

METOP GOME-2 Ozon Verisi Tutarlılık Analizi

Nedret İrem Üzden, Abdurrahman Durmaz, Ahmet Öztopal

Meteorolojide Uzaktan Algılama – METEO UZAL Takımı

İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Böl., 34469 Sarıyer İstanbul
uzden@itu.edu.tr, abdrrahmn@gmail.com, oztopal@itu.edu.tr

ÖZET

Ozon (O₃) atmosferde bulunan önemli gazlardan biridir. Her ne kadar troposferin yeryüzüne yakın bölgelerinde kirliliğe neden olabilese de, güneşten gelen zararlı ultraviyole (UV) ışınlarına karşı insan, hayvan ve bitki yaşamını korumaktadır. Dolayısıyla ozon tabakasındaki değişimlerin takibi önemlidir ve bunun için de yer ölçüm istasyonlarının yanında, uydu gözlemlerinden de yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, 2007-2013 dönemi için Atina, Selanik, Goloseyev, Kislovodsk ve Halep üzerindeki tutarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Uydu verisi olarak, EUMETSAT tarafından işletilmekte olan METOP uydusuna ait GOME-2 (The Global Ozone Monitoring Experiment-2) cihazından elde edilen veriler üzerinden O3M SAF (Satellite Application Facilities for Atmospheric Composition and UV Radiation) tarafından hesaplanan toplam ozon ürünü kullanılmıştır. Yer verisi ile uydu verisi arasında Halep hariç diğer istasyonlar (Atina, Selanik, Goloseyev ve Kislovodsk) için 0,90 ve üzerinde korelasyon elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — GOME-2, ozon, uzaktan algılama, validasyon,

1. GİRİŞ

Oksijen atomlarının birleşmesi sonucu, oksijenin özel bir biçimi olarak tanımlanan ozon, O₃ şeklinde temsil edilmektedir. Yapısında üç adet oksijen atomu bulunduran kimyasal bir bileşiktir ve normal oksijenden daha az kararlıdır. Atmosferde diğer gazlara oranla daha az bulunmasına rağmen etkisi oldukça yüksek olan bir gazdır. O₃ etkisi bulunduğu seviyeye göre farklılık göstermektedir.

Ozon gazını bulunduğu seviyeye göre troposferik (yer seviyesi ozon) ve stratosferik ozon şeklinde ikiye ayırmak mümkündür. Yerden yaklaşık 15 km'ye kadar olan seviyede bulunan ozon troposferik ozon olarak tanımlanmaktadır. Genellikle oluşum kaynağı, insan aktiviteleri sonucu ortaya çıkan, hidrokarbon ve azot oksitler olup kötü huylu ozon olarak bilinir. Yer seviyesi ozon kirlenmesiyle ilgili çalışmalara 1970'li yıllarda yoğunlaşmıştır. Buna örnek olarak 1976 yılında Kaliforniya'da ölçümler yapılmış ve toplam konsantrasyonun çoğunlukla standart değer üzerinde olduğu tespit edilmiştir [1]. İnsan, hayvan ve bitkilerin sağlığı açısından oldukça olumsuz etkilere neden olmaktadır, bu yüzden kirletici olarak tanımlanır ve toplam ozon miktarının %10'luk kısmını oluşturur. Stratosferik ozon yerden 10-50 km'ye kadar ulaşan seviyede bulunur ve dünya atmosferindeki ozonun %90'ı stratosferde yer almaktadır. Bu yüksek seviyeli ozon, hayvanları ve bitkileri güneşin zararlı ultraviyole ışınlarından korur ve dünyanın iklimini stabilize etmede çok önemli bir rol oynar.

Güneşten gelen zararlı UV ışınları kendi içerisinde UV-A, UV-B ve UV-C olarak üçe ayırmak mümkündür. Toplam UV ışınlarının %95'ini oluşturan UV-A ışınları en uzun dalga boyuna ve en düşük enerjiye sahip olan UV türüdür ve diğer ışınlarla kıyasla en az zararlı olanıdır. UV-B ışınları ise orta şiddetle zararlı çeşit olarak bilinir ve yeryüzüne ulaşması halinde insan cildinde sekonder pigmentasyona ve çocukların göz rahatsızlıklarına neden olabilir. UV-C ışınları en zararlı UV çeşididir, dalga boyu en kısa ve enerjisi en yüksek olarak bilinmektedir. Ozon tabakasının kalınlığı bu ışınların atmosfere girişini etkilemektedir. Tabaka incelendiği takdirde ışınların yeryüzüne ulaşması daha kolay olacaktır. UV-C ışınlarının yeryüzüne ulaşması halinde DNA bozukluklarına dahi neden olabilmektedir.

Ozon ölçüm çalışmaları ilk olarak 1926 yılında kuzey kutbunda gerçekleşen gözlemlerle başlamış, ölçümler ise ilk kez 1935 yılında gerçekleşmiştir. 1970 yılına kadar ozon ölçümü balon sondajları ile yapılmış olup, bu tarihten sonra uydu teknolojisi ile ölçümler başlamıştır. Uydu gözlemleri, ölçümlerin daha duyarlı ve sürekli olmasını sağlamıştır. Stratosferde bulunan ozon konsantrasyonunda azalma ilk kez 1974 yılında Antartika'da tespit edilmiştir. Sonrasında 1980-1984 aralığında Antartika'da Halley Körfezi'nde %30-40 oranında bir azalma gerçekleşmiştir. Arjantin adalarındaki ozon konsantrasyonundaki azalmanın oranı ise %15 civarındadır [2]. Kloroflorokarbonların ve atmosferik klorun yukarı seviyelere çıkması sonucunda stratosferik ozon konsantrasyonunda azalma gözlemlenmektedir [3]. Ozon tabakasında gerçekleşen %1 oranında bir incelme, yeryüzeyine ulaşan UV ışınlarının %2 oranında artmasına neden olmaktadır [4]. Ozon tabakasının kalınlığı, atmosferdeki ozonun dikey dağılımıyla ilişkilidir, dikey dağılımı ölçmek için Brewer ve Dobson Spektrofotometreler ve Ozonsonde gibi ölçüm aletleri kullanılmaktadır. Bu aletler yersel tabanlıdır ve ozonun yersel ölçümü için kullanılır,

ayrıca uydulara yerleştirilen TOMS (Total Ozone Measurement Spectrophotometer), OMI (Ozone Monitoring Instrument), GOME-2 (The Global Ozone Monitoring Experiment-2) gibi ölçüm aletleri de bulunmaktadır [5].

Ankara için 2007-2013 dönemine ait, Brewer Spektrofotometre'den elde edilen yersel toplam ozon değerleri ile GOME-2'ye ait toplam ozon değerleri arasında yapılan validasyon çalışmasında, günlük bazda 0,98 ve aylık bazda 0,99'luk korelasyon tespit edilmiştir [6]. AURA uydusu üzerindeki OMI (Ozone Monitoring Instrument) sensörüne ait toplam ozon verileri yardımıyla 2007-2014 dönemini içeren diğer bir çalışmada yine Ankara için 0,95'lik korelasyon elde edilmiştir [7].

Çalışmada kullanılan veri, EUMETSAT'ın bir çalışma grubu olan O3M SAF (Satellite Application Facilities for Atmospheric Composition and UV Radiation) tarafında üretilmekte olup, bu ürünün yapılan analizlerinde Brewer ile 0,969 ve Dobson ile 0,967'lik bir korelasyon değerine sahip olduğu O3M SAF Validasyon Raporu'nda da belirtilmektedir [8].

Bu çalışmanın amacı, 2007-2013 dönemi için Atina, Selanik, Goloseyev, Kislovodsk ve Halep istasyonlarındaki uydu tabanlı GOME-2 O₃ ölçümlerinin tutarlılık analizini gerçekleştirmektedir.

2. ÇALIŞMA İSTASYONLARI VE KULLANILAN VERİ

Bu çalışmada, Tablo 1'de verilen Atina, Selanik, Golosevey, Kislovodsk ve Halep istasyonları kullanılmıştır. İstasyonlarda bulunan Brewer Spektrofotometresi isimli cihaz vasıtasıyla elde edilen ozonun veri aralıkları da aşağıdaki tablo da belirtilmiştir.

Tablo 1: İstasyonlara ait yersel veri aralıkları

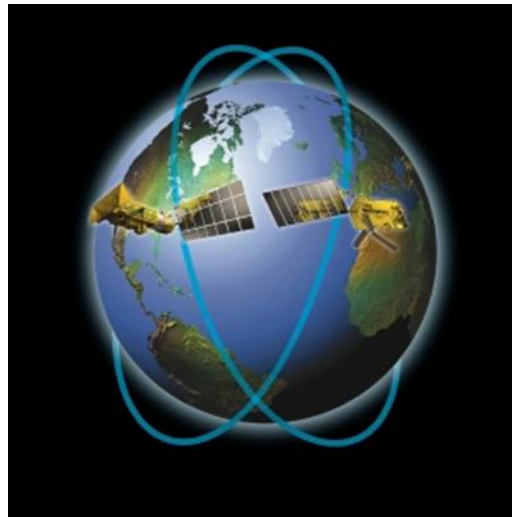
İSTASYON	VERİ ARALIĞI
Atina/Yunanistan	2007-2013
Selanik/Yunanistan	2007-2010
Goloseyev/Ukrayna	2010-2013
Kislovodsk/Rusya	2007-2013
Halep/Suriye	2007-2008

Şekil 1, MGM tarafından 9 Kasım 2006 tarihinde *Türkiye Üzerinde Troposferik ve Stratosferik Ozon/UV-B'deki Değişimin Gözlenmesi ve Sonuçlarının Analizi* isimli TÜBİTAK projesi kapsamında alınan ve hala işletilmekte olan Brewer Spektrofotometresi'ne aittir [6].



Şekil 1: Brewer Spektrofotometresi

Ayrıca, Avrupa Meteorolojik Uyduları İşletme Teşkilatı (EUMETSAT) tarafından işletilen METOP uydusu üzerinde bulunan GOME-2 (The Global Ozone Monitoring Experiment-2) cihazından elde edilen ham verileri O₃ verilerine dönüştüren EUMETSAT O3M SAF (Satellite Application Facilities for Atmospheric Composition and UV Radiation) grubundan temin edilen toplam O₃ verileri kullanılmıştır. Günümüze kadar EUMETSAT'ın EPS (European Polar Satellite) programı dâhilinde toplam 3 tane METOP uydusu fırlatılmıştır (Şekil 2). Bunlardan ilki METOP-A 19 Ekim 2006'da, METOP-B 17 Eylül 2012'de, METOP-C ise 7 Kasım 2018'de yörüngeye oturtulmuştur.



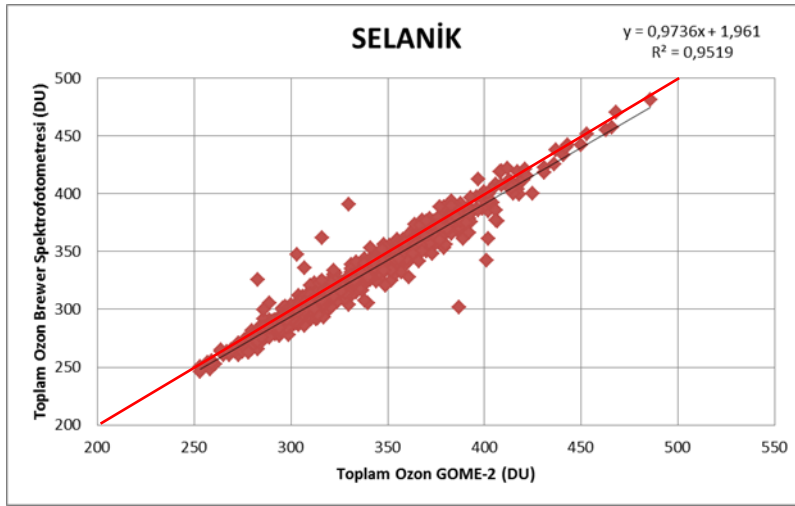
Şekil 2: METOP uydusu

Bu üç uydu da küresel atmosfer, okyanuslar ve kıtalar hakkında daha ayrıntılı gözlemler sağlamak amacıyla, alçak kutupsal yörüngede 817 km'de konumlandırılmıştır. Uydular 24 saat içerisinde yeryüzünü 14 defa tarayabilme kapasitesine sahiptir. METOP uydusu meteorolojik gözlemler için

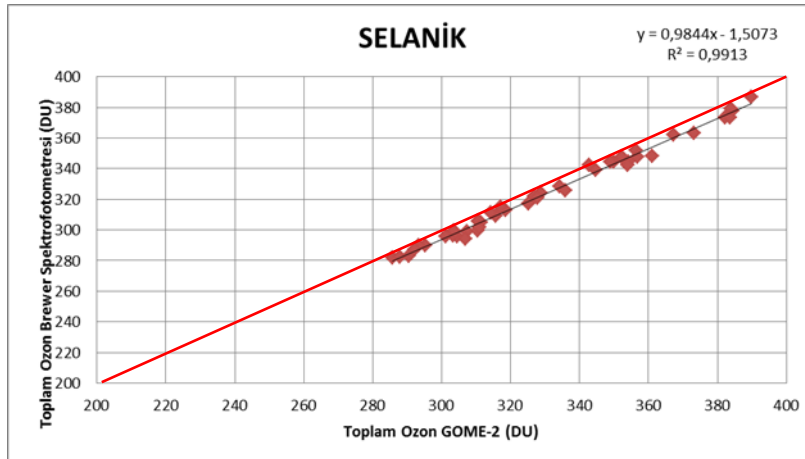
kullanılmaktadır ve bu amaç doğrultusunda birçok ölçüm aletine sahiptir. GOME-2 sensörü, küresel ozon, azot dioksit, su buharı vb. hakkında detaylı bilgi elde etmek için kullanılır. Cihazın hassasiyeti 0,11-0,22 nm dalga boyları arasındadır.

3.ANALİZ VE DEĞERLENDİRME

Selanik için temin edilen yersel veri 2007-2010 aralığını kapsamaktadır. Şekil 4, Selanik'e ait Brewer toplam ozon verisi ile GOME 2 toplam ozon verisinin günlük bazda saçılma grafiğini göstermektedir. Şekilde siyah çizgi regresyon doğrusunu ve kırmızı çizgi de 45°'lik doğruyu ifade etmektedir. Grafiğin temsilirlik katsayısı (R^2) 0,95 olup, regresyon doğrusu 45°'lik doğrunun çok az altında yer almaktadır, bu da uydu verisinin çok az da olsa yersel veriden büyük olduğunu göstermektedir. Şekil 4 ise yine aynı istasyon için aylık bazda olan saçılımı vermektedir ve burada R^2 0,99 olup, çok az da olsa yüksek tahmin (over estimation) durumu söz konusudur.

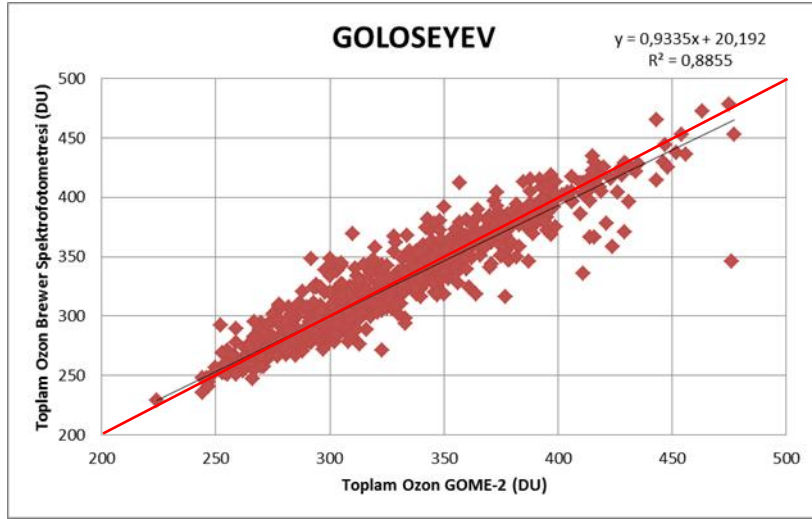


Şekil 3: Selanik istasyonu için günlük yer ve uydu toplam O_3 değerlerinin saçılma grafiği

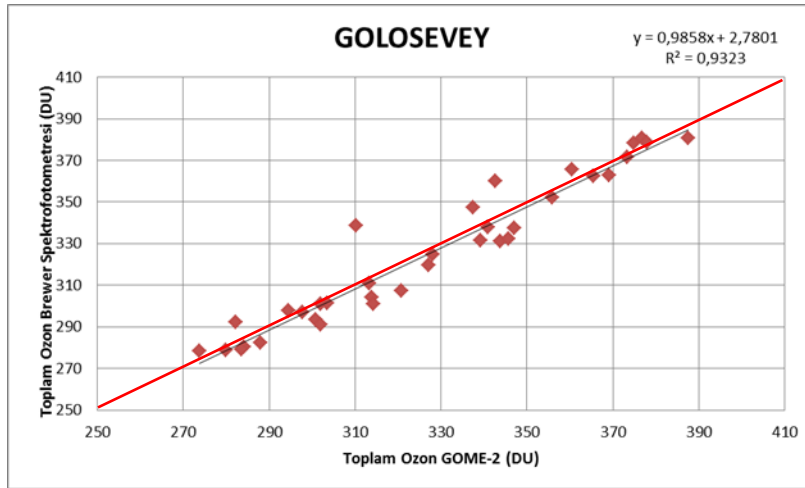


Şekil 4: Selanik istasyonu için aylık yer ve uydu toplam O_3 değerlerinin saçılma grafiği

Goloseyev 2010-2013 yılları arası yersel veriye sahiptir ve istasyonuna ait günlük saçılma grafiği Şekil 5 ve aylık saçılma grafiği de Şekil 6'da verilmiştir. Buradaki sonuçlara göre günlük bazda 0,86 ve aylık bazda ise 0,93'lük R^2 değeri hesaplanmıştır. Bu istasyon için günlük bazda çok küçük de olsa bir yüksek tahmin durumu söz konusuysen, aylık bazda ne yüksek ne de düşük tahmin görülmemektedir.

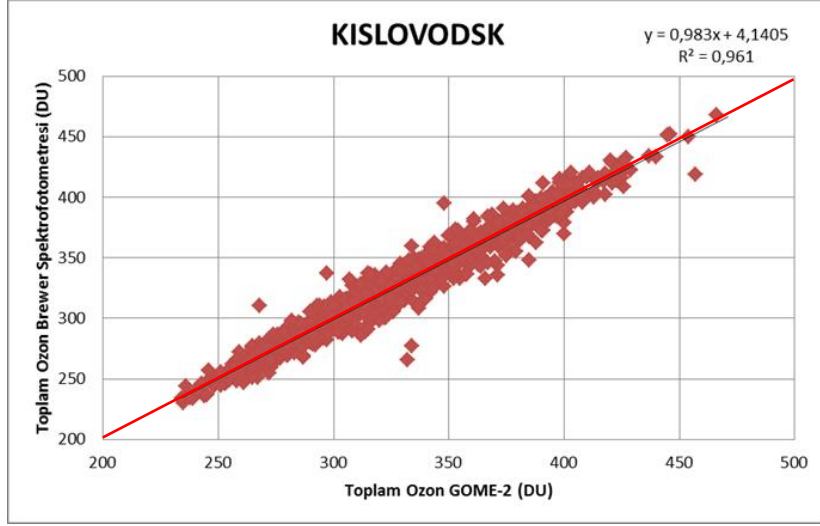


Şekil 5: Goloseyev istasyonu için günlük yer ve uydu toplam O_3 değerlerinin saçılma grafiği

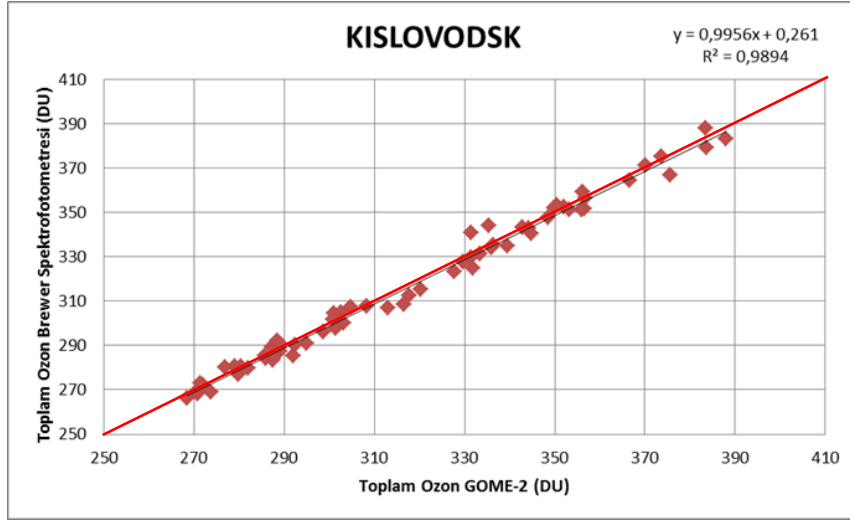


Şekil 6: Goloseyev istasyonu için aylık yer ve uydu toplam O_3 değerlerinin saçılma grafiği

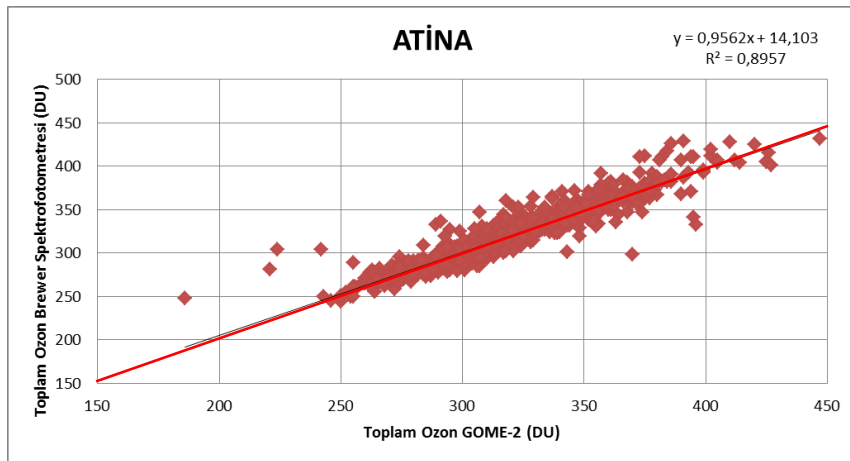
Şekil 7 ve 8 sırasıyla Kislovodsk istasyonu için olan günlük ve aylık saçılma diyagramlarına aittir. Günlük olarak 0,96 ve aylıkda 0,99'lük R^2 değerleri bulunmuştur. Her iki zaman türü için de düşük ya da yüksek tahmin durumu görülmemektedir. Bu istasyona ait veri aralığı 2007-2010 dönemidir.



Şekil 7: Kislovodsk istasyonu için günlük yer ve uydu toplam O_3 değerlerinin saçılma grafiği

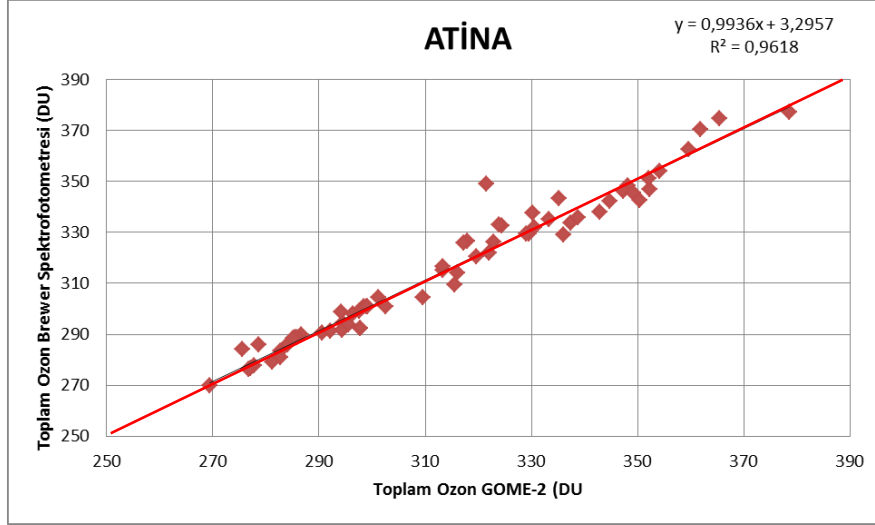


Şekil 8: Kislovodsk istasyonu için aylık yer ve uydu toplam O_3 değerlerinin saçılma grafiği



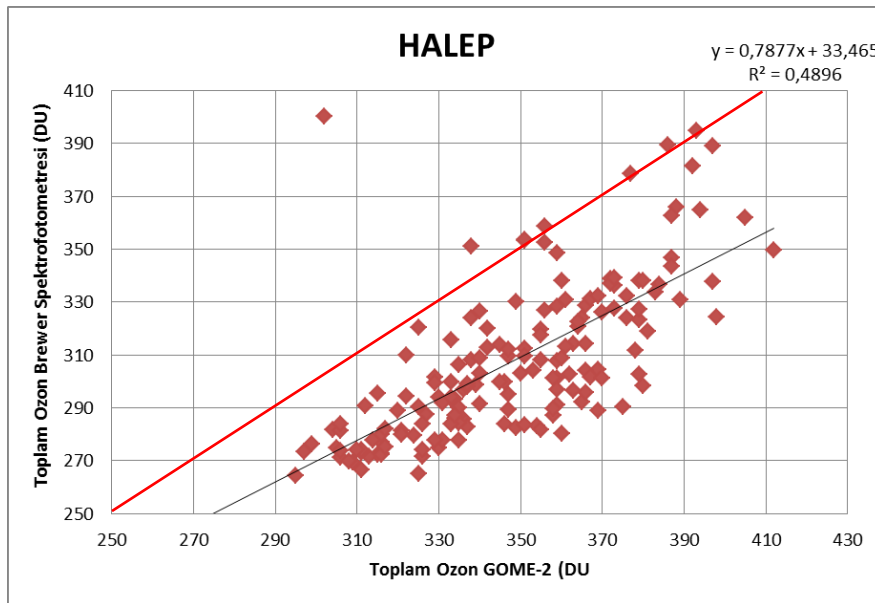
Şekil 9: Atina istasyonu için günlük yer ve uydu toplam O_3 değerlerinin saçılma grafiği

Atina için olan analiz grafikleri Şekil 9 ve 10'a aittir. Her 2 zaman türünde de regresyon doğrusu ile 45°'lik doğru üst üste düştüğünden dolayı bir düşük ya da yüksek tahmin durumu yoktur. Günlük anlamda 0,90 ve aylık durumda da 0,96'lık R^2 görülmektedir.

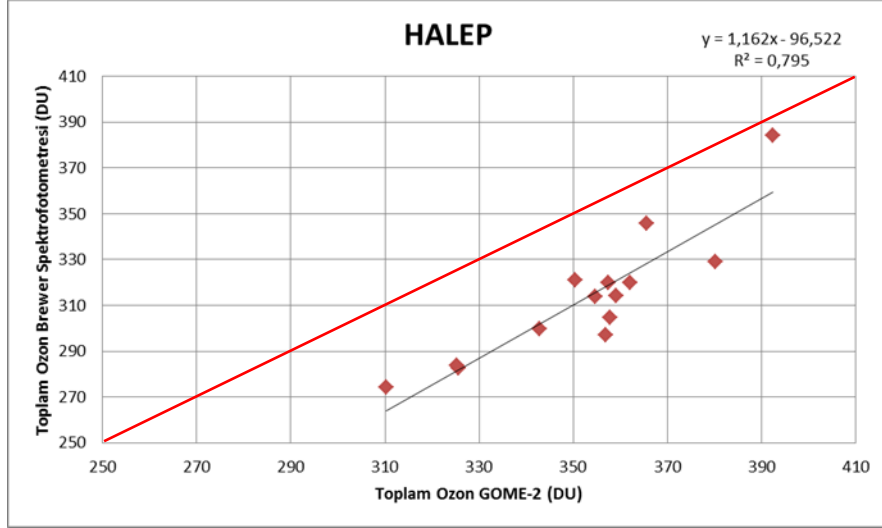


Şekil 10: Atina istasyonu için aylık yer ve uydu toplam O_3 değerlerinin saçılma grafiği

Halep'de ise R^2 değeri günlük değerlendirmede 0,49'a ve aylık değerlendirme de ise 0,80'e düşmüştür. Ayrıca 2007-2008 dönemi veriye sahip bu istasyon için düşük tahmin söz konusudur (Şekil 11, 12). Genelde diğer istasyonlarda R^2 değeri 0,90'ların üstündeyken Halep için bu değer düşük çıkması ve grafiklerdeki saçılımın yüksek olması yersel verinin sorunlu olduğunu çağrıştırmaktadır.



Şekil 11: Halep istasyonu için günlük yer ve uydu toplam O_3 değerlerinin saçılma grafiği



Şekil 12: Halep istasyonu için aylık yer ve uydu toplam O₃ değerlerinin saçılma grafiği

4.SONUÇ

Analiz ve Değerlendirmeler bölümünden görüldüğü üzere, bu çalışmada 2007-2013 dönemi için Atina, Selanik, Goloseyev, Kislovodsk ve Halep istasyonlarındaki uydu tabanlı GOME-2 O₃ ölçümlerinin tutarlılık analizi gerçekleştirildi.

Kislovodsk istasyonu için günlük değerlendirmeler neticesinde uydu verisi ile yersel veri arasında 0,96 ve aylık bazda 0,99'luk R² değerleri elde edilmiştir. Dolayısıyla bu değerler değerlendirmeye alınan istasyonlar arasındaki en yüksek değerlerdir. İkinci en yüksek R² değerleri ise Selanik için hesaplanmıştır. Buna karşın, 0,49 ve 0,80'lik R² değerleriyle de en kötü sonuç Halep'te elde edilmiştir.

Bütün bulguların ışığında, GOME-2 üzerinden üretilen toplam ozon ürünü yüksek bir başarıya sahiptir.

Bu çalışmanın sonraki aşaması olarak, günümüz verileri ile de güncellenmesi ve ülkemiz ya da daha büyük bir alan için aylık ya da mevsimlik bazda ozon değişkenliğinin incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Tozsın G.**, *Yer seviyesi ozon kirliliğine neden olan parametrelerin İstanbul ili için incelenmesi*, 161 sayfa, Master Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YTÜ, İstanbul 2003.
- [2] **Wark K., Warner C.F., Davis W.T.**, *Air Pollution: Its Origin and Control*, 592 pages, Addison Wesley, USA 1998.
- [3] **İncecik, S.**, *Hava Kirliliği*, İTÜ Matbaası, 94 sayfa, 1994.

- [4] **Kışlalıolu M., Berkes F.**, *Ekoloji ve Çevre Bilimleri*, 361 sayfa, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı yayınları, Ankara, 1993.
- [5] **Acar Y., Yağan S., Ekici M., Akçakaya A.**, *Ankara'da Farklı Yöntemlerle Yapılan Ozon Profil Ölçümlerinin Karşılaştırılması*, VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, İstanbul, 28-30 Nisan 2015.
- [6] **Aktaş N., Öztopal A., Erdi E., Acar Y., Ekici M., Yağan S.**, *Ankara, İzmir, Burdur ve Adıyaman Üzerindeki Toplam Ozon Değişkenliği*, I. Meteorolojik Uzaktan Algılama Çalıştayı, Antalya, sayfa 249-261, 5-7 Kasım 2013.
- [7] **Ekici M., Eskiöglü O., Acar Y.**, *TOMS ve OMI Uydu Türkiye Ozon Verileri (1979-2014) Analizi ve Ankara Brewer Spektrofotometre Ozon Verileri (2007-2014) ile Karşılaştırması*, II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, Antalya, sayfa 121-132, 3-5 Kasım 2015.
- [8] **Koukouli M., Zyrichidou E., Balis D., Valks P., Hao N.**, *O3M SAF Validation Report*, 64 pages, EUMETSAT – O3M SAF, 2015.
http://o3msaf.fmi.fi/docs/vr/Validation_Report_NTO_OTO_O3_Dec_2015.pdf