



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**COLLECT EARTH METODOLOJİSİ KULLANILARAK ÇOK AMAÇLI**  
**ARAZİ İZLEME VE DEĞERLENDİRME: YUKARI SAKARYA HAVZASI**  
**ÖRNEĞİ, TÜRKİYE**

**HAZIRLAYAN**  
**CANSU MANDACI**

**DANIŞMAN**  
**DOÇ. DR. AYHAN ATEŞOĞLU**

**BARTIN-2021**



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**COLLECT EARTH METODOLOJİSİ KULLANILARAK ÇOK AMAÇLI ARAZİ**  
**İZLEME VE DEĞERLENDİRME: YUKARI SAKARYA HAVZASI ÖRNEĞİ,**  
**TÜRKİYE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZIRLAYAN**

**Cansu MANDACI**

**JÜRİ ÜYELERİ**

Danışman : Doç. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU - Bartın Üniversitesi  
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ŞENSOY - Bartın Üniversitesi  
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat - Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi  
MARANGOZ

**BARTIN-2021**

## BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU danışmanlığında hazırlamış olduğum “COLLECT EARTH METODOLOJİSİ KULLANILARAK ÇOK AMAÇLI ARAZİ İZLEME VE DEĞERLENDİRME: YUKARI SAKARYA HAVZASI ÖRNEĞİ, TÜRKİYE” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

12.02.2021

Cansu MANDACI

## ÖNSÖZ

Üniversite hayatım boyunca lisans ve yüksek lisans dönemlerinde beni yalnız bırakmayan, bilgi deneyim ve tecrübesini aktaran, danışmanlığımı üstlenen, araştırma konusunun seçiminden sonuçlandırılmasına kadar katkı ve emeklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU'na saygı ve içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının başından sonuna kadar her konuda destek ve yardımlarını gördüğüm sevgili arkadaşlarım Seval AKGÜN, Merve Nur AKOĞLU ve Serdar ERPAY'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasında ve hayatımın her anında yardımcı olan Orman Yüksek Mühendisi Ayşenur KASIMOĞLU DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her evresinde bana destek oldukları gibi tez çalışmam süresince de bana destek olan beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli annem ve babama sonsuz teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Cansu MANDACI

# ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

**COLLECT EARTH METODOLOJİSİ KULLANILARAK ÇOK AMAÇLI ARAZİ  
İZLEME VE DEĞERLENDİRME: YUKARI SAKARYA HAVZASI ÖRNEĞİ,  
TÜRKİYE  
Cansu MANDACI**

**Bartın Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU**

**Bartın-2021, sayfa: 70**

Türkiye'deki Yukarı Sakarya Havzası; tarım, orman, mera ve yerleşim arazi sınıflarını barındıran etkin sanayi, tarım ve kültür peyzajın parçası olan ekosistemin etkin noktalarından biridir. Ayrıca, barındırdığı nüfus ve mevcut peyzajı gereği ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından, arazi örtüsü ve arazi kullanımının izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekli ana havzadır. Bu nedenle Yukarı Sakarya Havzası Global Environment Facility (GEF) projesi kapsamında da çalışılmaktadır. Bu çalışanın amacı, Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD) kapsamındaki arazi kullanımı/örtüsü değişimi, arazi üretkenlik değeri, kayıp/kazanç alanlarının tespitine yönelik somut verilere ulaşmak, GEF projesi kapsamında çalışmalara da veri sağlayarak mevcut proje sonuçlarına katkıda bulunmaktır. Amaca uygun metodoloji olarak Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından kullanılan Collect Earth (CE) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, 2000-2020 yılları arasında arazi örtü/kullanım sınıfları değişimi, kazanç alanları orman alanları lehine gerçekleşirken, kayıp alanları yerleşim alanları lehine gerçekleşmiştir. Bitki indeksi verilerine göre belirlenmiş iyileşme/yeşillenme alanlarını kapsayan kazanç alanları, bozulmuş/çölleşme alanlarını kapsayan kayıp alanlarının yaklaşık 5 katı büyüklüğündedir. Aynı oran Net Birincil Üretim (NPP) artışlarına da yansımıştır. Çalışma kapsamında, ATD kapsamında bir alandaki değişim parametrelerden ilk ikisi olan

arazi örtüsü ve kullanımı ve NPP verilerine ulaşılmıştır. Diğer kriter olan Toprak Organik Karbonu (TOK) verisi bu çalışmada eksik kalmıştır. Çalışmanın sonucunda, Collect Earth yöntemi kullanılarak UNCCD'nin ATD'ye yönelik ilerleme raporlama göstergelerinden iki ana kriter tespit edilmiş ve ilgili metodolojinin arazi izleme ve değerlendirme çalışmalarındaki etkinliğini kanıtlamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yukarı Sakarya Havzası, Arazi örtüsü ve kullanımı, Net birincil üretim, Collect Earth, Google Earth Engine, Arazi Tahribatının dengelenmesi

**Bilim Alanı Kodu:** 502.04.02



# **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

## **MULTI-PURPOSE LAND MONITORING USING THE COLLECT EARTH: A CASE STUDY OF THE UPPER SAKARYA BASIN, TURKEY**

**Cansu MANDACI**

**Bartın University**

**Graduate School**

**Department of Forest Engineering**

**Thesis Advisor: Assoc. Prof Ayhan ATEŞOĞLU**

**Bartın-2021, pp: 70**

Upper Sakarya Basin in Turkey, which has Cropland, Forestland, Grassland, forest, pastureland and settlements characteristics, is an effective part of the ecosystem including industry, agriculture and culture landscape. In addition, it is the main basin that needs to be monitored and evaluated for land cover and land use in terms of the sustainability of ecosystem services due to its population and current landscape. Therefore, some studies have been conducted within the scope of the Upper Sakarya Basin Global Environment Facility (GEF) project. The goal of this study is to collect tangible data for the determination of land use/cover change, land productivity, loss / gain areas within the scope of Land Degradation Neutrality (LDN), and to contribute to the existing project results by providing data to the studies within the scope of the GEF project. As a relevant methodology, the Collect Earth (CE) method was used by Food and Agriculture Organization (FAO) was employed. The findings showed that between 2000 and 2020, land use/cover classes change was in favor of forest areas, while loss areas were in favor of residential areas. According to the plant index data, the gain areas covering the improvement/greening areas were determined to be about 5 times the size of the lost areas covering the degradation/desertification areas. The same proportion was reflected in the Net Primary Productivity (NPP) increases. In this study, the first two of the change parameters in an area within the scope of LDN, land cover and use, and NPP data were collected. The other criterion, Soil Organic Carbon (SOC) data are missing in this study. As a result of this study, two main criteria were determined among the UNCCD's progress reporting indicators for LDN and proved the effectiveness of the relevant methodology in land monitoring and evaluation studies by using the Collect Earth method.

**Keywords:** Upper Sakarya Basin, Land Cover and Use, Net Primary Productivity, Collect Earth, Google Earth Engine, Land Degradation Neutrality.

**Scientific Field Code:** 502.04.02





## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
1.1 Çalışmanın Kapsamı ve Amacı .....	3
BÖLÜM 2 UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ PRENSİPLERİ .....	5
2.1 Uzaktan Algılama Prensipleri.....	5
2.2 Coğrafi Bilgi Sistemi Prensipleri.....	9
2.3 CBS ve UA Entegrasyonu .....	12
BÖLÜM 3 MATERYAL VE YÖNTEM .....	19
3.1 Çalışma Alanı .....	19
3.2 Collect Earth ve Yazılım Destekleyicileri .....	19
3.3 Collect Earth Yaklaşımı ve Görsel Yorumlama/Analiz .....	24
3.4 Kullanılan Veriler .....	33
BÖLÜM 4 UYGULAMA .....	37
4.1 Arazi Örtü/Kullanım Sınıfları.....	37
4.2. Arazi Örtü/Kullanım Sınıfları Değişimi (2000-2020) .....	40
4.3. Arazi Kayıp/Kazanç Alanları.....	40
4.4 Net Birinci Üretim (NPP) ve Ağaçla Kaplı Eğilim Alanları .....	42

BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b> 5



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
2.1: Farklı objelere ait UA (URL-2, 2019).....	6
2.2: UA genel iş akış şeması (URL-3, 2019) .....	7
2.3: UA veri çeşidi ve süreçleri (URL-4, 2020) .....	8
2.4: CBS modeli (URL-5, 2019) .....	10
2.5: CBS'ne ilişkin genel kullanım alanları. (URL-6, 2019) .....	12
2.6: UA – CBS Entegrasyonu (URL-7, 2019) .....	14
3.1: Yukarı Sakarya Havzası yükseklik (a), drenaj (b), eğim (c) ve bakı (d) haritaları .....	21
3.2: Collect Earth sistem görünümü (Bey vd. 2016).....	22
3.3: Google Earth Engine, Code Editor sayfası genel tanıtımı (Bey vd. 2016). .....	23
3.4: Collect Earth arazi izleme değerlendirme yaklaşımı (Bey vd., 2016). .....	24
3.5: Open Foris Collect ; Veri toplama/tasarımı .....	25
3.6: Örneklem tasarım oluşturma .....	27
3.7: Parsel alan dosyası .....	28
3.8: Proje özellikleri .....	29
3.9: CEP dosyasının hazırlanması .....	29
3.10: Parsel alana ilişkin Google Earth, Bing Maps, Yandex Maps, Google Earth Engine (GEE) vb. görüntü araçları pencereleri (a); Örneklem tasarımı (b), proje özellikleri (c) ve Google Earth Panorama görüntüsü (d) ( Bey vd., 2006) .....	30
3.11: Örnek veri tabanı girdi pencereleri.....	31
3.12: Parsel alana ilişkin senkronize açılan uydu görüntü verileri: (a)Bing Maps, (b) GEE uydu görüntü analizi sonuç penceresi, (c)GEE Code Editor penceresi.....	32
3.13: MODIS 16 günlük NDVI grafik verisi üzerinden parsel alana ilişkin arazi kullanım değişikliği ilişkisi (Bet vd., 20165) (a) ve NDVI verisi grafik seti örneği (b).....	33
4.1: IPCC potansiyel arazi kullanım haritası.....	38
4.2: Yukarı Sakarya havzası kayıp/kazanç haritası .....	41
4.3: Net Birinci Üretim (NPP) Eğilimi Nokta Yoğunluk Haritası.....	42
4.4: Ağaçla Kaplı Alan Eğilim Nokta Yoğunluk Haritası.....	43
5.1: Orman ve mera kullanımlarında gerçekleştirilen başarılı ağaçlandırma çalışmaları .....	45
5.2: Boşaltma/tıraşlama kesim çalışmaları ve maden sahaları örnek alanlar.....	46

## TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
2.1: UA – CBS entegrasyonu aşamaları.....	13
4.1: Yukarı Sakarya Havzası IPCC potansiyel arazi kullanım durumu .....	37
4.2: Potansiyel arazi kullanım durumu.....	39
4.3: Alt arazi kullanım durumlarının alansal dağılımı .....	39
4.4: Arazi kullanım durumu değişimi (2000-2020). .....	40
4.5: Yukarı Sakarya Havzası kayıp/kazanç alanları.....	41



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ha	: hektar
kg	: kilogram
km	: kilometre
m	: metre
m <sup>2</sup>	: metrekare

### KISALTMALAR

ANN	: Artificial neural networks
ATD	: Arazi Tahribatı Dengelenmesi
AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometer
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CE	: Collect Earth
CEO	: Collect Earth Online
CEOS	: Committee on Earth Observation Satellites
CEP	: Collect Earth Proje
CIFOR	: Centre for International Forestry Research
CNES	: Ulusal Uzay Araştırmaları Merkezi
CSV	: Comma-Seperated Values
EC	: European Commission; Avrupa Komisyonu
EM	: Elektromanyetik
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü/Food and Agriculture Organization
FRA	: Global Forest Resources Assessment
GAC	: Global Archive Consolidation
GEE	: Google Earth Engine
GEF	: Global Environment Facility
IMS	: İnternet Harita Hizmeti
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change/Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli
IUFRO	: International Union of Forestry Research Organizations

LAI	: Yaprak Alanı İndeksi
LC	: Arazi Örtüsü
LDN	: Contributing to Land Degradation Neutrality
MODİS	: Moderate resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NDVI	: Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi
NDWI	: Normalleştirilmiş Fark Su Endeksi
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
NPP	: Net Birinci Üretim
NTSG	: Numerical Terradynamic Simulation Group
SKH	: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TOK	: Toprak Organik Karbonu
UA	: Uzaktan Algılama
UMT	: Montana Üniversitesi
UNCCD	: United Nations Convention to Combat Desertification
USAID	: United States Agency for International Development
USGS	: United States Geological Survey
VHR	: Çok Yüksek Çözünürlüklü uydu görüntülerinin
VTYS	: Veri Tabanı Yönetim Sistemi
YSA	: Yapay Sinir Ağları

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

Önümüzdeki birkaç on yıl boyunca küresel ölçekte en önemli konuların başında ekolojik değişiklikler ve bunların sosyal, ekonomik ve politik konuları nasıl yönlendireceği, toplumu nasıl etkileyeceği gelmektedir. Ekolojik süreçlerin etkilediği temel kavramın sürdürülebilirlik olması, beraberinde iklim ve arazi değişiklikleri ile bu ilke arasındaki ilişkiler en önemli araştırma konuları şeklinde öngörülmektedir. Şu ana kadar bu konu üzerine birçok çalışmalar gerçekleştirilmiş ve sonuçları paylaşılmıştır (Ratajczak vd., 2018; Upadhyay, 2020). Karasal bitki örtüsü, dünyanın radyasyon dengesi üzerinde iklim bakımı ve iklim değişikliği ile ilgili çok sayıda biyojeokimyasal döngüde önemli bir faktördür. Bitki örtüsü; doğal döngüler, eğilimler ve insan faaliyetleri tarafından değişikliğe uğratılır. Bitki örtüsünün geçmiş ve şimdiki durumunun ve dağılımının, erişilebilir, yönetilebilir ve çeşitli araştırma alanlarına uygulanabilen bir biçimde güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi gereklidir (Matthews, 1983). Bunun için vejetasyonu gözlemlemek ve arazi hakkında bilgi edinmek gerekmektedir. Bu nedenle vejetasyon değişiminin izlenmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi insan ya da doğal kaynaklı birçok sorunun belirlenmesi ve çözülmesi için önem taşımaktadır.

Arazi kullanım değişikliği, arazinin nasıl kullanıldığına atıfta bulunmak, genellikle ekonomik faaliyetler bakımından arazinin işlevsel rolünü vurgulamak ve sonuçta insan faaliyetlerinin doğal örtüyü nasıl dönüştürdüğünü ortaya koyan bir süreç şeklinde ifade edilebilir. Arazi kullanım değişiklikleri genellikle iki geniş kategoriye ayrılır; dönüştürme ve değiştirme. Dönüşüm, bir örtü veya kullanım türünden diğerine geçişi ifade ederken; değişiklik, arazinin niteliğindeki kapsam veya kullanım türünün korunmasını içerir (Baulies ve Szejwach, 1998). Bozulmamış bir bitki örtüsü, insan etkisinin minimum olması ve değişimde doğal faktörlerin etkisinin olduğu alanlar anlamını taşımaktadır. Bitki örtüsünün doğal halindeki büyük değişimler ise genellikle antropojenik etkilerle meydana gelmektedir. Örneğin, doğal bir arazi örtüsünün tarım alanına dönüştürüldükten sonra, belli süre boş bırakılmasıyla tekrar eski doğal haline dönüştüğünün gözlemlenmesi süreci bu duruma iyi bir örnektir. Ancak diğer yandan bir doğal örtünün kentsel bir alana dönüştürülmesi, vejetasyonun uzaklaştırılması ve artık doğal örtünün geri dönüşmez

şekilde arazi örtüsünün değiştirilmesi ise bir antropojenik etki sonucunda gerçekleşmektedir (Mustard vd., 2004).

Arazi kullanımı ve toprak örtüsündeki antropojenik değişiklikler, günümüz koşullarında küresel değişimi etkileyen kritik faktörler şeklinde kabul edilmektedir. İlgili olmasına rağmen, arazi kullanımı ile arazi örtüsü arasında açık bir ayrım vardır. Arazi örtüsü biyofiziksel toprak yüzeyini ifade ederken, arazi kullanımı arazi üzerindeki insanların sosyo-ekonomik ve politik tercihleriyle şekillenmektedir (Geist ve Lambin, 2002). Bu nedenle çevre üzerindeki antropojen etkileri anlamak istiyorsak arazi örtüsü değişikliği modellerini arazi kullanım değişikliği süreçleriyle bütünleştirmek gereklidir. Arazi örtüsünü ve arazi kullanımını şekillendiren biyofiziksel ve sosyo-ekonomik güçlerin mekânsal ve zamansal dinamikliği göz önüne alındığında, model ve süreç arasındaki karmaşık etkileşim ağını çözmek kavramsal olarak zordur (Bian ve Walsh, 2002). Global ölçekte bu döngüyü gözlemlemek daha da zor ve karmaşık bir hal almaktadır.

Global ölçekte arazi kullanım/arazi örtüsü değişiminin izlenmesi için gelişen teknolojilerden nasıl yararlanabiliriz? Bu bağlamda teknolojinin yeri ve önemi nedir? Bu soruların cevabını araştırdığımızda karşımıza global ölçekte en iyi veri seti olan uzaktan algılama (UA) ve bu verilerin mekânsal-zamansal analiz çerçevesi oluşturmak için analitik yöntemler kullanan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) 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 verilerde mevcuttur. Arazi kullanım/örtü potansiyelini uydu vasıtasıyla takip etmek birçok yönden avantajlar barındırmaktadır. Farklı metodolojiler 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. (Kamel ve Abu El Ella, 2016; Lubis vd., 2017).

Biyoeçitlilik ve ekosistem hizmetleri kapsamında arazi tahribatının önlenmesi ve azaltılması; biyolojik çeşitlilik ve ekosistem korunmasında öncelikli konular arasındadır. Günümüzde insan faaliyetleri yoluyla arazinin tahribatı üst seviyelerde gerçekleşmektedir. Bunun sebeplerinden birisi zor koşullarda yaşayan insan sayısının her geçen gün artmasıdır. Yaklaşık 3,2 milyar insan kıtlık ve yoksullukla mücadele etmektedir (IPBES, 2018). Küresel ölçekte, arazi bozulmasına neden olan güçlerden bir tanesi yüksek



tüketimdir. En gelişmiş ekonomilerin yaşam tarzları ve gelişmekte olan ülkelerde artan ihtiyaçlar artan tüketimin ana nedenleri arasındadır. Bununla birlikte genişleyen tarımsal alanlar, aşırı doğal kaynak kullanımı, maden çıkarma ve kentleşme gibi unsurlar yüksek seviyelerde arazi bozulmasına yol açmaktadır (Ivits & Cherlet, 2013). Sonuç olarak, arazi bozulmasını önlemek, azaltmak ve bozulan alanları iyileştirmek için zamanında eylem artabilir; gıda ve su güvenliği, önemli ölçüde iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybı, çatışma ve göçü azaltabilir ve sonuçta içinde tanımlanan Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (SKH) çoğunu karşılamak için gereklidir. Sürdürülebilir Kalkınma 2030 hedefleri (IPBES, 2018) arazi bozulmasındaki mevcut eğilimleri durdurmak ve tersine çevirmek için, acil bir nicel değerlendirmeler yapma gerekliliği ile birlikte ulusal kapasiteleri geliştirmek ve SKH hedeflerine yönelik somut sonuçlara ulaşmayı planlamaktadır.

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; Chasek vd., 2019; Gilbey vd., 2019; Metternicht vd. 2019). Arazi tahribatının anlamlandırılması noktasındaki arazi kullanımı/örtüsü değişimlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesinin metodolojisi önem kazanmaktadır. Bu bağlamda uydu verilerinden elde edilen bilgiler önem kazanmış ve yöntemler buna göre seçilmeye başlanmıştır. (Vogelmann vd., 2017; Bullock vd., 2018; Honeck vd., 2018; Ghebregabher vd., 2019). Bu yaklaşımla birlikte 2015 yılında, UNCCD Arazi Örtüsü (LC) ve Arazi ile ilgili küresel veri setlerinin faydasını değerlendirmek ve somut sonuçlara ulaşmak adına bir ATD hedef belirleme pilot projesi başlatılmıştır. Proje içerisinde ülkelerin ulusal veri setleri de yer alsa veri seti olmayan tüm ülkeler için uydu görüntü verileri değerlendirmeye alınmıştır (Group on Earth Observations, 2017). Sonuç olarak global bir uydu görüntü veri setleri üzerinden yapılacak çalışmalar neticesinde, arazi kullanımı/örtüsü izleme ve değerlendirme çalışması yapılarak, arazi tahribatının dengelenmesi noktasında somut verilere ulaşmak ana amaçtır.

## **1.1 Çalışmanın Kapsamı ve Amacı**

Bu çalışma, uluslararası ölçekte hedeflenen arazi kullanımı/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) projesi (URL-1 (2019)) kapsamında aynı alan (Yukarı Sakarya Havzası) içerisinde, Google teknolojisi üzerine kurulu açık kaynak kodlu ve ücretsiz olan CE metodoloji kullanılarak, ATD kapsamındaki arazi kullanımı/örtüsü değişimi, arazi üretkenlik değeri, iyileşme ve ölleşme alanlarının tespitine yönelik somut verilere ulaşmak, GEF projesi kapsamında kullanıcılara veri sağlayarak mevcut proje sonuçlarına katkıda bulunmaktadır.



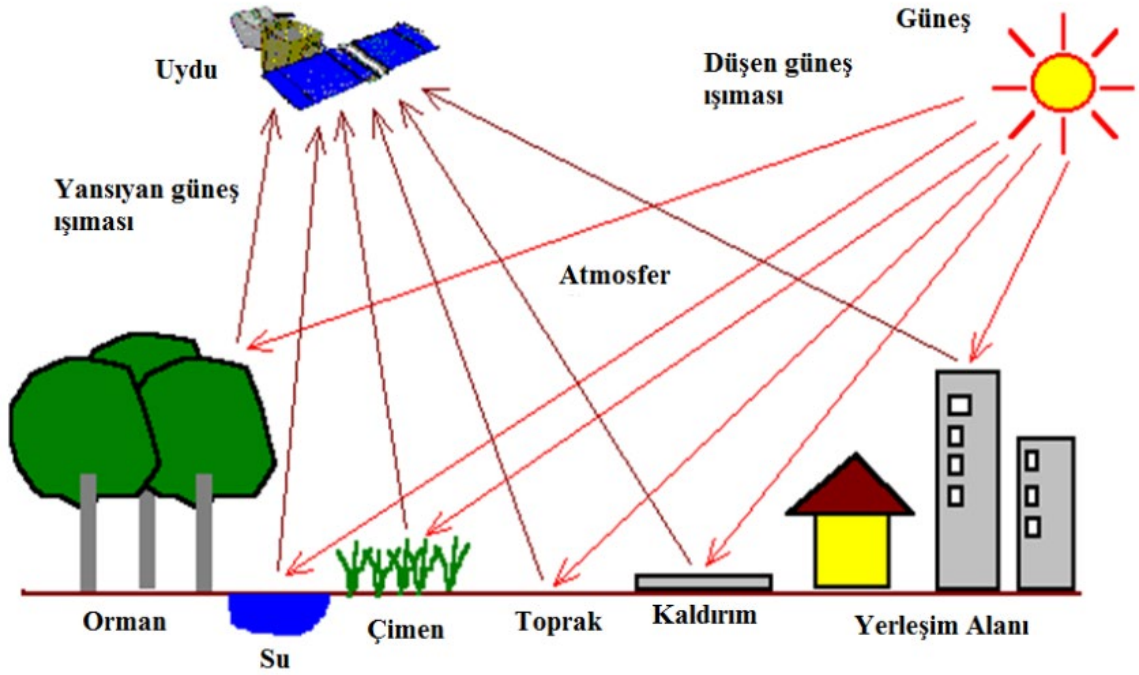
## BÖLÜM 2

### UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ PRENSİPLERİ

Arazi izleme ve değerlendirme çalışmaları için kullanılan en önemli veri kaynağı UA verileridir. Özellikle uydu bazlı uzaktan algılanmış veriler evrensel ölçekte kullanılabilirliği bakımından son derece önem arz etmektedir. Bu bağlamda bu mekânsal verilerin değerlendirilmesi için kuşkusuz tek adres CBS yazılımlarıdır. Her iki disiplinin bir arada kullanılması özellikle doğal kaynakların etkin kullanımı için oldukça önemlidir.

#### 2.1 Uzaktan Algılama Prensipleri

Sosyal refah, sürdürülebilir ekonomik gelişme ve çevre koruma noktalarında yeteri kadar ilerleme kaydediyor muyuz? Karar vericiler için doğru zamanda doğru veri mevcut mu? Bu sorulara yanıt bulmak, insanoğlunun sürekli olarak sömürdüğü dünyayı sürdürülebilir kılmak için oldukça gereklidir. Güvenilir, ayrıntılı, zamansal olarak yerinde ve uygun maliyetli verilerin toplanması günümüzde olanak dahilindedir. Dünya doğal kaynaklarını gözlemlemek için fiziksel, kimyasal, biyolojik ve geometrik özellikli bilgi toplanması mümkün durumdadır. UA verileri bunları mümkün kılabilir. Dünya üzerinde UA yardımıyla toplanan veriler kullanılarak gözleme, analiz, tasarı ve planlama, inşa etme ve geliştirme işlemlerini yapabilmek mümkündür. UA bize bu olanağı sağlamaktadır (Ehler, 1991; Roujen vd., 1992; Pohl 1998) (Şekil 2.1).

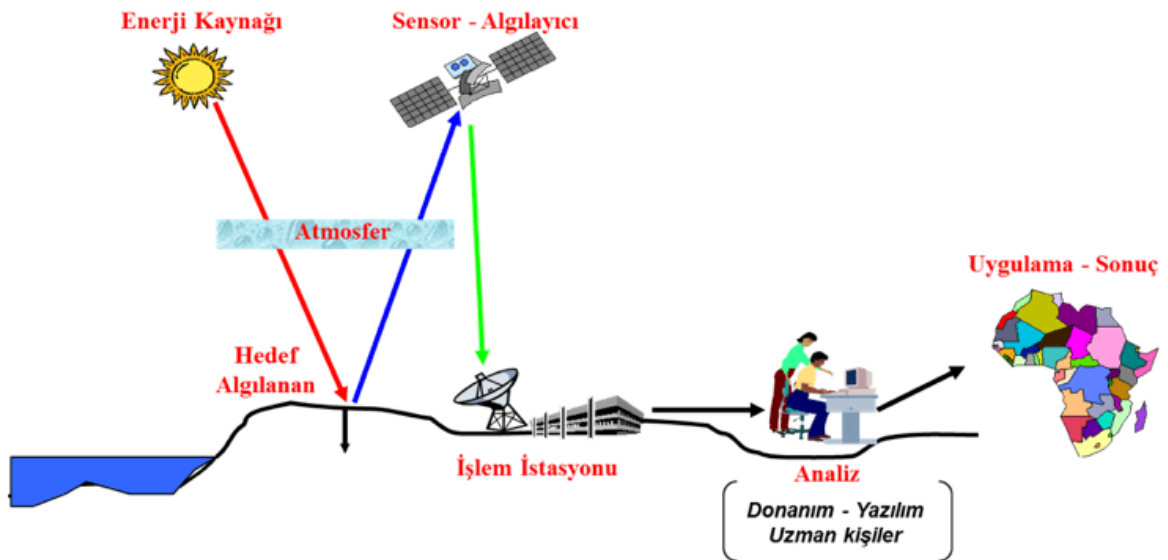


Şekil 2.1: Farklı objelere ait UA (URL-2, 2019).

Elde edilmesi gerekli veriler nelerdir? Mülkiyet sınırlarının güncel durumu bu sorunun cevaplarından bir tanesidir. Sınırları belirli, herkesçe bilinir bir alandaki değişimleri gözlemek ya da bir yolun tasarlanması için kazı ve dolduru hacimlerinin bilinmesi de bu soruya verilen cevaplar arasında sayılabilir. Bu sayede ihtiyaç duyulan malzemenin hesaplanarak temin edilmesi sağlanabilir. Şehir planı, mevcut imar planına uygun olmayan alanları belirlemek istediğinde UA'yı kullanabilir. Bunun için farklı ev türleri ve bunların konfigürasyonu belirlenmelidir. Tarım uzmanı, genel tarımsal üretimi tahmin etmek isteyebilir. Ürün başına düşen alansal miktar ve rekolte tahmini için bazı bilgilere ihtiyaç duyabilir. Bir çevre analisti, atık bertaraf alanlarının kirleticilerinin etkisini bilmekle mükelleftir. Bunun için çok iyi verilere ihtiyaç duyabilir. UA kullanımıyla ilgili örnekler bu şekilde günlük hayata dair genişletilebilir.

Tüm bu örnekler dünyanın izleme ve değerlendirilmesi için şarttır. Mekânsal bazda değişimleri belirlemek, takip etmek, sebep sonuç ilişkilerini değerlendirmek için sürekli bir izleme yapılması zorunludur. Yeryüzünün gözlemlenmesi için farklı yöntem ve teknikler kullanılmaktadır. Geçmişte daha basit olan birçok çalışma yapılmıştır. Günümüzde ise daha gelişmiş bir yöntem olan UA verileri ve teknikleri kullanılmaktadır. UA birçok şekilde tanımlanmıştır. Kısaca gözlem yapma sanatı, bilimi ve teknolojisi olarak ifade edilebilir. Bir nesneye ya da algıya fiziksel temas olmaksızın bilgi edinme bilimidir.

Prensip olarak uzaktan algılama kavramı enerjinin yeryüzüne ulaşip yansmasıyla başlayan bir süreç olarak ifade edilebilir. Yansıyan enerji bir algılayıcı tarafından algılanır. Algılayıcı bu veriyi istasyona ulaştırır. Veriler alıcı istasyonda bir miktar ön işleme tutulur ve sonrasında işlenerek kullanıcıya sunulur. Kullanıcılar verileri kendi uygulamaları için analiz ederler (Lillesand ve Kiefer 1994; Campbell, 1996). Uzaktan algılama elektromanyetik (EM) enerjiyi algılamaya dayanır. EM enerjisi elektriksel ve etkileşimli dalgalar şeklinde dolaşır. EM enerji radyasyonu dalgalarla modellenir. EM dalgalarının bir özelliği dalga boylarının frekans ölçümüne dayalı olarak sınıflandırılabilirlerdir. Mutlak sıfırın üzerinde bir sıcaklığa sahip tüm maddeler EM enerji yayar. Bu kurama göre her madde mutlak olarak belirli bir sıcaklıkta sıcaklığına bağlı olarak çeşitli dalga boylarında ışın enerjisi yayar. En büyük EM enerji kaynağı da güneştir. Güneşten gelen ışınlar atmosferde emilme, dağılma ve saçılma gibi olaylara maruz kalır. Aynı döngü dünya üzerindeki objeler için de geçerlidir. Objeye gelen ışık yansıtılır, aktarılır (geçirilir) ya da emilir. Objelerin bu durumu UA sürecinde göz önünde tutularak bazı parametrelerin hesaplanmasında kullanılır. Ana enerji kaynağı güneş ise pasif, farklı bir enerji kaynağı kullanılıyorsa aktif uzaktan algılamadan bahsedilmektedir. Algılayıcıya gelen her veri bir elektriksel enerjiye dönüştürülerek, bilgisayar ortamında sayısal değer olarak aktarılır. Aktarılan veriler bilgisayar yardımı ile piksellerden oluşan raster verilere dönüştürülür ve sonuç ürün görüntüsü oluşturulmuş olur (Şekil 2.2).



Şekil 1.2: UA genel iş akış şeması (URL-3, 2019).

Algılayıcılar iki ana platform üzerine kurulu durumdadır. Bunlar uydu ve uçaklardır. Uçak

kullanılması halinde hedef üzerinde belli bir gözlem yapabilmekte fakat geniş alanların gözlemlenmesinde yetersiz kalmaktadır. Uydular ise dünyanın her yerinden görüntü elde edebilecek kapasiteye sahiptirler. Günümüzde en yaygın kullanılan veriler uydu görüntüleridir. Günümüzde farklı mekânsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlüklere sahip uydu görüntüleri kullanıcıların imkanına sunulmuştur (Richards, 1992; Bell, 1995). Uydular teknoloji sayesinde her geçen gün daha gelişmiş çözünürlük kabiliyetlerine sahip olmaktadır. Ticari amaç ya da ticari amaç gütmeyen kuruluşlar birçok platform altında kullanıcıya uydu görüntü verisi sunmaktadır. Bu sayede araştırmacılar araştırma konularına uygun görüntü veri seçimini yapabilmekte, en uygun veri setini kullanabilmektedir. Uydu görüntü veri setinin amaca yönelik kullanımı, veri seti üzerinde bir takım ön işleme prosedürlerinin yapılmasına bağlıdır. Uydunun pozisyonu, algılayıcın birtakım özelliklerine bağlı yapılan radyometrik düzeltme algoritmaları, mekânsal olarak dünya üzerindeki yerinin tam olarak belirlenmesine yönelik geometrik düzeltme parametreleri ön işleme prosedürlerinin hemen hemen hepsinde mevcuttur. Uygulamacının amacına yönelik ilgili objeyi öne çıkarmak için kullanılan görüntü zenginleştirme teknikleri ise objeye ilişkin bilgilerin daha hassas ve doğru elde edilmesini sağlamaktadır. Bu amaçla birçok görüntü algoritmaları uygulanmaktadır (Marpu vd., 2010; Zhang, 2010). Ayrıca görüntü verisi üzerinden 2D ya da 3D arazi modelleri, bunlar üzerinden ortogörüntü elde edinme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Özellikle 3D model yardımıyla objelere ait yükseklik bilgileri ve buna bağlı diğer işlem prosedürleri gerçekleştirilmektedir (Gilvear ve Byant, 2003) (Şekil 2.3).



Şekil 2.2: UA veri çeşidi ve süreçleri (URL-4, 2020).

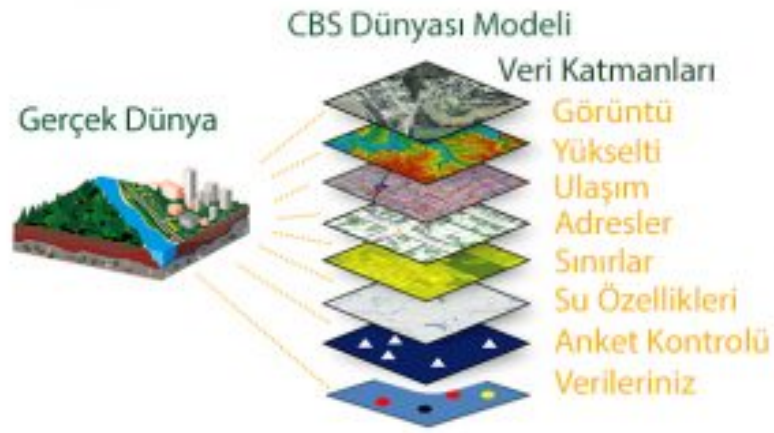
Bilgi çıkarımı kavramı, uydu görüntü verisi üzerinden görsel yorumlama sonucunda ulaşılan bilgidir. Bu amaçla tüm işlem prosedürlerinden geçmiş görüntü bilgisayarlar yardımı ile görsel yorumlamaya tabi tutulur (Panigrahy vd., 2010). Bu süreç tamamıyla mantıksal çıkarıma dayalıdır ve uzmanlık gerektiren bir konudur. Görüntü yorumlama unsurlarının bilinmesi ve deneyimle ilişkili süreçlerdir. Sonuç olarak görüntülenen her verinin yorumlanarak tekrar haritalanabilir olması esastır. Veri üzerinde yeni bir veri, hatta bilgi üretimi haritalama ile mümkün olmaktadır. Görsel görüntü yorumlama kalitesi, kullanılan kılavuzların deneyim ve kalitesine bağlıdır. Sayısal görüntü sınıflandırma, UA görüntülerinden tematik sınıflar üretmek için kullanılan bir tekniktir. Giriş çok bantlı bir görüntü, sonuç ürün ise tematik sınıf içeren bir raster dosyadır. Görüntü sınıflandırma teknikleri ise başlı başına bir disiplin olarak ifade edilebilir. Kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma teknikleri, günümüzde artık obje tabanlı ve hatta derin öğrenme algoritmaları olarak karşımıza çıkmaktadır (Li vd., 2014).

## **2.2 Coğrafi Bilgi Sistemi Prensipleri**

CBS mekânsal verilere ait analizler için yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle 1970'lerin sonlarından sonra hızla gelişerek kullanımı yaygınlaşmıştır. Bir şehir plancı için CBS kentsel sınırların gelişimi amaçlı kullanılırken nüfusun artışının gözlenmesi; bir biyolog CBS'ni bir alandaki canlı türleri popülasyonlarını gözlenmede gelişim döngülerini araştırmak için kullanabilmektedir. Bir jeolog CBS'ni inşaat için en uygun yer seçimlerinin analiz edilmesinde; bir maden mühendisi yeni bakır madenlerinin keşfedilmesi ve en uygun işletme sahasının tespitinde; bir orman mühendisi kereste üretiminde en ideal yer tespitinde, erozyonla mücadele alanlarının tespitinde; bir hidrolog ise su kalitesi parametrelerini incelemeye CBS'ni bir araç olarak kullanmaktadır.

CBS bilgisayar tabanlı bir sistem olarak dört aşama şeklinde coğrafi verileri işleyebilmektedir: Bu aşamalar veri elde edilmesi ve hazırlanması, veri depolama ve yönetimi, veri işleme ve analizi, veri sunumu şeklindedir. CBS'nin temel kullanımlarından biri karar verici için yardımcı bir araç olmasıdır (Turoğlu, 2000). Bu nedenle doğa içerisindeki mevcut durumu en doğru ve hassas bilgilerle bilgisayar ortamında canlandırmak ve birtakım analizler yardımı ile hedeflenen amaca yönelik sonuçlar üretmek temel felsefe olmalıdır. Gerçek dünyanın bilgisayar ortamında temsili esastır. Gerçek dünyadaki tüm girdilerin doğru ve hassas şekilde veri girişinin yapılması sonuç ürünün

niteliğini artıracaktır. O nedenle CBS içerisinde veri seçimi en öncelikli konular arasındadır. Doğru verilerin olması halinde bilgisayar ve CBS yazılımları kullanılarak gerçek dünyaya ilişkin verilerin saklanması, analiz edilmesi ve aktarılmasına olanak tanınmış olacaktır. CBS’de ana amaç modellemektir. Gerçek dünyada uygulayamayacağımız birçok olasılık ve tasarımları model üzerinde CBS yardımı ile gerçekleştirmek mümkündür. İlgili modeli yeni veriler ve farklı parametrelerle sürekli güncellemek ve olası yeni sonuçlara ulaşmak mümkündür. CBS ortamında en tanınmış model haritalardır. Özellikle oluşturulan sayısal haritalar birçok disiplin için yardımcı veriler konumundadır. Oluşturulan sayısal modeller, başkaca modellerin verisi şeklinde kullanılabilir. Bu sayısal haritalar saklanabilmekte ve tekrar tekrar analizleri mümkün olabilmektedir. Haritalar bilgiyi temsil etmek için yıllarca kullanılmaktadır. Bilindiği üzere analog bir haritanın kullanım kabiliyeti sınırlıdır. Aksine, sayısal bir harita günümüz teknolojileri ve bilgisayar ortamlarında saklanması ve kullanılması kabiliyetine sahip olduğundan son derece etkindir. Özellikle ölçek noktasında yaşanan sıkıntılar, sayısal haritacılıkla bir sorun olmaktan çıkmışlardır. Sayısal haritalar dolayısıyla sayısal veri tabanları günümüzde vazgeçilmez veri setleridir. Sayısal veri havuzunun yeter düzeyde olması bir ülkenin gelişmişliği ile de ilişkilendirilebilir. Bu verilerin en değerli olanları kuşkusuz coğrafi veri tabanlarıdır (Maraş, 1999) (Şekil 2.4).

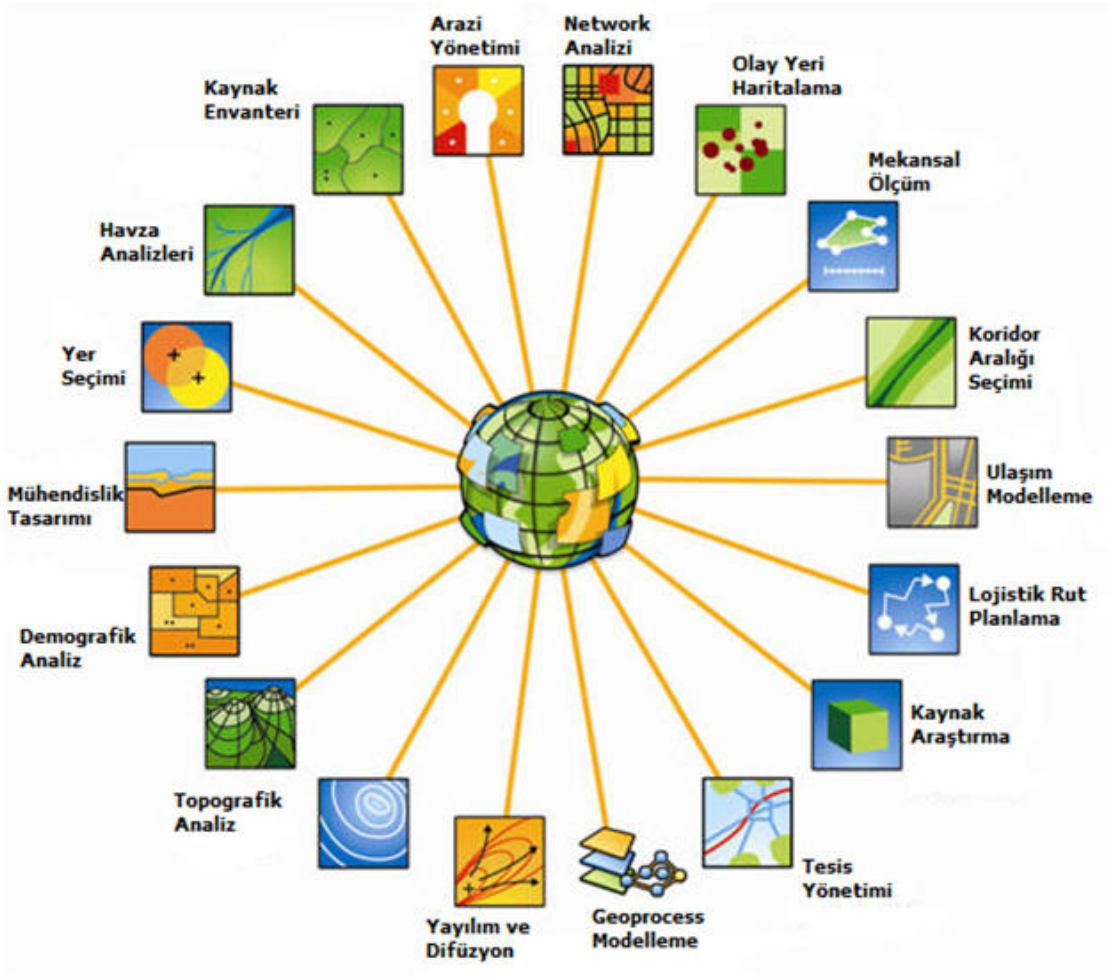


Şekil 2.3: CBS modeli (URL-5, 2019).

Coğrafyaya ait elde edilen tüm sayısal veriler bilgisayarlar içerisinde dinamik bir yapıda beklemektedir. Mekânsal veriye ait verilerin sayısal halde yeter sayı ve nitelikte olması önemlidir. Bunun için amaca yönelik çalışma içerisinde istenilen verilerin nicelik ve



niteliği öne çıkmaktadır. Çalışma amacına göre elde edilmesi ya da var olan sayısal verinin CBS ortamında çizgi, nokta ve alan olarak belirtilmesi ve öz nitelik verilerinin eksiksiz olması gereklidir. Her bir sayısal verinin öz nitelik verileri, amaca yönelik çalışmanın istenilen seviyede olması bakımından önemlidir. Veri yönetimi ve işleme fonksiyonları CBS'nin merkezinde bir konudur. Dolayısı ile verinin olduğu yerde, Veri Tabanı Yönetim Sistemi'nden (VTYS) bahsetmek gereklidir. VTYS işleme, yöntem ve teknikleri bütününe sadık kalınmalıdır. CBS içerisinde de bu ilkelere riayet edilerek kurgulanan mekânsal ve öz nitelik verilerin uyumu sonuca olumlu yansımaktadır. Mekânsal veri tabanları, CBS ile geleneksel VTYS'nin bir birleşimidir. Mekânsal verinin olmazsa olmazı koordinat bilgileridir (Döner ve Bıyık, 2009). Mekânsal verinin bilgisayar ortamında CBS aracılığı ile analizinde en önemli olgu koordinat bilgisidir. Koordinatlandırma yani projeksiyon tanımlama, ilgili sayısal verinin dünya üzerindeki yerini belirlemek için kullanılır ki analizlerde koordinat yardımıyla hesaplamaların büyük önemi vardır. Bu nedenle verinin konumsal doğruluğu oldukça önemlidir. Bu amaçla oluşturulan verinin vertekslere bağlı koordinat verisinin hassas ve doğru bir şekilde oluşturulması esastır. Buradaki anahtar tanımlamalar ise koordinat ve projeksiyon tanımlamalarıdır. Her bir veri sayısal olarak elde edilmez. Mevcut analog verilerin de sayısal hale dönüştürülmesi zorunludur. Lakin buna ilişkin işlemler çok titiz tasarlanmalı ve hassas bir şekilde yapılmalıdır. Gerektiğinde veriler tekrar sayısal olarak üretilmelidir. Eski dönemlere ait çoğu verilerde bu mümkün olmadığı için, bazı analog verilerin sayısal hale dönüştürülmesi elzemdir. Geçmiş yıllara ait analog tematik veriler bu işleme ait bir örnektir. CBS yardımı ile konuma bağlı analizler çalışmanın ana unsurlarıdır. Coğrafi sorgulamalar, coğrafi analizler, ağ analizleri, sayısal arazi analizleri, ölçme ve geometrik hesaplamalar, istatistik analizler, grid analizleri bu işlemlerin başında gelmektedir. Tüm bu ana başlıklar altında farklı analiz türleri de mevcuttur. Sonuç ürün ise haritadır. Haritalama bu işin gerçek ürünüdür. Görselleştirmenin bir sonucudur ve kolaylıkla anlamlandırılabilir. Her çıktı ürünün kendine özgü tasarım kriterleri mevcuttur. Haritalama için uygun görselleştirmeler CBS yazılımları içinde mevcuttur. Bu durum anlaşılabilirliği kolaylaştırır. Haritalama yapılırken tüm kartografik kurallara da riayet edilmelidir (Uluğtekin ve İpbüker, 1996) (Şekil 2.5).



Şekil 2.4: CBS'ne ilişkin genel kullanım alanları (URL-6, 2019).

### 2.3 CBS ve UA Entegrasyonu

CBS ve UA geleneksel haritacılığı da kapsayan geniş iki ana bileşendir (Estes ve Star, 1993). UA ve CBS neredeyse bağımsız olarak gelişse de aralarındaki sinerji giderek daha belirgin hale gelmiştir (Aronoff, 2005). Günümüzde, CBS yazılımı görüntülerin görüntülenmesi ve analizi için araçlar içerir. Görüntü işleme yazılımı genellikle "yardımcı" jeo-uzamsal verileri analiz etmek için seçeneklere sahiptir (Faust, 1998). UA ve CBS'nin 'entegrasyonunda' kaydedilen önemli ilerleme, birçok çalışmada iyi bir şekilde özetlenmiştir (Hinton, 1996; Wilkinson, 1996). Bununla birlikte, gelişmeler o kadar hızlıdır ki en son teknolojinin periyodik olarak yeniden değerlendirilmesi açıkça garanti edilmektedir (Ehlers, 1990). UA-CBS entegrasyonunun mevcut en son teknolojisini dikkate almak için üç seviyeli bir sınıflandırmadan söz edilebilir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: UA – CBS entegrasyonu aşamaları.

Entegrasyon Seviyesi	Temel Özellikler	Desteklenen Analiz Örnekleri
Birinci Seviye Entegrasyon	Ayrı GIS ve görüntü analiz sistemleri arasında veri alışverişi yoluyla elde edilir.	(a) CBS (genellikle vektörde) verilerinin ve uzaktan algılanan (raster) görüntülerinin aynı anda görüntülenmesi (b) Düşük seviyeli görüntü işleme sonuçlarını CBS'ne ve CBS tabanlı analiz sonuçlarını görüntülü analiz yazılımı sistemine taşıma becerisi
İkinci Seviye Entegrasyon	Ortak bir kullanıcı ara yüzü ile kolaylaştırılan 'kesintisiz' tandem veya kombine raster-vektör işleme izin verir.	(a) CBS verilerini doğrudan görüntü işlemeyle dahil etme yeteneği (b) Heterojen veri girişini tutarlı bir şekilde barındırma yeteneği (c) CBS ve görüntü verilerini zamansal evrimle birleştiren simülasyonlar oluşturma yeteneği
Üçüncü Seviye Entegrasyon	Uzaktan algılama ve CBS, tek ve entegre bir sistem (telejeoişlem) olarak çalışır.	(a) Birleştirilmiş veri yapısında raster ve vektör verilerini yerleştirmek (b) Sensor ağlarını ve diğer teknolojilere bağlantılarını kullanarak gerçek zamanlı analizi kolaylaştırmak

Hava fotoğrafları uzun süredir analog mekânsal ürünler üretmek için kullanılmaktadır. Bunlar artık sayısal formda olup genellikle CBS veri tabanlarının önemli bileşenlerini oluşturmaktadır. Sayısal uzaktan algılama sistemlerinin ve görüntü işleme yazılımının ortaya çıkmasıyla, CBS'de uzaktan algılamanın önemi artmıştır. UA uygulamaları arasında, ortogörüntülerin CBS temel katmanı olarak kullanılmasından, arazi kullanımına ilişkin tematik verilerin geliştirilmesine ve görüntülerden binalar ve yollar gibi kartografik özelliklerin çıkarılması böylelikle benzersiz mekânsal veri kümelerinin oluşturulması mümkündür.

UA, arazi kullanımı, arazi örtüsü özellikleri ve yüzey yüksekliği ile ilgili veriler de dahil olmak üzere; CBS analizleri için kritik olan birçok tematik veri türü için birincil kaynaktır. Hava ve uydu görüntüleri de genellikle arazi kullanımını değerlendirmek ve mevcut mekânsal veri tabanlarını güncellemek için kullanılmaktadır (Şekil 2.6).



**Biyofiziksel olaylar;** UA, yüzey sıcaklığı, geçirimsizlik, su berraklığı, evapotranspirasyon, bitki pigmentleri, biyokütle, tepe örtü yapısı ve yüksekliği, yaprak alanı indeksi (YAI) ve toprak nemi dahil olmak üzere çeşitli biyofiziksel özelliklerle ilgili tematik veriler sağlamak için kullanılabilir (Jensen, 2005). Bu tür veriler, CBS tabanlı hidrolojik, meteorolojik, orman yangını riski ve mahsul tahmin modellemesi için gereklidir (Nemani vd., 2002). MODIS gibi sensörlerden elde edilen biyofiziksel veriler, karbon dinamikleri, ekosistem süreçleri ve bitki örtüsü üretkenliğine odaklanan küresel ölçekli biyofiziksel modellerin giderek daha fazla anahtar girdileridir (Huete, 2005).

**Bilgi çıkarımı;** UA ile toplanan görüntüler fiziksel nesnelerin (örn: binalar, yollar) otomatik olarak tanımlanması ve haritalanması için kullanılmaktadır. Bu işlemler, mevcut CBS veri tabanlarını güncellemek ya da bunların doğruluğunu artırmak veya yeni veri katmanları oluşturmak için kullanılmıştır (Gruen ve Li 1997). Shan ve Lee (2005), IKONOS görüntülerini binaların veri tabanlarını oluşturmada kullanabildiklerini raporladılar.

**Peyzaj değişikliği;** UA, mekânsal özelliklerdeki değişiklikleri tanımlamak ve haritalamak için birçok fırsat sağlamaktadır. Günümüzde, UA verileri, genellikle hidroloji ve ulaşım ağlarında CBS veri tabanlarını güncellemek için kullanılmaktadır. Kasırgalar gibi doğal tehlikelerin etkileri ve toprak erozyonu gibi dinamik süreçlerin ilerlemesi de uzaktan algılama ile izlenebilmektedir. Çok zamanlı veriler, yerel, bölgesel ve küresel ölçeklerde mevsimsel ve yıllar arası peyzaj olaylarını izlemek için kullanılır. Örneğin, Zhang vd. (2006) küresel bitki örtüsü yeşillik modellerini değerlendirmek için MODIS verilerinin kullanımını tanımlamıştır.

Sayısal yükseklik modelleri, toprak, ulaşım, su ve arazi kullanımı gibi birçok mekânsal veri kümeleri açısından değerlendirildiğinde CBS'nin ortak bileşenleri şeklinde tanımlanabilir. Daha sıklıkla uydulardan sağlanan görüntülerden verilerinden elde edilen bu mekânsal verilerin gün geçtikçe doğruluk ve hassasiyetleri de artış göstermekte ve daha geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Dolayısı ile yorumlama ve sayısal görüntü işleme analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Pitas, 1993). Günümüz koşullarında CBS programları için UA verilerin kullanılabilmesi için genel olarak 3 önemli yol bulunmaktadır. Bunlar görüntülerin radyometrik düzeltilmesi, geometrik düzeltilmesi ve sınıflandırma işlemleri şeklindedir. Sonuç olarak tematik harita üretimi sınıflandırma

aşamasının sonrasında oluşan üründür. Son yıllarda, geleneksel istatistiksel tabanlı sınıflandırma işlemlerini artırmak ve potansiyellerini iyileştirmek için bir dizi farklı yöntemler gerçekleştirilmektedir. Yapay sinir ağları, karar ağacı sınıflandırmaları ve yapay zekâ teknikleri bunların arasındadır. Farklı metodlar gerçekleştirilen sınıflandırma yöntemlerinin başarılarını sürekli olarak iyileştirmektedir. Kural tabanlı sınıflandırma yöntemleri (Rule-based classification methods), belirli bir alana özgü gerçekleri, anlayışları ve sezgiselleri depolayan bir "bilgi tabanı" kullanır (örneğin, IKONOS görüntülerine ve yardımcı verilere dayalı arazi örtüsü sınıflandırması). Kural temelli sınıflandırma, "kanıta dayalı akıl yürütme" yoluyla da uygulanabilir. Bu prosedür, karar ağacı yaklaşımının (decision tree approach) pek çok avantajına sahiptir, ancak aynı zamanda öznel yargının kullanılmasını sağlar ve kullanıcıya her sınıf için verilen kararın riskinin (güveninin) bir ölçüsünü sağlar. Yapay Sinir Ağları (YSA); Artificial neural networks (ANN), uzman bilgisinin ve yardımcı verilerin görüntü analizi ile entegre edilebildiği bir başka yöntemdir. YSA, eğitime dayalı öğrenme ve uyarılma yoluyla kural geliştirme dahil, insan muhakeme ve karar verme süreçlerini simüle etmek için tasarlanmıştır (Chun vd., 2007).

Son yıllarda teorik ve teknik ilerlemeler, veri analizini giderek daha "kusursuz" hale getirmiştir. Yine de UA – CBS entegrasyonunun tam potansiyelinin gerçekleştirilebilmesi için önemli, çoğu zaman birbiriyle ilişkili olan sorunların ele alınması gerekmektedir. Teknolojik gelişmeler, coğrafya sürekli yeniliklerin olduğu dinamik bir alandır. UA'da, örneğin; hiperspektral ve mikrodalga sensörlerin artan kullanımı, LIDAR, çok yüksek çözünürlüklü görüntüler ve zaman serisi verileri, hem fırsatlar (örneğin; arazi örtüsünün gelişmiş karakterizasyonu) hem de zorluklar (örneğin; büyük veri hacimlerini işleme, görüntü veri füzyonu ve entegre veri analizi) içermektedir. İnternet, kablosuz ve uydu iletişimindeki geliştirmeler ve yerinde algılayıcılardaki yenilikler, bazılarının 'telejeoişlem' olarak adlandırdığı bir süreç olan UA ve CBS'in giderek daha sağlam 'gerçek zamanlı' uygulamalarının yolunu açmaktadır. Google Earth ve İnternet Harita Hizmeti (IMS) uygulamaları gibi web tabanlı araçlar artık coğrafi verilere hazır erişim sunmaktadır. Bu sunum giderek daha büyük bir kitle sağlamaktadır. Ancak görüntülerin temel entegrasyonu ve grafikler oluşturulurken web tabanlı entegre mekânsal analizin daha karmaşık uygulaması, meta veri standartları, veri aktarım biçimleri, sunucu / sunucu hesaplama ve iletişim protokolleri ile ilgili sorunların çözülmesini gerekmektedir. (Karan vd., 2016).

CBS ve UA entegrasyonunda, veri sürekliliği, koruması ve iyileştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Bazı çalışmalar bir dizi mekânsal ve küresel ölçekli veri toplama gerektirmektedir. Geçmişle günümüz arasındaki ilişkiyi anlamak için veri sağlayıcılarının geçmişten günümüze süreklilik oluşturmaları önemlidir. Bu bağlamda United States Geological Survey (USGS) and National Aeronautics and Space Administration (NASA) Landsat program ve the United States National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) gibi uydu görüntü verileri oldukça önemli veri sağlayıcılardır. Yaklaşık kırk yıldır Landsat veri havuzunun kullanılabilirliği ve kullanılabiliyor olması birçok çalışma için oldukça önemlidir. Son yıllarda bu veri sağlayıcılar arasında Sentinel şirketinin de katılıyor olması oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca bu platformlara kullanıcılar tarafından ücretsiz olarak ulaşılabiliyor olması da yaygınlığını ve kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Sistemik veri toplama stratejileri arasında ve yıllık çevresel değişikliklerin (doğal ve antropojenik) veri sürekliliğini sağlamak ve geliştirmek önemlidir. Sonuç olarak Global Archive Consolidation (GAC) programı kapsamında USGS'in başlattığı Landsat programı başarıyla devam ettirilmektedir (Wulder vd., 2012). Bu platform üzerinden 2012 yılına kadar bugüne yaklaşık 3 milyondan fazla görüntü indirilmiş ve kullanılmıştır. Sürekli olarak güncellenen USGS sayfasında farklı uydu görüntü verileri de ücretsiz olarak sunulmaktadır (Romijn vd., 2012). Şubat 2013'te NASA ve USGS, bir sonraki Landsat olan (Landsat 8 olarak bilinen) Landsat Veri Sürekliliği misyonunu başlatmıştır. Sentinel-1A C-band radarının Nisan 2014'te piyasaya sürülmesiyle Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ve Avrupa Komisyonu, Sentinels olarak bilinen önemli bir çift uydu takımıydızı dizisi devreye sokmuştur. 2015 'de başlatılan Sentinel-2 misyonu, beş günde bir küresel kara yüzeylerinin ve kıyı sularının orta uzamsal çözünürlük (10 m ila 60 m 30 m'lik Landsat çözünürlüğüne kıyasla daha iyi) görüntülerini sağlayacaktır (Berger vd., 2012; Drusch vd., 2012). Landsat ile birlikte bu uydular, gezegenimizin yüzeyindeki herhangi bir alanı 3-4 günde bir yatay ölçekli verilerle gözleme potansiyeli sağlamaktadır. Sonuç olarak, UA görüntülerinin kullanımı kalibrasyon ve doğrulama için yerinde bilgi gerektirdiğinden, referans verilerinin sürekli kullanılabilirliğine ihtiyaç vardır. Committee on Earth Observation Satellites (CEOS) Arazi Ürün Doğrulama Çalışma Grubu gibi uluslararası girişimler, arazi ürünü doğrulama (Olofsson vd., 2012), veri toplama, analiz ve doğruluk raporlaması için protokoller üzerinde topluluk fikir birliğini teşvik eder ve bu referans verilerini ücretsiz platformlar altında kullanıcıya sunmaktadır.

Etkili veri dağıtım stratejilerinin, araçlarının ve son kullanıcıların teknik kapasitesinin olmaması nedeniyle erişim sınırlı olmaktadır. İnternet, uydu veri setlerini küresel olarak kullanılabilir hale getirmek için bir platform üzerinden veriye ulaşım sağlanmaya devam etmektedir. Farklı yaklaşımların ardından hem USGS Landsat arşivi hem de Google Earth™, erişimi kolaylaştırmak için belirli web siteleri, araçlar ve dağıtım mekanizmaları geliştirmiştir. Her ikisinin de mekânsal verilerin kullanımının genişlemesinde büyük bir katkısı bulunmaktadır. Avrupa'da Copernicus Programı, araçlar, zemin segmenti işleme, veri ürünlerinin performansı, Sentinel verilerine nasıl erişileceği ve ücretsiz araç kutuları aracılığıyla nasıl işleneceği hakkında bilgi sağlamak için bir platform geliştirmiştir (URL-8, 2020). Ayrıca, uydu görüntüsü sağlayıcıları, tipik olarak uzay ajansları ve araştırma kuruluşları, yalnızca ham görüntüleri daha erişilebilir hale getirmekle kalmamış, aynı zamanda kullanımı daha kolay olan daha yüksek seviyeli ürünler (örneğin; Ortorektif, atmosferik olarak düzeltilmiş veri ürünleri) sağlamışlardır. Örneğin; USGS, belirli yıllara (1975, 1990, 2000, 2005, 2010) odaklanan ve araziye göre düzeltilmiş görüntü koleksiyonlarından oluşan ve büyük ölçekli arazi örtüsü haritalaması için çok yıllık Küresel Arazi Araştırması ürünleri sağlamaktadır (Townshend vd., 2012)

Bu çalışmada kullanılan FAO'nun Collect Earth (CE) (Bey vd., 2016) yazılımı uzaktan algılamada asgari geçmişe sahip uzmanların, ücretsiz ve açık kaynaklı araçlar kullanarak herhangi bir alanın Çok Yüksek Çözünürlüklü uydu görüntülerinin (VHR) yorumlanması yoluyla sağlam arazi değerlendirmeleri yapmalarını sağlamaktadır. CE, arazi örtüsü haritalama için yeni işlevler sunarken, kullanıcıların sık kullanılan yazılımı paylaşmasını, düzenli olarak güncellemesini ve verileri yedeklemesini gerektirmektedir. CE Online (CEO), Ulusal Havacılık ve Uzay Ajansı (NASA) ve United States Agency for International Development (USAID) arasında bir ortak girişim olan SERVIR tarafından geliştirilmiş, özel olarak oluşturulmuş, açık kaynaklı, yüksek çözünürlüklü bir uydu görüntüsü görüntüleme ve yorumlama sistemidir. Bu bağlamda CEO, arazi örtüsü ve / veya arazi kullanımı referans verileri gerektiren projelerde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. CEO, arazi örtüsü / arazi kullanımı değişikliğinin sınıflandırılması ve izlenmesinde kullanılmak üzere referans veri grafiklerinin yerinin belirlenmesi, yorumlanması ve etiketlenmesine katkı sunmaktadır. CEO kod tabanı, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün Open Foris Girişimi ile paylaşılmıştır (URL-9, 2020).



## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı olarak Yukarı Sakarya Havzası seçilen bölgenin, başta arazi kullanım sınıfları değişimi olmak üzere, yeşillenme ve çölleşme alanlarının takibi, net birinci üretimin tespiti için Collect Earth metodolojisi kullanılmıştır. Çalışma için kullanılan tüm veri kaynakları Collect Earth programı aracılığı ile temin edilmiş, analiz için yine programın sağladığı istatistiki yazılım kullanılmıştır.

#### 3.1 Çalışma Alanı

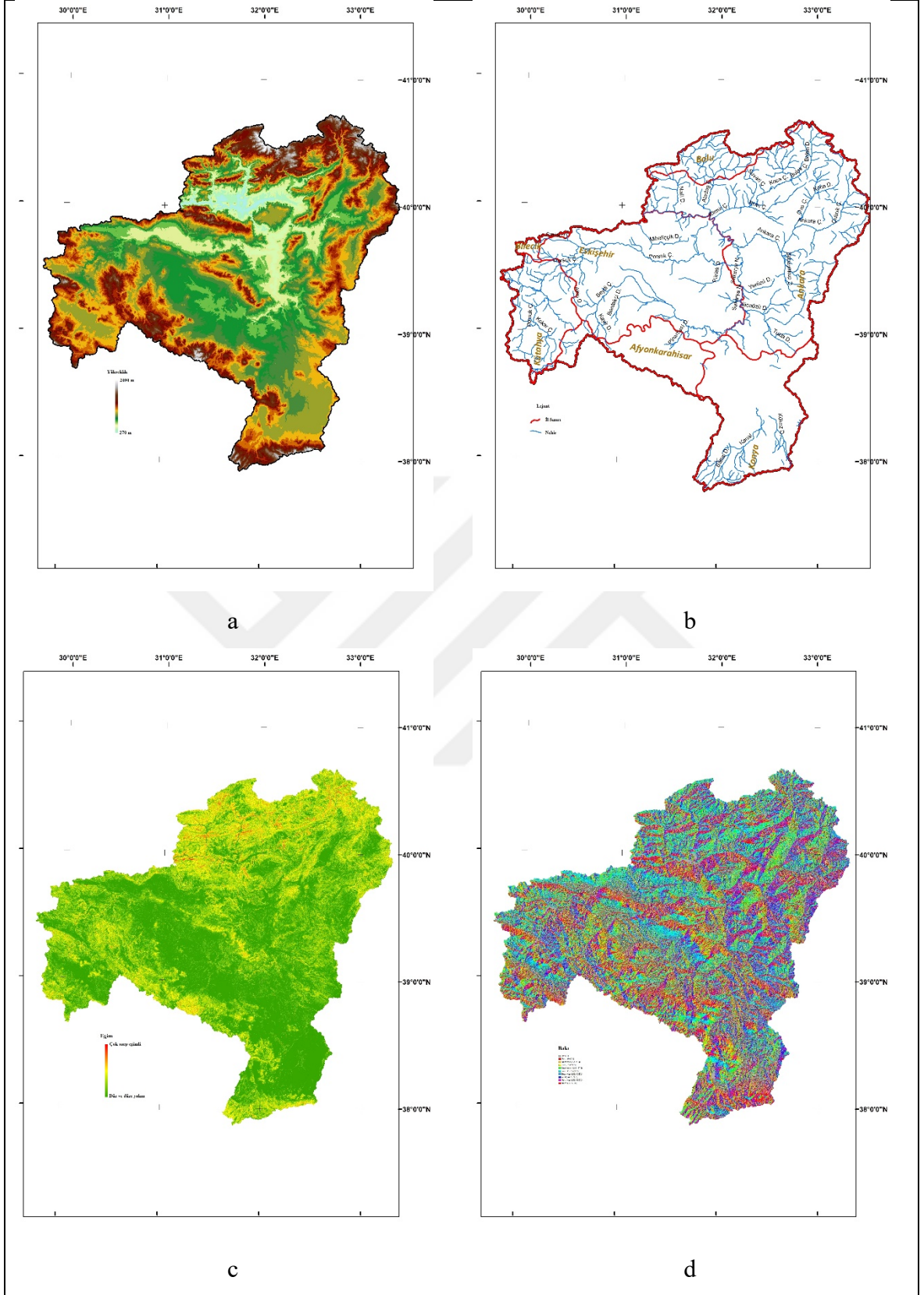
Çalışma alanı olarak Yukarı Sakarya Havzası seçilmesinin nedeni, bu bölgenin Eskişehir ovasının güneyinde ve mevcut ovanın ortalama yüksekliği olan seviyenin (~800 m) 150-200 metre yükseklikte sırtlarla çevrilmiş bir bölge olmasıdır. Ovanın drenaj sistemini Sakarya Nehri ve kolları oluşturmaktadır. Bölge relief bakımından ova, yayla, dağ ve tepelerden oluşmakla birlikte hakim relief yayladır. Yaylalar bölgenin orta kısmında yer almakla birlikte kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanmaktadır. Yaylaların ortalama yüksekliği 900-950 metre seviyelerindedir. Yaylaların içerisinde yüksekliği 50-300 metre arasında değişen tepelikler bulunmaktadır (Ardel, 1955) (Şekil 3.1).

#### 3.2 Collect Earth ve Yazılım Destekleyicileri

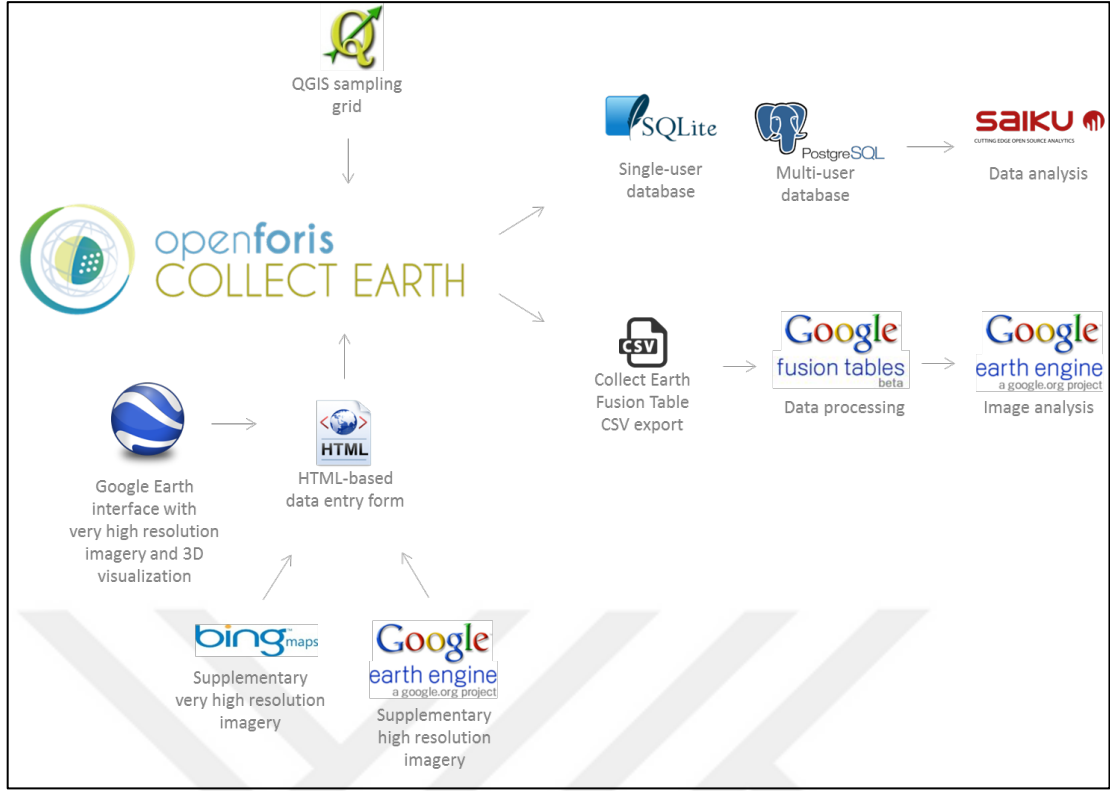
CE java tabanlı açık kaynaklı, kullanıcı dostu bir araçtır. SQLite ve PostgreSQL tabanlı çok amaçlı arazi izleme ve değerlendirme sistemidir (Open Foris, 2015). CE HTML tabanlı bir veri giriş formu ile birlikte bir Google Earth arayüzü kullanır. Kullanılacak tüm formlar amaca yönelik olarak özelleştirilebilme imkanına sahiptir. Intergovernmental Panel on Climate Change; Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), the European Commission; Avrupa Komisyonu (EC), FAO kuruluşlarının organizasyonu doğrultusunda kullanılması öngörülmüş ve tamamlanmıştır. Ana amaç uydu görüntü verilerinden yararlanarak, arazi örtüsü/kullanım değişikliklerini izleme ve değerlendirmesini yapıp, alana ilişkin öznitelikler vasıtasıyla veri tabanı oluşturmaktır (Şekil 3.2).

***Uydu görüntülerinin görselleştirilmesi (Google Earth, Bing Maps and Google Earth Engine);*** CE yüksek ve orta çözünürlüklü verilerin yorumlanmasını kolaylaştırır. Google Earth 15 m ye kadar olan çözünürlüklere kadar Landsat, 2,5m çözünürlükteki SPOT ve yüksek çözünürlüklü diğer veri sağlayıcıların (CNES, Digital Global, EarthSat, First Base Solutions, GeoEye-1, GlobeXplorer, IKONOS, Pictometry International, Spot Image, Aerometrex and Sinclair Knight Merz) görüntülerini kullanabilir. Ayrıca CE, 3m-30m arasında değişen Bing Maps harita verilerini, Google Earth Engine (GEE) web tabanlı platformunu erişim sağlayarak kendi içerisinde organize edilebilmesine olanak sağlar.





Şekil 3.1: Yukarı Sakarya Havzası yükseklik (a), drenaj (b), eğim (c) ve bakı (d) haritaları.



Şekil 3.2: Collect Earth sistem görünümü (Bey vd. 2016).

Google Earth, Bing Maps ve Google Earth Engine'de kullanılan görüntüler yalnızca mekânsal olarak farklılık göstermez. Aynı zamanda zamansal çözünürlüklerinde de farklılık göstermektedir. Dolayısı ile CE, kullanıcıların bir zaman çizelgesi içinde arazi hakkında bilgi toplamasına olanak sağlar. IPCC genel olarak arazi örtü/kullanım doğrultusunda en az 20 yıllık sürecin değerlendirilmesinin uygun olduğunu önermektedir (URL-12, 2020). Bu yüzden CE mevcut potansiyeli ile bu koşulu yüksek ve orta çözünürlükteki uydu görüntü verileri kullanarak sağlayabilmektedir.

**SQLite ve PostgreSQL;** Collect Earth'e girilen veriler otomatik olarak bir veri tabanına kaydedilir. CE, bir SQLite veri tabanı ile tek kullanıcı için yapılandırılabilir. Bu düzenleme, bireysel kullanıcılar veya coğrafi olarak dağıtık ekip için en iyisidir. Çok kullanıcı ortamları için özellikle kullanıcıların paylaşılan bir ağ üzerinden yapacağı çalışmalar için PostgreSQL veri tabanı önerilir. Collect Earth'ün PostgreSQL yapılandırması, kullanıcıların yeni verilerin ne zaman girildiğini gerçek zamanlı olarak görmelerine izin vererek çalışmalarını kolaylaştırır. Ayrıca bir yöneticinin kalite kontrol amacıyla başkalarının çalışmalarını incelemesini de daha kolay olabilmektedir.

**SAIKU İstatiksel Analiz sunucusu;** her iki veri tabanı türü de Meteorite danışmanlığı tarafından üretilen açık kaynaklı web tabanlı bir yazılım olan Saiku Server'ı otomatik olarak doldurur. Bu açık kaynaklı yazılımın bir sürümü, Collect Earth verilerini görselleştirmek ve analiz etmek için özelleştirilmiştir. Saiku veri tabanındaki bilgiyi düzenleyerek kullanıcıların veriler üzerinde sorgulama yapmasına ve sonuçları tablo formatında veya grafikler halinde hızlı bir şekilde görüntülemesine olanak tanır (URL-10, 2019).

**Google Earth Engine (Görüntü işleme ve analiz);** GEE uydu görüntülerini ve diğer görüntü verilerini işlemek için kullanılan web tabanlı bir platformdur. GEE kesintisiz ortalama 40 yıllık yer gözlem verilerine erişime imkan tanır. GEE Google tarafından Carnegie Mellon Üniversitesi, NASA, USGS ve TIME ile ortaklaşa üretilmiştir.

İlgili API ye erişim, Earth Engine Playground adlı web portal aracılığı ile gerçekleştirilir. Bu çevrimiçi IDE bir JavaScript kod düzenleyicisi, bir görselleştirme penceresi, bir API referansı ve hataları da görebileceğimiz bir arayüzden oluşur. Arayüzde geliştirilen konut dosyaları işlenmek üzere Google'a gönderilir. Sonuçta veriler ilgili serverlar üzerinden komuta dayalı işlenerek görsel ya da grafiksel olarak sunulabilir. Görüntü ya da grafik ekran üzerinde kaydırma, yaklaştırma vb. işlem adımları da yürütülebilir (Şekil 3.3).



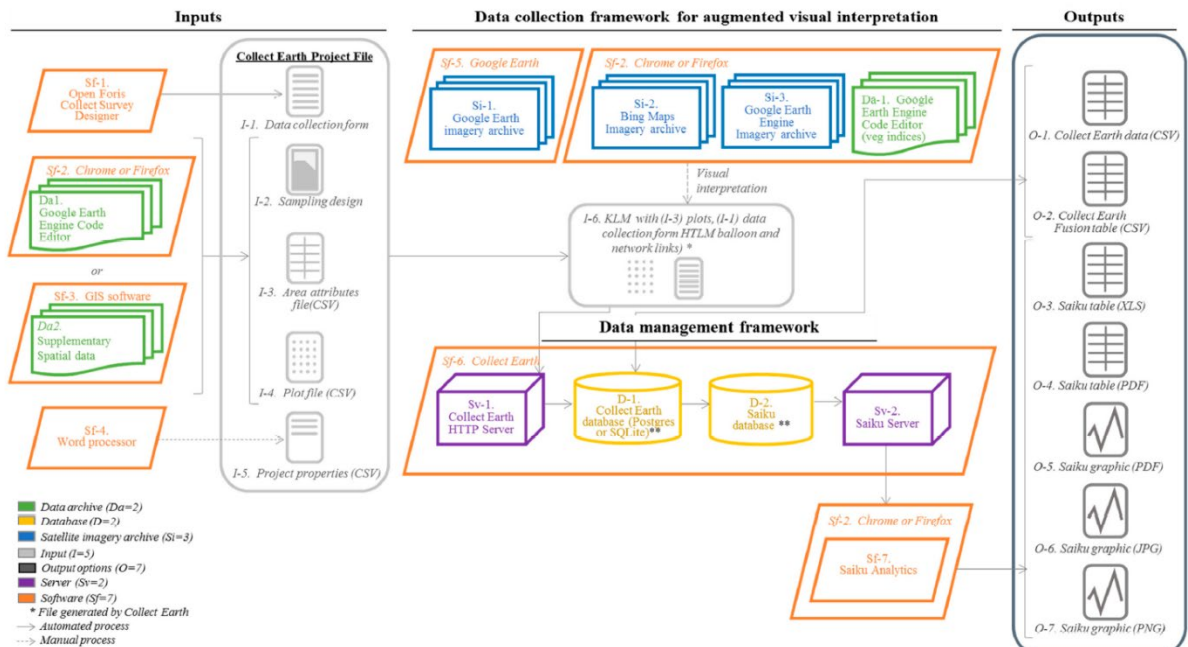
Şekil 3.3: Google Earth Engine, Code Editor sayfası genel tanıtımı (Bey vd. 2016).

### 3.3 Collect Earth Yaklaşımı ve Görsel Yorumlama/Analiz

CE amaca yönelik farklı çalışmalar için özelleştirilerek kullanılabilir. Her bir özelleştirme doğrultusunda farklı grafik ve görüntü verileri kullanılarak bir sistem dahilinde sonuç veri ya da bilgiler üretmek mümkündür (Şekil 3.4). Orman envanteri, değişim belirleme, arazi sınıflandırma gibi farklı amaçlar için öncelikle CEP (Collect Earth Proje) dosyası oluşturulmalıdır. Buna göre her CEP dosyası;

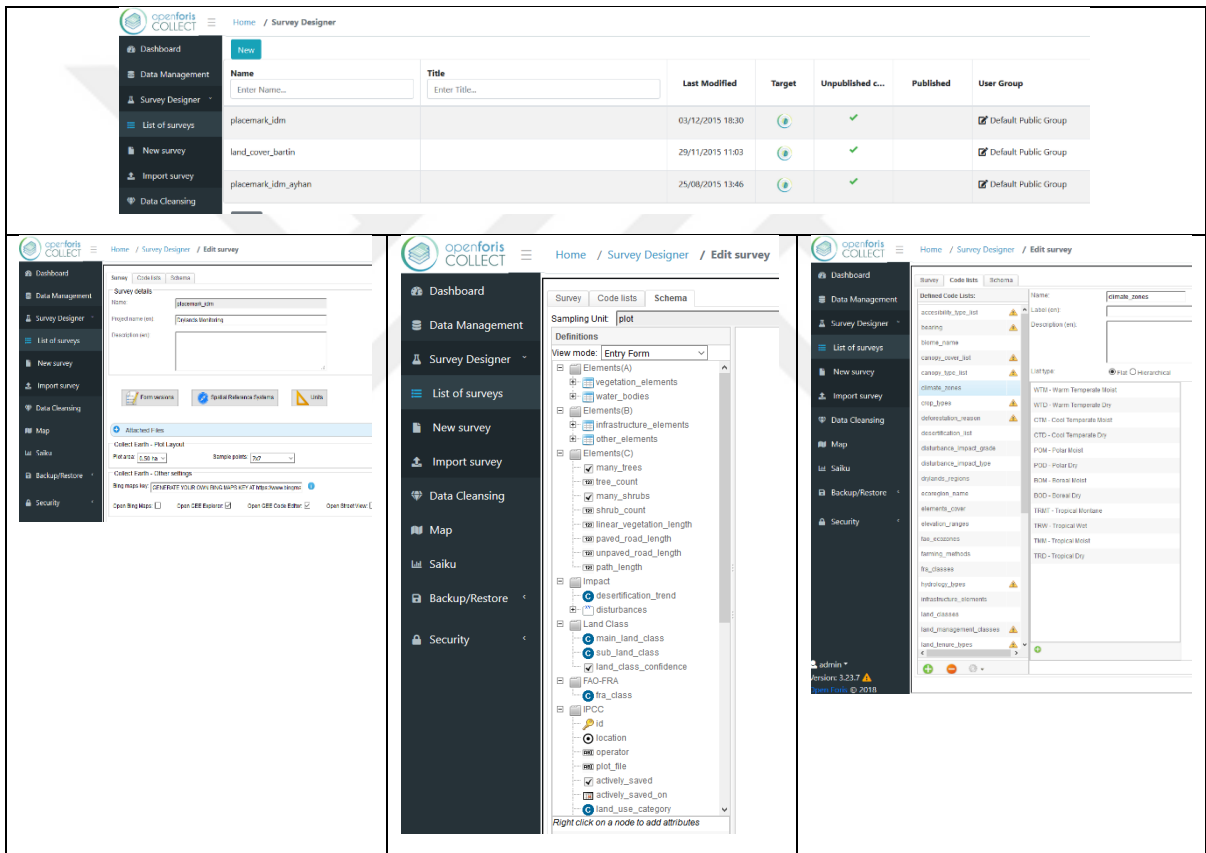
- ❖ Veri toplama formu (Şekil 3.4, I-1)
- ❖ Örneklem tasarımı (Şekil 3.4, I-2)
- ❖ Alan özellikleri dosyası (Şekil 3.4, I-3)
- ❖ Parsel alan dosyası (Şekil 3.4, I-4)
- ❖ Ek uzantı dosyaları (Şekil 3.4, Da-2)
- ❖ Proje özellikleri dosyası (Şekil 3.4, I-5)

parametrelerini içerebilmektedir (Bey vd. 2016). Bu girdilerin hepsi ayrı ayrı özelleştirilebilmektedir.



Şekil 3.4: Collect Earth arazi izleme değerlendirme yaklaşımı (Bey vd., 2016).

**Veri toplama formu;** veri tabanı ve veri toplama penceresi oluşturmak için kullanılan web tabanlı bir yazılımdır (Şekil 3.5). Oluşturulan veri tabanı, Collect Earth yazılımı veri toplama penceresinin içeriğini oluşturmaktadır. Veri tabanı kategorisinde oluşturulacak tüm altlıkların yer aldığı alandır. Veri girişi sağlanan pencerelerin yönetilmesine ve veri girişinin şekline karar verilen, parsel alanlarının boyutu, şekli, veri girişi pencerelerinin düzeni ve diğer tüm veri girişlerinin düzenlenebildiği kısımdır. Veri toplama formu aracılığı ile amacınıza yönelik objeye ait ulaşılabilir bilgilerin tümünün, veri girişi olarak hazırlanabildiği veri tabanı kısmıdır. Open Foris/Collect olarak adlandırılır ve açık kaynaklı bir yazılımdır.



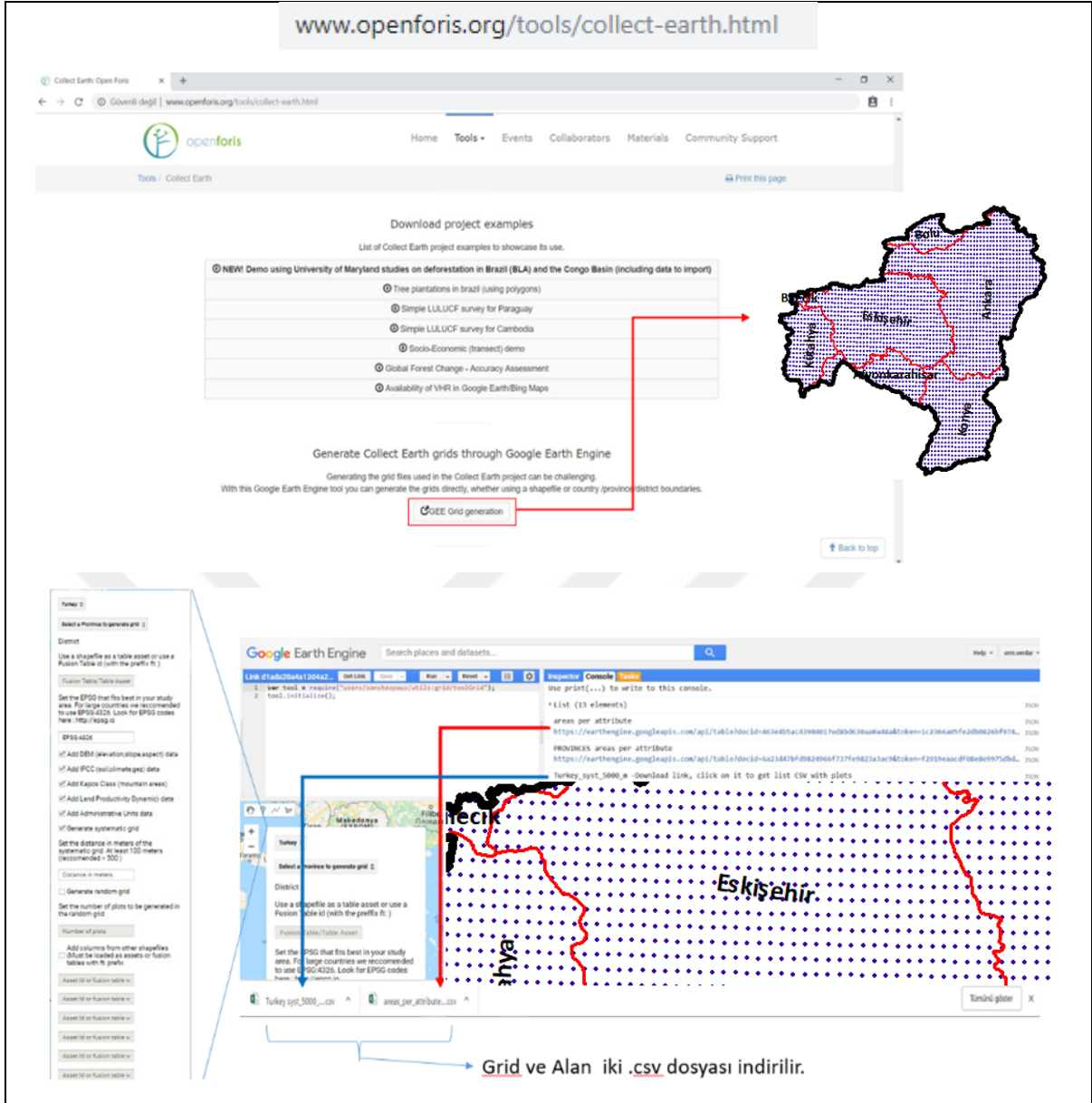
Şekil 3.5: Open Foris Collect; Veri toplama/tasarımı.

**Örneklem tasarımı;** Collect Earth yazılımı üzerinden gridler kullanılarak, alan bilgilerine ait altlıkların oluşturulduğu yerdir. Örneklem yöntemiyle rastgele ve sistematik olarak küresel ölçekte herhangi bir alana ait örneklem parsel alanların oluşturulması sağlanır. Aynı zamanda herhangi bir CBS programı kullanılarak örneklem tasarım gerçekleştirilebilir (Şekil 3.6). Collect Earth bu tasarımları da uygun formatta kabul edebilen yeteneğe sahiptir. Bölgesel ve ulusal bazda büyük alanların enterpole yolu ile

arazi izleme ve değerlendirmeleri için alana rastgale ya da sistematik olarak dağılmış örneklem kullanımı literatürde sıklıkla görülmektedir. Büyük alanlarda yapılan çalışmalarda, alana dağılmış uygun küçük parseller değerlendirilerek, sonuçların büyük alana enterpole edilmesi temel prensip olmuştur (Stehman, 2005; Olofson vd., 2014).

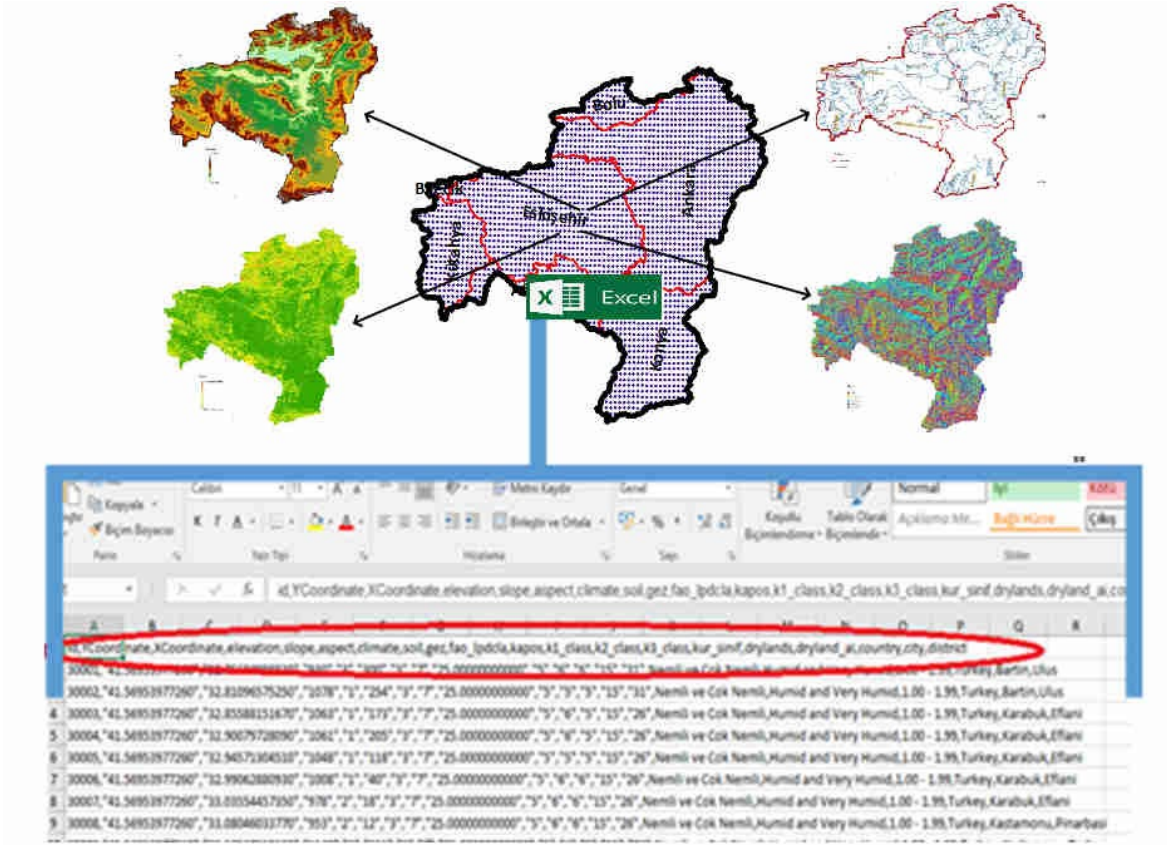
***Alan zellikleri dosyası;*** rneklem tasarım yapılırken aynı pencere üzerinde oluşan ikinci CSV (Comma-Seperated Values) dosyasıdır (şekil 3.6). Çalışma sahasında toplam ve blmelenmiş alanlara ilişkin özellikleri barındırır. Alan bilgisini kullanarak toplamda her bir parselin temsil ettiği alanın hesaplanmasını sağlamaktadır. Sistematik parsel dağılımları kullanıldığında her bir alana düşen parsel sayısı oransal olarak hesaplanırken rastgele parsel dağılımları yapıldığında her bir alana düşen parselin temsil ettiği ağırlık otomatik şekilde ayarlanır.





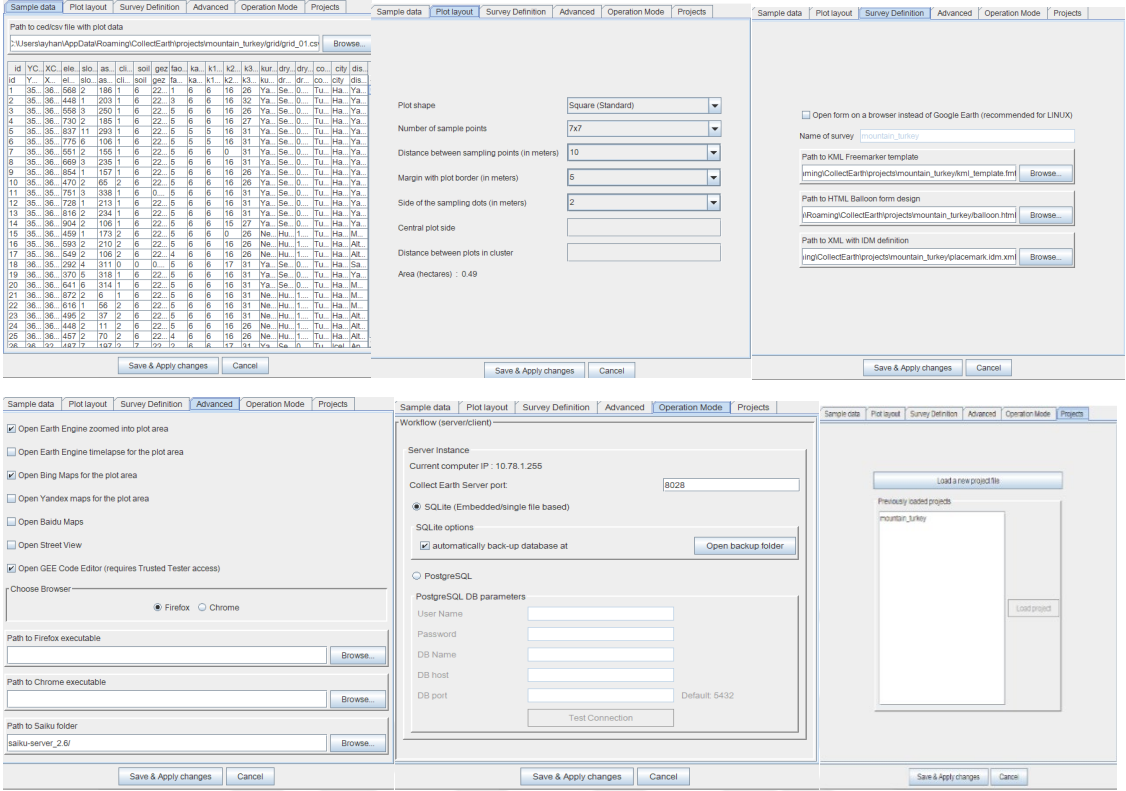
Şekil 3.6: Örneklem tasarım oluşturma.

**Parsel alan dosyası;** örneklem tasarımlara ilişkin coğrafi koordinatlar başta olmak üzere parsel alan özelliklerinin sütun bazında belirlenip sonrasında her parsel için analiz gerçekleştirebilecek CSV dosya verisidir (Şekil 3.7). Parsel alan dosyası kullanılarak herhangi bir CBS programı yardımıyla oluşturulan parsellere ilişkin yükseklik, iklim, toprak özellikleri ya da herhangi bir altlığa ilişkin birleştirilmiş veri hazırlanabilmektedir.



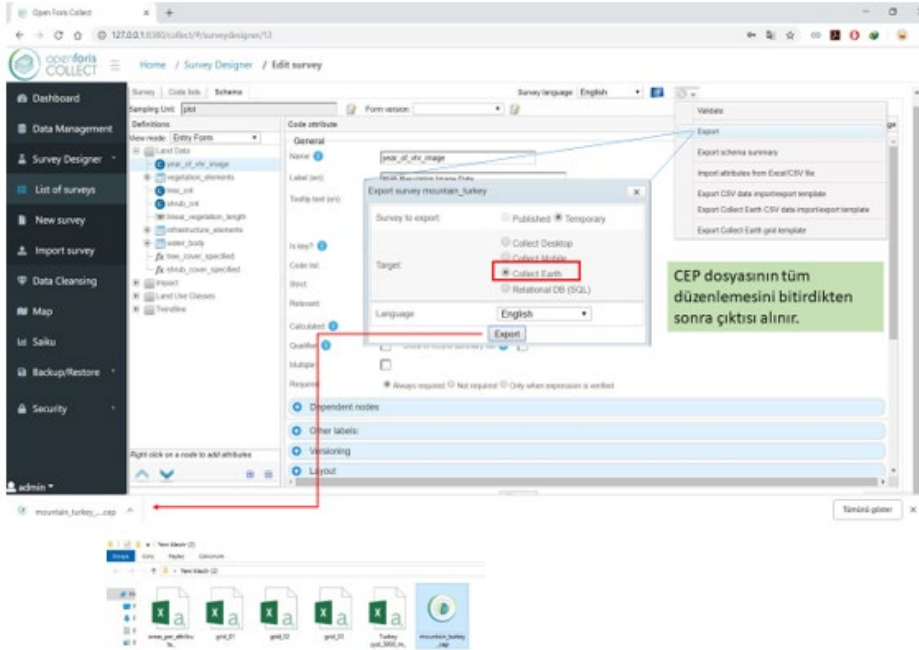
Şekil 3.7: Parsel alan dosyası.

**Proje özellikleri dosyası;** proje özellikleri CSV dosyası içinde örnek parsellerin toplam sayısı, şekil ve büyüklüğü yer almaktadır (Şekil 3.8). Tanımlanan herbir parsele ilişkin toplam alan ile tanımlanan parsel özellik dosyaları arasında ilişki kurulmasını sağlar. Toplam alana oranlanmasına yönelik matematiksel işlem yeteneği içermektedir. Kullanıcılar için görsel değerlendirme sırasında istenilen görüntü arşivlerinin (timelaps, bing, google street map, google earthengine (Gorelick vd., 2016), code editor vb.) hazırlanıp başlatılmasını sağlar. Bu girdilerin hepsinin CEP dosyası şeklinde alınıp üretilmesine olanak tanır.



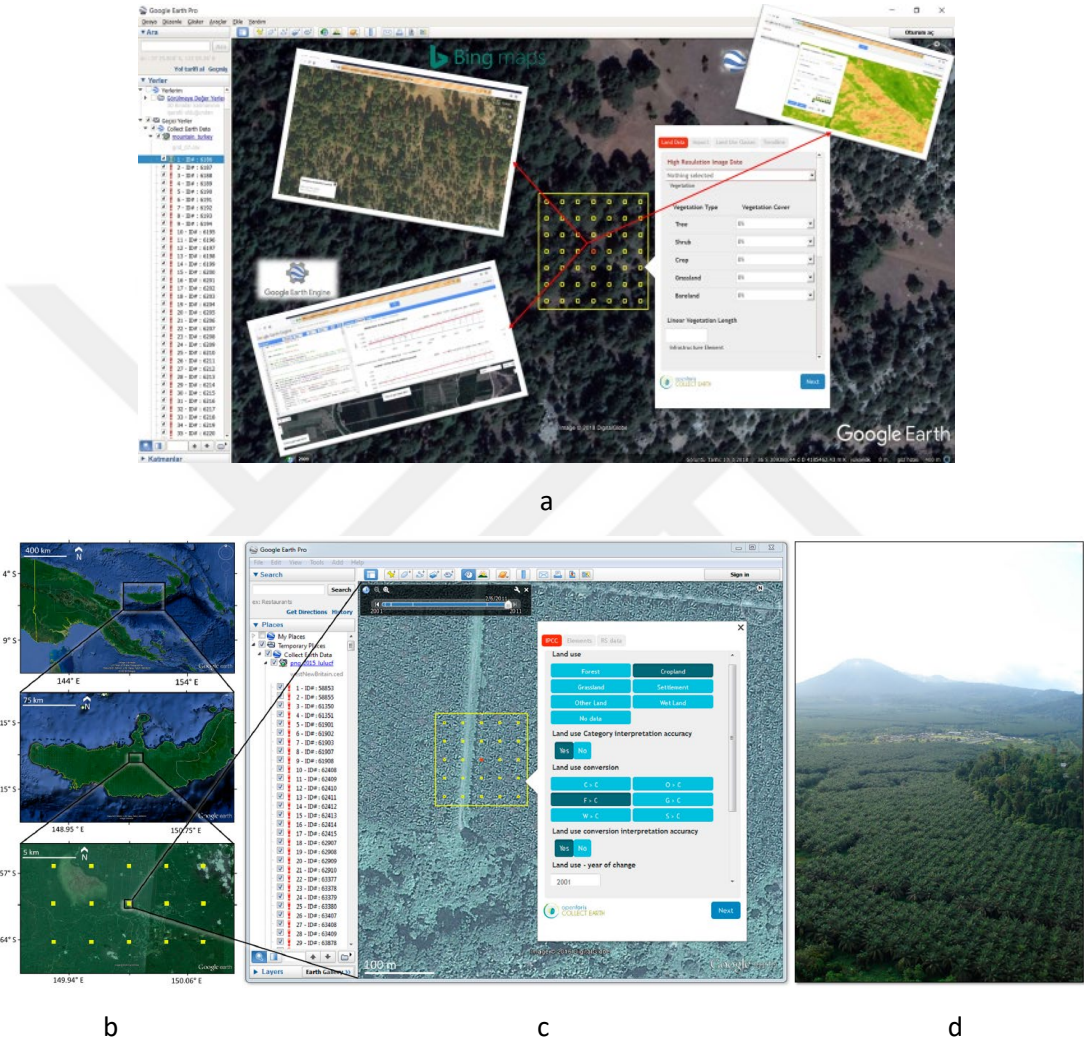
Şekil 3.8: Proje özellikleri.

Tüm dosyalar hazırlandığında Open Foris Collect yazılımı kullanılarak ilgili CEP dosyası dış veri (Export) olarak hazırlanır (Şekil 3.9). Analist ilgili CEP dosyasını bilgisayar aracılığı ile doldurmaya ve veri tabanına işlemeye başlayabilir.



Şekil 3.9: CEP dosyasının hazırlanması.

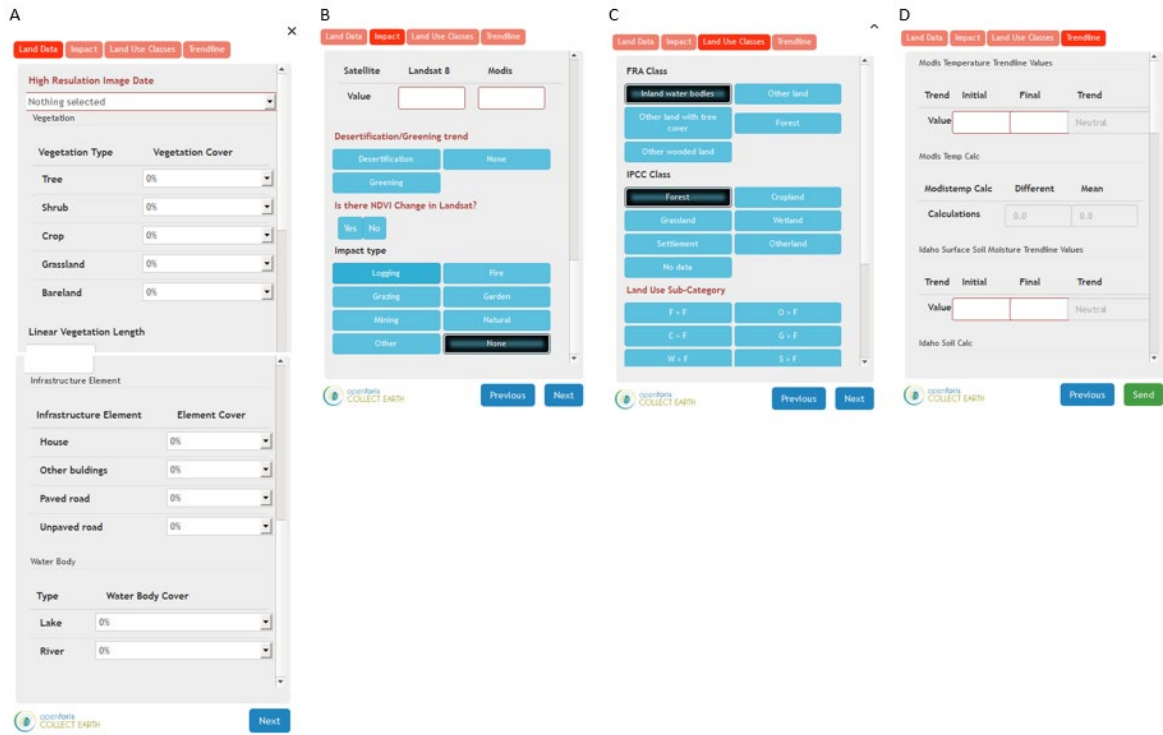
Görsel yorumlama için Collect Earth üzerinde yardımcı yüksek çözünürlüklü veri pencereleri (Google earth, Bing maps, yandex maps, Global Earth Engine (GEE) vb.) açılır. Amaca uygun veri toplama formunca oluşturulmuş arayüzler aracılığı ile analistin yüksek çözünürlüklü uydu görüntü verileri ve GEECode Editor aracılığı ile aldığı grafik veriler doğrultusunda veri girişi yapılır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Parsel alana ilişkin Google Earth, Bing Maps, Yandex Maps, Google Earth Engine (GEE) vb. görüntü araçları pencereleri (a); Örneklem tasarımı (b), proje özellikleri (c) ve Google Earth Panorama görüntüsü (d) (Bey vd., 2016).

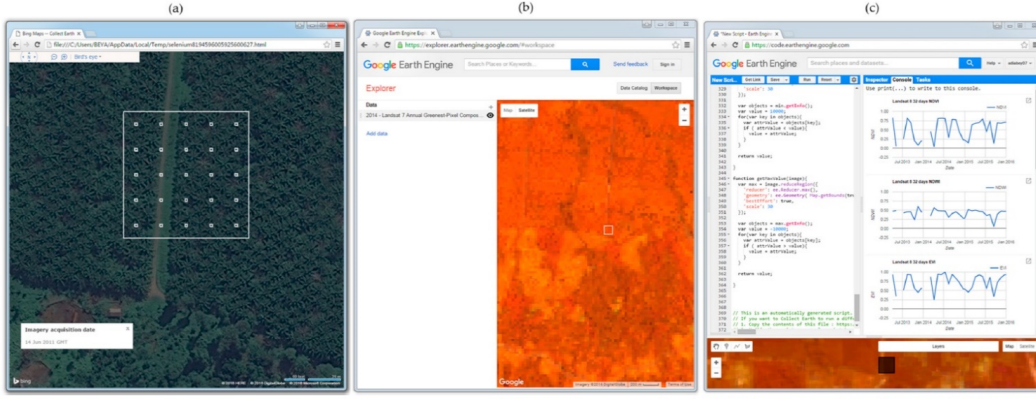
Analist, Google Earth üzerinde tanımlanmış ve açılan parsel alanlara tıkladığında aktif olan pencerelere ulaşabilmektedir (Şekil 3.10). Analist, yüksek çözünürlüklü uydu görüntü veri sağlayıcıları (Şekil 3.4 Si-1, Si-2, Si-3) ve GEE code editor (Şekil 3.4 Da-1) aracılığı ile parsel alana ilişkin amaca uygun hazırlanmış arayüzlere manuel giriş yapmaktadır. Bu aşamada parsel değerlendirme süresi analistin deneyimine, tecrübesine ve veri giriş

pencerelerinin sayısına göre değişebilmektedir. Tüm görüntü ve GEE code editor sayfalarına ulaşım java script yazılım kodlarıyla mümkün olmaktadır. 1972'den günümüze kadar Landsat ve diğer görüntü temin eden uydu arşivlerine (Modis, Sentinel, NASAUSDA vb.) ulaşım mümkün olmaktadır. Ayrıca bazı görüntüleri temin etme noktasında daha eski verilere de ulaşmak mümkündür. Her bir parsel alana ilişkin koordinat bilgisinden yararlanılarak o alana ilişkin uydu görüntü verileri Google server üzerinden çekilebilmektedir. Ana kullanıcı Google Earth server sistemidir. Diğer servis sağlayıcılar (bing maps, yandex map vb.) üzerinden de görüntü tedariki yapılabilmektedir.



Şekil 3.11: Örnek veri tabanı girdi pencereleri.

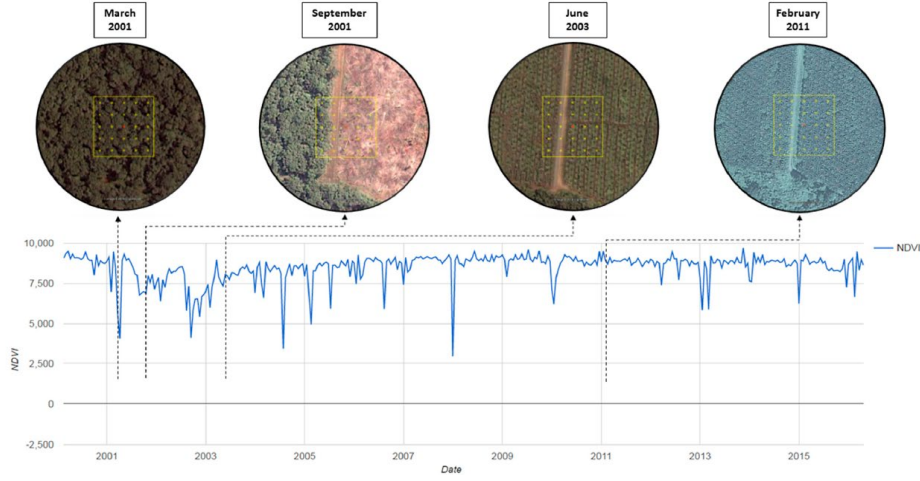
Diğer ana veri sağlayıcısı ise yine Google server sistemi üzerinde yer alan Google Earth Engine (GEE) Code Editor'dür. Kullanıcı GEE code editor sayfasında (Şekil 3.4 Sf-2), javascript ya da Python yazılımlarını kullanarak veri dosyalarına ve diğer arşivlere ulaşabilmektedir (Gorelick vd., 2016). CEP dosyası oluşturulurken ilgili parsel alana ilişkin hangi grafik verilerin kullanılacağı uygun yazılımla Code Editor sayfasında yazılarak CEP dosyasının içine yerleştirilmektedir. Ancak o haliyle parsel koordinatlar bilgileri yardımıyla o alana ait uydu görüntü grafik verileri çalışabilmektedir (Şekil 3.11).



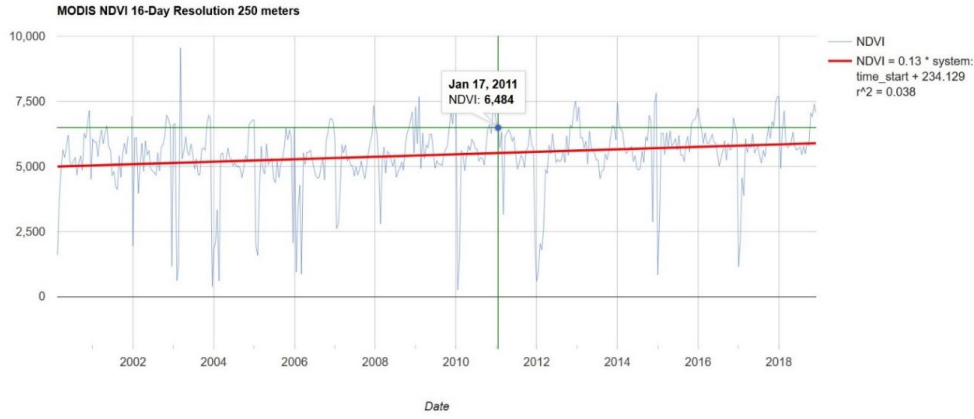
Şekil 3.12: Parsel alana ilişkin senkronize açılan uydu görüntü verileri; (a) Bing Maps, (b) GEE uydu görüntü analiz sonuç penceresi, (c) GEE Code Editor penceresi.

GEE sayfasında bir çok uydu görüntü verisine ait grafik veriler bulunmaktadır. Uygun yazılım dili ile amaca yönelik kodlar oluşturularak parsel değerlendirmeleri yapılabilir. Bu grafik verileri yardımıyla uzun yıllar eğilimlerine, ortalama, minimum ve maksimum değerlere ve benzer bir çok rakamsal veriye ulaşmak mümkün olmaktadır. Parsel alana ilişkin ekolojik parametrelerin izleneceği ve rakamsal verilerle tespitlerin yapılacağı ana pencere GEE Code Editor sayfasıdır (Şekil 3.12).

Aşağıda MODIS uydu verisinden bir bölgeye ait görüntü verisi ve NDVI grafik verisi görülmektedir. Arazideki zamansal değişimin NDVI grafiği üzerindeki tepkisi vejetasyon yoğunluğuna göre değişmektedir. Son görüntüleme yılına gelindiğinde NDVI grafiği tekrar yükselişe geçse de arazi kullanımını ormandan meyve bahçesi (Palm tarlaları) olarak değiştirmektedir. Herbir NDVI grafiği üzerinde çizdirilen eğilim grafiği analiste o bölgede NDVI grafiğinin düştüğünü ya da arttığını gözleme fırsatı vermektedir. Dolayısı ile vejetasyon durumunun yıllara göre değişimi tespit edilmiştir (Şekil 3.13).



a



b

Şekil 3.13: MODIS 16 günlük NDVI grafik verisi üzerinden parsel alana ilişkin arazi kullanım değişikliği ilişkisi (Bey vd., 2016) (a) ve NDVI verisi grafik seti örneği (b).

### 3.4 Kullanılan Veriler

Çalışma alanına ilişkin, ATD hedefleri kapsamında arazi kullanımı/örtüsü değişimi, arazi üretkenlik değeri, iyileşme ve çölleşme alanlarının tespitine yönelik somut verilere ulaşmak amacıyla GEE ve diğer görüntü sağlayıcıları yardımı ile aşağıdaki verilere ilişkin veri tabanları oluşturulmuştur.

**Arazi örtü/kullanım sınıfları;** arazi örtü/kullanım sınıflarına ait IPCC ve FAO/FRA arazi kullanım sınıflarına göre çalışma alanı sınıflandırılmıştır. FAO/FRA arazi kullanım sınıfları, odunsu vejetasyonun FAO tanımlamalarına göre belirlenmiştir (URL-11, 2020).

Fakat çalışma alanı içinde orman, mera, tarım, sulak ve diğer alanlara yönelik analizlerin tümü IPCC'ye ait altı sınıf esasına göre gerçekleştirilmiştir (Temel altı arazi kullanım sınıfı kategorileri FAO, IPCC, IUFRO ve CIFOR ile ayrıca USGS, Kyoto Protokolü ve Marrakesh sözleşmesi (FCCC/CP/2001/13/Add.1, p58) açısından uygun ve uyumludur). IPCC arazi kullanım sınıfları küresel anlamda birçok ülkenin sınıflarını kapsayacak şekilde altı ana sınıfa ayrılmıştır. Uluslararası bu sınıflandırma yapılarak tüm ülkeler için belirli bir standart çerçevesinde veri üretimi amaçlanmıştır. Arazi kullanım sınıflarına yönelik hesaplanabilecek diğer verilere (karbon stoğu değişimleri, sera gazı emisyon tahminleri, toprak organik karbon vb.) temel altlık olarak kullanılması çalışmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır. Belirlenen altı sınıf;

- ❖ Küresel normlar bakımından ülkelerde temel sınıf olmaları,
- ❖ Karbon tahmini için uygun olması,
- ❖ Uzaktan algılama veri ve yöntemleri ile haritalanabilir olması

bakımından uygun görülmüştür.

IPCC arazi kullanım sınıfları ve içerikleri (URL-12, 2020); aşağıda belirtilmiştir.

- ❖ Orman alanı (Forest land): Marrakesh sözleşmesine göre (URL-13 (2020)) tanımlanan orman içeriği ve (URL-14 (2020)) yer alan orman tanımına uygun alanları içermektedir.
- ❖ Tarım alanı (Cropland): Toprak işlemeye uygun, ekilebilir tarımsal ormancılık sahaları ile tüm tarımsal faaliyet alanlarını kapsamaktadır.
- ❖ Mera alanı (Grassland): Tarım arazilerini içermeyen alanları kapsamaktadır. İnsan müdahalesinin olmadığı orman alanı eşiği altındaki bitki örtüsüne sahip alanlardır. Bu kategori aynı zamanda tüm otlak alanlarını da kapsamaktadır.
- ❖ Sulak alanlar (Wetlands): Yılın tamamı ya da bir kısmı için suyla kaplanmış veya doymuş (turbalık vb.) alanlardan, tarım, orman ve mera kullanımları haricindeki kesimi kapsamaktadır.
- ❖ Yerleşim alanları (Settlements): Ulaşım, altyapı ve her türlü insani yapı ve yerleşim içeren alanları kapsamaktadır.
- ❖ Diğer alanlar (Other land): Çıplak kaya, kum, kumul, çöl, kaya, buz ve diğer beş kategoriden herhangi birine girmeyen alanları kapsamaktadır.



Arazi örtü/kullanım sınıflarına ilişkin analiz ve değerlendirmeleri üstte belirtilen sınıflandırma esas ve tanımlamalarına göre yapılmıştır. Ayrıca her bir arazi örtü tipinin ilgili parsel alanda kaplama oranları da ayrı ayrı veri tabanına işlenmiştir. Örneğin bir 0,5 ha plot alan içerisindeki tespit edilen arazi kullanım sınıfları kaplama oranları ayrı ayrı girilmiş, ilgili plot için nihai arazi kullanım sınıfı belirlenerek veri tabanına işlenmiştir.

**Normalize edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi; NDVI (MODIS\_13Q1 V6 (NDVI));** MODIS verisi üzerinden atmosferdeki su buharı, ağır aerosoller, bulutlar ve gölgeler için düzeltilmiş iki yönlü yüzey yansımalarından hesaplanan Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) görüntülerinden oluşur (Holben, 1986; Cracknell, 2001). Veri 250 metre mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Zamansal çözünürlüğü ise 16 gündür. Verinin erişebilirlik başlangıç tarihi 2000 yılıdır.

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

**Landsat 7\_LIT NDWI; Normalleştirilmiş Fark Su Endeksi (NDWI);** bitki örtüsü kapalılığının sıvı su içeriğindeki değişikliklere duyarlıdır. Near-IR bandından ve ikinci bir IR bandından, mümkün olduğunda  $\approx 1.24\mu m$  ve mevcut olan en yakın IR bandından türetilir. Değer -1.0 ile 1.0 arasında değişmektedir (Gao, 1996). Çalışmada NDWI verisi, orman alanları bitki örtüsü içeriği ile sulanabilir tarım alanları ve diğer alanların su içeriğine yönelik NDVI verisini anlamlandırmak ve yorumlamak için kullanılan yardımcı veri konumundadır.

$$NDWI = (NIR_t - SWIR_t) / (NIR_t + SWIR_t)$$

Atmosferik düzeltmeleri (TOA) yapılmış Chander vd. (2009) 2000 yılından 2017 yılı mayıs ayına kadar 32 günlük zamansal çözünürlükle, 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip Landsat NDWI verileri kullanılmaktadır. MODIS verisine göre daha hassas olduğundan, eğilim tespiti ve anlamlandırması noktasında yardımcı veri olarak kullanılmıştır.

**MODIS17A3 VO55 Terra Net Birincil Üretim; Net Birinci Üretim (NPP)** bitkiler, güneş enerjisini kullanarak elde ettikleri fotosentez ürünlerinin bir kısmını solunumda, geri kalanını bünyelerinde yeni dokular üretmek için kullanırlar. Bitkilerin bu reaksiyonuna brüt birincil üretim; solunumla kullanılan ürün ile brüt birincil üretimin farkına ise net

birincil üretim (NPP) denir. NPP, küresel ölçekte karbon bütçesi bakımından büyük önem taşır. Aynı zamanda karbon döngüsü için önemli bir bileşen ve ekosistem performansı için önemli bir belirleyicidir (Lobell vd., 2002; Berberoğlu vd., 2007). Yaygın olarak kullanılan model içindeki girdilerin temel ilişkisi aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir.

$$NPP=f(NDVI) \times PAR \times \epsilon \times g(T) \times h(W) \text{ Birim: Kg} \times \text{C/m}^2 \times \text{yıl}$$

Modis uydu görüntü üzerinden, MOD17A3 V055 verisi, 1 km mekânsal çözünürlükte yıllık hesaplanan brüt ve net NPP hakkında bilgi verir. V055 verisi Numerical Terradynamic Simulation Group (NTSG), Montana Üniversitesi (UMT) tarafından üretilmiştir. Buluttan kaynaklanan sorunlar için veri Modis LAI\_FPAR algoritmaları ile düzeltilebilmektedir.

**MODIS44B.051 Ağaç Kaplama Yüzdesi;** Modis Bitki Örtüsü Sürekli Alanlar (VCF) verisi üzerinden üretilen, 250 metre mekânsal çözünürlüğe sahip yıllık bir veridir. Sistem, NDVI üzerinden ağaçlık alanlara ilişkin kaplama oranlarını vermekte olup, veri sürekliliğine sahiptir. Çevresel modelleme ve izleme uygulamalarında yaygın olarak kullanılır (URL-15, 2020). Çalışma kapsamında bu parametre; yardımcı veri olarak ağaçla kaplı alan potansiyelinin tespiti ve diğer verilerle olan ilişkisinin belirlenmesi amaçlı kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında yarım hektarlık plot alanlar, Yukarı Sakarya ölçeğinde sistematik olarak 5 km aralıkla atılmış yaklaşık 3000 adet yarım hektarlık parsel alanda Collect Earth yöntemi ile analizler gerçekleştirilmiştir. 2000 yılından günümüze yapılan ölçüm ve hesaplamalarla elde edilen sonuçlar, toplam alana enterpole edilerek, çalışma alanına ilişkin arazi örtü/kullanım sınıfları; orman, mera, ağaç ve çalılık alanlar; tarım ve sulak alanlar arazi kullanım değişikliği (2000-2020) oluşturulan veriler kullanılarak haritalanmıştır.

## BÖLÜM 4

### UYGULAMA

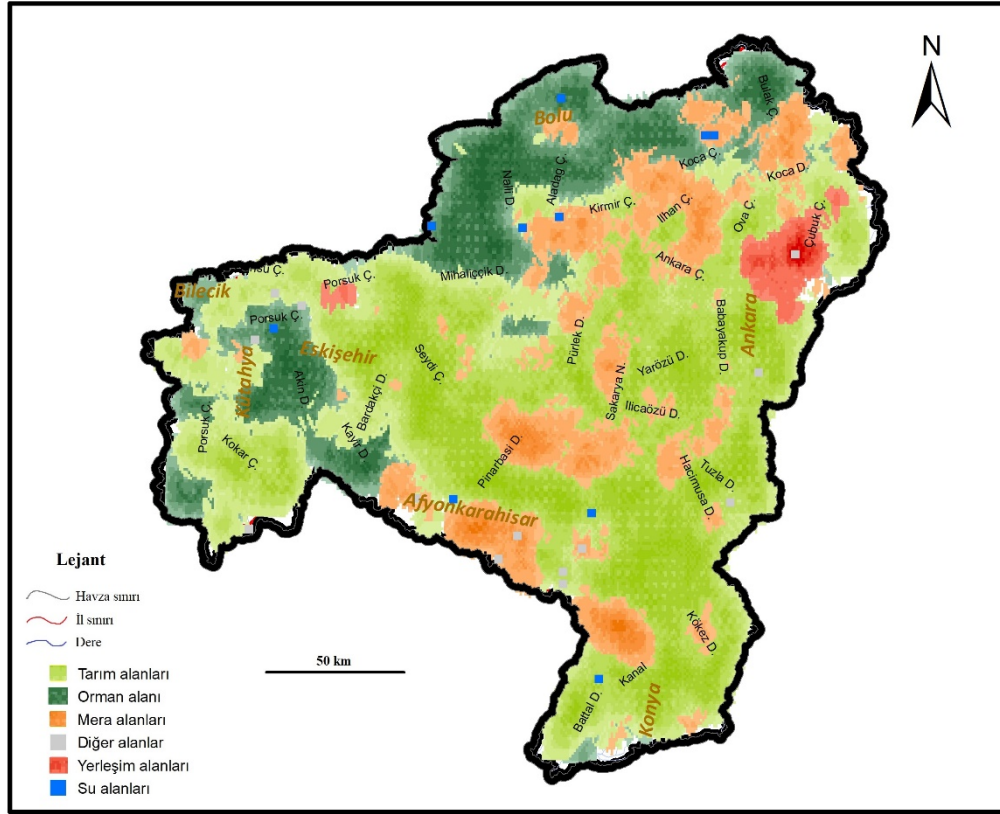
Çalışma alanına ilişkin değerlendirmeler; arazi örtü/kullanım sınıflarının belirlenmesi, arazi örtü/kullanım sınıflarının değişimi (2000-2020), arazi kayıp/kazanç alanlarının belirlenmesi, net birinci üretim (NPP) değerlerinin belirlenmesi, ağaçla kaplı alan analizi başlıkları altında gerçekleştirilmiştir.

#### 4.1 Arazi Örtü/Kullanım Sınıfları

Yukarı Sakarya Havzası'nın IPCC sınıflarına göre dağılımları Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Havzanın yaklaşık yarısı (%49) tarım alanı olarak kullanılmaktadır. Bu sınıfı %23,7 ile orman alanı, %23,4 ile mera alanı takip etmektedir. Yerleşim alanı ise toplam alanın %3'nü oluşturmaktadır. Diğer sınıflar ise yaklaşık %1 oranında bir alanda bulunmaktadır. Bu arazi kullanım durumu bölgenin tarım alanına yönelik bir bölge olduğunu göstermektedir. Bulundurduğu orman ve mera alanları ile birlikte doğal alanları barındırma varlığı da göz ardı edilmemelidir (Şekil 4.1).

Tablo 4.1: Yukarı Sakarya Havzası IPCC potansiyel arazi kullanım durumu.

<b>IPCC Arazi kullanım sınıfları</b>	<b>Alan (ha)</b>	<b>%</b>
Orman alanı	1.168.439,51	23,7
Tarım alanı	2.409.906,49	49,0
Diğer alanlar	24.983,08	0,5
Mera alanı	1.153.065,31	23,4
Sulak alanlar	19.217,76	0,4
Yerleşim alanı	147.976,71	3
<b>Toplam</b>	<b>4.923.588,86</b>	<b>100</b>



Şekil 4.1: IPCC potansiyel arazi kullanım haritası.

Yukarı Sakarya Havzası sınırları 7 ili bünyesinde barındırmaktadır. Bu iller; Afyon, Ankara, Bilecik, Bolu, Eskişehir, Konya, Kütahya'dır. Alan ve nüfus bakımından en büyük iller Ankara ve Eskişehir olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazi kullanımlarının illere göre dağılımı tablo 4.2'de verilmiştir. Yüzölçümüne göre Ankara en fazla tarım alanı kullanımı olan ildir. Onu yine büyükşehir olan Eskişehir takip etmektedir. Orman alanı varlığı en fazla olan iller sırasıyla Ankara, Eskişehir ve Kütahya'dır. Mera alanları incelendiğinde büyükten küçüğe doğru sıralama Ankara, Eskişehir ve Konya şeklindedir.

Havzada alt arazi kullanım durumu incelendiğinde (Tablo 4.3), orman alanı oluşturan en büyük grubun iğne yapraklılar olduğu gözlenmektedir. Bölgede ağaçlandırma çalışmalarının varlığı için oluşturulan ve analist tarafından alt arazi kullanımına işlenen karne neticesinde, havzada yaklaşık 120000 ha ağaçlandırma sahası tespit edilmiştir. Sulanmayan alanların varlığı toplam tarım alanlarının %72'si kadardır. Tarım alanlarının %26,4'ü sulanan alanlardan ibarettir. Mera alanları içerisindeki çalı ve ağaç bulunmayan

mera varlığı yaklaşık 546000 ha civarındadır. Mera alanı içerisindeki ağaç ve çalı şeklinde odun formu oranı %42,3'dür.

Tablo 4.2: Potansiyel arazi kullanım durumu.

IPCC Arazi kullanım sınıfları	Afyon	Ankara	Bilecik	Bolu	Eskişehir	Konya	Kütahya	TOPLAM
Orman alanı	55.731,49	367.059,12	17.295,98	157.585,59	326.701,84	40.357,29	203.708,21	1.168.439,51
Tarım alanı	192.177,55	828.285,25	11.530,65	21.139,53	634.185,92	561.158,45	161.429,14	2.409.906,49
Diğer alanlar	7.687,10	5.765,33	-	-	3.843,55	5.765,33	1.921,78	24.983,08
Mera alanı	121.071,86	463.147,90	3.843,55	42.279,06	280.579,22	182.568,67	59.575,04	1.153.065,31
Sulak alan	1.921,78	9.608,88	-	1.921,78	1.921,78	3.843,55	-	19.217,76
Yerleşim alanı	5.765,33	94.167,00	-	1.921,78	24.983,08	13.452,43	7.687,10	147.976,71
TOPLAM	384.355,11	1.768.033,48	32.670,18	224.847,74	1.272.215,39	807.145,72	434.321,27	4.923.588,86

Tablo 4.3: Alt arazi kullanım durumlarının alansal dağılımı.

IPCC Arazi Kullanım sınıfları	IPCC alt arazi kullanım sınıfları	Alan (ha)
Orman alanı	İğne yapraklı	855.190,10
	Yapraklı	92.245,22
	Dere kuşağı	9.608,88
	Ağaçlandırma Sahası	119.150,08
	Karışık	92.245,22
Tarım alanı	Sulanan alanlar	638.029,47
	Sulanmayan alanlar	1.735.363,29
	Meyve bahçesi	36.513,73
Diğer alanlar	Kayalık/Taşlık alan	19.217,76
	Toprak/Kum	5.765,33
Mera alanı	Mera	545.784,25
	Ağaçlı mera	228.691,29
	Çalılı mera	149.898,49
	Kayalık/taşlı mera	119.150,08
	Ağaçlı ve çalılı mera	109.541,20
Sulak alan	Kalıcı Göl/Baraj	19217,76
Yerleşim alanı	Köy	34.591,96
	Şehir/Kent	71.105,69
	Sanayi alanı	23.061,31
	Diğer yerleşim alanları (çiftlik vb.)	19.217,76
Toplam		4.923.588,86

#### 4.2. Arazi Örtü/Kullanım Sınıfları Değişimi (2000-2020)

2000-2020 yılı arazi değişimi ve ana kullanım sınıfları değişimi incelendiğinde (Tablo 4.4), orman alanları yirmi yıllık süreçte 34591,95 ha artmıştır. Bu artışın tamamı mera alanlarının orman alanlarına dönüşümü ile gerçekleşmiştir. Bununla birlikte 1921,78 ha orman alanı mera alanlarına dönüşmüş ve ormanlık alan statüsünü kaybetmiştir. Tarım kullanımında ise 17295,98 ha alan kaybedilmiştir. Tarım faaliyetinde kullanılan 15374,20 ha yerleşim alanına dönüşmüştür. Yerleşim alanı 2020 yılına kadar toplam 28826,63 ha artış göstermiştir. Bu artışın yaşandığı alanların öncesinde mera ve tarım amaçlı kullanıldığı görülmektedir.

Tablo 4.4: Arazi kullanım durumu değişimi (2000-2020).

Arazi kullanım sınıfları (2000)	Arazi kullanım sınıfları (2020)						Toplam
	Orman alanı	Tarım alanı	Diğer alanlar	Mera alanı	Sulak alan	Yerleşim alanı	
Orman alanı	1.131.925,78			1.921,78			1.133.847,55
Tarım alanı		2.409.906,49			1.921,78	15.374,20	2.427.202,47
Diğer alanlar			23.061,31				23.061,31
Mera alanı	36.513,73		1.921,78	1.149.221,76		13.452,43	1.201.109,70
Sulak alan				1.921,78	17.295,98		19.217,76
Yerleşim alanı						119.150,08	119.150,08
<b>Toplam</b>	1.168.439,51	2.409.906,49	24.983,08	1.153.065,31	19.217,76	147.976,71	4.923.588,86

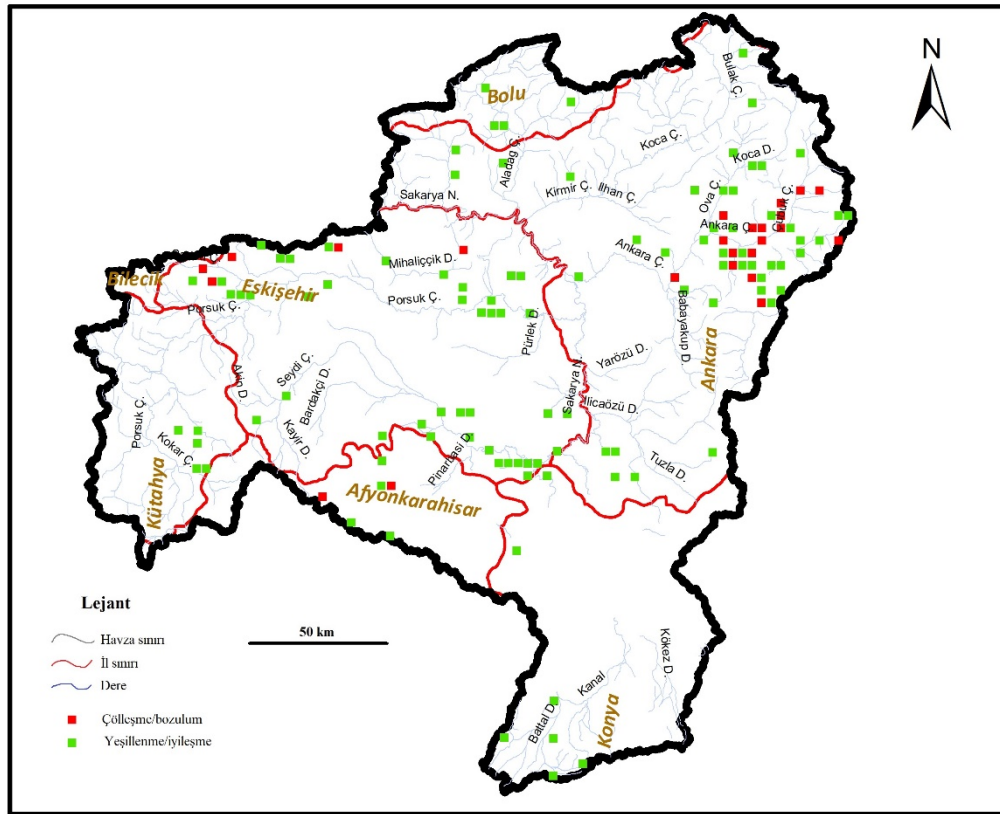
#### 4.3. Arazi Kayıp/Kazanç Alanları

Yukarı Sakarya Havzası kayıp ve kazanç alanlarının tespitinde vejetasyon oranındaki artış dikkate alınmıştır. NDVI gözlemlerine ek olarak ilgili parsel alanı ve çevresindeki vejetasyon değişimi alanların tespit etmek için kullanılmıştır. Bu bağlamda toplamda 201786,44 ha alanda iyileşme tespit edilirken, 46122,62 ha alanda bozulma tespit edilmiştir. Her iki kayıp/kazanç eğilimi incelendiğinde (Tablo 4.5), yeşillenme/iyileşme alanlarının 94167 ha alanı orman, 61496,82 alanı ise mera kullanımlarında gerçekleşmiştir. Bu sıralamayı 34591,96 ha iyileşme alanı ile tarım kullanımı takip etmektedir. Çölleşme/bozulma alanları incelendiğinde, en büyük tahribat 23061,31 ha alan yerleşim alanına dönüşmüştür. Yerleşim sınıfını 11530,65 ha bozulma ile tarım kullanımı takip

etmektedir. Havzanın geneli itibariyle kuzeydoğusu Ankara ve civarı için iyileşme ve bozulma alanları daha fazla yer almaktadır (Şekil 4.2).

Tablo 4.5: Yukarı Sakarya Havzası kayıp/kazanç alanları.

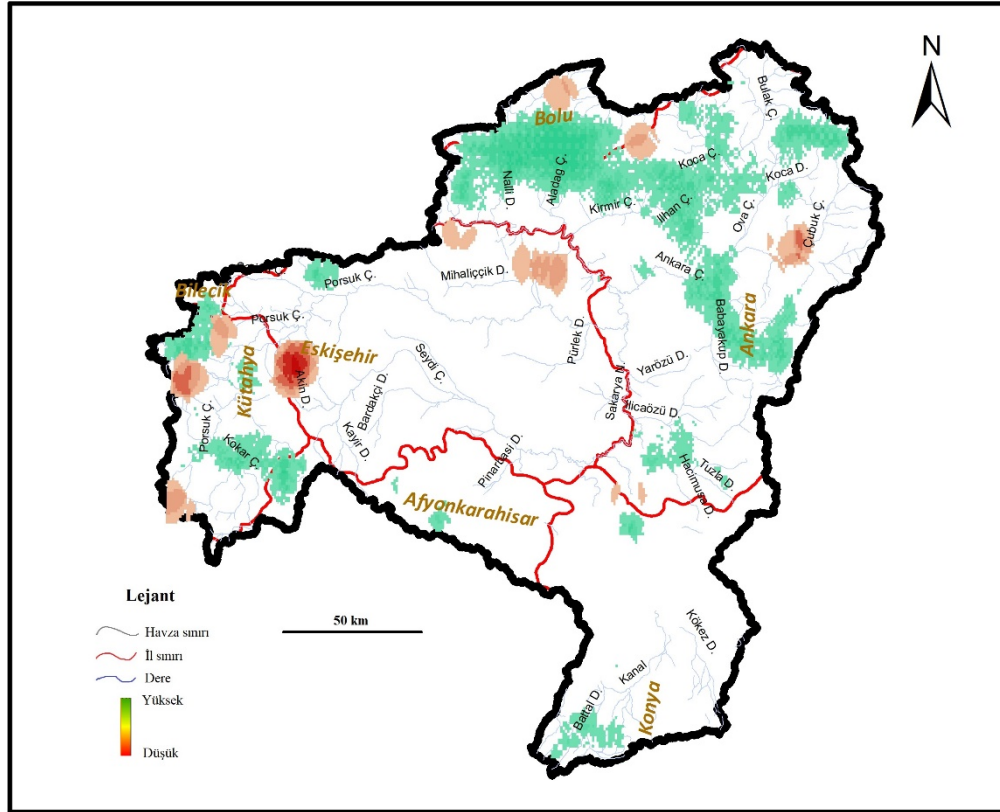
Arazi kayıp/kazanç eğilimleri	Arazi kullanım durumu	Alan (ha)
Yeşillenme/İyileşme	Orman alanı	94.167,00
	Tarım alanları	34.591,96
	Diğer alanlar	1.921,78
	Mera alanları	61.496,82
	Yerleşim alanları	9.608,88
Çölleşme/bozulma	Orman alanı	1.921,78
	Tarım alanları	11.530,65
	Diğer alanlar	3.843,55
	Mera alanları	5.765,33
	Yerleşim alanları	23.061,31



Şekil 4.2: Yukarı Sakarya Havzası kayıp/kazanç haritası.

#### 4.4 Net Birinci Üretim (NPP) ve Ağaçla Kaplı Eğilim Alanları

Havzanın NPP haritası, ilgili plot noktalarının artan ve azalan eğilimleri baz alınarak nokta yoğunluklarına göre oluşturulmuştur. Havzanın 513115,26 ha NPP yönünde bir artış gözlenmiştir. Özellikle bu artışlar ağaç-yoğun, çalı-yoğun ve karışık (ağaç-çalı yoğun) mera alanlarından gözlenmiştir. Yapılan ağaçlandırma çalışmaları içerisinde de benzer NPP artışı gözlenmiştir. Havzada toplamda 101854,10 ha ise NPP azalış eğilimi göstermiştir. Özellikle noktasal yoğunlukta bulunan alanların ortak özellikleri vejetasyonda kayıplar yaşanması, vejetasyonun tamamen ortadan kalkması şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Şekil 4.3).

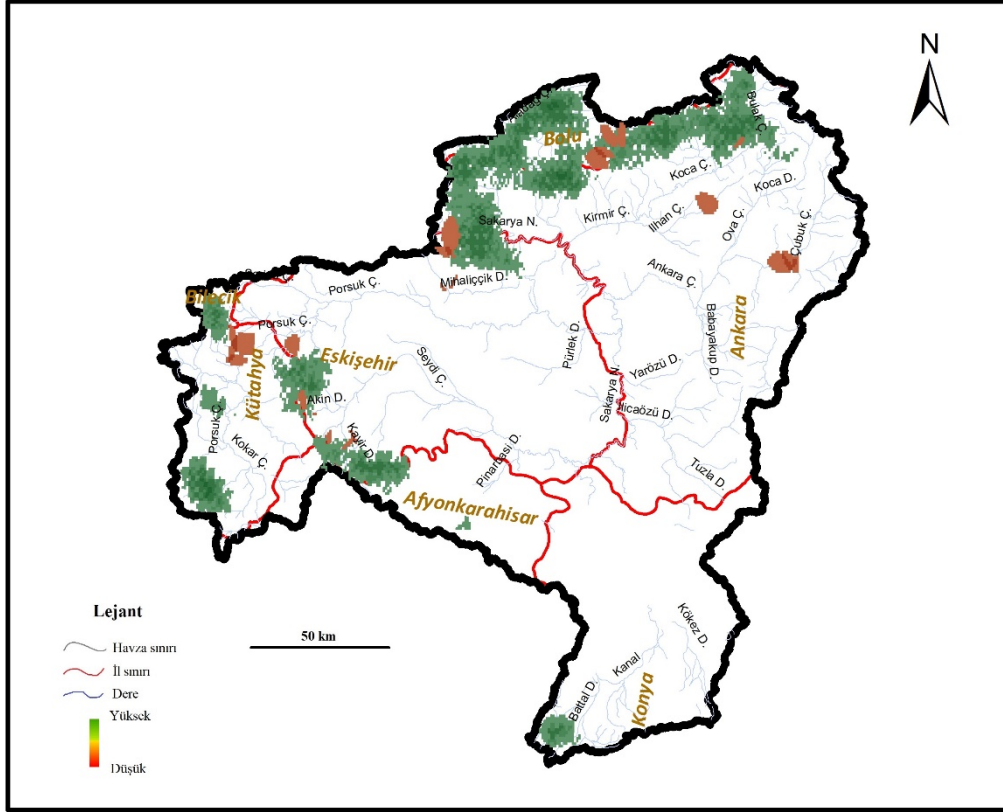


Şekil 4.3: Net Birinci Üretim (NPP) Eğilimi Nokta Yoğunluk Haritası.

Yıllık küresel ağaçla kaplı alan verisi üzerinden yapılan değerlendirmede 466992,54 ha artış saptanmıştır. Bu artışa karşın 63418,74 ha alanda ise ağaçla kaplı alanlarda azalış saptanmıştır. Havzanın orman kullanımında, ağaçla kaplı kesimlerde artış tespit edilmiştir.



Ağaçla kaplı alanların azalış gösterdiği bölgelerde ise daha çok yerleşim ve maden sahası alanları olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Ağaçla Kaplı Alan Eğilim Nokta Yoğunluk Haritası.

## BÖLÜM 5

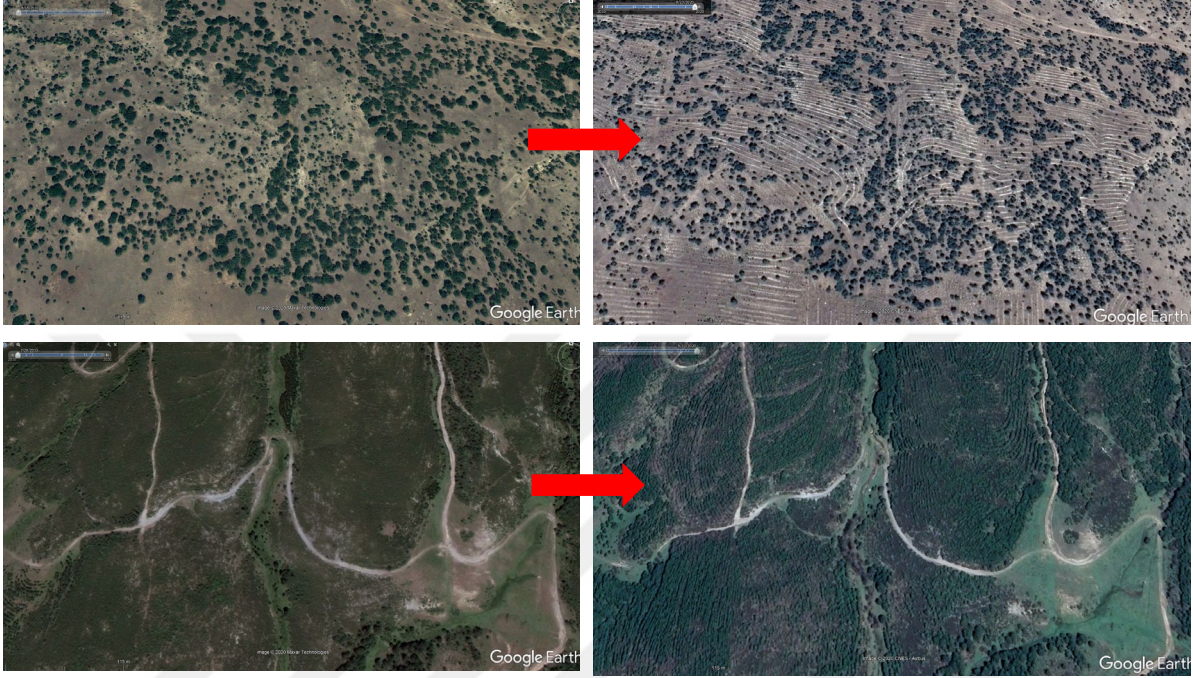
### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada uluslararası ölçekte hedeflenen arazi kullanımı/örtüsü izleme ve değerlendirmesi kapsamında ATD hedeflerine yönelik somut veriler yağış havzası örneği kullanılarak analiz edilmiştir. Bu amaca ek olarak, halen 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” GEF (Global Environment Facility) projesi (URL-16 (2020)) kapsamında, Yukarı Sakarya Havzası içerisinde, ATD kapsamındaki arazi kullanımı/örtüsü değişimi, arazi üretkenlik değeri, iyileşme ve çölleşme alanlarının tespitine yönelik somut verilere ulaşmak, GEF projesi kapsamında kullanıcılara veri sağlayarak mevcut proje sonuçlarına katkıda bulunmak hedeflenen diğer amaçtır.

Bu kapsamda Yukarı Sakarya Havzası çalışma alanı için 2000 yılı başlangıç alındığında 20 yıllık değişim sonuçlarına ulaşılmıştır. Ulaşılan sonuçlar ve sonuçlara ilişkin değerlendirmeler şu şekildedir;

- ❖ Yukarı Sakarya Havzasının, 2020 yılı itibariyle, yaklaşık yarısı tarım alanı olarak kullanılmaktadır. Kalan havza alanının çoğunluğu da orman ve mera kullanımındadır. Havzada tarım, mera, orman ve yerleşim alanı kullanımları birlikte bulunmaktadır.
- ❖ Havzada doğal mera alanları orman sınırına yakın ve komşu olmakla birlikte, tarım alanları ile de çevrili konumda yer almaktadır. Bu yönü ile meraların orman ve tarım alanları ile birlikte bulunmaları, gerek flora gerekse fauna anlamında önemlilik arz etmektedir.
- ❖ Orman kullanımı içerisindeki ağaçlandırma ve dere kenarı orman varlığı gerek kazanç alanları gerekse NPP eğilimleri için olumlu bir kazanım alanı oluşturmaktadır. Mera içerisindeki ağaçlı ve çalılı kesimler kazanç alanlarına önemli katkılar sunmaktadır. Yerleşim varlığının kentsel merkezlerde daha fazla olmakla birlikte bu alanlar kayıp olarak nitelendirilmektedir.
- ❖ Orman kullanımında kazanç noktalarının en belirgin kesimi ağaçlandırma alanlarıdır. Bu bölgelerdeki ağaçlandırma çalışmalarının başarısı kazanç/iyileşme

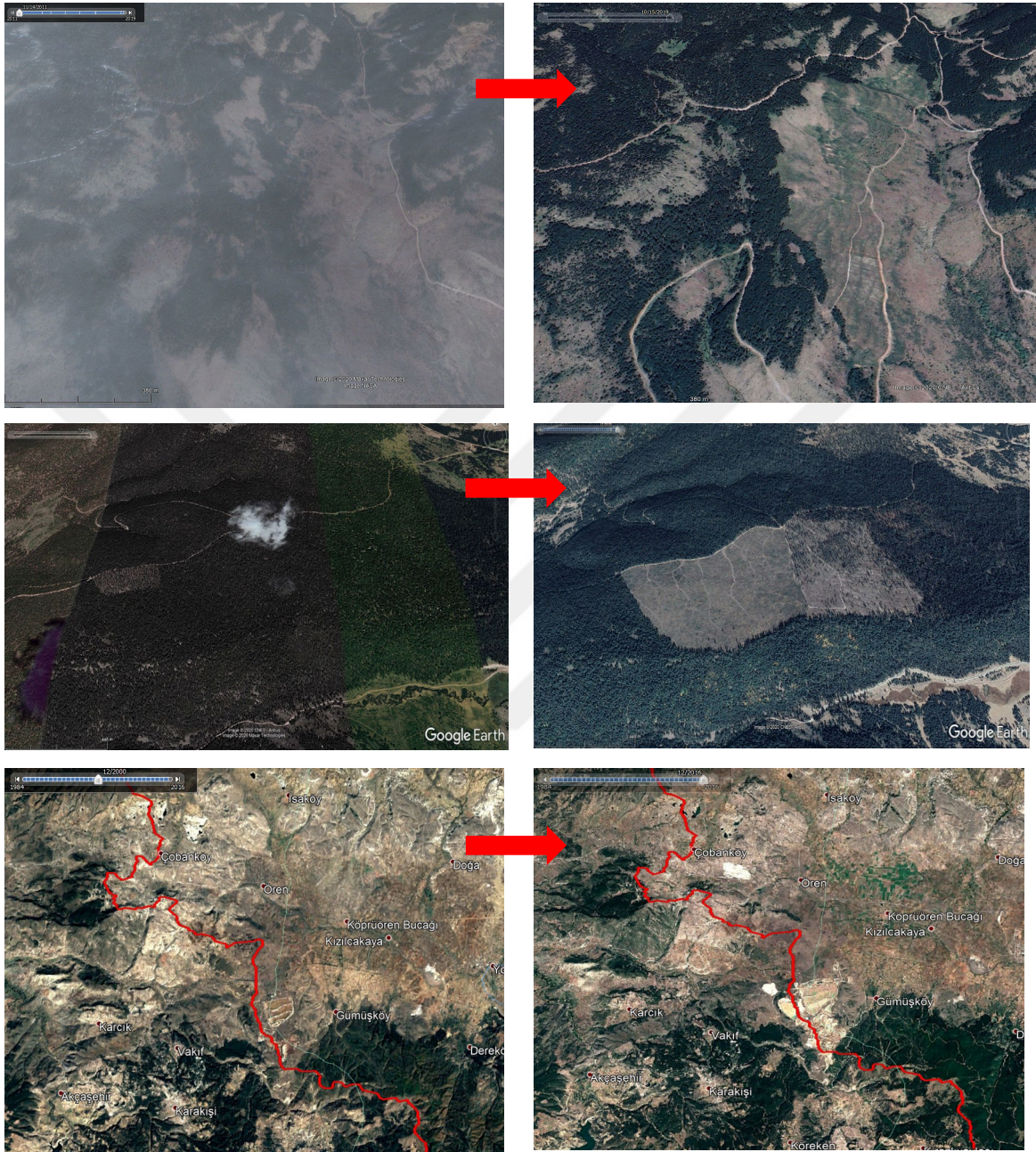
alanlarının artmasına neden olmuştur. Bu yönü ile ağaçlandırma çalışmaları havza içerisindeki en büyük kazanç alanlarıdır. Benzer şekilde özellikle orman sınırına yakın mera kullanımında yapılan ağaçlandırma çalışmaları kazanç alanları olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Orman ve mera kullanımlarında gerçekleştirilen başarılı ağaçlandırma çalışmaları.

- ❖ Kayıp alan olarak değerlendirilen en önemli arazi kullanım sınıfı yerleşim alanıdır. Özellikle iki büyük kent merkezinin genişlemesi ile oluşturulan yerleşim sınıfına ait alanlar kayıp/bozulmuş/çölleşme alanlarının başında gelmektedir. Bu sınıfı tarım sınıfı izlemektedir. Sulanmayan tarım alanlarındaki özellikle ekim yapılmayan ve nadas alanlar bu sonucu doğurmaktadır. Mera ve orman kullanımlarındaki arazi kayıpları olarak değerlendirilen alanların başında maden sahaları gelmektedir.
- ❖ Havza içerisinde, Net Birincil Üretim (NPP) alanlarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Özellikle mera kullanımı orman ile sınır olan alanlardan başlayarak ağaçlı, çalılı meraların NPP 2000-2020 arasındaki dönemde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Tarım alanlarında NPP artışı gözlenmemiştir.
- ❖ Özellikle odunsu vejetasyon alanlarının kaldırıldığı havza kesimlerinde NPP azalışı tespit edilmiştir. Bu yönü ile bozulmuş/çölleşme alanı ile paralellik göstermektedir. Orman alanlarındaki NPP azalışı, ormancılık faaliyetleri kapsamında

boşaltma/traşlama kesimi neticesinde, ve mera kullanımlarında da yer yer maden sahalarının genişlemesi sonucunda gözlemlendiği tespit edilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: Boşaltma/traşlama kesim çalışmaları ve maden sahaları örnek alanlar.

- ❖ Havzanın ağaçla kaplı olan kesimi orman kullanımında artmıştır. Ağaçlandırma alanlarının arazi örtme yüzdesinin artması havzanın ağaçla kaplı/örtülü kesimini alansal olarak artırmıştır.

Sonuçlar havza ölçeğinde değerlendirildiğinde, ATD noktasında temelde iki başlık tam

olarak tespit edilmiştir. UNCCD'nin Science Policy Interface 2017 ilerleme raporu göstergeleri Arazi örtü/kullanımı, Arazi üretkenliği (verimliliği; ölçü: NPP) ve Yer üstü/altı karbon stokları (ölçü: Toprak Organik Karbonu; TOK) Sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SKH) toplam arazi üzerindeki tahribatın belirlenmesi için ana ölçüt olarak kabul edilmiştir. Bu bağlamda genel kural ise, göstergelerden herhangi birindeki olumlu bir değişiklik bir başka göstergedeki olumsuz bir değişikliği telafi edemez – dolayısıyla, eğer göstergelerden birisi olumsuz bir değişiklik gösterirse, “biri çıkarsa hepsi çıkar” kuralına göre tahribatın gerçekleştiği düşünülür. Yukarı Sakarya havzası için arazi örtü/kullanımı ve net birincil üretim göstergeleri 2000-2020 yılları arasında artış ve azalış alanları tespit edilmiştir. Çalışmanın ATD göstergelerini hesaplamak için Toprak Organik Karbonun (TOK) hesaplanması ve eğilimin tespit edilmesi gereklidir. Google Earth Engine üzerinden Collect Earth yöntemi ile ulaşılması mümkün toprak organik karbon verisi Aster/Modis verisi üzerinden modelleme yardımı ile hesaplanarak kullanıcılara sunulmuştur (URL-17, 2020). Hengl ve Wheeler (2018) tarafından yapılan çalışmanın verileri tüm ülkeler bazında kullanılmaya hazır bir veridir. Gerçekleştirilen çalışma bu veri kullanılarak ATD'nin her üç göstergesi tamamlanmış olmuştur.

Collect Earth yöntemi büyük alanlardaki tahribat/iyileşme alanlarının belirlenmesi ve rakamsal verilere ulaşılması noktasında etkin bir arazi izleme/değerlendirme aracı olduğunu göstermiştir. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntü verilerinin görsel analiz, orta ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntü verilerinin grafik verileri üzerinden entegre bir yaklaşım sunan Collect Earth bölgesel, ülkesel ve kıtasal ölçekte kullanılabilir. Büyük alan arazi çalışmalarının günümüzde yüksek maliyet ve iş gücü bakımından çok zor olduğu düşünüldüğünde, Collect Earth bu noktada iyi bir alternatif sunmaktadır. Ayrıca özellikle arazi örtü/kullanım sınıflarının orta çözünürlüklü uydu görüntü verileri ile gerçekleştirildiği çalışmalarda, Collect Earth doğruluk değerlendirilmesi açısından rahatlıkla kullanılacak bir araçtır. Google Earth Engine gibi güçlü bir Google arşivi üzerinden farklı uydu görüntü verileri ve bunlardan üretilmiş grafik verilerin kullanılabilmesi Collect Earth yönteminin en önemli özelliğidir. Bu ve benzer çalışmaların daha hassas ve yüksek temsil kabiliyeti sağlaması için nokta veriler daha fazla üretilmeli ve alana eşit olacak şekilde dağıtılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Ardel A. (1955). Yukarı Sakarya Havzası (Morfolojik Etüd), Türk coğrafya dergisi, 13-14: 3-24.
- Aronoff, S. (2005). *Remote Sensing for GIS Managers*. ESRI Press, Redlands, CA.
- Balasubramanian, A. (2017). *Digital Elevation Model (DEM) in GIS*, Report No. 3. Mysore: University of Mysore. doi:10.13140/RG.2.2.23976.47369.
- Baulies, X., Szejwach, G. (1998). LUC Data Requirements Workshop Survey of Needs, Gaps and Priorities on Data for Land-Use/Land-Cover Change Research. Organized by IGBP/IHDP-LUC and IGBP-DIS, Barcelona, Spain, November 11-14, 1997.
- Bell T. E. (1995). "Remote sensing," in *IEEE Spectrum*, vol. 32(3): 24-31, March 1995, doi: 10.1109/6.367967.
- Berberoğlu, S., Dönmez, C., Özkan, C. (2007). Seyhan Havzası Orman Verimliliğinin Envisat MERIS Veri Seti Kullanarak Modellenmesi, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, İstanbul.
- Berger, M., Moreno, J., Johannessen, J.A., Levelt, P.F., Hanssen, R.F. (2012). ESA's sentinel missions in support of earth system science. *Remote Sens. Environ.* 120: 84-90.
- Bey, A., Sanchez-Paus Diaz, A., Maniatis, D., Marchi, G., Mollicone, D., Ricci, S., Bastin, J.-F., Moore, R., Federici, S., Rezende, M., et al. (2016). Collect earth: land use and land cover assessment through augmented visual interpretation. *Rem. Sens.* 8: 807.
- Bian, L., Walsh, S.J. (2002). Characterizing and modeling landscape dynamics: an introduction. *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 68: 999-1000.
- Bullock, E. L., Woodcock, C. E., Olofsson, P. (2018, November). Monitoring tropical forest degradation using spectral unmixing and landsat time series analysis. *Remote Sensing of Environment*, 110968. doi:10.1016/j.rse.2018.11.011
- Campbell J.B. (1996). *Introduction to remote sensing* (2nd ed.), Taylor and Francis, London.
- Campbell, J. B. (2007). *Introduction to Remote Sensing (4th edn)*. The Guilford Press, New York, NY.
- Carlson, T. (2007). An overview of the "triangle method" for estimating surface evapotranspiration and soil moisture from satellite imagery. *Sensors*, 7(8): 1612-1629.

- Chasek, P., Akhtar-Schuster, M., Orr, B. J., Luise, A., Ratsimba, H. R., Safriel, U. (2019). Land degradation neutrality: The science-policy interface from the UNCCD to national implementation. *Environmental Science & Policy*, 92(February): 182–190.
- Chun, F.K., Karakiewicz, P.I., Briganti, A., Walz, J., Kattan, M., Huland, H., Graefen, M. (2007). A critical appraisal of logistic regression-based nomograms, artificial neural networks, classification and regression-tree models, look-up tables and risk-group stratification models for prostate cancer *BJU Int*, 99: 794-800.
- Cowie, A. L., Orr, B. J., Castillo Sanchez, V. M., Chasek, P., Crossman, N. D., Erlewein, A., Louwagie, G. (2018). Land in balance: The scientific conceptual framework for land degradation neutrality. *Environmental Science & Policy*, 79(January): 25–35.
- Cracknell, A.P. (2001). The exciting and totally unanticipated success of the AVHRR in applications for which it Was Never Intended. *Advances In Space Research*, 28: 233–240.
- Döner F. ve Bıyık C. (2009). Üç Boyutlu Nesnelerin Konumsal Veritabanında Yönetimi, Hkm - Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 100, ISSN 1300-3534, s. 27.
- Drusch, M., Mandorlo, G., Martimort, P., Bertini, F., Brand, O., Carlier, S., Del Bello, U., Duca, R., Fernandez, V., Ferrario, C., Ferreira, M.H., Isola, C., Kirschner, V., Laberinti, P., Lambert, M., Marcos, P., Moon, S., Oldeman, P., Palomba, M., Patteron, J., Prochazka, M., Schricke-Didot, M.H., Schwieso, C., Skoog, J., Spoto, F., Stjernevi, J., Sy, O., Teianu, B., Wildner, C., Arino, O., Bargellini, P., Berger, M., Cadau, E.G., Colin, O., Gascon, F., Hoersch, B., Laur, H., Fernandez, B.L., Monjoux, E., Baker, M., Marchese, F., Pineiro, J. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sens. Environ.* 120: 25–36.
- Ehlers, M. (1990). *Remote sensing and geographic information systems: Towards integrated spatial information processing*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* vol. 28(4): 763–766.
- Ehler, M. (1991). Multi-sensor fusion techniques in remote sensing", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 46: 19-30.
- Estes J. E. and Star J. L. (1993). *Remote Sensing and GIS Integration: Towards a Prioritized Research Agenda* Technical Report 93–4. National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara, CA. [http://www.ncgia.ucsb.edu/Publications/Tech\\_Reports/93/93-4.PDF](http://www.ncgia.ucsb.edu/Publications/Tech_Reports/93/93-4.PDF)
- Faust, N. (1998). *Raster GIS*. In: T. W. Foresman (ed.), *The History of Geographic Information Systems: Perspectives from the Pioneers*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. Chapter 5: 59–72.

- Gao, B.C. (1996). NDWI-A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. *Remote Sensing of Environment*, 58: 257-266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Geist, H.J., Lambin, E.F. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52: 143-150.
- Ghebregabher, M. G., Yang, T., Yang, X., & Wang, C. (2019). Assessment of desertification in Eritrea: Land degradation based on landsat images. *Journal of Arid Land*, 11(3): 319–331.
- Gilbey, B., Davies, J., Metternicht, G., & Magero, C. (2019). Taking land degradation neutrality from concept to practice: Early reflections on LDN target setting and planning. *Environmental Science & Policy*, 100(October): 230–237.
- Gilvear, D., Byant, R. (2003). Analysis of aerial photography and other remotely sensed data. G.M. Kondolf, H. Piegay (Eds.), *Tools in Fluvial Geomorphology*, Wiley, Chichester, U.K., pp. 135-170
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. (2016). Google Earth Engine: A Planetary-Scale Platform for Earth Science Data & Analysis. Available online: <https://earthengine.google.com/> (accessed on 30 May 2018).
- Group on Earth Observations. (2017). *Earth Observations in Support of the 2030 Agenda for Sustainable Development*.
- Gruen, A. ve Li, H. (1997). *Semi-automatic linear feature extraction by dynamic programming and LSB-Snakes. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* vol. 63(8): 985–995.
- Hengl, T. and Wheeler I. (2018). Soil bulk density (fine earth) 10 x kg / m-cubic at 6 standard depths (0, 10, 30, 60, 100 and 200 cm) at 250 m resolution (Version v0.2) [Data set]. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.2525665>.
- Hinton, J. C. (1996). *GIS and remote sensing integration for environmental applications. International Journal of Geographical Information Systems* vol. 10(7): 877–890.
- Hirano, A., Welch, R. and Lang H. (2003). *Mapping from ASTER stereo image data: DEM validation and accuracy assessment. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* vol. 57(5): 356–370.
- Holben, B.N. (1986). Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 7: 1417–1434.
- Homer, C., Huang, C., Yang, L., Wylie, B. and Coan, M. (2004). *Development of a 2001 national land-cover database for the United States. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* vol. 70: 829–840.



- Honeck, E., Castello, R., Chatenoux, B., Richard, J.-P., Lehmann, A., & Giuliani, G. (2018). From a vegetation index to a sustainable development goal indicator: Forest trend monitoring using three decades of earth observations across Switzerland. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(12): 455.
- Huete, A. R. (2005). *Global variability of terrestrial surface properties derived from MODIS visible to thermal-infrared measurements*. IEEE 0-7803-9050-4-4/05. <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/10226/32601/01526782.pdf>.
- IPBES, (2018). The assessment of land degradation and restoration. Summary for Policymakers Bonn, Germany 49 p. <https://www.ipbes.net>
- Ivits, E., Cherlet, M. (2013). Land-productivity dynamics towards integrated assessment of land degradation at global scales (EUR - Scientific and Technical Research Reports). Publications Office of the European Union. JRC80541. doi:10.2788/59315.
- Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective (3rd edn)*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Kamel, M., 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>
- Karan, E., Irizarry, J. ve Haymaker. J. (2016). BIM and GIS integration and interoperability based on semantic web technology, *J. Comput. Civ. Eng.* 30 (3) 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000519.
- Li, M., Zang, S., Zhang, B., Li, S., Wu, C. (2014). A Review of Remote Sensing Image Classification Techniques: the Role of Spatio-contextual Information, *European Journal of Remote Sensing*, 47:1, 389-411, DOI: 10.5721/EuJRS20144723
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation* (third ed.), Wiley, New York, pp. 750.
- Lobell, D.B., Hicke, J.A., Asner, G. P., Field, C.B., Tucker, C. J., Los. S. O. (2002). Satellite estimates of productivity and light use efficiency in United States agriculture 1982 –1998, *Glob. Chem. Biol.*8: 722–735.
- 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
- Maraş H. (1999). Coğrafi Veri Tabanı Güncelleştirmesine Yönelik Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL, s. 28-30.

- Marpu, P. R., Neubert, M., Herold H., Niemeyer, I. (2010). Enhanced evaluation of image segmentation results, *Journal of Spatial Science*, 55:1, 55-68, DOI: 10.1080/14498596.2010.487850
- Matthews, E. (1983). Global vegetation and land-use: new high-resolution data bases for climate studies. *J. Clim. Appl. Meteorol* 22: 474-487.
- Metternicht, G., Akhtar-Schuster, M., & Castillo, V. (2019). Implementing land degradation neutrality: From policy challenges to policy opportunities for national sustainable development. *Environmental Science & Policy*, 100(October): 189–191.
- Mustard, J.F., Defries, R.R., Fisher, T., Moran, E. (2004). Land use and land cover change pathways and impacts. In: Gutman, G., Janetos, A.C., Justice, C.O., Moran, E.F., Mustard, J.F., Rindfuss, R.R., Skole, D., Turner II, B.L., Cochrane, M.A. (Eds.), *Land Change Science: Observing, Monitoring, and Understanding Trajectories of Change on Earth's surface*. Kluwer, Boston, pp. 1e20.
- Nemani, R., Votava, P., Roads, J., White, M., Running, S. and Coughlan, J. (2002). *Terrestrial Observation and Prediction System: integration of satellite and surface weather observations with ecosystem models*. *Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings, IGARSS '02* vol. 4 pp. 2394–2396.
- Olofsson, P., Stehman, S.V., Woodcock, C.E., Sulla-Menashe, D., Sibley, A., Newell, J.D., Friedl M.A., Herold, M. (2012). A global land cover validation dataset, part I: fundamental design principles. *Int. J. Remote Sens.* 33: 5768–5788.
- Olofson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E., Wulder, M.A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sens. Environ.*, 148: 42–57.
- Open Foris, (2015). Collect Earth: <https://github.com/openforis/collect-earth>.
- Panigrahy, R.K., Kale, M.P., Dutta, U., Mishra, A., Banerjee, B., Singh, S. (2010). Forest cover change detection of Western Ghats of Maharashtra using satellite remote sensing based visual interpretation technique *Curr. Sci.*, 98: 657-664
- Pitas I. (1993). *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice-Hall, New York.
- Pohl, C. (1998). Multisensor image fusion in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 19(5): 823-854
- Ratajczak, Z., Ives, A.R., Ramiadantsoa, T., Stegner, M.A., Zhang, J., Turner, M.G., Carpenter, S.R., Kucharik, C.J., Williams J.W. (2018). Abrupt change in ecological systems: inference and diagnosis. *Trends Ecol. Evol.*, 33: 513-526
- Richards J.A. (1992). *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer-Verlag, Cambridge, UK
- Romijn, J.E., Herold, M., Kooistra, L., Murdiyarso, D., Verchot, L. (2012). Assessing

capacities of non-Annex I countries for national forest monitoring in the context of REDD+. *Environ. Sci. Policy* 20: 33–48.

Roujean, J.-L., Leroy, M., Deschamps, P.Y. (1992). A bi-directional reflectance model of the Earth's surface for the correction of remote sensing data. *J. Geophys. Res.*, D-97, pp. 20455-20468

Shan, J. ve Lee S. D. (2005). *Quality of Building Extraction from IKONOS Imagery*. *Journal of Surveying Engineering* vol. 131(1): 27–32.

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.

Stehman, S.V. (2005). Comparing estimators of gross change derived from complete coverage mapping versus statistical sampling of remotely sensed data. *Remote Sens. Environ.*, 96: 466–474.

Townshend, J.R.G., Masek, J., Huang, C.Q., Vermote, E., Gao, F., Channan, S., Sexton, J.O., Feng, M., Narasimhan, R., Kim, D.-H., Song, K., Song, D.-X., Song, X.-P., Noojipady, P., Tan, B., Hansen, M.C., Li, M.X., Wolfe, R.E. (2012). Global characterization and monitoring of forest cover using Landsat data: opportunities and challenges. *Int. J. Digital Earth* 5: 373–397.

Turoğlu, H. (2000). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları*, İstanbul: Çantay Kitabevi.

Uluğtekin, N., ve İpbüker, C. (1996). *Coğrafi Bilgi Sistemi ve Kartografya*, Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu-CBS 96, İstanbul, 131-141.

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for sustainable development*. New York: United Nations.

Upadhyay, R. (2020). Markers for Global Climate Change and Its Impact on Social, Biological and Ecological Systems: A Review. *American Journal of Climate Change*, 9: 159-203. doi: 10.4236/ajcc.2020.93012.

Vogelmann, J. E., Van Khoa, P., Lan, D. X., Shermeyer, J., Hua Shi, M. C., Wimberly, H., Van Huong. L. (2017). Assessment of forest degradation in vietnam using landsat time series data. *Forests*, 8(7): 238.

Zhang J. (2010) Multi-source remote sensing data fusion: status and trends, *International Journal of Image and Data Fusion*, 1:1, 5-24, DOI: 10.1080/19479830903561035

Zhang, X., Friedl, M. A. and Schaaf C. B. (2006). *Global vegetation phenology from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Evaluation of global patterns*. *Journal of Geophysical Research* vol. 111 pp. G04017 doi:10.1029/2006JG000217.

- Wilkinson, G. G. (1996). *A review of current issues in the integration of GIS and remote sensing data*. *International Journal of Remote Sensing* vol. 10(1): 85–101.
- Wulder, M.A., Masek, J.G., Cohen, W.B., Loveland, T.R., Woodcock, C.E. (2012). Opening the archive: how free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat. *Remote Sens. Environ.* 122: 2–10.
- URL-1 (2019). <http://www.fao.org/gef/projects/detail/en/c/1107403/>
- URL-2 (2019). <https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/intro.htm>
- URL-3 (2019). [https://cdn.acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/19\\_20\\_Guz/uzaktan\\_algilama/1/index.html](https://cdn.acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/19_20_Guz/uzaktan_algilama/1/index.html)
- URL-4 (2020). <https://gisgeography.com/remote-sensing-earth-observation-guide/>
- URL-5 (2019). <https://www.upy.com.tr/faaliyetler/cograf-bilgi-sistemleri/>
- URL-6 (2019). [http://www.mepsistem.com.tr/?module=modul\\_tek&modul=286&cat=819](http://www.mepsistem.com.tr/?module=modul_tek&modul=286&cat=819)
- URL-7 (2019). <https://www.georas.nl/>
- URL-8 (2020). <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>
- URL-9 (2020). <http://collect.earth>
- URL-10 (2019). <https://www.meteorite.bi/>
- URL-11 (2020). <http://www.fao.org/docrep/007/ad679e/ad679e03.htm>
- URL-12 (2020). [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_files/Chp2/Chp2\\_Land\\_Areas.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/Chp2/Chp2_Land_Areas.pdf)
- URL-13 (2020). [https://unfccc.int/cop7/documents/accords\\_draft.pdf](https://unfccc.int/cop7/documents/accords_draft.pdf)
- URL-14 (2020). <https://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol4.pdf>
- URL-15 (2020). [https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis/modis\\_products\\_table/mod44b](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod44b)
- URL-16 (2020). <http://www.fao.org/gef/projects/detail/en/c/1107403/>
- URL-17 (2020). <https://zenodo.org/record/2525553#.X9cGJbNS-Uk>