

# Collect Earth Yöntemi Kullanılarak Yukarı Sakarya Havzasının Arazi Kullanım/Örtü Değişimlerinin (2000-2020) İzlenmesi ve Değerlendirmesi

Ayhan Ateşoğlu<sup>1</sup>, Fidan Şevval Bulut<sup>2,\*</sup>, Cansu Mandacı<sup>3</sup>

<sup>1, 2\*, 3</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

## Makale Tarihiçesi

Gönderim: 27.07.2023

Kabul: 24.10.2023

Yayın: 15.12.2023

## Araştırma Makalesi



**Öz** – Ekolojik süreçlerin etkilediği temel kavramın sürdürülebilirlik olması, beraberinde iklim ve arazi değişiklikleri ile bu ilke arasındaki ilişkiler en önemli araştırma konuları şeklinde öngörülmektedir. Bu nedenle bitki örtüsünün izlenmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi insan ya da doğal kaynaklı birçok sorunun belirlenmesi ve çözülmesi için önem taşımaktadır. Bu bağlamda evrensel ölçekte en iyi veri seti olan uzaktan algılama (UA) ve bu verilerin mekânsal-zamansal analiz çerçevesini oluşturan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) öne çıkmaktadır. CBS ve UA entegrasyonunda, veri sürekliliği, koruması ve iyileştirilmesi gibi avantajlar kullanılarak özellikle geçmişle günümüz arasındaki ilişkiyi anlamak için veri sağlayıcılarının süreklilik oluşturmaları önemlidir. Bu çalışmada Google şirketinin destek verdiği ve Dünya Gıda ve Tarım Örgütü tarafından kullanılan arazi kullanım/arazi örtüsü (LULC) değişiminin izlenmesi amaçlı geliştirilen Open Foris/Collect Earth (CE) yazılımı kullanılmıştır. CE yönteminin ana amacı yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin yorumlanarak LULC değişikliklerini izlemek, analiz/sorgulamak ve amaca yönelik veri tabanı oluşturmaktır. Çalışma alanı olarak Yukarı Sakarya Havzası (YSH) seçilmiştir. YSH tarım, orman, mera ve yerleşim arazi sınıflarını barındıran etkin sanayi, tarım ve kültür peyzajın parçası olan ekosistemin etkin noktalarından biridir. Yukarı Sakarya Havzası için 2000 yılı başlangıç alındığında 20 yıllık değişim sonuçlarına ulaşılmış 2000-2020 yılları arasında LULC sınıfları; orman, mera, ağaç ve çalılık alanlar; tarım ve sulak alanlar arazi kullanım değişiklikleri tespit edilerek haritalanmıştır. Havzanın 2020 yılı itibarıyla yaklaşık yarısı (%49) tarım alanı olarak kullanılmaktadır. Bu sınıfı %23,7 ile orman alanı, %23,4 ile mera alanı takip etmektedir. Havzada yaklaşık 120000 ha ağaçlandırma sahası tespit edilmiştir. 2000-2020 yılı arazi değişimi ve ana kullanım sınıfları değişimi incelendiğinde, orman alanları 34591,95 ha artmıştır. Tarım faaliyetinde kullanılan 15374,20 ha arazi yerleşim alanına dönüşmüştür. Havzada meydana gelen arazi kullanım dönüşümleri havzanın sürdürülebilir ekosistemini etkilemektedir. Çalışmada kullanılan CE yöntemi büyük alanlardaki arazi kullanım/örtü değişimlerinin belirlenmesi ve rakamsal verilere ulaşılması noktasında etkin bir arazi izleme/değerlendirme aracı olduğunu kanıtlamıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Arazi kullanım&örtüsü, Collect Earth, uzaktan algılama&CBS, Yukarı Sakarya Havzası

## Monitoring and Evaluation of Land Use/Land Cover Changes in The Upper Sakarya Basin (2000-2020) Using The Collect Earth Method

<sup>1, 2\*, 3</sup> Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Türkiye

## Article History

Received: 27.07.2023


Accepted: 24.10.2023


Published: 15.12.2023


## Research Article

**Abstract** – The key concept influenced by ecological processes is sustainability, and the relationships between this principle, climate, and land changes are considered to be the most important research topics. Therefore, monitoring vegetation changes and evaluating their outcomes are crucial for identifying and solving numerous human or nature-related problems. In this context, remote sensing (RS), which provides the best dataset at a universal scale, and geographic information systems (GIS) using analytical methods to establish a spatial-temporal analysis framework, are prominent. In the integration of GIS and RS, it is important for data providers to ensure continuity to understand the relationship between the past and the present, utilizing advantages such as data continuity, protection, and enhancement. This study utilized the Open Foris/Collect Earth (CE) software supported by Google and used by the Food and Agriculture Organization for monitoring land use/land cover (LULC) changes. The main objective of the CE method is to interpret high-resolution satellite imagery to monitor LULC changes, analyze/query the changes, and create a purpose-oriented database. The Upper Sakarya Basin (USB) was chosen as the study area. The USB is an active point of the ecosystem encompassing agricultural, forest, pasture, and settlement land classes, forming an effective industrial, agricultural, and cultural landscape. By considering the year 2000 as the starting point for the USB, the 20-year change results were obtained, and LULC classes including forest, pasture, shrubland, agricultural, and wetland areas were detected and mapped for the period 2000-2020. As of 2020, approximately half (49%) of the basin is used for agriculture, followed by forest area at 23.7% and pasture area at 23.4%. Around 120,000 ha of afforestation areas were identified in the basin. When examining the land change and major land use class change between 2000 and 2020, forest areas increased by 34,591.95 ha, while 15,374.20 ha of land used for agriculture transformed into settlement areas. Land use transformations occurring in the basin affect the sustainability of its ecosystem. The CE method used in this study has proven to be an effective land monitoring/assessment tool for determining land use/cover changes in large areas and obtaining quantitative data.

**Keywords** – Land use&cover(LULC), Collect Earth, remote sensing&GIS, Upper Sakarya Basin,

<sup>1</sup>  aatesoglu@yahoo.com

<sup>2</sup>  fbulut@bartin.edu.tr

<sup>3</sup>  cansumndc@gmail.com

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Fidan Şevval BULUT

## 1. Giriş

Doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, doğal kaynakların gelişmiş teknolojiler ve sürdürülebilir yaklaşımlar kullanılarak, mevcut ve gelecekteki nesillerin kullanımı için uygun şekilde yönetilmesidir. Kaynakların kullanımının etkilerinin ölçülmesini ve ekonomik kullanımının sağlanmasını, denetlenmesini de içerir. Doğal kaynaklar, çevresel faktörler ve ekolojik süreçler arasındaki ilişki oldukça karmaşık ve çeşitlidir (Koval vd., 2021). Ekolojik süreçler, bu kaynakların çevresel faktörler tarafından nasıl etkilendiğini ve bu kaynakların çevresel kaliteyi ne ölçüde etkilediğini anlamamıza yardımcı olur. Doğal kaynak kullanımının etkilerini belirlemede vejetasyon son derece etkin bir araçtır. Dolayısı ile vejetasyon izleme ve değerlendirmesi, biyolojik çeşitliliği tespit etmek ve izlemek ve ekosistemin ne kadar sağlıklı olduğunu belirlemek için de kullanılabilir. Vejetasyon izleme ve değerlendirmesi, doğal kaynakların kullanımının etkilerini belirlemek ve kaynakların sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek için en önemli araçların başında gelmektedir (Wang ve Gamon, 2019; Zeng vd.,2022).

Arazi kullanım/örtü (LULC) sınıfları arasındaki değişimler, vejetasyon örtüsünün nasıl etkilendiğini anlamaya yardımcı olur. İnsan kaynaklı arazi örtüsü/kullanımı değişimleri vejetasyon çeşitliliği ve dağılımını etkilemektedir. Örneğin, tarım alanlarında bitki örtüsü çeşitliliği sınırlı iken, ormanlık alanlarda bitki örtüsü çeşitliliği oldukça fazladır. Ayrıca arazi kullanımının vejetasyon üzerine etkisi, alanın büyüklüğüne ve kullanımın yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Küçük bir orman alanı parçasındaki çok yoğun bir kullanım vejetasyon örtüsünü tamamen tahrip edebilmektedir. LULC içerisindeki değişimlerin, çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri vardır (Schirpke vd., 2020). Arazi kullanımının ne şekilde değiştiğini anlamak, çevresel etkileri ve doğal kaynakları etkileyen kararların verilmesinde önemli bir unsurdur. LULC değişimleri biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetleri kapsamında arazi tahribatına neden olmaktadır. LULC değişimleri ile gerçekleşen arazi tahribatını önlemek, azaltmak ve bozulan alanları iyileştirmek, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) 2030 kapsamında (IPBES, 2018) somut sonuçlara ulaşılması planlanmaktadır. Özellikle SKH göstergesi 15.3.1 (“bozulmuş arazi oranı toplam arazi alanı üzerinden”) (Sims vd., 2019) üzerinden arazi tahribatı dengelenmesi (ATD) Birleşmiş Milletler (United Nations Convention to Combat Desertification) (UNCCD) kapsamında değerlendirilmeye başlanmıştır. (Cowie vd., 2018).

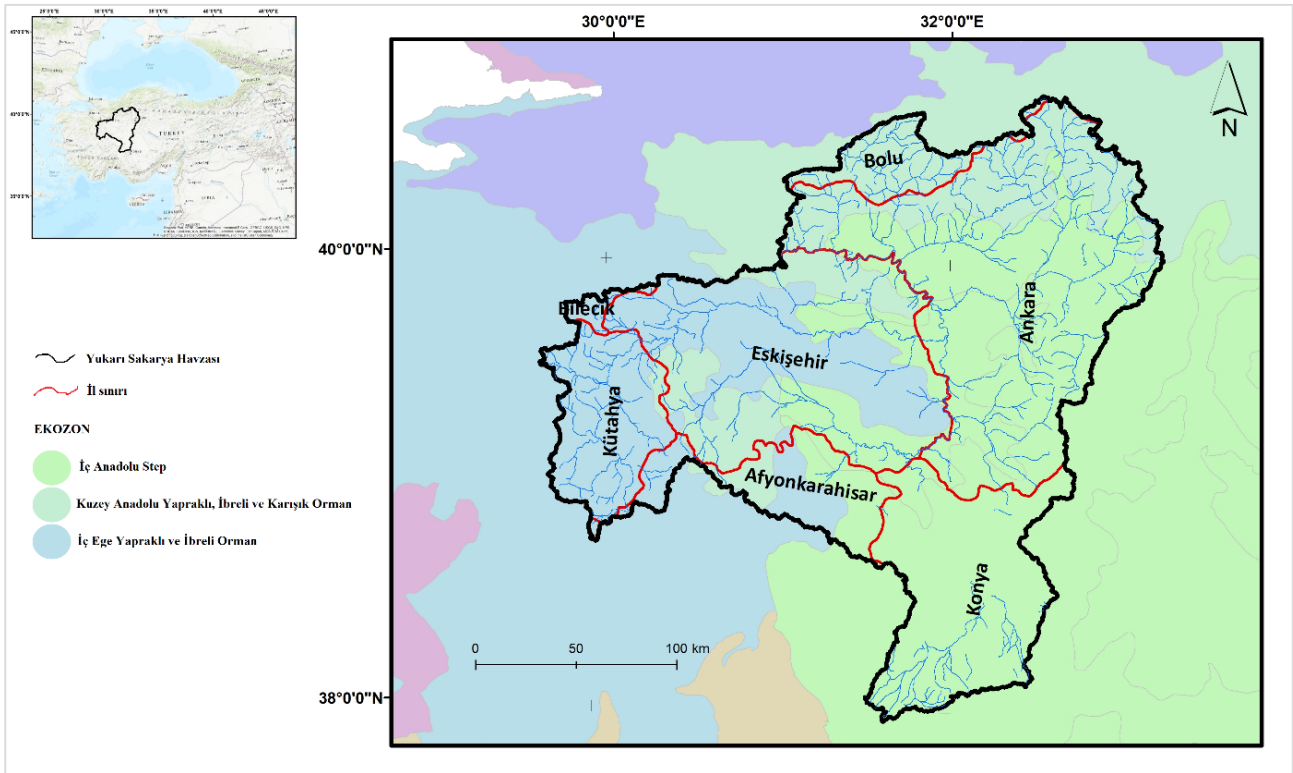
Arazi tahribatının anlamlandırılması noktasındaki arazi kullanım/örtüsü değişimlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesinin metodolojisi önem kazanmaktadır. Bu bağlamda uydu verilerinden elde edilen bilgiler önem kazanmış ve yöntemler buna göre seçilmeye başlanmıştır (Feizizadeh vd., 2021, Tariq vd., 2021). LULC değişiminin izlenmesi için en iyi veri seti olarak uzaktan algılama (UA) ve bu verilerin mekânsal-zamansal analiz çerçevesini oluşturmak için analitik yöntemler kullanan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) öne çıkmaktadır. UA teknikleri karar verme aşamasında sonuçlar oluşturmaya bağlı olarak birçok uygulama ve yazılımı bir arada bulundurur. Günümüz şartları düşünüldüğünde UA'nın bu yeteneğini artıracak birçok yeni ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri mevcuttur. Arazi kullanım/örtü potansiyelini uydu vasıtasıyla takip etmek birçok yönden avantajlar barındırmaktadır. Farklı yöntemler ile uydu görüntülerinde oluşturulan verilerin CBS ortamında değerlendirilmesi ve haritalanması birçok planlamaya hizmet edecek nitelikte ve ölçektir. Bu noktada UA ve CBS entegrasyonuna bağlı çalışmalar günümüzde sıklıkla gerçekleştirilmektedir. (Pandey ve Purohit, 2022; Lubis vd., 2017).

Bu çalışma, uluslararası ölçekte hedeflenen arazi kullanım/örtüsü izleme ve değerlendirme çalışmaları kapsamında ATD hedeflerine yönelik somut verilere coğrafi havza bazında ulaşılabilirliği kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, devam etmekte olan uluslararası “Contributing to Land Degradation Neutrality (LDN) Target Setting by Demonstrating the LDN Approach in the Upper Sakarya Basin for Scaling up at National Level” Global Environment Facility (GEF) projesine (GEF, 2019)) konu olan Yukarı Sakarya Havzası (YKH) içerisinde, Google teknolojisi üzerine kurulu açık kaynak kodlu ve ücretsiz olan CE metodolojisi kullanılarak, ATD kapsamında arazi kullanım/örtüsü ve değişimine yönelik somut verilere ulaşmaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

Yukarı Sakarya Havzası (YSH) orman, tarım, yerleşim ve mera alanlarının iç içe geçtiği endüstriyel, kültürel, tarımsal ve peyzaj karakteristiği ile ekosistem olarak etkili alanlar arasındadır (SYGM, 2021) (Şekil 1). Bu yönü ile yukarıda bahsedilen uluslararası Global Environment Facility (GEF) projesine konu olmuştur. Çoğunlukla yarı kurak soğuk (%70) iklim içerisinde yer alan YSH tüm yağış şekillerine de sahiptir. Uzun dönem ortalamaları dikkate alındığında en yüksek yağış haziran ayında (127.7 mm), en düşük yağış ise havzadaki buharlaşmanın en üst olduğu ağustos ayı içerisinde (6.2 mm) olarak gerçekleşmektedir. Buharlaşma ve yağış arasındaki en yüksek fark mayıs ayında 9,1 mm dir. Havzadaki uzun dönem ortalamasına bakıldığında, en düşük sıcaklık ocak ayında (- 28 °C), en yüksek sıcaklık ise ağustos ayında (44 °C) tespit edilmiştir. Türkiye'deki tüm akarsuların yaklaşık %3,4'ünü oluşturan Sakarya Nehri'nin ortalama debisi 6,4109 m<sup>3</sup>/ yıl, uzunluğu 687 km olan nehrin 593 km'si çalışma alanı içerisinde yer almaktadır. Havzadaki birçok dere, üzerinde Sarıyar ve Gökçekaya barajları bulunan Sakarya Nehri aracılığıyla Karadeniz'e ulaşmaktadır. Çalışma alanındaki şehirlerin toplam nüfusu Türkiye'nin toplam nüfusunun %13'ünü oluşturmaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin yaklaşık 23 milyon hektarlık tarım arazisinin yaklaşık %26'sı Yukarı Sakarya Havzası'nda yer almaktadır (SYGM 2021).



Şekil 1. Çalışma alanı

### 2.2. Yöntem

YSH arazi kullanım/örtü tespiti ve değişimi için Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Avrupa Komisyonu (EC), Dünya Gıda ve Tarım örgütü (FAO) kuruluşlarının da desteklediği Collect Earth (CE) yazılımı kullanılmıştır. CE yazılımı ücretsiz ve açık kaynaklı bir yazılımdır. Kapsamlı bir kullanıcı kılavuzu Open Foris web sitesinde ([www.openforis.org](http://www.openforis.org)) ve GitHub deposunda mevcuttur. Destekleyici yazılımların çoğu CE içinde bulunurken, diğer yazılım ürünleri (Google Earth, web tarayıcısı ve Open Foris Collect) çevrimiçi olarak ücretsiz olarak mevcuttur. CE dört ana bölümden oluşmaktadır: (1) girdiler; (2) veri toplama; (3) veri yönetimi ve (4) sonuç görselleştirme ve çıktılar. Bey vd., (2016) Collect Earth'ün ve tüm bileşenlerinin tanıtımını ve

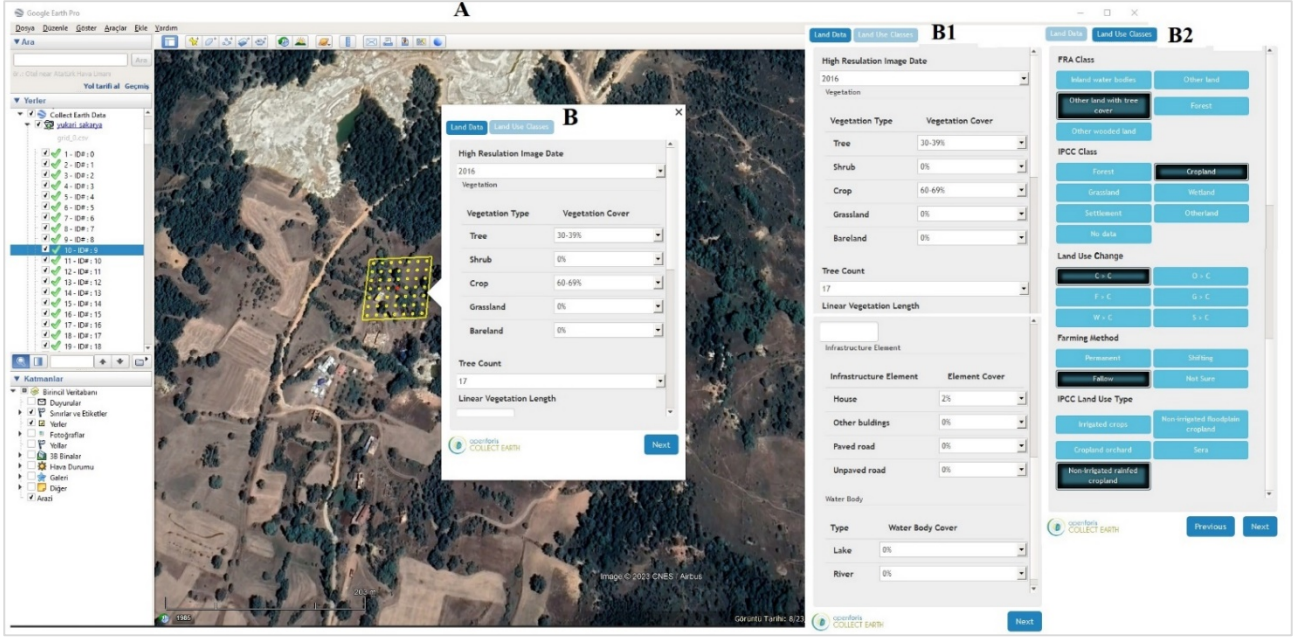
yöntem yaklaşımını açıklamıştır. CE, birçok saha temelli çalışmada metodolojik bir araç olarak kullanılmaktadır.

**Collect Earth Girdileri:** CE, çalışmanın amacına göre özelleştirilebilmekte, bölgesel, ulusal ve küresel ölçekte arazi izleme/değerlendirme çalışmalarında kullanılabilir. Amaca uygun özgün çalışmalar için veri toplama parametrelerini ve diğer girdileri içeren bir Collect Earth Project (CEP) dosyası oluşturulabilir. CEP girdileri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

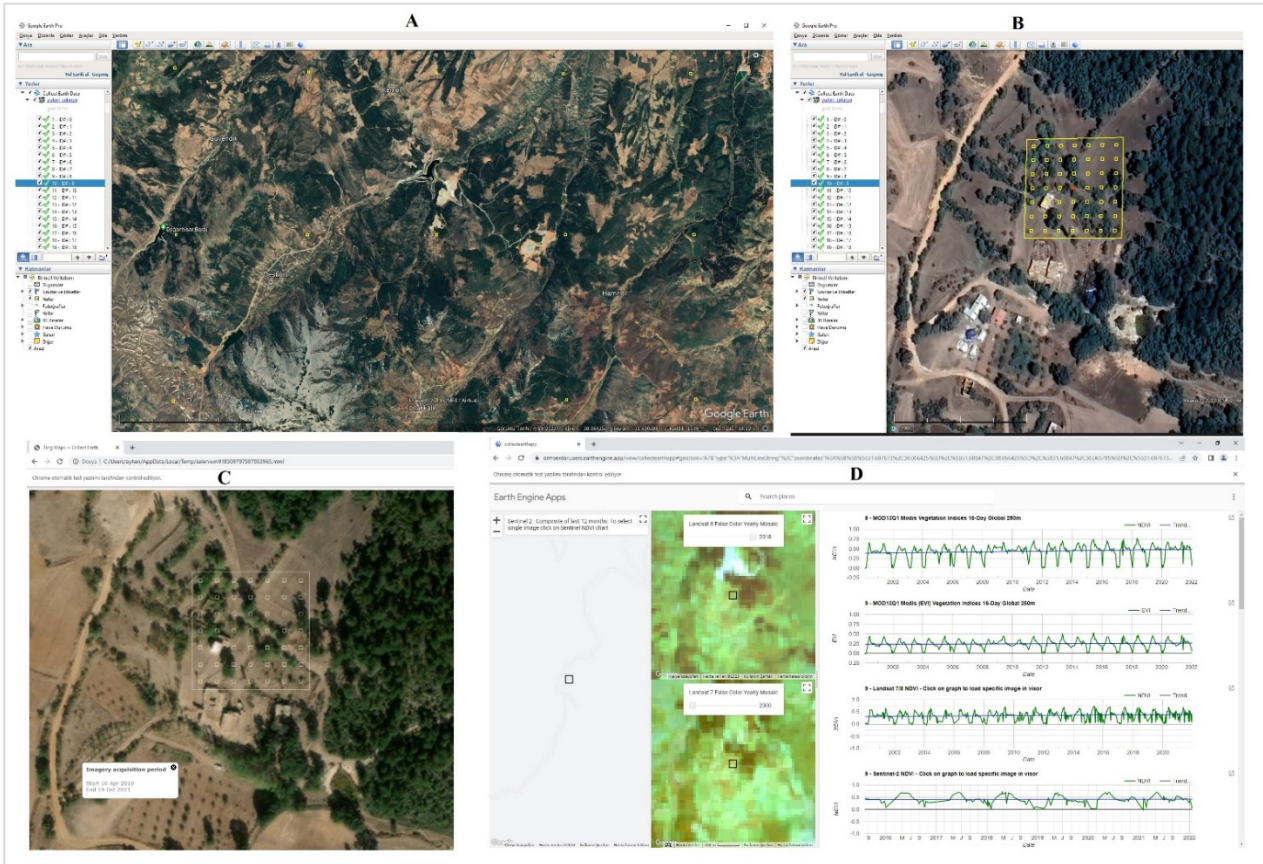
- *Veri toplama formu:* CE kullanıcılarına test ızgaralarının özellikleri hakkında veri girmek için veri giriş pencerelerini ifade eder.
- *Örnekleme tasarımı:* Tüm alanı büyük ölçekte değerlendirmek için belirlenen boyuttaki test ızgaralarının rastgele veya sistematik olarak oluşturulduğu yerdir.
- *Alan öznitelikleri dosyası:* CE için rastgele ya da sistematik bir örnekleme tasarımı kullanıldığında, alan öznitelikleri CSV dosyasındaki toplam parsel sayısına göre tüm alan için hesaplama yapılmasını sağlar.
- *Grid dosyası/tamamlayıcı veriler:* Google Earth Engine (GEE) Kod Düzenleyicisini kullanarak uydu görüntü verilerini ve grafik verilerini hazırlamak için öznitelik dosyasını ve kod sayfasını içerir. Her biri CEP dosyasında gizli olan test ızgaralarına uygun olarak hazırlanır.
- *Proje özellikleri dosyası:* CE, analistin yazılımı çalıştırması ve projeyi kullanması için gerekli tüm veri kaynaklarının (Google Earth, GEE explorer, Bing Maps, GEE Code Editor) mevcut olduğu son dosyadır. Her bir test ızgarası için yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin (VHR) görsel olarak yorumlanması yoluyla arazi değerlendirme amacıyla veri toplanmasını sağlayan CEP dosyasının tam sürümüdür.

**Veri yönetim çerçevesi:** Görsel yorumlama ve veri girişi için kartların, test gridlerinin, uydu görüntülerinin (LANDSAT, MODIS, Sentinel vb.) ve izleme ve değerlendirme için grafiklerinin (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi; NDVI, Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi; NDWI vb.) bir arada kullanıldığı bütündür. Tüm test gridler, Google Earth üzerinde otomatik olarak çalışır. Google Earth üzerinde herhangi bir grid kimliği seçildiğinde, test gridlerinin görüntü ve grafikleri Collect Earth veri toplama formu (Şekil 2) ile açılarak sistematik ve organize bir şekilde kaydedilmesine olanak sağlar. Aynı zamanda analist, test gridlerinin ID tanımlı Bing Maps, GEE explorer ve GEE kod editörüne erişim sağlar. Bing Maps, Google Earth gibi VHR görüntülerinin görsel olarak yorumlanması için kullanılan yardımcı verilerdir. GEE, uydu görüntülerine erişmek, görselleştirmek ve işlemek için kullanılan bir bulut bilişim platformudur. Landsat, MODIS ve Sentinel gibi 1972'den günümüze zamansal çözünürlük sağlayan ve 10 m ila 500 m arasında değişen geometrik çözünürlüğe sahip uydu görüntü verilerini içerir. GEE Kod Editörü, VHR görüntülerinin görsel olarak yorumlanmasına katkıda bulunan uydu görüntü verilerinden oluşturulan grafik verilerin kullanılmasına olanak tanır. GEE Kod Editörü, belirlenen tarih aralıkları için Landsat, MODIS ve Sentinel görüntü verilerinden üretilen farklı indeks grafik verileri (NDVI, NDWI vb.) oluşturabilir (Şekil 3). CE, plot gridlerin konumlarını coğrafi olarak senkronize etmek ve GEE Kod Düzenleyicisinde görüntü verileri oluşturmak için Selenium WebDriver API ve JavaScript komutlarını kullanır. Analist, Google Earth, Bing Maps ve GEE explorer ile artırılmış görsel yorumlama gerçekleştirirken, Google Earth'te bir HyperText Markup Language (HTML) balonu olarak görünen CE veri toplama formundaki arazi özellikleriyle ilgili nitel ve nicel bilgileri işler ve kaydeder. Google Earth, HTML balonuna girilen verileri CE veri tabanına bağlamak için bir köprü sunucusu kullanır. CE veri tabanının yapısı, Collect Survey Designer'da ana hatlarıyla belirtilen yapıyla tutarlı olmalıdır. CE, her kullanıcının bilgisayarında yerel olarak depolanan bir SQLite veri tabanı kullanır. CE veri tabanı oluşturulduktan sonra otomatik olarak biçimlendirilir ve verilerin yorumlanması ve görselleştirilmesi için SAIKU analiz programı tarafından kullanılmaya hazır hale getirilir. Ayrıca veriler R, GIS, Excel vb. yazılımlara aktarılabilir.





Şekil 2. Proje özelliklerinin Google Earth penceresi üzerindeki görünümü (A); CE veri toplama formu (B); Arazi kullanımı/örtüsü özellikleri (B1); IPCC arazi kullanımı ve değişikliği (B2)



Şekil 3. Deneme gridleri (A); Google Earth (B); Bing Maps (C); GEE explorer and GEE Code Editor (D)

**Veri Toplama:** Çalışma alanı için test gridleri ( $70m \times 70m$ ) kullanılmış ve değerlendirmeler bu yarım hektarlık alan için yapılmıştır. Ayrıca, her bir test gridinde  $4900 m^2$ lik bir alana eşit olarak dağıtılmış  $7 \times 7$ , toplam 49 araştırma karesi atanmıştır (Şekil 2A). Her bir test karesi için analist ilk olarak "arazi örtüsü" kart bilgilerini

işler. Araştırma kareleri kullanılarak "Bitki örtüsü tipi" (Ağaçlar, ekili alan, otlak, çalılık, yapay yüzeyler, alt-yapı, sulak alan, çıplak alan) ve "Bitki örtüsü;% " kartları veri girişleri tamamlanır (Şekil 2B1). Bu aşamada VHR'nin görsel olarak yorumlanması için ilk tercih edilen kaynak Google Earth, ikinci kaynak ise Bing Maps olmuştur. IPCC ve FAO/FRA sınıflandırma sistemini kullanarak arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliğini değerlendirmek için (uzaktan algılamaya dayalı metodolojiler için UNFCCC gerekliliklerine uygun olarak) "Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliği" tanımlama kartında temel arazi unsurları yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile tespit edilmiştir (Şekil 2B2). Bu kartın doldurulması "Arazi örtüsü" kartı bilgilerinin verilerine uygun olarak yapılmalıdır. "Arazi örtüsü" içeriğine girilen örtü oranları IPCC sınıf tanımları için kullanılmaktadır. Martinez ve Mollicone (2012) bu tür arazi unsurlarının gözlemlenen alandaki uygunluğunu ve baskınlığını yansıtan eşik değerlere dayalı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma için, tüm arazi kullanım kategorileri için %20 limitli hiyerarşik kural, yerleşim > ekim alanı > orman arazisi > otlak > sulak alan > diğer arazi hiyerarşik (azalan baskınlık sırasına göre) sıralaması kullanılarak oluşturulmuştur. Örneğin, minimum gözlemlenen alan %10 yerleşim, %30 tarla ve %60 otlak olduğunu gösteriyorsa, gözlemlenen alanın baskın arazi kullanımı tarla olacaktır, çünkü yerleşim arazi kullanım kategorisi (hiyerarşideki ilk kategori) tarafından işgal edilen alan belirlenen eşikten (%20) daha azdır. Bu çalışmada da %20 sınır kuralı tanımlı hiyerarşik kural kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında Yukarı Sakarya ölçeğinde sistematik olarak 5 km aralıkla atılmış yaklaşık 3000 adet yarım hektarlık test gridlerinde Collect Earth yöntemi ile analizler gerçekleştirilmiştir. 2000 yılından günümüze yapılan ölçüm ve hesaplamalarla elde edilen sonuçlar, toplam alana enterpole edilerek, çalışma alanına ilişkin LULC ve değişimlerinin rakamsal sonuçları verilerek haritalanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Arazi kullanımı / örtü sınıfları

CE yöntemi ile Yukarı Sakarya Havzası'nın IPCC sınıflarına göre alansal dağılımları hesaplanmıştır. Evrensel ölçekte LULC belirlemesi amaçlı IPCC sınıflandırmasını altlık olarak hazırlanmış sınıflandırma sonuçları da bulunmaktadır. Bunlardan ilki olan ESA CCI (İklim Değişikliği Girişimi), Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) uydu gözlemlerinden elde edilen temel iklim değişkenlerinin küresel veri setlerini geliştirmeye yönelik bir girişimin sunduğu arazi örtüsü sınıfı verisidir. CCI-LC sınıflarının IPCC tarafından tanımlanan altı Arazi Kullanımı kategorisiyle eşleştirilmiştir (ESA, 2017). CCI-LC projesi, 1992'den 2020'ye kadar yıllık bazda 300 m geometrik çözünürlükte tutarlı küresel Arazi Örtüsü haritaları sunmaktadır. Diğer bir arazi örtüsü haritası ise, Proba-V görüntülerine dayanan Copernicus Global Land Service - Land Cover (CGLAS-LC100)'dür (ESA, 2017). 2015-2019 arasında arazi örtüsü sınıfları sunmaktadır. Haritalama, Proba-V sınıflandırması ile birçok sınıfı paylaşan CCI-LC ile ilgili bu makaledeki öneriler takip edilerek, IPCC tarafından tanımlanan 6 Arazi Kullanım kategorisiyle eşleştirilmiştir. Copernicus GLS Proba-B 100m projesi, 2015'ten 2019'a kadar yıllık bazda 100 m uzamsal çözünürlükte tutarlı küresel Arazi Örtüsü haritaları sunmaktadır.

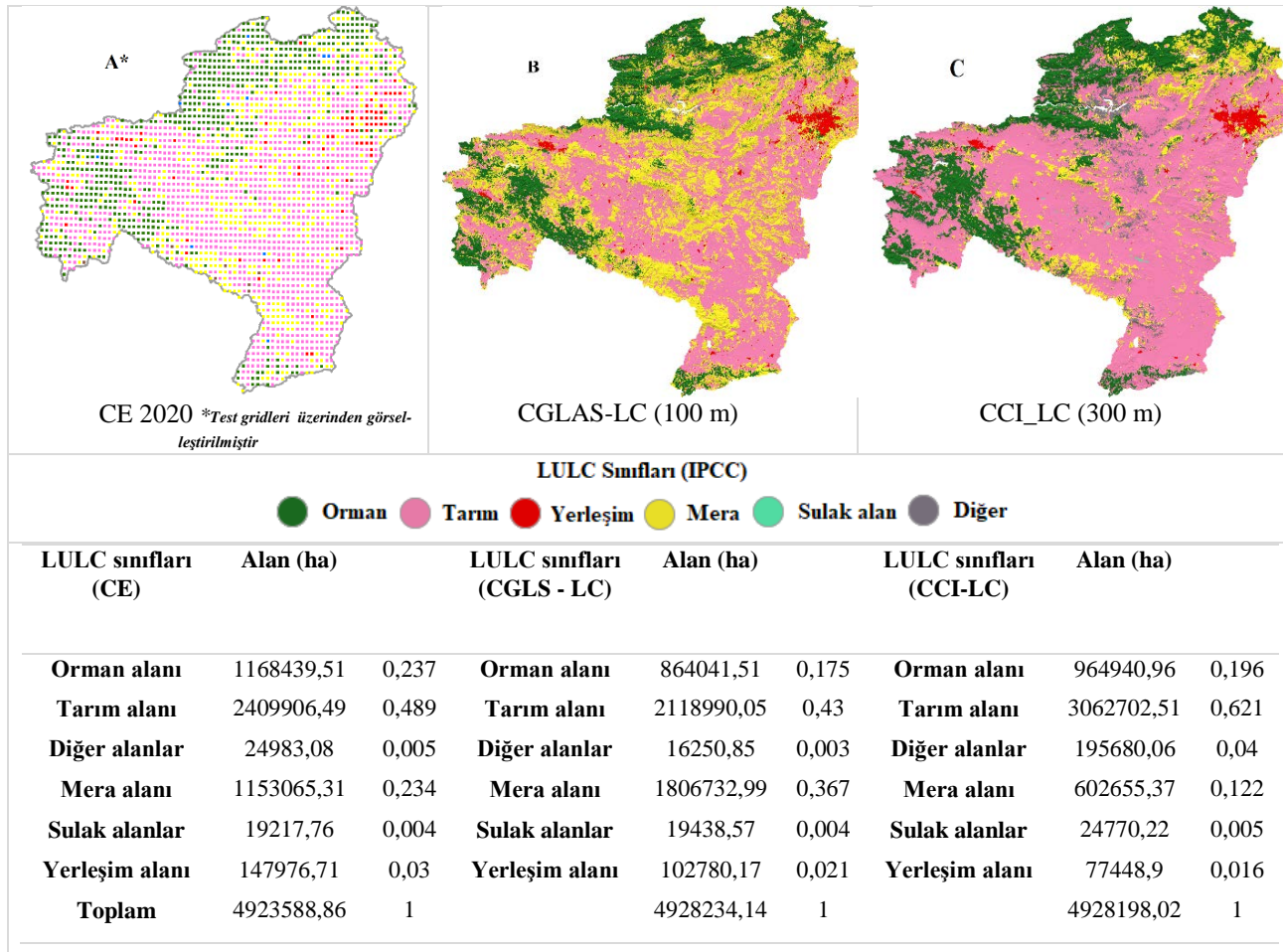
YSH'nın günümüz arazi kullanım durumları CE (2020), EAS CCI (2020) ve CGLAS-LC (2019) verileri özelinde Şekil 4 içeriğinde verilmiştir. LULC sınıfları ile ilgili ilk gözlenen durum rakamsal verilerin birbirleri ile örtüşmediğidir. Oransal olarak her üç sınıflandırma içerisinde tarım alanları havzadaki en büyük kullanıma sahip alan niteliğindedir. Bu sıralamayı CE metodolojisinde orman ve mera yaklaşık birbirlerine eşit oranlarda takip ederken, CGLAS-LC'de mera sınıfı % 36,7 ile orman sınıfının (%17,5) önünde yer almaktadır. CCI-LC'de orman sınıfı %19,6 ikinci en büyük alan iken mera sınıfı %12,2 ile üçüncü sırada yer almaktadır. CCI-LC sınıflandırmasında tarım alanının %62,1 gibi diğerlerine göre yüksek orandaki alansal büyüklük, diğer kullanımların oranını düşürmektedir.

### 3.2. Arazi kullanım / örtü değişimi (2000-2020)

CE yöntemi kullanarak 2000-2020 yılı arası LULC incelendiğinde (Tablo 1), Orman alanlarının yirmi yıllık süreçte 34591,95 ha arttığı gözlenmektedir. Bu artışın tamamı mera alanlarının orman alanlarına dönüşümü ile gerçekleşmiştir. Tarım kullanımında ise 17295,98 ha alan kaybedilmiştir. Geçmişte tarım alanı sınıfı içerisinde yer alan 15374,20 ha yerleşim alanına dönüşmüştür. Benzer şekilde geçmişte mera alanı sınıfı içerisinde yer alan 13452,43 ha alan da yerleşim sınıfına dönüşmüştür. Toplamda yerleşim alanı 2020 yılına kadar toplam 28826,63 ha artış göstermiştir. Analistler tarafından yapılan IPCC alt kullanım sınıfları veri girişleri incelendiğinde mera alanlarından orman alanlarına geçen tüm alanların (36513,73 ha) ağaçlandırma çalışmaları neticesinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Tarım alanlarından yerleşim alanlarına gerçekleşen dönüşümlerin %63'ü yerleşim merkezleri kapsamında, %25'i de alt yapı alanlarına şeklinde gerçekleşmiştir. Mera alanlarından yerleşim alanlarına gerçekleşen dönüşümlerin ise %33'ü yerleşim merkezleri kapsamında, %50'si ise diğer yerleşim alanlarına (kırsal ve kırsala ait yapısal elemanlar) şeklindedir.

CGLAS-LC verisi 2015-2019 arası arazi kullanım değişimlerini verdiği için bu başlık altında değerlendirmeye alınmamıştır. CCI-LC verisi arazi kullanım değişimi izlendiğinde (Tablo 1), ilk öne çıkan, raster veri özelliğine bağlı olarak tüm sınıflar arasında değişim gerçekleştiğidir. Alansal farklılıklar olsa da, LULC sınıfları arasında değişim ve yönleri incelendiğinde, CE yönteminin aksine orman alanına en büyük değişim tarım alanlarından gerçekleştiği (101598 ha) gözlenmektedir. Ayrıca mera alanı ve yerleşim alanı sınıflarına en büyük geçişin de, 51022 ha ve 23161 ha ile tarım alanı sınıfından gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu durum, diğer alan sınıfı içinde geçerli olmuştur. Toplamda 199933 ha tarım alanı 2020 yılı itibari ile diğer LULC sınıflarına dönüşmüştür.



Şekil 4. Yukarı Sakarya Havzası IPCC arazi kullanım haritaları



Tablo 1  
Arazi kullanım durumu değişimi (2000-2020)

Arazi kullanım sınıfları (2000)	CE-LC/Arazi kullanım sınıfları (2020)						Toplam
	Orman alanı	Mera alanı	Tarım alanı	Sulak alan	Yerleşim alanı	Diğer alan	
Orman alanı	1.131.925,78						<b>1.131.925,78</b>
Mera alanı	36.513,73	1.151.143,54			13.452,43	1.921,78	<b>1.203.031,48</b>
Tarım alanı			2.409.906,49	1.921,78	15.374,20		<b>2.427.202,47</b>
Sulak alan				1.921,76			<b>19.217,76</b>
Yerleşim					119.150,08		<b>119.150,08</b>
Diğer alan						23.061,31	<b>23.061,31</b>
<b>Toplam</b>	<b>1.168.439,51</b>	<b>1.151.143,54</b>	<b>2.409.906,49</b>	<b>21.139,54</b>	<b>147.976,71</b>	<b>24.983,09</b>	<b>4.923.588,88</b>
Arazi kullanım sınıfları (2000)	CCI-LC/Arazi kullanım sınıfları (2020)						Toplam
	Orman alanı	Mera alanı	Tarım alanı	Sulak alan	Yerleşim alanı	Diğer alan	
Orman alanı	825.852	14.138	22.524	549	513	3.365	<b>866.941</b>
Mera alanı	30.348	528.701	46.241	555	7.542	8.161	<b>621.548</b>
Tarım alanı	101.598	51.022	2.965.557	1.102	23.161	23.050	<b>3.165.490</b>
Sulak alan	213	295	736	21.087	26	647	<b>23.004</b>
Yerleşim	83	338	1.373	0	34.188	117	<b>36.099</b>
Diğer alan	6.844	8.158	26.267	1.473	12.014	160.337	<b>215.093</b>
<b>Toplam</b>	<b>964.938</b>	<b>602.652</b>	<b>3.062.698</b>	<b>24.766</b>	<b>77.444</b>	<b>195.677</b>	<b>4.928.175</b>

#### 4. Sonuçlar

Çalışma kapsamında YSH için LULC ve değişimleri (2000-2020) CE yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. IPCC'ye göre yapılan LULC sınıflandırma sonuç verileri, CGLAS-LC ve CCI-LC küresel verileri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Her iki küresel verinin üretilmesi için esas alınan geometrik çözünürlüklerinin sonuca etkileri açıkça gözlenmiştir. CGLAS-LC verisinin 100 m geometrik çözünürlüğe sahip olması, 300 m geometrik çözünürlüğe sahip CCI-LC verisine göre daha hassas bir veri ürettiği görsel olarak gözlenmektedir. Her iki sınıflandırma için gözlenen alansal farklılıkların diğer bir nedeni referans alınan sınıflandırma kategorilerinin IPCC sınıflandırmayı temel alan 6 sınıfa uyarlanmasıdır. CCI-LC verisi ESA arazi sınıfları esas alınarak, CGLAS-LC verisi Copernicus Global Land Service arazi sınıflarını esas alarak dönüşümler gerçekleştirilmiştir. Bu durum da IPCC sınıflarına dönüşüm noktasında gerekli hassasiyeti düşürmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan CE yöntemi 3000 adet yarım ha alanda yapılan yüksek çözünürlüklü görüntülerin yorumlanması ile elde edilen LULC sınıflarını içermektedir. Bu alanlardaki sonuçlar tüm alana enterpole edilerek alansal sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu bağlamda CE yöntemi diğer iki sınıflandırma sonuçlarına göre çok daha yüksek bir çözünürlükte görüntüler kullanarak elde edilmektedir. Burada en temel sorun tüm alanı temsil edecek istatistiki olarak yeterli büyüklükte test alanının kullanılmasıdır.

LULC değişimleri CE ve CCI-LC verisi kapsamında değerlendirilmiştir. CCI-LC verisi LULC değişimleri ve yönleri incelendiğinde tüm sınıflardan birbirlerine değişim yaşandığı gözlenmektedir. Alansal olarak oldukça küçük alanlarda bile değişim yaşandığı düşünüldüğünde bu durumun raster veri yapısından kaynaklı her bir pikselin farklı yıllardaki arazi kullanım sınıflarına atanmış farklı sayısal değerinden (DN) kaynaklıdır. CCI-LC verisi 300 m bir mekânsal veriye sahip olmasından kaynaklı sınıflar arası ayrımın çok net gerçekleştirilemediği LULC değişim matrisinden de gözlenmektedir. Bu nedenle, YSH için yerleşim alanından orman alanına geçiş (80 ha), sulak alandan yerleşim alanına geçiş (26 ha) gibi gerçekleşmesi oldukça zor



LULC değişimleri gözlenmiştir. CE yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen LULC değişimleri daha keskin sonuçlar içermektedir. Değişimlerin her biri arasında değil belirgin sınıf geçişlerin yaşandığı gözlenmektedir. Bu durum CE yönteminin LULC değişimleri için daha belirgin sonuçlar elde ettiğini göstermekte ve karar vericiler için somut çıkarımlar sağlamaktadır. Ayrıca CE yöntemi ile LULC değişimlerinin IPCC alt arazi kullanımları nezdinde değişim olan her test alanı için veri tabanına işlendiği için LULC değişimlerinin yönü daha net ortaya konulabilmektedir. Mera alanlarının orman alanlarına dönüşümdeki tüm alanların “ağaçlandırma sahaları” olarak tespit edilebilmesi buna en büyük örneklerdendir.

### **Teşekkür**

Bu çalışmada, Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı bünyesinde Cansu Mandacı tarafından hazırlanan “Collect Earth Metodolojisi Kullanılarak Çok Amaçlı Arazi İzleme ve Değerlendirme: Yukarı Sakarya Havzası Örneği, Türkiye” isimli Yüksek Lisans Tezi kapsamında ki verilerden yararlanılmıştır. Bu çalışmanın özeti TUFUAB XII. Teknik Sempozyumu'nda sunulmuştur.

### **Yazar Katkıları**

Ayhan Ateşoğlu: Çalışmanın analizlerini yapmış ve makaleyi yazmıştır (%40)

Fidan Şevval Bulut: Çalışmanın analizlerini yapmış ve makaleyi yazmıştır (%40)

Cansu Mandacı: Çalışma verilerini toplamıştır (%20)

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Kaynaklar**

- Bey, A., Sanchez-Paus Diaz, A., Maniatis, D., Marchi, G., Mollicone, D., Ricci, S., Bastin, J.-F., Moore, R., Federici, S., Rezende, M., Patriarca, C., Turia, R., Gamoga, G., Abe, H., Kaidong, E. and Miceli, G. (2016). Collect earth: land use and land cover assessment through augmented visual interpretation. *Remote Sensing*, 8(10), 807.
- Cowie, A. L., Orr, B. J., Castillo Sanchez, V. M., Chasek, P., Crossman, N. D., Erlewein, A. and Louwagie, G. (2018). Land in balance: The scientific conceptual framework for land degradation neutrality. *Environmental Science & Policy*, 79(January): 25–35.
- ESA, (2017). Land cover CCI, Product User Guide, Version 2.0., Erişim tarihi: 13.04.2023. Erişim adresi: [https://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2\\_2.0.pdf](https://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf)
- Feizizadeh, B., Mohammadzade Alajujeh, K., Lakes, T., Blaschke, T. and Omarzadeh, D. (2021). A comparison of the integrated fuzzy object-based deep learning approach and three machine learning techniques for land use/cover change monitoring and environmental impacts assessment. *GIScience & Remote Sensing*, 58(8), 1543-1570.
- GEF, (2019) Contributing to Land Degradation Neutrality (LDN) Target Setting by Demonstrating the LDN Approach in the Upper Sakarya Basin for Scaling up at National Level, Ankara., Erişim tarihi: 13.04.2023. Erişim adresi: <https://www.thegef.org/projects-operations/projects/9586>
- IPBES, (2018). The assessment of land degradation and restoration. Summary for Policymakers Bonn, Germany 49 p. <https://www.ipbes.net>
- Kamel, M. and Abu El Ella, E.S.M. (2016). Integration of Remote Sensing & GIS to Manage the Sustainable Development in the Nile Valley Desert Fringes of Assiut-Sohag Governorates, Upper Egypt. *J Indian Soc Remote Sens*, 44: 759–774, <https://doi.org/10.1007/s12524-015-0529-2>

- Lubis, M.Z., Taki, H.M., Anurogo, W., Pamungkas, D.S., Wicaksono, P. and Aprilliyanti, T. (2017). Mapping the Distribution of Potential Land Drought in Batam Island Using the Integration of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science IOP Publishing* 98 012012
- Martínez, S. and Mollicone, D. (2012). From land cover to land use: A methodology to assess land use from remote sensing data. *Remote Sensing*, 4(4), 1024-1045.
- Pandey, A. and Purohit, R. (2022). Impact of geological controls on change in groundwater potential of recharge zones due to watershed development activities, using integrated approach of RS and GIS. *Journal of Scientific Research*, 66(1), 53-62.
- Schirpke, U., Tscholl, S. and Tasser, E. (2020). Spatio-temporal changes in ecosystem service values: Effects of land-use changes from past to future (1860–2100). *Journal of Environmental Management*, 272, 111068.
- Sims, N. C., England, J. R., Newnham, G. J., Alexander, S., Green, C., Minelli, S., Held, A. (2019). Developing good practice guidance for estimating land degradation in the context of the United Nations Sustainable Development Goals. *Environmental Science & Policy*, 92(February): 349–355.
- SYGM, (2021) Sakarya havzası nehir havza yönetim planı hazırlanması projesi, stratejik çevresel değerlendirme kapsam belirleme raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 233 s.
- Tariq, A., Shu, H., Siddiqui, S., Imran, M. and Farhan, M. (2021). Monitoring land use and land cover changes using geospatial techniques, a case study of Fateh Jang, Attock, Pakistan. *Geography, Environment, Sustainability*, 14(1), 41-52.
- Wang, R. and Gamon, J. A. (2019). Remote sensing of terrestrial plant biodiversity. *Remote Sensing of Environment*, 231, 111218.
- Y. and Kalina, I. (2021). Sustainable natural resource management to ensure strategic environmental development. *TEM Journal*, 10(3), 1022.
- Zeng, Y., Hao, D., Huete, A., Dechant, B., Berry, J., Chen, J. M., Joiner, J., Frankenberg, C., Bond-Lamberty, B., Ryu, Y., Xiao, J., Asrar, G. and Chen, M. (2022). Optical vegetation indices for monitoring terrestrial ecosystems globally. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(7), 477-493.