonu ve aşağı stratosfer ozonu Pinatubo Yanardağı patlamasından etkilenmiştir (6). Şekil 3’de özellikle en sert düşüşün yaşandığı yıl olarak 1993 yılı görülmektedir. Veri setinde son dört yılın (2011, 2012, 2013 ve 2014) ortalama değerleri oldukça düşük ve 36 yıllık periyot ortalamasının yaklaşık 5 DU altındadır. 2014 yılında gözükten oldukça düşük ortalama, mevsimsel olarak en yüksek aylara ait uydu ozon verisi eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

## II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

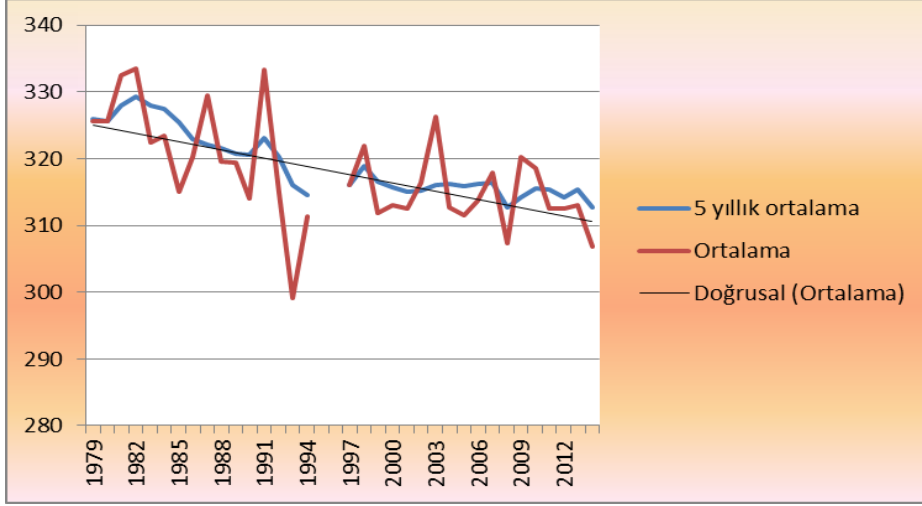


Şekil 4: 12'şer yıllık periyotlar için Türkiye Uzun Yıllar Ortalama Ozon Değerleri Karşılaştırma Grafiği (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2014)

WMO 2010 yılı ozon değerlendirmesinde; Kuzey yarımküre orta enlemlerindeki (35° N-60° N) 2006-2009 dönemi yıllık toplam sütun ozon miktarı, 1998-2005 döneminde gözlemlenen miktarla aynı kalmış ve 1964-1980 ortalamasına göre yaklaşık % 3,5 altındadır (6).

Şekil 4'de otuz altı yıllık periyod üç eşit parçaya bölünerek incelendiğinde; 1979-1990 yıllarını kapsayan ilk 12 yılda ortalama ozon 323 DU iken, son iki 12 yıllık periyotta (1995-1996 yılları eksiktir) ortalama ozon 315 DU ve 314 DU ile birbirine yakın çıkmıştır. WMO 2010 yılı ozon değerlendirmesinde; ozon tabakasının kendisini onarması için gereken tarihi hedef, 1980 yılı değerleri olarak belirlenmiştir (7). Kuzey yarımküre orta enlemlerde yıllık ortalama toplam ozonun, 2015-2030 yılları arasında, 1980 yılı değerlerine döneceği tahmin edilmektedir. Bu durumun güney yarımküre orta enlemlerinde ise 2030-2040 döneminde gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu değerlendirmelerle birlikte yukarıda üç periyoda bölünen grafikte, ozon ortalamasının ilk 12 yıllık periyotta 323 DU'dan 315 DU'ya düştüğü ve üçüncü 12 yıllık periyotta ise kayda değer bir düşüş görülmemiştir. Ozon tabakasındaki incelmelerin Türkiye üzerindeki eğilimi önümüzdeki yıllarda yapılacak gözlem ve analizler ile daha iyi anlaşılacaktır.

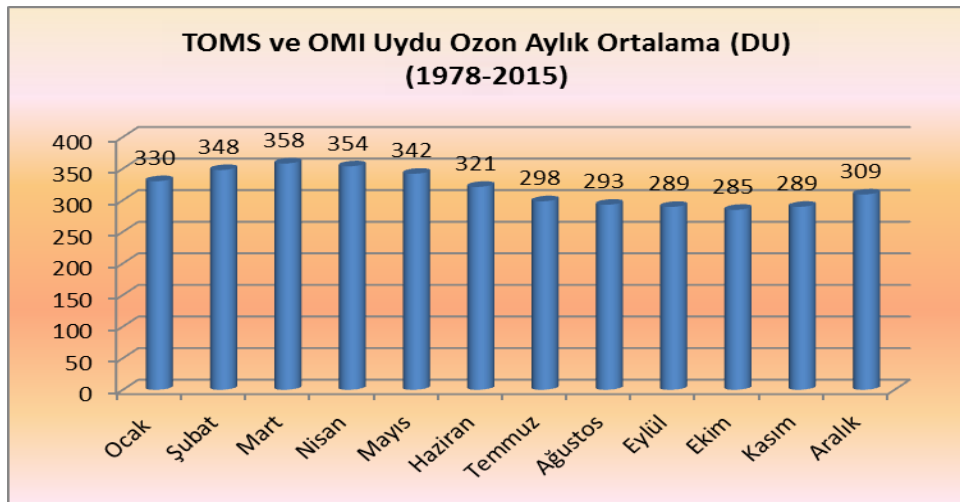
## II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 5: Türkiye Uzun Yıllar Yıllık Ortalama Ozon Değerlendirme Grafiği (1979-2014)

Şekil 5’de, tüm periyot için Türkiye üzerindeki toplam ozon yıllık ortalama grafikleri incelendiğinde, 1980 sonrası dönemde Pinotubo Yanardağı patlaması öncesi 1991 (333 DU) yılında pik yapan ozon değeri, patlamanın küresel etkileri sonrası 1993 yılında en düşük ortalama (299 DU) ulaşmıştır. 5 yıllık kayan ortalama da görüldüğü üzere, 2000’li yılların başına kadar belirgin bir düşüş trendi varken, sonraki yıllarda bu düşüş eğilimi zayıflamıştır. Bu zayıflama, Şekil 4’ de ki 12’şer yıllık ardışık üç periyodun karşılaştırması sonucu ortaya çıkan durum ile paralellik göstermektedir.

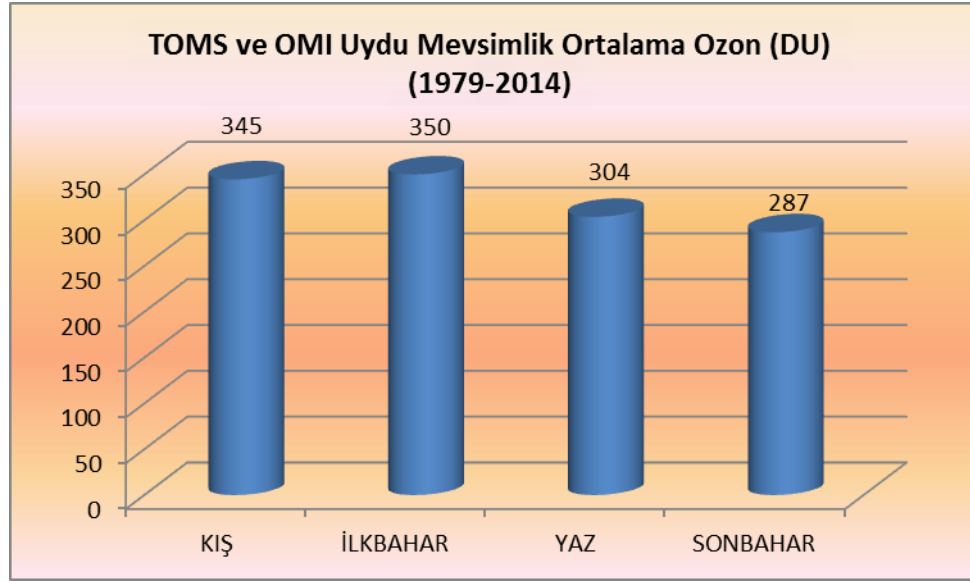
### 4. TOMS ve OMI UYDU VERİLERİNE GÖRE TÜRKİYE MEVSİMLİK ve AYLIK OZON ANALİZİ (1979-2014)



Şekil 6: Türkiye Uzun Yıllar Aylık Ortalama Ozon Grafiği (1978-2015).

## II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Şekil 6'da aylık ortalama toplam ozon değerleri görülmekte. Bu değerlerin Türkiye'nin bulunduğu kuzey yarımküre orta enlemlerdeki ozon tabakası ortalama değerlerine uyumlu gözükmemektedir. En yüksek aylık ortalama toplam ozon değeri 358 DU ile Mart ayında ve en düşük değer ise 285 DU ile Ekim ayında görülmektedir. En düşük ve en yüksek değerler arasındaki fark 73 DU'dur.

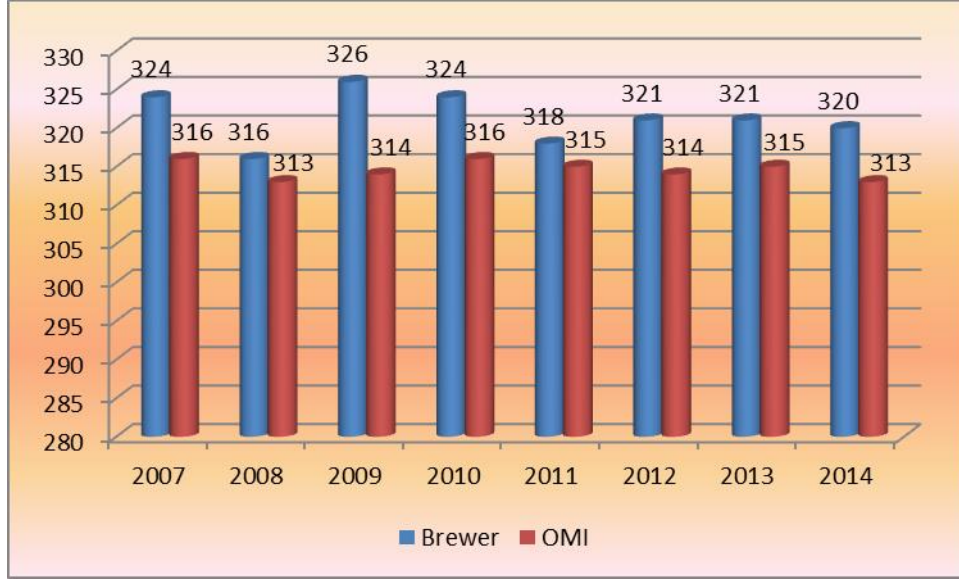


Şekil 7: Türkiye Uzun Yıllar Mevsimsel Ortalama Ozon Grafiği (1979-2014)

Toplam ozon değerlerinin kuzey yarımküre orta enlemlerdeki eğilimlerinin, mevsimsel olarak kış sonu ilkbahar başında en yüksek seviyesine ve yaz sonu sonbahar başında ise en düşük seviyesine ulaştığı görülmektedir. Şekil 7'de ki mevsimsel değerler de bu durumla uyumludur. Buna göre; Türkiye için en yüksek mevsimsel ozon değeri 350 DU ortalama ile ilkbahar mevsiminde, en düşük değer ise 287 DU ortalama ile sonbahar mevsiminde görülmektedir. Bu iki mevsim arasındaki fark 63 DU olmuştur.



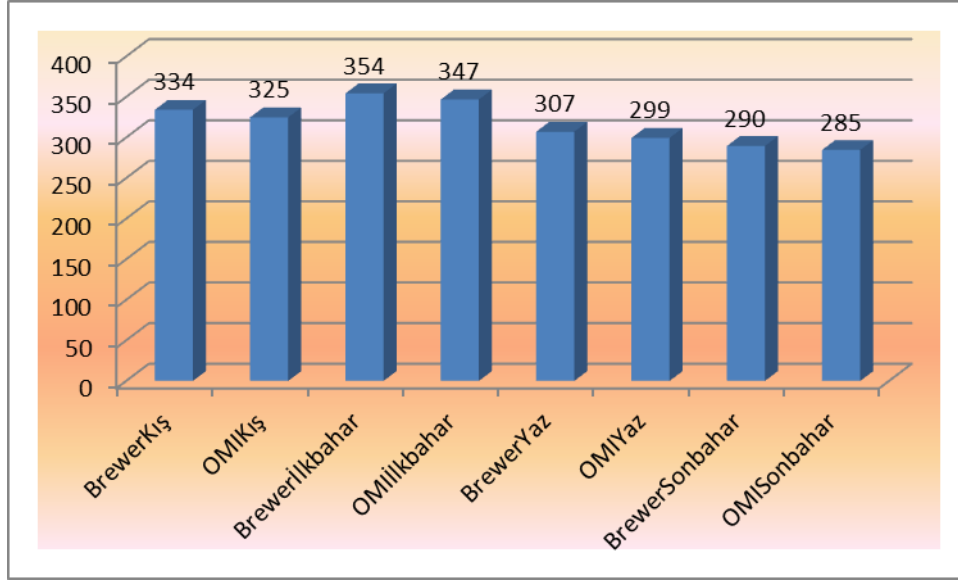
5. BREWER SPEKTROFOTOMETRE TOPLAM OZON VERİLERİNİN  
OMI UYDU VERİLERİYLE KARŞILAŞTIRMASI (2007-2014)



Şekil 8: 2007-2014 Yılları arası Brewer Spektrofotometre ve OMI Uydu Verilerinin Karşılaştırması

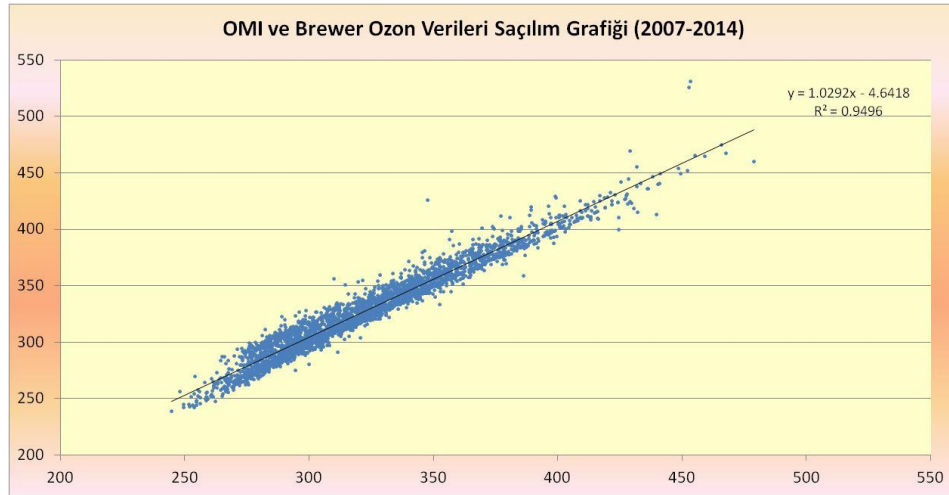
Şekil 8’de, Ankara üzerinde 2007-2014 yılları arası Brewer cihazı ve OMI Uydu yıllık ortalama toplam ozon verilerindeki değişim görülmektedir. Şekilde, periyot süresince Brewer verilerinin OMI uydu verilerinden daha yüksek ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama değerler arasındaki farklar ise %1 ile %4 arasında değişmektedir. Yıllık ortalama ozonun, 8 yıllık periyotta (2007-2014), uydu verilerinde 313-316 DU arasında, Brewer verilerinde ise 316-326 DU arasında değiştiği gözlenmiştir. Her iki ölçüm sisteminde de 2008 yılı en düşük ortalamanın görüldüğü yıl olarak öne çıkmıştır.

## II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya



Şekil 9: OMI Uydu ve Brewer Ozon Verilerinin Mevsimlik Karşılaştırması (2007-2014)

Şekil 9’ da, uydu ve yer temelli ozon verilerini mevsimlik olarak karşılaştırdığımızda dikkati çeken en önemli konu; tüm ozon araştırma ve değerlendirmelerinde görüldüğü gibi, Türkiye’nin bulunduğu kuzey yarımkürede orta enlemlerdeki toplam ozon değerlerinin birbiri ile uyum içerisinde olmasıdır. Buna göre, ozon kış sonu ilkbahar başında en yüksek değerlere ulaşırken, sonbahar aylarında ise en düşük değere düşmektedir.



Şekil 10: Uydu ve Brewer Ozon verileri arasındaki saçılım diagramı.

Uydu ve Brewer ozon verileri arasında %95 oranında bir ilişki olduğu görülmektedir.

## **6. SONUÇLAR**

- 36 yıllık (1979-2014) Türkiye ortalama toplam ozon değeri 318 DU olarak bulunmuştur. En düşük yıllık ortalama ozon değeri 299 DU ile 1993 yılında ölçülmüştür. En yüksek yıllık ortalama ozon değeri ise 333 DU ile 1982 ve 1991 yıllarında tespit edilmiştir.
- 36 yıllık (1979-2014) ve 82 grid noktasının ortalaması bir düşüş eğilimi göstermektedir. Bu eğilim,  $y = -0,41x+325,37$  formülü ile gösterilmiştir. Regresyon Katsayısı ( $R^2$ ) =0,3225 istatistiksel olarak anlamlı değildir.
- Mevsimlik değerlendirmeye göre; Türkiye'nin en yüksek ozon mevsimi olan ilkbahar mevsimi ortalama ozon değeri 350 DU, en düşük ozon mevsimi olan sonbahar için 287 DU, en yüksek ikinci mevsim olan kış değeri 345 DU ve en düşük ikinci mevsim yaz değeri 304 DU olmuştur. En düşük ortalama değere sahip mevsim sonbahar ile en yüksek ortalamaya sahip mevsim ilkbahar arasındaki ortalama ozon farkı 63 DU olmuştur.
- 1979-2014 periyodu için aylık ortalama toplam ozon değerleri, Türkiye'nin de bulunduğu orta enlemlerin ozon değerlerine uygun bir sonuç ortaya koymuştur. Bu sonuca göre; en yüksek ortalama toplam ozon değeri Mart (358 DU) ayında, takiben Nisan (354 DU) ve Şubat (348 DU) aylarında görülmüştür. Ekim (285 DU), Eylül (289 DU) ve Kasım (289 DU) ayları en düşük ozon değerlerine ulaşılan aylar olmuştur. Aralık (309 DU) ayı yeniden yükseliş eğiliminin başladığı ay olarak dikkat çekmektedir. En düşük ve en yüksek değerler arasında 73 DU fark vardır.
- 1979-2014 periyodunu 3 eşit parçaya bölerek yapılan değerlendirmede; ilk 12 yıllık (1979-1990) periyotta 323 DU olan toplam ozon ortalaması, ikinci (1991-2002) periyotta 315 DU ve üçüncü (2003-2014) periyotta ise 314 DU olarak hesaplanmıştır. Bu durum, kuzey yarımküre orta enlemlerde ozon tabakasının kendisini yakın zamanda onarmaya başlayacağı tezinin takip edilmesi açısından önemli bir parametredir.

## II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Antalya

### KAYNAKLAR

1. **G.J. Smit, Herman**, Quality Assurance and Quality Control for Ozonesonde Measurements in GAW, the Panel for the Assessment of Standard Operating Procedures for Ozonesondes (ASOPOS), GAW Report No. 201, September 2011.
2. **Kahya, C., Aksoy, B., Demirhan, D., Topcu, S., Incecik, S., Acar, Y., Ekici, M., Ozunlu, M.**, “Ozone variability over Ankara, Turkey” Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 06756, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-06756, 2007.
3. **Chandra ve ark., 1996, Hood ve McCormick, 1997, Chandra S and R.D McPeters,1994**, “The solar cycle variations of ozone in the stratosphere inferred from Nimbus 7 and NOAA 11” Journal Geophysical Research, 20665-20671, 1999.
4. **A. J. Krueger, B. Guenther, A. J. Fleig, D. F. Heath, E. Hilsenrath, R. McPeters and C. Prabhakara**, “Satellite Ozone Measurements” Laboratory for atmospheric sciences, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland 20771 USA 191-204 191p, 1980.
5. **James, P.M.**, “A Climatology Of Ozone Mini-Holes Over The Northern Hemisphere” Meteorologisches Institut der Universitat Munchen, Theresienstr. 37, D-80333 Munchen, Germany, International Journal Of Climatology *Int. J. Climatol.* **18**: 1287–1303, 1998.
6. **A. Douglass, V. Fioletov ve ark.**, World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 52, “*Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010 “Stratospheric Ozone and Surface, Ultraviolet Radiation”* Chapter 2.1 p. ve 2.2 p, 2010.
7. **A. Douglass, V. Fioletov ve ark.**, World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 52, “*Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010 “Stratospheric Ozone and Surface, Ultraviolet Radiation”* Chapter 3.1 p. ve 3.2 p, 2010.
8. **Acar, Y. ve ark.**, “Atmosfer ve Ozon”, *Teknik Rapor*, DMİ Genel Müdürlüğü Yayınları, 2004.
9. [http://daac.gsfc.nasa.gov/upperatm/image\\_index.html](http://daac.gsfc.nasa.gov/upperatm/image_index.html)
10. <http://science.nasa.gov/missions/toms/>
11. [http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/media/images/daily/OMPS-NPP-TC\\_EDR\\_TO3\\_L3Daily\\_Ozone-v1.0-2015m1005-2015m1010t214609.png](http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/media/images/daily/OMPS-NPP-TC_EDR_TO3_L3Daily_Ozone-v1.0-2015m1005-2015m1010t214609.png)
12. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/acdisc/TOMS>
13. <https://data.nasa.gov/Earth-Science/SAFARI-2000-TOMS-Tropospheric-Ozone-Data-Southern-/y9pa-yf5k/about> [http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/qa/faq\\_omi.md#g\\_1](http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/qa/faq_omi.md#g_1)
14. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/acdisc/TOMS>
15. <http://aura.gsfc.nasa.gov/about.html>
18. Ozone Monitoring Instrument (OMI) Data User’s Guide, 20 p., 2012.