



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**

**İNSANSIZ HAVA ARACI VE PLANETSCOPE
SİSTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN SPEKTRAL
VEJETASYON İNDEKSLERİNİN FARKLI PARSEL
BÜYÜKLÜKLERİ İÇİN KULLANIM OLANAKLARI**

Yüksek Lisans Tezi

Muhammet Onur ÇELİK

Danışman
Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL

SAMSUN
2023

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**



**İNSANSIZ HAVA ARACI VE PLANETSCOPE
SİSTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN SPEKTRAL
VEJETASYON İNDEKSLERİNİN FARKLI PARSEL
BÜYÜKLÜKLERİ İÇİN KULLANIM OLANAKLARI**

Yüksek Lisans Tezi

Muhammet Onur ÇELİK

Danışman

Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Muhammet Onur ÇELİK tarafından, Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL danışmanlığında hazırlanan “İNSANSIZ HAVA ARACI VE PLANETSCOPE SİSTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN SPEKTRAL VEJETASYON İNDEKSLERİNİN FARKLI PARSEL BÜYÜKLÜKLERİ İÇİN KULLANIM OLANAKLARI ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 03/08/2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Bilal CEMEK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Emre TUNCA Düzce Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilir Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

07/07/ 2023

Muhammet Onur ÇELİK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: İNSANSIZ HAVA ARACI VE PLANETSCOPE SİSTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN SPEKTRAL VEJETASYON İNDEKSLERİNİN FARKLI PARSEL BÜYÜKLÜKLERİ İÇİN KULLANIM OLANAKLARI

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 07/07/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 4

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

07 /07/ 2023

Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL

ÖZET

İNSANSIZ HAVA ARACI VE PLANETSCOPE SİSTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN SPEKTRAL VEJETASYON İNDEKSLERİNİN FARKLI PARSEL BÜYÜKLÜKLERİ İÇİN KULLANIM OLANAKLARI

Muhammet Onur ÇELİK
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Ağustos/2023
Danışman: Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL

Uzaktan algılama (UA), bitkilerin gelişme dönemi boyunca hızlı ve etkin olarak izlenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir araçtır. UA araçlarından olan uydu ve insansız hava aracı (İHA) sistemlerinin kullanılması günümüzde giderek yaygınlaşmaktadır. Uzaktan algılanmış verilerin bilgiye dönüştürülmesi için tarla denemelerine dayanan yer doğrulama çalışmaları artarak devam etmektedir. Tarla denemelerinde yersel çözünürlük avantajı nedeniyle daha çok İHA sistemleri tercih edilmektedir. Ancak İHA sistemleri ile görüntüleme yapmak, uydu sistemlerinden görüntü temin etmeye göre daha zordur ve daha fazla zaman almaktadır. Bu çalışmada tarla denemesi yürütülen bir alanın izlenmesinde uydu sistemlerinden temin edilen ve İHA sistemi ile çekilen multi-spektral görüntülerin kullanılma olanakları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Böylece uydu görüntüleri kullanılarak yürütülecek olan çalışmalar için uygun parsel boyutlarının belirlenmesinde bir öngörünün ortaya koyulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda 10m x 10m, 20m x 20m, 40m x 40m ve parsel düzeyinde olacak şekilde dört farklı alan için analizler yapılmıştır. Sorgum bitkisinde gerçekleştirilen bu çalışmada sezon boyunca toplam 24 farklı tarihin hem yüksek çözünürlüklü İHA hem de PlanetScope uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmada NDVI, SAVI ve EVI indekslerinden yararlanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda PlanetScope uydusunun İHA ile çoğunlukla uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Özellikle 20m ve 40m'lik alan çalışmalarında NDVI'da 0,98, SAVI ve EVI' de 0,97 korelasyon değeriyle yüksek ilişkiler gözlemlenmiştir. 20 m ve üzeri alanlardaki çalışmalar için PlanetScope uydu platformunun daha faydalı olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Uzaktan Algılama, Uydu , İnsansız Hava Aracı, NDVI, SAVI, EVI

ABSTRACT

POSSIBILITIES OF USING SPECTRAL VEGETATION INDICES OBTAINED FROM UNMANNED AERIAL VEHICLE AND PLANETSCOPE SYSTEMS FOR DIFFERENT PLOT SIZES

Muhammet Onur ÇELİK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Agricultural Structures and Irrigation

Master, August/2023

Supervisor: Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL

Remote sensing (RS) is an important tool used for fast and efficient monitoring and evaluation of crops throughout the development period. The use of satellite and unmanned aerial vehicle (UAV) systems as remote sensing tools is becoming increasingly widespread today. In order to transform remotely sensed data into information, ground verification studies based on field experiments are increasingly being carried out. UAV systems are mostly preferred in field trials due to the advantage of spatial resolution. However, imaging with UAV systems is more difficult and time consuming than obtaining images from satellite systems. In this study, the possibilities of using multi-spectral images obtained from satellite systems and multi-spectral images taken by UAV systems in monitoring an area where field trials are conducted were evaluated comparatively. Thus, it is aimed to provide a prediction in determining the appropriate plot sizes for the studies to be carried out using satellite images. In this context, analyses were carried out for four different areas as 10m x 10m, 20m x 20m, 40m x 40m and plot level. In this study on sorghum, both high-resolution UAV and PlanetScope satellite images of 24 different dates throughout the season were used. As a result of the evaluations made by using NDVI, SAVI and EVI indices in the study, it was seen that PlanetScope satellite gave mostly compatible results with the UAV. High correlation values of 0,98 for NDVI, 0,97 for SAVI and 0,97 for EVI were observed, especially in 20 m and 40 m areas. For studies of 20 m and above, it was determined that the PlanetScope satellite platform may be more useful.

Keywords: Remote Sensing, Satellite, Unmanned Aerial Vehicle, NDVI, SAVI, EVI

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışma konumun belirlenmesinde, planlanmasında ve yürütülmesinde katkıda bulunan, değerli fikir ve önerileriyle desteğini esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL’a çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışma sürecinin her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Emre TUNCA ve Dr. Öğr. Üyesi Sakine ÇETİN TANER’e teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerinden ötürü Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yönetici ve personellerine teşekkür ederim.

Bu çalışmada kullanılan bazı veriler TUBİTAK ARDEB tarafından 1001 programı kapsamında desteklenen 118O831 numaralı ve “İnsansız Hava Araçlarına Bağlı Sensörler ve El Radyometreleri ile Sulama Yönetimi ve Verim Tahmininde Yeni Üç Boyutlu Bir Yaklaşım: Teori, Uygulama ve Doğrulama” başlıklı proje kapsamında elde edilmiştir. Sağlanan destekten ötürü TUBİTAK’a teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında koşulsuz şartsız bir şekilde arkamda duran ve desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen annem Yurdağül ÇELİK ve ablam Betül ÇELİK’e sonsuz teşekkür ederim.

Muhammet Onur ÇELİK

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Çalışma Alanı Genel Özellikleri	9
3.1.2. Araştırma Alanı Genel İklim Özellikleri	9
3.1.3. Araştırma Alanı Toprak Özellikleri	10
3.1.4. Deneme Konuları ve Yürütülen Tarımsal Faaliyetler	10
3.1.5. Çalışmada Kullanılan İHA Özellikleri.....	12
3.1.6. Multi-spektral Görüntülerin Çekilmesinde Kullanılan Kamera Sistemi	13
3.1.7. PlanetScope Uydu Sisteminin Bazı Özellikleri.....	14
3.1.8. Çalışmada Kullanılan Bilgisayar Yazılımları	15
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. İHA Görüntülerinin Çekilmesi.....	15
3.2.2. PlanetScope Uydu Görüntülerinin Temin Edilmesi	17
3.2.3. Görüntü İşleme Yöntemleri	17
3.2.4. İHA ile PlanetScope Uydu Verilerinin Değerlendirmesi.....	18
3.2.5. İstatistiksel Analiz.....	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	20
4.1. İstatistiksel Analizler	20
4.2. NDVI Bulguları	21
4.2.1. Deneme Parsellerine Göre Karşılaştırma Sonuçları.....	21
4.2.2. Deneme Alanının 10m X 10m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar	24
4.2.3. Deneme Arazisinin 20m X 20m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar .	26
4.2.4. Deneme Arazisinin Tek Parça (40m X 40m) Olarak Ele Alınması ile Elde Edilen Sonuçlar	28
4.3. SAVI Bulguları	30
4.3.1. Deneme Parsellerine Göre Karşılaştırma Sonuçları.....	30
4.3.2. Deneme Arazisinin 10m X 10m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar .	32
4.3.3. Deneme Arazisinin 20m X 20m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar .	34
4.3.4. Deneme Arazisinin Tek Parça (40m X 40m) Olarak Ele Alınması ile Elde Edilen Sonuçlar	36
4.4. EVI Bulguları.....	38
4.4.1. Deneme Parsellerine Göre Karşılaştırma Sonuçları.....	38
4.4.2. Deneme Arazisinin 10m X 10m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar .	40
4.4.3. Deneme Arazisinin 20m X 20m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar .	42
4.4.4. Deneme Arazisinin Tek Parça (40m X 40m) Olarak Ele Alınması ile Elde Edilen Sonuçlar	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
EKLER	49
KAYNAKLAR	61
ÖZ GEÇMİŞ.....	65

SİMGELER VE KISALTMALAR

EVI	: Gelişmiş Bitki Örtü İndeksi
İHA	: İnsansız Hava Aracı
UA	: Uzaktan Algılama
NGRDI	: Normalize Edilmiş Yeşil Kırmızı Fark İndeksi
NDVI	: Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
SAVI	: Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Vejetasyon İndeksi
NDRE	: Normalize Edilmiş Kırmızı Kenar Değişim İndeksi
DSM	: Sayısal Yüzey Modeli
DTM	: Sayısal Arazi Modeli
YAI	: Yaprak Alan İndeksi
YGS	: Yılın Gün Sayısı
QGIS	: Quantum Geographic Information System

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Çalışma alanı konum bilgisi ve genel görünümü	9
Şekil 3.2.	Tarla denemesinde deneme konularının yerleşim planı ve parsel boyutları.....	11
Şekil 3.3.	Çalışma kapsamında kullanılan DJI Matrice 300 RTK İHA.....	12
Şekil 3.4.	Multis-pektral ve termal kamera (Micasense Altum), kalibrasyon plakası.....	13
Şekil 3.5.	PlanetScope uydu sistemine ait bir görseli	14
Şekil 3.6.	Multi-spektral kameranın kalibrasyonu için plaka okumaları ve yer kontrol noktasına ilişkin görseller.....	16
Şekil 4.1.	İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde NDVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin karşılaştırması (e).....	23
Şekil 4.2.	İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde NDVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin karşılaştırması (e).	25
Şekil 4.3.	İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde NDVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin karşılaştırması (e).	27
Şekil 4.4.	İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde NDVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin karşılaştırması (e).	29
Şekil 4.5.	İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde SAVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen SAVI değerlerinin karşılaştırması (e).	31
Şekil 4.6.	İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde SAVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen SAVI değerlerinin karşılaştırması (e).	33
Şekil 4.7.	İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde SAVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen SAVI değerlerinin karşılaştırması (e).	35
Şekil 4.8.	İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde SAVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d),	

İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen SAVI değerlerinin karşılaştırması (e).	37
Şekil 4.9. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde EVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen EVI değerlerinin karşılaştırması (e).	39
Şekil 4.10. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde EVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen EVI değerlerinin karşılaştırması (e).	41
Şekil 4.11. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde EVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen EVI değerlerinin karşılaştırması (e).	43
Şekil 4.12. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde EVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen EVI değerlerinin karşılaştırması (e).	45

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1.	Çalışma alanının uzun yıllara göre ortalama iklim değerleri (MGM, 2022).....	10
Tablo 3.2.	Çalışma alanının genel toprak özellikleri	10
Tablo 3.3.	Micasense Altum kamerasının spektral bant özellikleri.....	13
Tablo 3.4.	PlanetScope uydusunun spektral bant özellikleri	14
Tablo 3.5.	İHA ve PlanetScope için görüntüleme yapılan tarihleri	16
Tablo 3.6.	Vejetasyon indeksleri ve kullanılan eşitlikler.....	18
Tablo 4.1.	İstatistiksel analizler sonucunda elde edilen bulgular	20
Tablo 4.2.	Çalışma planına göre İHA ve PlanetScope sisteminden elde edilen piksel sayıları	47



1. GİRİŞ

Canlılığın devamı için besin en önemli faktördür. İnsanoğlu bu devamlılığı sağlamak için üretmek zorundadır. Dünya nüfusu Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi tarafından yapılan projeksiyona göre, 2050 yılında yaklaşık 9,7 milyar olacağı tahmin edilmektedir (Bansod et al., 2017; Fulya ve Nurdan Gamze, 2022). Dünyada doğal kaynaklar sabit olmasına rağmen artan nüfusla birlikte bu kaynaklar daha da önemli hale gelmektedir. Tarımsal faaliyetler hem artan gıda ihtiyacının karşılanması hem de mevcut kaynakların korunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Tarım sektörü yalnızca artan beslenme ihtiyaçlarının değil aynı zamanda birçok sektörün ham madde ihtiyacını da karşılamaktadır. Tarım büyük bir istihdam kaynağı oluşturmakla beraber milli gelirde önemli bir paya sahiptir. Tarımda verimliliğin artırılması için yenilikçi yaklaşımların ve çağa uygun teknolojilerin kullanılması kaçınılmazdır. Bitkisel üretimde sulama, bitki besleme ve zirai mücadele gibi faaliyetlerin planlanmasında ve bitki gelişiminin takip edilmesinde kullanılabilen dijital araçlar hem karlılığı arttırmakta hem de doğal kaynakların sürdürülebilir kullanılmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Günümüzde bitkisel üretim alanlarının gözlemlenmesi ve sezon boyunca takibinde uzaktan algılama (UA) uygulamaları önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (Köksal, 2007).

Nesnelerle fiziksel temasta bulunmadan çeşitli sensörler aracılığıyla bu nesnelerin özelliklerini, dağılımlarını veya değişimlerini analiz etme tekniği UA olarak adlandırılmaktadır (Shanmugapriya et al., 2019). UA'nın temel ilkesi, elektromanyetik spektrumun spektral aralıklarından yararlanarak gözlemlenen cisimlerin farklı dalga boylarındaki yansıtma özelliklerini analiz etmek ve ortaya çıkan farklılıkları tanımlamaktır. İlk olarak UA sistemleri askeri amaçlarla kullanılmış olsa da günümüzde ormancılık (Sudhakar et al., 2020), haritacılık (Giannini et al., 2011), jeoloji (Vasuki et al., 2014), arkeoloji (Tapete, 2018), hidroloji (Schmugge et al., 2002) ve tarım (Köksal et al., 2022; Wójtowicz et al., 2016) başta olmak üzere birçok bilim dalında aktif bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir.

UA ile veri elde edilmesinde kullanılan başlıca sistemler olarak; insanlı veya insansız hava aracı (İHA) sistemleri, yer düzeyli sistemler ve uydu sistemleri sayılabilir. UA'nın uygulama araçlarından olan yer platformları sayesinde arazide doğrudan ölçüm yapılabilmektedir. Yer düzeyinde yapılan bu çalışmaların doğruluk

seviyesi yüksek olsa da hem arazi şartlarında çalışmanın zorluğu hem de verilerin noktasal olarak elde edilmesi büyük alanlardaki çalışmalarda kullanımı kısıtlamaktadır (Gerhards et al., 2019).

UA'nın bir diğer uygulama aracı olan hava platformlarında görüntüleme yapmak için kullanılan sensörler, insanlı hava araçlarında büyük boyutlara ve yüksek ağırlıklara ulaşmaktadır. Bu sistemlerin kullanılabilmesi için yük taşıma kapasitesi yüksek uçaklara ve operasyonu yürütebilecek teknik ekibe ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun nedenle insanlı hava araçlarıyla yapılacak UA uygulamalarında yüksek maliyetler ortaya çıkmaktadır.

Gelişen teknolojiyle birlikte sensör boyutlarının küçülmesi ve ağırlıklarının azaltılmasıyla bu sensörler İHA'ya monte edilebilir hale gelmiştir. İHA'ların uydu ve insanlı hava platformlarına göre daha ucuz oluşu, hava olaylarından daha az etkilenmesi, daha yüksek konumsal ve zamansal çözünürlüklerde bilgi sağlayabilmeleri bu platformları öne çıkarmaktadır (Laliberte and Rango, 2011). Tarım sektöründe İHA'lar, sulama yönetimi (Nieto et al., 2019), hastalık ve zararlı izlemesi (Peña et al., 2015), bitki boyu tahmini (Sönmez vd., 2021; Tunca et al., 2019) ve verim tahmini (Midtby and Pastucha, 2022) gibi konular başta olmak üzere aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Tüm faydalarına rağmen İHA'ların kısıtlı menzil ve uçuş süreleri büyük ölçekli alanların görüntülenmesinde kullanımlarını sınırlamaktadır.

Uydu sistemleri İHA'lara göre daha geniş alanların görüntülenmesine imkân sağlamaktadır. Bu sistemlerin kullanımlarını kısıtlayan önemli bir faktör bulutlu hava koşullarında görüntüleme yapılamamasıdır. Ayrıca Sentinel-2 ve Landsat 8 gibi uyduların düşük yersel çözünürlükleri (10 ile 30m) küçük ölçekli tarla parsellerini ve detaylı bitki örtüsü haritalaması için yeterli değildir (Wildhaber et al., 2023; Szabó et al., 2021; Burai et al., 2019; Jain et al., 2017). Günümüzde bilindik uydulara göre daha küçük ve hafif olan PlanetScope uyduları yörüngeye konuşlandırılmaya başlanmıştır (Sadeh et al., 2019). Bu küçük uydular bir takım yıldızı şeklinde hareket ederek günlük küresel kapsama alanına ulaşabilmekte ve 3m yersel çözünürlükte görüntüler sağlayabilmektedir. PlanetScope gibi yeni uydu sistemleri arazi örtüsü izleme ve değişimlerin tespitinde gelecekteki uygulamalar için umut vericidir. Güncel çalışmalarda uydu sistemleri ile yüksek çözünürlüklü İHA sistemleri

arasındaki ilişki ve yüksek çözünürlüklü uydu sistemlerinin küçük ölçekli alanlardaki performansına yeteri kadar değinilmemiştir.

Bu çalışmada tarla denemesi yürütülen bir alanın izlenmesinde UA araçlarından olan uydu ve İHA sistemleri kullanılarak elde edilen multi-spektral görüntülerin kullanılma olanakları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Sorgum yetiştiriciliğinde ya da bitkisel üretimde uydu görüntüleri kullanılarak yürütülecek çalışmalar için uygun parsel boyutlarının belirlenmesinde bir öngörü ortaya koyulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda çeşitli vejetasyon indekslerinden yararlanılarak uydu ve İHA sistemlerinden elde edilen veriler istatistiksel analizler yapılarak değerlendirilmiştir.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Suudi Arabistan’da yapılan bir çalışmada Kızıldeniz’in kıyısında yer alan bir yerleşim alanında İHA ve uzay tabanlı multi-spektral görüntüler kullanarak platformlar arasındaki farklılıkları ve bu farklılıkları etkileyen faktörleri araştırmışlardır. Bu amaçla MicaSense RedEdge-MX sensörünün monte edildiği bir DJI Matrice 100 model bir İHA, PlanetScope, Sentinel-2 ve Landsat 8 uydularını multi-spektral görüntü elde etmede kullanmışlardır. Görüntülerin doğruluk değerlendirmesi için sahada gerçekleştirdikleri spektrometre ölçümlerini kullanmışlardır. İHA’dan elde edilen veriler ile uydu görüntüleri arasındaki ilişkiyi daha ayrıntılı değerlendirmek amacıyla doğrusal ampirik düzeltme (MSlinear), dolaylı ampirik düzeltme (MSvicarious) ve en yakın komşu enterpolasyonu kullanılarak yeniden ölçeklendirmişlerdir. Bağıl tahmin hatasının standart sapması (rRMSE) sonuçlarına göre dolaylı ampirik düzeltme uygulanan görüntülerin doğrusal ampirik düzeltme uygulana görüntülere göre daha düşük değerler verdiğini ifade etmişlerdir. MicaSense ve uydu görüntüleri arasındaki ölçek farkı arttırdıklarında rRMSE değerinde azalma gözlemlemişlerdir (Jiang et al., 2022).

Pisman et al., (2020) Minino köyü yakınlarındaki Federal Araştırma Merkezi "SB RAS Krasnoyarsk Bilim Merkezi" Krasnoyarsk Tarımsal Araştırma Enstitüsü topraklarında yaptıkları bir çalışmada tahıl bitkilerinin durumunun inceleme ve yabancı ot seviyesini gözlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda 9 Temmuz 2019 tarihindeki PlanetScope uydu görüntülerini incelemiş ve buğday ekimi yapılan alanların Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) hesaplayarak sonuçları değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin ürünlerin sağlık durumlarını değerlendirmeye imkân verdiğini belirlemişlerdir.

Cornejo-Denman et al., (2020) Bu çalışmada Meksika’nın Sonora eyaletinde yer alan Río Sonora nehir kıyısındaki arazi örtüsünde ve peyzaj alanlarındaki değişikliklerin (1988’den 2018’e kadar) gözlemlenmesini amaçlamışlardır. Bu amaçla Landsat TM ve OLI uydu verileri ile ve PlanetScope-PS2 uydu sensörleri kullanılarak elde edilen yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntülerden arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflandırmalarının zaman içindeki değişimlerini gözlemleyebilmişlerdir. Yapılan çalışmada yüksek mekânsal çözünürlüklü verilerin, kurak ve yarı kurak bölgelerdeki nehir kıyısı ekosistemleri gibi mekânsal olarak

kısıtlı alanların detaylı haritalarını oluşturmak için uygun olduğunu ifade etmişlerdir. PlanetScope-PS2 uydu verilerinin ise Landsat TM ve OLI uydularına göre daha yüksek mekânsal çözünürlükte olmasıyla birlikte sınıflandırmanın çeşitliliğini artırdığı ve daha ayrıntılı haritalama yapılabildiğini belirtmişlerdir.

Amelia Carol Bradshaw et al., (2019) Güney Afrika'daki Kavango-Zambezi Sınır Ötesi Koruma Alanı'nda (KAZA) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada İHA ve PlanetScope uydusunun ilişkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaç ile DJI Mavic Pro drona monte edilmiş bir Parrot Sequoia Multi-spektral Sensör ve PlanetScope uydusunu kullanarak çalışma alanından görüntüleme yapılmıştır. Elde edilen görüntülerden vejetasyon (NDVI, SAVI, EVI ve EVI2) indeksi hesaplanmıştır. Sonrasında ise üç farklı sınıflandırma yöntemi (üretkenliğe dayalı bir karar ağacı, üretkenliğe ve yapıya dayalı bir karar ağacı ve denetimsiz sınıflandırma) kullanılarak İHA ve uydu gibi algılama platformlarının topluluk ölçeğinde ve zaman içinde bitki örtüsü sınıflandırmasında kullanılıp kullanılmayacağı üzerinde durulmuştur. Elde ettikleri sonuçlar neticesinde yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılmasına rağmen, herhangi bir sınıflandırma yönteminin beklenen yüksek doğruluk seviyelerine ulaşamadığı ve iki platformun daha büyük ölçekte veya farklı zaman ölçeklerinde piksel tabanlı analizler yapmak için güçlü bir ilişkiye sahip olmadığı sonucuna varmışlardır. Bu durumun hem spektral hem de mekânsal çözünürlük açısından sensörler arasındaki farklılıklardan meydana geldiğini ifade etmişlerdir ve gelecek çalışmalar için nesne tabanlı bir yaklaşıma odaklanılmasını önermişlerdir.

Easterday et al., (2019) Kaliforniya'nın yaklaşık 20 km doğusundaki Blue Oak Ranch Reserve'de (BORR) yaygın bir çalı olan *Baccharis pilularis* (çakal çalısı) üzerinde yaptıkları bir çalışmada bitki su durumunun incelenmesi için multi-spektral İHA ve PlanetScope uydu görüntülerini kullanmışlardır. Görüntülerden, yaygın olarak kullanılan NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) ve NDRE (Normalleştirilmiş Fark Kırmızı Kenar İndeksi) vejetasyon indeksleri hesaplanmıştır. Bu indeksler yaprak su içeriği ve bitki su durumu ile su potansiyeli arasındaki ilişkiyi araştırmak için kullanılmıştır. Çalışmanın devamında PlanetScope uydu görüntüleri indirilmiş ve İHA görüntüleri uydu çözünürlüğünde yeniden ölçeklendirilerek spektral indeksler ve su durumu arasındaki değişimlerin gözlemlenmesinde uydu platformunun kullanılabilirliğini test etmişlerdir. Yapılan çalışmanın sonucunda

PlanetScope verileri için NDVI değerlerindeki aralığın daha dūşük olduğunu ve çalışma alanı genelinde değerlerin 0,2 ila 0,5 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Yeniden ölçeklendirme yapılarak elde ettikleri NDVI piksel değerlerinin PlanetScope verilerine göre daha fazla spektral bilgi içerdiğini, İHA ve PlanetScope arasında pozitif bir korelasyon olduğunu ve değişen uzamsal çözünürlüğe rağmen spektral çözünürlüğün korunduğunu belirtmişlerdir. Uygulamalar arasındaki en iyi ayrımı ise daha dūřük uçuř yüksekliğinde NDVI’da ve sabahın erken saatlerinden elde edilen görüntülerdeki NDRE indeksinde bulmuşlardır. Sonuç olarak ise PlanetScope uydusunun uygulamalarda ölü ve canlı bitki arasındaki ayrımı yakalayabildiğini ancak bitki su içeriğindeki değişimleri yeterince detaylandıramadığını belirtmişlerdir.

Gurdak and Grzybowski (2018) yaptıkları çalışmada yüksek özünürlüklü PlanetScope ve Sentinel-2 uydu görüntülerinin bitki örtü durumunun gözlemlenmesinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmayı Polonya’nın batısında Wielkopolska bölgesindeki kışlık buğday tarlalarında gerçekleştirmişlerdir. Yer ölçümleriyle elde ettikleri LAI değerleriyle uydu görüntülerinden elde ettikleri çeşitli vejetasyon indeksleri (Normalleřtirilmiř Fark Bitki Örtüsü Endeksi (NDVI), Geliřtirilmiř Bitki Örtüsü Endeksi (EVI) ve Toprak Düzeltilmiř Bitki Örtüsü Endeksi (SAVI)) arasında bir korelasyon analizi yapmışlardır. Yapılan analizler sonucunda, mahsul gelişiminin hangi aşamasında ilişkinin en güçlü olduğu ve LAI tespitinde hangi vejetasyon indekinin daha uygun olduğunu belirlemeye çalışmışlardır. Buna ek olarak da Sentinel-2 ve PlanetScope uydu görüntülerinin zamansal ve mekânsal çözünürlüğünün kışlık buğdayın gelişim aşamalarını izlemek için etkisini değerlendirilmişler. Analizler sonucunda PlanetScope ve Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen LAI değerlerinin uyumluluğunu bitkinin gelişim aşamasına göre değişiklik gösterdiği; kardeşlenme, birleşme, başaklanma ve olgunlaşma aşamalarında ilişkinin yüksek, erken kardeşlenmede dūřük olduğunu belirlemişlerdir. PlanetScope verilerinden elde edilen bitki örtüsü indekslerinin kışlık buğday koşullarını izlemek için uygun olduğunu ve bu indekslerin LAI tahmini için de etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Son olarak ise PlanetScope uydularının günlük tekrar sürelerinin kısa olması sebebiyle bitki ürün takibi için kullanımını önermişlerdir.

Tunca et al., (2018) Samsun ili Bafra ilçesinde gerçekleştirdikleri çalışmada İHA ile ayçiçeği bitkisinin yaprak alan indeksini (YAI) ve hasat öncesi verim

tahminini yapmayı amaçlamışlardır. Çalışma alanından İHA'ya monte edilmiş bir multi-spektral kamerayla 6 farklı günde görüntüleme yapılmış ve alan içerisindeki vejetasyon seviyelerine göre 16 farklı bölgenin örnekleri kullanılmıştır. Arazi çalışmaları sonucunda elde ettikleri verim değerleri ile İHA görüntülerinden oluşturdukları NDVI arasında doğrusal ilişkiler olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında NDVI değerlerinden YAI hesaplanmış ve bu değerler arasında üstel bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Seçilen örnek bölgelerdeki vejetasyon değişimleri İHA görüntülerinden etkili bir şekilde belirlenebilmiştir. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde Ayçiçeği bitkisinin zaman içerisindeki değişimini gözlemlemekte ve İHA'dan elde edilen bu haritaların verim tahmini için etkin bir şekilde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir

Nakano et al., (2023) yaptıkları çalışmada pirinç tarlalarında verim artırmaya yönelik azot (N) uygulamalarında uygun oranın belirlenebilmesi için İHA tabanlı bir yöntem geliştirmeyi planlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda el tipi bir bitki sensörü (GreenSeeker) ve İHA kullanılarak her iki yöntem ile NDVI hesaplamışlardır. Yapılan incelemeler sonucunda İHA ile aynı günlerde yapılan ölçümlerde elde edilen NDVI değerlerinin, el tipi bitki sensörüyle yüksek oranda pozitif ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir. Buna ek olarak el tipi bitki sensörünün farklı günlerde, günün farklı saatlerinde ve farklı iklim koşullarındaki değerleri İHA ile bir araya getirildiğinde daha düşük bir ilişki gözlemlenmiştir. Bunun sebebini ise el tipi bitki sensörünün İHA'ya göre daha stabil olmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Çalışmada tane verimi ile NDVI değerleri arasındaki ilişki de incelenmiş ve başaklanma dönemlerinde verim ve NDVI değerleri arasında pozitif bir ilişki gözlemlenmiştir. Tüm bu sonuçlar ele alındığında İHA'nın büyüme teşhisi ve verim tahmini için kullanılabileceğini ve yer ölçümleriyle desteklenmesiyle de doğruluğunun artırılabilceğini belirtmişlerdir.

Günel vd., (2021) ayçiçeği bitkisinde gerçekleştirdikleri çalışmada bitki büyüme durumunun izlenmesinde önemli bir bileşen olan bitki klorofil içeriğini belirlemede, İHA'ların kabiliyetini test etmek istemişlerdir. Bu doğrultuda İHA'dan elde ettikleri çeşitli klorofil (Klorofil İndeks Kırmızı Kenar (CI-RE), Klorofil İndeks Yeşil (CI- G)) ve vejetasyon (Normalize edilmiş fark vejetasyon indeksi (NDVI), Normalize edilmiş fark Kırmızı Kenar İndeksi (NDRE), Normalize Edilmiş Yeşil Kırmızı Fark İndeksi (NGRDI)) indekslerini kullanarak arazi çalışmalarında Spad metreyle elde edilen değerleri karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonuçları

değerlendirildiğinde NGRDI tüm indeksler arasında en yüksek korelasyonu (-0,44) verdiğini ancak bu korelasyonun ayçiçeği bitkisinde klorofil içeriğini belirlemek için geliştirilen modelde yeterli olmadığı belirtmişlerdir. NGRDI, CI-RE ve Red-Edge yansıma değerleri ile yeniden bir model oluşturmuşlar ve bu modelin ayçiçeğinde klorofil içeriği değişimlerinin %28’lik bir kısmını açıklayabildiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak ise İHA’nın bitkilerdeki değişimin gözlenebilmesinde güvenli ve başarılı olabileceğini ifade etmişlerdir.

Tunca ve Köksal, (2021) gerçekleştirdikleri çalışmada multi-spektral bir kamera sisteminin bulunduğu İHA’dan elde edilen görüntüleri kullanarak dolmalık biber bitkisinde gölgelik alan tespiti gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada İHA’dan elde edilen görüntüler, çeşitli görüntü sınıflandırma yöntemleriyle (eğitilmiş sınıflandırma, multi-spektral görüntü ile sınıflandırma ve sınıf olasılığı) analiz edilmiş ve analiz sonuçları arazi çalışmalarında manuel olarak hesaplanan gölgelik alan verileriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre yüksek çözünürlüklü multi-spektral kameranın kırmızı kenar (Red-Edge) görüntülerinden elde edilen filtreleme ile (%94) en hassas sonuçların elde edildiğini ifade etmişlerdir.

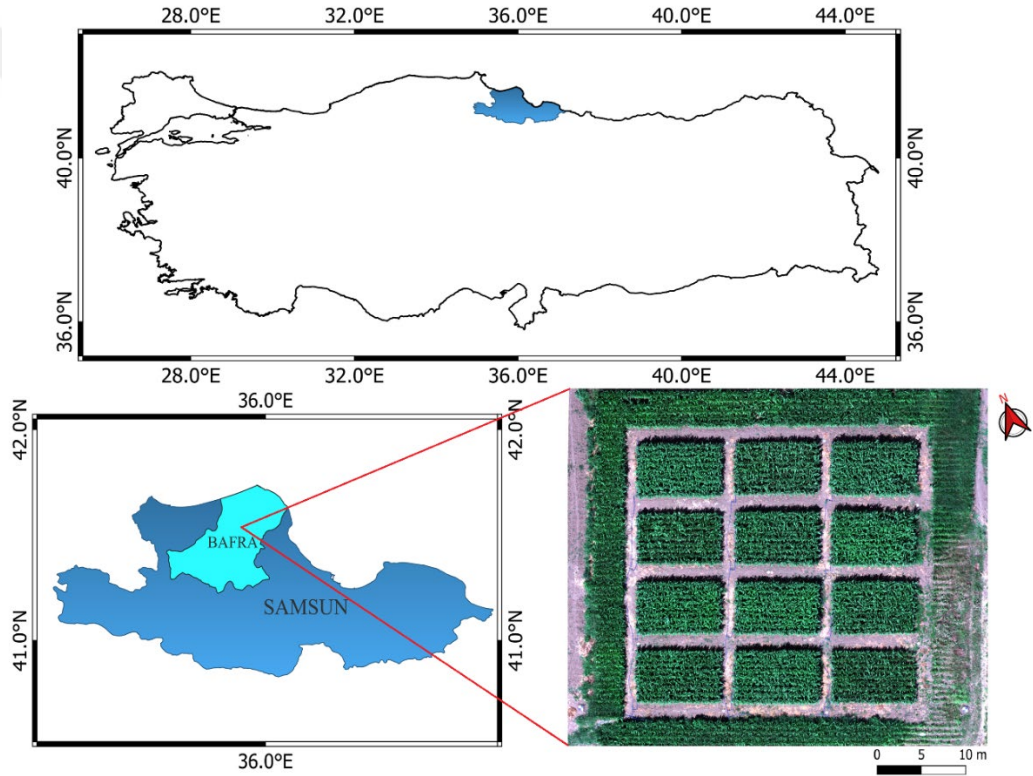
Gündoğan vd., (2021) makarnalık buğday çeşidinde UA araçlarıyla bitki boyu tahmini gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla çalışmada üç farklı İHA kullanmışlardır (DJI Phantom 3 Advanced, DJI Mavic Pro, Inspire 2). İHA görüntülemelerini üç ayrı tarihte gerçekleştirmişler ve bu tarihlere eş zamanlı olarak arazide yer ölçümleri yapmışlardır. İHA’lardan sayısal yüzey modeli (DSM), sayısal arazi modeli (DTM) ve yüksek çözünürlüklü mozaik görüntüler oluşturmuşlardır. Çalışmada İHA görüntülerinden alınan sayısal veriler ve yer ölçümü verilerine istatistiki analizler uygulayarak Phantom 3 Advanced İHA’sı için (0,948), Mavic Pro İHA’sı için (0,886) ve Inspire 2 İHA’sı için (0,924) yüksek ilişkiler gözlemlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre bitki boyunun farklı özelliklerdeki İHA’lar ile belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı Genel Özellikleri

Çalışma 2021 yılında Samsun ili Bafra ilçesinde yer alan Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra Deneme İstasyonunda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı Samsun ilinin yaklaşık 50 km batısında ($41^{\circ} 36' 8''$ K, $35^{\circ} 55' 8''$ D) ve deniz seviyesinden yaklaşık 15 m yükseklikte yer almaktadır. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra Deneme istasyonuna ait toplam araştırma alanı 135 dekar (da)'dır. Çalışma alanında sulama suyu sulama kanalından alınmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı konum bilgisi ve genel görünümü

3.1.2. Araştırma Alanı Genel İklim Özellikleri

Bafra'nın uzun yıllar iklim koşulları Tablo 3.1'de verilmiştir. İlçe Thornthwait iklim sınıflandırmasına göre yarı nemli olarak geçmektedir. Yazları sıcak, kışları serin ve yağışlı geçen bir iklim özelliğine sahiptir (MGM, 2022). Bafra'da uzun yılların ortalamasına göre (1929-2022) en yüksek sıcaklık ağustos ayında $27,7^{\circ}\text{C}$ ve en düşük sıcaklık şubat ayında $2,3^{\circ}\text{C}$ olarak gerçekleşmiştir. İlçenin yıllık ortalama yağış miktarı 62,9 mm ve oransal nemi %75,4'tür.

Tablo 3.1. Çalışma alanının uzun yıllara göre ortalama iklim değerleri (MGM, 2022).

	AYLAR												Ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
En Yüksek Sıcaklık (°C)	8,9	9,4	11,5	15,6	19,7	24,6	27,2	27,7	24,1	20,0	15,3	10,9	17,9
En Düşük Sıcaklık (°C)	3,4	2,8	4,1	7,4	11,2	15,7	18,5	19,1	15,7	12,4	8,2	5,4	10,3
Oransal Nem (%)	73,0	74,7	76,9	79,2	78,4	75,1	73,2	74,2	76,4	78,3	73,4	72,4	75,4
Rüzgâr Hızı (m/sn)	2,4	2,1	1,7	1,7	1,3	1,3	1,5	1,2	1,1	1,2	1,7	2,4	1,6
Toplam yağış (mm)	75,7	62,8	59,7	55,1	50,7	50	31,9	41,5	58,1	105	105	101,7	62,9

3.1.3. Araştırma Alanı Toprak Özellikleri

Çalışma alanında daha önce tamamlanmış araştırma projeleri kapsamında yapılan analizlerde, çalışma alanının 90 cm derinliğe kadar olan bölümü C sınıfı, 90-120 cm derinlikteki bölümü CL sınıfı ve 120-150 cm’lik derinlikte Silt sınıfı bünyeye sahip olduğu ifade edilmiştir (Köksal et al., 2017). Söz konusu özellikler Tablo 3.2’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Çalışma alanının genel toprak özellikleri

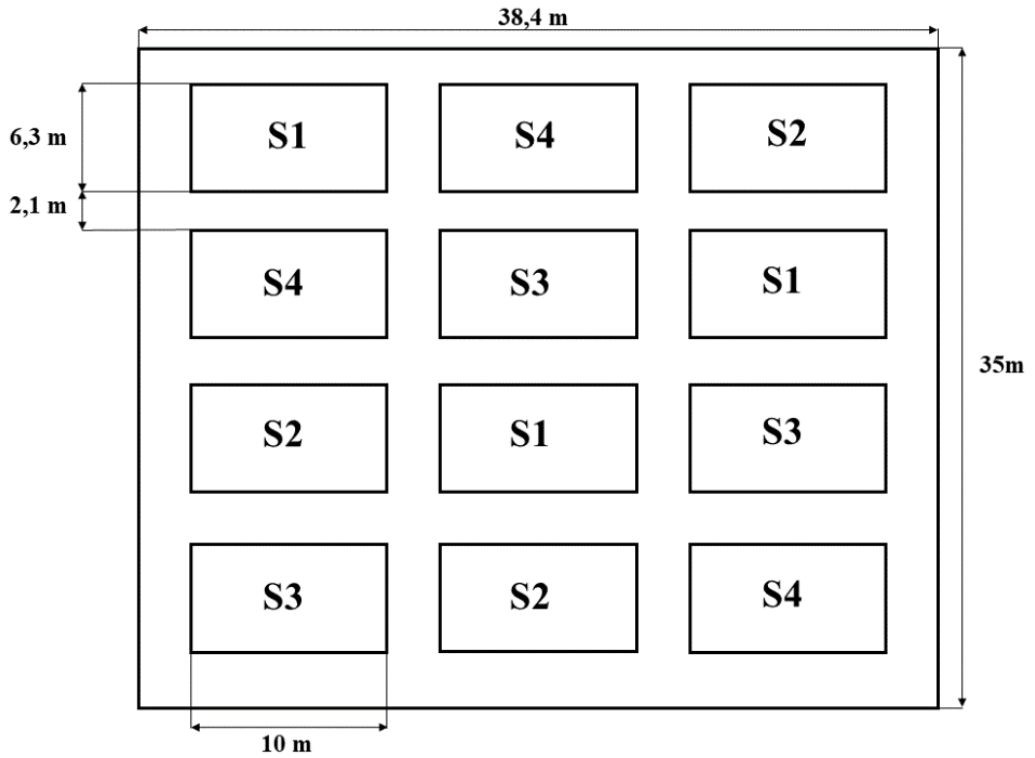
Derinlik (cm)	Tarla Kapasitesi (PV, %)	Solma Noktası	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Bünye Analizi			Bünye Sınıfı
				Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	
0-30	38,61	24,38	1,27	16,9	36,8	46,3	C
30-60	38,81	24,82	1,26	15,3	37,0	47,7	C
60-90	40,09	24,63	1,31	25,5	33,2	41,4	C
90-120	37,40	22,01	1,35	31,3	33,0	35,7	CL
120-150	26,80	10,70	1,43	31,0	54,5	14,6	SİLT

3.1.4. Deneme Konuları ve Yürütülen Tarımsal Faaliyetler

Araştırma alanı yaklaşık 1 da olup çalışmada Sorgum bitkisinin Öğretmenoğlu çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşit 1979 yılında BATEM (Batı Akdeniz Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) tarafından tescil edilmiş ve vejetasyon dönemi yaklaşık 117 gündür. Ürün 15 Mayıs 2021 tarihinde ekilip 27 Eylül 2021 tarihinde hasat edilmiştir. Ekimden önce 92 kg ha⁻¹ P₂O₅ ve 36 kg ha⁻¹ N gübresi uygulanmıştır. Yetiştirme sezonu boyunca hastalık tespit edilmemiştir.

Çalışmada damla sulama sistemi kullanılmıştır. Sistem 1 adet pompa, 1 adet gübre tankı, 1 adet kum çalılık filtre, 1 adet disk filtre, manometreler ve vanaların bulunduğu, 50 mm çapında bir ana boru, 40 mm çapında bir manifold boru ve damlatıcı aralığı 25 cm, damlatıcı debisi 2,8 L/h olan 16 mm çapında lateral borulardan oluşmuştur ve 1atm işletme basıncında çalıştırılmıştır.

Arazi denemesi, tesadüf blokları deneme desenine göre dört konu (S1, S2, S3 ve S4) ve üç tekrar olarak gerçekleştirilmiştir. Konular toprak su içeriklerine göre S1 konusuna 0-75 cm toprak derinliğindeki elverişli nemin %40-45'i tüketildiğinde sulama yapılması, S2 konusuna S1 konusunun %70'i kadar sulama suyu uygulanması, S3 konusuna S1 konusunun %40'ı kadar sulama suyu uygulanması ve son olarak S4 konusu yağışa dayalı olacak şekilde planlanmıştır. Parsellerin boyutları, 10 m x 6,3 m, iki deneme parseli arasında ise 2,1 m mesafe bırakılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Tarla denemesinde deneme konularının yerleşim planı ve parsel boyutları

3.1.5. Çalışmada Kullanılan İHA Özellikleri

Çalışma alanından görüntülerin elde edilmesinde DJI Matrice 300 RTK model İHA kullanılmıştır (Şekil 3.3). İHA, üretici firmanın sağladığı yazılım ve kontrol donanımları sayesinde tam otomatik kalkış ve iniş yapabilmekte, belirlenen rota boyunca sabit bir yükseklikte ve hızda uçabilmektedir. Söz konusu İHA'nın Maksimum uçuş süresi yaklaşık 55 dakikadır. Maksimum menzili 15 km'ye ve maksimum hızı ise 23 m/s kadar çıkabilmektedir. İHA 2,7 kg ağırlık taşıyabilmektedir (DJI Türkiye, 2023).



Şekil 3.3. Çalışma kapsamında kullanılan DJI Matrice 300 RTK İHA

3.1.6. Multi-spektral Görüntülerin Çekilmesinde Kullanılan Kamera Sistemi

Çalışmada İHA'ya monte edilen Micasense Altum marka multi-spektral ve termal kamera kullanılmıştır (Şekil 3.4). Söz konusu kamerada 5 adet multi-spektral Kırmızı (RED), Yeşil (GREEN), Mavi (BLUE), Kızıl Ötesi (NIR) Kırmızı Kenar (RED-EDGE) ve 1 adet Termal görüntüleme sensörü bulunmaktadır. Multi-spektral sensörler 3,45 mikron piksel boyutunda, 2064 x 1544 piksel çözünürlüğünde (3,2 MP x 5 Görüntüleyici), 8 mm odak uzaklığına ve 12-16 bit derinliğe sahiptir. Termal sensörlerin piksel çözünürlüğü 160 x 120 (0,01K)'dir. Odak uzaklığı ise 1,77 mm ve 12 mikron piksel boyutuna sahiptir. Multi-spektral sensörlerin görüş açıları 48" x 36,8" ve termal sensörün görüş açısı 57° x 44,3°'dir. Cihazın kamera kalibrasyonu için bir adet kalibrasyon plakası kullanılmıştır. Görüntüleme sonrasında elde edilen veriler micro-SD belleğe kaydedilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Micasense, 2023). Bu kameradan elde edilen görüntülerin çözünürlükleri görüntüleme yapılan yüksekliğe göre değişim göstermektedir. Söz konusu cihaza ait spektral bant özellikleri ve 40 m görüntüleme yüksekliği için çözünürlük bilgileri Tablo 3.3 'de yer almaktadır.



Şekil 3.4. Multis-pektral ve termal kamera (Micasense Altum), kalibrasyon plakası

Tablo 3.3. Micasense Altum kamerasının spektral bant özellikleri

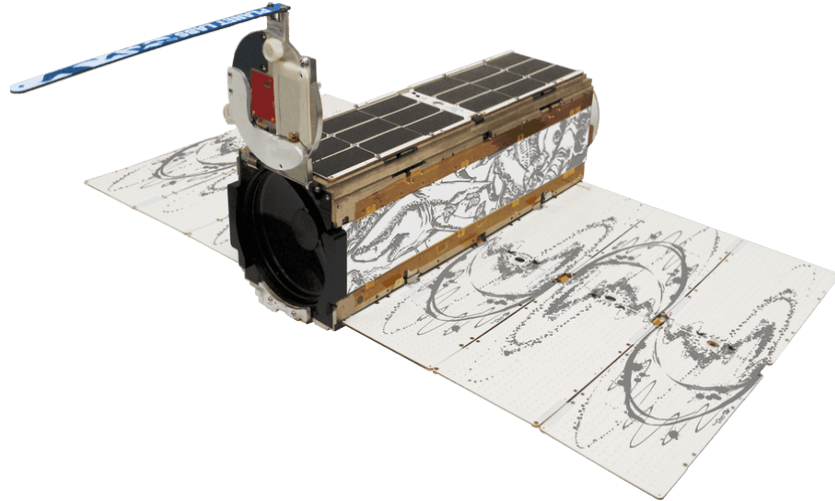
	Spektral Bantlar	Bant Genişliği (nm)	Konumsal Çözünürlük (40 m)
1	Mavi	32 nm (475 nm merkez)	1,73 cm
2	Yeşil	27 nm (560 nm merkez)	1,73 cm
3	Kırmızı	14 nm (668 nm merkez)	1,73 cm
4	Kırmızı Kenar (RedEdge)	12 nm (717 nm merkez)	1,73 cm
5	Yakın Kızıl Ötesi (NIR)	57 nm (842 nm merkez)	1,73 cm

3.1.7. PlanetScope Uydu Sisteminin Bazı Özellikleri

Planet, uydu verilerini toplayan ticari bir uydu görüntüleme şirkettir. Bünyesinde bulundurduğu 180'den fazla PlanetScope, 21 adet Skysat ve 5 adet Rapideye uydusu ile tüm gezegeni günlük olarak görüntülemeyi amaçlamaktadır. PlanetScope uyduları, birden fazla uydunun bir takımyıldızı şeklinde hareket etmesiyle birlikte dünyanın tüm yüzeyini görüntüleyebilmektedir. Bu uydular Kırmızı (RED), Yeşil (GREEN), Mavi (BLUE) ve Yakın Kızılötesi (NIR) olmak üzere dört bant ile yaklaşık 3,0 m uzamsal çözünürlükte ve görünür 8 bit, analitik 16 bit derinlikte yüksek çözünürlüklü multi-spektral görüntü sağlayabilmektedir (Planet, 2023a). Çalışmada sensör ve radyometrik kalibrasyonun yanı sıra ortorektifikasyon ve atmosferik düzenleme işlemleri yapılmış ürünler kullanılmıştır. Kullanılan uydu sisteminin bantlarına ait bazı spektral özellikler Tablo 3.4'te yer almaktadır. Uydu görseli ise Şekil 3.5'te yer almaktadır.

Tablo 3.4. PlanetScope uydusunun spektral bant özellikleri

	Spektral Bantlar	Bant Genişliği (nm)	Konumsal Çözünürlük (400 km)
1	Mavi	455-515 nm	3 m
2	Yeşil	500-590 nm	3 m
3	Kırmızı	590-670 nm	3 m
4	Yakın Kızıl Ötesi (NIR)	780- 860 nm	3 m



Şekil 3.5. PlanetScope uydu sistemine ait bir görseli (NASA, 2023)

3.1.8. Çalışmada Kullanılan Bilgisayar Yazılımları

İHA'ya monte edilmiş olan Micasense Altum kamera ile arazi çalışmaları sonucunda elde edilen ham multi-spektral görüntülerin, yüzey yansıma görüntülerine dönüştürülmesi ve mozaik görüntülerin oluşturulmasında Agisoft MetaShape yazılımı kullanılmıştır. Oluşturulan bu haritalara vejetasyon indekslerinin uygulanması ve sayısal değerlerin elde edilmesinde Python 3.11 kullanılmıştır. İşlenen görüntülerin renklendirilip haritalar oluşturulmasında Quantum Geographic Information System (QGIS) yazılımı kullanılmıştır.

Uydu görüntüleri ise Planetin resmi internet uygulaması aracılığıyla indirilmiştir. Vejetasyon indekslerinin hesaplanması ve sayısal değerlerin elde edilmesinde yine Python 3.11 ve haritaların renklendirilmesinde ise QGIS yazılımı kullanılmıştır. İHA ve PlanetScope verilerinin analiz ve değerlendirmesi için ise Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) yazılımı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. İHA Görüntülerinin Çekilmesi

Çalışma alanında uçuş öncesi İHA için deneme alanının tamamını kapsayan bir uçuş planı oluşturulmuştur. Bu planda İHA'nın yerden yüksekliği 40 m ve multi-spektral kameranın çekim hızı 1 saniye olarak belirlenmiştir. Multi-spektral kameranın çekim hızı ve yerden yüksekliğine göre çekim açıları dikkate alınarak %85 yanal ve ileri yönlü bindirme oranı uygulanmıştır. İHA'nın kalkış ve iniş hızı 1 m sn^{-1} , deneme alanı üzerindeki uçuşunda ise hızı 2 m sn^{-1} olarak ayarlanmıştır. Kullanılan İHA kamerasının 40 m uçuş yüksekliğinde multi-spektral görüntülerinin yersel çözünürlüğü 1,7 cm'dir. İHA ile tüm uçuşlar otonom bir şekilde ve bu plana göre gerçekleştirilmiştir. Her uçuş öncesinde arazide kalibrasyon plakasından alınan görüntülerle multi-spektral kameranın sensörleri kalibre edilmiştir. Tüm uçuşlar gölge etkisini en aza indirmek amacıyla bulutsuz gökyüzü koşullarında, 12:00 – 13:00 saatleri arasında ve 24 farklı tarihte gerçekleştirilmiştir. Söz konusu uçuş tarihleri Tablo 3.5 'de verilmiştir.

Tablo 3.5. İHA ve PlanetScope için görüntüleme yapılan tarihleri

Yılın Gün Sayısı	İHA	PlanetScope
147	27 Mayıs 2021	27 Mayıs 2021
161	10 Haziran 2021	10 Haziran 2021
168-167	* 17 Haziran 2021	* 16 Haziran 2021
180	29 Haziran 2021	29 Haziran 2021
182	1 Temmuz 2021	1 Temmuz 2021
188	7 Temmuz 2021	7 Temmuz 2021
193	12 Temmuz 2021	12 Temmuz 2021
195	14 Temmuz 2021	14 Temmuz 2021
197	16 Temmuz 2021	16 Temmuz 2021
200	19 Temmuz 2021	19 Temmuz 2021
204	23 Temmuz 2021	23 Temmuz 2021
209	28 Temmuz 2021	28 Temmuz 2021
211	30 Temmuz 2021	30 Temmuz 2021
214	2 Ağustos 2021	2 Ağustos 2021
216	4 Ağustos 2021	4 Ağustos 2021
217	5 Ağustos 2021	5 Ağustos 2021
228	16 Ağustos 2021	16 Ağustos 2021
230	18 Ağustos 2021	18 Ağustos 2021
233	21 Ağustos 2021	21 Ağustos 2021
239	27 Ağustos 2021	27 Ağustos 2021
240	28 Ağustos 2021	28 Ağustos 2021
250-249	* 7 Eylül 2021	* 6 Eylül 2021
257	14 Eylül 2021	14 Eylül 2021
270	27 Eylül 2021	27 Eylül 2021

*: İHA ve PlanetScope uydusunun farklı tarihleri



Şekil 3.6. Multi-spektral kameranın kalibrasyonu için plaka okumaları ve yer kontrol noktasına ilişkin görseller.

3.2.2. PlanetScope Uydu Görüntülerinin Temin Edilmesi

Çalışmada Planet'in resmi görüntü indirme aracı olan Explorer uygulamasından PlanetScope uydu görüntüleri temin edilmiştir. Bu uygulamaya çalışma alanının sınırlarını belirten bir vektör dosyası yüklendikten sonra uygulamanın filtre kısmından tarihler belirlenerek istenilen günlere ait görüntülere ulaşılmıştır. İndirme aşamasında ilk olarak siparişlere çekim tarihlerini içerecek şekilde isimler verilmiş ve yüzey yansımaya (Surface reflectance) değerleri düzenlenmiş olan veri seti seçilerek son aşamaya geçilmiştir. Siparişin son aşamasında çalışma alanının görüntüleri kırılarak indirme işlemleri tamamlanmıştır. Görüntülerin İHA çalışmalarıyla aynı tarihlerde olmasına özen gösterilmiştir ancak 17 Haziran ve 7 Eylül tarihlerinde İHA ile açık gökyüzü koşullarında görüntüleme yapılabilirken, PlanetScope uydusunun bu tarihlerdeki geçiş saatlerinde bulut etkisiyle karşılaşılmıştır. Bu etkinin ortadan kaldırılması amacıyla PlanetScope görüntüleri, İHA uçuşlarından bir gün önceki 16 Haziran ve 6 Eylül tarihleriyle güncellenmiştir. Karşılaştırmada 17 Haziran ile 16 Haziran, 6 Eylül ile de 7 Eylül tarihleri birlikte dikkate alınmışlardır. İHA ve PlanetScope görüntü çekim tarihleri Tablo 3.5 'de verilmiştir.

3.2.3. Görüntü İşleme Yöntemleri

İHA uçuşları sonrasında Micasense altum kamerasından elde edilen tüm multi-spektral görüntüler Agisoft Metashape yazılımına aktarılmıştır. Arazi uçuşları öncesinde kalibrasyon plakası okumalarından elde edilen değerlerle görüntüler kalibre edilmiş ve spektral yansımaya oranı görüntülerine dönüştürülmüştür. Bu işlem kameranın tüm bantlarının görüntülerine uygulanmıştır. Arazinin dört ayrı köşesinde bulunan ve önceden koordinatları belirlenmiş yer kontrol noktaları kullanılarak görüntülerin koordinat düzenlemeleri yapılmıştır. Bu sayede görüntüleme yapılan tarihlerin tamamında haritalar birbiriyle uyumlu hale getirilmiştir. Tüm bu düzenleme işlemlerinin ardından Agisoft MetaShape yazılımında İHA multi-spektral görüntüleri birleştirilerek ortomozaik haritalar oluşturulmuştur. Elde edilen bu ortomozaik haritalarından Python 3.11 ve QGIS yazılımları kullanılarak araştırma kapsamında ele alanına vejetasyon indeksleri hesaplanmıştır. Bu indeksler hem İHA görüntüleri hem de PlanetScope uydu görüntülerinden hesaplanmıştır. Söz konusu vejetasyon indekslerine ait özet bilgiler Tablo 2.6 'da yer almaktadır.

PlanetScope Ortho Scenes Surface Reflectance görüntüleri ise yansıma değerleri 10 000 ile ölçeklendirilmiş 16 bit GeoTIFF görüntüsü olarak sağlanmaktadır (Planet, 2023b). Vegetasyon indeksleri hesaplanırken Tablo 3.6’da yer alan eşitlikler kullanılmıştır.

Tablo 3.6. Vegetasyon indeksleri ve kullanılan eşitlikler

Vegetasyon İndeksleri	Kullanılan Eşitlik	Kaynak
Normalleştirilmiş Vegetatif Değişim İndeksi (NDVI)	$NDVI = \left(\frac{NIR - Red}{NIR + Red} \right)$	(Penuelas et al., 1997)
Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Vegetasyon İndeksi (SAVI)	$SAVI = \left(\frac{NIR - Red}{NIR + Red + L} \right) (1 + L)$	(A. Huete, 1988)
Gelişmiş Vegetasyon İndeksi (EVI)	$EVI = 2.5 * \left(\frac{NIR - Red}{(NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue) + 1} \right)$	(Justice et al., 1998)

3.2.4. İHA ile PlanetScope Uydu Verilerinin Değerlendirmesi

Uydu ve İHA verilerinin değerlendirilmesinde haritalara 4 farklı çözünürlüğe ilişkin vektör dosyaları uygulanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında PlanetScope uydusunun parsel uygulamalarındaki performansını değerlendirmek amacıyla deneme alanındaki 12 adet parselden her birini ayrı ayrı içeren, parsel sınırlarının sayısallaştırılması ile elde edilen vektör formatında bir dosya oluşturulmuştur. İHA ve uydu verilerinden oluşturulan vegetasyon indekslerine ait haritalarda bu dosya kullanılarak 12 parselin her biri için parseli temsil eden ortalama vegetasyon indeks değerleri hesaplanmış, İHA ve PlanetScope verileri karşılaştırılmıştır. Bu sayede PlanetScope verilerinin parsel çalışmalarındaki performansı analiz edilmiş ve zaman içerisindeki değişimler gözlemlenmiştir. Raster formatındaki spektral vegetasyon indeksi haritalarında ortalama değer hesaplamada kullanılmak üzere, her bir hesaplama alanı parsel boyutlarından daha büyük olan, vektör formatında yeni alanların içeren 3 adet yeni dosya oluşturulmuştur. Bu dosyalarda hesaplama alanları 10x10 m, 20x20 m ve 40x40 m olarak belirlenmiştir. Parsel sınırlarına göre hesaplanan ortalama vegetasyon indeksleri, bitki bulunmayan parsel aralarını

kapsamazken diğ er hesaplama vektörleri hem bitki bulunan hem de bitki olmayan alanları kapsamıştır. Böylece PlanetScope ve İHA sistemlerinden elde edilen spektral vejetasyon indeksleri dört farklı vektör dosyası kullanılarak hesaplanan ortalama değerler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları ile PlanetScope ve İHA sistemi görüntülerinin hangi parsel boyutları için daha güvenilir veri sağladığı değerlendirilmiştir.

Çalışmada 23 Temmuz 2021, 2 Ağustos 2021, 28 Ağustos 2021 ve 14 Eylül 2021 tarihli PlanetScope uydu görüntüleri bulutsuz hava koşullarını sağlayacak şekilde sipariş edilmesine rağmen görüntülerde bir sis olduğu gözlemlenmiş ve bu tarihler istatistiksel analizlere dahil edilmemiştir. İHA'da ise EVI indeksinde kullanılan Mavi (BLUE) bantta oluşan bir hata neticesinde 19 Temmuz 2021 ve 4 Ağustos 2021 tarihleri istatistiksel analize dahil edilmemiştir.

3.2.5. İstatistiksel Analiz

Araştırma kapsamında, uzaktan algılama sistemlerinden farklı vektör dosyaları kullanılarak elde edilen spektral vejetasyon indeks verilerin karşılaştırılması ve aralarındaki ilişkinin belirlenmesinde korelasyon (r) analizi kullanılmıştır. Ayrıca Tahmin Hatasının Standart Sapması (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Varyans, Varyasyon Katsayısı, En Düşük Değer (EDD), En Yüksek Değer (EYD) ve Standart Sapma değerleri de hesaplanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İstatistiksel Analizler

Çalışma alanından İHA ve PlanetScope sistemleriyle alınan görüntüler ile hesaplanan vejetasyon indekslerinin parsel planlamalarına göre değişimleri incelenmiştir. İndekslere ve planlama özelliklerine göre tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4.1. İstatistiksel analizler sonucunda elde edilen bulgular

Ortalama hesaplama yöntemi	Özellikler	ÖS	EDD	EYD	%VK	SS.	Ort.	Varyans	r
Deneme Parselleri ne Göre	İHA-NDVI	216	0,07	0,92	35,94	0,25	0,69	0,06	0,97**
	PS-NDVI	216	0,15	0,78	30,88	0,17	0,56	0,03	
	İHA-SAVI	216	0,05	0,84	37,38	0,22	0,58	0,05	0,95**
	PS-SAVI	216	0,08	0,52	35,22	0,13	0,37	0,02	
	İHA-EVI	216	0,03	0,85	44,01	0,22	0,49	0,05	0,88**
	PS-EVI	216	0,07	0,56	41,23	0,16	0,38	0,02	
10m X 10m	İHA-NDVI	288	0,07	0,81	33,03	0,20	0,60	0,04	0,87**
	PS-NDVI	288	0,15	0,77	27,46	0,15	0,56	0,02	
	İHA-SAVI	288	0,05	0,71	38,38	0,18	0,47	0,03	0,93**
	PS-SAVI	288	0,08	0,52	34,08	0,13	0,37	0,02	
	İHA-EVI	288	0,03	0,66	43,27	0,16	0,38	0,03	0,94**
	PS-EVI	288	0,07	0,56	36,07	0,14	0,38	0,02	
20m X 20m	İHA-NDVI	72	0,08	0,78	37,15	0,21	0,56	0,04	0,98**
	PS-NDVI	72	0,16	0,76	30,40	0,17	0,56	0,03	
	İHA-SAVI	72	0,06	0,64	37,49	0,18	0,47	0,03	0,96**
	PS-SAVI	72	0,09	0,50	34,09	0,13	0,37	0,02	
	İHA-EVI	72	0,03	0,59	42,03	0,16	0,38	0,03	0,97**
	PS-EVI	72	0,08	0,54	36,05	0,14	0,38	0,02	
40m X 40m	İHA-NDVI	18	0,08	0,76	37,70	0,21	0,57	0,05	0,98**
	PS-NDVI	18	0,17	0,75	30,87	0,17	0,56	0,03	
	İHA-SAVI	18	0,06	0,62	40,15	0,19	0,47	0,04	0,97**
	PS-SAVI	18	0,09	0,49	34,62	0,13	0,37	0,02	
	İHA-EVI	18	0,04	0,57	42,80	0,16	0,38	0,03	0,96**
	PS-EVI	18	0,09	0,52	36,36	0,14	0,38	0,02	

ÖS: Örnek Sayısı, EDD: En Düşük Değer, EYD: En Yüksek Değer, VK: Varyasyon Katsayısı, SS: Standart Sapma, Ort: Ortalama, r: Korelasyon Katsayısı, PS: PlanetScope, **: Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

4.2. NDVI Bulguları

Çalışmada hem İHA hem de PlanetScope uydu görüntülerinden her bir görüntüleme tarihi için NDVI haritaları oluşturulmuştur. Sonrasında bu haritaların her birine önce tüm alanı içeren bir vektör dosyası kullanılarak tüm alan için bir NDVI değeri hesaplanmıştır. İHA'dan elde edilen NDVI haritaları Ek 1'de, PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI haritaları ise Ek 4'te yer almaktadır.

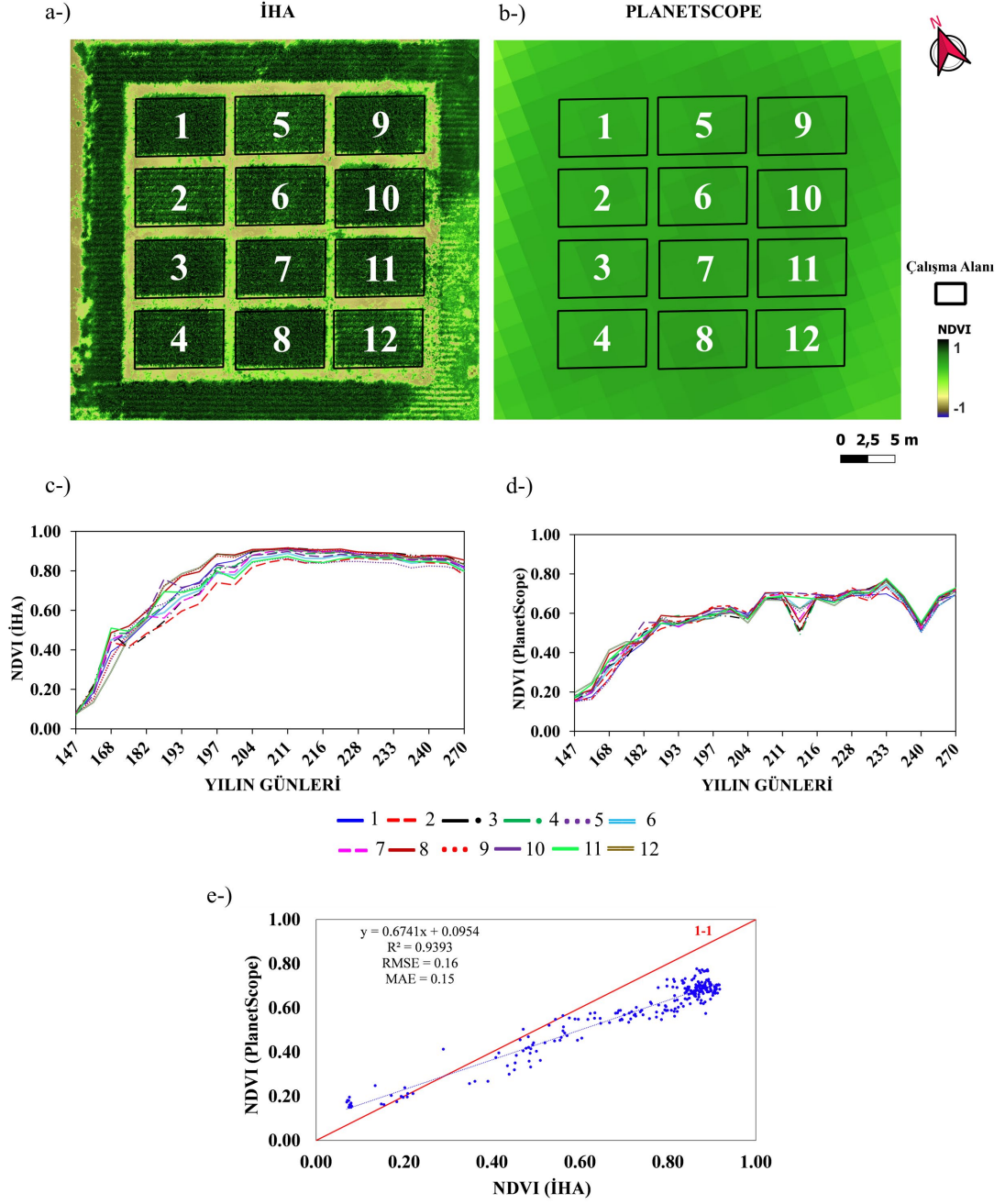
4.2.1. Deneme Parsellerine Göre Karşılaştırma Sonuçları

Çalışmanın ilk aşamasında deneme alanı 12 adet parselle ayrılmıştır ve her bir parsel için o parseli temsil eden ortalama NDVI değerleri hesaplanmıştır. Parsellerin sıralamalarını ve düzenini gösteren haritalar Şekil 4.1'de yer almaktadır. PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen verilerinin deneme parselleri bazındaki performansının değerlendirilmesi amacıyla İHA sisteminden elde edilen vejetasyon indeks verileri ile yapılan korelasyon analizinde aralarında çok yüksek (0,97) istatistiksel ilişki gözlemlenmiştir. İHA ile yapılan ölçümler sonucunda sezon içerisindeki en yüksek NDVI değeri (0,92) 3. parselde ve 30 Temmuz 2021 tarihinde elde edilmiştir. Bu tarih için Planet uydusundan 3. parselde 0,69 değeri gözlemlenmiştir. En yüksek değer Planet uydusunda 21 Ağustos 2021 tarihinde ve 11. parselde 0,78 olarak gözlemlenirken, bu tarih için İHA'dan 3. parselde 0,89 değeri elde edilmiştir. Her iki platform için oluşturulan zaman serisi grafikleri incelendiğinde (Şekil 4.1), Bitki gelişimlerinin tamamlanmasıyla birlikte değerler arasındaki fark giderek azalmış ve 23 Temmuz 2021'den sonra İHA için NDVI değerleri 0,80 ile 0,90 değer aralığında sonuçlar vermiştir. PlanetScope uydusundan elde edilen spektral değerler incelendiğinde ise İHA'dan elde edilen değerlere göre ortalama 0,18 birim daha düşük NDVI sonuçları gözlemlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise PlanetScope uydu verilerinden elde edilen NDVI sonuçlarını 0,2 ile 0,5 değer aralığında rapor etmiş ve sonuçların uydu platformunda daha düşük bir değer aralığında analiz edildiğini belirtmişlerdir (Easterday et al., 2019)

İHA ve PlanetScope sistemlerinden elde edilen spektral vejetasyon indeksi bulgularının dağılım grafiği incelendiğinde (Şekil 4.1) vejetasyonun düşük olduğu başlangıç dönemlerinde. PlanetScope uydu sisteminden elde edilen NDVI değerlerinin 0-0,20 değer aralığında İHA sistemine göre daha yüksek sonuçlar vererek 1-1 çizgisinin yukarısında yer aldığı gözlemlenmiştir. Vejetasyondaki

gelişmenin artmasıyla birlikte NDVI değerleri artış göstermiştir. NDVI'daki artışla birlikte 0,30-1 aralığındaki sonuçların 1-1 çizgisinin aşağısında kaldığı ve İHA sisteminden elde edilen NDVI değerlerinin bu bölgede PlaneScope uydu sistemine göre daha yüksek sonuçlar analiz edilmiştir.



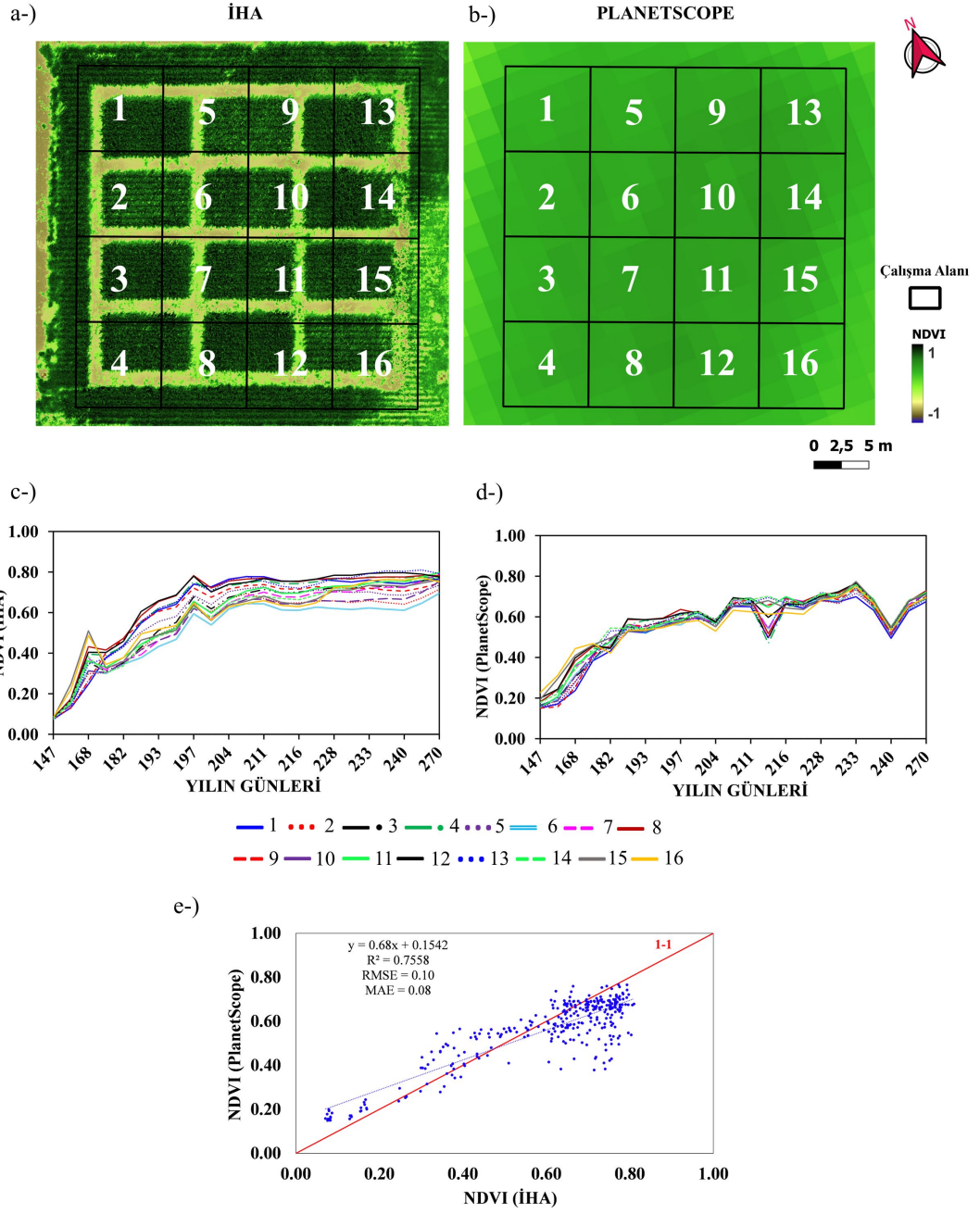


Şekil 4.1. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde NDVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin karşılaştırması (e)

4.2.2. Deneme Alanının 10m X 10m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar

Denemede 10m x10m boyutlarındaki çalışma alanını ve parsel planlamasını gösteren 30 Temmuz 2021 tarihli İHA ve PlanetScope sistemlerinden elde görüntülerden hesaplanan NDVI haritası Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Sezon boyunca NDVI değişimini gösteren zaman serisi grafikleri Şekil 4.2’de yer almaktadır. PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen verilerinin deneme parselleri bazındaki performansının değerlendirilmesi amacıyla İHA sisteminden elde edilen vejetasyon indeks verileri ile yapılan korelasyon analizinde aralarında çok yüksek (0,87) istatistiksel ilişki gözlemlenmiştir. İHA sistemi için en düşük NDVI değeri (0,08) sezon başlangıcında (YGS 147) tüm parsellerde aynı olacak şekilde, en yüksek NDVI değeri YGS 239’da 13 numaralı bölgeden 0,81 olarak analiz edilmiştir. PlanetScope uydu sisteminden elde edilen en yüksek NDVI değeri (0,77) YGS 233’te 8, 12 ve 15. bölgelerden, en düşük NDVI değeri (0,15) 1, 2, 7, 9 ve 11. bölgelerde İHA sisteminde olduğu gibi sezon başlangıcındaki YGS 147’te ölçülmüştür. İHA sisteminden elde edilen NDVI sonuçları PlanetScope uydu sisteminden elde edilen NDVI sonuçlarına göre 0,15 fazladır.

İHA ile PlanetScope sistemlerinde elde edilen NDVI değerlerinin dağılım grafiği incelendiğinde (Şekil 4.2) PlanetScope sistemi sonuçları 0-0,20 değer aralığında İHA sistemine göre daha yüksek sonuç vererek 1-1 çizgisinin üzerinde yer almıştır. Parsel düzeyli çalışmanın aksine 10m x 10m boyutlarındaki planlamada 0,20-0,60 değer aralığındaki NDVI sonuçlarının 1-1 çizgisi üzerinde kümелendiği gözlemlenmiştir. Vejetasyonun gelişmesiyle beraber 0,60-1 değer aralığında İHA sisteminden elde edilen NDVI değerlerinin PlanetScope sistemine göre daha yüksek sonuçlar verdiği ve sonuçlardaki dağılımın 1-1 çizgisi altında ve daha dağınık bir şekilde kümелendiği gözlemlenmiştir.



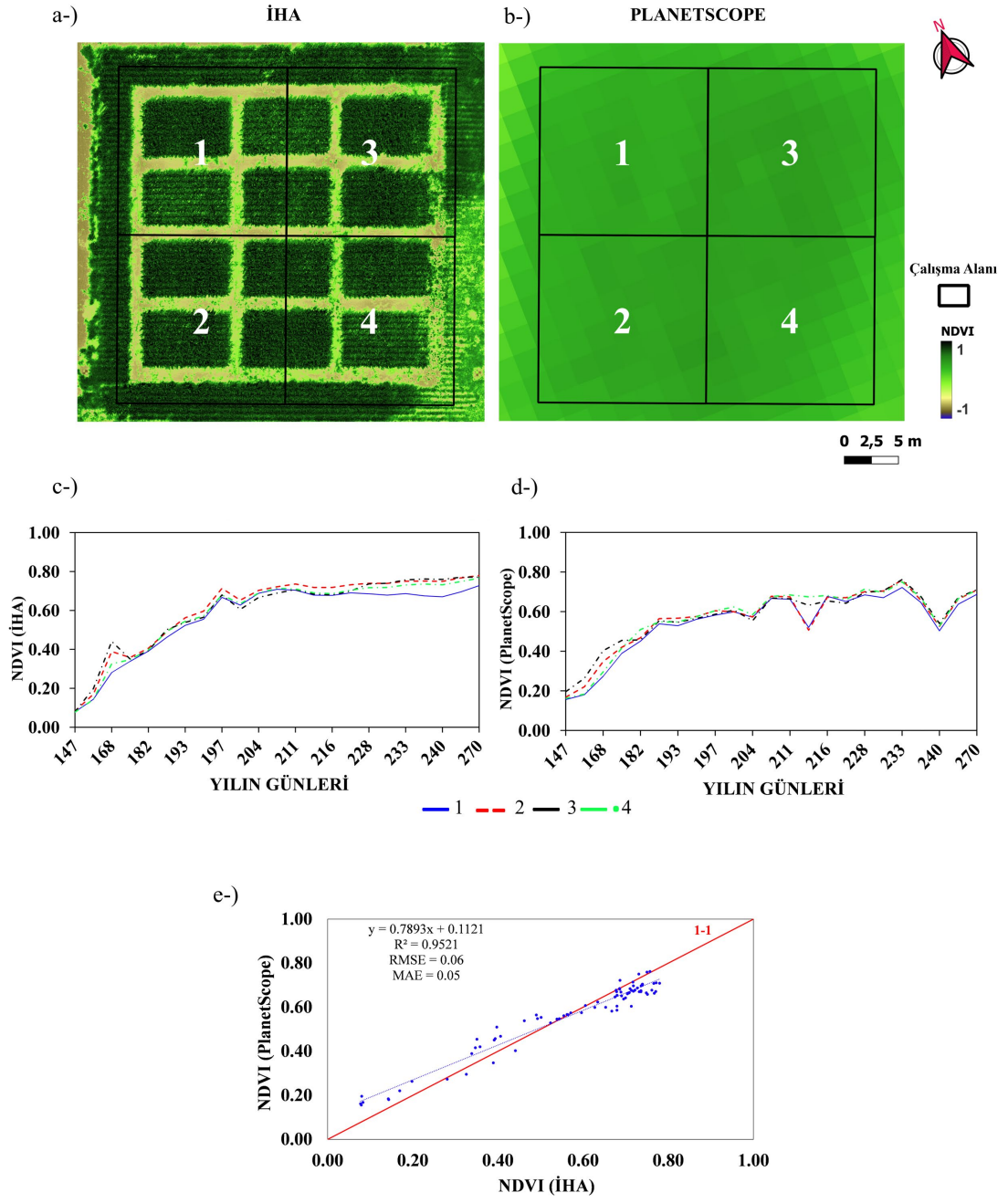
Şekil 4.2. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde NDVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin karşılaştırması (e).

4.2.3. Deneme Arazisinin 20m X 20m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar

PlanetScope uydu sistemi için uygun parsel boyutlarının araştırılması amacıyla yapılan başka bir planlama sisteminde ise tüm alan 4 eş parçaya 20m x 20m boyutlarındaki bir vektör dosyasıyla ayrılmıştır. Çalışma alanından İHA ve PlanetScope sistemleriyle elde edilen YGS 211'e ait NDVI haritası ve alandaki bölge planlamasına ait şablon Şekil 4.3'te yer almaktadır. Çalışmada en yüksek NDVI değeri İHA sisteminde 0,78 olarak 2, 3 ve 4 numaralı bölgelerden YGS 250 de gözlemlenmiştir. Bu değer PlanetScope uydu sisteminde 0,76 olarak hem 2 hem de 3 numaralı bölgede YGS 233'ten elde edilmiştir. İHA ve PlanetScope sistemi sonuçlarıyla yapılan korelasyon analizine göre platformlar arasında 0,98 oranında çok yüksek İstatistiksel ilişki gözlemlenmiştir.

İHA ve PlanetScope sistemlerinde sezon boyunca yapılan NDVI ölçümlerinin zamana göre değişimleri Şekil 4.3'te yer almaktadır. Bu grafikler incelendiğinde hem İHA sistemi hem de PlanetScope uydusu görüntülerinden elde edilen için 1. bölge NDVI sonuçlarının sezon boyunca genel olarak diğer bölgelere göre daha düşük sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Denemede sulama suyu uygulamalarına göre konulara ayrılan parsellerden, sulama suyu uygulanmayan iki deneme parselinin bu bölgelere denk gelmesinin bu sonuçta etkili olduğu tahmin edilmektedir.

Çalışmada dağılım grafiği incelendiğinde (Şekil 4.3) NDVI değerlerinin 0 ile 0,50 değer aralığındaki bulguları PlanetScope uydusunun İHA sisteminden elde edilen değerler göre daha yüksek sonuçlar vererek 1-1 çizgisinin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Bitkilerin vejetasyonlarındaki gelişimle beraber NDVI değerleri artarak 0,60-1 değer aralığında 1-1 çizgisine yakın fakat çizginin altında olacak şekilde kümелendiği gözlemlenmiştir.

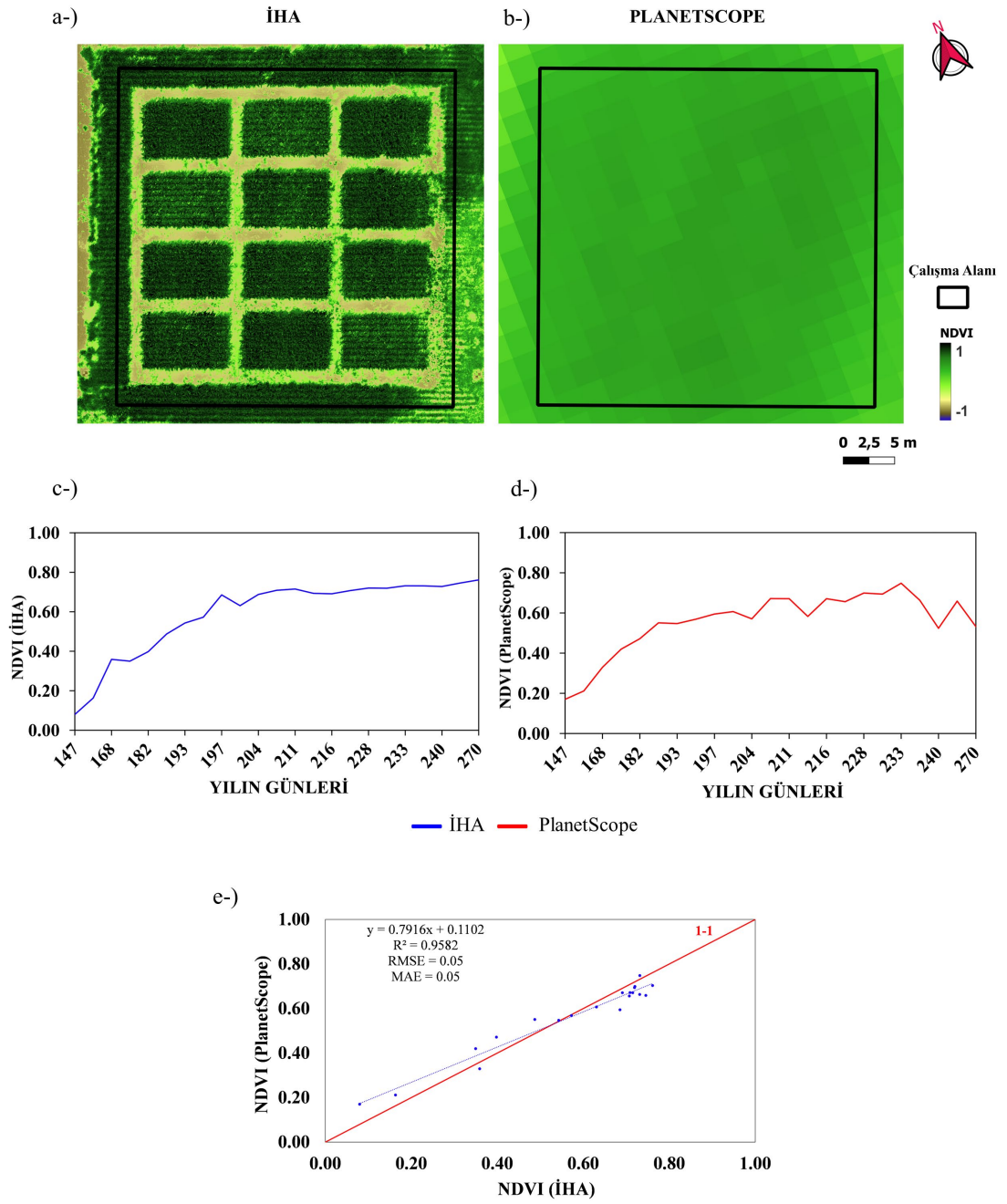


Şekil 4.3. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde NDVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin karşılaştırması (e).

4.2.4. Deneme Arazisinin Tek Parça (40m X 40m) Olarak Ele Alınması ile Elde Edilen Sonuçlar

Çalışmanın son bölümünde İHA ve PlanetScope sistemi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amacıyla çalışma alanının tamamını kapsayan 40m x 40m boyutlarındaki vektör dosyası kullanılmıştır. Çalışma alanı ve kullanılan vektör dosyasının planını içeren YGS 211'e ait haritalar şekil 4.4'te yer almaktadır. En yüksek NDVI değeri İHA sisteminde hasat gününde (YGS 270) gerçekleştirilen ölçümlerden 0,76 olarak elde edilmiştir. PlanetScope sisteminden elde edilen en yüksek NDVI değeri 0,75 olarak YGS 233'te analiz edilmiştir. En düşük değer ise İHA sistemi için 0,09, PlanetScope uydu sistemi için 0,17 olarak YGS 147'de ölçülmüştür. Çalışmada gerçekleştirilen korelasyon analizinde ise iki platform arasındaki çok yüksek (0,98) istatistiksel ilişki analiz edilmiştir.

40m x 40m çalışma bölgesinden elde edilen İHA ve PlanetScope sisteminin dağılım grafiği şekil 4.4'te yer almaktadır. Grafik incelendiğinde diğer üç çalışma planından elde edilen sonuçlarla benzer olarak PlanetScope uydusundan elde edilen NDVI değerlerinin İHA sisteminden elde edilen NDVI değerlerine göre başlangıç dönemlerinde daha yüksek ve 1-1 çizgisinin üzerinde, bitki gelişimlerinin tamamlanmasıyla birlikte ise İHA sisteminin NDVI değerlerinin, PlanetScope uydu sistemine göre daha yüksek ve 1-1 çizgisine yakın konumlandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde NDVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerinin karşılaştırması (e).

4.3. SAVI Bulguları

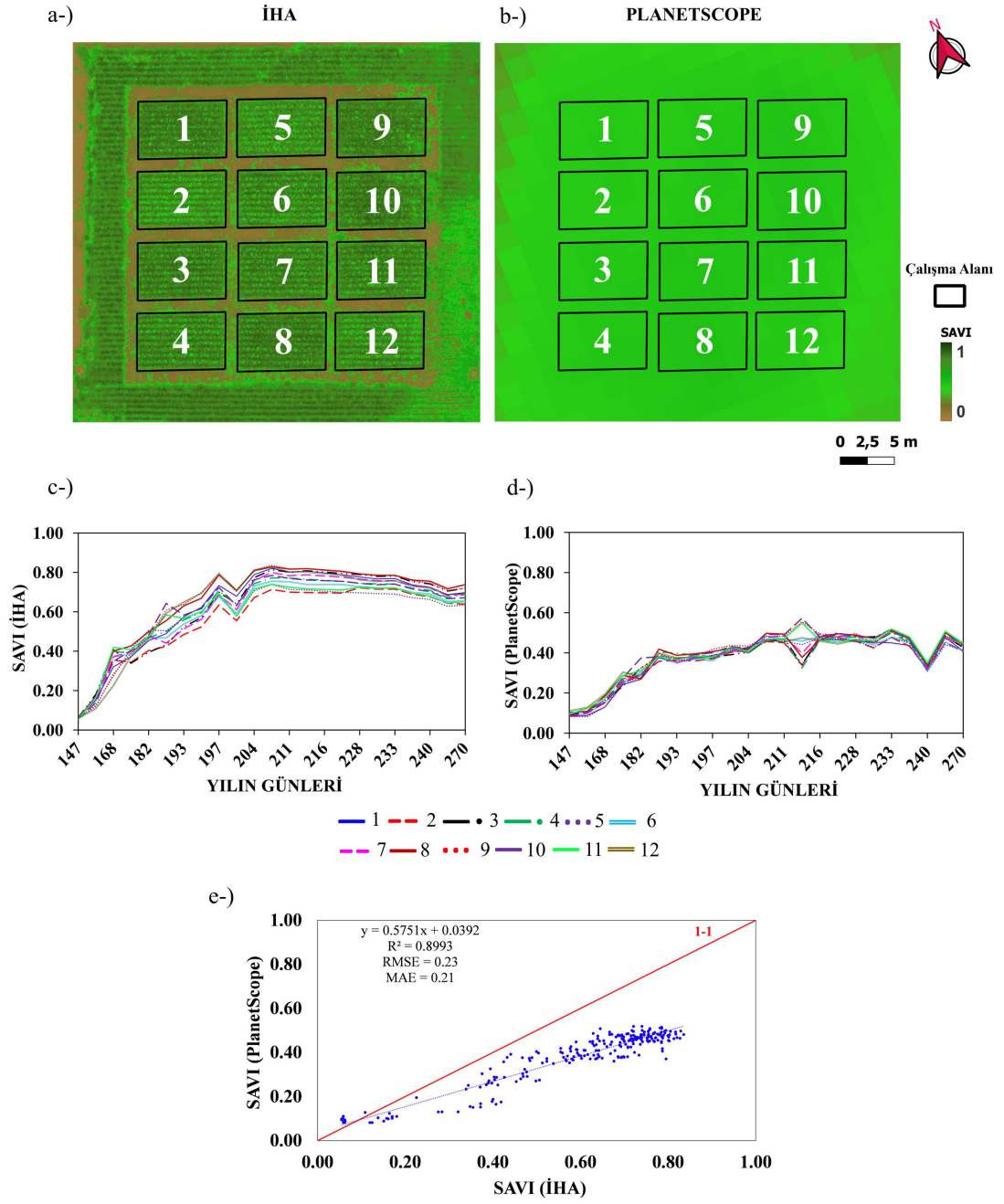
SAVI indeksinde NDVI' dan farklı olarak bir L parametresi kullanılır. Bu parametre toprak yansımalarının etkisini düzenlemek amacıyla kullanılmaktadır. Huete (1988) toprak etkilerini en aza indirmek amacıyla L parametresini 0,5 olarak önermiştir. Bu doğrultuda L parametresi 0,5 olarak kullanılmıştır. Çalışmada İHA sisteminden elde edilen SAVI haritaları Ek 2'de, PlanetScope uydu sisteminden elde edilen SAVI haritaları ise Ek 5'te yer almaktadır.

4.3.1. Deneme Parsellerine Göre Karşılaştırma Sonuçları

SAVI ile yapılan parsel bazlı çalışmada İHA ile PlanetScope sistemi arasındaki korelasyon değeri 0,95 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanına ait parsel planını içeren haritaların YGS 211'e ait görselleri Şekil 4.5'te yer almaktadır İHA sisteminden en yüksek SAVI değeri YGS 209'da 0,84 olarak ölçülmüştür. Ayrıca parsel bazlı yapılan çalışma için sezonun en yüksek SAVI değerleri diğer parsellerde de yine YGS 209'da gözlemlenmiştir. En düşük SAVI değeri ise ilk ölçüm günü olan YGS 147'de 0,06 olarak tüm parsellerde aynı ölçülmüştür. PlanetScope sistemi için en yüksek SAVI değeri 0,52, YGS 214'te ve 10. parselden, en düşük SAVI değeri ise İHA sisteminden farklı olarak tüm parsellerde 0,08 ile 0,011 değer aralığında ve YGS 147'e analiz edilmiştir. PlanetScope uydu sisteminde diğer parsellere ait en yüksek SAVI değerleri İHA sisteminde olduğu gibi tek bir günde değil sezonun farklı dönemlerinde ve farklı parsellerde gözlemlenmiştir.

Zaman serisi grafikleri (Şekil 4.5) incelendiğinde İHA sisteminden elde edilen SAVI değerlerinin PlanetScope uydusuna göre sezon boyunca daha yüksek sonuçlarda seyrettiği gözlemlenebilmektedir. Sulama suyu uygulanmayan parsellerden 2. ve 5. parselin hem İHA sisteminde hem de PlanetScope uydu sistemi sonuçlarına göre sezonun büyük kısmında diğer parsellerden daha düşük sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Dağılım grafiği incelendiğinde (Şekil 4.5) NDVI'dan farklı olarak sonuçların başlangıç dönemlerde (0-0,20 değer aralığında) 1-1 çizgisine daha yakın konumlandığı fakat yine de PlanetScope sonuçlarının İHA sistemine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Vegetasyondaki gelişmelerle birlikte SAVI değerlerinde de artış gözlemlenmiş ancak sonuçların 1-1 çizgisinin aşağısında kalacak şekilde kümелendiği analiz edilmiştir. NDVI'da yaklaşık 0,30 bölgesinden sonra gerçekleşen bu değişim SAVI 'de 0,15 bölgesinde oluşmaya başlamıştır.

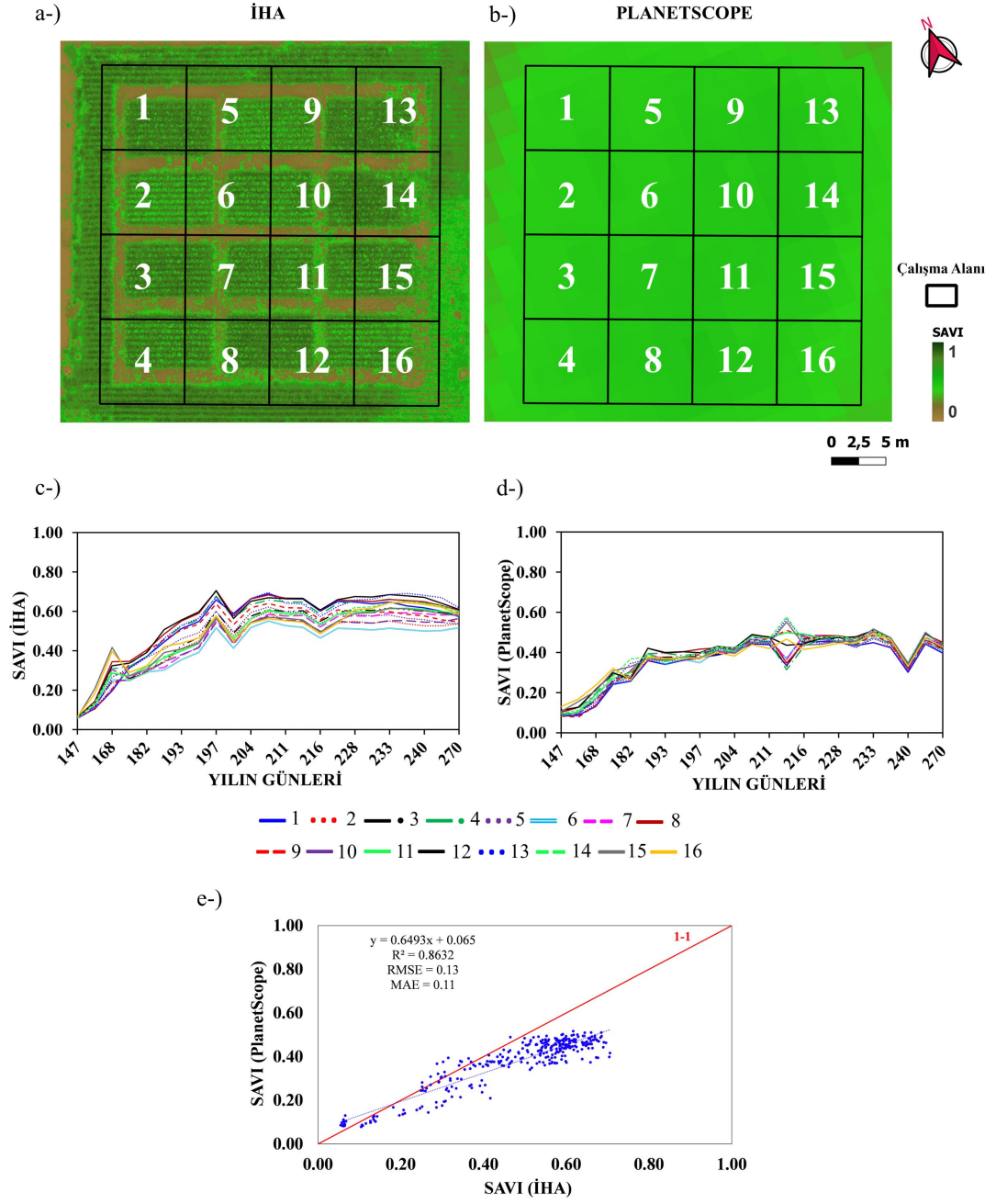


Şekil 4.5. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde SAVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen SAVI değerlerinin karşılaştırması (e).

4.3.2. Deneme Arazisinin 10m X 10m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar

Araştırmada kullanılan bir diğer vektör dosyası 10m x 10m boyutlarında tüm alanı 16 eş parçaya ayırmaktadır. Vektör dosyanın arazideki yerleşim planlanmasını SAVI haritalarıyla birlikte gösteren 30 Temmuz 2021 tarihindeki İHA ve PlanetScope sistemlerinden elde edilen görüntüler Şekil 4.6'da yer almaktadır. Bu planlama sisteminde PlanetScope ve İHA sisteminin parsel uygulamasında olduğu gibi yalnızca bitki yüzeylerinden değil de toprak vb. çevre faktörlerini de içerdiği görülmektedir. Çalışmada en yüksek SAVI değeri İHA sisteminde YGS 200'de 0,71, PlanetScope uydu sisteminde 0,52 olarak YGS 214'te hesaplanmıştır. Bu değerler İHA'da 8. bölgeden, PlanetScope uydu sisteminde 14. bölgeden elde edilmiştir. Diğer parsellere ait en yüksek SAVI değerleri hem İHA sisteminde hem de PlanetScope uydu sistemi için yılın farklı günlerinde ve farklı bölgelerde gözlemlenmiştir. Çalışmada İHA sisteminden elde edilen değerlerin PlanetScope uydu sistemine göre ortalama 0,17 birim daha yüksek SAVI değerlerine sahip olduğu analiz edilmiştir. SAVI değerlerine ait zaman serisi grafikleri Şekil 4.6'da yer almaktadır.

İHA ve PlanetScope sistemine ait dağılım grafiği incelendiğinde (Şekil 4.6) başlangıç bölgesi için parsel uygulamasına benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Ancak vejetasyondaki gelişmelerle birlikte artan SAVI'nin 0,30 ile 0,80 değer aralığında sonuçları 1-1 çizgisine daha yakın kümелendiği analiz edilmiştir.



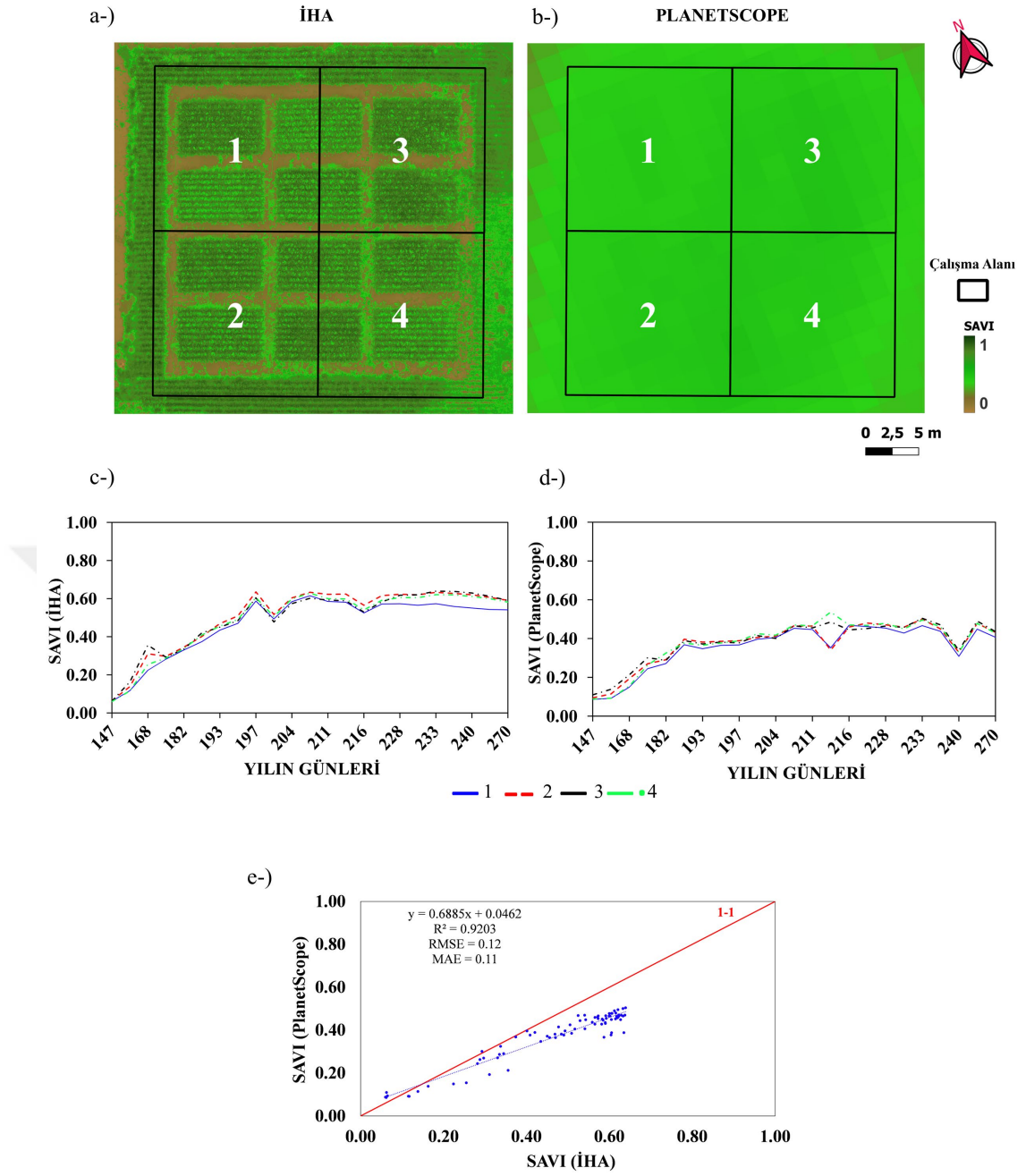
Şekil 4.6. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde SAVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen SAVI değerlerinin karşılaştırması (e).

4.3.3. Deneme Arazisinin 20m X 20m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar

Çalışma alanının 20m x 20m boyutlarında dört eş bölgeye ayrıldığı arazi planlamasını gösteren 30 Temmuz 2021 İHA ve PlanetScope sisteminden elde edilen SAVI haritaları Şekil 4.7’de yer almaktadır. İHA ve Planet sistemi arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla yapılan korelasyon analizi sonucunda (0,96) aralarında çok yüksek istatistiksel ilişki olduğu analiz edilmiştir.

İndekse ait günlük sonuçlardan oluşturulan İHA ve Planet için zaman serisi grafikleri Şekil 4.7’de yer almaktadır. Grafikler incelendiğinde 1. bölgenin NDVI’da olduğu gibi sezon boyunca diğer bölgelere göre daha düşük sonuçlar verdiği ve diğer bölgelerin de NDVI ile benzer davranışlar gösterdiği gözlemlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde hem İHA sistemi hem de PlanetScope platformunun benzer özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Hesaplanan en yüksek SAVI değerlerine bakıldığında ise İHA’da YGS 197’de 2. bölgeden, YGS 233 ve 239 da ise 3. bölgeden 0,64 değerine ulaşılmıştır. Planet uydusunda bu sonuç YGS 214’te 0,54 olarak 4. bölgeden analiz edilmiştir. PlanetScope uydusunda diğer bölgeler için en yüksek değerler 1. bölgede 0,47, 2. ve 3. bölgede 0,50 olarak YGS 233’te gözlemlenmiştir.

Çalışmada İHA ve PlanetScope sistemi için oluşturulan dağılım grafiği ise Şekil 4.7’de yer almaktadır. Grafik incelendiğinde diğer iki farklı planlama sonuçlarına benzer şekilde düşük vejetasyonda SAVI’nin 0-0,15 değer aralığındaki sonuçları 1-1 çizgisi üzerinde, ilerleyen dönemlerde artan vejetasyonla birlikte ise SAVI değerlerinin 1-1 çizgisi altında kaldığı görülmüştür. Aynı dönemdeki NDVI sonuçlarında, kümelenme 1-1 çizgisine daha yakın olurken SAVI ‘de sonuçların biraz daha çizgiden uzakta yer aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.7. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde SAVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen SAVI değerlerinin karşılaştırması (e).

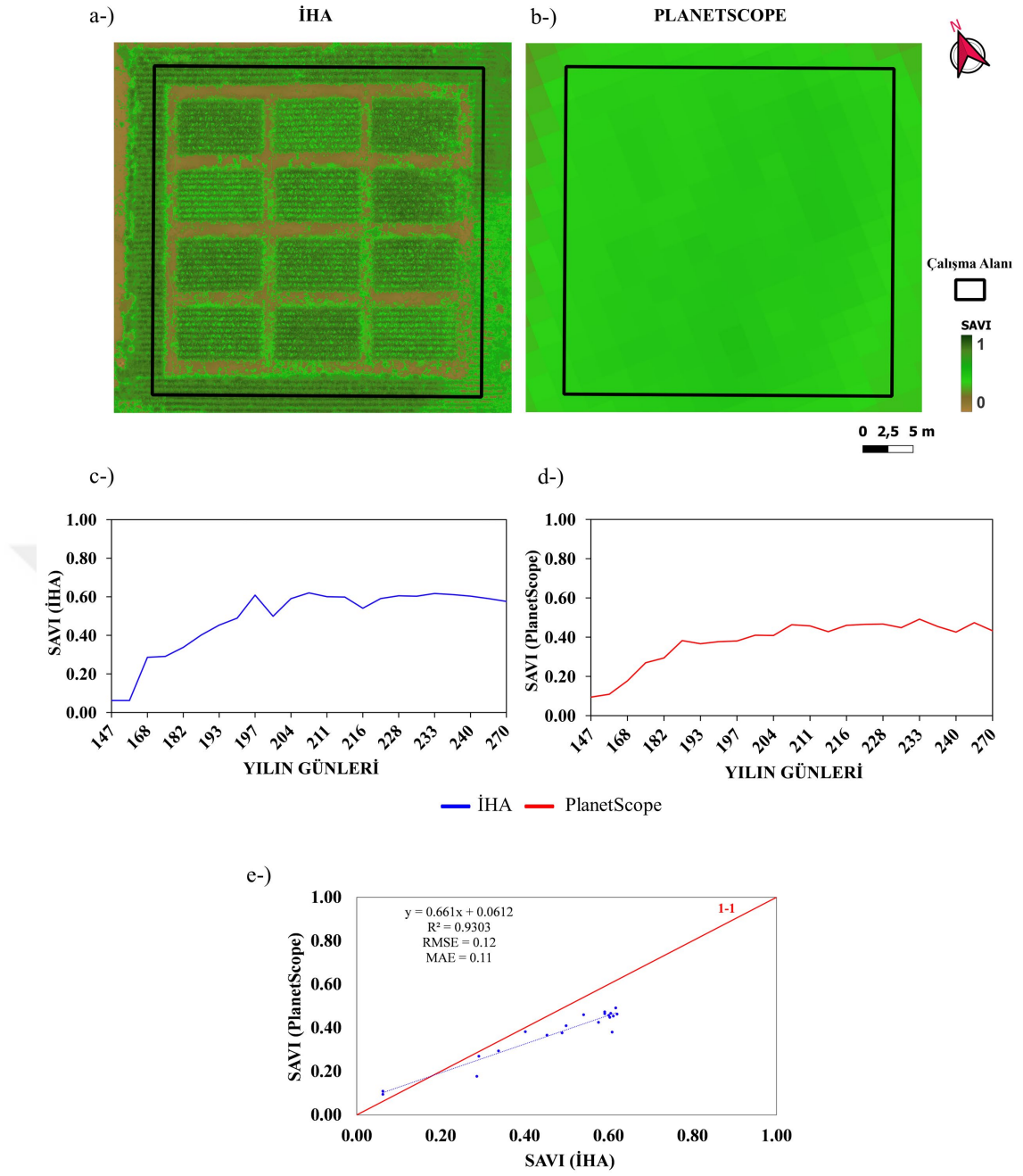
4.3.4. Deneme Arazisinin Tek Parça (40m X 40m) Olarak Ele Alınması ile Elde Edilen Sonuçlar

SAVI ile olan çalışmanın son aşamasında 40m x 40m boyutlarındaki deneme alanının tamamını içeren vektör dosyası kullanılmıştır. İHA ve PlanetScope sistemlerinden elde edilen 30 Temmuz 2021 tarihine ait SAVI haritasıyla beraber vektör dosyasının kapsadığı bölge planı Şekil 4.8’de yer almaktadır.

Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde en yüksek İHA sistemi değeri 0,62 olarak YGS 197 ve 233’te gözlemlenmiştir. PlanetScope uydu sistemi için bu değer 0,49 olarak YGS 233’te hesaplanmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda (0,97) İHA ve PlanetScope sistemi arasında çok yüksek istatistiksel ilişki olduğu belirlenmiştir.

PlanetScope ve İHA sisteminden elde edilen zaman serisi grafikleri (Şekil 4.8) incelendiğinde YGS 148-168 arasında PlanetScope uydusu sistemi verilerine göre SAVI ‘de kademeli bir artış olurken İHA sisteminden elde edilen sonuçlarda bu dönemde daha keskin bir artış gözlemlenmiştir.

İHA ve Planet sistemlerinden elde edilen dağılım grafiği incelendiğinde ise NDVI’ya göre dağılımın 1-1 çizgisinden biraz daha uzakta olduğu ve diğer üç planlama şeklinde olduğu gibi çizginin al kısımlarında yoğunlaştığı analiz edilmiştir.



Şekil 4.8. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde SAVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen SAVI değerlerinin karşılaştırması (e).

4.4. EVI Bulguları

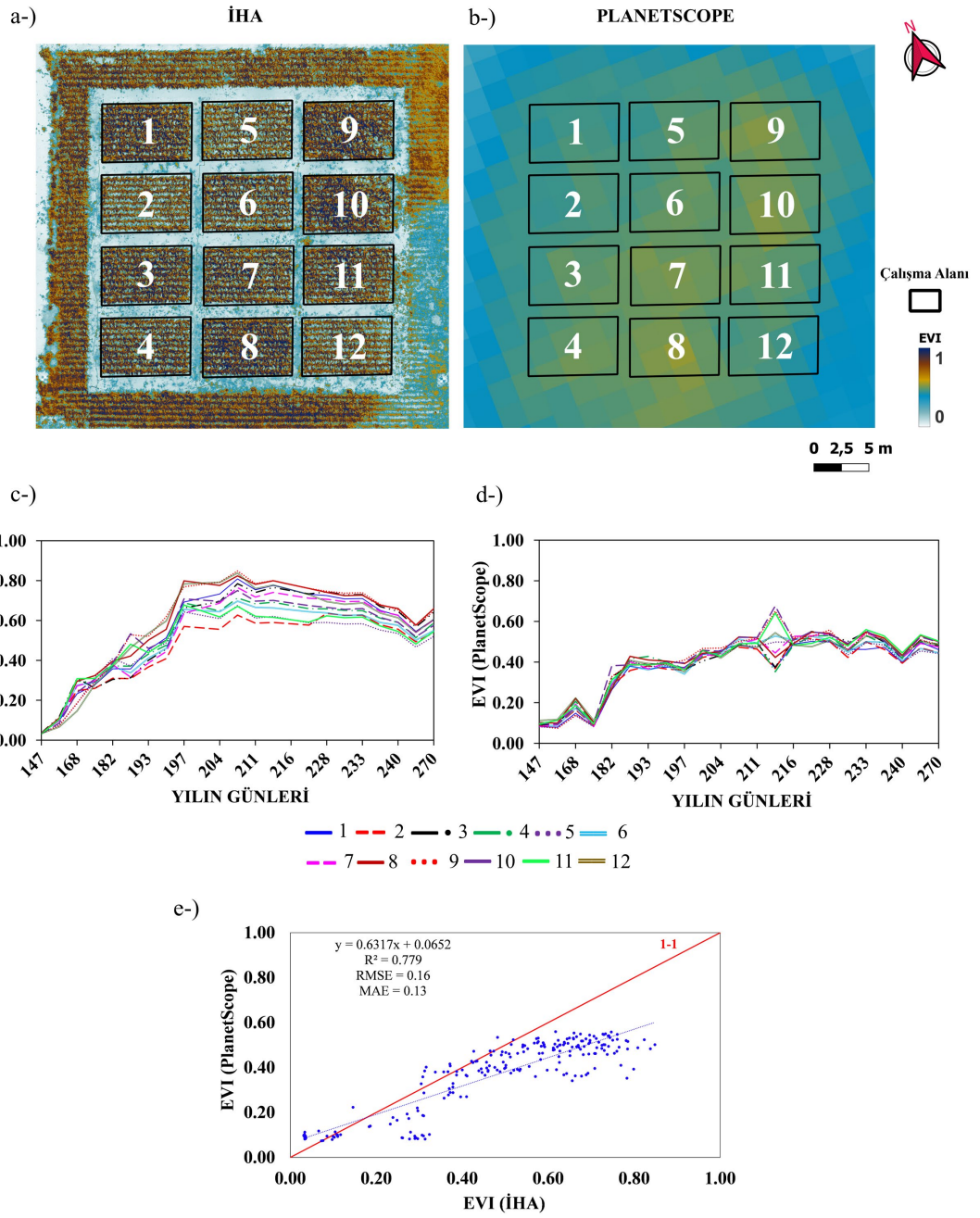
EVI indeksiyle daha önce yapılmış bir çalışmada bitkilerdeki vejetatif değişimin gözlemlenebildiği belirtilerek, büyüme mevsiminde EVI değerlerinin yükseldiği ve hasat dönemine doğru değerlerde düşüş eğilimi olduğu belirtilmiştir (Fraga et al., 2014). Ayrıca SAVI 'ye benzer olarak toprak yansımalarını engelleyebilmesi ve buna ek olarak EVI eşitliğinde Mavi (BLUE) bantta kullanılarak atmosferik değişimlerden daha az etkilendiği belirtilmiştir (A. Huete et al., 2002). 24 tarihe ait İHA sisteminden elde edilen EVI haritaları Ek 3'te, PlanetScope uydusundan elde edilen EVI haritaları ise Ek 6'da yer almaktadır.

4.4.1. Deneme Parsellerine Göre Karşılaştırma Sonuçları

Çalışmamızın bu aşamasında ilk olarak parsel özelliklerinin gözlemlendiği vektör dosyası kullanılmıştır. Her iki platformdan hesaplanan 30 Temmuz 2021 tarihine ait EVI haritası ve parsel düzeni Şekil 4.9'da yer almaktadır. İHA sisteminden elde edilen parsel analizleri neticesinde sezon boyunca tüm parsellerdeki en yüksek EVI değeri (0,85) YGS 209'da ölçülmüştür. Parseller arasındaki en yüksek değer ise 9. parselde yer almıştır. Uydu platformu için yapılan analizlerde ise en yüksek (0,56) EVI değeri yine 9. parselde fakat YGS 214'te gözlemlenmiştir. Ayrıca İHA'dan elde edilen verilerin uydu platformundan elde edilen verilere göre ortalama 0,15 birim daha fazla olduğu analiz edilmiştir. Platformlar arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan korelasyon analizinde çok yüksek (0,88) istatistiksel ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında EVI değerlerinin zaman içerisindeki değişimini gözlemlemek amacıyla zaman serisi grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.9). Grafikler incelendiğinde İHA sistemi sonuçlarına göre parseller arasında oluşan farklar daha açık bir şekilde gözlemlenebilirken, uydu platformunda bu farkların daha az olduğu ve değerlerin birbirlerine daha yakın olduğu gözlemlenebilmektedir. Ayrıca İHA sisteminde EVI değerlerinin hasat dönemine doğru bir azalma eğilimi görülürken, PlanetScope sistemi sonuçlarında yönelimlerin net olmadığı görülmektedir.

İHA ile PlanetScope sisteminin dağılım grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde düşük vejetasyonda PlanetScope sayısal olarak daha büyük ve 1-1 çizgisine yakın olduğu görülmektedir. Vejetasyondaki gelişmeyle birlikte değerlerin giderek saçıldığı ve 1-1 çizgisinin aşağısında kalacak şekilde kümелendiği analiz edilmiştir.



Şekil 4.9. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde EVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen EVI değerlerinin karşılaştırması (e).

4.4.2. Deneme Arazisinin 10m X 10m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar

Çalışmanın ikinci aşamasında 10m x 10m'lik vektör dosyası kullanılmıştır. Deneme alanından oluşturulan 16 eş parçaya ait şekil planının 30 Temmuz 2021 tarihli EVI haritasındaki yerleşimi Şekil 4.10'da yer almaktadır.

İHA sistemi için araştırma bölgelerinden elde edilen sonuçları incelendiğinde sezonun en yüksek EVI değeri (0,66) 28 Temmuz 2021 tarihinde 13. bölgede gözlemlenmiştir. PlanetScope uydu sisteminde en yüksek değer (0,56) 21 Temmuz 2021 tarihinde ve 15. parselde ölçülmüştür. İki platform arasında yapılan korelasyon analizinde yüksek seviyede (0,94) ilişki analiz edilmiştir.

Çalışmada dağılım grafiği incelendiğinde (Şekil 4.10) parsel uygulamasının aksine 10m x 10m planlamasında sonuçlarının 1-1 çizgisine daha yakın kümелendiği görülmektedir. NDVI ve SAVI 'de bu dağılım çizginin altında kalma eğilimindeyken EVI'den daha iyi sonuçlar analiz edilmiştir.

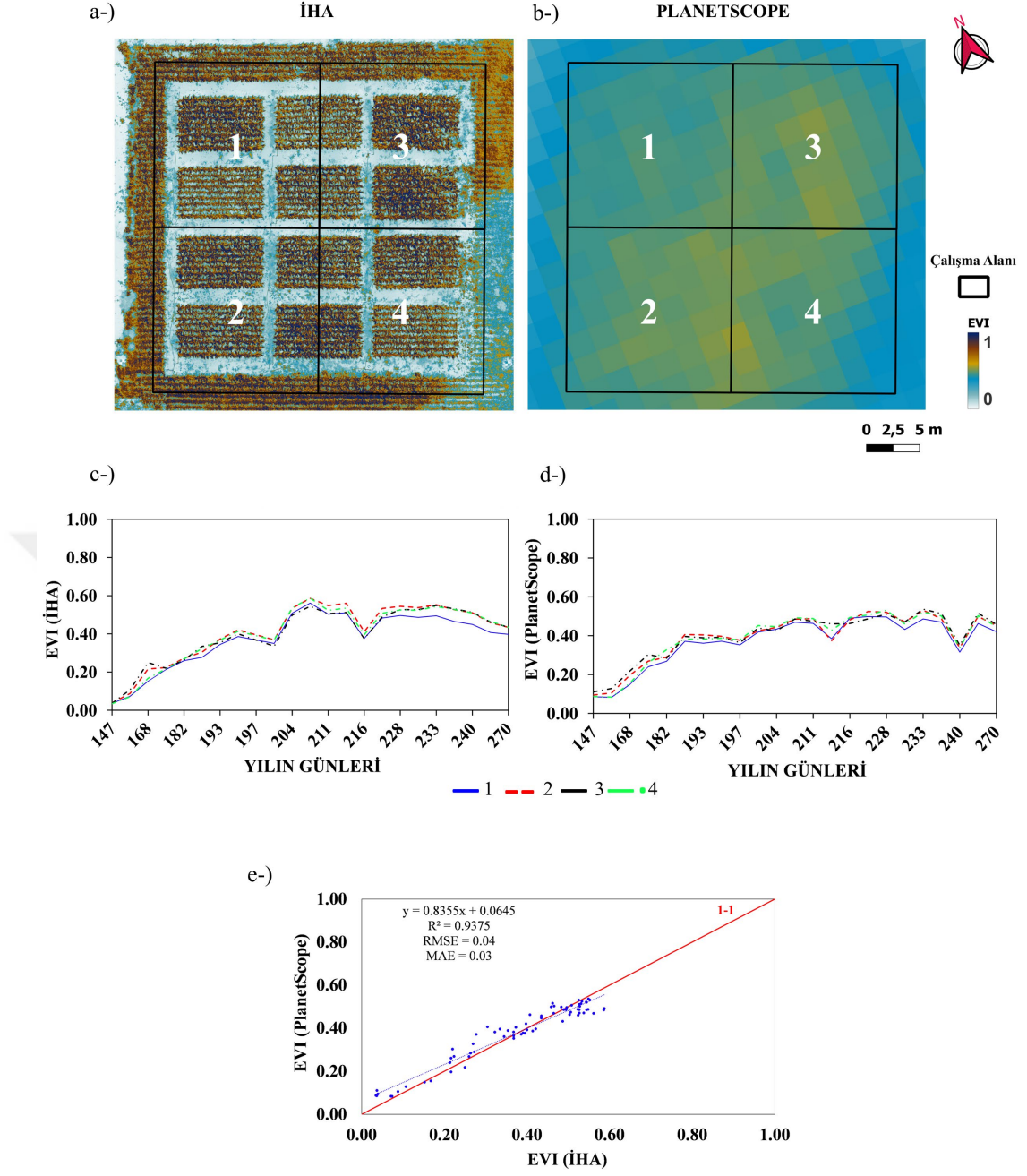
16 bölge için oluşturulan İHA sisteminin zaman serisi grafiklerinde bölgeler arasındaki fark daha net ayırt edilebilmiştir. PlanetScope uydusuna göre başlangıç dönemlerde daha düşük EVI değeri gözlemlenirken bitki gelişimleriyle beraber bu değerlerin arttığı ve hasat dönemine doğru EVI'de azalma eğilimi olduğu gözlemlenmiştir. PlanetScope uydusunda parseller arasındaki farklılıklar İHA sistemindeki kadar net olmamıştır.

4.4.3. Deneme Arazisinin 20m X 20m Boyutlara Ayrılması ile Elde Edilen Sonuçlar

Çalışmanın bu aşamasında 20m x 20m boyutlarındaki vektör dosyası kullanılarak arazi dört eş parçaya ayrılmıştır (Şekil 4.11). Bu planlama sisteminde İHA ve PlanetScope sistemleri arasında çok yüksek (0,97) seviyede istatistiksel ilişki gözlemlenmiştir

EVI'deki değişimlerin sezon içerisindeki durumunu gösteren zaman serisi grafikleri Şekil 4.11'de yer almaktadır. Grafikler incelendiğinde 1. bölgenin hem İHA sistemi hem de PlanetScope sisteminde sezon boyunca en düşük sonuçları verdiği görülebilmektedir. Sezon boyunca İHA sisteminden elde edilen en yüksek EVI değeri (0,59) YGS 209'da hem 1. bölge hem de 2. bölgeden analiz edilmiştir. PlanetScope uydu sisteminde en yüksek değer (0,54) YGS 228'de 4. bölgede, 233'te ise 2. bölgede gözlemlenmiştir.

İHA ve PlanetScope sistemlerine ait dağılım grafiğini incelediğimizde ise bu planlama sistemi içerisinde NDVI'ya benzer ve SAVI 'den ise daha iyi sonuçlar vererek, kümelenmenin 1-1 çizgisi etrafında olduğu görülmüştür.

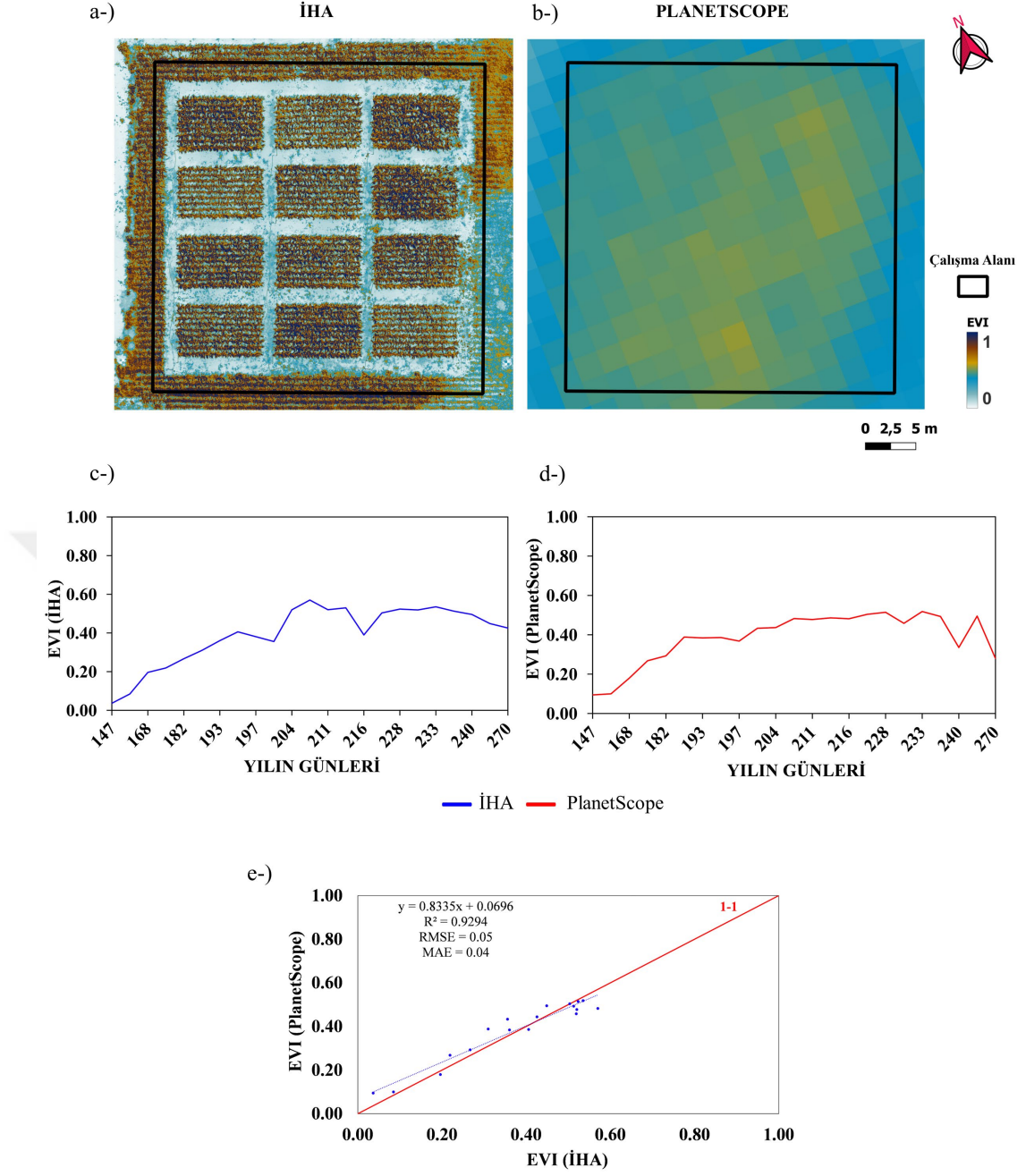


Şekil 4.11. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde EVİ (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen EVİ değerlerinin karşılaştırması (e).

4.4.4. Deneme Arazisinin Tek Parça (40m X 40m) Olarak Ele Alınması ile Elde Edilen Sonuçlar

Araştırmamızın son aşaması olan 40m x 40m boyutlarındaki tüm alan çalışması için 30 Temmuz 2021 tarihine ait EVI haritası ve arazi planı şekil 4.12’de yer almaktadır. İHA görüntülerinden elde edilen EVI haritalarında en yüksek değere (0,57) 28 Temmuz 2021 tarihinde ulaşılmıştır. PlanetScope uydusundan elde edilen değer 0,52 olarak 21 Ağustos 2021 tarihinde analiz edilmiştir. İHA ve PlanetScope sistemleri arasında yapılan korelasyon analizinde ise çok yüksek (0,97) istatistiksel ilişki gözlemlenmiştir.

Dağılım grafiği incelendiğinde (şekil 4.12) sonuçların çoğunlukla 1-1 çizgisine yakın olduğu görülmüştür. 0,50 EVI değerine kadar olan bölgede PlanetScope uydusunun İHA sistemine göre daha yüksek sonuçlar gösterdiği ancak bitki gelişimlerinin tamamlanmasıyla birlikte son döneme doğru sonuçların 1-1 çizgisinin aşağısında konumlandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.12. İstatistiksel karşılaştırmada kullanılan alanların örnek İHA ve Planet Scope görüntüsünde gösterilmesi (a, b), deneme parsellerinde zaman içerisinde EVI (İHA ve PlanetScope) değişimlerinin grafik olarak gösterilmesi (c, d), İHA ve PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen EVI değerlerinin karşılaştırması (e).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal faaliyetlerde UA uygulamaları önemli bir karar verme aracı olarak yer almaktadır. UA araçları sayesinde mevcut kaynakların durumları yakından takip edilebilmekte ve olası zararlara erken önlem alınabilmektedir. Gelişen uydu sistemleri ve sensör teknolojileriyle birlikte hem İHA hem de yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu sistemleri tarımsal faaliyetlerde aktif rol almaktadır.

Bu çalışmada küçük boyutlu parsellerde ortalama spektral veri elde etmedeki başarı bakımından İHA sistemi ve PlanetScope sistemi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Kullanılan İHA ve PlanetScope sistemi arasında yüksek istatistiksel ilişki gözlemlenmiştir. Yapılan analizler neticesinde PlanetScope uydu sisteminden elde edilen spektral vejetasyon indeks değerlerinin düşük vejetasyon dönemlerinde İHA sistemine göre daha yüksek sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bitki gelişimleriyle birlikte İHA sisteminden elde edilen spektral vejetasyon indeks değerlerinin, PlanetScope uydu sisteminden elde edilen indeks değerlerine göre daha yüksek sayısal değerler verdiği belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan İHA ve PlanetScope sistemleri arasında veri analizini etkileyebilecek bazı farklılıklar mevcuttur. Bunlardan ilki görüntü çekim saatleri arasındaki farklılıklardır. İHA ve PlanetScope sistemlerinin çekim saatleri incelendiğinde PlanetScope uydusunun meta dosyasında yer alan bilgilere göre görüntülemeler yerel saate göre 09:30-11:30 aralığındadır (Planet, 2023c). İHA uçuşlarındaki görüntülemeler ise öğlen 12:00-13:00 saat aralığında gerçekleştirilmiştir. Güneş ışınlarının geliş açıları ve bitkilerden gerçekleşen yansımaların, görüntüleme saatleri arasındaki farklılıklardan etkilenebileceği öngörülmektedir (Easterday et al., 2019; Buyukcangaz et al.,2007). Bu nedenle İHA ve PlanetScope sistemlerinden elde edilen vejetasyon haritalarında zamansal farklılıkların da etkili olabileceği değerlendirilmektedir.

İki sistem arasında, veriye etki eden diğer bir farklılık yersel çözünürlüğe bağlı olarak değerlendirme alanlarını temsil eden piksel sayılarıdır. PlanetScope uydusu 3m (Tablo 3.4) yersel çözünürlük sunarken İHA sistemi 40 m uçuş yüksekliği için 1.73cm (Tablo 3.3) yersel çözünürlüğe sahiptir. Planlama özelliklerine göre İHA ve PlanetScope uydu sistemlerinden analiz edilen ortalama piksel sayıları Tablo 4.2' de yer almaktadır. Alanları temsil eden piksel sayılarındaki bu farklılıkların analizlerde

veri kalitesine etki ettiği değerlendirilmiştir (Tian et al., 2017).

Tablo 4.1. Çalışma planına göre İHA ve PlanetScope sisteminden elde edilen piksel sayıları

Çalışma Planı	Ortalama Piksel Sayısı	
	İHA	PlanetScope
Deneme Parsel Alanı	178166	8
10m x 10m	250001	11
20m x 20m	1000003	45
40m x 40m	3999997	178

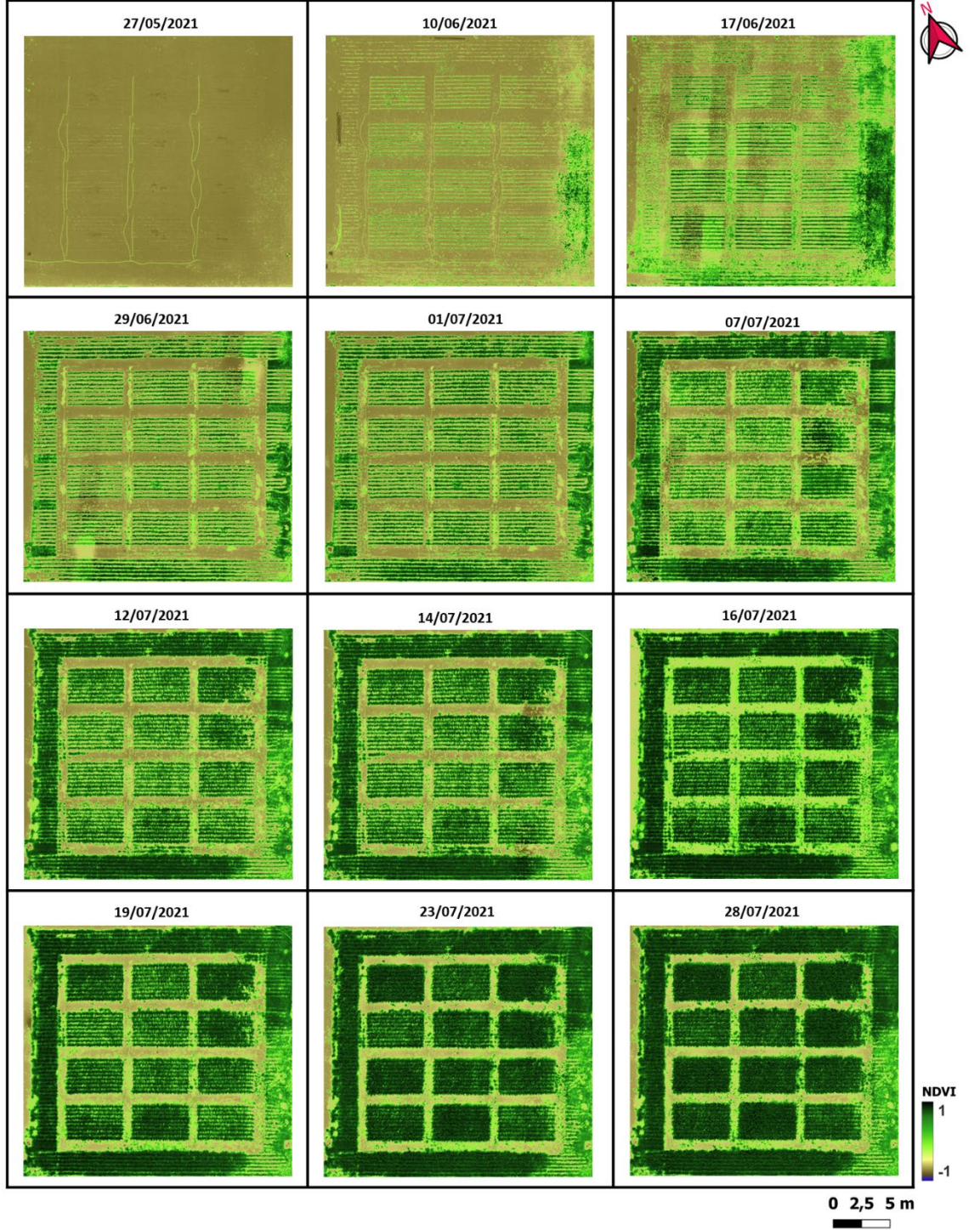
Çalışmada kullanılan sistemlerin spektral bant aralıklarındaki farklılıklar veri üzerinde etkili olan bir diğer etmen olarak görülmektedir. PlanetScope uydu sistemlerinde yer alan sensör teknolojisi İHA sisteminden farklıdır. İHA sensörleri genel pazara sunulmak için seri üretilirken, uydu sensörleri atmosfere fırlatılacak tek bir uydu için özel üretilir. Bu nedenle multi-spektral görüntüleme için kullanılan bantlarda spektral aralıklar değişiklik göstermektedir (Tablo 3.3 ve Tablo 3.4). PlanetScope uydu sisteminde yer alan mavi (Blue) bant 28nm, yeşil (Green) bant 63nm, kırmızı (Red) bant 66nm ve yakın kızılötesi (NIR) bölgesinde 23nm Micasense Altum kamerasına göre daha fazla spektral bant genişliğine sahiptir. Daha önce yapılan bir çalışmada, bitki sağlığının tespitinde kullanılan kırmızı kenar dalga boyundaki yansımalar uydu sensörleriyle algılanabilirken, İHA sisteminin sensörleri bu değişimleri gözlemleyememektedir. (Dash et al., 2018). Buna göre bantların spektral aralıklarındaki farklılıkların her iki görüntü arasında farka neden olabileceği değerlendirilmiştir.

Uzaktan algılanmış verilerin tarımda bitkisel üretimde izleme ve yönetimde kullanılabilmesi için kontrollü arazi denemelerinde, gerçek yer verilerine karşı spektral verilerin elde edildiği ve bu veriler arasındaki ilişkilerin ortaya koyulduğu, modellerin geliştirildiği çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu tür çalışmalarda uzaktan algılanmış verilerin elde edilmesinde el radyometreleri yaygın olarak kullanılmakla birlikte günümüzde İHA sistemleri de kullanılmaktadır. Diğer yandan zamansal çözünürlüğü çok yüksek olan uydu sistemleri, yaklaşık 3,0 m yersel çözünürlüğe sahip multi-spektral veri sunabilmektedir. Bu aşamada arazi çalışmalarında spektral görüntü çekiminde İHA sistemi veya uydu sistemleri kullanılabilir. Hangi görüntüleme sisteminin kullanılacağına karar verilmesinde ihtiyaç olan çözünürlük (zamansal, yersel, spektral ve radyometrik) en önemli faktör

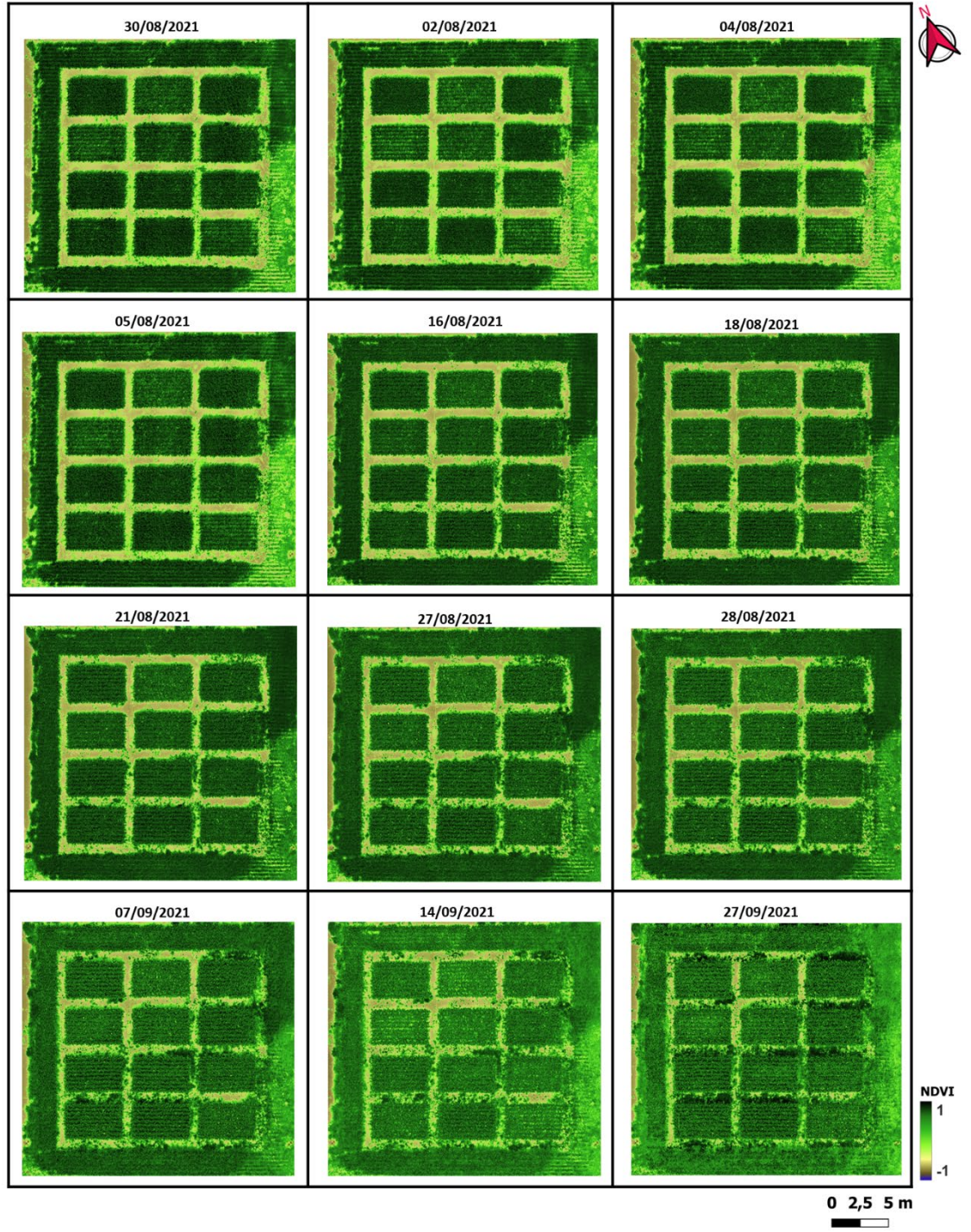
olarak değerlendirilebilir. Bu alışma ile İHA sistemi ve PlanetScope sistemi ile elde edilen görüntüler, bir tarla denemesinde veri elde etme bakımından değerlendirilmiştir. Farklı parsel boyutlarına göre hesaplanan ortalama değerler kullanarak yapılan karşılaştırmalara göre, boyutu 20 m'nin altındaki alanlarda, İHA sistemleri kullanarak alınacak verilerin daha hassas bilgiler sağlayabileceği değerlendirilmiştir. PlanetScope uydu sistemi kullanarak yapılacak çalışmalar için, parsel boyutlarının 20m ve üzeri seçilmesinin sonuçlarda hassasiyeti artıracaağı değerlendirilmiştir. Buna göre uzaktan algılama ile görüntülemede ilgilenilen alanın veya alanların boyutları geniş olduğunda ve ortalama değerlerin kullanılması planlandığında İHA sistemleri yerine daha pratik (ekim, görüntü işleme, maliyet vb.) olan uydu görüntüleri kullanılabilir. Gelecekte farklı uydu görüntüleri, farklı bitkiler ve farklı parsel boyutları ile yapılacak olan çalışmalar konunun daha net ortaya koyulmasına destek olacaktır.

EKLER

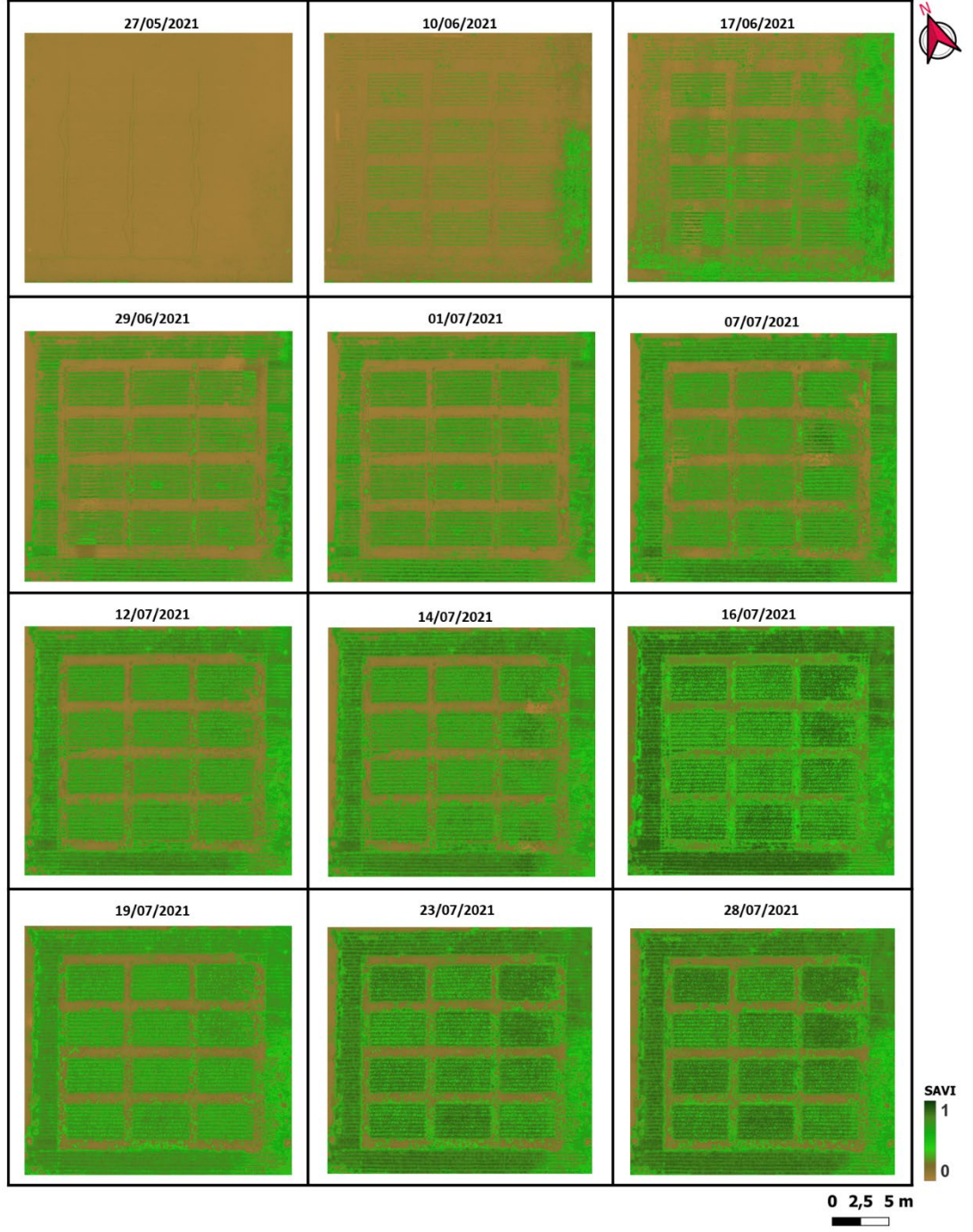
Ek 1 Çalışma alanından İHA ile yapılan çekimler sonucu oluşturulan NDVI haritaları



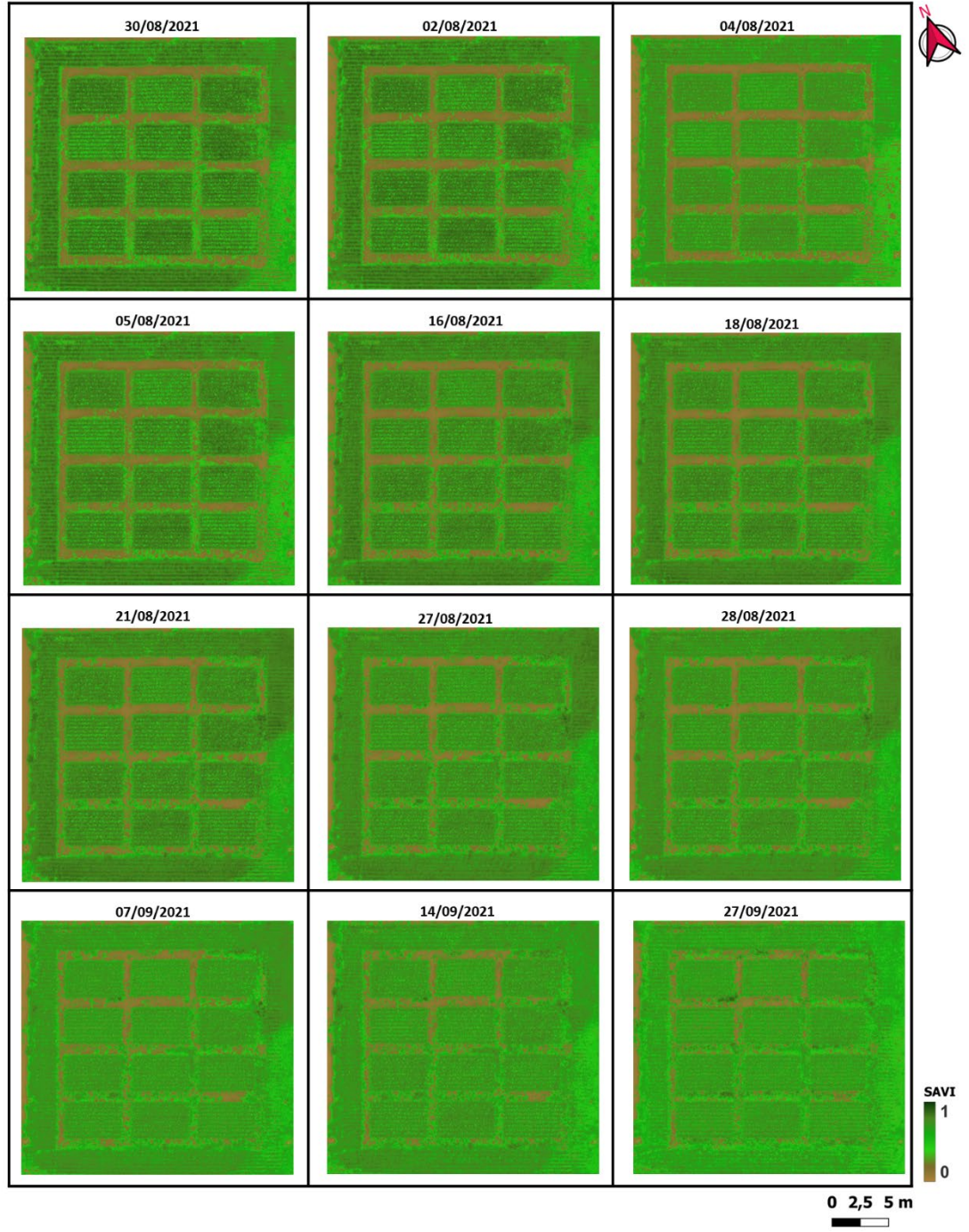
Ek 1 Devamı



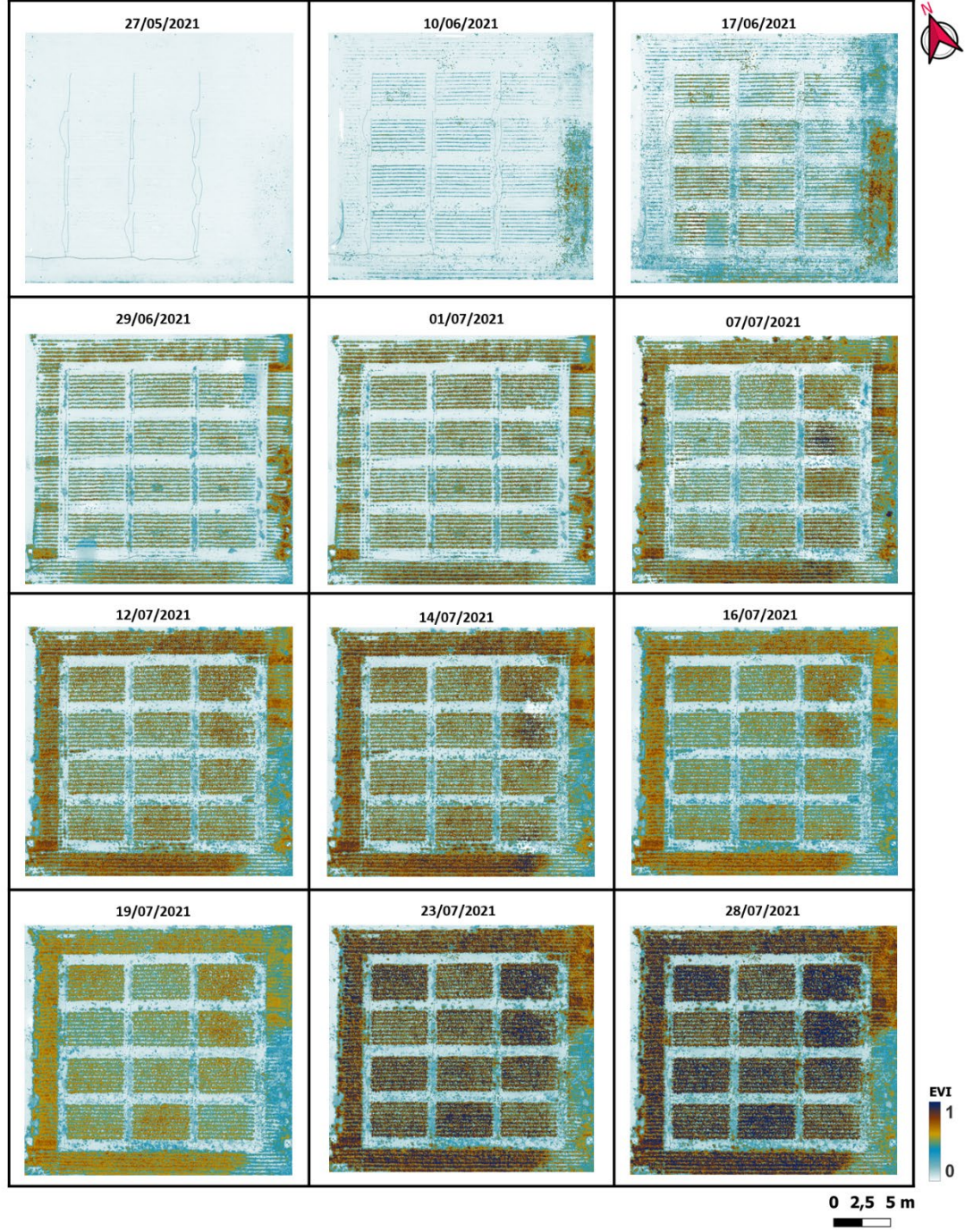
Ek 2 Çalışma alanından İHA ile yapılan çekimler sonucu oluşturulan SAVI haritaları



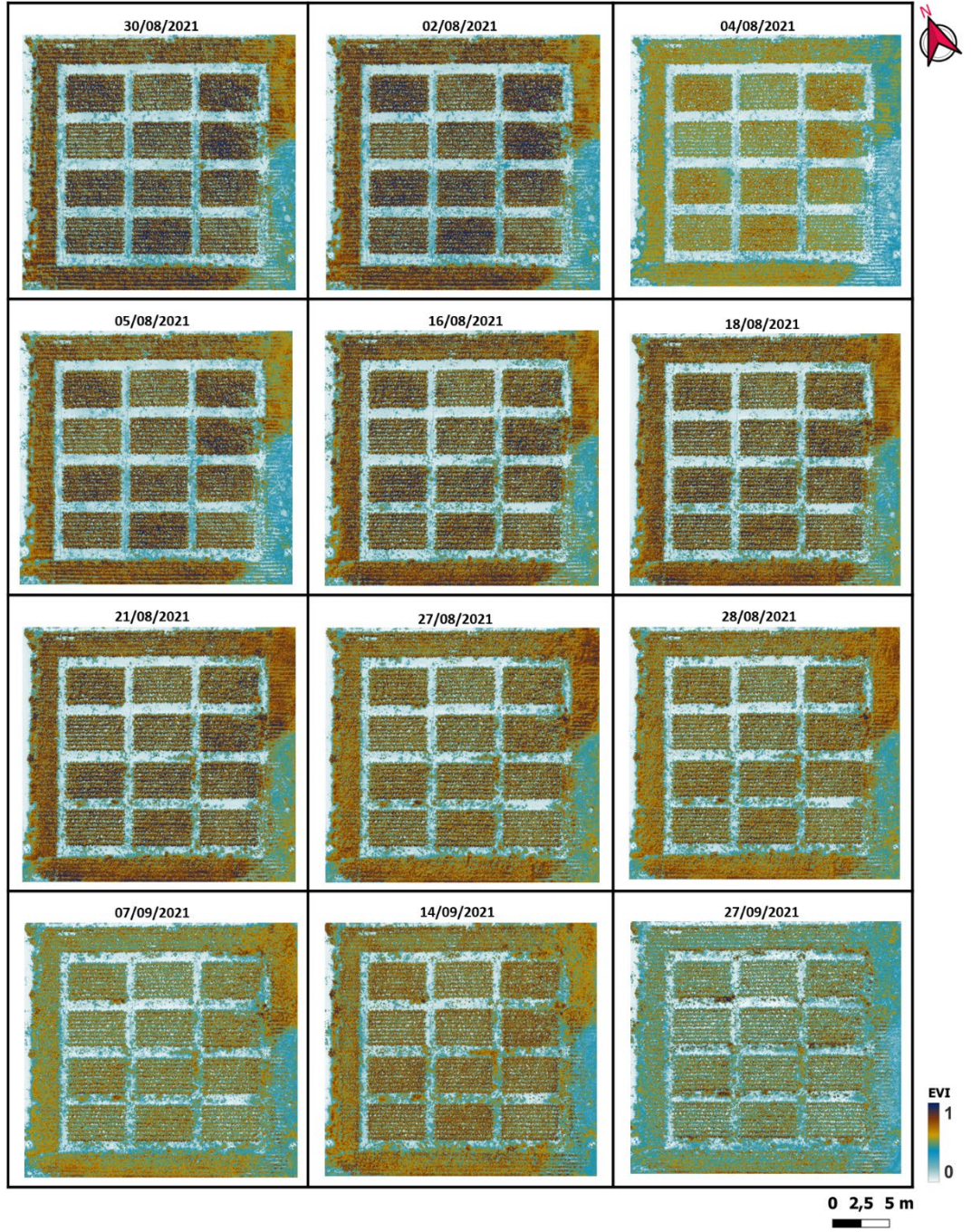
Ek 2 Devamı



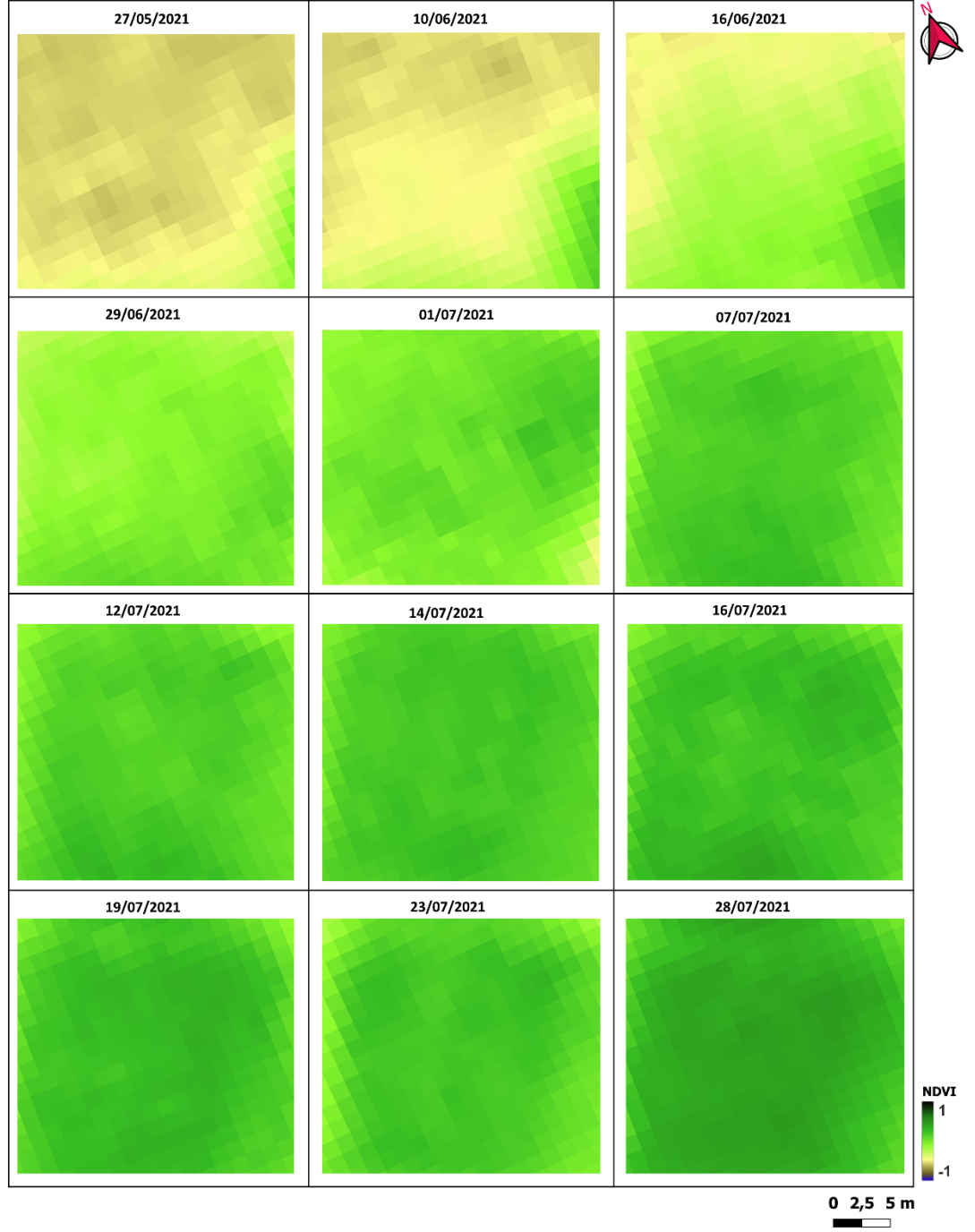
Ek 3 Çalışma alanından İHA ile yapılan çekimler sonucu oluşturulan EVI haritaları



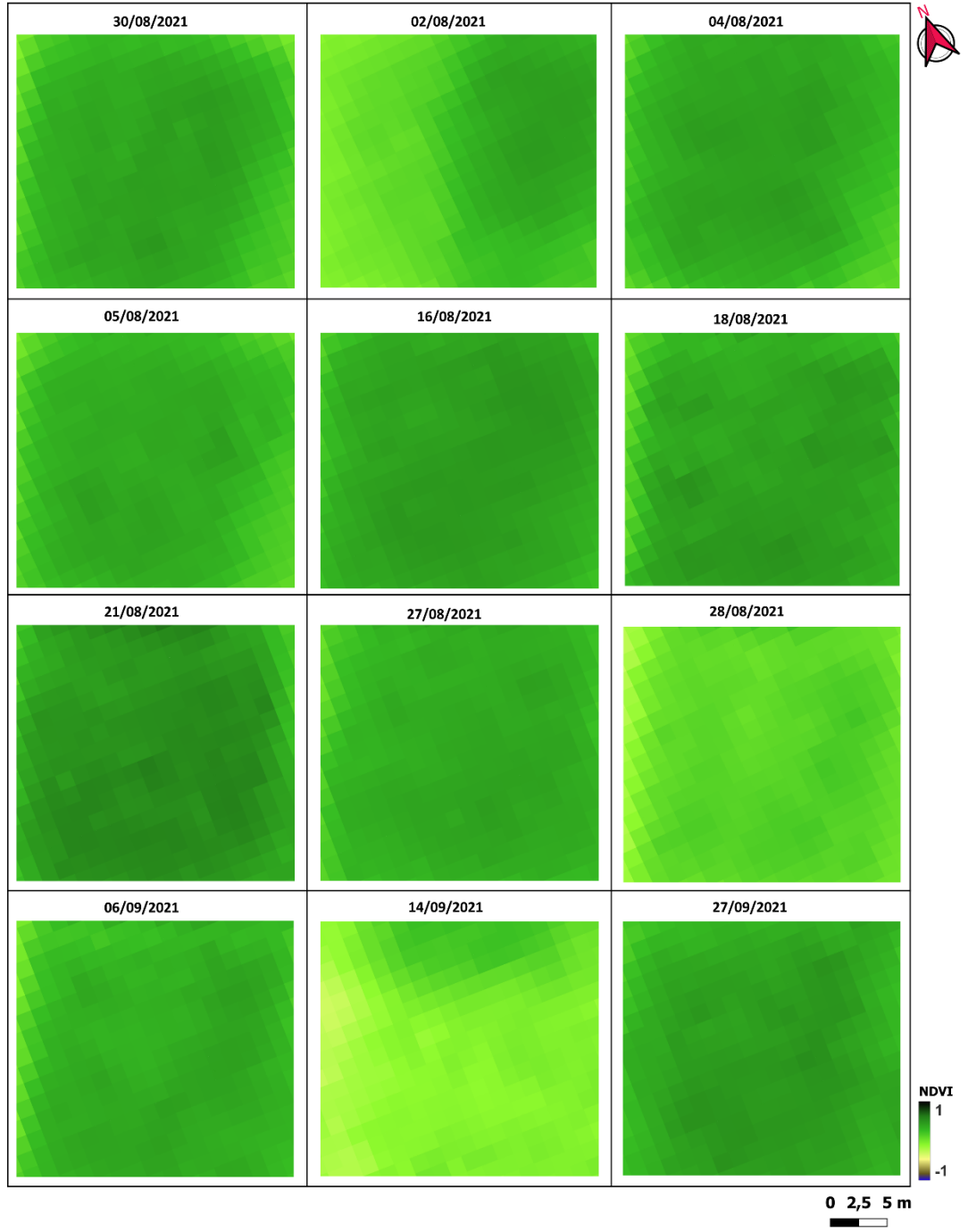
Ek 3 Devamı



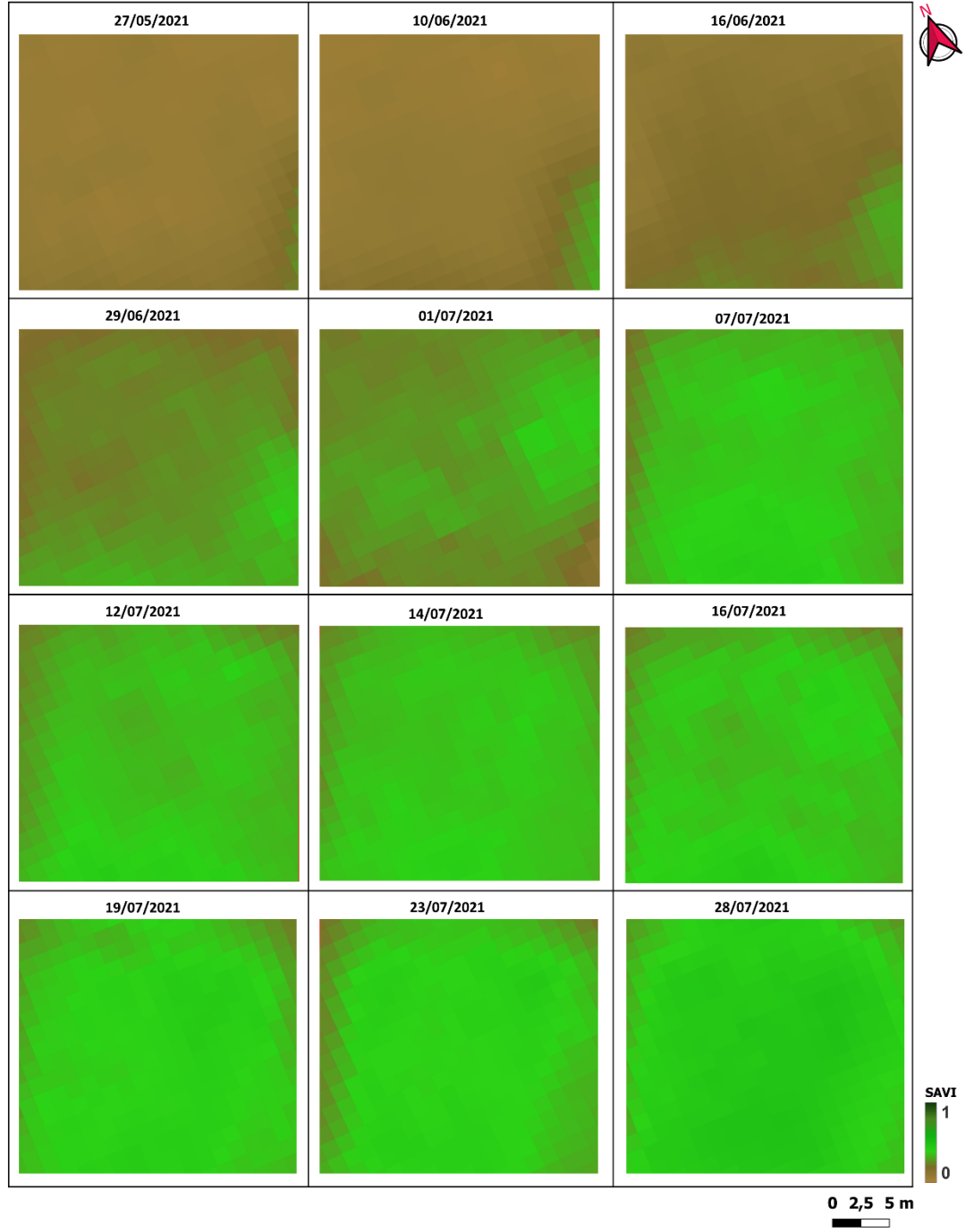
Ek 4 Çalışma alanına ait PlanetScope uydu görüntülerinden oluşturulan NDVI haritaları



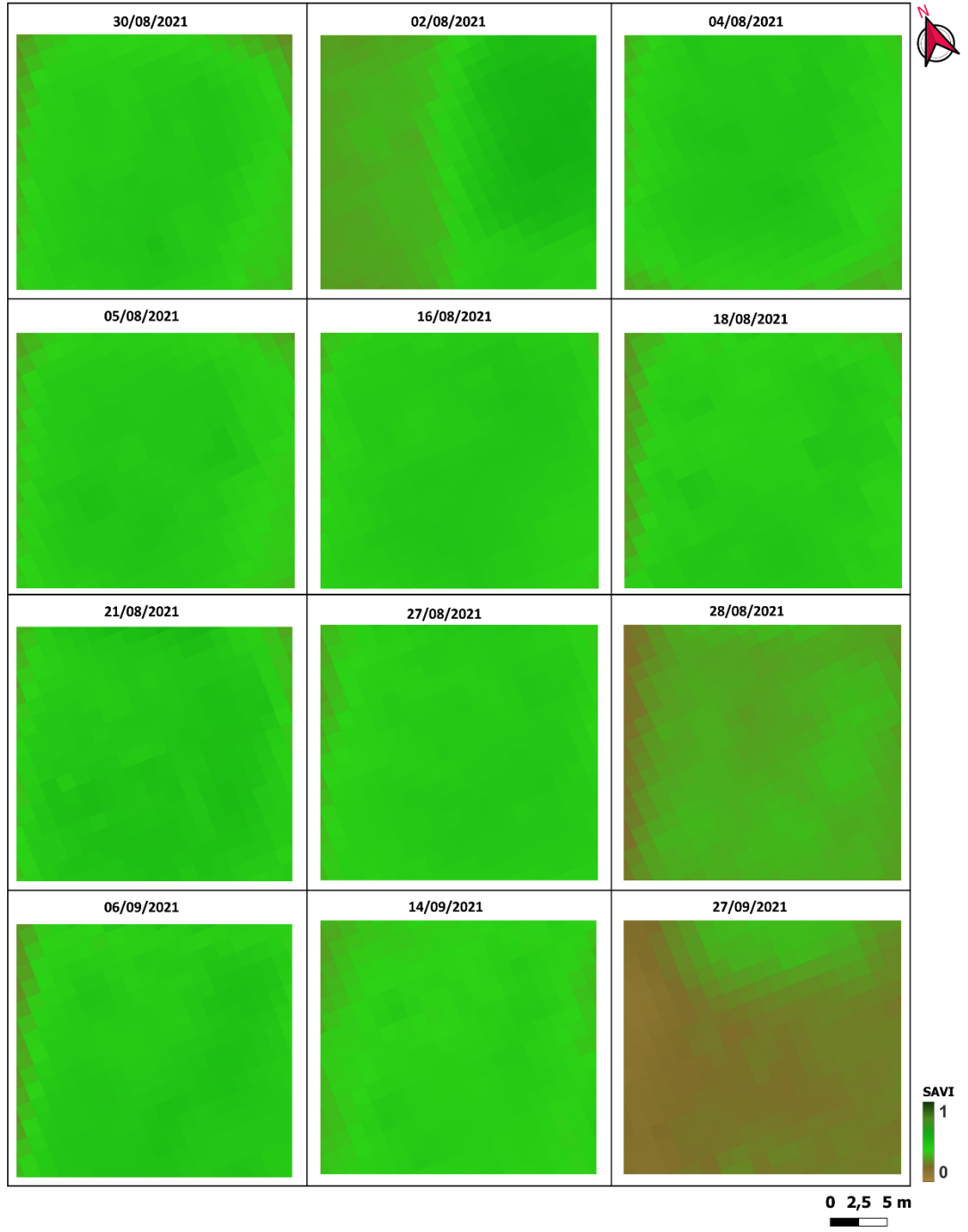
Ek 4 Devamı



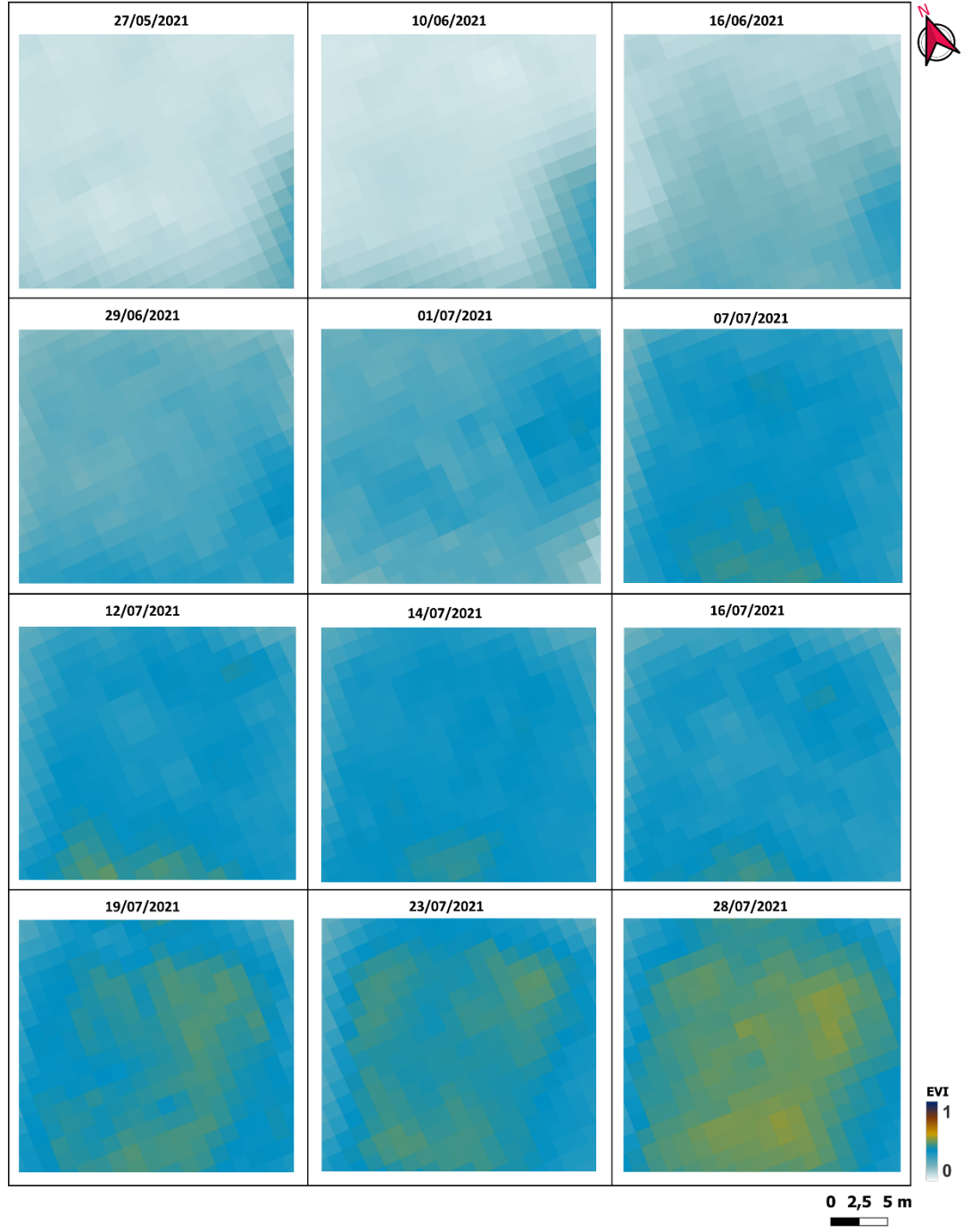
Ek 5 Çalışma alanına ait PlanetScope uydu görüntülerinden oluşturulan SAVI haritaları



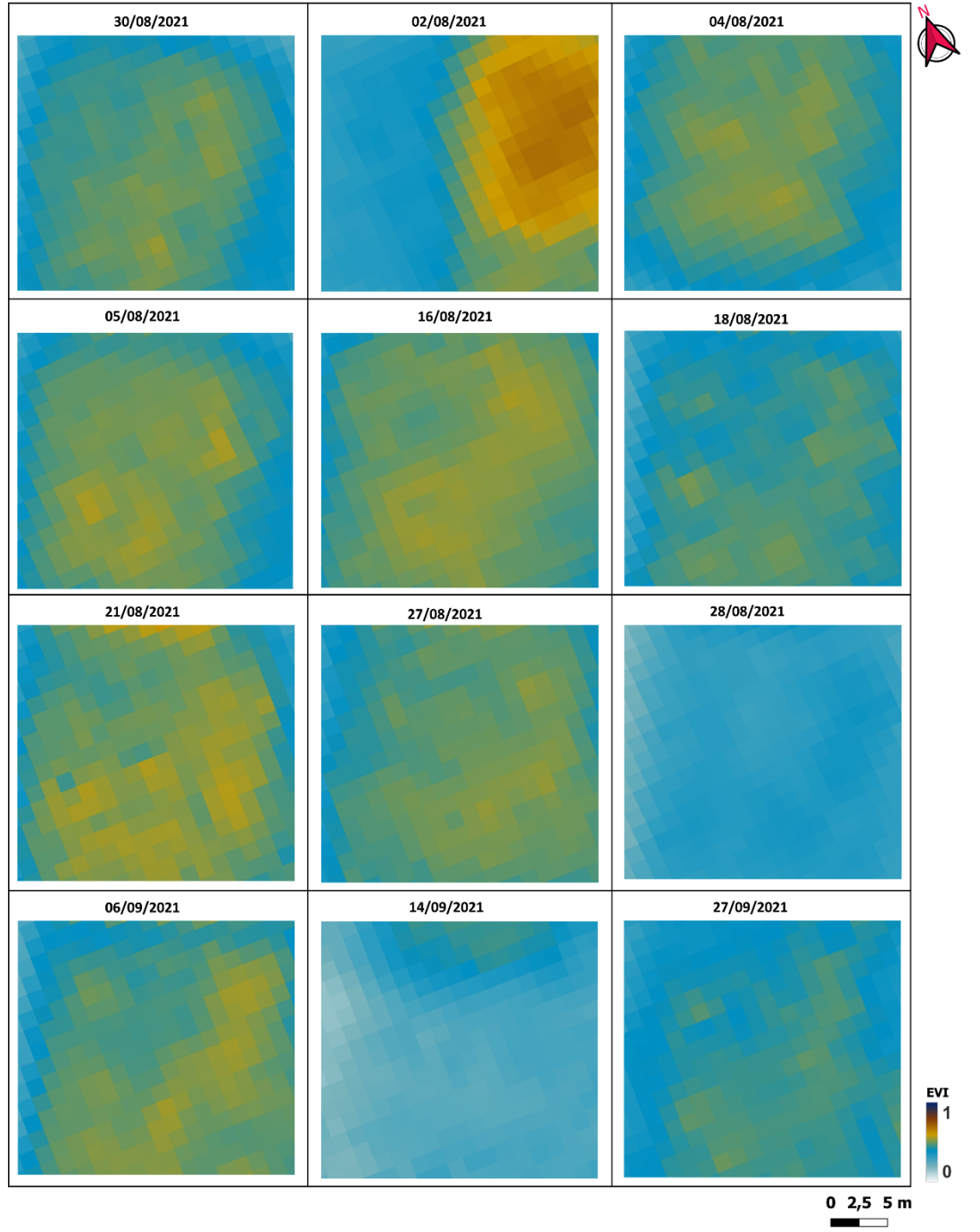
Ek 5 Devamı



Ek 6 Çalışma alanına ait PlanetScope uydu görüntülerinden oluşturulan EVI haritaları



Ek 6 Devamı



KAYNAKLAR

- Amelia Carol Bradshaw, B., Pricope, N., Supervisor Joanne Halls, F., Long, Z., Chen, C., Gamble Chair, D. (2019). *Examining the Relationship Between Vegetation Indices Derived From Unmanned Aerial Vehicle (Uav) and Planetscope High Resolution Satellite Imagery in a Southern African Drylands Ecosystem*. April 2019.
- Bansod, B., Singh, R., Thakur, R., Singhal, G. (2017). A comparison between satellite based and drone based remote sensing technology to achieve sustainable development: A review. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 111(2), 383–407. <https://doi.org/10.12895/jaeid.20172.690>
- Burai, P., Beko, L., Lenart, C., Tomor, T., & Kovacs, Z. (2019). Individual tree species classification using airborne hyperspectral imagery and lidar data. In 2019 10th Workshop on Hyperspectral Imaging and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS) (pp. 1-4). IEEE.
- Buyukcangaz, H., Koksall, E. S., & Yazgan, S. (2007). Diurnal variation of remotely sensed ET and some indices on sweet cherry trees in subhumid climate conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 10(9), 1380-1389.
- Cornejo-Denman, L., Romo-Leon, J. R., Hartfield, K., van Leeuwen, W. J. D., Ponce-Campos, G. E., Castellanos-Villegas, A. (2020). Landscape dynamics in an iconic watershed of Northwestern Mexico: Vegetation condition insights using landsat and planetscope data. *Remote Sensing*, 12(16), 1–24. <https://doi.org/10.3390/RS12162519>
- Dash, J. P., Pearse, G. D., & Watt, M. S. (2018). UAV multispectral imagery can complement satellite data for monitoring forest health. *Remote Sensing*, 10(8), 1216.
- DJI Türkiye. (2023). *DJI Türkiye*. <https://www.djiturkiye.com/dji-magazasi/matrice-300-rtk/> (Erişim Tarihi : 5 Mayıs 2023)
- Easterday, K., Kislik, C., Dawson, T. E., Hogan, S., Kelly, M. (2019). Remotely sensed water limitation in vegetation: Insights from an experiment with unmanned aerial vehicles (UAVs). *Remote Sensing*, 11(16), 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs11161853>
- Fraga, H., Amraoui, M., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Eiras-Dias, J., Silvestre, J., Santos, J. A. (2014). Examining the relationship between the Enhanced Vegetation Index and grapevine phenology. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1), 753–771. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20144743>
- Fulya, A. T., Nurdan Gamze, T. (2022). Giresun İlinde Kentsel Katı Atıkların Miktar, Kompozisyon ve Yönetiminin İncelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 479–491. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1102936>
- Gerhards, M., Schlerf, M., Mallick, K., Udelhoven, T. (2019). Challenges and future perspectives of multi-/Hyperspectral thermal infrared remote sensing for crop water-stress detection: A review. İçinde *Remote Sensing* (C. 11, Sayı 10). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/rs11101240>
- Giannini, M. B., Maglione, P., Parente, C., Santamaria, R. (2011). Cartography and remote sensing for coastal erosion analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 30(14), 65–76. <https://doi.org/10.2495/CP110061>
- Günel, E., Kılıç, O. M., Dökülen, Ş. (2021). İnsansız Hava Aracı Teknolojisi Kullanılarak Ayçiçeği (*Helianthus Annuus*) Bitkisinin Klorofil İçeriklerinin Tahmin Edilebilirliğinin Araştırılması. *Ejons International Journal on Mathematics, Engineering and Natural Sciences*, 2(2018), 691–700. <https://doi.org/10.38063/ejons.624>
- Gündoğan, R., Günel, E., Şenbayram, M., Kılıç, O. M., Gökmen, V. (2021). Farklı Dozdaki

- Katı Ve Sıvı Hayvan Gübresi Uygulamalarının Buğday Gelişimine Etkisinin Bitki İndeksleri İle Belirlenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences International Indexed and Refereed*, 19, 123–136. <https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.919>
- Gurdak, R., Grzybowski, P. (2018). Feasibility study of vegetation indices derived from Sentinel-2 and PlanetScope satellite images for validating the LAI biophysical parameter to monitoring development stages of winter wheat. *Geoinformation Issues*, 10(1), 27–35.
- Huete, A. . (1988). A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing Of Environment*.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. ., Gao, X., Ferreira, L. . (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1–2), 195–213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jain, M., Singh, B., Srivastava, A. A. K., Malik, R. K., McDonald, A. J., & Lobell, D. B. (2017). Using satellite data to identify the causes of and potential solutions for yield gaps in India's Wheat Belt. *Environmental Research Letters*, 12(9), 094011.
- Jiang, J., Johansen, K., Tu, Y. H., McCabe, M. F. (2022). Multi-sensor and multi-platform consistency and interoperability between UAV, Planet CubeSat, Sentinel-2, and Landsat reflectance data. *GIScience and Remote Sensing*, 59(1), 936–958. <https://doi.org/10.1080/15481603.2022.2083791>
- Justice, C. O., Vermote, E., Townshend, J. R. G., Defries, R., Roy, D. P., Hall, D. K., Salomonson, V. V., Privette, J. L., Riggs, G., Strahler, A., Lucht, W., Myneni, R. B., Knyazikhin, Y., Running, S. W., Nemani, R. R., Wan, Z., Huete, A. R., Van Leeuwen, W., Wolfe, R. E., ... Barnsley, M. J. (1998). The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4), 1228–1249. <https://doi.org/10.1109/36.701075>
- Köksal, E. S. (2007). Sulama Suyu Yönetiminde Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanımı. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(3), 306–315.
- Köksal, E. S., Tasan, M., Artik, C., Gowda, P. (2017). Evaluation of financial efficiency of drip-irrigation of red pepper based on evapotranspiration calculated using an iterative soil water-budget approach. *Scientia Horticulturae*, 226(March), 398–405. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.025>
- Köksal, E. S., Tunca, E., Taner, S. Ç. (2022). Irrigation Management by Using Digital Technologies. *İçinde Water and Wastewater Management* (ss. 247–267). https://doi.org/10.1007/978-3-030-95288-4_20
- Laliberte, A., Rango, A. (2011). Image processing and classification procedures for analysis of sub-decimeter imagery acquired with an unmanned aircraft over arid rangelands. *GIScience and Remote Sensing*, 48(1), 4–23. <https://doi.org/10.2747/1548-1603.48.1.4>
- MGM. (2022). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü*. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=BAFRA> (Erişim tarihi: 18 Mayıs 2022)
- Micasense. (2023). *Micasense*. <https://support.micasense.com/hc/en-us/articles/360010025413-Altum-Integration-Guide> (Erişim Tarihi : 5 Mayıs 2023)
- Midtiby, H. S., Pastucha, E. (2022). Pumpkin Yield Estimation Using Images from a UAV. *Agronomy*, 12(4), 964. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040964>
- Nakano, H., Tanaka, R., Guan, S., Ohdan, H. (2023). Predicting rice grain yield using normalized difference vegetation index from UAV and GreenSeeker. *Crop and*

- Environment*, 2(2), 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2023.03.001>
- NASA. (2023). *PlanetScope*. <https://www.earthdata.nasa.gov/esds/csda/csda-vendor-planet> (Erişim Tarihi : 07 Temmuz 2023)
- Nieto, H., Kustas, W. P., Torres-Rúa, A., Alfieri, J. G., Gao, F., Anderson, M. C., White, W. A., Song, L., Alsina, M. del M., Prueger, J. H., McKee, M., Elarab, M., McKee, L. G. (2019). Evaluation of TSEB turbulent fluxes using different methods for the retrieval of soil and canopy component temperatures from UAV thermal and multispectral imagery. *Irrigation Science*, 37(3), 389–406. <https://doi.org/10.1007/s00271-018-0585-9>
- Peña, J. M., Torres-Sánchez, J., Serrano-Pérez, A., de Castro, A. I., López-Granados, F. (2015). Quantifying efficacy and limits of unmanned aerial vehicle (UAV) technology for weed seedling detection as affected by sensor resolution. *Sensors (Switzerland)*, 15(3), 5609–5626. <https://doi.org/10.3390/s150305609>
- Penuelas, J., Pinol, J., Ogaya, R., Filella, I. (1997). Estimation of plant water concentration by the reflectance Water Index WI (R900/R970). *International Journal of Remote Sensing*, 18(13), 2869–2875. <https://doi.org/10.1080/014311697217396>
- Pisman, T. I., Erunova, M. G., Botvich, I. Y., Shevyrnogov, A. P. (2020). Spatial Distribution of NDVI Seeds of Cereal Crops with Different Levels of Weediness According to PlanetScope Satellite Data. *Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies*, 13(5), 578–585. <https://doi.org/10.17516/1999-494x-0247>
- Planet. (2023a). *Planet Analytic Imagery And Archive*. <https://www.planet.com/products/planet-imagery/> (Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2023)
- Planet. (2023b). *Planet Surface Reflectance Version 2.0*. https://assets.planet.com/marketing/PDF/Planet_Surface_Reflectance_Technical_White_Paper.pdf? (Erişim Tarihi : 12 Mayıs 2023)
- Planet. (2023c). *About PlanetScope*. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/planetscope#instruments-section> (Erişim Tarihi : 07 Haziran 2023)
- Sadeh, Y., Zhu, X., Chenu, K., Dunkerley, D. (2019). Sowing date detection at the field scale using CubeSats remote sensing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157(October 2018), 568–580. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.042>
- Schmugge, T. J., Kustas, W. P., Ritchie, J. C., Jackson, T. J., Rango, A. (2002). Remote sensing in hydrology. *Advances in Water Resources*, 25(8–12), 1367–1385. [https://doi.org/10.1016/S0309-1708\(02\)00065-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1708(02)00065-9)
- Shanmugapriya, P., Rathika, S., Ramesh, T., Janaki, P. (2019). Applications of Remote Sensing in Agriculture - A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(01), 2270–2283. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.238>
- Sönmez, N. K., Coşlu, M., Demir, N. (2021). Farklı insansız hava araçlarından (İHA) elde edilen veriler ile buğday bitkisinin boyunun belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(2), 195–203. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.823440>
- Sudhakar, S., Vijayakumar, V., Sathiy Kumar, C., Priya, V., Ravi, L., Subramaniaswamy, V. (2020). Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based Forest Fire Detection and monitoring for reducing false alarms in forest-fires. *Computer Communications*, 149, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.10.007>
- Szabó, L., Abriha, D., Phinzi, K., & Szabó, S. (2021). Urban vegetation classification with high-resolution PlanetScope and SkySat multispectral imagery. *Acta geographica*

- Tapete, D. (2018). Remote Sensing and Geosciences for Archaeology. *Geosciences*, 8(2), 41. <https://doi.org/10.3390/geosciences8020041>
- Tian, J., Wang, L., Li, X., Gong, H., Shi, C., Zhong, R., & Liu, X. (2017). Comparison of UAV and WorldView-2 imagery for mapping leaf area index of mangrove forest. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 61, 22-31.
- Tunca, E., Köksal, E. S. (2021). Yüksek Çözünürlüklü İnsansız Hava Aracı Görüntülerinde Bitki Gölgelerinin Tespit Edilmesi. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 36, 189–199. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.826960>
- Tunca, E., Köksal, E. S., Akay, H., Çetin, S. (2019). Sorghum Crop Height Monitoring Using Multispectral Unmanned Air Vehicle Images. *6th International Conference on Sustainable Agriculture and Environment*, 528–530.
- Tunca, E., Köksal, E. S., Çetin, S., Ekiz, N. M., Balde, H. (2018). Yield and leaf area index estimations for sunflower plants using unmanned aerial vehicle images. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(11), 682. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7064-x>
- Vasuki, Y., Holden, E.-J., Kovesi, P., Micklethwaite, S. (2014). Semi-automatic mapping of geological Structures using UAV-based photogrammetric data: An image analysis approach. *Computers and Geosciences*, 69, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.04.012>
- Wildhaber, S., Graf, L. V., & Aasen, H. (2023) *Assessing the Potential of High-Resolution Satellite Constellations for Agricultural Monitoring*.
- Wójtowicz, M., Wójtowicz, A., Piekarczyk, J. (2016). Application of remote sensing methods in agriculture. *Communications in Biometry and Crop Science*, 11(1), 31–50.

ÖZ GEÇMİŞ

Muhammet Onur ÇELİK, Ankara Gazi Çiftliği Lisesi’ni bitirdikten sonra Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 03.09.2018 tarihinde mezun oldu. 2020 yılında OMÜ LEE Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. (21.07.2023).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0003-4036-7678.

Yayınlar:

1. Çelik M. O., Köksal E. S., Ataberdiyev K., Çetin, S., Tunca E., Akay H. 2023. “İnsansız Hava Aracı ile Belirlenen Sorgum Bitki Örtüsü Yüzey Sıcaklık Değerleri Üzerine Farklı Uçuş Yüksekliklerinin Etkisi”, *16. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi* Ankara, 11-12 Mart 2023, ss. 101-102.