

## Uzaktan algılama teknikleri ile altyapı sistemlerinin konumsal analizi: Burdur Havzası örneği

Emine Kılıç<sup>a</sup>, E. Seda Arslan<sup>b,\*</sup>

**Özet:** Ekolojik kaynak değerlerinin oluşturduğu havzalar, doğal peyzajın bir parçası olan insan refahı için vazgeçilmez doğal kaynak değerlerini barındırmaktadır. Bu kapsamda havzaların farklı ekolojik özelliklerinin belirlenmesi, ekolojik yaşamın sürdürülebilirliği ve yönetimi için önemlidir. Çalışmada uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak Burdur Havzası'nın, topoğrafyası ve arazi kullanımı, altyapı yaklaşımı ile değerlendirilmiştir. Çalışma alanı gri, sarı, yeşil ve mavi altyapılar olarak tanımlanmış ve eğim, baki, yükselti ve iklim özellikleri ile ilişkilendirilerek analiz edilmiştir. Sentinel-2A uydu görüntüleri kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmış, doğruluk analizi neticesinde kappa değeri 0.86 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada NDVI, NDWI ve SAVI indeksleri kullanılmış ve bu indekslerin altyapı belirleme potansiyeli analiz edilmiştir. Sonuçta, çalışma alanında sarı altyapıların diğer altyapı türlerine göre daha büyük bir alan kapladığı, sarı altyapıyı sırasıyla yeşil, mavi ve gri altyapıların izlediği ve indekslere göre değerlendirildiğinde ise NDVI indeksinin en çok altyapı belirleme özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yeşil altyapı, Mavi altyapı, Gri altyapı, Sarı altyapı, Uzaktan algılama

## Spatial analysis of infrastructure systems with remote sensing techniques: The case of Burdur Basin

**Abstract:** Basins formed by ecological resource have several indispensable natural values for human well-being as a part of natural landscapes. In this context, determining the different ecological characteristics of the basins is important for the sustainability and management of ecological life. In this study, infrastructures approach was applied to analyze topography and land use of the Burdur Basin. At this point, the study area was determined as green, blue, yellow, and grey infrastructures and analyzed with the topography, slope, and aspect features of the study area. Image classification utilized as a part of remote sensing of Sentinel-2A satellite images, and because of the accuracy analysis, the Kappa were calculated 0.86. In the study, NDVI, NDWI and SAVI indices were used and analyzed with infrastructure systems to determine the infrastructure identification potential of these indices. As a result, it has been determined that yellow infrastructures cover more area compared to other infrastructure types, green, blue and grey infrastructures and the yellow infrastructure, respectively. According to the indices, the NDVI index has the most infrastructures identification potential for the study area. Consequently, the dominant infrastructure type in the study area was found to be yellow infrastructure. Yellow infrastructure is followed by green, blue, and gray infrastructures respectively.

**Keywords:** Green infrastructure, Blue infrastructure, Grey infrastructure, Yellow infrastructure, Remote sensing

### 1. Giriş

Fiziksel, biyolojik ve ekolojik olarak meydana gelen değişimlerin yarattığı çevre sorunları beraberinde arazi yapısı ve kullanımındaki değişimleri de kaçınılmaz hale getirmiştir. Havzalar, içinde barındırdığı çok sayıda ekosistem ile ekolojik yaşamın sürdürülebilirliği için büyük önem taşımaktadır (Yiğitbaşıoğlu ve Uğur, 2010). Bu kapsamda havzaların fiziksel özellikleri bağlamında ele alınması ve arazi kullanımının belirlenmesi planlama ve yönetim konularında karar vermede ve değişimleri izlemede elzemdir.

Alan kullanımı ve biyolojik çeşitliliğinin tespiti ekolojik planlama çalışmalarında önemli bir yere sahiptir (Doğan ve Tüzer, 2011). Mevcut arazi örtüsünün mekânsal olarak ifade edilmesi doğal kaynakların ve onların nasıl kullanıldığının anlaşılması açısından bilimsel çalışmalarda tercih edilen bir

yaklaşım olmakla birlikte bu kaynakların sayısal ve alansal olarak büyüklüğünün belirlenmesi açısından da önemlidir (Örücü ve Arslan, 2020; Yaraloğlu ve Asilsoy, 2021). Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin, bölgesel hidrolojik süreçler üzerinde büyük bir etkiye sahip olması nedeniyle söz konusu süreçlerin izlenebilmesinde uydu görüntülerinden sıklıkla yararlanılmaktadır (Genxu vd., 2005).

Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojilerini kullanarak birçok meslek disiplini araştırma yapmaktadır. Uzaktan algılama teknolojilerindeki ilerlemeler, peyzajın analizi için kritik öneme sahip arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritalama çalışmalarında pratik araçlar sağlamıştır (Shao ve Wu, 2008). Uydu görüntülerindeki son gelişmeler, gelişmiş konumsal ve zamansal çözünürlükler açısından, arazi yapısının etkin bir

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimi Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı  
Ana Bilim Dalı, Isparta, Türkiye

<sup>b</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Isparta, Türkiye

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): sedaarslan@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 12.01.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 13.06.2022



**Citation** (Atıf): Kılıç, E., Arslan, E.S., 2022. Uzaktan algılama teknikleri ile altyapı sistemlerinin konumsal analizi: Burdur havzası örneği. Turkish Journal of Forestry, 23(2): 146-155.

DOI: [10.18182/tjf.1056868](https://doi.org/10.18182/tjf.1056868)

şekilde tanımlanmasını ve kentsel ve kırsal alanlardaki altyapıların tahmin edilmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır (Al-Ruzouq vd., 2017). Ayrıca uydu görüntülerinden elde edilen ve arazi çalışmaları ile ulaşılması güç olan veriler yardımıyla, çeşitli ölçeklerdeki yersel sorunlara çözüm üretilebilmektedir (Çoban, 2016). Bu nedenle peyzajı analiz eden araştırmacıların UA teknolojilerini araç olarak kullanması son yıllarda yaygın hale dönüşmüştür (Aşık ve Kaçmaz, 2021; Çilek, 2021; Herold vd., 2002; Newton vd., 2009; Shao ve Wu, 2008). Bu araştırmacıların bazıları UA'yı arazi kullanım/razi örtüsü (AK/AÖ) haritaları kullanarak arazideki peyzaj değişimini araştırırken, bazıları erozyona bağlı yıllık toprak kaybı miktarı için UA tekniğini kullanmış ve diğerleri ise arazi kullanımlarına bağlı olarak peyzaj deseninin değişimini tespit etmek için kullanmışlardır.

Yeşil alanlar (kentsel ve kırsal yeşil alanlar, ormanlar gibi) gibi farklı arazi kullanım türleri "altyapı" terimi ile karakterize edilebilir (Arslan vd., 2021). Son yıllarda, ulusal ve uluslararası literatürde sürdürülebilirlik konulu planlama çalışmalarında arazi örtüsü/razi kullanımı ve yeşil altyapı yaklaşımı öne çıkmıştır (Grabowski vd., 2022; Latasa vd., 2022; Marando vd., 2022; Yaraloğlu ve Asilsoy, 2021). Bu doğrultuda ekoloji ve ekosistem hizmetleri çalışmaları doğanın sürdürülebilir kullanımını ve insanların refahını iyileştiren yeşil altyapı başta olmak üzere farklı altyapılarla ilgili hale gelmiştir (Haase, 2021; Sun vd., 2022). Kentler ve kırsal alanlarda yeşil altyapının yanında üst ölçekte arazi kullanımlarını tanımlamak için diğer arazi örtüsü türlerine de benzer terminoloji uygulanabilir. Ekilebilir alanlar, tarımsal peyzaj alanları, meralar ve heterojen tarım alanları sarı altyapı, yerleşim alanları ve kentsel bölgeler gri, su kütleri ve sulak alanlar ise mavi altyapı olarak tanımlanabilir. Mavi ve yeşil altyapılar sürdürülebilirlik konulu planlama çalışmalarına konu olmakta ayrıca ilgili çalışmalarda ekolojik altyapılar olarak da tanımlanmaktadır (Dai vd., 2021; Hysa, 2021; Kronenberg vd., 2021). Kentsel alanlarda ise gri altyapı, yeşil altyapıdan daha fazla çalışılmaktadır ve bazı araştırmalar, insan refahını iyileştirmek için yeşil-gri altyapıların entegrasyonu ile ilgilenmektedir (Chen vd., 2021; Ncube ve Arthur, 2021). Ulusal literatürde 'sarı altyapı' terimi kullanılmamış olsa da uluslararası literatür incelendiğinde tarım alanlarını temsil etmek için kullanıldığı görülmektedir (Lin vd., 2015). Özetle, altyapı yaklaşımı, kentsel ve kırsal peyzaj alanlarında peyzaj planlamasını iyileştirme potansiyeline sahip olmakla birlikte karmaşık sosyo-ekolojik sistemlerin dinamiklerinin değerlendirilmesi için sürdürülebilir araçların geliştirilmesine yardımcı olur. Avrupa Komisyonu'nun yayınladığı Yeşil Altyapı Bildirisi'nde ekosistem işlevlerini ve değerlerini koruyan, ekosistem hizmetlerini sağlamak amacıyla oluşturulan ve yönetilen, birbirleriyle bağlantılı doğal, yarı-doğal ve kültürel alanların oluşturduğu sistemler olarak tanımlanmaktadır. Buna göre altyapı yaklaşımı, çeşitli ekolojik özellikleri bünyesinde barındıran havzaların mekânsal ve alansal değerlendirmesi için de uygun bir yaklaşım olabilir

(European Commission (EC), 2013). Bu kapsamda araştırmada, Burdur Havzası'nda yer alan kentsel ve kırsal bölgelere ait altyapılar (yeşil altyapı, mavi altyapı, gri altyapı, sarı altyapı) UA ve CBS teknolojileri yardımıyla analiz edilmiştir. Söz konusu analizler, Sentinel 2-A uydu görüntüleri ile QGIS, ERDAS IMAGINE ve ArcGIS yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre çalışmada cevap aranan araştırma soruları aşağıda yer almaktadır:

- 1) Çalışma alanında alan büyüklüğü açısından baskın altyapı (mavi, yeşil, sarı, gri) hangisidir?
- 2) Çalışma alanında tanımlanan altyapı sistemlerinin Burdur Havzası'nın eğim, bakı, yükseklik ve iklimsel özellikleri ile ilişkisi nasıldır?
- 3) Uydu görüntülerinden elde edilen NDVI, NDWI ve SAVI indekslerinin altyapı sistemlerini tespit etme potansiyeli nedir?

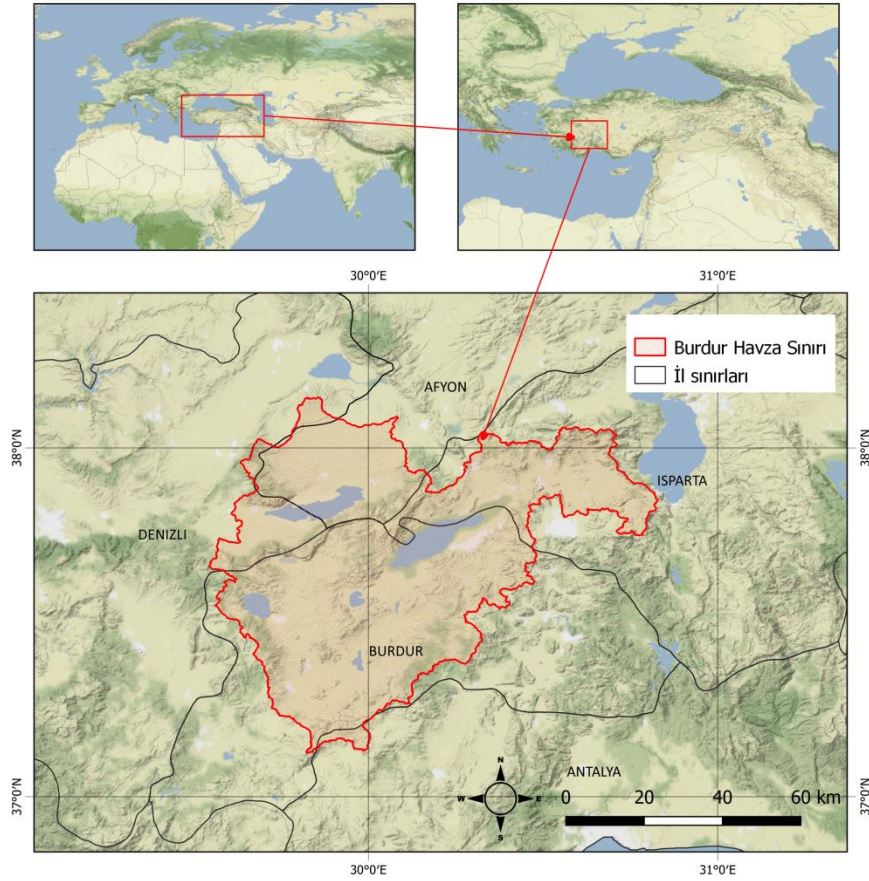
Çalışma alanı ile ilgili önceki çalışmalarda zamansal ve mekânsal peyzaj değişiminin belirlenmesi, su kalitesinin tespiti, yüzey suyu sıcaklığının ölçülmesi ve havzada yer alan göllerin alansal değişimi konularında yoğunlaşmaktadır (Aşık ve Kaçmaz, 2021; Ayaz ve Erdoğan, 2021; Kaya ve Kaplan, 2021; Küçükönder, 2021). Bu kapsamda araştırmanın çalışma alanı ve konusu kapsamında yenilikçi bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Araştırma alanı

Türkiye'de 25 yağış havzası bulunmaktadır (Dinç, 2015). Çalışma alanı; Türkiye'deki kapalı havzalar arasında bulunan, 30° 04' - 30° 24' doğu boylamları ve 37° 39' - 37° 51' kuzey eylemleri arasında konumlanan ve 629472.63 ha'lık bir alan kaplayan Burdur Havzası'dır (Şekil 1). Ramsar Sözleşmesi kapsamında Türkiye'nin uluslararası değere sahip 13 sulak alanı arasında yer alan Burdur Gölü çalışma alanı sınırları içinde yer almaktadır. Ekolojik açıdan çok değerli olan Burdur Gölü ayrıca yaban hayatı geliştirme sahası olma özelliğini de taşımaktadır (Kaya ve Kaplan, 2021). Burdur Havzası, Burdur ili başta olmak üzere, Isparta, Afyon, Denizli ve Antalya illerinin bazı kısımlarını kapsamaktadır (Yiğitbaşıoğlu ve Uğur, 2010). Ayrıca Burdur Gölü, Acıgöl, Salda Gölü, Akgöl (Çorak Gölü), Yarışlı Gölü, Karataş Gölü (yaban hayatı geliştirme sahası), Kocagöl, Göllüce Gölü, Beylerli Gölü (yaban hayatı geliştirme sahası) ve Tuzla Gölü havzada bulunan önemli sulak alanlardır (SYGM, 2019).

Burdur Havzası karasal ve Akdeniz iklimi arasında geçiş zonunu ifade etmektedir (Sarı, 1998). Çok sayıda endemik türe ev sahipliği yapan havza fauna açısından da oldukça zengindir.



Şekil 1. Araştırma alanı

## 2.2. Veri toplama ve analizi

Burdur Havzası'nda yapılan bu çalışmada araştırma verisi olarak Sentinel-2A uydu görüntüleri, ESA'nın internet sitesinden (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) ücretsiz indirilerek kullanılmıştır. Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency-ESA) tarafından Copernicus programı kapsamında yörüngeye yerleştirilen ve zamansal çözünürlüğü 10 gün olan Sentinel-2A uydusunun, 10, 20, 60 m mekansal çözünürlüğe sahip bantları bulunmaktadır. Sentinel-2A uydu görüntüleri ile su kütlesi tespiti ve hesaplamaları, bitki örtüsü tespiti ve analizleri, ekili alan veya ekilebilir alanların tespiti gibi parametrelerle çalışılabilmektedir (Perişan, 2021).

Çalışmada ayrıca 30x30 çözünürlüğe sahip ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) uydusundan elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model-DEM) ve Worldclim veri tabanından raster formatında indirilen iklimsel veriler çalışma alanının eğim, bakı, yükseklik ve iklim analizlerini gerçekleştirmek için kullanılmıştır (MTA, 2021). Çalışma kapsamında, raster görüntülerin işlenmesi ve vektör verisine dönüştürülmesi için QGIS 3.22, ArcMap 10.6 ve ERDAS Imagine 2015 yazılımları kullanılmıştır.

## 2.3. Yöntem

Araştırmanın yöntemi 4 aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama uydu görüntülerinin elde edilmesi, geometrik ve radyometrik düzeltmelerinin yapılması, NDVI, NDWI ve SAVI indekslerinin üretilmesi, ikinci aşama çalışma kapsamında ele alınan altyapı sistemlerine göre uydu görüntülerinin sınıflandırılması, üçüncü aşama, alana ait topoğrafik ve iklimsel verilerin analizi ve altyapı sistemleri ile ilişkilendirilmesi, dördüncü aşama ise indeksler ile altyapı sistemleri ilişkilendirilerek indekslerin altyapı tespit etme potansiyeli belirlenmiştir.

Birinci aşama uydu görüntüleri ile ilgili işlemleri kapsamaktadır. Söz konusu işlemlerin ilki iklim koşulları ve bulutluluk oranına bağlı olarak en uygun uydu görüntülerinin elde edilmesidir. Bulutluluk durumu değerlendirildiğinde 19.05.2021 tarihli görüntüler (Çizelge 1) en uygun olarak belirlenmiştir ve Sentinel-2A uydusuna ait 3 adet uydu görüntüsü indirilmiştir. QGIS 3.22 programının yarı otomatik sınıflandırma eklentisi (semi-automatic classification-SCP) kullanılarak uydu görüntülerinin radyometrik düzeltmeleri yapılmıştır. Daha sonra uydu görüntülerinin geometrik düzeltmesi de yapılarak WGS-84-UTM-Zone-35N koordinat sistemine kaydedilmiştir. İndirilen 3 adet uydu görüntüsüne ait bantların birleştirme işlemi ERDAS Imagine 2015 programının Raster menüsü altındaki Layer Stack aracı kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra Burdur Havzası sınırına göre kesilen uydu görüntüleri analiz işlemine hazır hale getirilmiştir. Sentinel-2A uydusunun 13 adet spektral bantı bulunmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan Sentinel-2A uydu görüntüleri

No	Görüntü adı	Görüntü alım tarihi	Uydu adı
1	L1C_T36STH_A0300849_20210519T085927	19.05.2021	Sentinel-2A
2	L1C_T36STG_A0300849_20210519T085927	19.05.2021	Sentinel-2A
3	L1C_T35SQB_A0300849_20210519T085927	19.05.2021	Sentinel-2A

Çizelge 2. İndirilen Sentinel-2A uydusunun spektral bantları

Bant no	Karakter	Bantların merkezi dalga boyu (μ)	Mekânsal Çözünürlük (m)
B1	Kıyı aerosolü	0.443	60
B2	Mavi	0.490	10
B3	Yeşil	0.560	10
B4	Kırmızı	0.665	10
B5	Bitki örtüsü kırmızı kenar	0.705	20
B6	Bitki örtüsü kırmızı kenar	0.740	20
B7	Bitki örtüsü kırmızı kenar	0.783	20
B8	Yakın kızılötesi (NIR)	0.842	10
B8A	Bitki örtüsü kırmızı kenar	0.865	20
B9	Su buharı	0.945	60
B10	Kısa dalga kızılötesi (SWIR)-Sirüs	1.375	60
B11	Kısa dalga kızılötesi (SWIR)	1.610	20
B12	Kısa dalga kızılötesi (SWIR)	2.190	20

Analiz işleminden önce görüntünün zenginleştirilmesi, analiz verilerini oluşturmak için kolaylık sağlamaktadır (Soyaslan ve Hepdeniz, 2016). Bu aşamada bitki indeksleri ve bant kombinasyonlarından faydalanılmıştır. Uydulara ait görüntülerin çok bantlı olması farklı dalga boylarının ölçülmesine olanak tanımaktadır ve bu durum formüle edilerek farklı indeksler ortaya çıkmıştır. Araştırma kapsamında uydu görüntülerinin analizi için 3 farklı indeks kullanılmıştır. Bitkilerin sahip olduğu klorofil yoğunluklarına bağlı olarak yansıtma değerlerinde ortaya çıkan farklılıklar arazinin sahip olduğu bitki örtüsü hakkında matematiksel veriler elde etmeye yardımcı olmaktadır. Çalışmada bitki indeksleri arasında en yaygın kullanıma sahip olan NDVI (Normalized Difference Vegetation Index- Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) kullanılmıştır (Myneni vd., 1995). NDVI indeksinin (1) hesaplanması için;

$$NDVI=(NIR-R)/(NIR+R) \quad (1)$$

formülü kullanılmaktadır. Bu formülde bahsedilen;

NIR: Yakın kızılötesi bandı

R: Kırmızı bandı göstermektedir.

Çalışmada kullanılan bir diğer indeks NDVI'dan ortaya çıkan ve su kütlelerinin tespiti ve analizleri için kullanılan NDWI (Normalized Difference Water Index- Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi)'dir (Gao, 1996). -1 ile +1 arasında değerler ölçülebilen bu indekste 0.5'ten küçük değer gösteren alanlarda su varlığından bahsedilemezken bu değerden büyük değer gösteren alanlarda su kütlelerinin varlığından söz edilebilir (Aksoy vd., 2019). NDWI'in genel formülü (2) ve Sentinel uydu verileri için kullanılan formülü (3) aşağıda verilmiştir (Aksoy vd., 2019).

$$NDWI=(NIR-SWIR)/(NIR+SWIR) \quad (2)$$

Bu formülde, SWIR: Kısa dalga kızılötesi banttır.

$$NDWI= (B3-B8) / (B3+B8) \quad (3)$$

Araştırma kapsamında kullanılan bir diğer indeks de SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index -Toprakla Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi)'dir (Huete, 1988). Toprak tipinin tek tip olduğu varsayımı üzerine yapılan hesaplamalarda çıkan hatalar sonucu çözüm olarak SAVI indeksi kullanılmaktadır

(Sinergise, 2021). Genel formülü (4) ve Sentinel uydu verileri için kullanılan formülü (5) aşağıdaki gibidir.

$$SAVI= ((NIR-Red)/(NIR+Red+L)) * (1+L) \quad (4)$$

$$SAVI= (B8-B4) / (B8+B4+L) * (1.0+L) \quad (5)$$

L: Toprak parlaklığı düzeltme faktörü (0.5 kullanılmıştır.)

Uydu görüntülerin sınıflandırılmasını kapsayan çalışmanın 2. aşamasında farklı bant kombinasyonları (3-2-1 ve 8-3-2 bant kombinasyonları) kullanılarak eğitim alanları seçilmiştir. Eğitim verileri kullanıcı tarafından belirlenen örnek noktalar (Karabacak ve Yılmaz, 2012). Kentsel ve kırsal altyapıları tespit etmek için 4 altyapı sınıfına uygun olarak, görüntüdeki piksellere bu sınıf bilgileri atanmıştır. Çalışmada piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma (Supervised Classification-Eğitilmiş Sınıflandırma) yöntemi kullanılmıştır. Örnek alanlar (eğitim pikselleri) 4 altyapıyı nitelleyen yerlerde seçilmiştir. Bunlar mavi altyapı (su yüzeyleri), yeşil altyapı (orman alanları ve bitki toplulukları), sarı altyapı (tarım alanları ve ekili alanlar) ve gri altyapı (yerleşim alanları, yollar, çıplak kayalık alanlar vb.) niteliklerine dayalı seçilmiştir.

Görüntüdeki her pikseli spektral değerine ve eğitim aşamasında verilen örnek piksel gruplarına dayalı olarak sınıflandıran bu teknikle görüntüdeki pikseller belirlenen alt sınıflara ayrılmış olur. Daha sonra elde edilen sınıflandırma verilerinin doğruluğunu tespit etmek amacıyla QGIS 3.22 programında SCP eklentisi kullanılmıştır. Sınıflandırma doğruluğu analizinde tesadüfi olarak seçilmiş 170 yer kontrol noktası kullanılmıştır. Yer kontrol verilerinin elde edilmesinde arazi çalışmalarından elde edilen noktalar ile amenajman planlarına ait sayısal meşcere haritalarından yararlanılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Eğitim ve test veri sayısı

Sınıf no	Altyapı adı	Eğitim veri sayısı	Test veri sayısı
1	Gri	76	43
2	Sarı	129	66
3	Yeşil	103	57
4	Mavi	8	4
Toplam	Toplam	316	170

Elde edilen sınıflandırmanın doğruluğunu tespit etmek için hata matrisi yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemde, sınıflandırılan pikseller ile test verisi olarak referans alınan pikseller karşılaştırılır. Karşılaştırma yapılırken piksellerin rastgele seçilmesi, herhangi bir kullanıcıya bağlı olmaksızın doğrulama analizinin objektif gerçekleştirilmesini sağlar. Otomatik şekilde seçilen pikseller, eğitim verisi haricindeki diğer piksellerden seçilir. Sonuç olarak hata matrisi ile sınıflandırılmış piksellerin doğruluk yüzdeleri bulunur. Hata matrisinden elde edilen sınıflar arası doğrulukların analiz edilmesinde Kappa (K) (Cohen, 1960) sayısı (6) kullanılmaktadır (Perişan, 2021).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (6)$$

r: Hata matrisindeki satırların sayısı, x<sub>ii</sub>: Satır ve sütundaki gözlemlerin sayısı, x<sub>i+</sub>: Satırdaki toplam gözlem, x<sub>+i</sub>: Sütundaki toplam gözlem, N: Matriste içerilen toplam gözlem sayısını göstermektedir. Kappa sayısı 0 ile 1 arasında değer alır ve bulunulması istenen en ideal durumu 1'dir (Çizelge 4).

3. aşamada; topoğrafik ve iklimsel verilerin analizi ve altyapı sistemleri ile ilişkilendirilmesi için STRM (Shuttle Radar Topography Mission) verileri kullanılarak peyzaj araştırmalarında ihtiyaç duyulan yükselti, bakı ve eğim analizleri yapılmıştır. Wordclim veri tabanından (www.worldclim.org) 1970-2000 yıllarına ait sıcaklık, yağış, rüzgâr hızı ortalamalarını gösteren 30 saniye mekânsal çözünürlükte raster formatındaki haritalar indirilerek çalışma alanı sınırları dahilinde kesilmiş ve eşik değerlerine göre sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4. Kappa değerlerinin anlamı

κ değeri	Açıklama
< 0	Şansa bağlı olabilecek uyumdan daha kötü uyum olması
0.01 - 0.20	Önemsiz düzeyde uyum olması
0.21 - 0.40	Zayıf düzeyde uyum olması
0.41 - 0.60	Orta düzeyde uyum olması
0.61 - 0.80	İyi düzeyde uyum olması
0.81 - 1.00	Çok iyi düzeyde uyum olması

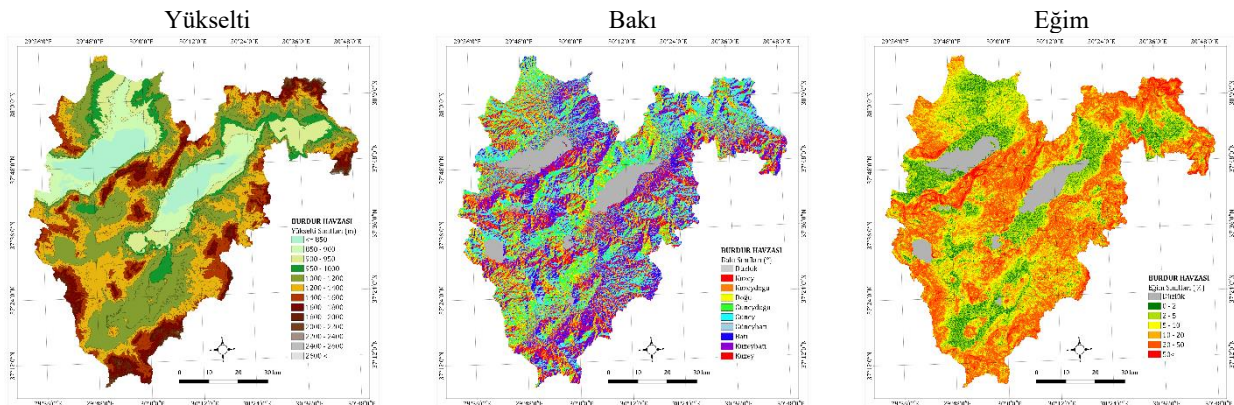
4. aşamada ise, öncelikle uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırmasıyla üretilen ve altyapı sistemlerini gösteren raster formatındaki harita ile topoğrafik analizlerle elde edilen yükselti, bakı ve eğim haritaları, uydu görüntülerinden elde edilen NDVI, NDWI ve SAVI indeksleri ile iklim haritalarından ortalama sıcaklık, yağış ve rüzgâr hızını gösteren raster formatındaki haritalar eşik değerlerine göre kodlanarak yeniden sınıflandırılmış ve vektör formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra, elde edilen vektör formatındaki tüm veriler, altyapı sistemlerini gösteren vektör veri ile kesişimleri (intersection) alınarak topoğrafik veriler, iklim verileri ve indekslerin hangi altyapı sistemi ile ilişkili olduğu mekânsal ve konumsal olarak belirlenmiştir.

### 3. Bulgular

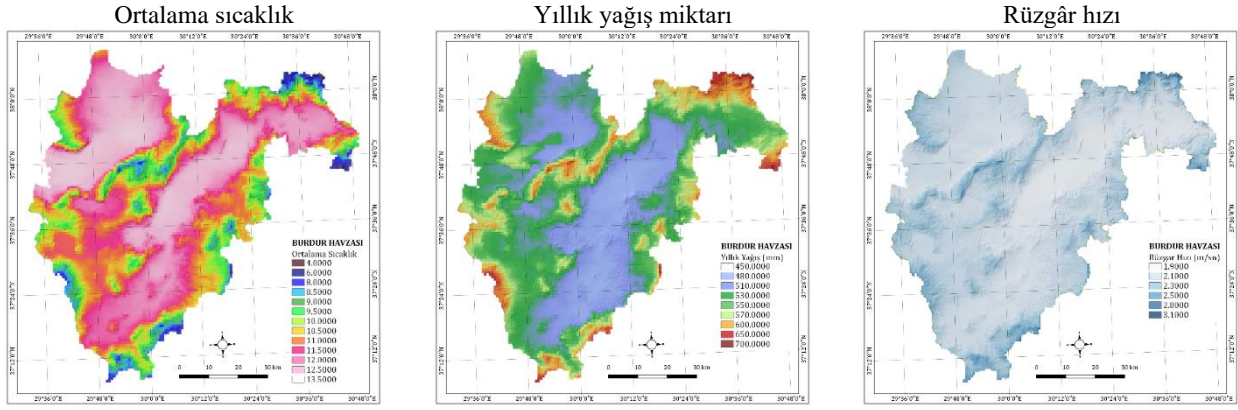
Araştırma alanına ait fiziksel özellikleri tanımlamak için topoğrafik haritalar üretilmiştir. Topoğrafik haritalar QGIS 3.22 programı kullanılarak üretilmiştir. Bakılar 9 sınıfa ayrılmıştır. Bunlar ara, ana yönler ve düz alanlar olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 2). Arazinin yükseltisi min. 850 m, max. 2.600 m olarak belirlenmiş ve yükselti sınıfları 13 sınıfa ayrılmıştır. Buna göre havzanın deniz seviyesinden yüksekliği 1.000-1.200 m aralığında en çok alansal dağılımı olduğu gözlemlenmektedir. Alanın eğimi ise yüzde cinsinden incelenmiş ve yedi sınıfta ifade edilmiştir. %20-50 eğime sahip alanların çalışma alanında daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 2 ve 3'te çalışma alanının topoğrafik özelliklerini gösteren haritalar çalışma kapsamında tanımlanan altyapı sistemlerinin mekânsal analizinde kullanılmak üzere üretilmiştir.

Çalışma alanının iklim haritaları (1970-2000 yılı ortalaması) aşağıda gösterilmektedir (Şekil 3). Havzada rüzgâr hızı min. 1.9 m/sn ile 3.1 m/sn arasında değişmektedir. Yüksek yerlerde rüzgâr hızının fazla olduğu görülmektedir. Yıllık yağış haritasına göre yağış oranlarında ise en büyük alansal payın 530 mm olduğu ve yıllık yağışın 500 mm'nin üzerinde yoğunluk gösterdiği söylenebilir. Ortalama sıcaklık, havzadaki dağılımında en büyük paya sahip alanların sıcaklığı 12.5°C olduğu görülmektedir.

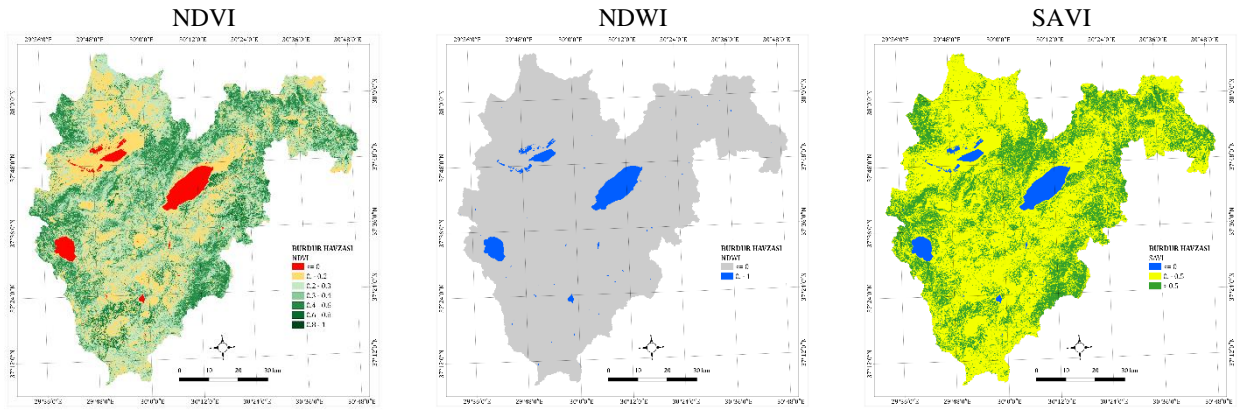
Çalışma alanının bitki indeksi haritaları ve sınıflandırılmış altyapı haritası üretilerek aşağıda verilmiştir (Şekil 4, 5).



Şekil 2. Eğim, bakı ve yükselti sınıfları haritaları



Şekil 3. Çalışma alanının rüzgâr hızı, yıllık yağış ve ortalama sıcaklık haritaları



Şekil 4. İndeks haritaları

NDVI haritasında eşik değeri olarak -1 ile 0 arasında gösterilen alanlar bitki örtüsün hiç olmadığı alanları (su yüzeyleri vb.) ifade ederken 0 ile 0.2 aralığı yerleşim yerleri ve inşa edilmiş alanları temsil etmektedir. Değer 0.2'den büyük değerler bitki örtüsünün varlığını gösterir ve değer 1'e yaklaştıkça bitki varlığı artmaktadır (Wardlow vd., 2007). NDVI indeksine göre çalışma alanının %3.42'sini su kütleleri oluşturmaktadır. SAVI indeksine göre ise bu oran %4.24 olarak hesaplanmıştır. Bunun sebebi sulama yapılan tarım alanlarının da SAVI indeksinde su alanı olarak görülmesinden dolayıdır. SAVI indeksinde yeşille gösterilen alanlar 0.5-1 arasında değişen değerlerle %29.71 olarak hesaplanırken, sarı renkteki alanlar 0-0.5 arasında %66.05'lik bir oranla toprak yüzeylerini göstermektedir. Altyapı sistemlerini alansal ve oransal dağılımı Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Burdur Havzasındaki altyapı sistemlerinin analizi sonucunda %3.39 oranla mavi altyapı, %33.23 oranında yeşil altyapı, %44.13 sarı altyapı, %19.25 gri altyapı tespit edilmiştir (Şekil 6).

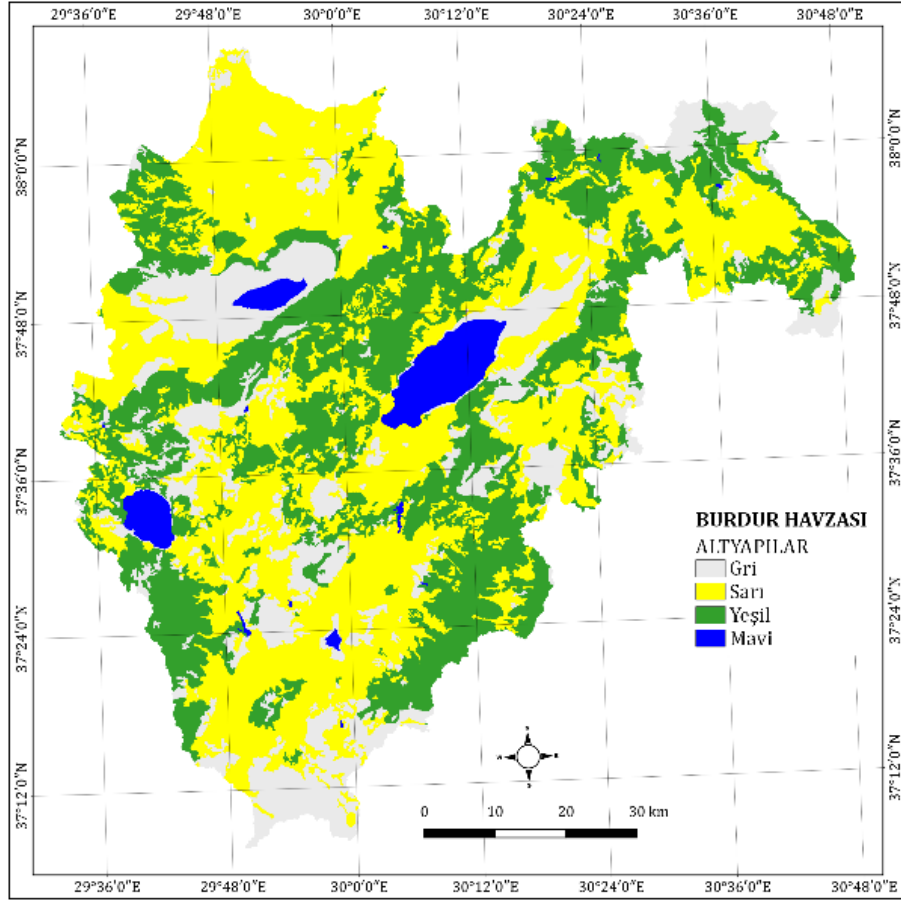
Yapılan sınıflandırmanın doğruluk analiz sonucuna göre Kappa değeri 0.86 bulunmakta ve çok iyi uyum derecesini göstermektedir. Genel doğruluk oranı ise %90.59 olarak bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 5. Altyapı sistemlerini alansal ve oransal dağılımı

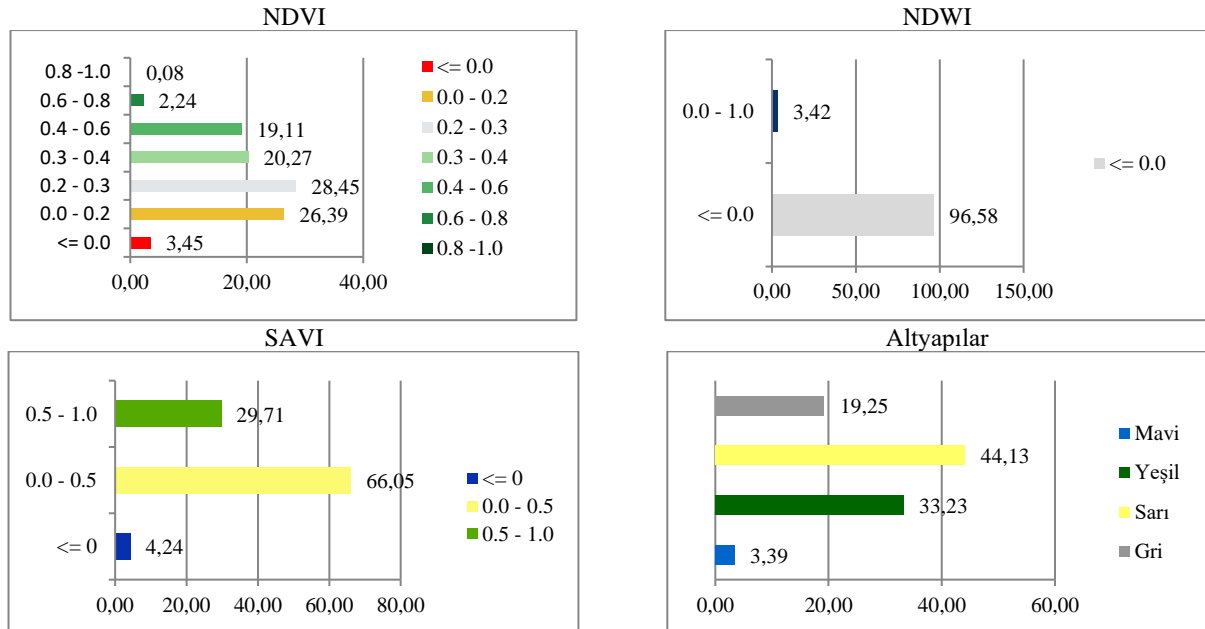
Altyapı	Alan (ha)	%
Gri	121193.93	19.25
Sarı	277777.49	44.13
Yeşil	209185.94	33.23
Mavi	21315.27	3.39
Toplam	629472.63	100

Çizelge 6. Hata matrisi ve doğruluk analizleri

Sınıflandırılmış veri	Referans verisi				
	Gri altyapı	Sarı altyapı	Yeşil altyapı	Mavi altyapı	Toplam
Gri altyapı	36	0	1	0	37
Sarı altyapı	3	61	3	0	67
Yeşil altyapı	3	5	53	0	61
Mavi altyapı	1	0	0	4	5
Toplam	43	66	57	4	170
Üretim doğruluk (%)	83.72	92.42	92.98	100.0	
Kullanıcı doğruluk (%)	97.30	91.05	86.89	80.00	
Genel doğruluk (%)	90.59				
Kappa değeri	0.86				



Şekil 5. Burdur Havzası altyapı sistemleri

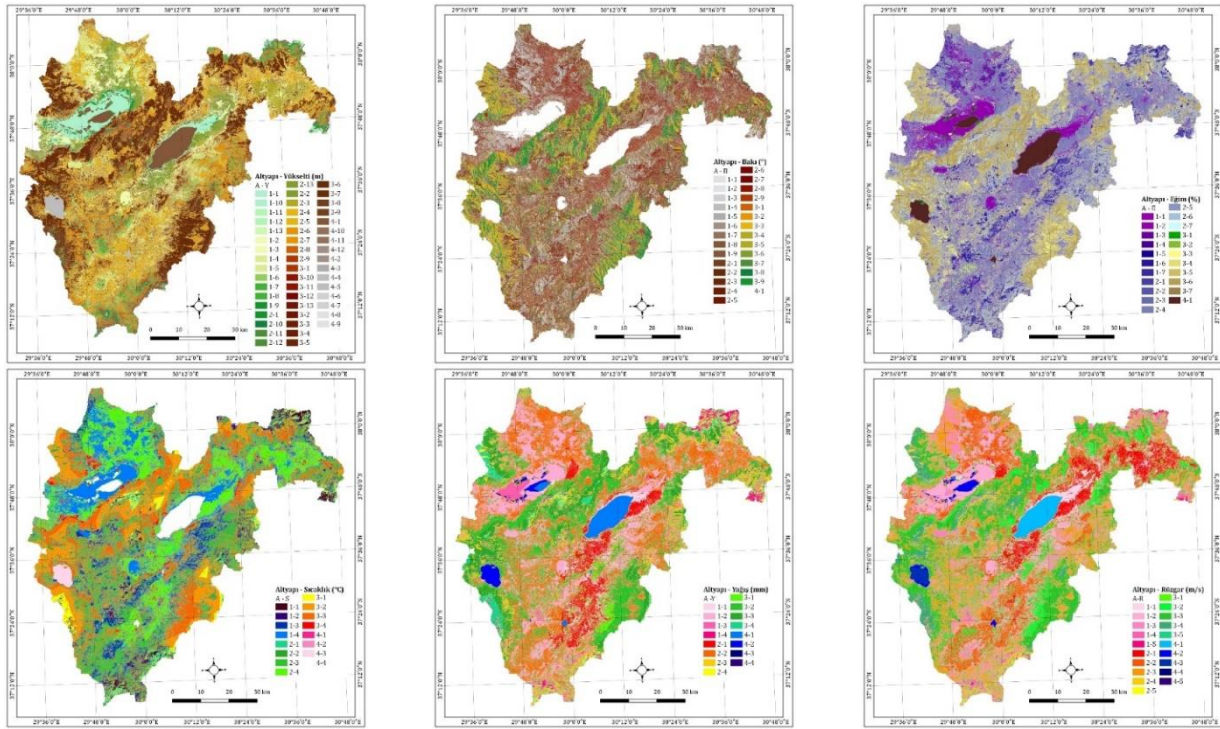


Şekil 6. İndeks ve altyapı dağılım grafikleri

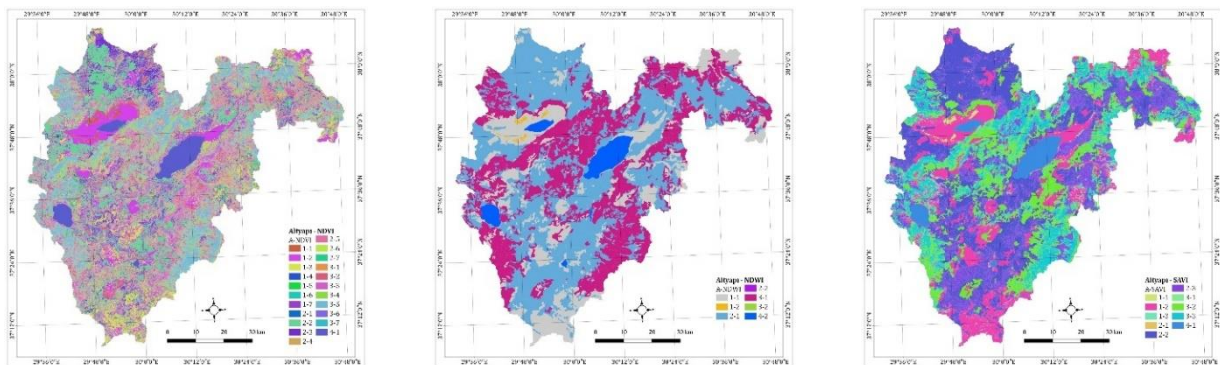
Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilen alana ait topoğrafik ve iklimsel veriler yeniden eşik değerlerine göre sınıflandırılmış ve Şekil 5'te gösterilen altyapılar haritası ile keşimleri alınarak altyapılar ile alanın topoğrafik ve iklimsel verileri ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 7). Elde edilen bulgulara göre; yükselti açısından gri altyapıların yükseltisinin 1000-1200 m arasında ve 36678 hektarlık bir alan kapladığı, sarı altyapıların alansal olarak 74943 ha ile 1000-1200 m arasında olduğu, yeşil altyapıların 1200-1400 m arasında 73298 ha'lık bir alan ve mavi altyapıların ise Burdur Gölü'nün yükselti değeri olan 850 m ile 15469 ha'lık alan kapladığı görülmektedir. Bakı açısından gri ve sarı altyapıların güneydoğuda, yeşil altyapıların ise kuzeybatı bakılarda alansal olarak en fazla oranda olduğu tespit edilmiştir. Eğim açısından ise, gri altyapıların 29322 ha'lık büyüklük ile %20-50 arasında eğime sahip olan alanlarda, sarı altyapıların 67672 ha'lık büyüklük ile %2-5 arasında, yeşil altyapıların ise %10-20 eğime sahip alanlarda 56479 ha'lık bir alan kapladığı hesaplanmıştır. Altyapıların iklimsel verilere göre konumsal dağılımı değerlendirildiğinde ise tüm altyapı sınıflarının yıllık ortalama sıcaklığının 11 ile 11,5 °C arasında en fazla alan kapladığı tespit edilmiştir. Altyapıların yıllık

ortalama yağış miktarı açısından alansal dağılımı değerlendirildiğinde sarı altyapılarda 157630 ha'lık bir alanın 480-510 mm arasında olduğu belirlenmiştir. Altyapıların ortalama rüzgâr hızı açısından alansal dağılımı incelendiğinde ise yeşil altyapıların 2.1-2.5 m/s arasında olan 119170 ha'lık bir alan kapladığı hesaplanmıştır.

İndekslerin altyapı belirleme potansiyelini göstermek amacıyla, çalışmada kullanılan indekslerin altyapı sistemleri ile ilişkisi analiz edilmiş ve Şekil 8'de gösterilmiştir. Buna göre, gri altyapılar için NDVI değeri 0-0.2 arasında olan alanlar 56409 ha'lık bir alan kaplarken sarı altyapılarda 0.2-0.3 arasındaki değerlere sahip alanlar 82293 ha, 0.3-0.4 aralığında 86293 ha'lık bir alan kaplamaktadır. Yeşil altyapılarda ise NDVI değeri 0.4-0.6 aralığında olan alanların 71580 ha'lık bir alan kapladığı görülmektedir. NDWI indeksi özellikle mavi altyapıların belirlenmesinde kullanılan bir indekstir ve su yüzeylerini gösteren 0-1.0 aralığında toplam 21314 ha'lık bir alan kapladığı hesaplanmıştır. SAVI indeksinde 0-0.5 arasındaki değerler gri altyapılarda 106345 ha, sarı altyapılarda 200368 ha, yeşil altyapılarda 107829 ha mavi altyapılarda ise 21314 ha'lık bir alan kaplamaktadır.



Şekil 7. Altyapıların topoğrafik ve iklimsel özelliklere dayalı mekansal analizi



Şekil 8. Altyapı sistemleri ve indekslerin ilişkisi



#### 4. Tartışma ve sonuç

Arazi örtüsü ve arazi yapısının altyapı kavramı kapsamında mekânsal olarak analiz edildiği bu çalışmada altyapı sistemleri, kapladığı alan, bu alanların sahip olduğu topoğrafya ve iklimsel özelliklere göre değerlendirilerek çalışma kapsamında kullanılan indekslerin altyapıları belirleme potansiyeli ile ilişkilendirilmiştir. Alanın topoğrafyası ve iklim verilerine göre altyapılar ilişkilendirildiğinde, havzada baskın olan sarı altyapı türünün bakı yönünün genellikle çalışma alanının güney bölgelerinde yayıldığı ve eğimin %10'dan az olduğu kesimlerde tarım arazileri ve yerleşim yerlerinin yayılım gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama yağış miktarının fazla olduğu ve verimli tarım topraklarının yer aldığı bölgelerde Atabey ve Senirkent ilçelerinin yer aldığı ve bu alanların gri altyapı kapsamında değerlendirildiği görülmektedir. Bu da topoğrafya ve iklimsel veriler dikkate alınmadan gerçekleştirilen kentleşme hareketlerinin bir sonucu olarak arazinin yanlış kullanımına örnek oluşturmaktadır. Bu durum mevcutta yapılan analizi doğrular niteliktedir. Göl çevrelerinde gri altyapının olması ise su alanlarının azaldığını işaret etmektedir. Bu durum sulak alanların tehdit altında olduğunu gösterebilir. Sulak alanlar sudaki kirletici maddeleri tutan önemli yüzeylerdir (Aksoy vd., 2019). Bu alanların baskı altında olması ekosistemler için sorun teşkil etmektedir (Baylan ve Demir, 2020). Bu nedenle korunması ve yönetimi için izlenmesi gerekmektedir. Bunun yanında havzada ortalama sıcaklık ve nem miktarının sarı ve yeşil altyapılarda yoğunlaşması çevresinde yer alan mavi altyapının iklim değişikliği ve antropojenik diğer sebeplerden ötürü daralması ve diğer altyapı sistemlerine etki etmesi olarak yorumlanabilir. Öyle ki Burdur Havzası Nehir Havzası Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme Kapsam Belirleme Raporu'nda yer alan havzada gelecek dönem iklim analizi değerlendirme sonuçlarına göre Burdur Havzası'nda iklim modelleri ve senaryolar dikkate alındığında, ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. Yeşil altyapılar içinde sarı altyapı lekeleri olduğu haritadan ortaya çıkan sonuçlardan biridir. Çalışma kapsamında yeşil altyapıyı oluşturan orman alanlarıdır. Orman alanlarının tarım arazilerine dönüştürülmesi habitatların parçalanmasına ve yaban hayatı için sorunlar oluşmasına neden olabilir (Akseki ve Meşhur, 2013). Tarım alanlarının gıda kaynağı sağlaması ve ekonomik açıdan önemli olması tarım arazilerini önemli kılmaktadır ancak yeni alanların kullanımlarından ziyade mevcut alanların verimli kullanılması konusunda politikalar geliştirilmelidir. Bazı altyapıların kontrolsüz artması diğer altyapılar için tehdit oluşturabilir. Bu nedenle doğal ve yarı-doğal kaynakların korunması, izlenmesi ve doğru bir şekilde planlanması açısından arazi örtüsü/alan kullanım durumunu ortaya koymak önemlidir (Yiğitbaşıoğlu ve Uğur, 2010; Şenyiğit Doğan ve Yılmaz, 2019; Şahinoğlu, 2020). Alan kullanımlarının planlanması, sürdürülebilirliği ve yönetimi açısından bu alanların sayısal verilere bağlı olarak izlenmesi ve analizi önemlidir.

Yapılan araştırmalar sonucunda Türkiye'deki altyapılar ile ilgili çalışmaların çoğu yeşil altyapı kavramını ele almış ve kavramsal çatının anlaşılması ile ilgili çalışmalar olduğu anlaşılmıştır (Uslu ve Shakouri, 2013; Yaralıoğlu ve Asilsoy, 2021). Bu çalışmalarda altyapılar kavramsal olarak değerlendirilerek, planlama politikalarına entegre edilmesi konusunu değerlendirmişlerdir. Ayrıca yeşil altyapının

ekosistem hizmetlerine doğrudan fayda sağladığına değinilmiştir (Coşkun Hepcan ve Hepcan, 2018; Acar ve Acar, 2020; Parlak ve Atik, 2020; Tuna, 2021). Yukarıda bahsedilen çalışmalarda altyapıların, sosyal, kültürel ve ekonomik açıdan önemine ışık tutulması, konunun hassasiyetini göstermektedir. Planlama çalışmalarında ekolojik yaşamı doğrudan etkileyen kullanım alanlarının doğru planlanması ve yönetimi bu bağlamda büyük önem taşımaktadır. Özellikle maliyetlerin düşürülmesi ve daha sürdürülebilir ekosistemlerin varlığı için, planlama politikalarının geliştirilmesi gereği doğmaktadır.

Bu çalışmada UA teknikleri kullanılarak havza ölçeğinde altyapıların alansal ve konumsal durumu tespit edilerek değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan yöntem, arazi örtüsü ve arazi kullanımı kapsamında altyapı sistemlerinin mevcut analizi ve yıllara göre meydana gelen değişimleri belirlemek, kazanç ve kayıpları tespit etmek için kullanılabilir. Ayrıca çalışmada elde edilen sonuçlar indekslerin altyapı belirleme potansiyelini ortaya çıkardığından bu kapsamda örneğin mavi altyapıların NDWI indeksine göre belirlenebileceği tespit edilmiştir. Buna göre, iklim değişikliğinin sulak alanlar üzerindeki etkisini belirlemede etkin bir araç olarak kullanılabilirliği görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarının altyapı sistemlerinin konumsal analizi açısından geliştirilecek yöntemlere katkı sağlaması ve söz konusu sistemlerin sürdürülebilirliği ve yönetimi için stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olması beklenmektedir.

#### Açıklama

Bu çalışma Emine KILIÇ tarafından Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda hazırlanan "Burdur Havzasında Kentsel ve Kırsal Altyapıların Uydu Görüntüleri Kullanılarak Analizi" adlı Yüksek Lisans Tez çalışmasının bir kısmından üretilmiştir.

#### Kaynaklar

- Acar, C., Acar, H., 2020. Kentsel mekanlarda biyofilik peyzaj yaklaşımları ve yeşil altyapı: Singapur örneği. PEYZAJ-Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi, 1:33-45.
- Akseki, H., Meşhur, M. Ç., 2013. Kentsel yayılma sonucu yapılaşmaya açılan verimli tarım alanları: Konya kenti deneyimleri. MEGARON / Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal, 8(3):165-174.
- Aksoy, T., Sarı, S., Çabuk, A., 2019. Sulak alanların yönetimi kapsamında su indeksinin uzaktan algılama ile tespiti, göller yöresi. Advancement in Business and Economics, 1(2):35-48.
- Al-Ruzouq, R., Hamad, K., Shanableh, A., Khalil, M., 2017. Infrastructure growth assessment of urban areas based on multi-temporal satellite images and linear features. Annals of GIS, 23(3):183-201.
- Arslan, E. S., Nordström, P., Ijäs, A., Hietala, R., Fagerholm, N., 2021. Perceptions of Cultural Ecosystem Services: spatial differences in urban and rural areas of Kokemäenjoki, Finland. Landscape Research, 46(6):828-844.
- Aşık, Y., Kaçmaz, G., 2021. Kentsel peyzaj değişiminin zamansal ve mekânsal analizi: Burdur kenti örneği. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 23(2):422-432.
- Ayaz, S., Erdoğan, N., 2021. Bozçay havzası su kalitesi özelliklerinin belirlenmesi ve çevresel baskılar açısından değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25(2):441-451.
- Baylan, E., Demir, A., 2020. Yeşil altyapı sisteminde sulak alanlar; dönemeç deltası (Van)- örneği. PEYZAJ-Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi, 2(1):46-56.

- Chen, W., Wang, W., Huang, G., Wang, Z., Lai, C., Yang, Z., 2021. The capacity of grey infrastructure in urban flood management: A comprehensive analysis of grey infrastructure and the green-grey approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 54:102045.
- Cohen, J., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1):37–46.
- Çilek, A., 2021. Düzenleyici ekosistem hizmetlerinde toprak erozyonunun haritalanması: Göksu Havzası örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(2): 409–419.
- Çoban, H., 2016. Türkiye'nin yer gözlem uydu sistemleri ve ormancılık uygulamalarında kullanılabilirliği. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1):99–107.
- Coşkun Hepcan, Ç., Hepcan, Ş., 2018. Kentsel yeşil altyapı analizi: Bornova örneği. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31(1):37–43.
- Dai, X., Wang, L., Tao, M., Huang, C., Sun, J., Wang, S., 2021. Assessing the ecological balance between supply and demand of blue-green infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 288:112454.
- Diñç, H., 2015. İstanbul derelerinin fiziki değişimi ve arazi kullanım ilişkisi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğan, S., Tüzer, M., 2011. Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. C. Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 12(1):14-24.
- European Commission (EC), 2013. Green Infrastructure (GI)—Enhancing Europe's Natural Capital Report, SDW, Brüksel.
- Gao, B.-C., 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3):257–266.
- Genxu, W., Lingyuan, Y., Lin, C., Kubota, J., 2005. Impacts of land use changes on groundwater resources in the Heihe River Basin. *Journal of Geographical Sciences*, 15(4): 405–414.
- Grabowski, Z. J., McPhearson, T., Matsler, A. M., Groffman, P., Pickett, S. T., 2022. What is green infrastructure? A study of definitions in US city planning. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 20(3):152-160.
- Haase, D., 2021. Integrating ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions—new perspectives in sustainable urban land management. in *Sustainable Land Management in a European Context*, New York.
- Herold, M., Scepan, J., Clarke, K. C., 2002. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Environment and Planning A*, 34(8):1443–1458.
- Huete, A. R., 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3):295–309.
- Hysa, A., 2021. Introducing Transversal Connectivity Index (TCI) as a method to evaluate the effectiveness of the blue-green infrastructure at metropolitan scale. *Ecological Indicators*, 124: 107432.
- Karabacak, K., Yılmaz, E., 2012. Arazi örtüsünün kontrollü sınıflandırılması sırasında karşılaşılan sorunlar. TÜCAUM VII. Coğrafya Sempozyumu, 18-19 Ekim, Ankara, s.146.
- Kaya, Ö. A., Kaplan, G., 2021. Uzaktan algılama yöntemleri ile Burdur Gölü'ndeki alansal değişiminin belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1): 1–12.
- Kronenberg, J., Andersson, E., Barton, D., Borgström, S., Langemeyer, J., Björklund, T., Haase, D., Kennedy, C., Koprowska, K., Łaszkiwicz, E., 2021. The thorny path toward greening: Unintended consequences, trade-offs, and constraints in green and blue infrastructure planning, implementation, and management. *Ecology and Society*, 26(2):36.
- Küçükönder, M., 2021. Kılavuzlu Baraj Gölü'nde Landsat termal görüntüleri ile su yüzey sıcaklığının değerlendirilmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 3(2):60–67.
- Latasa, I., Laurenz, A., Sádaba, J., 2022. Urban green infrastructure as a strategy to address urban energy efficiency and sustainability. A case study of milagrosa (pamplona). *Sustainability*, 14(1): 28.
- Lin, B. B., Philpott, S. M., Jha, S., 2015. The future of urban agriculture and biodiversity-ecosystem services: Challenges and next steps. *Basic and Applied Ecology*, 16(3):189–201.
- Marando, F., Heris, M. P., Zulian, G., Udías, A., Mentaschi, L., Chrysoulakis, N., Parastatidis, D., Maes, J., 2022. Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas. *Sustainable Cities and Society*, 77:103564.
- MTA, 2021. MTA Genel Müdürlüğü. TERRA/ASTER. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/birimler/uacbs-uydu-aster>, Erişim:05.11.2021.
- Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J., Marshak, A. L., 1995. The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2):481–486.
- Ncube, S., Arthur, S., 2021. Influence of blue-green and grey infrastructure combinations on natural and human-derived capital in urban drainage planning. *Sustainability*, 13(5):2571.
- Newton, A. C., Hill, R. A., Echeverría, C., Golicher, D., Rey Benayas, J. M., Cayuela, L., Hinsley, S. A., 2009. Remote sensing and the future of landscape ecology. *Progress in Physical Geography*, 33(4): 528–546.
- Örücü, Ö. K., Arslan, E. S., 2020. Beyşehir Gölü ve Kızıldağ Milli Parkı sınır değişikliğinin arazi örtüsü ve arazi kullanımı açısından analizi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 41, 292–318.
- Parlak, E., Atik, M., 2020. Dünyadan ve ülkemizden mavi – yeşil altyapı uygulamaları. *PEYZAJ-Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 2(2): 86–100.
- Perişan, S., 2021. Mersin ili Tarsus ilçesindeki bağ alanlarının Sentinel-2 uydu görüntüleri ile uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak belirlenmesi Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Şahinoğlu, B. B., 2020. Korunan alanlarda arazi kullanımında meydana gelen zamansal değişimin uzaktan algılama yöntemiyle Behram Köyü ve yakın çevresi örneğinde incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale.
- Sarı, S., 1998. Batı Akdeniz Bölümü'nden İç Anadolu'ya geçiş iklimleri Doktora tezi. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Shao, G., & Wu, J., 2008. On the accuracy of landscape pattern analysis using remote sensing data. *Landscape Ecology*, 23(5): 505–511.
- Sinergise, S., 2021. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index). Sentinel-Hub custom scripts. <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/savi/>, Erişim:11.11.2021.
- Şenyiğit Doğan, S., Yılmaz, S., 2019. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yöntemleri ile arazi örtüsü/alan kullanım değişimlerinin belirlenmesi: Bingöl kent merkezi örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(3): 536–545.
- Soyaslan, İ., Hepdeniz, K., 2016. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama kullanılarak Burdur ili arazi kullanımının zamansal değişiminin belirlenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2): 94–101.
- Sun, X., Yang, P., Tao, Y., Bian, H., 2022. Improving ecosystem services supply provides insights for sustainable landscape planning: A case study in Beijing, China. *Science of The Total Environment*, 802: 149849.
- SYGM, 2019. Burdur havzası taşkın yönetim planı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tuna, A., 2021. İngiltere'de yeşil altyapı planlama ve uygulama sürecinin uygulama örnekleri üzerinden irdelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 21: 416–423.
- Uslu, A., Shakouri, N. 2013. Kentsel peyzajda yeşil altyapı ve biyolojik çeşitliliği destekleyecek olanaklar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1): 46–50.
- Yaralıoğlu, İ., Asilsoy, B., 2021. Yeşil altyapı kavramının teorik bir çerçevede değerlendirilmesi. *Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 3(1): 46–58.
- Yiğitbaşıoğlu, H., Uğur, A., 2010. Burdur Gölü havzasında arazi kullanım özelliklerinden kaynaklanan çevre sorunları. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(2):129–143.
- Wardlow, B.D., Egbert, S.L., Kastens, J.H. 2007. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*, 108(3), 290–310.