

GOOGLE EARTH ENGINE İLE YANGIN TAHRİBATININ VE SONRASI İYİLEŞTİRME SÜREÇLERİNİN İZLENMESİ

Esra GÜRBÜZ¹

¹ Dr. Öğretim Üyesi Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray egurbuz@aksaray.edu.tr

ÖZET

Orman yangınları orman varlığını tehdit eden önemli etkenlerden biridir. Büyük bölümü Akdeniz iklim kuşağı içerisinde yer alan ülkemizde de özellikle yaz aylarında meydana gelen yangınlarda binlerce hektar orman alanı yok olmaktadır. Yangında tahrip olan alanların doğru şekilde tespiti bu alanlarda yapılan iyileştirme çalışmalarına katkı sağlamaktadır. Teknolojideki gelişmeler ile birlikte uzaktan algılama yöntemleri, pek çok alanda olduğu gibi orman yangınlarının eş ya da yakın zamanlı olarak tespit edilmesi, yanan alanların haritalanması ve bu alanlarda zamana bağlı değişimlerin izlenmesi için öncelikli olarak tercih edilen bir araç haline gelmiştir. 2017 yılı Temmuz ayında İzmir'in Menderes ilçesinde meydana gelen ve 4 gün süren orman yangınında ~1740 hektar ormanlık alan zarar görmüştür. Meydana gelen tahribatın iyileştirilmesi amacıyla yangın sonrası süreçte bölgede ağaçlandırma çalışmaları yapılmış ve ~995 hektar alan tekrar orman varlığına katılmıştır.

Bu çalışma kapsamında yangının hemen sonrasındaki tahribat ve günümüze kadarki iyileştirme süreci Google Earth Engine (GEE) platformu ile izlenmiştir. Çalışma alanına ait Landsat 8 görüntüleri kullanılarak öncelikle yangın nedeniyle tahrip olan bölge tespit edilmiş, sonrasında Landsat 7 ve Landsat 8 görüntüleri ile oluşturulan zaman serisi ile 2012-2022 yılları arasında bölgenin bitki örtüsü varlığında ki değişim kesintisiz olarak izlenmiştir. Elde edilen sonuçlar orman yangını sonrası yok olan bitki örtüsünün yürütülen ağaçlandırma çalışmaları ile önemli ölçüde tekrar kazandırıldığını göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: GEE, NDVI, dNBR, yanma şiddeti, yeniden yeşillenme, uzaktan algılama

ABSTRACT

MONITORING POST-FIRE DEVASTATION AND REFORESTATION PROCESS BY GOOGLE EARTH ENGINE

Forest fires are one of the important factors that threaten the existence of forests. Thousands of hectares of forest areas are destroyed especially in fires that occur in summer months in Türkiye, most of which is located in the Mediterranean climate zone. The correct determination of the areas destroyed in fires contributes to the improvement works in these areas.

Within the developments in technology, remote sensing methods have become an important tool for the real or near-real time detection of forest fires, mapping of burned areas, and monitoring of time-dependent changes in these areas. In the forest fire in the Menderes district of İzmir in July 2017 that lasted for 4 days, ~1740 hectares of forest area was damaged. In order to improve this destruction, afforestation works were carried out in the region after the fire and ~995 hectares of land were included in the forest inventory. Within the scope of this study, the destruction immediately after the fire and the improvement process until today were monitored with the Google Earth Engine (GEE) platform. Firstly, the area destroyed by the fire was determined using the Landsat 8 images of the study area, and then the change in the vegetation cover of the region between 2012 and 2022 was monitored uninterruptedly with the time series created with Landsat 7 and Landsat 8 images. The results obtained show that the vegetation lost in the forest fire has been regained significantly with the reforestation studies.

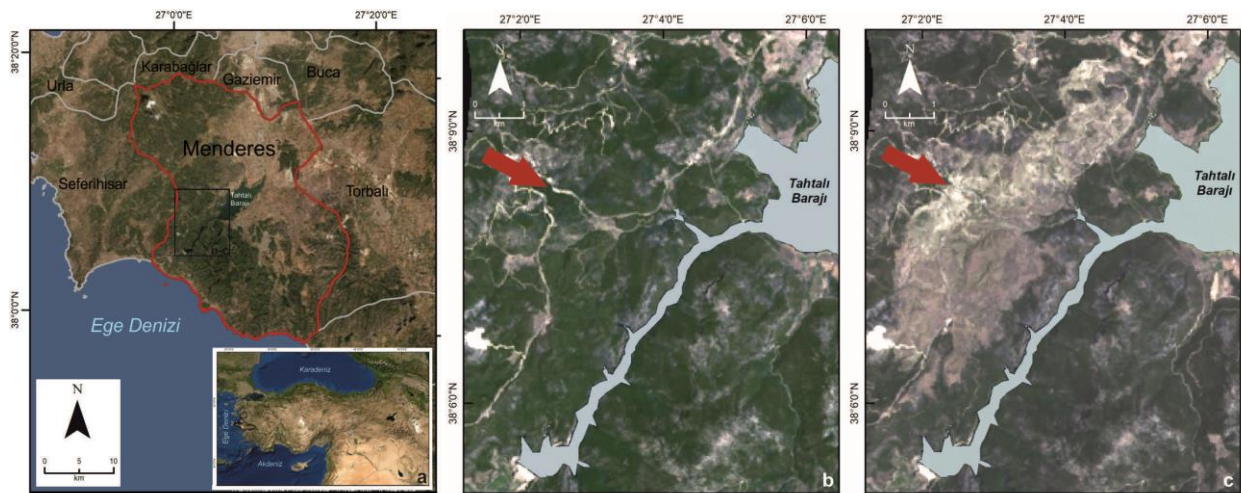
Keywords: GEE, NDVI, dNBR, fire severity, reforestation, remote sensing

1. GİRİŞ

Küresel ısınmanın beklenen sonuçlarından biri olan orman yangınları, tüm Dünya’da olduğu gibi büyük bölümü Akdeniz iklim kuşağı içerisinde yer alan ülkemiz için de deprem, heyelan, sel ve taşkınlar gibi önemli bir afet halini almıştır. Orman yangınları sürdürülebilir orman varlığını tehlikeye atmakla beraber önemli ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte uzaktan algılama yöntemleri, orman yangınlarında yanan alanların tespiti, hasar gören alanların hesaplanması, yangının meydana geldiği alanlarda yapılacak iyileştirme süreçlerinin planlanması ve takibi ile ilgili çalışmalarda yaygın şekilde kullanılan bir araç haline gelmiştir (Robinson 1991; Sunar ve Özkan, 2001; Karaca ve Güllü, 2019; Güzel vd. 2021; Kavzoğlu vd. 2021). Bu çalışmaların önemli bir bölümünde yangın tespitinde kullanılabilecek indislerin ve diğer yöntemlerin değerlendirilmesi, yanmış alanların tespiti gibi konular üzerinde durulmakta (Konkathi ve Shetty 2021, Fassnacht vd. 2021), bir kısım çalışmada ise yangın sonrası uzun dönemli değişimin tespitine yönelik yaklaşımlar sunulmaktadır (Sunar ve Özkan 2001, Veraverbeke vd. 2012, Tonbul vd. 2016; Güzel vd. 2021, Nole vd. 2022). Bu çalışmada İzmir’in Menderes ilçesinde 2017 yılı Temmuz ayında meydana gelen yangında tahrip olan alan çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bölgede bahsi geçen yangın ile ilgili olarak Karaca vd. (2017), Çolak ve Sunar (2018) ve Cihan vd. (2022) tarafından yürütülmüş çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda sırasıyla süperpiksel bölütleme, farklı sınıflandırma algoritmaları ve spektral indeksler kullanılarak yanmış alanın tespiti ve yanma şiddetine yönelik çıkarımlar yapılmış ve yöntemlerin doğrulukları test edilmiştir. Dolayısıyla yürütülen çalışmalarda yangının yakın dönemdeki sonuçları üzerinde durulmuştur. Burada sunulan çalışmada ise Google Earth Engine (GEE) platformu kullanılarak aynı yangın sonucu tahrip olan alanın tespiti ve yanma şiddetinin belirlenmesinin yanı sıra, yangın sonrası uzun dönemde meydana gelen iyileşmeye dönük bir veri seti oluşturulmuştur. Bu kapsamda GEE içerisinden temin edilen Landsat 8 görüntülerine öncelikle Normalize Yanma İndeksi (NBR), farklandırılmış Normalize Yanma İndeksi (dNBR), Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NVDI) ve farklandırılmış Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksleri (dNDVI) uygulanarak bölgedeki yanan alanlar tespit edilmiş, sonrasında ise yangında hasar gören alanın 2012 ve 2022 yılları arasındaki bitki örtüsü değişimi kesintisiz olarak izlenmiştir. Elde edilen sonuçların uzaktan algılama yöntemleri ile yanmış alanların iyileştirme çalışmalarının takip edilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı İzmir ilinin kıyı yerleşimlerinden biri olan Menderes ilçesidir. Menderes ilçesinin kuzeyinde Karabağlar, Gaziemir, kuzeydoğusunda Buca, doğusunda Torbalı, batısında Seferihisar ilçeleri yer alırken, güneyinde ise Ege Denizi bulunmaktadır (**Şekil 1**). İlçe hem sahip olduğu kıyı şeridi, hem de ormanlık alanları nedeniyle bölgenin turizm potansiyeli yüksek yerleşimlerinden biridir. Yaygın orman örtüsüne sahip ilçede farklı yıllarda çıkmış ve binlerce hektar ormanlık alanın yok olduğu çok sayıda orman yangını kaydedilmiştir (OGM, 2020). Bu çalışma kapsamında 2017 yılı Temmuz ayında ilçenin batısında çıkan orman yangınında tahrip olan alanlar tespit edilmiş ve bu alanların günümüze kadarki rehabilitasyon süreci izlenmiştir.



Şekil 1: a) İzmir’in Menderes ilçesinin konumu, **b)** Menderes ilçesinde 2017 yılı Temmuz ayında meydana gelen yangının öncesi, ve **c)** sonrası Landsat görüntüleri

1.2 Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında Menderes ilçesinde çıkan orman yangının etkilediği alanın belirlenmesi ve bölgenin yangın sonrası bitki örtüsündeki değişimin izlenebilmesi için GEE platformu kullanılmıştır. GEE büyük ölçekli ya da geniş tarih aralığına sahip uydu verilerini, bilgisayara veri aktarımı yapmadan, işleme olanağı sağlayan ayrıca farklı nitelik

ve çözünürlükte mekânsal verilerin ve uydu görüntülerinin temin edilebildiği bir bulut platformudur (Gorelick vd., 2017). Platform, özellikle bölgesel ölçekli ya da geniş zamansal periyoda sahip çalışmaların hızlı bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada da Menderes ilçesinde 2017 yılında meydana gelen orman yangınının oluşturduğu hasarın tespiti için yangın öncesi ve sonrası tarihlere ait Landsat uydusunun farklı sensörlerinin görüntüleri kullanılmıştır (**Çizelge 1**).

Çizelge 1. Yanma şiddeti haritalarının oluşturulmasında kullanılan uydu görüntülerine ait bilgiler

Dönem	Görüntü Tarihi	Satır/ Sütün	Mozaik	İndeks
Yangın öncesi	23.06.2017	180/33	Görüntü mozaigi ₁	NBR ₁
	23.06.2017	180/34		NDVI ₁
Yangının hemen sonrası	09.07.2017	180/33	Görüntü mozaigi ₂	NBR ₂
	09.07.2017	180/34		NDVI ₂
Yangının uzun süre sonrası	07.07.2022	180/33	Görüntü mozaigi ₃	NBR ₃
	07.07.2022	180/34		NDVI ₃

Platform içerisinde yazılan algoritma ile öncelikle Landsat 8 görüntülerine, yanmış alanların tespitinde sıklıkla kullanılan NBR, dNBR, NDVI ve dNDVI indisleri uygulanmış ve yanma şiddeti haritaları oluşturulmuştur. Tucker, (1979) tarafından geliştirilen NDVI sağlıklı bitki örtüsünün Yakın Kızılötesi'deki yüksek yansımaya ve Kırmızı dalga boyundaki yüksek soğurma değerlerini kullanarak (Eşitlik 1) yeşil bitki örtüsü yoğunluğu hakkında bilgi sağlar ve yanma şiddeti değerlendirmesi için geniş çapta kabul görmektedir (örn., Vlassova vd., 2014; Kovács, 2019).

$$NDVI = \frac{\text{Yakın Kızılötesi Band} - \text{Kırmızı Band}}{\text{Yakın Kızılötesi Band} + \text{Kırmızı Band}}$$

Bunun tersi şekilde yakın zamanda yanmış alanlar Yakın Kızılötesi bölgede düşük yansımaya ve Kısa Dalga Kızılötesi bölgede yüksek yansımaya gösterir (Pereira vd. 1999; Key, 2006). Bu yaklaşımla yanmış alanların uydu görüntülerinde belirgin hale getirilmesi için NIR ve SWIR bandlarının kullanıldığı NBR indeksi geliştirilmiştir (Eşitlik 2) (Key ve Benson, 2005). NBR aynı zamanda uzaktan algılama ile yanma şiddetinin belirlenmesinde kullanılan dNBR gibi bazı farklı indekslerin de temelini oluşturur.

$$NBR = \frac{\text{Yakın Kızılötesi Band} - \text{Kısa Dalga Kızılötesi Band}}{\text{Yakın Kızılötesi Band} + \text{Kısa Dalga Kızılötesi Band}}$$

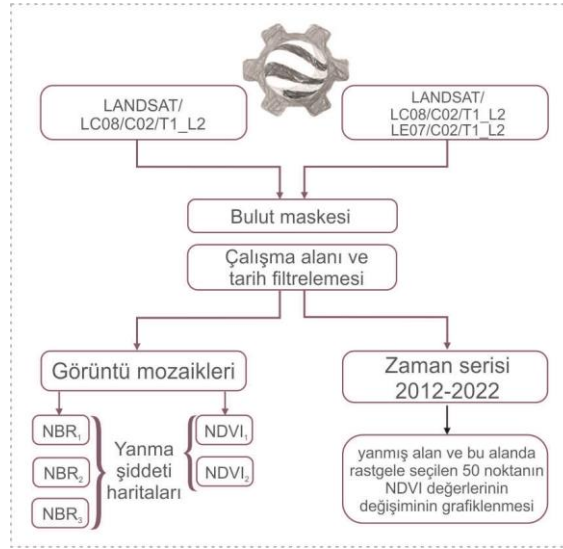
Hem NDVI'dan hem de NBR'den elde edilen sonuçlar -1 ve +1 arasında değerler alır. Her iki indekste de pozitif değerler sağlıklı bitki örtüsüne işaret eder. NDVI'nın negatif değerleri bitki örtüsü olmayan alanları temsil ederken, NBR'deki düşük değerler çıplak zemini ve yakın zamanda yanmış alanları temsil eder.

Çalışma kapsamında bölgenin yangın şiddeti haritalarının hazırlanabilmesi için yangın öncesi ve sonrası NDVI ve NBR görüntülerinin farkı alınarak, dNDVI ve dNBR görüntüleri oluşturulmuştur. Bu görüntülere USGS FIREMON (Fire Effects Monitoring And Inventory Protocol/ Yangın Etkilerini İzleme ve Envanter Protokolü) tarafından, bir bölgedeki yanma şiddetini tanımlamak üzere belirlenmiş eşik değerler uygulanarak çalışma alanının yanma şiddeti haritaları üretilmiştir. (**Çizelge 2**).

Çizelge 2. Yanma şiddeti sınıflarının eşik değer seviyeleri (Lutes vd., 2006).

Numara	Değer Aralığı	Yanma Şiddeti Sınıfı
1	-0,50 ile -0,25	Yüksek seviyede yeniden yeşillenme
2	-0,25 ile -0,1	Düşük seviyede yeniden yeşillenme
3	-0,1 ile 0,1	Yanmamış alan
4	0,1 ile 0,27	Düşük şiddetli yanma
5	0,27 ile 0,44	Orta-düşük şiddetli yanma
6	0,44 ile 0,66	Orta-yüksek şiddetli yanma
7	0,66 ile 1,30	Yüksek şiddetli yanma

Sonrasında bu indekslerden elde edilen ve yanmış alan olarak belirlenen bölgenin 2012 ve 2022 yılları arasında bitki örtüsünde meydana gelen değişim Landsat 7 (ETM+) ve Landsat 8 (OLI) sensörlerine ait 896 adet görüntü ile oluşturulan zaman serisi ile kesintisiz olarak incelenmiştir. Zaman serisi oluşturulurken Roy vd. (2016)'nın önerdiği gibi farklı sensörlerin (ETM+ ve OLI) spektral özellikleri arasında küçük ama potansiyel olarak önemli farklılıklar olması nedeniyle iki sensörden elde edilen veri setlerine harmonizasyon işlemi uygulanmıştır (**Şekil 2**).

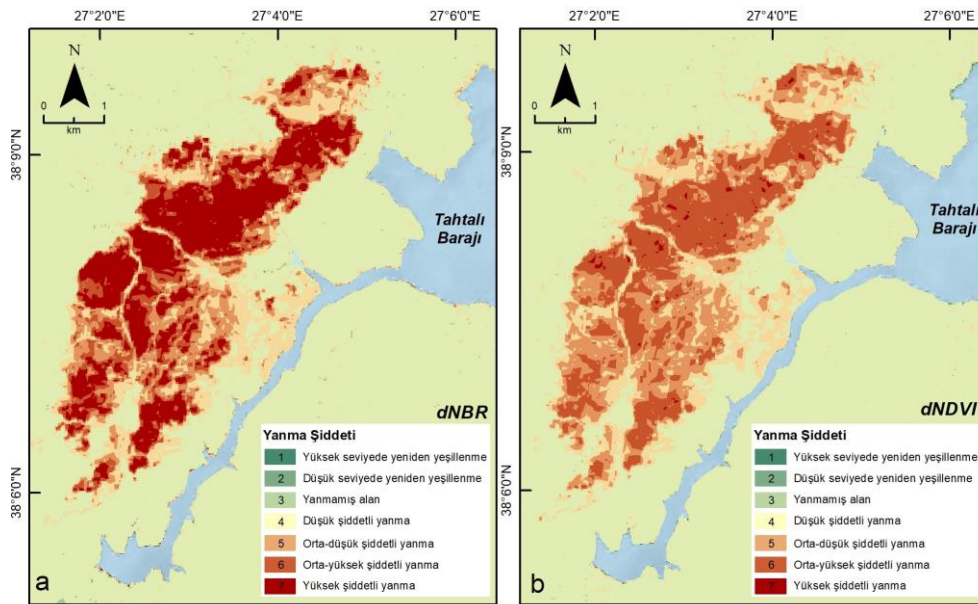


Şekil 2: Akış şeması

Harmonizasyon işlemi uzun dönemli değişim analizlerinde hatası ve eksik verisi daha az olan bir zaman serisi oluşturmayı sağlamaktadır. Veri setinin yoğun olması ETM+'tan temin edilen görüntülerdeki tarama hattı hatasından kaynaklı eksikliği de gidermektedir. Ancak çalışma kapsamında verinin daha tutarlı olabilmesi amacıyla ETM+'tan sağlanan verilere harmonizasyon işleminin yanı sıra düzeltme işlemi de uygulanmıştır (Şekil 2). Son olarak dNBR indeksinden elde edilen yanmış alanın ve bu alan içerisinde rastgele seçilen 50 noktanın NDVI değişimleri hazırlanan zaman serisi kullanılarak grafiklenmiştir.

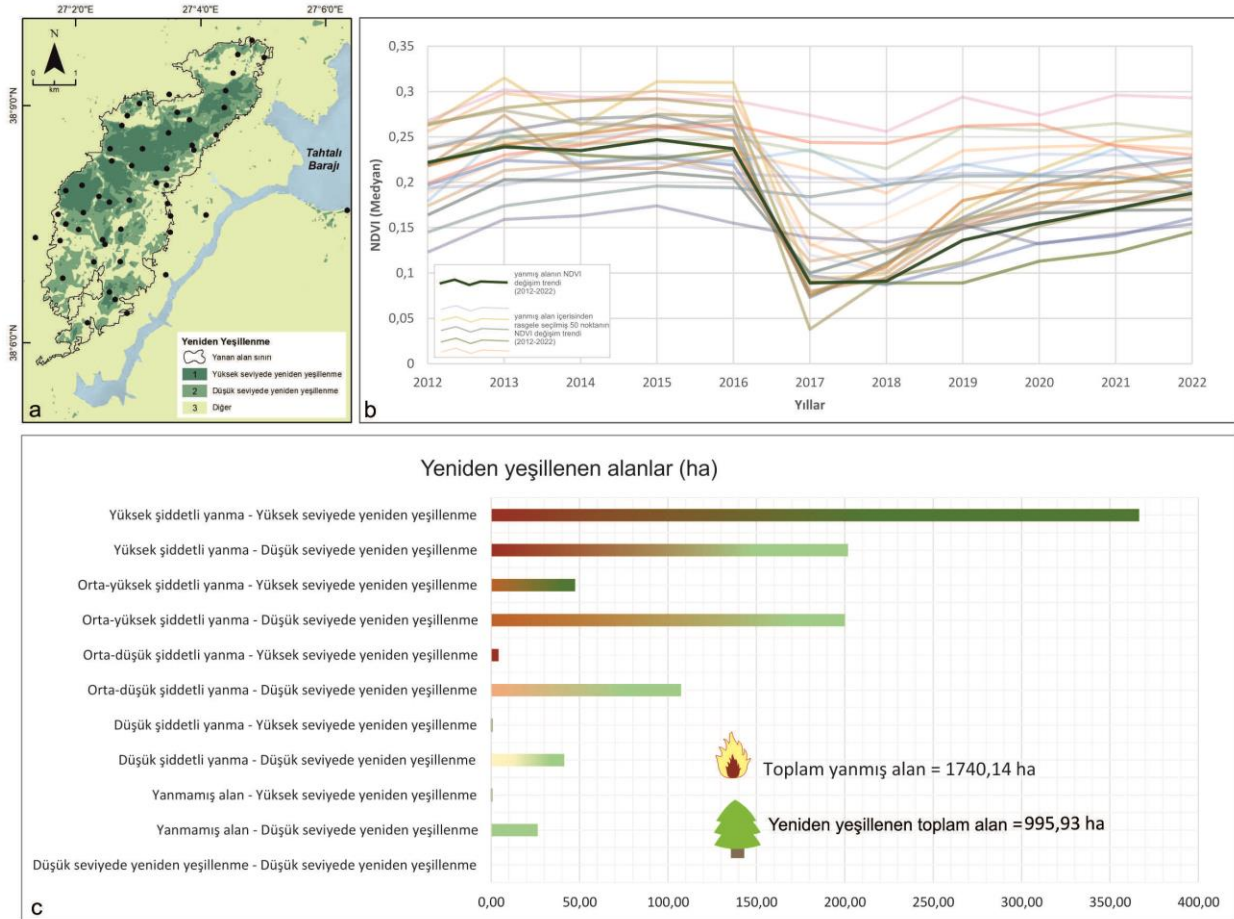
2. BULGULAR

Menderes ilçesinde 2017 yılı Temmuz ayında meydana gelen orman yangınında, dNBR'a ($NBR_1 - NBR_2$) göre 1740,14 ha, dNDVI'a göre ise 1692,05 ha alanın yandığı tespit edilmiştir (Şekil 3). dNBR indeksinden üretilen yanma şiddeti sınıflarına bakıldığında 495,97 ha alan düşük şiddetli yanmış alan, 355,88 ha alan orta-düşük şiddetli yanmış alan, 313,27 ha alan orta-yüksek şiddetli yanmış alan ve 575,03 ha alan ise yüksek şiddetli yanmış alan olarak hesaplanmıştır (Şekil 3a). dNDVI haritasından üretilen yanma şiddeti sınıflarına bakıldığında ise bu değerler yine aynı sıra ile 547,48 ha, 571,43 ha, 560,63 ha ve 12, 51 ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 3b).



Şekil 3: a) dNBR, b) dNDVI'a göre Menderes ilçesinde 2017 yılı Temmuz ayında çıkan yangın sonucu yanan alanın yanma şiddeti haritaları

Yangının meydana geldiği bölgenin, yangından hemen sonraki (mozaik₂, NBR₂) ve günümüzdeki görüntüleri (görüntü mozaik₃, NBR₃) kullanılarak yapılan hesaplamalarda ise 418,80 ha'lık kısmı yüksek seviyede, 577,18 ha'lık kısmı ise düşük seviyede olmak üzere toplamda 995,98 ha alanın yeniden yeşillendiği sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4). Yüksek seviyede yeniden yeşillenmenin en belirgin görüldüğü bölgeler yüksek şiddetli yanmış alanlardır. Düşük seviyede yeniden yeşillenmenin en fazla görüldüğü alanlar ise yüksek şiddetli ve orta-yüksek şiddetli yanmış alanlarda yaklaşık eşit şekilde dağılmaktadır (Şekil 4c). Ayrıca toplam yanmış alan ve bu alan içinde seçilen noktalar için GEE kullanılarak oluşturulan zaman serisinde bölgede 2012 yılında oldukça yüksek olan NDVI değerlerinin 2017 yılında beklenildiği gibi yangına bağlı olarak düştüğü, ancak sonrasında yeşillendirme çalışmaları ile tekrar yükseldiği belirlenmiştir (Şekil 4b).



Şekil 4: a) Menderes ilçesinde 2017 yılı Temmuz ayında çıkan orman yangını sonucu yanan alanın 2022 yılındaki durumu, b)yanmış alan ve bu alan içerisinde rasgele seçilmiş 50 noktanın NDVI değerlerinin 2012-2022 yılları arasındaki değişimi, c) yanmış alan olarak belirlenen bölgenin arazi örtüsü değişimi (2017-2022).

3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında GEE platformu kullanılarak, 2017 yılı Temmuz ayında İzmir'in Menderes ilçesinde meydana gelen orman yangının yarattığı tahribat belirlenmiş ve bölgede 2012 yılından itibaren bitki örtüsünde meydana gelen değişim ve yangın sonrası süreçteki yeşillenme kesintisiz olarak incelenmiştir.

Çalışmada Landsat 7 ve 8 uydularına ait görüntüler kullanılmıştır. Söz konusu yangın sonucu, dNBR ve dNDVI indekslerine göre sırasıyla ~1740 ha ve ~1692 ha alanın yandığı tespit edilmiştir. dNBR indeksine göre toplam yanan alanın %28,50'sinin düşük şiddetli yanmış alan, %20,45'sinin orta-düşük şiddetli yanmış alan, %18,00'inin orta yüksek şiddetli yanmış alan ve %33,05'inin ise yüksek şiddetli yanmış alan olduğu belirlenmiştir. dNDVI'a göre yanan alanların dağılımı ise aynı sıra ile %32,36, %33,77, %33,13 ve %0,74 olarak hesaplanmıştır.

Uzaktan algılama ile yanma şiddetinin değerlendirilmesinde bu iki indeks de yaygın olarak kullanılıyor olmakla birlikte NDVI'ın özellikle sağlıklı bitki örtüsünün varlığına odaklanıyor olması, bunun yanı sıra düşük NBR değerlerinin ise bitki örtüsünden bağımsız yanmış alanı işaret etmesi iki indeksten elde edilen sonuçlar arasında fark

çıkmasına sebep olmuş olabilir. İlâveten, bölgede yürütülmüş önceki çalışmalara bakıldığında ise farklı yöntemler ve/veya benzer indeksler kullanılarak 1000-1500 ha arasında alanın yandığı tespit edilmiştir (Karaca vd., 2017; Çolak ve Sunar, 2018; Cihan vd., 2022) yine benzer şekilde konu ile ilgili İzmir Orman Bölge Müdürlüğü'nün yapmış olduğu açıklama da benzerdir. Bu çalışmada toplam yanmış alanın daha yüksek çıkmış olması, öncelikle yangın öncesi ve hemen sonrasında kullanılan görüntülerin tek bir görüntü değil iki görüntünün piksellerinin ortalama değerlerinden üretilen bir görüntüden hesaplanmış olması olabilir. Bir diğer nokta bu çalışmalarda Tahtalı Barajı'nın yakın çevresinde dar alanlar halinde bulunan ve yine barajın batısında kalan düşük ve orta seviyede yanmış alanların hesaplamaya katılmamış olması olduğu düşünülmektedir. Ancak bir bölgedeki yangını yakın zamanlı olarak tespit eden ve arşivleyen NASA FIRMS (The Fire Information for Resource Management System/ Kaynak Yönetim Sistemi için Yangın Bilgileri)'ün VIIRS'in SNPP ve NOAA 20 uydularından sağladığı verilerde yangının olduğu günlerde bu alanda da yanmış nokta tespit ettiği görülmüştür (URL-1).

Çalışmanın bir diğer kısmını oluşturan yeniden yeşillenme sürecinin incelenmesinde, GEE platformu içerisinde hazırlanan algoritma ile önceki aşamada belirlenen yanmış alanı kapsayan toplamda 896 adet Landsat 7 ve Landsat 8 görüntüsü üzerinden hem bu alan, hem de bu alan içerisinden rasgele seçilen 50 noktanın 2012 yılı Temmuz ayından 2022 yılı Temmuz ayına kadar olan NDVI değişimleri grafiklenerek izlenmiştir. Hazırlanan grafikte tüm noktadaki NDVI değerlerinin 2017 Temmuz ayında yangına bağlı olarak doğal olarak düştüğü, bununla birlikte sonraki süreçte ise belirgin şekilde arttığı görülmüştür. Yeniden yeşillenmenin alansal olarak özellikle yüksek ve orta-yüksek şiddetli yanan alanlarda meydana geldiği görülmüştür.

Çalışma kapsamında kullanılan yöntemin, özellikle yangın sonrasında yeniden yeşillenme süreçlerinin takip edilmesi ve arazi örtüsündeki değişimin geniş bir zamansal periyotta ve kesintisiz bir şekilde izlenmesine olanak sağlaması açısından konu ile ilgili sonraki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Fassnacht, F. E., Schmidt-Riese, E., Kattenborn, T., Hernández, J., 2021**, Explaining Sentinel 2-based dNBR and RdNBR variability with reference data from the bird's eye (UAS) perspective. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 95, 102262.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017**. Google Earth engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens. Environ.* 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- Güzel, A., Biçaklı, K., Biçaklı, F., Kaplan, G., 2021**, Monitoring the Regeneration Process of Areas Destroyed by Forest Fires Aided by Google Earth Engine. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 21(2), 122-130.
- Karaca, A. C., Güllü, M.K., 2019**, Menderes ilçesindeki orman yangınının süperpiksel bölütleme temelli arama yöntemiyle tespiti. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(2), 1061-1076.
- Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ., Tonbul, H., Öztürk, M.Y., 2021**. “Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Orman Yangınlarının Zamansal Analizi: 2021 Yılı Akdeniz ve Ege Yangınları”, T. Kavzoğlu (Ed.) Orman Yangınları: Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri. *Türkiye Bilimler Akademisi*. ss. 219-251.
- Key, C.H., 2006**. Ecological and sampling constraints on defining landscape fire severity. *Fire Ecology*, 2(2), 34-59. Erişim Adresi: <https://fireecology.springeropen.com/articles/10.4996/fireecology.0202034>
- Key, C.H. ve Benson, N.C., 2005**. Landscape assessment: Remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio D.C. Lutes, et al. (Eds.), FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system, General Technical Report, RMRS-GTR-164-CD:LA1-LA51, *USDA Forest Service*, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT (2005).
- Konkathi, P., Shetty, A., 2021**, Inter comparison of post-fire burn severity indices of Landsat-8 and Sentinel-2 imagery using Google Earth Engine. *Earth Science Informatics*, 14(2), 645-653.
- Kovács, K.D., 2019**. Evaluation of burned areas with Sentinel-2 using SNAP: The case of Kineta and Mati, Greece, July 2018. *Geographia Technica, Cluj University Press*, 14(2), pp.20-38. doi: 10.21163/GT_2019.142.03
- Nolè, A., Rita, A., Spatola, M.F., Borghetti, M., 2022**, Biogeographic variability in wildfire severity and post-fire vegetation recovery across the European forests via remote sensing-derived spectral metrics. *Science of The Total Environment*, 823, 153807.
- OGM, 2020**. 2020 Türkiye Orman Varlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü. ISBN 978-605-7599-68-1.

- Pereira, J.M., Pereira, B.S., Barbosa, P., Stroppiana, D., Vasconcelos, M.J. ve Grégoire, J.M., 1999.** Satellite monitoring of fire in the EXPRESSO study area during the 1996 dry season experiment: Active fires, burnt area, and atmospheric emissions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 104(D23), 30701-30712. doi: 10.1029/1999JD900422
- Robinson, J.M., 1991,** Fire from space: Global fire evaluation using infrared remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 12(1), 3-24.
- Roy D.P., Kovalskyy V., Zhang H.K., Vermote E.F., Yan L., Kumar S.S., Egorov A., 2016.** Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity. *Remote sensing of Environment*, 185, 57-70.
- Sunar, F., Özkan, C., 2001,** Forest fire analysis with remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 22(12), 2265-2277.
- Tonbul, H., Kavzoglu, T. ve Kaya, S. 2016.** Assessment of fire severity and post-fire regeneration based on topographical features using multitemporal Landsat imagery: A case study in Mersin, Turkey. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, B8. doi: 10.5194/isprsarchives-XLI-B8-763-2016
- Tucker C.J. 1979.** Red and photographic infrared linear combinations monitoring vegetation. *Journal of Remote Sensing Environment*, 8(2), 127-150. doi:10.1016/0034-4257(79)90013-0.
- Veraverbeke, S., Gitas, I., Katagis, T., Polychronaki, A., Somers, B., Goossens, R. 2012.** Assessing post-fire vegetation recovery using red–near infrared vegetation indices: Accounting for background and vegetation variability. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 68, 28–39.
- Vlassova, L., Pérez-Cabello, F., Mimbrero, M. R., Llovería, R. M. ve García-Martín, A. (2014).** Analysis of the relationship between land surface temperature and wildfire severity in a series of landsat images. *Remote Sensing*, 6(7), 6136-6162. doi: 10.3390/rs6076136.
- URL-1: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/> [Erişim tarihi: 24.10.2022]