

İSTANBUL İLİ İÇİN ATMOSFERİK AEROSOLÜN KONUMSAL VE ZAMANSAL ANALİZİ

Gül Sevin Pekmezci¹ ve Kazım Kaba²

¹ Dr., Atatürk Üniversitesi, Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM), 25050, Yakutiye, Erzurum, cosmoefier@yahoo.com

² Dr., Atatürk Üniversitesi, Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM), 25050, Yakutiye, Erzurum, kkaba46@gmail.com

ÖZET

Aerosol, bir akışkan içerisinde asılı bulunan sıvı veya katı parçacıklı yapılar olarak tanımlanmıştır. Parçacıkları içerisinde bulunduran akışkan ortam hava ise bu yapı atmosferik aerosol (AA) olarak adlandırılır. AA sağlık, ulaşım, görüş, çevre, bulut oluşumu ve iklim gibi birçok olguyu doğrudan etkiler. Aerosol parçacıkları, havadaki başlıca moleküllere göre önemli ölçüde daha düşük konsantrasyonlarda bulunmasına rağmen, çok sayıda fiziksel ve kimyasal işlemde çok önemli rol oynar. Türkiye etrafı deniz tuzu aerosolünün kaynağı olan denizler ve toz aerosolünün başlıca kaynağı olan Dünya'nın büyük çölleri (Sahra, Suriye, Arabistan ve Orta Asya çölleri) ile çevrilidir. Ayrıca Amerika, Avrupa ve Çin gibi gelişmiş ülkelerin sanayi ve benzeri aktiviteleri hava akımları ile ülkemizi etkilemektedir. Ülkemizin atmosferi direkt veya dolaylı yollarla yılların farklı zamanlarında değişen konsantrasyonda aerosoller içermektedir. Bu nedenle çalışmada Suomi-NPP (Suomi National Polar-Orbiting Partnership) uydusundaki VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) algılayıcısına ait AOD verileri İstanbul ve çevresinin aerosol değerlerinin haritalanması ve zamansal analizler için kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışmada, İstanbul ili için uzun dönem (2012-2020) ortalama AOD (Aerosol Optik Derinlik) haritası üretilerek konumsal analizler yapılmıştır. Ayrıca İstanbul'un AOD değerleri zamansal olarak analiz edilmiştir. İstanbul ilinin günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık AOD değerleri incelenerek, çalışma periyodu için İstanbul'da gerçekleşen ekstrem AOD değerleri, zamansal değişimleri ve eğilimleri tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Atmosferik aerosol, Suomi-NPP, Uzaktan Algılama, VIIRS

ABSTRACT

Aerosol is defined as liquid or solid particulate structures suspended in a fluid. If the fluid medium containing the particles is air, this structure is called atmospheric aerosol (AA). AA directly affects many phenomena such as health, transportation, visibility, environment, cloud formation and climate. Although aerosol particles exist in significantly lower concentrations than the major molecules in air, they play crucial roles in numerous physical and chemical processes. Turkey is surrounded by the seas, which are the source of sea salt aerosol, and the world's great deserts (Sahara, Syria, Arabia and Central Asian deserts), which are the main source of dust aerosol. In addition, industrial and similar activities of developed countries such as America, Europe and China affect our country with air currents. The atmosphere of our country contains aerosols in varying concentrations at different times of the year, either directly or indirectly. For this reason, the AOD data of the VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) sensor on the Suomi-NPP (Suomi National Polar-Orbiting Partnership) satellite was used for the mapping of the aerosol values of Istanbul and its surroundings and for temporal analysis. In this regard, in the study, spatial analysis was performed by producing a long-term (2012-2020) mean AOD (Aerosol Optical Depth) map for the province of Istanbul. In addition, the AOD values of Istanbul were analyzed temporally. By examining the daily, monthly, seasonal and annual AOD values of the province of Istanbul, the extreme AOD values, temporal changes and trends in Istanbul for the study period were determined.

SPATIAL AND TEMPORAL ANALYSIS OF ATMOSPHERIC AEROSOL FOR ISTANBUL PROVINCE

Keywords: Atmospheric aerosol, Suomi-NPP, Remote Sensing, VIIRS

1. GİRİŞ

Aerosol, bir akışkan içerisinde asılı bulunan sıvı veya katı parçacıklı yapılar olarak tanımlanmıştır. Parçacıkları içerisinde bulunduran akışkan ortam hava ise bu yapı atmosferik aerosol (AA) olarak adlandırılır (Martins ve Tabacniks, 2009). AA daha çok troposferde olmak üzere (~%80) stratosfer ve mezosfer gibi atmosferin daha üst katmanlarında da bulunabilir ve atmosferdeki yaşam süreleri en az bir saat olup, bir yıla kadar değişebilir. AA büyüklüğü parçacık boyutuna göre nanometre mertebesinde yüzlerce mikrona kadar değişiklik gösterir. Aerosoller atmosferimize yerden yükselen parçacıkların girmesiyle, atmosfer dışından gelen kozmik parçacıklar nedeniyle ve atmosferdeki kimyasal süreçler vasıtasıyla meydana gelir. Atmosfere doğrudan giren aerosoller birincil (primary) ve atmosferde kimyasal yolla üretilen aerosoller ise ikincil (secondary) olarak adlandırılır. AA kaynağı bakımından doğal ve antropojenik (insan kaynaklı) olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal AA kaynaklarına denizler, çölleri, orman yangınları ve yanardağlar, yapay kaynaklara ise endüstri ve trafik gibi fosil yakıtların tüketildiği insan kaynaklı etmenler örnek verilebilir (Tomasi ve Lupi, 2017). Aerosoller fiziksel hallerine ve boyutlarına göre de sınıflandırılmaktadır. Aerosoller fiziksel hallerine göre, katı ve sıvı parçacıklar olarak tanımlandığı gibi boyutlarına göre de kaba (coarse), ince (fine) ve ultra ince (ultra fine) parçacıklar olarak adlandırılırlar (Tomasi ve Lupi, 2017; Hinds, 1999, Atmospheric sciences - 5200).

Aerosol parçacıkları, havadaki başlıca moleküllere göre önemli ölçüde daha düşük konsantrasyonlarda bulunur. Buna rağmen, aerosol parçacıkları, havanın elektriksel iletkenliği, su buharının küçük çekirdeklerde yoğunlaşması, asit yağmurları, gelen kısa dalga radyasyonunun saçılması ve uzun dalga radyasyonun soğurulması gibi çok sayıda fiziksel ve kimyasal işlemde çok önemli roller oynar. Atmosferik aerosoller ile yer yüzüne gelen Güneş radyasyon akısı ve yerden yayılan radyasyon akısı arasındaki etkileşim süreçleri, gezegenimizin enerji dengesinin tanımlanmasında ve dolayısıyla Dünya'nın ikliminde önemli bir rol oynamaktadır (Tomasi ve Lupi, 2017; Chýlek ve Coakley, 1974).

Bir çeşit aerosol türü olan toz hem kaynağına yakın bölgelerdeki insanları doğrudan etkiler, hem de taşınması nedeniyle çok daha geniş bölgeyi etkileyebilir. Toz kara, hava ve deniz ulaşımını da kısıtlayabilir veya engelleyebilir. Cihazların çalışmasını engelleyerek ve/veya görüş mesafesini azaltarak ulaşım araçlarını ve ulaşımı olumsuz etkiler. Yoğun toz fırtınaları, kaynak ve kaynağa yakın bölgelerde görünürlüğü/görüşü ciddi oranda düşürür. Toz sadece kaynak bölgesinde görülse bile, diğer alanlarda çevresel etkileri olabilir. Taşınan tozun olumsuz etkilerinin yanı sıra ulaştığı bölgeleri gübreleyerek besin dengesinin sağlanmasına katkı da yapıyor. Toz okyanuslar üzerinde dolaşırken, bir kısmı su üzerinde birikerek okyanusların mineral değerini artırır, fitoplankton büyümesini sağlar ve besin zincirini değiştirir (https://www.meted.ucar.edu/EUMETSAT/at_dust/navmenu.php?tab=1&page=1.0.0&type=text). Toprak türü, arazi yapısı ve iklim şartları bir bölgede toz fırtınaları oluşmasına neden olabilir. Çölde bile, kumlu alanlar genellikle toz fırtınaları oluşturmaz. Alüvyon ve kil bakımından zengin alanlar toz fırtınalarının çoğundan sorumludur. Bu ince taneli topraklar, Orta Doğu gibi kuru göl yatakları ve nehir taşkın yatakları olan bölgelerde bulunur. Hâkim rüzgarlar yüksek araziler tarafından engellenemediği için alçak bölgeler toz fırtınası üretimine eğilimlidir. Bu durum doğu Arap Yarımadası, Suriye'nin güneyi ve Irak'ın batısındaki alçak bölgelerde görülür. Bir bölgenin toz fırtınası oluşturma potansiyeli iklimi (yağış düzenleri, hâkim rüzgâr yönü ve hızı ve düşük/yüksek basınç merkezleri) ile de ilgilidir (https://www.meted.ucar.edu/EUMETSAT/at_dust/navmenu.php?tab=1&page=3.3.0&type=text). Yer tabanlı gözlemlerden uydulara ve sayısal modellere kadar toz kaynağı bölgelerini tanımlamak ve sınıflandırmak için çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır. Uydular tek başına sık ve güvenilir yerel, bölgesel ve küresel gözlemler sağlayarak toz kaynakları alanlarının ve toz fırtınalarının tespiti ve izlenmesine imkân sağlar. Uydu bazlı aerosol ürünleri, diğer önemli aerosol tipleriyle birlikte toz içeren bölgesel modellerin, küresel taşınım modellerinin ve genel sirkülasyon modellerinin başlatılmasında ve doğruluk testinde (validasyon) önemli bir rol oynar. Özellikle düşük yersel ve zamansal çözünürlüğe sahip yer tabanlı gözlemlerin olduğu bölgelerde mevsimsel döngünün ve tozun yıllık değişiminin belirlenmesinde uydu bazlı ürünler önemli bilgi sunmaktadır. Uydu bazlı aerosol ürünleri içerisinde Aerosol İndeksi (AI), Aerosol Optik Derinlik (AOD) ve Aerosol Türü/Tipi (AT) verileri bulunmaktadır. AI, Çöl tozu ve biyokütle yakan aerosoller gibi Dünya atmosferinde yüksek emici aerosollerin varlığını gösterir. Toza eğilimli alanları belirlemenin yanı sıra, tozun mekânsal kapsamını ve yıllık değişkenliğini izlemek için de kullanılır. AOD, aerosollerin ışığın iletimini ne derece engellediğini gösterir. AOD ürünü yerden yukarıya uzanan bir sütun içindeki aerosol miktarının bir ölçüsüdür. AT ise toz, duman ve ince/kaba aerosol gibi bilgiler sunar. (https://www.meted.ucar.edu/EUMETSAT/at_dust/navmenu.php?tab=1&page=3.5.0&type=text).

Türkiye etrafı deniz tuzu aerosolünün kaynağı olan denizler ve toz aerosolünün başlıca kaynağı olan Dünya'nın büyük çölleri (Sahra, Suriye, Arabistan ve Orta Asya çölleri) ile çevrilidir. Atmosfere karışan bu aerosoller hava akımları ile taşınmaktadır. Ayrıca Amerika, Avrupa ve Çin gibi gelişmiş ülkelerin sanayi ve benzeri aktiviteleri hava akımları ile ülkemizi etkilemektedir. Bu nedenlerle, ülkemizin atmosferi direkt veya dolaylı yollarla yılların farklı zamanlarında değişen konsantrasyonda aerosoller içermektedir. Bu durum yer ölçümleri ve uydu kayıtları ile tespit edilmektedir. Bu süreçlerden ülkenin kentleri değişik seviyelerde etkilenmektedir. İstanbul ise ülkenin en önemli şehri olması bakımından bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada, İstanbul ili için uzun dönem (2012-2020) ortalama AOD haritası 6 km yersel çözünürlükte üretilerek konumsal analizi yapılmıştır. İstanbul ilinin yüksek AOD değerleri kentin Güneyinde Marmara Denizi kıyı şeritleri ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu kıyıya yakın yerler ile Kuzeyde Sarıyer kıyıları ve nispeten Karadeniz'in kara ile buluştuğu kıyı kesimleridir. Düşük AOD değerleri ise Çatalca ve Şile (Güney batısı hariç) ilçeleri olarak hesaplanmıştır. Ayrıca İstanbul'un AOD değerleri zamansal olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda İstanbul günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık değerleri incelenmiştir. Çalışma periyodu için İstanbul'da gerçekleşen ekstrem AOD değerleri, zamansal değişimler ve eğilimler tespit edilmiştir.

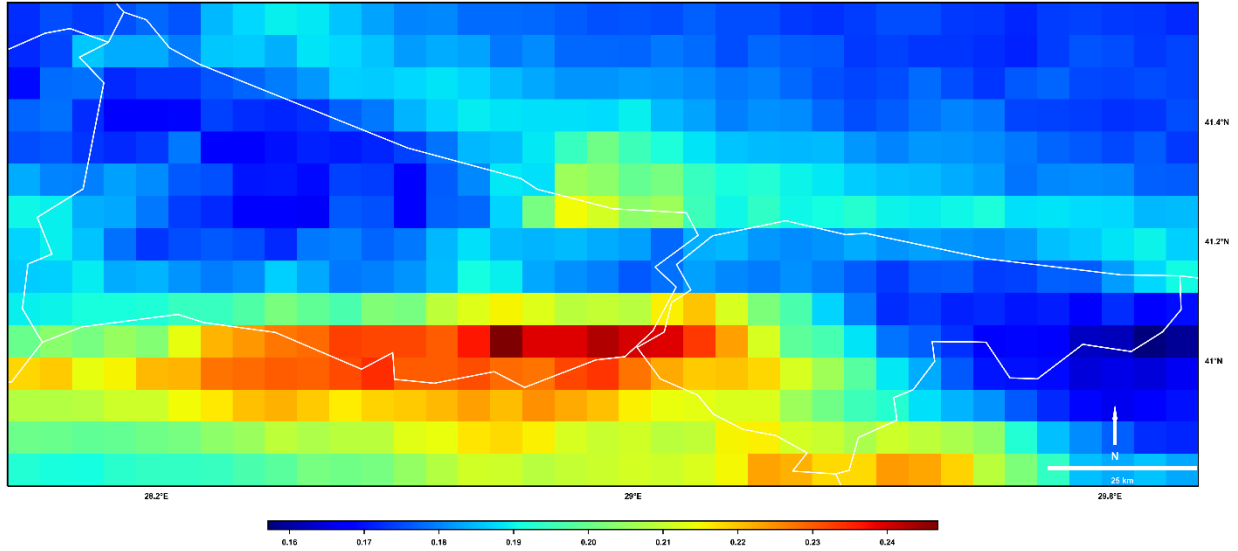
2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

Çalışma alanı olarak İstanbul ili seçilmiştir. Çalışmada Suomi-NPP uydusundaki VIIRS algılayıcısından elde edilen aerosol ürünü kullanılmıştır. Kutupsal yörüngeli Suomi-NPP uydusu NASA tarafından geliştirilen ve NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) tarafından yönetilen uydu 28 Ekim 2011'de fırlatılmıştır. Suomi-NPP uydusu çıkış evresi için (ascending node) ekvatoru yerel saat ile 13.30'da geçmekte ve dünyanın etrafındaki yörüngesinden (824 km) günde yaklaşık 14 defa geçiş yapar ve neredeyse yer yüzeyinin tamamına yakınına kayıt eder (<https://ncc.nesdis.noaa.gov/VIIRS/>). VIIRS algılayıcısı 22 kanala sahip ve 0.412 ile 12.012 µm arasında kayıt yapmaktadır. Bu kanallar M (Moderate resolution), I (Imaging resolution) ve DNB (Day/Night band) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. 16 M kanalı, beş I kanalı ve bir tane de DNB kanalı mevcuttur. M kanalları ve DNB kanalı 750 m yersel çözünürlüğe sahip iken I kanalları 375 m yersel çözünürlüğe sahiptir. M kanalları 11 solar ve 5 termal kanaldan, I kanalları ise 3 solar ve 2 termal kanaldan oluşmaktadır. DNB pankromatik kanalı 0.50 ile 0.90 µm spektral

genişlikte gece-gündüz kayıt yapan kanaldır (<https://ncc.nesdis.noaa.gov/VIIRS/>). AERDB L2 ürünü Suomi-NPP uydusundaki VIIRS algılayıcısından elde edilen çeşitli veri setlerine sahip aerosol ürünüdür. Bu ürün kara ve su yüzeyi için farklı dalga boylarında aerosol optik derinliği, aerosol tipleri, Angstrom exponent, yağışabilir su, reflektans, ozon ve rüzgâr ile enlem, boylam, azimut ve zenit gibi açılar değerlerini içermektedir. AERDB L2 ürünü küresel ölçeğe, uydu alt noktasında 6 km yersel çözünürlükte, kara yüzeyinde DB ve su yüzeyinde SOAR algoritmalarıyla, 550 nm referans dalga boyunda ve 6 dakikalık kayıtlar olarak üretilmektedir (Sayer vd., 2018). Çalışmada AERDB L2 “ürünü içerisindeki “Aerosol_Optical_Thickness_550_Land_Ocean” verileri kullanılmıştır. Çoğu cihaz tarafından belirlenen aerosol miktarı aerosol optik derinliğidir. AOD atmosfer boyunca bir sütunda saçılan veya soğurulan ışık miktarı ile ilişkilidir. AOD dalga boyuna bağlıdır ve uydu ürünlerinde 550 nm ortak bir referans dalga boyudur. AOD değerleri, genellikle 0-1 arasında değişim gösteren birimsiz bir parametredir. AOD değerlerinin büyük olması atmosferdeki aerosol miktarının yüksek olduğunu ve küçük olması da atmosferdeki aerosol miktarının düşük olduğunu belirtir. Bir alanda kuvvetli veya çok kuvvetli kum ve toz fırtınaları yaşandığında, AOD değerleri 1’in üzerinde görülebilmektedir (https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/BatiAsya_2003_2020_TOZ_Degerlendirme_20210116.pdf). AERDB L2 ürünü 2012 Mart ayından günümüze kadar veri sağlanmaktadır. Bu çalışma için Mart/2012 – 2020 tarihleri arasını ve İstanbul’u kapsayan veriler kullanılmıştır.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

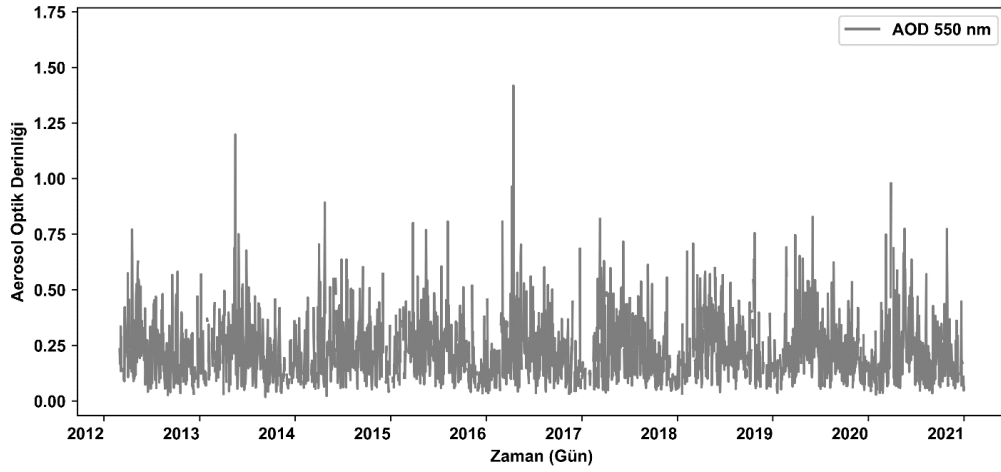
Atmosferik aerosol sağlık, ulaşım, görüş, çevre, bulut oluşumu ve iklim gibi birçok olguyu doğrudan etkiler. Aerosol parçacıkları, havadaki başlıca moleküllere göre önemli ölçüde daha düşük konsantrasyonlarda bulunmasına rağmen, çok sayıda fiziksel ve kimyasal işlemde çok önemli rol oynar. AOD verisi yer yüzeyinden yukarıya uzanan bir sütun içindeki aerosol miktarının ölçüsüdür. Çoğu cihaz tarafından belirlenen aerosol miktarı, aerosol optik derinliğidir. AOD atmosfer boyunca bir sütunda saçılan ve/veya soğurulan ışık miktarı ile ilişkilidir. AOD dalga boyuna bağlıdır ve uydu ürünlerinde 550 nm ortak bir referans dalga boyudur. AOD değerleri, genellikle 0-1 arasında değişim gösteren birimsiz bir parametredir. AOD değerlerinin büyük olması atmosferdeki aerosol miktarının yüksek olduğunu ve küçük olması da atmosferdeki aerosol miktarının düşük olduğunu belirtir. Bir alanda kuvvetli kum ve toz fırtınaları yaşandığında AOD değerleri 1’in üzerinde görülebilir (<https://deepblue.gsfc.nasa.gov/science>, https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/BatiAsya_2003_2020_TOZ_Degerlendirme_20210116.pdf). Bir bölgenin AOD değerlerinin mekânsal ve zamansal değişimlerinin tespiti o bölge atmosferinde aerosol varlığına ve özelliklerine dair bilgi sunar (Tezcan vd., 2022). Bu nedenle ülkenin en önemli kenti olan İstanbul aerosol değerleri çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu kapsamda, İstanbul ili için uzun dönem (2012-2020) ortalama AOD haritası 6 km yersel çözünürlükte ve 27.95–29.95 derece doğu boylamları ile 40.8–41.60 derece kuzey enlemleri arasını kapsayacak şekilde üretilerek konumsal ve zamansal analizler yapılmıştır.



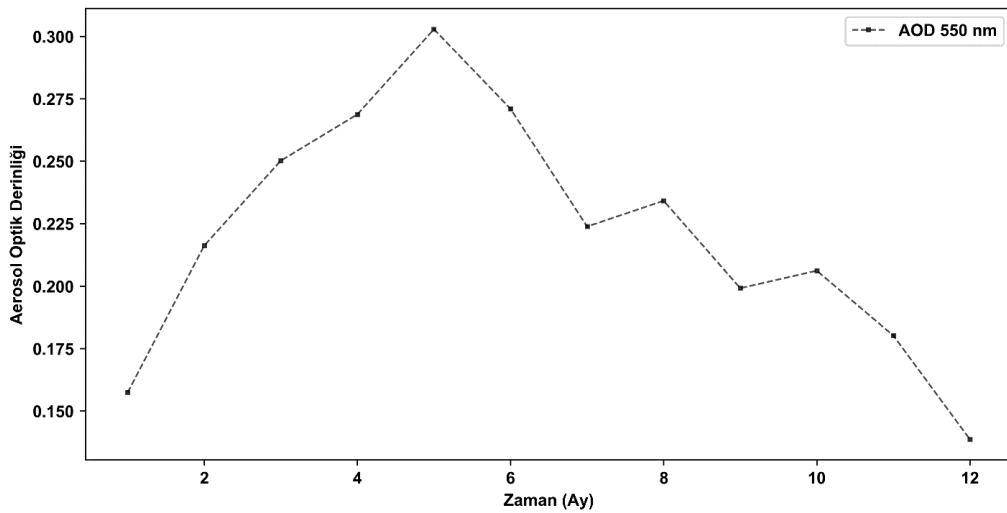
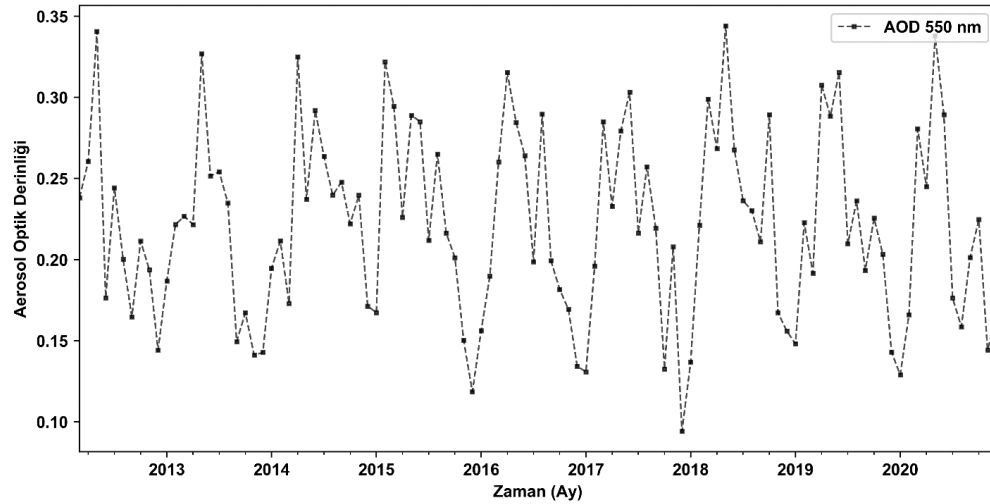
Şekil 1. İstanbul'un 550 nm dalga boyunda uzun dönem (2012-2020) ortalama AOD haritası

İstanbul aerosol değerlerinin konumsal incelenmesi için elde edilen VIIRS 550 nm referans dalga boyunda uzun dönem (2012-2020) ortalama AOD haritası Şekil 1’de verilmiştir. Uzun dönem ortalama AOD haritasında minimum, maksimum, ortalama, medyan ve standart sapma değerleri 0.1571, 0.2468, 0.1899, 0.1842 ve 0.0179 olarak gerçekleşmiştir. AOD haritasında kentin yüksek (kırmızı renkler) ve düşük (mavi renkler) aerosol içeren alanları görülebilir. İstanbul ilinin yüksek AOD değerleri kentin Güneyinde Marmara Denizi kıyı şeritleri ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu kıyıya yakın yerler ile Kuzeyde Sarıyer kıyıları ve nispeten Karadeniz’in kara ile buluştuğu kıyı kesimleridir. Düşük AOD değerleri ise Çatalca ve Şile (Güney batısı hariç) ilçeleri olarak

hesaplanmıştır. Kara üzerinde ise kentin nüfus yoğunluğu ve bitki örtüsü ile ilintili bir AOD değişimi vardır. AOD kara üzerinde kentin nüfus yoğunluğu ile doğru orantılı, bitki örtüsü ile ters orantılıdır. Su üzerinde Marmara denizinde Karadeniz’den daha yüksek değerler görülmektedir.



Şekil 2. İstanbul'un günlük ortalama AOD değerleri

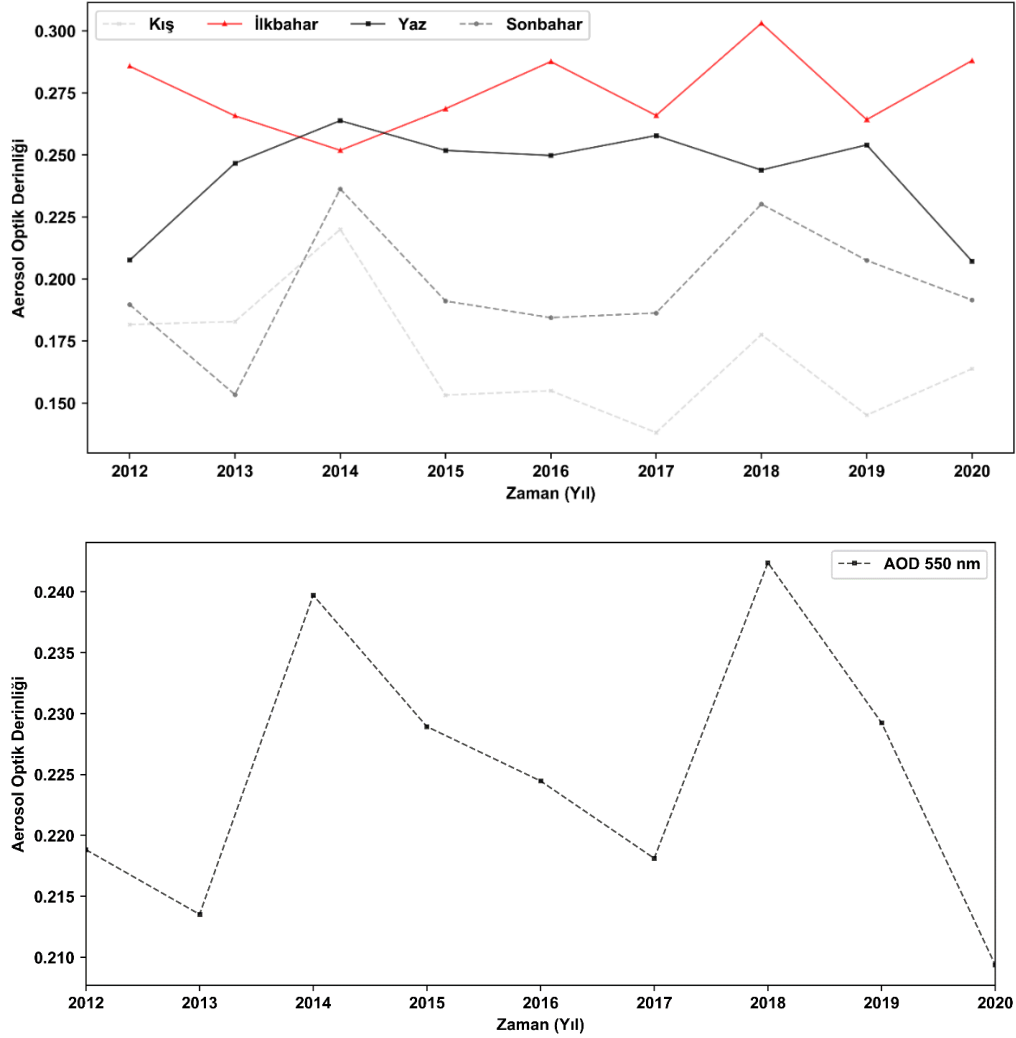


Şekil 3. İstanbul'un aylık ortalama (üstte) ve uzun dönem aylık ortalama AOD değerleri (altta)

Şekil 2'de İstanbul ili için tüm piksellerin ortalama AOD değerlerinin günlük zaman serileri verilmiştir. İstanbul'u kapsayan tüm piksellerin ortalama günlük AOD değerleri 0.0180 – 1.6847 aralığında ve 0.2249 ortalama ve 0.1939 medyan değerleri civarında değişmektedir. Şekilden görüleceği gibi genel olarak yaz günlerinde yüksek ve kış

günlerinde düşük AOD değerleri hesaplanmıştır. İstanbul'un aerosol değerleri bakımından ekstrem durumlar olarak AOD değerlerinin 1'den büyük olduğu zamanlar incelendiğinde çalışma zaman diliminde günlük ortalama AOD verileri içerisinde üç farklı yılda üç farklı değer bulunmaktadır. Bu değerler 1.1974 (2013-05-17), 1.6847 (2015-02-01) ve 1.4177 (2016-04-14) olarak gerçekleşmiştir.

İstanbul'u kapsayan tüm piksellerin ortalama AOD değerlerinden hesaplanan günlük verilerden ortalama aylık, uzun yılların aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama değerlerinin zamansal değişimleri hesaplanmıştır. Şekil 3'te İstanbul için aylık AOD değerlerinin değişimleri verilmiştir. Şekilden aylık değerlerin dağılımı görülebilir. Aylık değerler (üst panel) 0.0941 (Aralık-2017) ile 0.3440 (Mayıs-2018) aralığında değişim göstermektedir. Şekilden uzun yılların (2012 – 2020) aylık ortalama AOD grafiği incelendiğinde (alt panel), İstanbul için minimum ve maksimum değerler 0.1387 (Aralık ayı) ve 0.3029 (Mayıs ayı) olarak hesaplanmıştır. İstanbul'un yüksek AOD değerleri Mayıs, Haziran ve Nisan aylarında ve düşük AOD değerleri de Aralık, Ocak ve Kasım aylarında gerçekleşmiştir. Genel olarak Ocak ayından Mayıs ayına kadar aerosol değerleri artarken Mayıs – Aralık arasında azalma göstermiştir.



Şekil 4. İstanbul'un mevsimlik (üstte) ve yıllık ortalama AOD değerleri (altta)

Şekil 4'te İstanbul için AOD değerlerinin yıllara göre mevsimsel (üst) ve yıllık (alt) değişimleri verilmiştir. Mevsimlik grafik incelendiğinde hem mevsimler bazında hemde yıllara göre aerosol değerleri dalgalanmalar göstermektedir. AOD değerlerinin büyüklük sırası genellikle ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış şeklinde gerçekleşmiştir. İlkbahar değerleri 0.2519–0.3031 (2014 ve 2018) aralığında, yaz değerleri 0.2072–0.2638 (2020 ve 2014) aralığında, sonbahar değerleri 0.1534–0.2363 (2013 ve 2014) aralığında ve kış değerleri 0.1381–0.2200 (2017 ve 2014) aralığında değişmiştir. Mevsimlerin uzun dönem ortalama değerleri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış için sırasıyla 0.2757, 0.2425, 0.1967 ve 0.1686 olarak hesaplanmıştır. İlkbahar ve sonbahar aerosol değerleri artış eğiliminde ve yaz değerleri kararlı bir değişim izlerken kış değerleri son yıllara doğru ciddi bir azalma eğilimi göstermiştir. Şekilde yıllık AOD değerlerinin değişim grafiği incelendiğinde İstanbul için yıllık ortalama AOD değerleri 0.2094–0.2424 (2020 ve 2018) aralığında ve 0.2250 değeri civarında değişim göstermektedir. 2012–2020 yılları arasında İstanbul'un AOD değerleri kararlı bir değişime sahip olup 2014 ve 2018 yılları nispeten yüksek değerli iken 2013, 2017 ve 2020 yıllarında düşük değerler görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Çalışmada 2012-2020 yılları arasını kapsayan uzaktan algılama verileriyle İstanbul'un aerosol değerleri alansal ve zamansal olarak analiz edilmiştir. Bu çalışma ile İstanbul ve çevresinin yüksek ve düşük aerosol bölgeleri tespit edilmiş ve nedenleri tartışılmıştır. Ayrıca aerosol değerlerinin zamansal olarak analizine yönelik günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık değişimler incelenerek hem ekstrem durumlar tespit edilmiş hem de zamansal AOD değerlerinin değişim eğilimleri belirlenmiştir. İstanbul'u kapsayan tüm piksellerin ortalama günlük AOD değerleri 0.0180 – 1.6847 aralığında ve 0.2249 ortalama ve 0.1939 medyan değerleri civarında değişmektedir. Genel olarak yaz günlerinde yüksek ve kış günlerinde düşük AOD değerleri hesaplanmıştır. Aylık değerler 0.0941 (Aralık-2017) ile 0.3440 (Mayıs-2018) aralığında değişim göstermektedir. İstanbul için uzun yılların (2012 – 2020) aylık ortalama AOD minimum ve maksimum değerler 0.1387 (Aralık ayı) ve 0.3029 (Mayıs ayı) olarak hesaplanmıştır. İstanbul'un yüksek AOD değerleri Mayıs, Haziran ve Nisan aylarında ve düşük AOD değerleri de Aralık, Ocak ve Kasım aylarında gerçekleşmiştir. Genel olarak Ocak ayından Mayıs ayına kadar aerosol değerleri artarken Mayıs – Aralık arasında azalma göstermiştir. Mevsimlere göre AOD değerlerinin büyüklük sırası genellikle ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış şeklinde gerçekleşmiştir. İlkbahar ve sonbahar değerleri artış eğiliminde ve yaz değerleri kararlı bir değişim izlerken kış değerleri son yıllara doğru ciddi bir azalma eğilimi göstermiştir. 2012-2020 yılları arasında İstanbul'un AOD değerleri kararlı bir değişime sahip olup 2014 ve 2018 yılları nispeten yüksek değerli iken 2013, 2017 ve 2020 yıllarında düşük değerler görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM), Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) Projesi (Proje No: 2011K120230) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK) 2218 Programı (Proje No: 118C467) kapsamında desteklenmiştir. ATASAM, DAG ve TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Bu yayın TÜBİTAK-2218-Yurt İçi Doktora Sonrası Araştırma Burs Programından (Proje No: 118C467) yararlanılarak oluşturulmuştur. Ancak yayın ile ilgili tüm sorumluluk yayının sahibine aittir. TÜBİTAK'tan alınan maddi destek, yayının içeriğinin bilimsel anlamda TÜBİTAK tarafından onaylandığı anlamına gelmez.

KAYNAKLAR

Atmospheric Sciences 5200, Introduction to Atmospheric Aerosols. Utah University. http://home.chpc.utah.edu/~hallar/cloud_physics/lecture1.pdf.

Chýlek, P. ve Coakley, J. A., 1974. Aerosols and climate. *Science*, 183(4120), 75-77.

Hinds, W. C., 1999. *Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles (1st Edition)*. New York: John Wiley & Sons.

Martins, J. V. ve Tabacniks, M. H., 2009. *University of Maryland Baltimore County - UMBC, Phys650 - Special Topics in Experimental Atmospheric Physics (Spring)*. UMBC userpages. https://userpages.umbc.edu/~martins/PHYS650/Aerosols_Size_Effects_Health.pdf.

Tezcan, E., Karshoğlu, S., Tuna Tuygun, G. ve Elbir, T., 2022. Türkiye ve Yakın Çevresinde Güneş Fotometreleri ile Elde Edilen Aerosol Optik Derinliği Verisinin Zamansal ve Mekansal Değişimi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10 (3), 1241-1254. DOI: 10.29130/dubited.960072.

Tomasi, C. and Lupi, A., 2017. *Primary and Secondary Sources of Atmospheric Aerosol*. Wiley-vch. https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527336451_c01.pdf.

Sayer, A. M., Hsu, N. C., Lee, J., Bettenhausen, C., Kim, W. V. ve Smirnov, A., 2018. Satellite Ocean Aerosol Retrieval (SOAR) algorithm extension to S-NPP VIIRS as part of the “Deep Blue” aerosol project. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(1), 380-400.