

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK MENDERES NEHRİ'NDEKİ MENDERES YAPILARIN
ZAMANSAL HACİM DEĞİŞİMİNİN İNSANSIZ HAVA ARACI
TABANLI ANALİZİ VE EKSTREM OLAYLARIN ETKİSİ**

Semih Sami AKAY

DOKTORA TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Uzaktan Algılama ve CBS Programı

Danışman

Prof. Dr. Füsun BALIK ŞANLI

Eş Danışman

Doç. Dr. Orkan ÖZCAN

Şubat, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK MENDERES NEHRİ'NDEKİ MENDERES YAPILARIN
ZAMANSAL HACİM DEĞİŞİMİNİN İNSANSIZ HAVA ARACI TABANLI
ANALİZİ VE EKSTREM OLAYLARIN ETKİSİ**

Semih Sami AKAY tarafından hazırlanan tez çalışması 12.02.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve CBS Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Füsun BALIK ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Doç. Dr. Orkan ÖZCAN
İstanbul Teknik Üniversitesi
Eş-Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Füsun BALIK ŞANLI, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Bülent BAYRAM Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Tolga GÖRÜM, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Şükrü ERSOY, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Füsun BALIK ŞANLI ve eş danışmanım Doç. Dr. Orkan ÖZCAN sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Büyük Menderes Nehri'ndeki Menderes Yapıların Zamansal Hacim Değişiminin İnsansız Hava Aracı Tabanlı Analizi Ve Ekstrem Olayların Etkisi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Semih Sami AKAY

İmza

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü tarafından FDK-2019-3552 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Aileme

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgi ve birikimlerini benimle paylaşarak beni yönlendiren, her konuda ve şartta desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, tez sürecimin kusursuz bir şekilde ilerlemesini sağlayan değerli danışman hocam Prof. Dr. Füsün BALIK ŞANLI ve doktora tez konumun belirlenmesi sürecinde, gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında, tez sürecinin sağlıklı bir şekilde ilerlemesinde her konuda ve şartta desteklerini esirgemeyen, tez süresince tecrübe ve deneyimlerini benimle paylaşan eş danışman hocam Doç. Dr. Orkan ÖZCAN teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Tez çalışmam kapsamında, tezimin ilerlemesinde değerli görüşlerini ve büyük katkılarını esirgemeyen sayın hocalarım, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri öğretim üyesi Doç. Dr. Tolga GÖRÜM'e, Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği öğretim üyesi Prof. Dr. Bülent BAYRAM'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Çalışmam süresince her konuda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bilgi ve birikimleriyle yol gösteren annem Lale AKAY, babam Hüseyin AKAY'a, desteklerini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ağabeyim Melih AKAY ve kardeşim Gül Ezgi AKAY'a sevgi ve saygılarımı sunuyorum ve teşekkür ediyorum.

Ayrıca doktora eğitimimin tez aşaması sürecinde yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Hasan TONBUL, Okan ÖZCAN, Burçin ÖZCAN, Deniz Bilge DEMİR, Cihan DEMİR ve Gökhan DOKUMACIGİL'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Semih Sami AKAY

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvii
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	6
1.3 Orjinal Katkı	11
2 MATERYAL VE YÖNTEM	12
2.1 Çalışma Alanı.....	12
2.2 Çalışma Kapsamı	18
2.3 İnsansız Hava Araçları ve Veri Üretimi.....	19
2.3.1 Tez Çalışması Kapsamında Kullanılan İnsansız Hava Araçları.....	19
2.3.2 İnsansız Hava Araçları ile Veri Temini İşlemleri	21
2.3.3 Veri Üretim İşlemleri	28
2.4 Ekstrem Değer Analizleri	36
2.4.1 TRMM Verilerinin Temini.....	37
2.4.2 Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) dağılımı.....	39
2.4.3 Yıllık Yağış Verilerin Analizi.....	41
3 DÖNEMSEL DEĞİŞİM ANALİZLERİ	46
3.1 Büyük Menderes Havzası'nda Dönemsel Değişim Analizleri.....	46
3.1.1 Büyük Menderes Havzası Taşkın Analizi	46
3.1.2 Menderes Yapılarında Nehir Kıyı Değişimi Analizleri	53
3.1.3 Menderes Yapılarında Alansal Değişimi Analizleri.....	57
3.1.4 Menderes Yapılarında Hacimsel Değişimi Analizleri	63

3.2 Ekstrem Değerlerin Değişimler ile İlişkilendirilmesi.....	88
4 SONUÇ VE ÖNERİLER	91
A ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR	97
KAYNAKÇA	106
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	113

SİMGE LİSTESİ

U_{DoD}	Minimum Algılama Eşiği
μ	GEV Dağılımı Konum Parametresi
ξ	GEV Dağılımı Şekil Parametresi
σ	GEV Dağılımı Ölçek Parametresi

KISALTMA LİSTESİ

CDF	Cumulative Distribution Function
CERES	Clouds & Earths Radiant Energy System
DoD	DEM of Difference
DSAS	Digital Shoreline Analysis System
EVT	Extreme Value Theory
GEV	Generalized Extreme Value
GPS	Global Positioning System
GSD	Ground Sampling Distance
İHA	İnsansız Hava Aracı
LIDAR	Light Detection and Ranging
LSI	Lightning Imaging Sensor
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NDWI	Normalized Difference Water Index
NIR	Near Infrared
NSM	Net Shoreline Movement
PDF	Probability Density Function
RPAS	Remotely Piloted Aircraft Systems
RTK	Real Time Kinematic
SCE	Shoreline Change Envelope
SfM	Structure From Motion
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
SI	Sinosite İndeks
TMI	TRMM Microwave Imager

TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı
UAS	Unmanned Aircraft Systems
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VIRS	Visible Infrared Scanner
YKN	Yer Kontrol Noktası
3B	Üç Boyut

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Menderes çalışma alanlarının Google Earth ile gösterimi	14
Şekil 2.2 Sentinel 2A uydu görüntüsü ile menderes yapılarına ait nehir alanlarındaki değişimin gösterimi.	15
Şekil 2.3 Çalışma gerçekleştirilen menderes yapılarının genel ve detaylı gösterimi	16
Şekil 2.4 Menderes yapısının karakteristiğinin gösterimi	16
Şekil 2.5 Çalışma kapsamında gerçekleştirilen işlem adımları	18
Şekil 2.6 Çalışma kapsamında kullanılan İHA'ların gösterimi.....	21
Şekil 2.7 Örnek YKN dağılımı ile YKN noktasının gösterimi	26
Şekil 2.8 Gerçekleştirilen uçuş planı örneği	27
Şekil 2.9 Farklı konumlardan ve yönlerden elde edilmiş fotoğraf serilerinin SfM metodu kullanım örneği.....	28
Şekil 2.10 Menderes 1 çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomozaiklerin gösterimi	33
Şekil 2.11 Menderes 2 çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomozaiklerin gösterimi	34
Şekil 2.12 Menderes 3 çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomozaiklerin gösterimi	34
Şekil 2.13 Menderes 4 çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomozaiklerin gösterimi	35
Şekil 2.14 Kıyı çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomozaiklerin gösterimi	36
Şekil 2.15 Elde edilen TRMM yağış verilerinin havza alanı üzerinde kapladığı alan ve İHA ölçüm lokasyonlarının gösterimi	38
Şekil 2.16 Elde edilen TRMM yağış verilerinin (a) 1998 ile 2019 yılları arası zaman serileri, (b) Nisan 2018 ile Ekim 2019 tarihleri arası zaman serileri.....	38
Şekil 2.17 TRMM uydu verilerinden hesaplanan (a) 50., (b) 90. ve (c) 99. yüzdebirliklerin mekansal dağılımları	41
Şekil 2.18 Ekstrem yağış grafikleri	43
Şekil 2.19 Yağış verilerinden elde edilen Olasılık-Olasılık (P-P) ve Geri dönüş periyodu grafikleri; a) GRID ID 6, b)GRID ID 15, c) GRID ID 19	45
Şekil 3.1 Çalışma alanlarında meydana gelen taşkın olayının İHA görüntüleri ile Gösterimi; a) Menderes 1, b) Menderes 3, c) Menderes4, d) Kıyı.....	47
Şekil 3.2 Sentinel 2A uydu görüntü ve Büyük Menderes Havzası çalışma alanı	48

Şekil 3.3 Büyük Menderes Havzası kontrollü sınıflandırma sonuçları	50
Şekil 3.4 Çalışma alanlarında nehir orta çizgisinin gösterimi	54
Şekil 3.5 Çalışma dönemlerindeki nehir kıyı çizgileri değişiminin (DSAS) gösterimi	56
Şekil 3.6 Çalışma alanlarında analiz için seçilen değişim bölgelerinin gösterimi..	58
Şekil 3.7 Çalışma alanlarındaki zamansal hacim değerlerinde meydana gelen değişimlerin gösterimi.....	65
Şekil 3.8 Çalışma alanlarındaki aynı aylardaki hacim değerlerinde meydana gelen değişimlerin gösterimi.....	67
Şekil 3.9 Menderes 1 çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi.....	71
Şekil 3.10 Menderes 1 çalışma alanındaki mevsimsel yükseklik değişimi gösterimi	72
Şekil 3.11 Menderes 2 çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi.....	75
Şekil 3.12 Menderes 2 çalışma alanındaki mevsimsel yükseklik değişimi gösterimi	76
Şekil 3.13 Menderes 3 çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi.....	79
Şekil 3.14 Menderes 3 çalışma alanındaki mevsimsel yükseklik değişimi gösterimi	80
Şekil 3.15 Menderes 4 çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi.....	83
Şekil 3.16 Menderes 4 çalışma alanındaki mevsimsel yükseklik değişimi gösterimi	84
Şekil 3.17 Kıyı çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi.....	86
Şekil 3.18 Kıyı çalışma alanındaki mevsimsel yükseklik değişimi gösterimi.....	87
Şekil 3.19 a) TRMM gridlerine ait günlük yağış verileri alasal değişim değerlerinin gösterimi ve b) TRMM gridlerine ait günlük yağış verileri ile hacimsel değişim değerlerinin gösterimi	89

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Sinosite indeks tanımları	17
Tablo 2.2 Çalışma alanlarının, 2017 yılına ait Sentinel 2A uydu görüntüleri ile sinosite indeks değerleri.....	17
Tablo 2.3 İHA Uçuş Bilgileri.....	23
Tablo 2.3 İHA Uçuş Bilgileri (devamı)	24
Tablo 2.4 İHA ile üretilen verilen özellikleri	31
Tablo 2.4 İHA ile üretilen verilen özellikleri (devamı)	32
Tablo 3.1 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılları sınıflandırma işlemi sonucunda genel doğruluklarının ve sınıflara ait doğrulukların gösterimi	51
Tablo 3.2 Sınıflandırma işlemi sonucu sınıflara ait alan verileri	52
Tablo 3.3 Çalışma alanı sinosite indeksi değerleri	55
Tablo 3.4 Kıyı çizgisi değişimlerinin parametreler ile gösterimi	57
Tablo 3.5 Menderes yapılarındaki çalışma bölgelerinin aylık alansal değerleri.....	59
Tablo 3.5 Menderes yapılarındaki çalışma bölgelerinin aylık alansal değerleri (devamı)	60
Tablo 3.6 Artzamanlı olarak 2018 yılı eylül ile 2019 yılı ocak ayı alansal değişim	61
Tablo 3.7 2018 ile 2019 yılları aynı döneme ait menderes yapılarında ve kıyı alanında göre alansal analiz sonuçları.....	62
Tablo 3.8 Çalışma alanlarına ait 2018 ve 2019 yıllarına için hesaplanmış minimum eşik (U_{DoD}) değerleri	64
Tablo A.1 2018 yılı Ocak ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları	97
Tablo A.2 2018 yılı Haziran ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları	97
Tablo A.2 2018 yılı Haziran ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları (devamı)	98
Tablo A.3 2018 yılı Eylül ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları	98
Tablo A.3 2018 yılı Eylül ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları (devamı)	99
Tablo A.4 2019 yılı Ocak ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları	99
Tablo A.4 2019 yılı Ocak ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları (devamı)	100

Tablo A.5 2019 yılı Haziran ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları	100
Tablo A.5 2019 yılı Haziran ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları (devamı)	101
Tablo A.6 2019 yılı Eylül ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları	101
Tablo A.6 2019 yılı Eylül ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları (devamı)	102
Tablo A.7 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılları içerisinde sınıflandırma işlemi sonucunda sınıflar arasında meydana gelen değişimin gösterimi	102
Tablo A.7 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılları içerisinde sınıflandırma işlemi sonucunda sınıflar arasında meydana gelen değişimin gösterimi (devamı)	103
Tablo A.8 2018 ve 2019 yılları içerisinde aynı yıllarda menderes yapılarında ve kıyı alanında aylara göre hacimsel analiz sonuçları.....	104
Tablo A.9 2018 ve 2019 yıllarında aynı aylarda menderes yapılarında ve kıyı alanında aylara göre hacimsel analiz sonuçları.	105

Büyük Menderes Nehri’ndeki Menderes Yapıların Zamansal Hacim Değişiminin İnsansız Hava Aracı Tabanlı Analizi ve Ekstrem Olayların Etkisi

Semih Sami AKAY

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Füsun BALIK ŞANLI

Eş-Danışman: Doç. Dr. Orkan ÖZCAN

Nehir sistemlerinin izlenmesi ve modellenmesi için gerçekleştirilecek değişim analizleri ile nehirlerin morfolojik dinamikleri mekansal ve zamansal olarak incelenmektedir. Kış ve bahar aylarında meydana gelen taşkınlar önemli jeomorfolojik değişimlere neden olmakla birlikte, yaz aylarındaki düşük akımlar da erozyon ve yüzeysel birikmeyi tetiklemektedir. Yüksek çözünürlüklü veriler, nehir kanalları ile taşkın yataklarındaki değişimin kapsamlı bir şekilde izlenmesini sağlamaktadır. İnsansız Hava Araçları (İHA) ile gerçekleştirilen fotogrametrik uygulamalar, üç boyutlu yüzey modellemesi ve nehir ortamlarının haritalaması için yaygın olarak kullanılmaktadır. İHA’lar, yersel fotogrametri metodu ve uydu uzaktan algılama sistemleri ile karşılaştırıldığında, zaman, maliyet, artzamanlı veri elde edimi ve görüntü çözünürlüğü gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır. İHA fotogrametrisi, Hareket Tabanlı Yapısal Algılama (Structure from Motion - SfM) metodu çok yüksek çözünürlüklü yüzey modellerini üretmek amacıyla kullanılmaktadır.

Büyük Menderes Nehri üzerinden bulunan menderesli yapıların morfolojik değişimlerinin incelenmesi amacıyla farklı zamanlardaki arazi çalışmaları sonucunda zamansal veriler üretilerek, kıyı çizgilerinde sediment taşınımı ile morfolojik değişimler görülmüştür. Meydana gelen değişimler erozyonu ve birikimi ifade ederken zamansal olarak sediment miktarlarındaki değişimlerin farklılıkları görülmüştür. Arazi çalışmaları tarihlerindeki taşkın olayı ile menderes yapılarında su seviyesinde değişimlerin meydana geldiği, nehir kıyı çizgisinin karaya doğru gerilediği ve sediment bulunan alanların sular altında kaldığı görülmüştür. Her tarih için sinosite indeks değerleri incelendiğinde, değerlerin yakın olduğu görülmüştür. Taşkın zamanında bu değerlerin kıyı çizgisine bağlı olarak değişebildiği görülmüştür.

Ekstrem yağışlar ise çevresel, toplumsal, maddi ve manevi sonuçlar ortaya çıkartmaktadır. Ekstrem değer analizleri ile mevsimsel olarak alansal ve hacimsel toprak kayıp/kazanım miktarlarındaki değişimler ile ekstrem olaylar ilişkilendirilmiştir. Zaman serilerinin oluşturulması ve ekstrem değer analizleri ile hidrolojik değişimler daha kolay ve detaylı bir şekilde yorumlanarak yağışın topografik değişime etkisi belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Büyük Menderes Nehri, structure from motion, erozyon, nehir morfolojisi.

The Effect of Extreme Events and Temporal Change of Meander Structures in Büyük Menderes River with Unmanned Aerial Vehicle-Based Analysis

Semih Sami AKAY

Department of Geomatic Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Advisor: Prof. Dr. Füsün BALIK ŞANLI

Co-advisor: Assoc. Prof. Dr. Orkan ÖZCAN

The change analyzes are carried out for monitoring and modeling of river systems to examine spatial and temporal of river morphology dynamics. During the winter and spring floods caused significant geomorphological changes, erosion and deposition in summer were observed. High resolution surface models provide monitoring of changes in river channels and floodplains. Digital surface models (DSMs) and orthomosaics obtained with high accuracy and high spatial resolution are an important part of the morphodynamic modeling of rivers. Unmanned Aerial Systems (UAVs) photogrammetry are widely used for three dimensional surface modeling and mapping of rivers. UAVs have several advantages compared to terrestrial photogrammetry method and satellite remote sensing systems such as time, cost, data acquisition and resolution. UAV photogrammetry is used to produce very high resolution surface models of river morphology and flood areas by Structure from Motion (SfM) method.

In order to examine the morphological changes of meander structures over Büyük Menderes River, field works were carried out at different times. As a result of the temporal field works carried out and sediment transport changes occurred in the shorelines. The changes occurring refer to both erosion and deposition. The flood incident occurred and the river water height changes and the shoreline declined towards the land. Synosite index values were calculated for each study location to express the meandering degrees of meander structures. Change analyzes were performed to calculate the areal and volumetric values of the amount of temporal sediment transport. Sediment amounts generally increased in meander structures simultaneously with the change of shoreline.

Extreme precipitation has serious environmental, social, material and moral consequences. The effect of precipitation on topographic change was determined by interpreting hydrological changes more easily and in detail with the formation of time series and extreme value analyzes.

Keywords: Büyük; Menderes River; structure from motion; erosion; river morphology.

1.1 Literatür Özeti

Nehirlerin döküldüğü kıyı bölgeler ile kıvrımlı alanlarda nehir suyu ve iklim etkileriyle morfolojik değişikliklerin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu nedenle, nehirlerin deniz ile buluştuğu kıyı bölgeler ile menderes yapılarının kıyı şeritlerinde erozyon olayları görülebilmektedir. Ayrıca akarsu yatağındaki nehir suyu akışının yüksek ya da düşük olması nehir kanalı morfolojisini değiştirmektedir. Özellikle bahar aylarında meydana gelebilecek taşkınlar neticesinde nehir yatağında önemli jeomorfolojik değişimler meydana gelebilmektedir. Ayrıca, yaz mevsiminde nehir suyundaki düşük akım bu süreçte nehir kıyılarında yüzeysel birikimi tetiklemektedir. Bununla birlikte nehir kıyılarında meydana gelen bazı sorunların, nehir havzalarının yanlış yönetilmesinden kaynaklandığı görülmektedir. Bu nedenle, nehir havzalarıyla bağlantılı olarak nehir kıyı alanlarının yönetiminde, mevcut sediment bütçesinin nehir ve çevresiyle bütüncül bir yaklaşımla ele alınması önerilmektedir. [1, 2, 3].

Menderesli nehirlerde meydana gelmiş olan erozyon ya da birikim olaylarının gerçekleştiği alanların mevcut geometrik şekilleri ve nehir akışı parametreleri ile menderes yatağında meydana gelecek değişimler ile değişen menderes sapma açısına bağlı olarak akarsu üzerindeki kıvrımlı alanlardaki erozyon ve birikimin en fazla olduğu alanların belirlenmesi sağlanmaktadır. Dolayısıyla menderes yapısına ait geometrik şekil ve şekli etkileyen olayların erozyon ve birikim ile ilişkili olduğu görülmektedir [4].

Yer yüzeyinde meydana gelen topografik değişimlerin zamansal olarak belirlenmesinde, klasik yersel ölçme yöntemlerinin yanı sıra fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemleri ile üretilen sayısal yükseklik modelleri (SYM) kullanılarak yüzey değişimleri incelenmektedir. İHA'lar uçuş yüksekliklerine ve kamera özelliklerine bağlı olarak, uydular ve fotogrametrik uçuşlar gerçekleştiren

uçaklar ile elde edilmiş çok yüksek çözünürlüklü verilere göre daha yüksek çözünürlüğe sahip veri üretimini gerçekleştirebilmektedir [5, 6]. Structure-From-Motion (SfM) metodu; elde edilen hava fotoğraflarından zaman, maliyet açısından diğer ölçme tekniklerine kıyasla kullanıcı dostu olarak yüksek çözünürlüklü topografik veri olan sayısal yükseklik modeli, nokta bulutu ve ortomozaik üretimi sağlayan, son yıllarda meydana gelen teknolojik gelişmelerin ürünü olarak kullanılmaya başlanmış bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. SfM metodu ile model geometrisi ve kamera pozisyonu ile oryantasyon bilgisi aynı anda otomatik olarak çözülebilmektedir. Ardışık olarak çekilmiş hava fotoğraflarının eşleştirilmesi ise fotoğraflarda bulunan ortak objelerin köşeleri, kenarları vb. gibi özelliklerin eşleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir [7, 8]. Nehirlerin bulundukları havzaların modellenmesi ile nehir kanallarında ve kıyılarında meydana gelen değişimlerin incelenmesi, yersel ölçüm teknikleri ve fotogrametrik ölçümler ile gerçekleştirilmekte iken, günümüzde ise İHA'lar ile gerçekleştirilen SfM fotogrametri tekniği sonucunda hızlı bir şekilde elde edilen artzamanlı ve yüksek çözünürlüklü veriler ile gerçekleştirilebildiği görülmektedir [9, 10, 11, 12, 13].

SfM fotogrametri tekniği ile elde edilen verilerin doğruluklarının daha geleneksel yöntemlerle elde edilen yüksek çözünürlüklü topografik ölçüm teknikleri ile benzer büyüklükte olduğu görülmektedir. Farklı jeomorfolojik özelliklere sahip bölgelerde İHA ile temin edilen görüntüler üzerinden SfM metodunu uygulayan ve doğruluğunu araştıran çalışmalar bulunmaktadır [14, 15, 16, 17].

Erozyon hızı incelenmesi amacıyla, SfM fotogrametri tekniği ve yersel lazer tarayıcı ile artzamanlı olarak üretilen SYM'lerin doğrulukları kıyaslandığında iki veri değerlerindeki karesel ortalama hatanın 70 mm olduğu görülmüştür [15]. Benzer ölçüm teknikleri gerçekleştirilerek sahil falezlerinde gerçekleştirilen bir başka çalışmada, SfM metodu ile yersel lazer tarayıcılar ile üretilen SYM verileri karşılaştırıldığında örtüşen alanların %86'sında ölçüm farklılığının 0.5 m'den küçük olduğu görülmüştür [10]. Çalışma alanı olarak taşkın yatağı seçilen bir çalışmada, hava LIDAR verisi ve SfM metodu ile üretilen SYM verileri arasındaki farklılıklar incelenmiştir. İki farklı veri arasında gerçekleştirilen analizler sonucunda, yatay konumda ortalama 0.25 m farklılık olduğu, düşey konum değerlerinde ise ortalama

0.60 m'lik farkın ortaya çıktığı görülmüştür [18]. İHA ile SfM metodu ile veri üretimi süreçlerinde kamera açısı ile yer kontrol noktalarının veri üretimine dahil edilmesi üretilen verilerin doğruluklarını arttırmaktadır. İHA ile gerçekleştirilen çalışmada, İHA'ya entegre edilmiş GPS sistemi yardımıyla konumlandırılmış hava fotoğrafları ile doğrudan üretilen ortomozaik veri ile veri üretim sürecinde yer kontrol noktaları (YKN) kullanılarak üretilmiş ortomozaik verinin konum doğrulukları incelendiğinde beş ile on kat daha iyi bir sonucun ortaya çıktığı görülmüştür [19]. Benzer bir çalışmada ise YKN kullanımının yanı sıra nadirden elde edilmiş hava fotoğraflarına, aynı çalışma alanına ait eğik açı ile elde edilmiş hava fotoğrafları da entegre edildiğinde ise üretilen verilerin yatay konum doğruluğu 0.001 m ile 0.083 m aralığında, düşey konum doğruluğunun ise 0.040 m ile 0.060 m aralığında olduğu görülmüştür.

Yeryüzünden meydana gelen topografik ve jeomorfolojik değişimler, harita üretim teknikleri ile farklı zamanlarda gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda üretilen verilerin karşılaştırılması ile ölçülebilmektedir. İHA ile SfM metodu sonucunda üretilen veriler olan nokta bulutu ve SYM verileri ile hacimsel değişim analizleri, ortomozaik veriler ile alansal değişim analizleri gerçekleştirilmektedir. Aynı çalışma alanına ait art zamanlı üretilen SYM verileri ile SYM farkları (DEM of Difference – DoD) metodu uygulanması sonucunda zamansal olarak hacimsel değişim ölçülmektedir. DoD metodu, iki farklı SYM verisinde aynı piksellere ait yükseklik değerlerinin farkının alınmasıyla analizleri gerçekleştirmektedir [20].

Maden alanlarındaki kazılar sonucunda, zamanla meydana gelen topografik ve hacimsel değişimlerin izlenmesi ile kazı ve rehabilitasyon stratejileri ortaya konabilmektedir. İtalya'da açık maden işletmeciliğinde İHA ile veri üretimi gerçekleştirilen çalışmada, 2013 ve 2015 yılları arasında gerçekleştirilen kazı miktarının hacimsel değişimi üretilmiş nokta bulutu verileri ile ölçülmekteyken maden alanı, rehabilite edilmiş alan ve geçici atık alanları ise ortomozaik verileri ile tespit edilmiştir. Zamansal değişim analizi sonucunda; 132,208 m³ ham kazı alanı tespit edilmiştir. Ortomozaik verileri incelendiğinde ise 2013 yılındaki aktif kazı alanının rehabilitasyon alanı olarak değiştiği ve 2013 yılından 2015 yılına doğru aktif kazı alanın güneye doğru ilerlediği görülmüştür [21].

Toprak alanlarda meydana gelen erozyonun ve birikimin değişim miktarlarının zamansal incelenmesi amacıyla eş zamanlı olarak İHA ile SfM metodu ve yersel lazer tarayıcı teknikleri kullanılarak 2013 yılı içerisinde farklı zamanlarda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Eş zamanlı elde edilmiş İHA verileri ile yersel lazer tarayıcı verileri arasındaki standart sapma değerleri 0.4 cm ile 0.8 cm olarak görölmüştür. 2013 yılı içerisinde üretilen SYM verileri ile gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda, haziran ayında ortalama 0.03 m³ erozyon, 6x10⁻⁶ m³ birikim olduğu, temmuz ayında ise ortalama 0.07 m³ erozyon, 3x10⁻⁴ m³ birikim olduğu görölmüştür [22].

Nehir yatağı topografyasında meydana gelen jeomorfolojk değişim analizlerinin mevsimsel olarak incelenmesi amacıyla farklı ay ve yıllarda İHA uçuşları gerçekleştirilerek SfM metodu ile üretilen SYM verileri ile yüzey pürüzlölüğü ve hacimsel değişim analizleri gerçekleştirilmektedir. İngiltere’de Ehen Nehri’nde gerçekleştirilen çalışmada, nehir yatağındaki pürüzlölük sonucunda, nehir kanalında oluşan kaba sediment miktarı, yeni nehir kanal alanı ve erozyon olaylarının meydana geldiği alanlar tespit edilmiştir. Hacimsel analizler, sonucunda ise nehir yatağı boyunca farklı zamanlarda meydana gelen sediment miktarındaki değişimler hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada ise 2015 yılı içerisinde ocak ayından nisan ayına doğru sediment miktarında 120 m³ azalma olduğu yani erozyon olaylarının meydana geldiği görölmüştür. 2014 yılı kasım ayı ile 2015 yılı ocak ayı verileri kıyaslandığında ise erozyon olaylarının olduğu görölmekle beraber sediment değişiminin 2015 yılı içerisindeki değişime göre dört kat az olduğu belirlenmiştir [8].

Yersel ölçüm istasyonlarının yanı sıra yüksek doğrulukla yağış tahminlerinin elde edilmesi amacıyla çeşitli uydu tabanlı yağmur sensörleri geliştirilmiştir. Meteorolojik istasyonlar ile yağmur ölçümleri gerçekleştiren çeşitli istasyonlardan elde edilmiş ölçüler, uydu yağış verilerinin doğrulanmasında ve tahminlerinin oluőturulmasında önemli rol oynamaktadır [23]. Aynı zamanda gelişen teknoloji ile geliştirilmiş uyduların sağladığı yağış bilgileri, bölgesel özelliklerle doğrulandığında ise yağış ölçebilen istasyonların ya da cihazların olmadığı bölgelerde yüksek doğrulukla yağış bilgisini sağladığı görölmektedir [24, 25, 26]. Gerçekleştirilen çalışmalarda, TRMM uydu platformundan elde edilen yağış verileri ile bölgesel

istasyonlardan elde edilmiş veriler karşılaştırıldığında, verilerin benzer özellikte olduğu ve TRMM veri setlerinin daha yüksek tahminler üretmesinin yanı sıra yüksek kolerasyonlu veri setleri olduğu görülmüştür. Fakat bu verilerin mekansal ölçeğine göre doğrudan karşılaştırma yapılamayacağı da gösterilmiştir [27, 28, 29, 30, 31]. Ayrıca bölgesel çalışmalar için istasyonlardan elde edilebilecek veriler göz önüne alınırken, bölgesel değişkenler olan topografya ve hava yapısı yağış durumlarını etkilediğinden dolayı her istasyonun daha küçük bir alanı temsil ettiği görülmektedir. Topografya yapısı ile hava durumu, bölgelerin hidrojeolojik yapılarını doğrudan etkileyerek kurak ve yarı kurak bölgelerde ekstrem yağışlara neden olabilmektedir. Ekstrem yağış analizinin uzun zaman serisine sahip yağış verilerinin uygun modellenmesinde güvenilir olduğu kanıtlanmıştır [32, 33]. Ekstrem yağış analizi ile yağış verilerinin dağılımlarının tamamından ziyade veri dağılımlarının kuyruk kısımlarının modellenmesi amaçlamaktadır. Yağış verisi dağılımlarının kuyruk bölgelerindeki değerler gerçekleşen ekstrem olayları ifade etmektedir.

Ekstrem yağışlar neticesinde, yeryüzü özelliklerine göre taşkın ve erozyon gibi doğal olaylar görülmektedir [34, 35, 36, 37]. Ekstrem yağışlar, kısa zamanda ve hızlı bir şekilde akarsularda ve yamaçlarda yüksek miktarda sediment taşınımı ile erozyonu tetikleyerek geniş alanlarda önemli morfolojik değişiklikler meydana getirerek tarım alanlarında, endüstriyel alanlarda ve su kalitesinde olumsuzluklara yol açmasının yanı sıra can kaybına da neden olabilmektedir. Ekstrem yağışların neden olduğu erozyon olayları, yağış sırasında ve sonrasında devam edebilmektedir. Meydana gelen yağış miktarı ile yağışların öncesinde ve sonrasında temin edilen uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen alansal analizler sonucunda erozyon olayları sonucunda meydana gelen değişim miktarları belirlenerek değişimler yağış ile ilişkilendirilebilmektedir [38, 39, 40]. Ekstrem yağışlar ile nehirlerde gözlenen akım ve taşınan sediment miktarlarının arttığı, ortalama değeri geçtiği zaman ise ekstrem değerlerine ulaştığı ve önemli ölçekte toprak kaybına sebep olabileceği görülmektedir [40, 41]. Bolivya'da Camacho Nehri üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, ekstrem yağışın meydana gelmesiyle öncelikle nehir kıyılarındaki sedimentlerin, sonrasında ise yağış sularıyla nehir setlerindeki

sedimentlerin nehir sularına karıştığı ve nehir suyu hızının artarak en yüksek seviyeye ulaşması ile erozyon olaylarına neden olduğu görülmüştür [42].

1.2 Tezin Amacı

Nehirler, sediment taşıma ile yeni yüzeyler oluşturarak yeryüzünün şekillenmesinde, sahip olduğu bitki ve hayvan çeşitliliği ile ekosistem içerisinde önem teşkil etmektedir. Nehirler, su döngüsünün bir paçası olarak, içme suyu, sanayi, ev ve tarım alanlarında kullanılmasının yanı sıra taşımacılık, enerji kaynağı olarak kullanılması ile en temel ihtiyaç kaynakları içerisinde yer almaktadır. Meydana gelen nüfus artışı, iklim değişikliği, barajlar, jeotermal ve hidroelektrik santralleri gibi enerji sistemleri, kimyasal ilaçlar, atıklar, kontrolsüz su kullanımı ve kum, çakıl gibi maddelerinin nehir yataklarından çekilmesi gibi yapay ve doğal olaylar nehirlerin yatak özelliklerini değiştirmekte ve nehir kontrolünün önemini arttırmaktadır. Doğal ve yapay olaylar ile nehir suyu kalitesini etkilemekle beraber nehirlerin taşıdığı sediment bütçesinde ve akım hızında değişimlere sebep olarak kıyı şeritlerinde yarılma, birikim ve erozyon olayları meydana getirmekle birlikte nehir yataklarının morfolojik yapılarının değiştirdiği görülebilmektedir. Kıyılarda karşılaşılan bazı sorunların nehir havzaları yönetiminden kaynakladığı görülmektedir. Bu nedenle sediment bütçesi açısından kıyı alanları yönetimi ile nehir havzaları yönetiminin entegre bir yaklaşımla ele alınması önerilmektedir [1, 2, 3, 12, 43].

Nehir yatakları, meydana gelebilecek sel ve taşkın olayları ile karşı karşıya olduğundan dolayı güvenli alanlar değildir. Son yıllarda meydana gelen iklimsel değişiklikler, nehirler üzerinde yapılan setler ve sediment çekim çalışmaları nedeniyle nehir yatak kapasiteleri azalmakta ve su seviyelerinin hızla yükselmesi sonucunda havzada taşkın olayları meydana gelmektedir. Sel ve taşkınlar sonucunda, havzada tarım alanları önemli ölçüde zarar görmekte ve bazı bölgelerde ise tarım alanı kayıpları yaşanabilmektedir [44]. Nehirlerde meydana gelen morfolojik gelişmelerin, ekolojik değişimlerin, taşkın alanı bitki örtüsünün durumunun ve kanal değişim durumlarının izlenmesi ile erozyon ve taşkın olaylarına karşı havzanın korunabilmesi önem teşkil etmektedir. Meydana gelecek taşkın ve erozyon olayları farklı doğrulukta, mekansal ve zamansal çözünürlüklü

veriler ile izlenebilmektedir. Gerçekleştirilen izleme ile meydana gelecek olayların tahmin analizleri gerçekleştirilerek, erozyon ile taşkın olaylarının evreleri, zamansal değişim durumları ve taşınabilecek sediment miktarlarının tahmin edilebilmesi sağlanabilmektedir. Dolayısıyla nehir havzalarının sosyo ekonomik sorunları, düzenlemeleri, su kalitesinin artırılması sağlanarak havzada bulunan tarla, bina, yol gibi objelerin zarar görmesi ve can kayıplarının önüne geçilebilecektir [11, 12].

İnsansız Hava Araçları (İHA), mevcut güç sistemine sahip, entegre olarak faydalı yük taşıyabilen (kamera, LIDAR, RADAR, termal ve çok bantlı (multispektral) sensörler vb.) uzaktan kumanda sistemi ya da otomatik uçuş planları doğrultusunda uçuş gerçekleştiren pilotsuz hava araçlarıdır. İHA'lar, "hava robotları" ya da "Drone" gibi farklı isimlerle ifade edilmelerinin yanı sıra farklı yabancı kaynaklarda "Unmanned Aerial Vehicle (UAV)", "Unmanned Aircraft Systems (UAS)", "Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)" gibi farklı isimlerin kullanıldığı görülmektedir. Ülkemizde, İHA'lar ağırlıklarına göre dört sınıfa ayrılmakla beraber mevcut kanat ve motor çeşitlerine göre sabit kanatlı, multikopter, tek pervaneli ve hibrit olmak üzere dört temel sisteme ayrılmaktadır [45].

Teknolojinin gelişmesi sonucunda, İHA'lar aracılığı ile çevresel uzaktan algılama uygulamaları yaygınlaşmaktadır. İHA'lar, güncel ve hızlı bir şekilde haritalama, modelleme ve izleme imkânı sunan uzaktan algılama platformları olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde, fotogrametri ve İHA sistemlerinin birlikte kullanımı özellikle büyük ölçekli ve farklı çalışmalarda haritalama amaçlı kullanılmaktadır. İHA sistemleri, yersel fotogrametri ve uydu uzaktan algılama sistemleri ile karşılaştırıldığında da güncellik, hız, maliyet ve görüntü çözünürlüğü açısından birçok avantaj sunmaktadır. Buna bağlı olarak, fotogrametri ve İHA sistemlerinin bir araya getirilmesiyle, İHA fotogrametrisi yöntemi olarak yeni bir terim ortaya çıkmıştır. İHA'lar, arama kurtarma operasyonları, yasadışı avlanma kontrolü, uluslararası sınır devriyesi, orman yangını tespiti, tarımsal faaliyetler, güneş enerjisi santrallerinin kontrolü gibi çalışmaların yanı sıra İHA fotogrametrisi yöntemi ile ulaşılması zor bölgelere erişim sağlanarak farklı ölçeklerde topografik özelliklerin ortaya çıkartılması, jeolojik araştırmalar, arkeolojik alanların incelenmesi, doğal afet yönetimi, yeryüzünün haritalanması, üç boyutlu (3B) obje/yeryüzü/şehir

modelleme gibi farklı amaçlar doğrultusunda araştırma faaliyetlerinin temel taşları olmaya başlamıştır. İHA teknolojisindeki hızlı gelişmeler ile İHA'ların ticari olarak kolay bir şekilde temin edilebilmesi, farklı uygulamalarda geniş ve dar alanlar için yüksek mekansal ve zamansal çözünürlükte hava fotoğraflarının güncel, hızlı, düşük maliyetle elde edilmesini sağlamaktadır. İHA sistemlerine entegre edilebilecek kamera ve LIDAR sistemleri ile üretilecek ortomozaik ve sayısal yükseklik modelleri ile nehir kanallarının batimetrik ve topografik haritalanması, jeolojik yapıların üç boyutlu haritalanması, erozyon, taşkın deprem gibi doğal olaylar sonrası değişim analizleri, bitki örtüsü ve toprak sağlığı tespiti, orman altı zemin araştırmaları, arazi kullanım ve planlama gibi birçok uygulama gerçekleştirilebilmektedir [45, 46, 47, 48].

Geçmişte nehir yataklarında sediment taşınımı için gerçekleştirilen analizler, nehir sınırları ve geometrisine bağlı olarak iki boyutta incelenebilmekteydi. Geleneksel ölçüm teknikleri ile ölçüm ve değerlendirme işlemleri zor ve uzun zaman almaktayken gelişen teknoloji ile uzaktan algılama sistemleri olan uydu görüntüleri, yersel lazer tarayıcı sistemleri, hava LIDAR sistemleri ile İHA'lara entegre edilmiş kameralar ile SfM metodu ile hızlı ve yüksek çözünürlükte elde edilecek veriler üzerinde analizler gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler, morfolojik değişimlerin izlenmesi ve sediment bütçelerinin analiz edilebilmesi için tekrarlanarak gerçekleştirilen arazi çalışmalarında avantajlar sağlamaktadır [11, 49, 50]. İHA'lar ile elde edilmiş hava fotoğrafları ile üretilen veriler ile yeryüzü değişimleri, bitki örtüsü çeşitliliği ve değişimi, erozyon izleme, nehir yataklarındaki morfolojik değişimler, taşkın sonuçlarının değişime etkileri ile batimetri çalışmaları gerçekleştirilebilmektedir. Bununla beraber çevresel çalışmalarda çok zamanlı verilerin elde edilmesi ve kullanılması sürecinde İHA sistemleri, geleneksel uzaktan algılama sistemleri göre avantaj sağlamaktadır [10, 18, 51, 52, 53].

Ülkemiz coğrafi konumu dolayısıyla farklı topografik ve iklimsel özelliklere sahip birçok nehir kaynağı ile 25 farklı havzaya sahip olmasından dolayı da zengin bir ülkedir. Ülkemizdeki nehirler, etrafında verimli tarım ve yerleşim alanlarını oluşturarak ülkemizi çevreleyen denizlere dökülmektedir. Büyük Menderes Havzası, tarım ve yerleşim açısından Türkiye'nin önde gelen havzalarından biridir.

Havza içerisinde bulunan Büyük Menderes Nehri bölgenin gelişmesinde en önemli etkenlerden biridir. Büyük Menderes Nehri, havzasının doğusundaki dağlardan kaynak olarak yaklaşık 584 km'lik uzunluğu ile Ege Bölgesi'nin en uzun nehri olarak Ege Denizi'ne dökülmektedir [54]. Tarihsel süreç incelendiğinde, Ege kıyılarında yerleşim ve kolonizasyon çevre unsurları üzerinde etkili olmuştur. Nitekim insan faaliyetlerine bağlı olarak Ege kıyı kuşağındaki erozyon ve birikim olaylarının tarihsel çağlarda çoğaldığını ve kıyıdaki yoğun alüvyonlaşmanın Ortaçağ'dan önce meydana geldiğini bugüne kadar yapılan araştırmalar ortaya koymuştur [55, 56, 57, 58]. Nehir yataklarında doğal olayların dışında nüfus artışı, enerji üretimi, havza yapısının bilinçsizce değiştirilmesi gibi yapay yollarla meydana gelen değişimler, doğal nehir yapısı ile ekosistemini etkileyerek ekstrem yağışlar sonucunda taşkın ve erozyonlara sebep verebilmektedir. Büyük Menderes Nehri boyunca derinleştirme, kanal açma ve set yapımları ile nehrin ekolojik dengesi ve yapısı bozulmaktadır. Nehirde gerçekleştirilen yapay olaylar sonucunda nehrin debi hızı artmış ve kıvrımlı yapısı azalmıştır. Gerçekleştirilen yapay olayların yanı sıra, zeytinyağı üretimleri sonucu atıklar nehre bırakılmakta, enerji üretimi amacıyla hidroelektrik santralleri nehir üzerinde bulunmakta, havzadaki köy ve kasabaların bir kısmı nehir sularını içme suyu olarak da kullanmaktadır [54, 59]. Dolayısıyla, havzada yerleşim, tarım, sanayi vb. alanlarda karşılaşılabilecek maddi ve manevi olumsuz durumların önlenmesi amacıyla menderes yapıları ile meteorolojik verilerin incelenerek meydana gelebilecek olayların tahmini, önlem alınabilmesi ve geleceği doğru bir şekilde görerek yönlendirmelerin yapılması büyük önem taşımaktadır.

Nehir yapısının değişmesi ile aşırı yağış ve sıcaklık gibi durumlar ile meydana gelebilecek taşkın, erozyon, birikim vb. olayların şiddet ve derecesinin güncel olarak tahmin edilebilmesi için bir model üretimi gerekmektedir. Uzaktan algılama sistemleri ile sağlanan görüntü ve yağış verilerinin dönemsel olarak izlenmesi ve birbirleriyle ilişkilendirilmesi sonucunda üretilen veri modelleri ile geleceğe yönelik tahminlerin gerçekleştirilebileceği ön görülmektedir. Uzaktan algılama sistemleri olarak kullanılmaya başlanan İHA sistemleri ile bölgesel verilerin yüksek çözünürlüklü, hızlı ve güncel olarak elde edilmesi ile sonuca odaklı hızlı kararlar alınması sağlanabilmektedir. Meteorolojik istasyonların ve verilerin yetersiz olduğu

durumlarda, meteoroloji uydularından elde edilmiş verilerin bölgesel bilgileri yüksek doğrulukla sunabildiği de görülmektedir.

Çalışmanın amacı; iki yıla ait meteorolojik veriler ve İHA'lar ile üretilecek verilerin zaman serisi analizlerine göre menderes yapılarında meydana gelen sediment birikim ve erozyon olaylarının incelenmesi ile hem çalışma dönemindeki değişimler hem de geleceğe yönelik tahminler için bir model altyapısı oluşturulmasıdır. Güncel olarak elde edilmiş veri modellerinin analizleri sonucunda, menderes yapılarında meydana gelen alansal, hacimsel ve kıyı değişimleri incelenerek, ekstrem yağışlar sonunda meydana gelebilecek sonuçlar ortaya konmuştur. Gelecekte karşılaşılabilecek ekstrem olaylara karşı bölgesel önlemlerin alınarak hem nehir özelliklerinin korunması hem de nehir havzasında bulunan tarım ve yerleşim alanlarının korunması sağlanabilecektir.

Bu kapsamda; Büyük Menderes Havzası'nda gerçekleştirilen çalışmada genel yaklaşım, nehir üzerinde bulunan menderes yapılarında, İHA tabanlı sediment değişiminin izlenmesi ve ekstrem yağış olayları ile ilişkilendirilmesi amacıyla art zamanlı olacak şekilde iki yıl boyunca farklı dönemlerde çok yüksek çözünürlüklü veri üretim amacıyla gerçekleştirilen İHA uçuşları ile elde edilen hava fotoğraflarından SfM metodu ile art zamanlı ortomozaik ve SYM verileri üretilmiştir. Art zamanlı olarak üretilen ortomozaik veriler ile menderes yapılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişimleri ile kıyı alanlarında meydana gelen sediment değişimleri incelenmiştir. Menderes yapılarına ait SYM verileri ile menderes yapılarında sediment değişimlerinin hacimsel analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, art zamanlı ve dönemsel olarak sediment kayıp ile kazanım miktarları belirlenmiştir. Aynı zamanda menderes yapılarında art zamanlı meydana gelen değişimlerin yağış ile ilişkilendirilmesi ve ekstrem olayların incelenmesi amacıyla Tropik Yağmur Ölçüm Misyonu (TRMM) zaman serisi kullanılmıştır. Ekstrem değer analizleri gerçekleştirilerek mevsimsel olarak hacimsel toprak kayıp ile kazanım miktarlarının değişimlerinin ekstrem olaylar ile arasındaki ilişki araştırılarak hidrolojik değişimler detaylı bir şekilde incelenerek gerçekleşen yağışların bölgedeki topografik değişime etkisi belirlenmiştir.

1.3 Orjinal Katkı

Gelişen İHA teknolojisi, uzaktan algılama alanında birçok çalışmada hızlı, güncel ve ucuz veri sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. İHA'lar, güncel ve hassas olarak yeryüzü haritalama, üç boyutlu yüzey/obje modeli üretimi gerçekleştirilerek, zamansal olarak yüzeyin ve meydana gelen değişimin izlemesine imkân sunmasıyla uydu verileri ile yersel ölçümler arasında yeni veri üretim araçları oldukları görülmektedir. Günümüzde geliştirilen yazılımlar doğrultusunda, İHA'lar ile elde edilen görüntüler hızlı ve daha düşük iş yükü ile işlenerek hassas veri üretimi sağlanmaktadır. Yeryüzüne ait üretilmiş veriler ile zamansal olarak meydana gelen morfolojik değişimler uzunluk, alan ve hacim hesaplamaları ile belirlenebilmektedir. Dolayısıyla İHA'lar, mevcut veri üretim ve temin süreçleri açısından alternatif veri üretim işlemi olarak önemli bir rol oynamaktadır.

Morfolojik değişimlerin incelenmesi amacıyla İHA ile elde edilmiş verilerin işlenmesi sonucunda ortaya konan morfolojik değişim modeli süreçleri için genel olarak yabancı araştırmacıların çalışmalarının olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile ülkemizde, İHA tabanlı veri üretimi sonucunda zamansal olarak meydana gelen morfolojik değişimlerin incelenmesi amacıyla yüzey modelleri üzerinde değişim analizleri gerçekleştirilmiştir.

İHA tabanlı oluşturulan yüksek çözünürlüğe ve doğruluğa sahip veri setleri ile yağış verilerinin birlikte ele alınması sonucunda morfolojik değişimlerin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. TRMM yağış verileri ile gerçekleştirilen ekstrem değer analizleri sonuçları ile hem mevsimsel hem de dönemsel olarak meydana gelen kıyı çizgisi değişimi, yüzeyde bulunan sediment miktarlarındaki alansal ve hacimsel değişimler yani erozyon ve birikim miktarları belirlenmiştir. Ayrıca çalışma sırasında meydana gelen taşkın olayı ile ekstrem değerler ilişkilendirilerek gelecekte meydana gelebilecek afet olayları için önlem alınabilmesi hakkında yorum yapılabilmektedir.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma Alanı

Büyük Menderes Havzası, nehri içinde yerleştiği tektonik oluğun batı kısmındaki körfezi (Latmos körfezi) doldurması sonucunda oluşmuştur. Tektonik hareketler ve deniz seviyesi değişimleriyle birlikte akarsuların eski körfezleri doldurduğu ve kıyı çizgisinin sürekli bir şekilde değiştiği ortaya konulmuştur [60]. Büyük Menderes Havzası, Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde 27° 09' ve 30° 10' doğu boylamları ile 37° 06' ve 38° 57' kuzey enlemleri arasında bulunan, Uşak, Denizli, Muğla, Aydın ve Afyon şehirlerini kapsayan geniş bir alana sahip Türkiye'nin 25 akarsu havzasından biridir. Geçmişte Miletos ve Prien gibi büyük yerleşim yerlerine sahip olan havza, günümüzde yaklaşık iki buçuk milyonluk nüfusu ile Türkiye'nin en kalabalık yedinci havzasıdır [43, 61]. Havzada, kırsal nüfus havza içerisinde bulunan kentsel alanlara göç vermesinin yanı sıra havzaya diğer bölgelerden gelen göç ile 2040 yılında havzanın toplam nüfusunun yaklaşık olarak 3 milyon olması beklenmektedir. Büyük Menderes Havzası, 2,600,967 ha'lık bir havza alanı ile Türkiye yüz ölçümünün yaklaşık %3.3'ünü kaplamaktadır. Büyük Menderes Havza'sı sahip olduğu ormanlık alanlar, sulak alanlar, doğal, kültürel, arkeolojik miraslar, jeotermal sahaları ve maden yatakları ile ekosistem, turizm ve enerji açısından zengin bir habitata sahiptir. Havzanın iklim özellikleri incelendiğinde; Akdeniz iklimi yani yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olduğu görülmektedir [61].

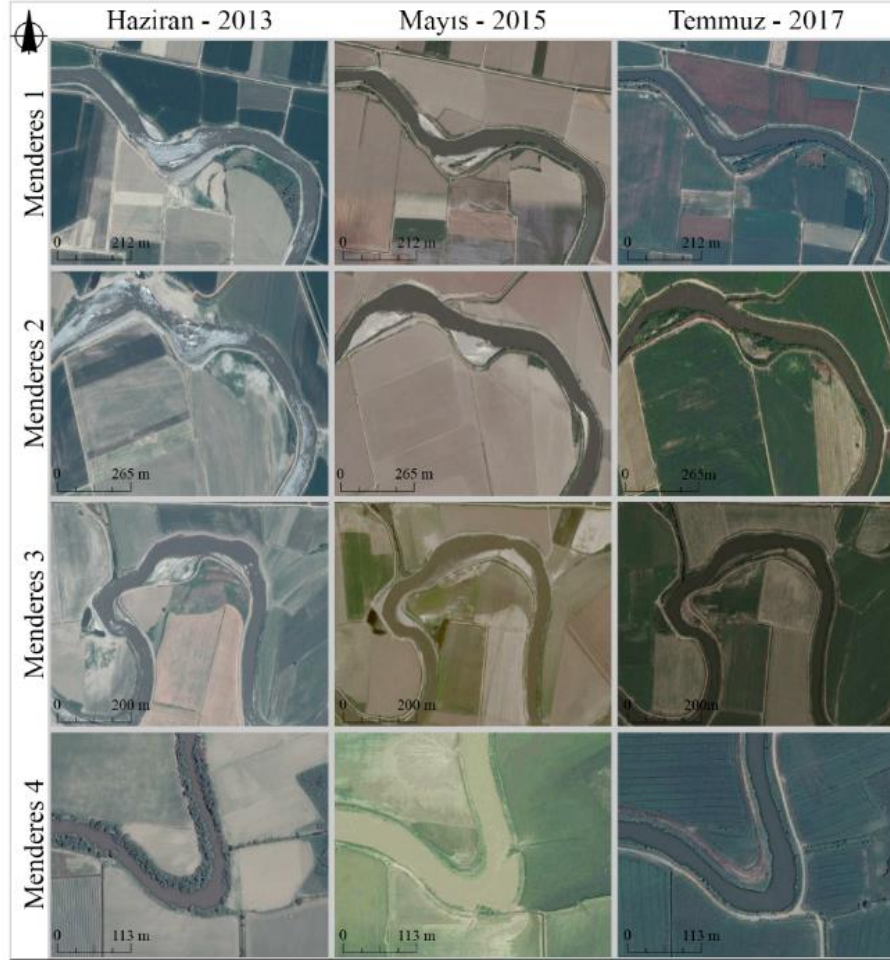
Büyük Menderes Havzası'nın topraklarının yaklaşık olarak % 44'ünde tahıl, pamuk, üzüm, incir, zeytin, kestane gibi tarımsal üretim yapılmaktadır. 2010 yılı bölgesel üretimlerine göre Türkiye'nin kestane üretiminin %31'i, incir üretiminin %65'i ve zeytin üretiminin %20'si Büyük Menderes Havzası'nda gerçekleştirilmektedir. Tarımsal arazi kullanımının yanı sıra havzanın %33'ü yarı doğal alanlar, %20'si orman alanları, %2'si yerleşim alanları ve %1'i ise su kütlesidir [54]. Havza, tarımsal üretimin yanı sıra gelişmiş tekstil, deri, kimya, maden, makine, çimento ve gıda gibi

sanayi sektörlerine de ev sahipliği yapmaktadır. Havza’da bulunan sanayi şirketleri yaklaşık 3.5 milyar dolarlık ihracata sahip olmakla birlikte ihracatın geneli tekstil ve maden sektörlerinden sağlanmaktadır [61].

Havzada çok sayıda nehir, göl ve yer altı su kütlesi mevcuttur. Büyük Menderes Nehri, yaklaşık 584 km’lik nehir uzunluğu ile Batı Anadolu’nun en uzun nehri olmakla birlikte Aydın, Denizli, Uşak gibi büyük şehirlerden geçerek, ortalama 44 m³/s debisi doğudan batı yönüne akarak Ege Denizi’ne dökülmektedir. Havzanın yüzey su miktarı 2000 milyon m³, yer altı su miktarı 933 milyon m³, ortalama yıllık yağış 635 mm, toplam ortalama buharlaşma 2,122 mm’dir [59, 61]. Havzadaki suyun büyük çoğunluğu tarım alanları için kullanılırken evsel ve endüstriyel alanlar için de havzadaki su tahsis edilmektedir.

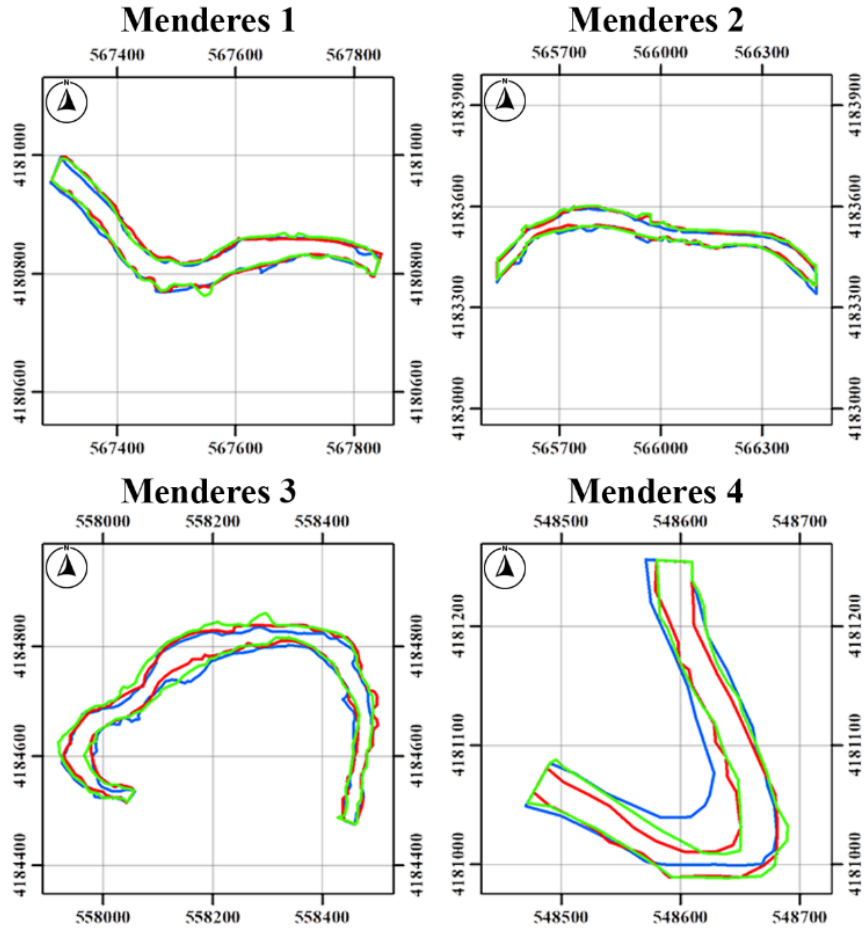
Menderes terimi, Latince’de kıvrımlı akarsu anlamına gelen “Miandras” kelimesinden gelmektedir. Geçmişte genellikle eğri şekle sahip tüm nehir yataklarının tamamı için kullanılan terim, günümüzde “S” şeklinde kıvrımlara sahip nehir yatakları için kullanılmaya başlanmıştır [62]. Hafif eğimli nehir yataklarında akıntılar ileri geri hareket etmeye başlayarak oluşturdukları “S” harfine benzeyen eğriler olarak tanımlanmaktadır [63]. Nehirlerde bulunan menderes yapılarının dış eğrilerinin bulunduğu bölgeler nehrin en derin bölgeleridir. Bununla birlikte nehirlerde derinlik arttıkça suyun akıntı hızı artmaktadır. Dolayısıyla menderesli nehirlerde dış eğri bölgeleri aşınmakta iç eğri alanlarında ise akıntı hızı düşük olduğundan dolayı birikim meydana gelmektedir. Bu nedenle zaman içinde menderes yapıları büyümektedir [64].

Büyük Menderes Havzası’nda gerçekleştirilen çalışmada, çalışma alanlarının belirlenerek bu alanlarda arazi çalışması gerçekleştirilmesi aşamasında öncelikle Google Earth, Sentinel 2A uydu görüntüleri ile görsel yorumlama sonucunda yıllık değişimin fazla olduğu menderes yapıları çalışma alanları olarak belirlenmiştir. Ayrıca, uydu görüntüleri üzerinden çalışma alanlarına ait kıyı çizgilerinin sayısallaştırma işlemleri gerçekleştirilerek bu alanlarda meydana gelen alansal değişimler belirlenmiştir. Şekil 2.1’de Google Earth verileri üzerinde iki yıl zaman aralığı ile çalışma alanı olarak belirlenmiş menderes yapılarında meydana gelen zamansal değişimler görsel yorumlama ile gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Menderes çalışma alanlarının Google Earth ile gösterimi

Görsel yorumlama işlemine ek olarak zamansal değişim analizleri gerçekleştirilerek meydana gelen değişimin büyüklüğü hesaplanmıştır. Çalışma alanlarındaki kıyı değişimlerini incelemek amacıyla 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait eylül ayı Sentinel 2A uydu görüntüleri temin edilerek, menderes yapılarındaki nehir kıyı çizgilerinin sayısallaştırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.2’de Sentinel 2A uydu görüntülerinde nehir kıyı çizgilerinin sayısallaştırılması sonucu yıllara göre nehir alanları çıkartılarak görsel değişimlere ek olarak alansal değişimler hesaplanmıştır.

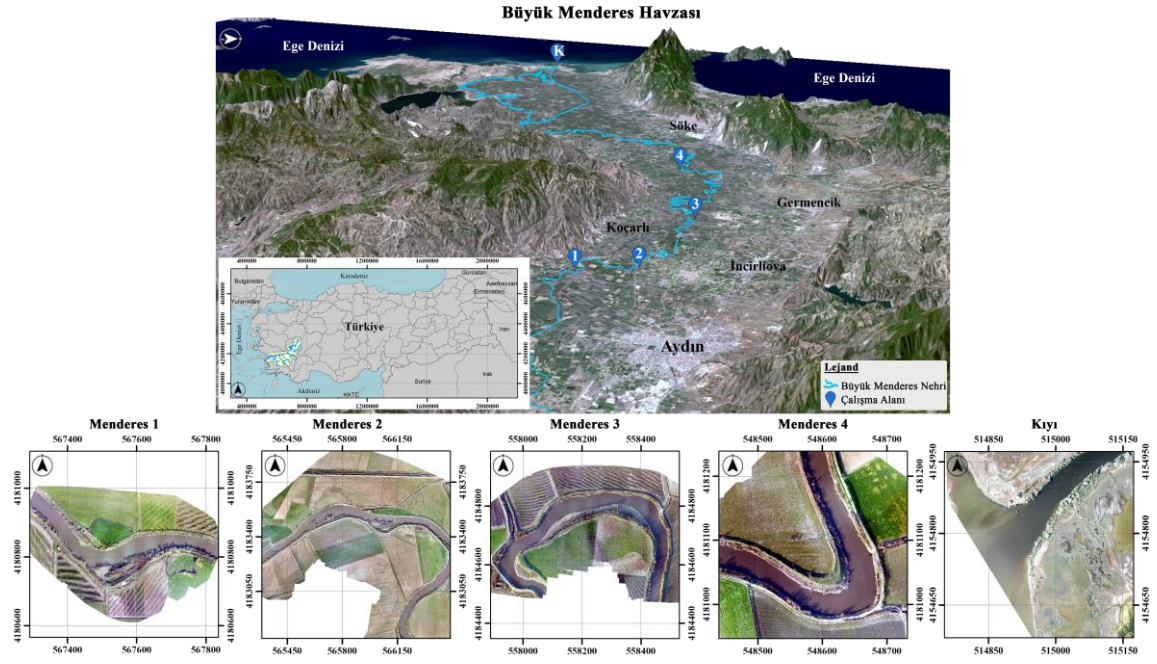


Yıllara göre nehir alanları (ha)

Çalışma Alanı	2015	2016	2017
Menderes 1	3101	3114	3279
Menderes 2	4298	4221	4684
Menderes 3	6410	6318	7018
Menderes 4	1695	1117	1352

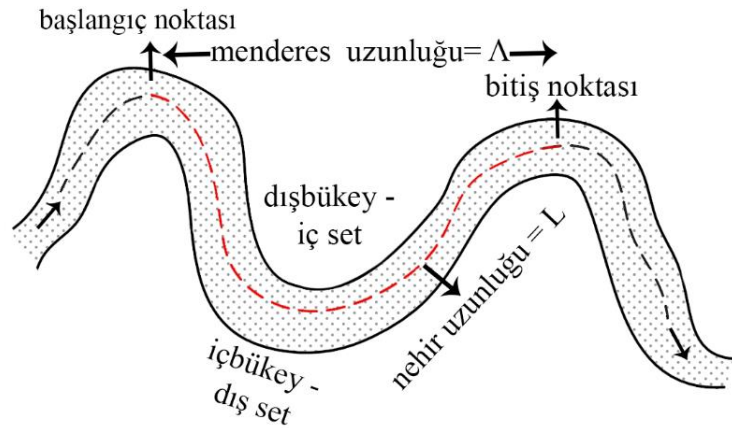
Şekil 2.2 Sentinel 2A uydu görüntüsü ile menderes yapılarına ait nehir alanlarındaki değişimin gösterimi

Çalışma kapsamında, görsel yorumlama ve sayısallaştırma işlemleri sonucunda çalışma alanı olarak farklı bölgelerdeki dört menderes yapısı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, Şekil 2.3'te gösterilen Büyük Menderes Nehri üzerinde bulunan Menderes 1, Menderes 2, Menderes 3 ile nehrin Ege Denizi'ne döküldüğü alanı olan Kıyı alanında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.3 Çalışma gerçekleştirilen menderes yapılarının genel ve detaylı gösterimi

Menderes yapılarının kıvrımlılık düzeyleri, meydana gelebilecek erozyon ve birikimi doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle menderes yapılarının kıvrımlılık derecesini belirlemek amacıyla nehir sinosite indeks değerleri tanımlanmıştır. Nehrin sinositesi, nehir yatağındaki akıntının sürekli olarak ileri ve geri hareketinden dolayı “S” şekline benzer oluşturduğu kıvrımın uzunluğunun (Λ), nehrin uç noktaları arasındaki uzunluğa (L) oranı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Menderes yapısının karakteristiğinin gösterimi

Sinosite indeks (SI) olarak tanımlanan değer, bir nehir kanalının ne oranda menderes olduğunu ölçmek için kullanılan bir araçtır. Kıvrımlı bir nehirde, sinosite

indeks değeri 1.5'e eşit ya da daha büyük bir değere sahipse o bölge menderes olarak kabul edilir. Düşük sinosite indeks değerine sahip bir nehir kanalında, genellikle akıntı gücü düşük ve kıyılardaki aşınma azdır, dolayısıyla nehir kanalı nispeten değişmeden kalmaktadır [64, 65]. Tablo 2.1'de SI değerlerine göre menderes yapılarının derece durumları gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Sinosite indeks tanımları

Sinosite İndeks (SI)	Menderes Derecesi
1.0-1.1	Düz
1.1-1.3	Kıvrımlı
1.3-1.5	Az menderes yapısına sahip
>1.5	Menderes yapısına sahip

Çalışma gerçekleştirilen menderes yapılarına ait SI değerleri öncelikle 2017 yılına ait Sentinel 2A uydu görüntüleri üzerinden hesaplanarak menderes yapısına benzerlikleri irdelenmiştir. Tablo 2.2'de uydu görüntüleri ile hesaplanan çalışma alanlarına ait sinosite indeks değerleri gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Çalışma alanlarının, 2017 yılına ait Sentinel 2A uydu görüntüleri ile sinosite indeks değerleri

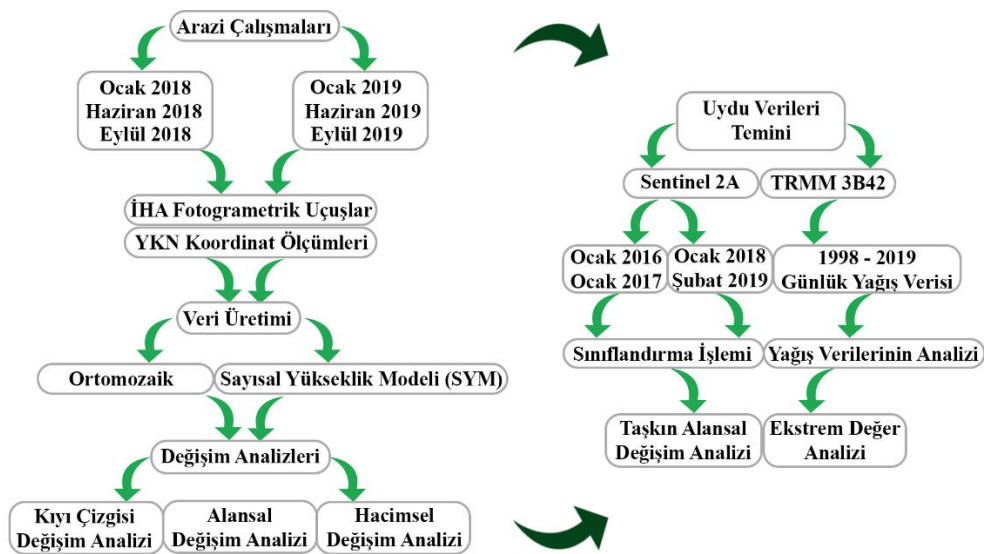
Çalışma Alanı	Sinosite İndeks (SI) Değerleri
Menderes 1	1.13
Menderes 2	1.52
Menderes 3	2.21
Menderes 4	2.16

Çalışma alanlarına ait SI değerleri incelendiğinde, Menderes 1 çalışma alanının SI değerinin 1.5 değerinin altında kaldığı, aynı zamanda 1.1 değerinden yüksek olduğu için bu alanın kıvrımlı yapı olarak tanımlanan derecede olduğu, diğer menderes

yapılarının ise SI değerinin 1.5 değerinin üstünde olmasından dolayı menderes yapısı olarak tanımlanan derecede oldukları görülmüştür.

2.2 Çalışma Kapsamı

Çalışma kapsamında, Büyük Menderes Havzası'nda iki yıl süresince gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında İHA ile veri temini işlemleri gerçekleştirilerek menderes yapılarında meydana gelen morfolojik değişimler incelenmiştir. Meydana gelecek morfolojik değişimlerin yağışlar ile ilişkisinin araştırılması amacıyla günlük yağış verisi sağlayan uydu verileri temin edilerek ekstrem değer analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanlarında meydana gelen morfolojik değişimlerin ekstrem yağışlar ile arasındaki ilişki araştırılmıştır. Gerçekleştirilen analizler, 3. Dönemsel Değişim Analizleri bölümünde ele alınmıştır. 2019 yılı ocak ayı sırasında gerçekleştirilen arazi çalışması öncesinde, havzada yağışların da etkisiyle taşkın olayı meydana geldiği görülmüştür. Taşkın olayı neticesinde, havzada daha önceki yıllarda, benzer tarih aralığında benzer taşkın olaylarının gerçekleştiğinin araştırılması amacıyla geçmişe yönelik uydu görüntüleri temin edilerek havzanın durumu incelenmiştir. Uydu görüntüleri ile gerçekleştirilen taşkın analizi, 3.1.1. bölümde ele alınmıştır. Havzada, taşkın olayı ve zamansal değişimlerin belirlenmesi amacıyla farklı yıllara ait uydu görüntüleri ile sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilerek değişim ve taşkın alanları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen çalışma aşamaları ve veri türleri Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Çalışma kapsamında gerçekleştirilen işlem adımları

2.3 İnsansız Hava Araçları ve Veri Üretimi

2.3.1 Tez Çalışması Kapsamında Kullanılan İnsansız Hava Araçları

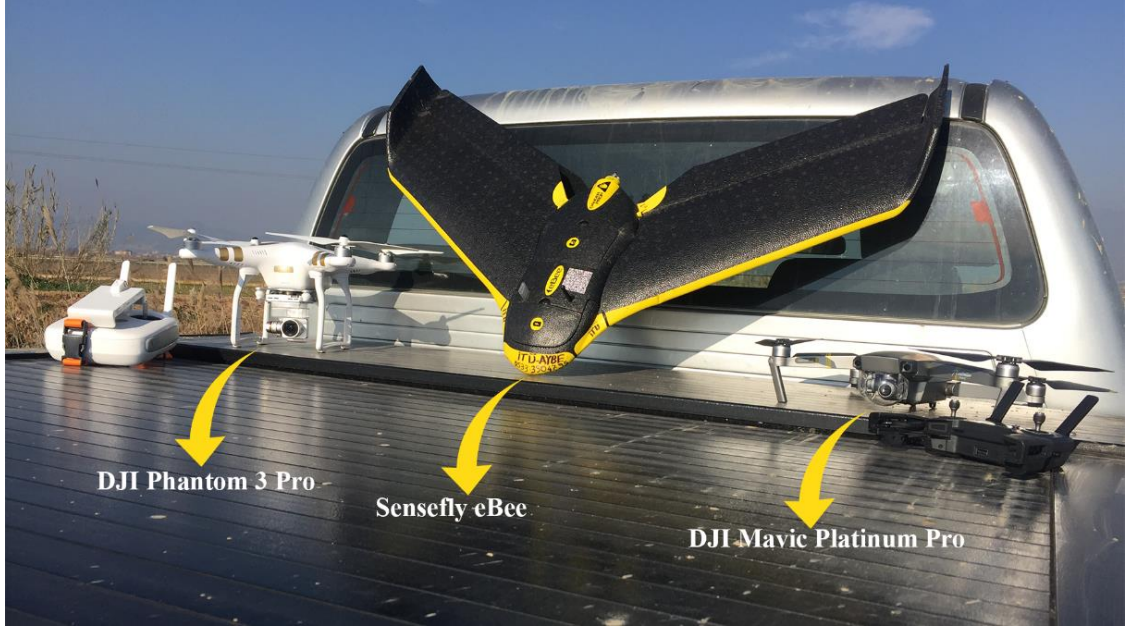
İHA'lar; ağırlıklarına, kanat yapılarına, motor sayılarına, havada kalış sürelerine, uçuş mesafelerine vb. birçok özelliklerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Günümüzde kullanım kolaylığı açısından en çok tercih edilen İHA türü multikopter İHA'lar olmakla birlikte multikopterlere göre uçuş süreleri ve uçuş mesafeleri daha fazla olan sabit kanatlı İHA'lar da uygulama alanlarına göre sık olarak tercih edilmektedir. Günümüzde, haritalama amacıyla veri üretiminde en çok kullanılan İHA türlerinin, multikopter İHA'lar ile sabit kanatlı İHA'lar olduğu görülmektedir.

Multikopter İHA'lar, çoklu motor sistemine sahip, dikey olarak iniş ve kalkış gerçekleştirebilen, havada asılı kalabilen ve her yöne hareket kabiliyeti mevcut olan araçlardır. Diğer İHA türlerine göre kontrolünün daha kolay olması ve güvenli bir şekilde iniş ve kalkış gerçekleştirebilen multikopter İHA'lar; üç, dört altı ve sekiz pervaneli olabilmekle birlikte en çok tercih edilen multikopter İHA türü ise dört pervaneye sahip olanlarıdır. Multikopter İHA'lar, uçuşların yanı sıra havada kalabilmeleri için diğer İHA türlerine göre daha fazla enerji harcamaktadırlar. Mevcut teknoloji ile günümüzde bu tür İHA'ların uçuş süreleri diğer İHA türlerine göre daha kısa olmakla birlikte, taşıdığı faydalı yüklere bağlı olarak ters orantılı olarak değişmekte ve çoğu multikopter İHA türünde bu süre yaklaşık 30 dakika olarak görülmektedir [45].

Sabit kanatlı İHA'lar, uçak kanatları yapısındaki kanatlar ile genellikle ana gövdeye entegre edilmiş motor sistemleriyle sadece ileri yönde hareket kabiliyetine sahip İHA türleridir. Sabit kanatlı İHA'lar, daha fazla faydalı yük taşıyabildikleri gibi mevcut enerjilerini sadece ileri yönde hareket amacıyla kullanarak havada süzülebildikleri için multikopter İHA'lara göre daha az enerji harcamakta, dolayısıyla havada kalma sürelerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Aynı zamanda mevcut sistem özelliklerine göre uçuş mesafelerinin fazla olmasından dolayı daha büyük alanlarda çalışma gerçekleştirebilmektedir. Bu tür İHA'ların dezavantajı ise yüksek maliyetleri, havada asılı kalamamaları ile iniş ve kalkış hareketlerinin zor olmasından dolayı daha geniş ve güvenli bir çevreye sahip olma gereksinimleridir. Bu tür İHA'lar kalkış sırasında fırlatılmaya ya da fırlatma

rampasına, iniş sırasında ise paraşüt, tutucu ağ gibi sistemlere gereksinim duyabilmektedir. Bu İHA'ların gövde üzerine inişleri esnasında ise çevreye bağlı olarak hasarlar meydana gelebilmektedir [45].

Çalışma kapsamında, hava şartlarına (rüzgar, sıcaklık vb.) ve çalışma alanı gibi faktörlere bağlı olarak multikopter ve sabit kanatlı İHA'lar olmak üzere iki farklı İHA türü ve üç farklı İHA kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan mevcut İHA'lar İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'ne ait ve ülkemiz tarafından belirlenmiş İHA sınıflarına göre İHA-0 sınıfına dahil İHA'lardır. Multikopter İHA olarak, DJI marka Phantom 3 Pro (P3P) ve Mavic Pro Platinum (MPP) multikopter İHA'lar kullanılmıştır. DJI Phantom 3 Pro aracı, mevcut batarya ve pervane sistemleriyle birlikte 1,280 gr ağırlığında, entegre gimbal, GPS ve Glonass sistemlerine, 12.76 MP çözünürlükte kamera ile yaklaşık olarak 23 dakika uçuş süresine sahiptir. DJI Mavic Pro Platinum ise mevcut batarya ve pervane sistemleriyle birlikte 734 gr ağırlığında, entegre gimbal, GPS ve Glonass sistemlerine, 12.71 MP çözünürlükte entegre kamera ile yaklaşık olarak 30 dakika uçuş süresine sahip olduğu görülmektedir. Multikopter İHA'lar dikey iniş ve kalkış özelliklerine sahip dolayısıyla çevre şartlarından daha az etkilenebilen, otomatik uçuşlar gerçekleştirebilen sistemlerdir. Bu nedenle, çalışma alanlarında, daha hızlı ve kolay uçuş olanağı sağlamaktadır. Sabit kanatlı İHA olarak 96 cm kanat açıklığına sahip, batarya ve kanatlar ile ağırlığı 690 gr olan, entegre GPS ve Glonass sistemlerine, Sony DSCWX220 marka 18.2 MP çözünürlüğe sahip harici olarak entegre kamera sistemine ve yaklaşık olarak 50 dakika uçuş süresine sahip SenseFly eBee (SE) kullanılmıştır. Bu İHA, kalkışını el ile fırlatılarak, inişini ise gövde üzerine gerçekleştirebildiğinden dolayı geniş kalkış ve iniş alanına ihtiyaç duyan, otomatik uçuşlar gerçekleştirebilen bir sistemdir. Şekil 2.6'da çalışma kapsamında kullanılan İHA'lar gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Çalışma kapsamında kullanılan İHA'ların gösterimi

2.3.2 İnsansız Hava Araçları ile Veri Temini İşlemleri

Hem sabit kanatlı hem de multirotor İHA'lar, entegre edilebilecek faydalı yükler olarak çeşitli boyutlarda dijital fotoğraf makineleri ve video kaydedicileri taşıyabilmektedir. İHA'lar ile gerçekleştirilen fotogrametrik uçuş planları sonucunda bu dijital kameralar ile yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarının elde edilmesi ve son yıllarda geliştirilmiş ticari yazılımlarda işlenmesi sonucunda nokta bulutu, ortomozaik ve sayısal yükseklik modelleri üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Çalışma alanında, hava fotoğraflarında görülebilecek boyutlarda işaretlenmiş yer kontrol noktaları, İHA uçuşlarıyla eş zamanlı olarak gerçekleştirilecek yersel ölçümler ile verilerin doğru ve hassas konumlandırmasına yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Arazi şartlarına, çalışma alanına ve uçuş planına bağlı olarak çalışma alanında YKN'lerin homojen dağılımı gerçekleştirilerek ölçümleri gerçekleştirilmelidir. İHA ve yersel ölçmelerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi sonucu hassas ve yüksek doğruluklu nokta bulutu, ortomozaik ve SYM üretimi gerçekleştirilmektedir [18, 45, 66].

Çalışmada kullanılan multikopter İHA'lar olan DJI Phantom 3 Pro ve Mavic Pro Platinum sistemleri ile gerçekleştirilen İHA uçuşları, Pix4D Capture yazılımı, sabit kanat İHA olan Sensefly eBee sistemi için Emotion-3 yazılımı ile planlanan

fotogrametrik uçuş planlarında otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu yazılımlar ile çalışma alanlarında, uygun uçuş poligonları çizilerek, uçuş yükseklikleri, örtüşme oranları, İHA uçuş hızı, kamera açısı, fotoğraf çekme özelliği vb. parametreler belirlenerek uçuş planları hazırlanmaktadır. Yazılımlar, anlık olarak İHA uçuşlarının takip edilebilmesini ve tehlikeli hava koşullarında anlık müdahale imkanlarını sunmaktadır. Çalışmada kullanılan İHA'lar ile veri temini işlemlerinde ilk adım olarak öncelikle çalışma alanları için İHA uçuş planlamaları gerçekleştirilmektedir. Uçuş planlamalarına göre uçuş gerçekleştirilecek alana homojen olarak, havadan görülmesini engellemeyecek şekilde yer kontrol noktalarının konumlandırılmaları ve bu noktaların koordinat ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Çalışma kapsamında, İHA uçuşlarını engelleyebilecek faktörler göz önüne alınarak İHA uçuşları gerçekleştirilmiştir.

2.3.2.1 Çalışma Alanları İçin İHA Uçuş Planlamaları

İHA'lar ile gerçekleştirilen fotogrametrik uçuşlar; çalışma alanlarında mevcut şartlar göz önüne alınarak DJI marka İHA'lar için Pix4D Capture ve SenseFly eBee İHA için eMotion yazılımları kullanılarak uçuş planları hazırlanmış ve otomatik İHA uçuşları gerçekleştirilmiştir. İHA uçuş yükseklikleri, SHGM tarafından belirlenmiş, yerden yükseklik yasal sınırı olan 120 m uçuş yüksekliği kapsamında 100 m'de gerçekleştirilmiştir. İHA ile fotogrametrik veri üretimi işlemlerinde elde edilecek hava fotoğraflarının ilgili alanı tamamıyla kaplayacak ve sistematik bir şekilde belli örtüşme oranıyla çekilmeleri gerekmektedir. İHA ile gerçekleştirilecek fotogrametrik uçuşlarda önerilen minimum örtüşme oranları, enine örtüşme için %60, boyuna örtüşme oranı için %75 olarak belirtilmektedir [45]. Çalışma gerçekleştirilen menderes yapılarında, alan büyüklüğüne, uçuş süresi ve hava şartlarına bağlı olarak minimum örtüşme oranları dikkate alınarak enine ve boyuna örtüşme oranları %70 ile %85 arasında belirlenmiştir. Düşük örtüşme oranı ile planlanan uçuşlar, çalışma alanlarının büyüklüğü ile İHA uçuş süreleri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, Menderes 1, Menderes 3 ve Menderes 4 için uçuş planlaması 5 cm yer örnekleme aralığına - YÖA (Ground Sampling Distance - GSD) göre gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte ilk arazi çalışmaları dikkate alındığından dolayı, sabit kanatlı İHA ile gerçekleştirilen Menderes 2 ve kıyı

çalışma alanları için ise YÖA 10 cm olacak şekilde İHA uçuşları planlanmıştır. Farklı dönem ve zamanlarda gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, aynı çalışma alanları için belirlenmiş aynı uçuş planları ile İHA uçuşları gerçekleştirilmiştir. İHA uçuşları, yaklaşık dokuz dakika ile üç saat arasında uçuş süresi ve 0.128 km² ile 7.402 km² arasında değişen çalışma alanlarında gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uçuş planlarına ait bilgiler Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2.3 İHA Uçuş Bilgileri

Çalışma Zamanı	Çalışma Alanı	İHA / Uçuş Sayısı	Görüntü Sayısı	Uçuş Süresi	Örtüşme Oranı	Alan (km ²)
I.Uçuş-Ocak 2018	Menderes 1	P3P / 1	146	~10dk	%85	0.167
	Menderes 2	SE / 2	535	~47dk	%85	1.61
	Menderes 3	P3P / 1	261	~16dk	%85	0.28
	Menderes 4	P3P / 1	142	~11dk	%85	0.12
	Kıyı	Veri Yok				
II.Uçuş-Haziran 2018	Menderes 1	P3P / 1	146	~10dk	%85	0.15
	Menderes 2	SE / 2	473	~37dk	%85	1.37
	Menderes 3	P3P / 1	259	~15dk	%85	0.27
	Menderes 4	P3P / 1	143	~9dk	%85	0.15
	Kıyı	SE / 2	360	~60dk	%85	7.40
III.Uçuş-Eylül 2018	Menderes 1	P3P / 1	143	~11dk	%85	0.16
	Menderes 2	MPP / 2	199	~60dk	%70	0.79
	Menderes 3	P3P / 1	259	~16dk	%85	0.27
	Menderes 4	P3P / 1	143	~9dk	%85	0.14
	Kıyı	MPP / 2	304	~43dk	%70	1.72

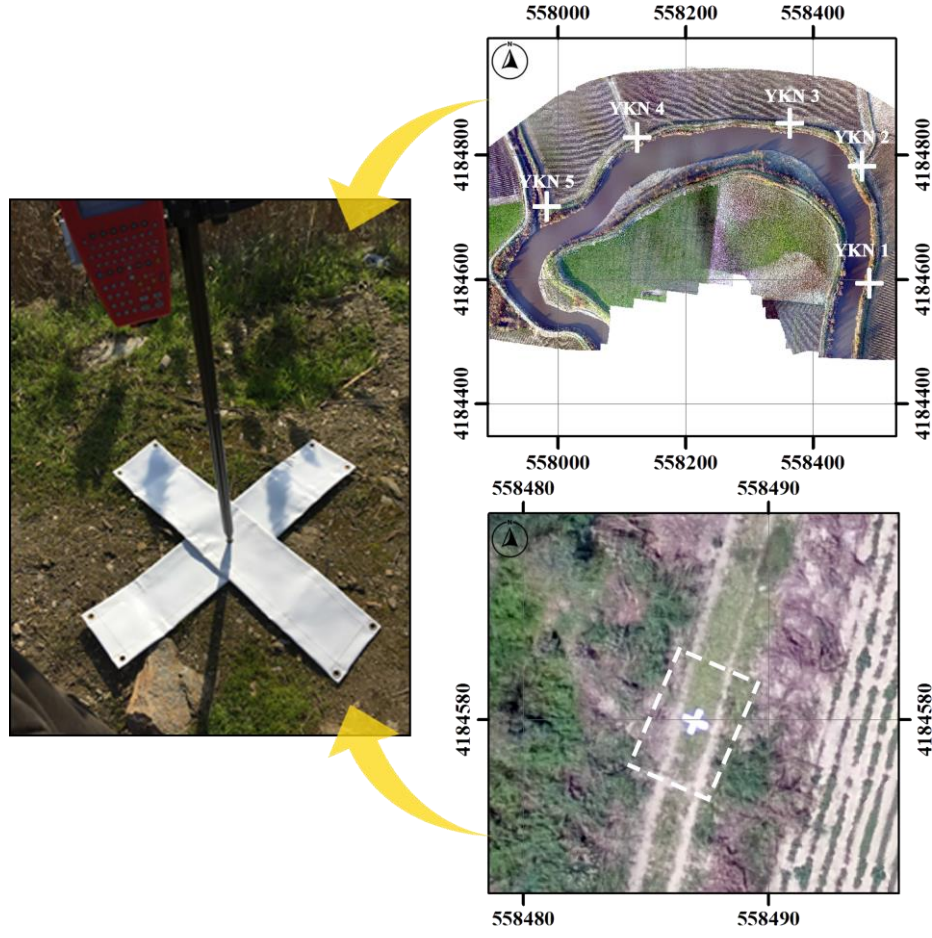
Tablo 2.3 İHA Uçuş Bilgileri (devamı)

Çalışma Zamanı	Çalışma Alanı	İHA / Uçuş Sayısı	Görüntü Sayısı	Uçuş Süresi	Örtüşme Oranı	Alan (km ²)
IV.Uçuş-Ocak 2019	Menderes 1	P3P / 1	321	~16dk	%85	0.27
	Menderes 2	Veri Yok				
	Menderes 3	P3P / 2	405	~36dk	%85	0.34
	Menderes 4	P3P / 1	314	~16dk	%85	0.14
	Kıyı	Veri Yok				
V.Uçuş-Haziran 2019	Menderes 1	MPP / 2	415	~32dk	%85	0.27
	Menderes 2	SE / 2	309	~45dk	%70	2.62
	Menderes 3	MPP / 2	423	~35dk	%85	0.25
	Menderes 4	MPP / 1	148	~13dk	%85	0.12
	Kıyı	SE / 5	724	~119dk	%70	5.16
VI.Uçuş-Eylül 2019	Menderes 1	MPP / 2	484	~34dk	%85	0.26
	Menderes 2	SE / 2	315	~70dk	%70	2.57
	Menderes 3	MPP / 2	409	~28dk	%85	0.24
	Menderes 4	P3P / 1	142	~10dk	%85	0.14
	Kıyı	SE / 4	696	~185dk	%70	4.98

2.3.2.2 Yer Kontrol Noktalarının Konumlandırılması ve Koordinat Ölçümleri

Tez çalışması kapsamında, İHA'lar ile elde edilen görüntüler ile yüksek doğrulukla veri üretimi amacıyla çalışma alanlarında yer kontrol noktaları yerleştirilme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Menderes yapılarında, doğal ve yapay nedenlerle arazide kalıcı yer kontrol noktaları tesis edilememiştir. Bu nedenle, arazi çalışmalarında kullanılmak üzere özel olarak plastik malzemeden üretilmiş, 1.5 m uzunluklarına sahip iki parçadan oluşturulan taşınabilir yer kontrol noktaları kullanılmıştır. YKN'ler, menderes yapılarında, zorlu ulaşım (nehirde karşı kıyıya

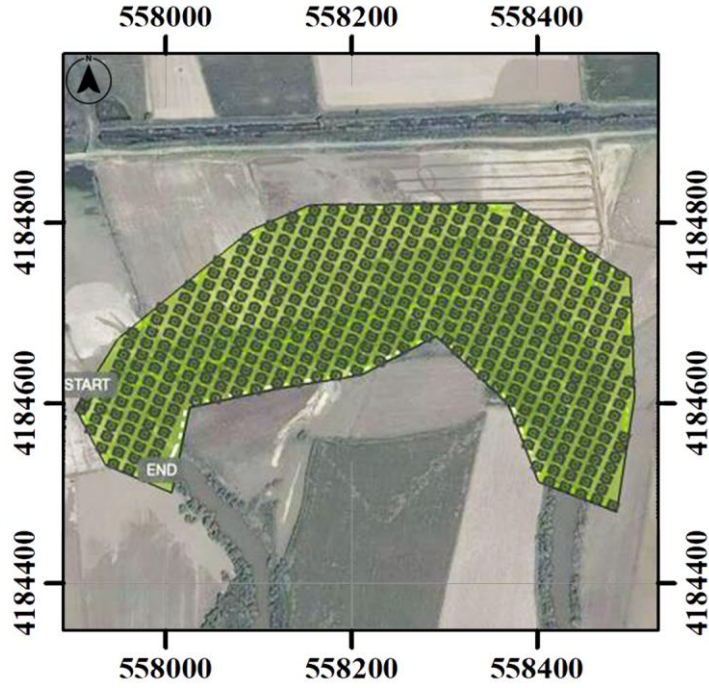
geçme engeli, mevcut yolların arazi aracı giremeyecek kadar kötü olması, araç ve yürüyüş yolu olmaması vb.) ve arazi şartları (ulaşımı engelleyen yabani otlar ile yabani hayvanlar, toprak zemindeki kaymalar vb.) göz önünde bulundurularak, nehir kıvrımının sağladığı avantaj yardımıyla homojen dağılımına dikkat edilerek belirlenmiştir. Her menderes yapısı için minimum beş adet YKN olacak şekilde YKN'ler arazide yerleştirilmiştir. YKN'lerin ölçülmesi amacıyla her menderes yapısında ve kıyı alanında, İHA uçuşları ile eş zamanlı olarak yersel GPS cihazı ile TUSAGA-Aktif sistemine bağlı olarak RTK metodu ile koordinat ölçümleri gerçekleştirilmiştir. YKN'ler, farklı zamanlarda, aynı çalışma alanlarında gerçekleştirilen çalışmalarda konumsal olarak birbirlerine yakın konumda olacak şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmiştir. Gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda, 2018 yılında toplam 83 adet, 2019 yılında toplam 77 adet olmak üzere tüm arazi çalışmaları sonucunda toplam 160 adet YKN yerleştirilerek, koordinat ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Tablo A.1-A.6). Koordinat ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin yatay ve düşey konumdaki doğrulukları 0.010 m ile 0.060 m arasında olduğu görülmektedir. Şekil 2.7 'de Menderes 3 çalışma alanına ait örnek YKN dağılımı ve YKN noktası görülmektedir.



Şekil 2.7 Örnek YKN dağılımı ile YKN noktasının gösterimi

2.3.2.3 İHA Uçuşlarının Gerçekleştirilmesi

Tez çalışması kapsamında, çalışma alanlarında gerçekleştirilen İHA uçuşları için menderes yapıları ile kıyı bölgesini içerecek şekilde poligonlar çizilerek uçuş planları oluşturulmuştur. Menderes 3 çalışma alanı için gerçekleştirilen uçuş planı örneği Şekil 2.8’de gösterilmiştir. Bununla birlikte, gerçekleştirilen tüm arazi çalışmalarında her çalışma alanı için aynı uçuş planları kullanılmıştır.



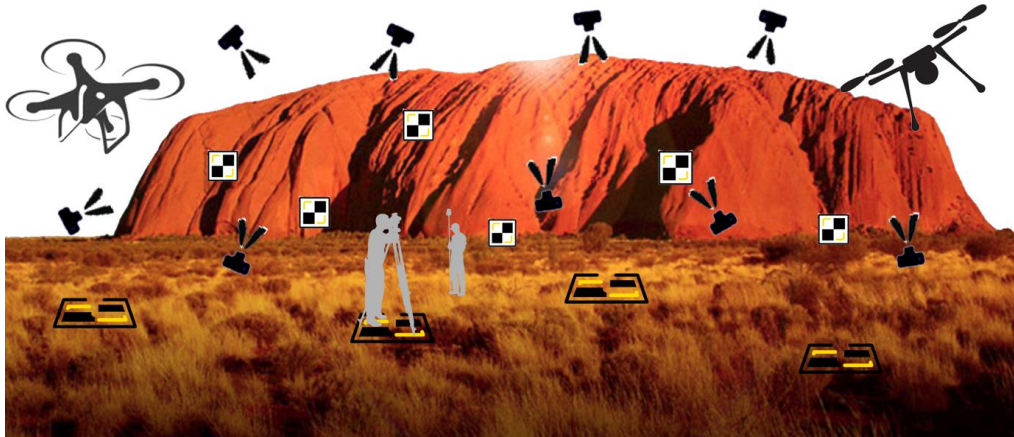
Şekil 2.8 Pix4D yazılımı ile gerçekleştirilen uçuş planı örneği

Çalışma alanlarının büyüklükleri, İHA uçuş süreleri ile İHA kalkış ve iniş alanlarının uygunlukları dikkate alınarak tercih edilecek İHA'lar belirlenmiştir. Bu nedenle, sabit kanatlı İHA SenseFly eBee uçuşlarının uygun olduğu alanlar Menderes 2 ve Kıyı çalışma alanları olarak belirlenmiştir. Diğer çalışma alanlarında ise hava şartları ve İHA pil durumları göz önünde bulundurularak multikopter İHA'ların kullanımları belirlenmiştir. Gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında sabit kanatlı İHA SenseFly eBee cihazında meydana gelen arızası nedeniyle üçüncü ve dördüncü arazi çalışmalarında kullanılamamıştır. Bu İHA ile gerçekleştirilen çalışma alanlarında, bu dönemlerde pil durumu ile hava şartları göz önüne alınarak uygun İHA seçimi gerçekleştirilerek veri temini gerçekleştirilmiştir. Sonraki dönem arazi çalışmaları öncesinde arızalı durumda olan SenseFly eBee sabit kanatlı İHA'nın arıza durumunun giderilerek uçar duruma getirilmesi neticesinde beşinci ve altıncı arazi çalışmalarında bu İHA tekrar kullanılmıştır. Bu kapsamda, menderes yapıları ile kıyı alanında altı farklı zamanda, toplam 27 adet farklı İHA uçuşu gerçekleştirilmiştir. Fakat hava şartları, alan büyüklükleri ve İHA uçuş süreleri gibi etkenlerden dolayı İHA'lar, toplamda 47 defa kalkış ve iniş gerçekleştirilerek uçuşları tamamlamışlardır. Gerçekleştirilen İHA uçuşları sonucunda, 2018 yılında toplam 3513 adet, 2019

yılında toplam 5105 adet olmak üzere tüm arazi çalışmaları sonucunda toplam 8618 adet hava fotoğrafı temin edilmiştir.

2.3.3 Veri Üretim İşlemleri

Günümüzde teknolojinin gelişimiyle ticari yazılımlar, İHA'lerden elde edilen hava fotoğrafları ile yeryüzü ya da objelere ait yüksek çözünürlüklü nokta bulutu, ortomozaik ve SYM verilerinin üretimini gerçekleştirebilmektedir. Structure-from-Motion (SfM) metodu, farklı konumlarda, belli örtüşme oranı ile ardışık olarak çekilmiş çoklu fotoğraf serilerinden yüzeye ait bilgilerin çıkarılmasını ve zaman ile maliyet açısından diğer ölçüm tekniklerine göre avantaj sağlayan fotogrametrik ölçüm tekniğidir (Şekil 2.9). SfM metodu, kamera iç ve dış yöneltme parametrelerine ihtiyaç duymadan, bütün fotoğrafların kamera ve konum parametrelerini düzenleyerek, örtüşen ardışık fotoğraflardaki ortak bağ noktalarını belirleyerek kontrol noktalarına ihtiyaç duymadan otomatik olarak objelerin eşleştirilmesi ile iki boyutlu görüntülerden üç boyutlu veri üretimini sağlamaktadır [7, 10, 67].



Şekil 2.9 Farklı konumlardan ve yönlerden elde edilmiş fotoğraf serilerinin SfM metodu kullanım örneği

Bu çalışmada, İHA görüntüleri ile veri üretimi amacıyla İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'ne ait lisanslı Pix4D Mapper Pro yazılımı kullanılmıştır. Öncelikle, bütün fotoğraflardaki ortak bağlantı noktaları hızlı ve doğru bir şekilde bulunmaktadır. Bağlantı noktaları, fotoğraf çekim anından elde edilmiş yaklaşık dönüklük parametreleri ve koordinatları içermektedir. Bağlantı noktalarının, ışın demetleri dengelemesinde kullanılması ile her fotoğrafın çekilme anındaki dönüklük parametreleri ile üç boyutlu koordinatları hesaplanmaktadır. Fotoğraflarda

eşleştirilen bağlantı noktalarının sıklaştırılması işlemi ile yoğun nokta bulutu verileri üretimi gerçekleştirilmektedir. Üç boyutlu noktalar ile ortomozaik ve SYM üretimi gerçekleştirmek amacıyla enterpolasyon işlemi gerçekleştirilerek düzensiz üçgen ağ modeli üretimi gerçekleştirilmektedir [7, 68].

Arazi çalışmaları kapsamında elde edilen veriler, Pix4D Mapper Pro vers. 4.2.25 yazılımı aracılığı ile işlenerek çalışma alanlarına ait nokta bulutu verisi, ortomozaik, sayısal yüzey modeli (SYM) üretimi gerçekleştirilmiştir. Pix4D Mapper Pro yazılımı ile gerçekleştirilen ön işleme, nokta bulutu ve ağ modeli üretim aşamaları sonucunda SYM ile ortomozaik üretim gerçekleştirilmektedir [69].

2.3.3.1 Ön İşleme Aşaması

Bu işlem adımı, görüntülerin kalibrasyonu, görüntü eşleme ile bağlama noktalarının çıkarımı için kullanılan görüntü boyutunun tanımlaması ile bağlama noktaları bulut verisinin üretiminin gerçekleştirildiği aşamadır. Görüntü ölçeği kavramı, bağlama noktalarının çıkarımı amacıyla kullanılacak görüntü boyutunu ifade etmektedir. Yani gerçekleştirilecek veri üretiminde, orijinal görüntü boyutu (1), yarım görüntü boyutu (1/2), çeyrek görüntü boyutu (1/4), sekizde bir görüntü boyutu (1/8) seçenekleri seçilerek işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Tez çalışmasında, tüm arazi çalışmalarına ait veriler için bağlantı noktalarının çıkarımı aşamasında, tüm görüntü eşleşme seçeneği seçilerek işlemler gerçekleştirilmiştir. Görüntü çiftlerinden çıkarılan bağlantı noktaları ile ışın demetleri ile dengeleme işlemi gerçekleştirilerek noktalar ile kameranın üç boyutlu koordinatları ve yöneltme elemanları hesaplanmaktadır. Ayrıca veri üretiminde kullanılmış kamera iç ve dış yöneltme parametrelerinin optimizasyonunun yapılması için gerekli seçimlerin yapılmasını sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan İHA'lara ait kameralar, yazılım tarafından otomatik olarak tanındığı ve kalibrasyon işleminin yazılım için standart optimizasyonu sağlanması sonucunda ilk aşamada bağlama noktaları bulut verisi üretimi gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.2 Nokta Bulutu ve Ağ Modeli Aşaması

Bu işlem adımında, yoğun nokta bulutu üretimi ve üç boyutlu ağ model (mesh) üretimi gerçekleştirilmektedir. Yoğun nokta bulutu üretim aşaması, ortomozaik ve

sayısal yükseklik modelinin üretim kalitesini etkilediği için önemlidir. Yoğun nokta bulutu üretimi için, nokta bulutu sıklaştırma işleminde bağlama alanı için kullanılması istenilen görüntü ölçeğinin belirlenmesi işlemi yapılmaktadır. Görüntü ölçeği, sıklaştırılmış nokta bulutunun yoğunluğunun yani nokta sayısının fazla ya da daha az olarak belirlenmesini, eşleşme nokta sayısı ise eşleştirilecek minimum görüntü eşleme sayısını ifade etmektedir. Yoğun nokta bulutu üretiminde, çok sık nokta üretimi işlem hızını düşürmektedir. Tez çalışması kapsamında, uçuşlara ait veriler, görüntü ölçeği 1 (orijinal görüntü boyutu), nokta yoğunluğu yüksek (yavaş) ve minimum görüntü eşleme sayısı 3 seçilerek veri üretimi gerçekleştirilmiştir.

Bu işlem adımında, yoğun nokta bulutu verilerinin üretimi sonrasında üçgenleme işlemi ile üç boyutlu ağ model üretimi gerçekleştirilmektedir. Üretilen üç boyutlu ağ modelin kalitesi kullanılacak doku kalitesinin seçimine bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Bu aşamada, kullanılacak veri kalitesinin artırılması işlem yükünü arttırarak, veri üretimini yavaşlatmaktadır. Çalışma kapsamında, bütün veri setleri için, yüksek çözünürlüklü üç boyutlu ağ modeli seçeneği seçilerek veri üretimi gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.3 SYM ile Ortomozaik Üretim Aşaması

Bu işlem adımında, yoğun nokta bulutu verilerinin üretimi sonucunda ortomozaik ve SYM üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Üretilen verilerin, uçuş yüksekliği ile kamera özelliklerine göre otomatik olarak sahip olacağı mekansal çözünürlükler görülmekte ve veri üretim süreçlerine göre istenen değerlerde üretilmesinin sağlanması gerçekleştirilebilmektedir. Bu aşamada, yoğun nokta bulutu verisinden, enterpolasyon işlemi ile sayısal yüzey modeli üretim sürecinde yazılım, genellikle engebeli alanlar ile bina modelleme işlemlerinde önerilen “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting)” ile düz ve boş alanların model üretimlerinde önerilen Delauney üçgenleme modeline dayalı algoritma içeren “Düzensiz Yapıda Üçgen Ağı (Triangulation)” olmak üzere iki farklı yöntem sunmaktadır. Tez çalışması kapsamında, menderes yapıları göz önüne alınarak Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi ile veri üretimi gerçekleştirilmiştir. SYM üretim işlemi sonrasında ortomozaik üretimleri gerçekleştirilir.

Tez çalışması kapsamında, menderes yapılarında ve kıyı bölgesinde elde edilmiş İHA hava fotoğrafları yazılıma entegre edilmesi işleminden sonra her bölgeye ait YKN'ler yazılıma entegre edilerek, bulundukları fotoğraflarda işaretleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, ölçümü yapılan her menderes yapısı ve kıyı alanı için İHA'lar tarafından elde edilmiş hava görüntülerinin işlenmesi ile üç boyutlu yoğun nokta bulutları, örgü (mesh) ağ modelleri, çok yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modelleri ve ortomozaik verileri üretilmiştir. Üretilen ortomozaik ve SYM verilerinin YÖA'ları 5 - 10 cm/piksel aralığındadır. Verilerde konumsal doğruluk, uzaktan algılama sistemleri için geçerli olarak varsayılan yarım piksellik hata sınırı içerisinde olmasına dikkat edilerek gerçekleştirilmiştir. Ortomozaik ve SYM veri üretim sonucunda yatay doğruluk 1cm ile 19 cm aralığında, düşey doğruluğun ise 0.8 cm ile 65 cm arasında olduğu görülmüştür. Üretilen verilerin doğruluğu ve veri türü özellikleri Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

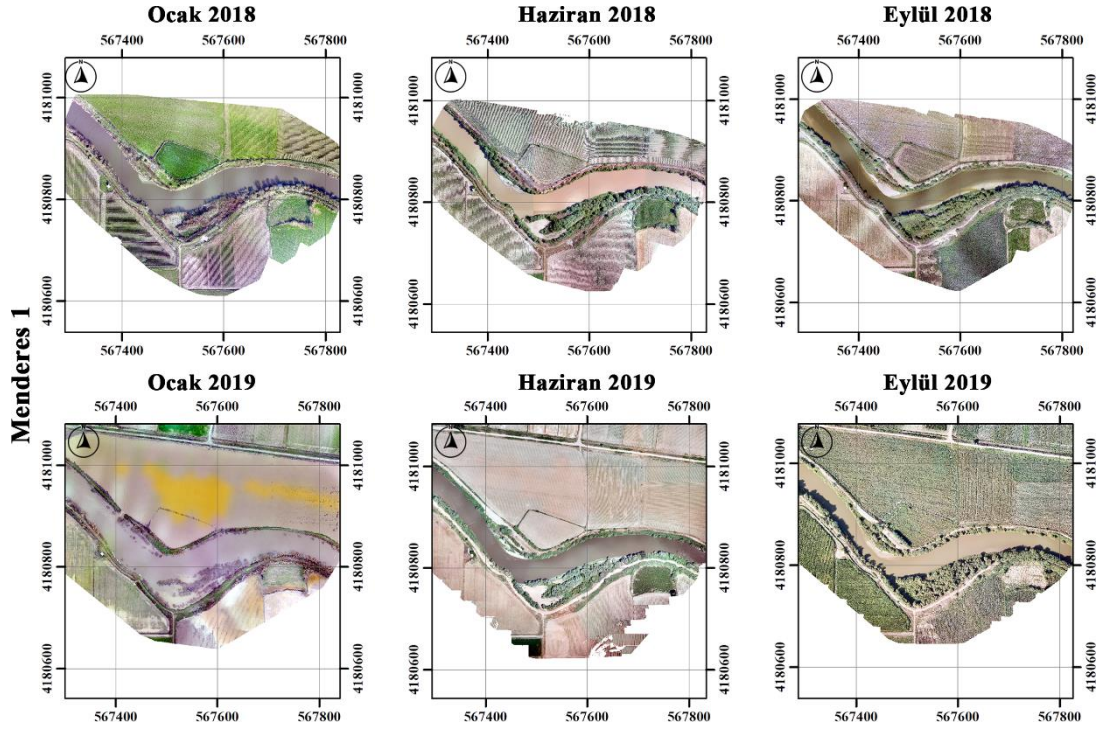
Tablo 2.4 İHA ile üretilen verilerin özellikleri

	Çalışma Alanı	YÖA (m)	YKN Sayısı	Nokta yoğunluğu (nokta / m ³)	Görüntü Koor. Hatası (piksel)	RMSE _z (m)
I.Uçuş-Ocak 2018	Menderes 1	0.041	5	645.75	0.266	0.074
	Menderes 2	0.052	6	261.41	0.263	0.098
	Menderes 3	0.043	5	580.32	0.236	0.022
	Menderes 4	0.042	5	680.40	0.319	0.087
II.Uçuş-Haziran 2018	Menderes 1	0.043	5	497.85	0.254	0.067
	Menderes 2	0.050	5	192.19	0.239	0.008
	Menderes 3	0.044	5	499.69	0.246	0.088
	Menderes 4	0.043	5	581.15	0.327	0.142
	Kıyı	0.100	6	35.25	0.229	0.654

Tablo 2.4 İHA ile üretilen verilen özellikleri (devamı)

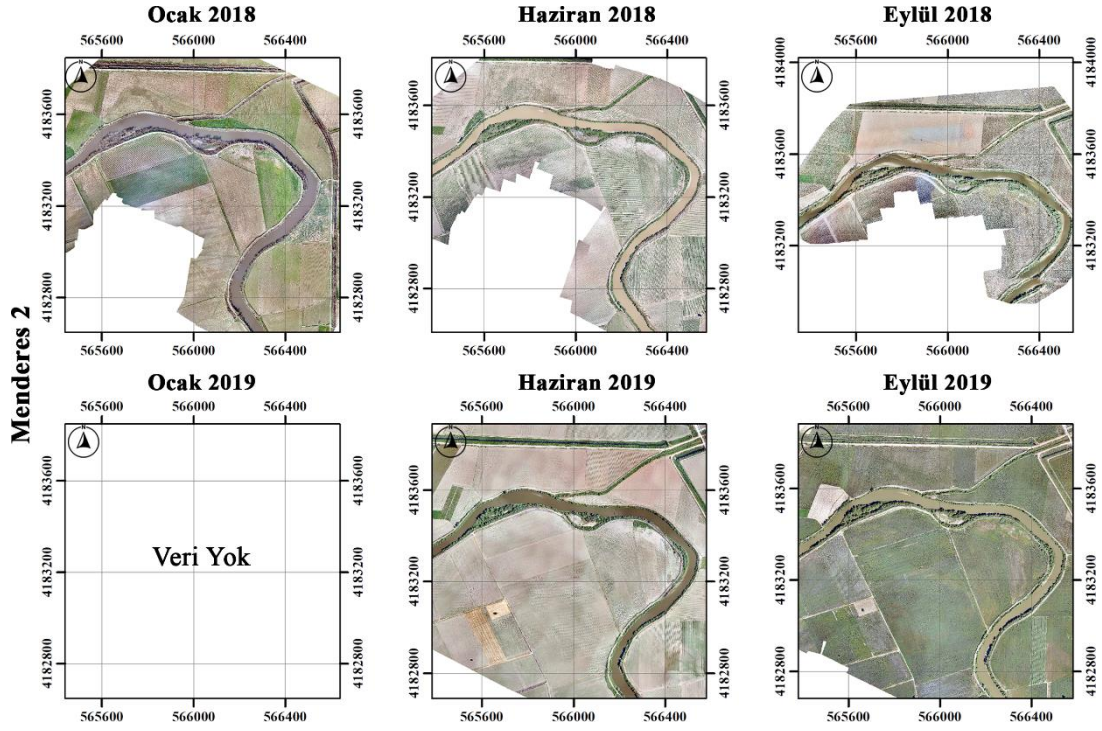
	Çalışma Alanı	YÖA (m)	YKN Sayısı	Nokta yoğunluğu (nokta / m ³)	Görüntü Koor. Hatası (piksel)	RMSE _z (m)
III.Uçuş-Eylül 2018	Menderes 1	0.043	7	544.60	0.230	0.008
	Menderes 2	0.049	7	289.77	0.271	0.027
	Menderes 3	0.042	7	566.36	0.214	0.030
	Menderes 4	0.041	7	573.61	0.300	0.050
	Kıyı	0.065	6	153.41	0.283	0.045
IV.Uçuş-Ocak 2019	Menderes 1	0.040	5	724.45	0.281	0.022
	Menderes 2	Veri Yok				
	Menderes 3	0.042	5	539.94	0.298	0.041
	Menderes 4	0.041	5	643.08	0.312	0.107
	Kıyı	Veri Yok				
V.Uçuş-Haziran 2019	Menderes 1	0.033	8	626.56	0.296	0.059
	Menderes 2	0.062	7	134.71	0.265	0.067
	Menderes 3	0.033	7	519.90	0.317	0.026
	Menderes 4	0.033	5	814.93	0.457	0.033
	Kıyı	0.061	5	139.67	0.188	0.004
VI.Uçuş-Eylül 2019	Menderes 1	0.033	6	1042.68	0.274	0.016
	Menderes 2	0.061	5	123.30	0.230	0.005
	Menderes 3	0.05	6	951.59	0.303	0.019
	Menderes 4	0.042	5	538.96	0.328	0.011
	Kıyı	0.062	7	163.00	0.200	0.077

2018 ve 2019 yılları içerisinde gerçekleştirilen toplam altı arazi çalışması sonucunda dört adet menderes yapısı ile kıyı bölgesine ait ortomozaik ve SYM verilerinin üretimleri gerçekleştirilmiştir. Menderes 1 çalışma alanına ait tüm çalışma zamanlarına ait üretilmiş ortomozaik veriler Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



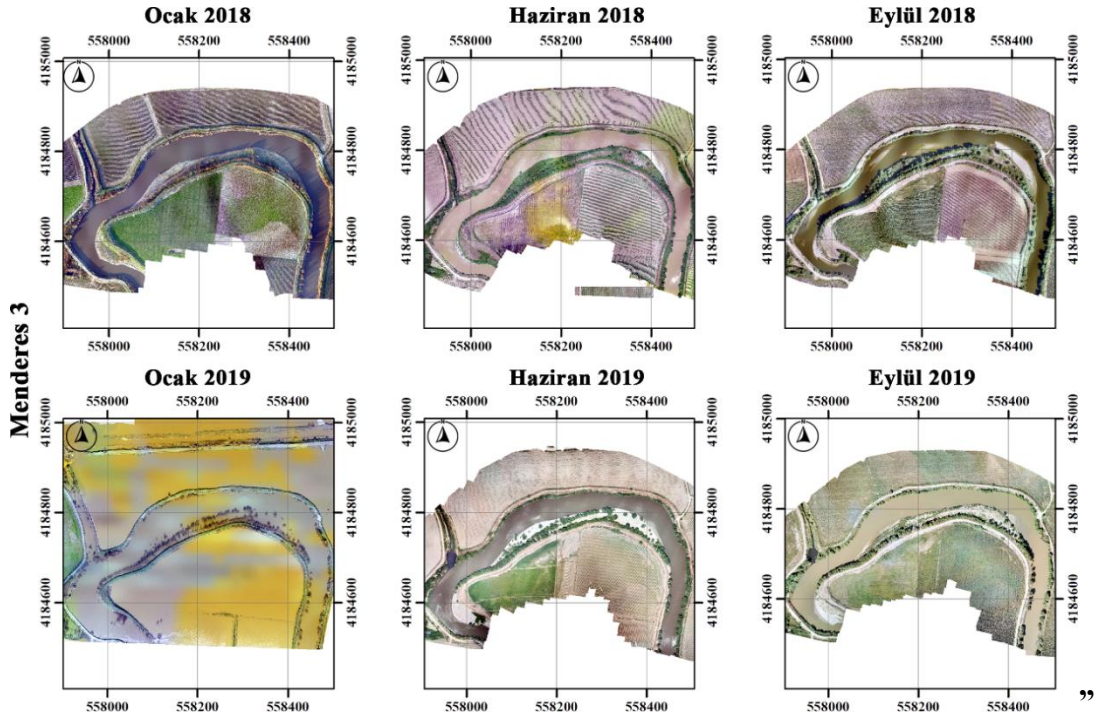
Şekil 2.10 Menderes 1 çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomozaik verilerin gösterimi

Menderes 2 çalışma alanına ait üretilen ortomozaik veriler Şekil 2.11 gösterilmiştir. Bu menderes yapısında, 2019 yılı ocak ayında meydana gelen taşkın olayı nedeniyle arazi ulaşımı sağlanamamış ve İHA uçuşları gerçekleştirilemediğinden dolayı veri üretim işlemi gerçekleştirilememiştir.



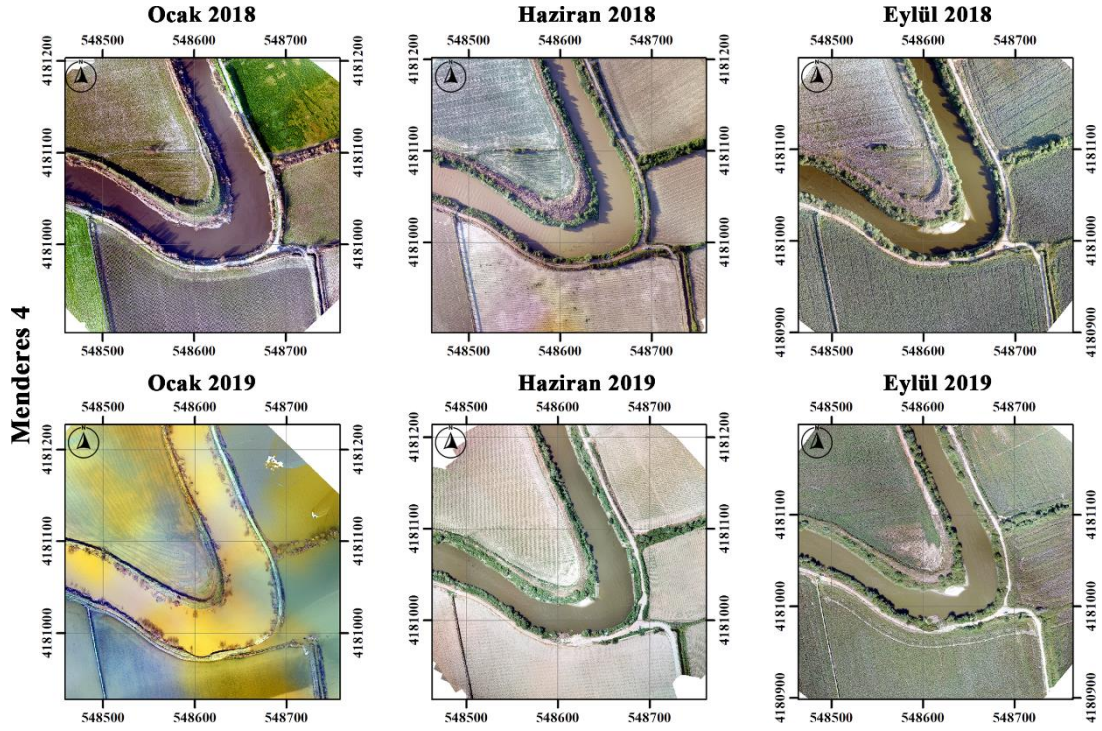
Şekil 2.11 Menderes 2 çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomosaik verilerin gösterimi

Menderes 3 çalışma alanına ait her çalışma zamanı için üretilen ortomosaik veriler Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



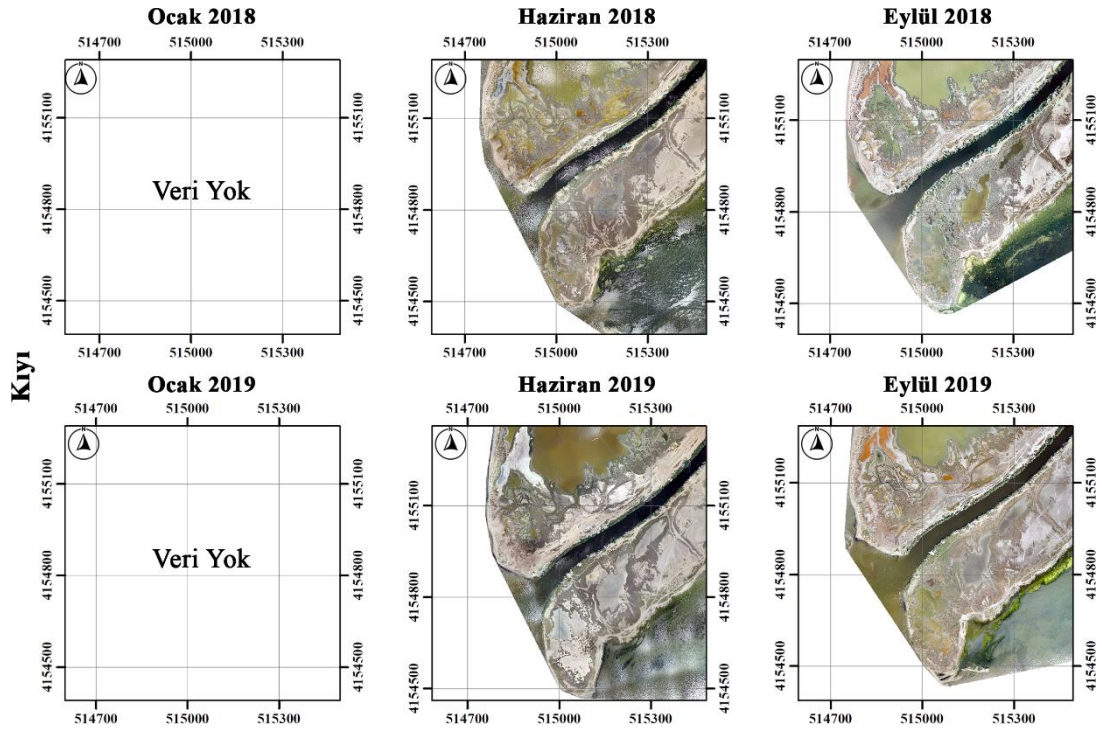
Şekil 2.12 Menderes 3 çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomosaik verilerin gösterimi

Menderes 4 çalışma alanına ait her çalışma zamanı için üretilen ortomozaik veriler Şekil 2.13 gösterilmiştir.



Şekil 2.13 Menderes 4 çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomozaik verilerin gösterimi

Kıyı çalışma alanına ait üretilen ortomozaik veriler Şekil 2.14'te gösterilmiştir. Bu çalışma alanında, 2018 yılı ocak ayında arazi şartlarının, çalışma alanına erişim ve İHA uçuşu için uygun olmamasından dolayı, 2019 yılı ocak ayında ise meydana gelen taşkın olayı nedeniyle arazi ulaşımı sağlanamamış ve İHA uçuşları gerçekleştirilemediğinden dolayı veri üretim işlemi gerçekleştirilememiştir.



Şekil 2.14 Kıyı çalışma alanına ait arazi çalışmaları sonucunda üretilmiş ortomozaik verilerin gösterimi

İHA görüntüleri ile veri üretimi sonucunda elde edilen SYM ve ortomozaik verilerin mekansal çözünürlükleri, kullanılan İHA türüne göre iki farklı seviyededir. Sabit kanatlı İHA ile Menderes 2 ve Kıyı çalışma alanlarında gerçekleştirilen uçuşlar sonucunda verilerin mekansal çözünürlükleri 10 cm, multikopter İHA ile diğer çalışma alanlarında gerçekleştirilen uçuşlar sonucunda verilerin mekansal çözünürlükleri 5 cm olacak şekilde veri üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, meydana gelen sediment değişimlerinin incelenmesinde hacimsel analizler için üretilen SYM verileri, alansal analizler ile kıyı çizgisi analizleri için ortomozaik verileri kullanılarak hesaplanan değişimlerin ekstrem olaylar ile ilişkileri irdelenmiştir.

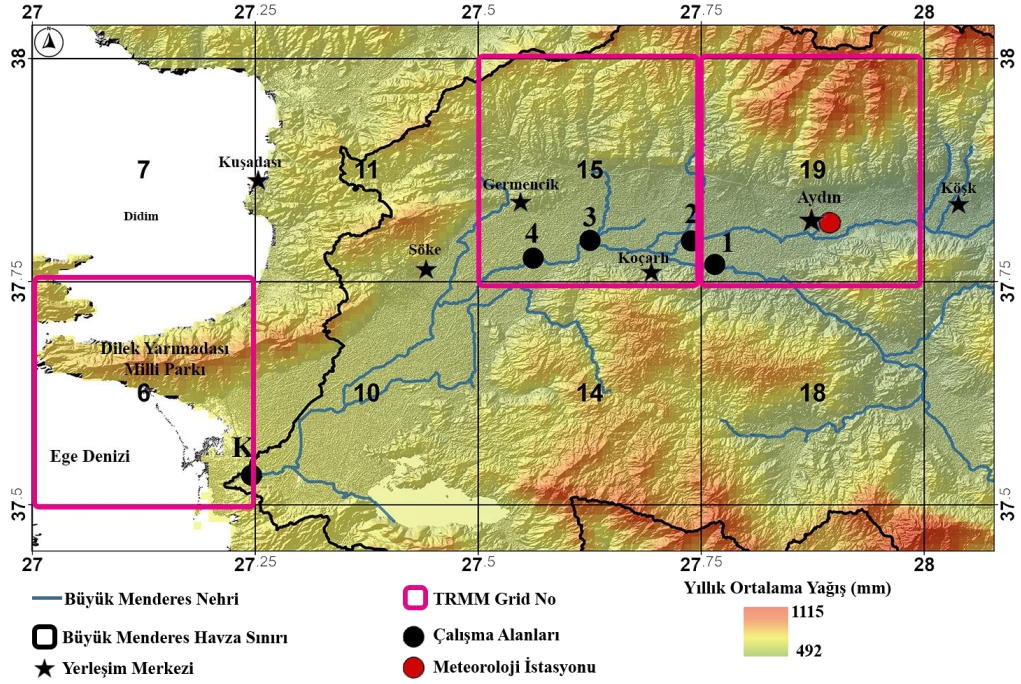
2.4 Ekstrem Değer Analizleri

Ekstrem değer teorisi (Extreme Value Theory - EVT); uzun periyotlarda izlenerek ekonomi, telekomünikasyon, deprem, hidroloji, atmosfer, yağış ve iklim modelleme gibi farklı alanlara ait elde edilmiş verilerin güvenilir şekilde istatistiksel analizi sonucu üretilen veri modelleri ile nadir gerçekleşen ekstrem olayların olasılığının tahmin edilmesini ve etkilerinin yorumlanmasında kullanılmaktadır. Bu teori ile

Üretilen verilerin dağılımlarının tamamı ya da genel ortalamasının yerine verilerin kuyruk kısımlarının modellenmesi ile ekstrem olayların belirlenmesini amaçlamaktadır. Özellikle nehirlerdeki yıllık maksimum taşınımı meydana getiren ekstrem olayların, ekstrem değer dağılım analizleri sonucunda maksimum değer ile ilişkilendirildiği gösterilmektedir [33, 40, 70, 71, 72]. Ekstrem değer analizlerinde, normal dağılım analiz türlerinden olan Frechet, Weibull, ve Gumbel dağılımları ile benzerlik gösteren Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (Generalized Extreme Value - GEV) dağılımı da kullanılmaktadır. Bu çalışmada, yağış verilerine en uygun dağılım fonksiyonu olarak üç parametrelili Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) dağılımı seçilerek uyumluluk testleri gerçekleştirilmiştir.

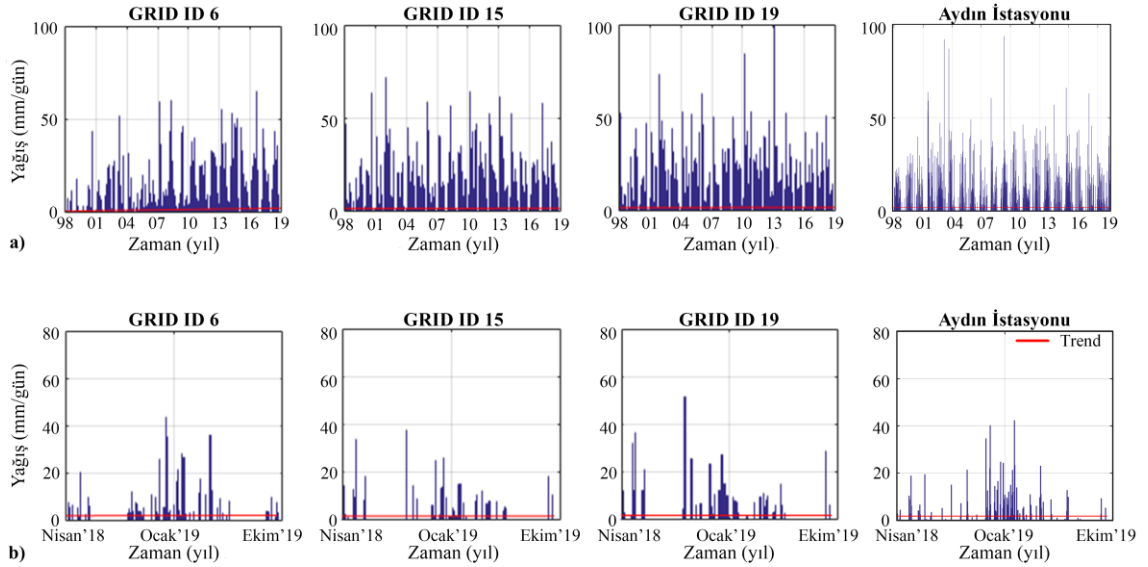
2.4.1 TRMM Verilerinin Temini

Çalışmada, Tropik Yağmur lm Misyonu'na (Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM) ait zaman serisi şeklinde elde edilen yağış verileri kullanılmıştır. TRMM, Tropik ve alt tropik yağışlar ile yağışlarla ilgili enerji salınımını gözlemlemek amacıyla NASA ve Japon Ulusal Uzay Araştırma Ajansı ile ortaklaşa geliştirilen bir projedir. TRMM; Yağış Radarı (Precipitation Radar - PR), TRMM Mikrodalga Görüntüleyici (TRMM Microwave Imager - TMI), Görünür Kızılötesi Tarayıcı (Visible Infrared Scanner - VIRS), Bulut ve Yüzey Radyan Enerji Sistemi (Clouds & Earths Radiant Energy System - CERES) ve Yıldırım Görüntüleme Sensörü (Lightning Imaging Sensor - LSI) olmak üzere beş farklı aygıt kullanılmaktadır. TMI ve PR aygıtlarının birbiriyle entegreli şekilde kullanılması ile üretilen 3B42 algoritması, günlük ve gün içerisinde 3 saat aralıklarla yağış verilerinin temin edilmesini sağlanmaktadır. 3B42 algoritması, 1998 yılından günümüze, 50° kuzey ve güney enlemleri arasını kapsayarak, 25kmx25km'lik gridler halinde yüzey hakkında bilgi vermektedir [27]. Çalışmada, havzada uzun süreli sürekli verilere sahip yağmur ölçer istasyonlarının sayısı sınırlı olduğundan, TRMM zaman serilerinden ve bir alt sıra meteoroloji istasyonundan (Aydın istasyonu) elde edilen yağış verileri kullanılmıştır. TRMM yağış verilerinin, çalışma alanlarını kapsadığı grid numaraları 6, 15 ve 19 olarak şekil 2.15'te gösterilmiştir.



Şekil 2.15 Elde edilen TRMM yağış verilerinin havza alanı üzerinde kapladığı alan ve İHA ölçüm lokasyonlarının gösterimi

Çalışma alanlarını kapsayan TRMM Grid 6, 15, 19 ve Aydın istasyonuna ait yağış verilerinin uzun yıllar (1998-2019) ve çalışma süresince (2018-2019) elde edilen yağış verileri Şekil 2.16'da gösterilmiştir. Çalışma alanlarını kapsayan bu TRMM gridlerine ait elde edilen yağış verileri ekstrem değer analizinde kullanılmıştır.



Şekil 2.16 Elde edilen TRMM yağış verilerinin (a) 1998 ile 2019 yılları arası zaman serileri, (b) Nisan 2018 ile Ekim 2019 tarihleri arası zaman serileri

2.4.2 Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) dağılımı

Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) dağılımı, taşkınların en yüksek değerde olduğu bölgelerde verilerin dağılımını modellemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Elde edilen veriler ile GEV dağılımı analizleri sonucunda, meydana gelen hasar olasılıkları kolaylıkla belirlenmektedir. GEV dağılımı, I, II ve III tip olarak ekstrem değer dağılımlarını birleştiren sürekli olasılık dağılımlarının bir üyesidir. GEV dağılımı üç parametrelili dağılım olarak tanımlanmakta ve bu parametreler; konum (μ), ölçek (σ) ve şekil (ξ) parametreleridir. GEV dağılımı, sürekli olasılık dağılımları içerisinde bulunmakta ve Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Probability Density Function - PDF) ile yaygın olarak ekstrem yağışların modellenmesinde kullanılan Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (Cumulative Distribution Function - CDF) ve Geri Dönüş Fonksiyonu sırasıyla (2.1), (2.2) ve (2.3)'te verilmiştir [71, 73, 74, 75].

$$f(x : \mu, \sigma, \xi) = \frac{1}{\sigma} \left[1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{(-1/\xi) - 1} \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\} \quad (2.1)$$

$$1 + \xi(x - \mu) / \sigma > 0 \text{ için,}$$

$$F(x : \mu, \sigma, \xi) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\} \quad (2.2)$$

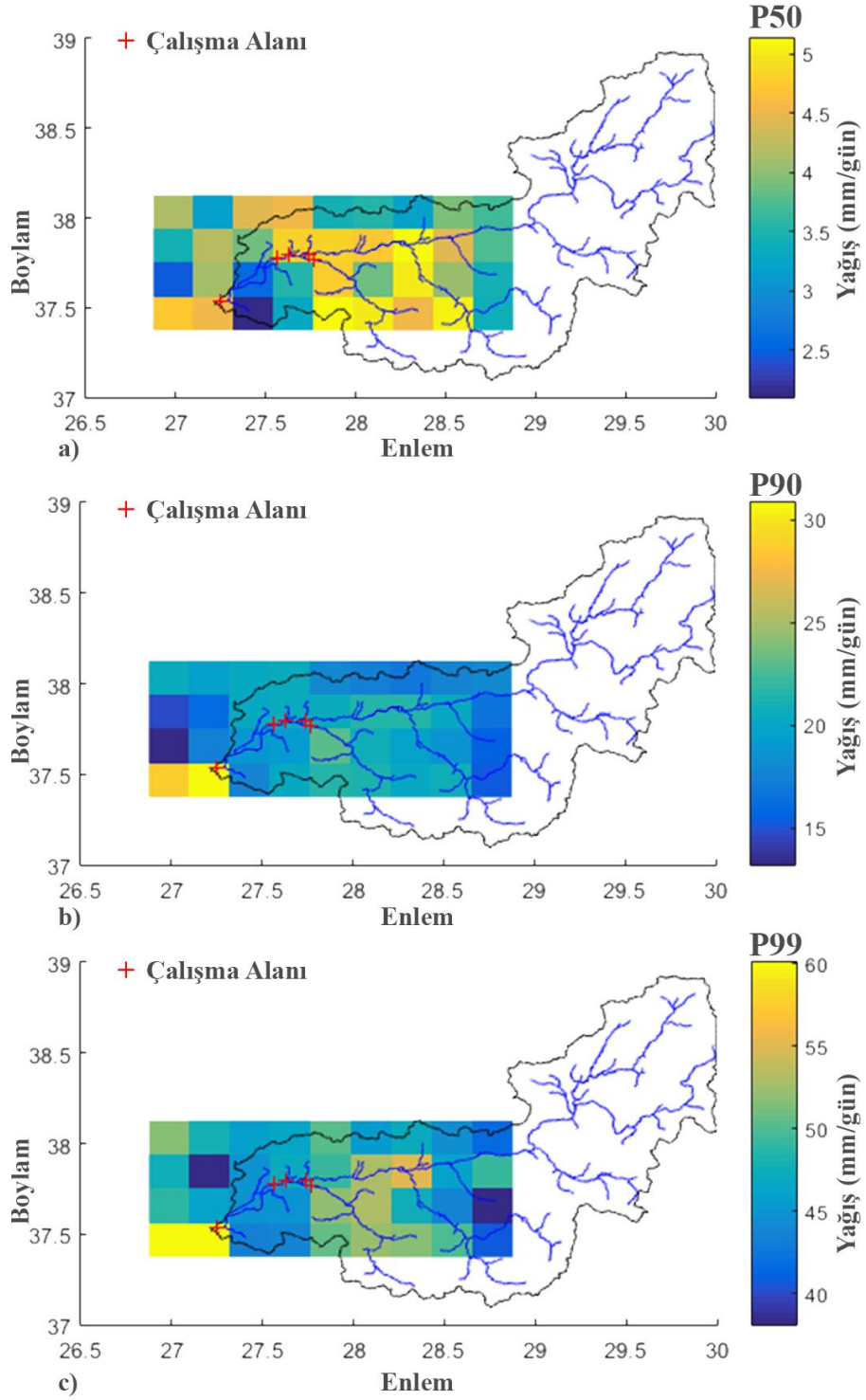
$$1 + \xi(x - \mu) / \sigma > 0 \text{ için}$$

$$X(T) = \mu - \frac{\sigma}{\xi} \left\{ 1 - \left[-\log \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-\xi} \right\} \quad (2.3)$$

Dağılım fonksiyonunda; konum (μ) parametresi, dağılımın yatay ekseninde yani elde edilen zaman aralığındaki yağış miktarındaki kayma oranını ifade etmektedir. Ölçek (σ) parametresi, dağılımın ortalamasını belirlemek ve yayılımın fazla olduğu bölgeleri göstermektedir. Şekil (ξ) parametresi, dağılımda maksimum çoğul değerlerin toplandığı alanları yani dağılımların kuyruk alanlarını göstererek ekstrem olayların bulunduğu yer hakkında bilgi vermektedir [73, 76]. Günlük yağış verisi olarak 0.1 mm'den büyük yağışa sahip günlük yağış verileri ile dağılım analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yüzde birlik analizler; uzun periyodlar ile elde edilmiş veri setini yüz eşit parçaya bölerek, her bölünen bir parçanın örnek değerlerinin 1/100'ini içerdiği, 99 tane özet dağılım değerlerini ifade etmektedir. Bu çalışmada, ekstrem değerlerin belirlenmesinde bir yöntem olarak TRMM uydusuna ait uzun yıllar günlük yağış verilerinin zaman serileri ile 50., 95. ve 99. yüzde birlik değerleri belirlenmiştir. TRMM uydusuna ait 1998-2019 yıllarını içeren günlük yağış veri setinden üretilen P50 (ortalama), P90 ve P99 ekstrem değerlerin çalışma bölgesindeki mekânsal dağılımları Şekil 2.17'de gösterilmiştir.

Ekstrem olay çalışmalarında daha önce meydana gelmiş bir ekstrem olayın, gelecek zaman diliminde tekrar meydana gelme olasılığını belirlemek, gelecekte oluşturacağı tehlikeler ile neden olacağı maddi hasarlar ve insan kayıpları açısından önem arz etmektedir. Geri dönüş periyodu ile zaman serisi şeklindeki veri setinde tespit edilmiş bir ekstrem değerın tekerrür etmesi için geçen zaman aralığı belirlenmektedir [76, 77]. Çalışmada TRMM 3B42 günlük yağış verileri ile gerçekleştirilen GEV dağılım fonksiyonu sonucunda ekstrem değerlere ait geri dönüş periyodları belirlenmiştir.



Şekil 2.17 TRMM uydu verilerinden hesaplanan (a) 50., (b) 90. ve (c) 99. yüzde birliklerin mekansal dağılımları

2.4.3 Yıllık Yağış Verilerin Analizi

Ekstrem yağışlar meydana getireceği taşkın ile insan yaşamı, yerleşim ve tarım alanları için tehlikeli sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Yağış periyodlarının

incelenmesi için gerçekleştirilen analizler gelecek dönemlerde yaşanabilecek ekstrem yağışların tahmin edilebilmesini ve meydana gelebilecek afetlere karşı önlem alınabilmesini sağlayabilmektedir.

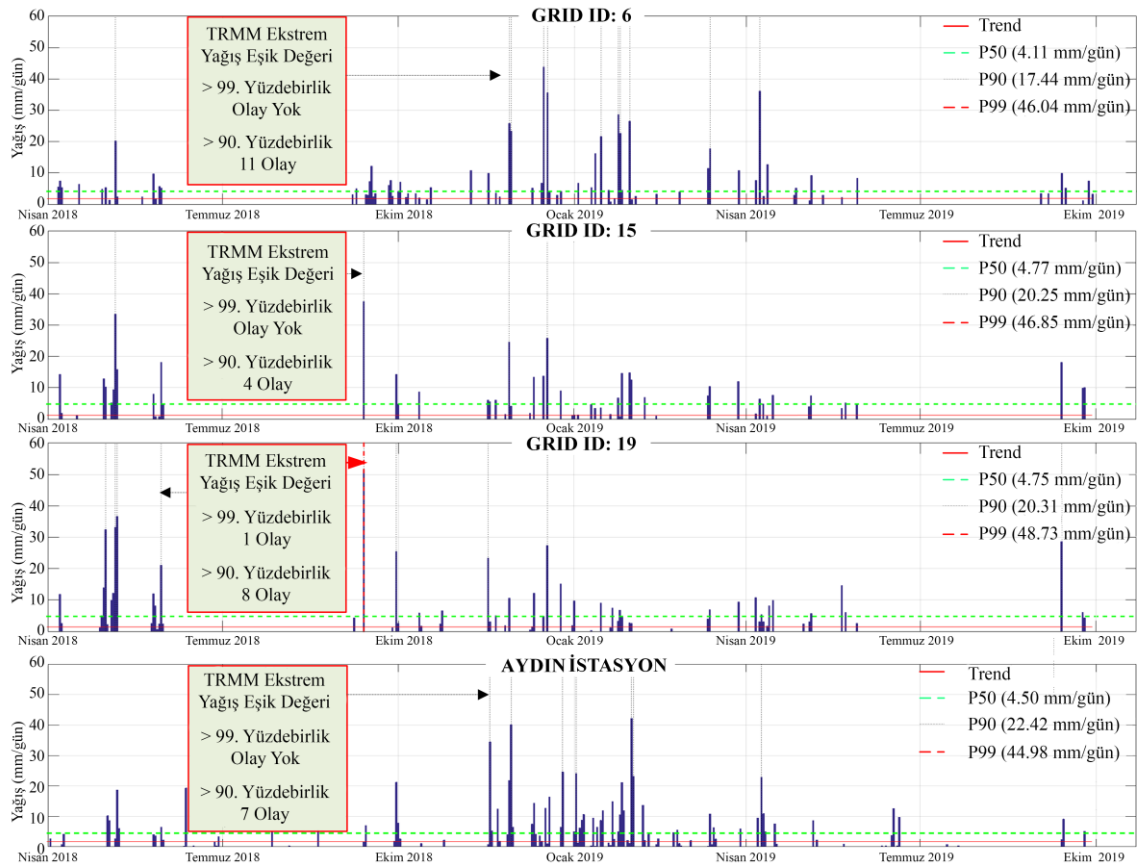
Çalışmada, İHA ile ölçüm gerçekleştirilen beş çalışma alanının bulunduğu konumları temsil eden 21 yıllık TRMM yağış verisinden elde edilen yağışlı günlerin (günlük 0.1mm'den fazla yağış) 99. yüzde birlik (P99) değerleri kapsayan ekstrem günlük yağış değerleri ve TRMM - 3B42 ekstrem yağış eşik değerleri belirlenerek her bir bölge için yağışların ekstrem değere ulaştığı (99. yüzde birlik değerlerini aştığı) günler tanımlanmıştır. 1998-2019 yılları arası yağış verileri ile ekstrem yağışlar belirlenmiştir. Bu aralığa ait ekstrem değer analizleri sonucunda P50, P99, P90 geri dönüş periyodları bu veriler ile belirlenmiştir. 2018-2019 yağış verilerine göre P50, P99, P90 ile taşkın anında meydana gelen ekstrem yağışlar ifade edilmektedir. Yağış serisindeki yağış değerlerinin ortalama değerden çıkartılması ile trend değerleri belirlenerek havzadaki yağış eğilimi ifade edilmektedir. 21 yıllık uzun dönem elde edilen ekstrem değerlerin üzerindeki yağışlara (P90 ve P99), arazi çalışmasını kapsayan 2018 - 2019 yılları arasında TRMM yağış verileri ve Aydın istasyonu verileri ile hangi zamanlarda eriştiği ve bu dönem içerisinde meydana gelen toplam ekstrem olay sayısı Şekil 2.18'de verilmiştir.

TRMM GRID 6, 10 ve 19 için hesaplanan ortalama yağış değerlerinin (P50) birbirlerine yakın ve sırasıyla 4.11 mm/gün, 4.77 mm/gün ve 4.75 mm/gün olduğu görülmektedir. Çalışma alanlarını içeren TRMM gridleri için belirlenen trend yağış değerlerinin, P50 yağış değerlerinin altında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte kıyı çalışma alanını içeren TRMM GRID 6 bölgesinde, trend değerinin diğer gridlere göre P50 yağış değerine yakın olduğu görülmektedir.

Arazi çalışması yapılan lokasyonlara ilişkin ekstrem yağış değerlerinden; kıyı çalışma alanını temsil eden TRMM GRID ID 6 ile Menderes 2, Menderes 3 ve Menderes 4 çalışma alanlarını temsil eden TRMM GRID ID 15 zaman serilerinde, P99 ekstrem yağış eşik değerini (sırasıyla 46.04 mm/gün ve 46.85 mm/gün) aşan yağış olayları meydana gelmemiştir. Bu grid alanlarında, belirlenmiş tarih aralığında P90 ekstrem yağış eşik değeri (sırasıyla 17.44 mm/gün ve 20.25 mm/gün) üzerinde sırasıyla 11 ve 4 ekstrem yağış olayı meydana geldiği görülmektedir. Menderes 1

çalışma alanını temsil eden TRMM GRID ID 19 da ise P99 ekstrem yağış eşik değerini (48.73 mm/gün) üzerinde 1 ekstrem yağış olayı, P90 ekstrem yağış eşik değerini (20.31 mm/gün) üzerinde ise 8 ekstrem yağış olayının meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca gridler arası P90 değerleri incelendiğinde GRID ID 6'da daha düşük yağış değerine sahip olduğu fakat meydana gelen olay sayısının diğer gridlerden fazla olduğu görülmektedir.

TRMM yağış verileri yanı sıra Aydın istasyonuna ait yağış verileri ile hesaplanan P50, P90 ve P99 ile ekstrem yağış eşik değerlerinin GRID ID 19'a yakın değerlerde olduğu ve P90 ekstrem yağış eşik değerini (22.42 mm/gün) üzerinde ise 7 ekstrem yağış olayının meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca, 31 Ocak 2019'da Aydın istasyonunda kaydedilen günlük yağış (42.2 mm/gün), P99 ekstrem yağış değeri istasyon için 44.98 mm/gün olduğu için aşırı bir olayın gerçekleştiğini doğrulamıştır.



Şekil 2.18 Ekstrem yağış grafikleri

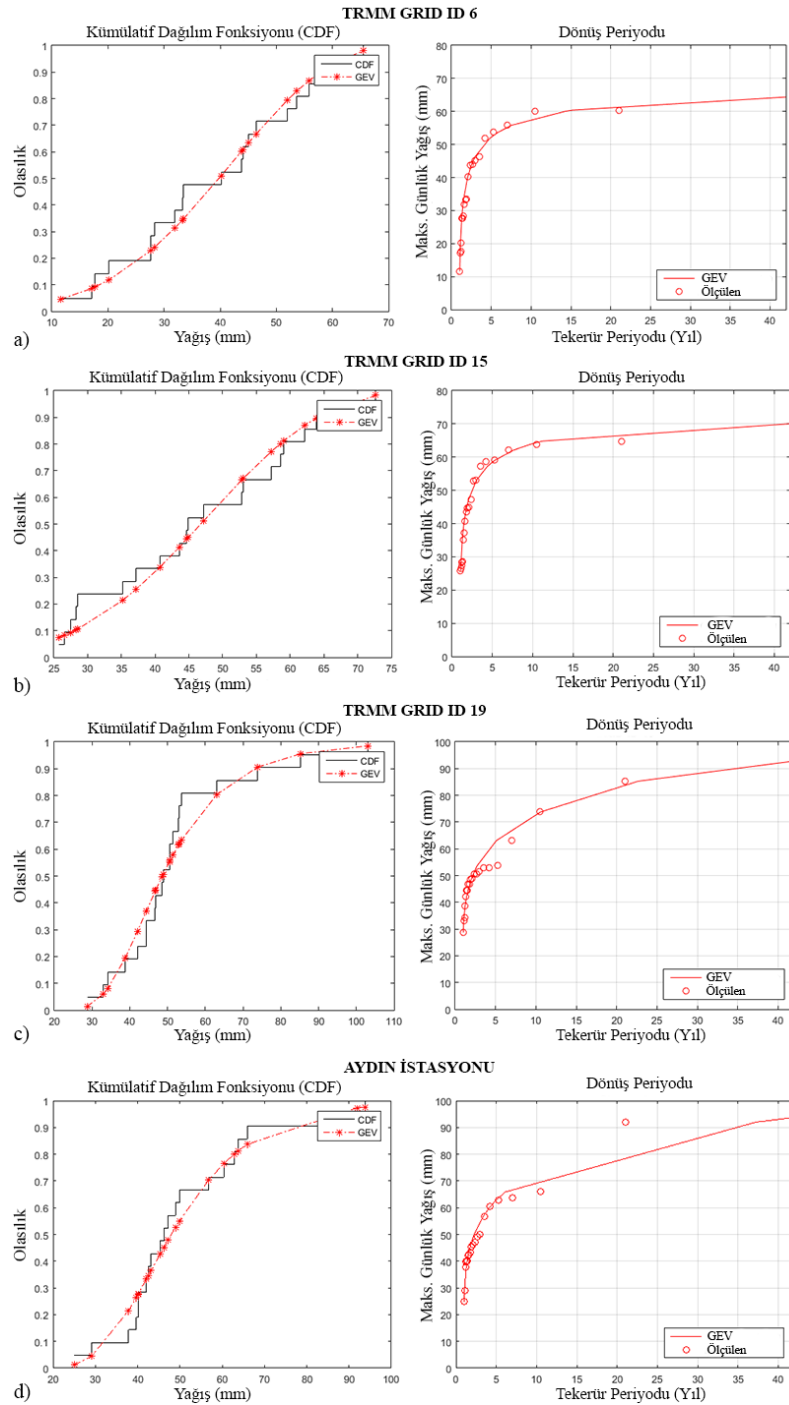
P99 ekstrem yağış eşik değerini geçerek gerçekleşen ekstrem yağış olayının, 2018 yılı eylül ayından meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca tüm çalışma alanlarını içeren gridler incelendiğinde, meydana gelen P90 ekstrem yağış eşik değerini geçerek gerçekleşen ekstrem yağış olaylarının genellikle 2019 yılı ocak ayında meydana geldiği görülmektedir. Gerçekleştirilen iki yıllık çalışma sürecinde, bazı mendereslerde taşkına neden olmuş olan yağışların 31 Ocak – 3 Şubat 2019 tarih aralığında P90 ekstrem yağış eşik değeri ile görülmektedir. Ayrıca bu tarih aralığında, menderes yapılarında meydana gelmiş olan taşkın olayına 2019 yılı ocak ayında gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında görülmüştür.

Çalışma alanlarını içeren, 1998 – 2019 yıllarına ait TRIM 3B42 günlük yağış verileri (GRID ID 6, 15 ve 19) ve Aydın istasyonuna ait veriler ile geri dönüş periyotlarının belirlenmesi amacıyla maksimum verilerin GEV dağılım fonksiyon parametreleri hesaplanarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. TRMM günlük yağış verilerinin dağılım fonksiyonlarının yıllık maksimum yağış verilerinin gözlenen ve GEV dağılımı ile belirlenen beklenen değerlerine ait Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (CDF) Grafikleri ve Geri Dönüş Periyotları Şekil 2.19'da gösterilmiştir.

Meydana gelebilecek yağışların miktarları ve olasılıklarının incelenmesini sağlayan kümülatif dağılım fonksiyonu incelendiğinde, çalışma alanlarını içeren bölgelerde meydana gelebilecek yağışların olasılıkları GRID ID 6 ve 15 için benzer grafik göstermekteyken GRID ID 19'da farklılık göstermektedir. Meydana gelebilecek yağışların miktarlarının olasılığı GRID 6 ve 15 için daha düzenli bir artış göstermekteyken, GRID ID 19'da meydana gelebilecek yağış miktarlarının olasılığı daha hızlı bir değişim gösterdiği görülebilmektedir. Bununla birlikte günlük yağış miktarı 50mm'den fazla yağışların meydana gelme olasılığı ise her çalışma alanı için de yaklaşık olarak %50'den fazla bir oranı göstermektedir.

Çalışma alanlarını içeren gridlere ait geri dönüş periyodları incelendiğinde, meydana gelen yağışların genellikle üç ile beş yıl içerisinde süreklilik gösterdiği, ölçülen en maksimum yağış değerlerine yaklaşık olarak on ile yirmi yıllık periyod sonucunda ulaşabildiği ve tekerrür ettiği görülmektedir. Ayrıca kıyıdan uzak çalışma alanı ile kıyıya yakın çalışma alanlarındaki maksimum yağış miktarı ile tekerrür etme süreleri incelendiğinde kıyıdan uzaklaştıkça meydana gelen

maksimum yağış miktarının arttığı ve benzer ölçüdeki yağış değerlerinin tekerrür sıklığının arttığı görülmektedir.



Şekil 2.19 Yağış verilerinden elde edilen Olasılık-Olasılık (P-P) ve Geri dönüş periyodu grafikleri; a) GRID ID 6, b) GRID ID 15, c) GRID ID 19

3

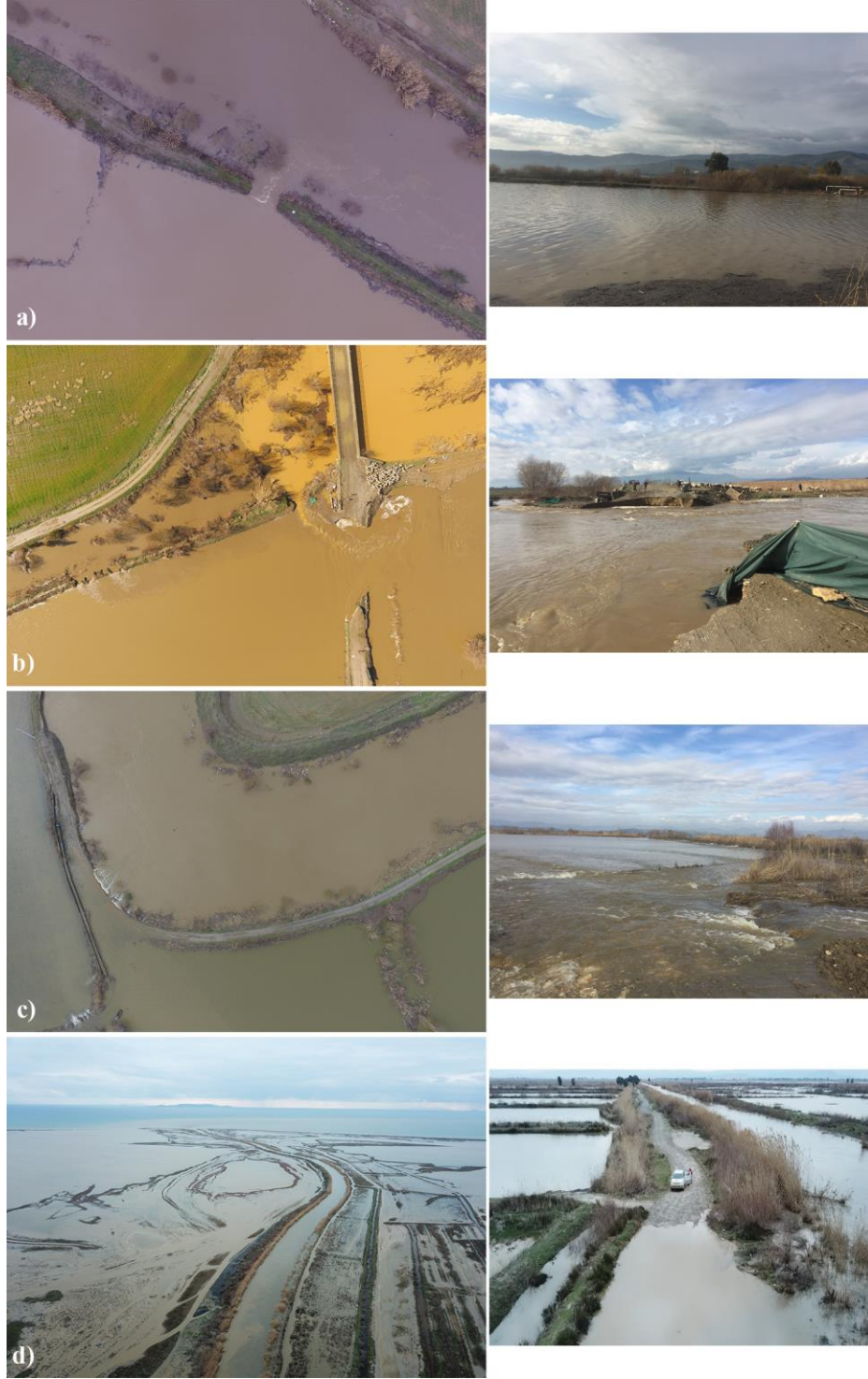
DÖNEMSEL DEĞİŞİM ANALİZLERİ

3.1 Büyük Menderes Havzası’nda Dönemsel Değişim Analizleri

Çalışma kapsamında, İHA ile gerçekleştirilen ard zamanlı arazi çalışmaları sonucunda elde edilmiş İHA görüntüleri ile üretilen ortomozaik ve SYM verileri ile menderes yapılarında ve kıyı alanında nehir kıyı çizgisinde meydana gelen uzunluk, alan ve hacim değişimleri hesaplanmıştır. Aynı zamanda, 2019 yılında meydana gelen taşkın sonucunda, havzada meydana gelen değişimlerin incelenmesi amacıyla farklı yıllara ait uydu görüntüleri ile sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilerek önceki yıllardaki taşkın durumu ve meydana gelen taşkın sonucunda etkilenen alanlar belirlenmiştir.

3.1.1 Büyük Menderes Havzası Taşkın Analizi

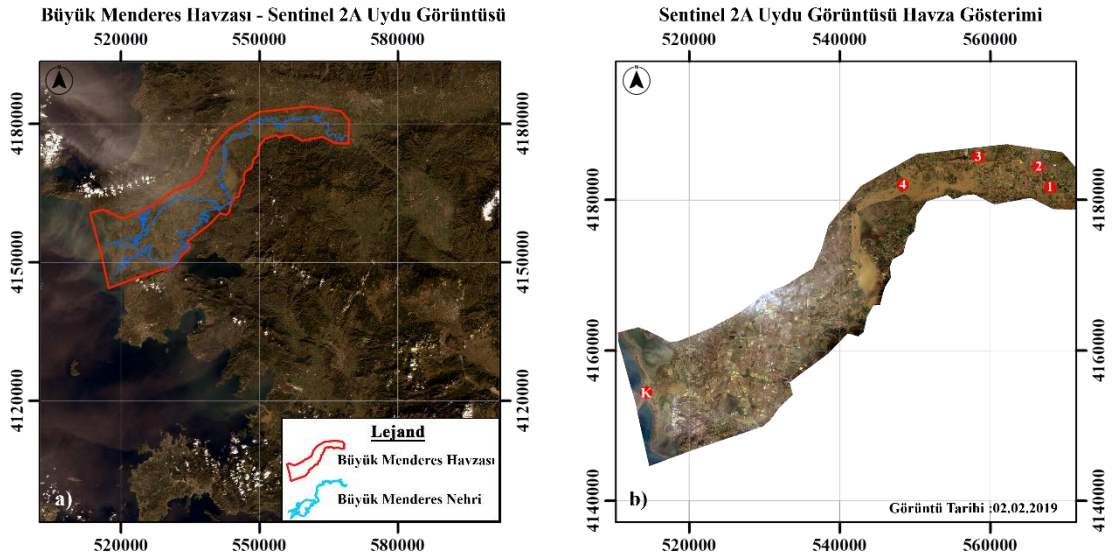
Büyük Menderes Havzası’nda gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında, 2019 yılı ocak ayında havzada taşkın olayının meydana geldiği ve menderes yapılarının bulunduğu bölgelerde su seviyesinin yükselmesi ve nehir ile tarlalar arasında oluşturulmuş setlerin yıkılması ile tarlaların sular altında kaldığı görülmüştür. Taşkın alanları, arazi çalışması sırasında gerçekleştirilen İHA uçuşları ile elde edilen ve yerden çekilmiş fotoğraflarda Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1 Çalışma alanlarında meydana gelen taşkın olayının İHA görüntüleri ile ve yersel fotoğraflar ile detaylı gösterimi; a) Menderes 1, b) Menderes 3, c) Menderes4, d) Kıyı

Taşkın olayının, havzayı ve çalışma gerçekleştirilen menderes yapılarına etkisini incelemek ve geçmiş yıllarda meydana gelmiş olabilecek taşkın olaylarının belirlenmesi amacıyla havzayı içerisine alacak şekilde; yeryüzü kullanımı/örtüsü,

tarımsal, afet haritalama, su ve kıyı izleme gibi birçok konuda analizler gerçekleştirmek amacıyla kullanılan Sentinel 2A uydu görüntüleri temin edilerek çalışmada kullanılmıştır. 2019 yılı ocak ayında meydana gelen taşkın olayından dolayı 2016, 2017, 2018 yıllarına ait ocak ayı ve 2019 yılına ait şubat ayı Sentinel 2A uydu görüntüleri temin edilmiştir. Sentinel 2A uydu görüntüleri, 12 adet farklı dalga boyuna sahip bant içermekle birlikte görünür bantlar ile yakın kızılötesi bandın mekansal çözünürlüğü 10 m olarak temin edilmektedir. Çalışmada, taşkın olayının etkisini incelemek amacıyla her yıla ait uydu görüntüleri ile nesne tabanlı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Havzada, yeryüzüne ait objelerin sınıflandırılması amacıyla beş adet sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar; nehir, diğer (tarım, yerleşim, orman, boş arazi vb.), deniz, sulak alan ve taşkın alanlarını ifade etmektedir.



Şekil 3.2 Sentinel 2A uydu görüntüsü ve Büyük Menderes Havzası çalışma alanı

Nesne tabanlı sınıflandırma metodu, segmentasyon ve sınıflandırma işlemleri olmak üzere iki temel aşamadan oluşmaktadır. Bu yöntem ile uydu görüntüsündeki pikseller; şekil, renk, yumuşaklık, bütünlük ve ölçek parametrelerine göre benzer özelliklerde gruplandırılarak segmentleri oluşturmaktadır [78, 79]. Segmentasyon aşaması, uydu görüntülerinde uygun parametreler deneysel olarak belirlenerek ölçek parametresi 75, renk parametresi 0.4 ve bütünlük parametresi ise 0.5 seçilerek gerçekleştirilmiştir. Segmentasyon aşamasında, segmentasyon parametreleri belirlenmesi aşamasından sonra nehir alanlarına ait segmentlerin

çıkarımı amacıyla Büyük Menderes Nehri'ne ait nehir vektör verisi sisteme entegre edilerek segmentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Segmentasyon aşaması sonrasında, öncelikle su ve tarım alanlarının sınıflandırılması amacıyla normalize edilmiş fark bitki indeksi "Normalized Difference Vegetation Index" (NDVI) ve normalize edilmiş fark su indeksi "Normalized Difference Water Index" (NDWI) indisleri eCognition yazılımında oluşturularak, objelere ait eşik değerlerinin belirlenmesi ile objelerin ait oldukları sınıflara atama işlemleri gerçekleştirilmiştir. NDVI değerleri ile bitki fenolojik evreleri, bitki türleri belirlenebilmesiyle birlikte bitki örtüsü alanların, yeryüzündeki diğer objelerden ayırt edilmesini sağlamaktadır [80, 81, 82]. NDVI değerleri -1 ile 1 arasında değer almakla birlikte, yakın kızılötesi bant (Near Infrared - NIR) ile görünür bölgedeki kırmızı bandın farkının, bu iki bandın toplamına oranını ile hesaplanmaktadır (3.1).

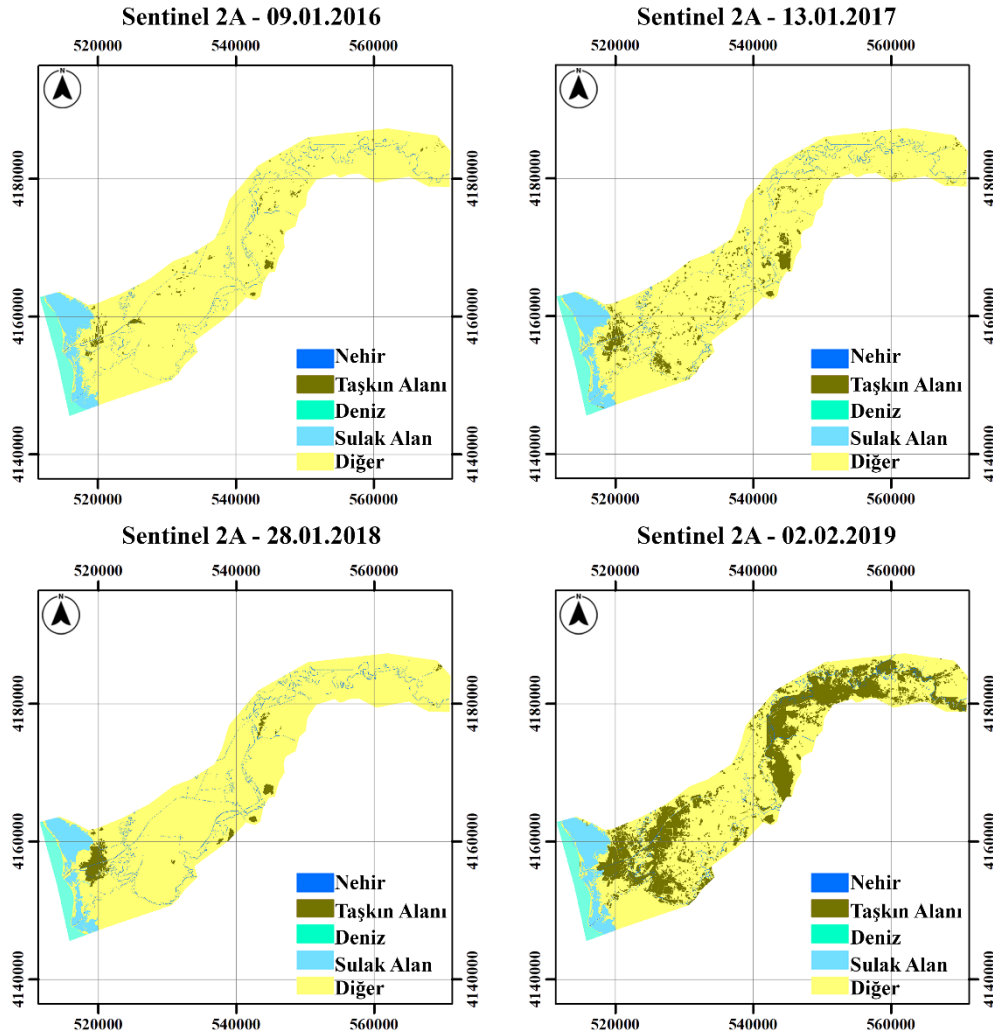
$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \quad (3.1)$$

NDWI değerleri ise nehir, göl, deniz gibi farklı su alanlarının tespit edilmesinde, su alanlarının, yeryüzündeki diğer objelerden ayırt edilmesini sağlamaktadır [82,83]. NDWI değerleri -1 ile 1 arasında değer almakla birlikte, görünür bölgedeki yeşil band ile yakın kızılötesi bandın (Near Infrared - NIR) farkının, bu iki bandın toplamına oranını ile hesaplanmaktadır (3.2)

$$NDWI = (GREEN - NIR)/(GREEN + NIR) \quad (3.2)$$

Oluşturulan NDVI ve NDWI indislerinin, temin edilen uydu görüntülerinde minimum eşik değerleri belirlenmesi ve görsel yorumlama ile desteklenmesi sonucunda yüzey objelerine ait minimum eşik değerleri belirlenerek sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bitki alanlarının olduğu yani tarım alanı sınıfı ile tarım alanı olmayan sınıfların belirlenmesi amacıyla farklı yıllara ait görüntülerdeki NDVI minimum eşik değerleri belirlenmiştir. Bitki bulunan tarım alanları için minimum eşik değeri 0.39 olarak belirlenmiş ve bu değerden büyük olarak tarım alanı olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda bitki bulunmayan boş tarım alanları için bu değer 0.11 ile 0.39 arasında olduğu görülmüştür. Taşkın alanları için NDWI değerleri incelendiğinde ise taşkın alanlarının genellikle 0 değerinden küçük değerlere sahip olduğu görülmekle birlikte bazı bölgelerde bu değerden büyük değerleri de

kapsadığı görülmüştür. Taşkın alanları ile su bulunan alanlarının belirlenmesi amacıyla farklı yıllara ait görüntülerdeki NDWI minimum eşik değerler belirlenmiştir. Taşkın alanları için görüntülerdeki NDWI eşik değerlerinin 0.17 ve 0.31 arasında olduğu görülmüştür. Sulak alanlar ve deniz için ise minimum eşik değerinin sırasıyla 0.45 ve 0.68 olduğu görülmüştür. Nehir alanlarının sınıflandırılma işleminde ise nehir sularının taşkın renklerine benzerlik gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle, segmentasyon aşamasında kullanılan nehir alanlara ait tematik vektör veri nehir alanlarının sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Tematik nesne özellikleri fonksiyonu ile nehir tematik vektör verisi özneteliğinden yararlanılarak nehir alanlarının sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. İndis ve eşik değerler ile gerçekleştirilen sınıflandırma işlemleri görsel yorumlama ile desteklenerek sınıflandırma işlemleri tamamlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Büyük Menderes Havzası sınıflandırma sonuçları

Sınıflandırma sonucunda, yeryüzüne ait objelerin atandıkları sınıflara ait doğruluklarını ölçmek amacıyla genel sınıflandırma işlemi için doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemi sonucunda, her sınıf için otomatik olarak üretilen 40 adet ve toplamda 200 adet kontrol noktası ile doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemi doğruluklarını hesaplamak amacıyla hata matrisi oluşturularak sınıflandırma işlemlerine ait genel, kullanıcı ve üretici doğrulukları hesaplanmıştır. Genel doğruluk sınıflandırma işlemi sonucunda, yeryüzünde bulunan nesnelerin doğru sınıfa atanma doğruluğu ifade etmektedir. Üretilen tematik haritanın doğruluğunu ve nesnelerin ait oldukları sınıflara atanma doğrulukları üretici doğruluğu ile ifade edilmektedir. Kullanıcı doğruluğu ise yeryüzündeki nesnelerin doğru sınıfa atanma doğruluğunu ifade etmektedir [84]. Her yıl için gerçekleştirilen kontrollü sınıflandırma sonucunda belirlenmiş sınıflara ait üretici doğrulukları %83 ile %100 arasında, kullanıcı doğrulukları ise %87,5 ile %100 arasında belirlenmiştir. Sınıflandırma genel doğrulukları ise %94.5 ile %97.0 arasında belirlenmiştir (Tablo 3.1). Sınıflandırma işlemi için hesaplanan Kappa istatistiği ise 0.95 ile 0.97 arasında değiştiği görülmektedir.

Tablo 3.1 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılları sınıflandırma işlemi sonucunda genel doğruluklarının ve sınıflara ait doğrulukların gösterimi

Sınıflar	2016		2017		2018		2019	
	Doğruluk (%)							
	Kullanıcı	Üretici	Kullanıcı	Üretici	Kullanıcı	Üretici	Kullanıcı	Üretici
Nehir	87.50	97.20	97.50	97.50	92.50	97.40	95.00	97.40
Taşkın Alanı	87.50	97.20	90.00	97.30	90.00	94.70	87.50	92.10
Deniz	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	97.50	95.10
Sulak Alan	97.50	97.50	100.00	97.60	97.50	97.50	95.00	97.40
Diğer	100.00	83.30	97.50	92.80	97.50	88.60	97.50	90.70
Genel Doğ.(%)	94.50		97.00		95.50		94.50	

Sınıflandırma işlemleri sonucunda sınıflara ait hesaplanan alanlar Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında özellikle taşkın meydana gelen alanlar incelendiğinde, 2016 yılında taşkın küçük bir alanda olduğu görülmektedir. 2017 ve 2018 yıllarına ait sınıflandırma sonuçları incelendiğinde ise taşkın olayının kıyı alanına yakın bölgelerde daha fazla olduğu görülmektedir. 2019 yılında ise meydana gelen taşkın olayı sonrasında nehir alanlarına yakın tarla alanlarının, taşkın sonucunda nehir suları altında kaldığı görülmektedir. Benzer şekilde kıyı alanına yakın bölgelerin de taşkın olayından etkilendiği görülmektedir.

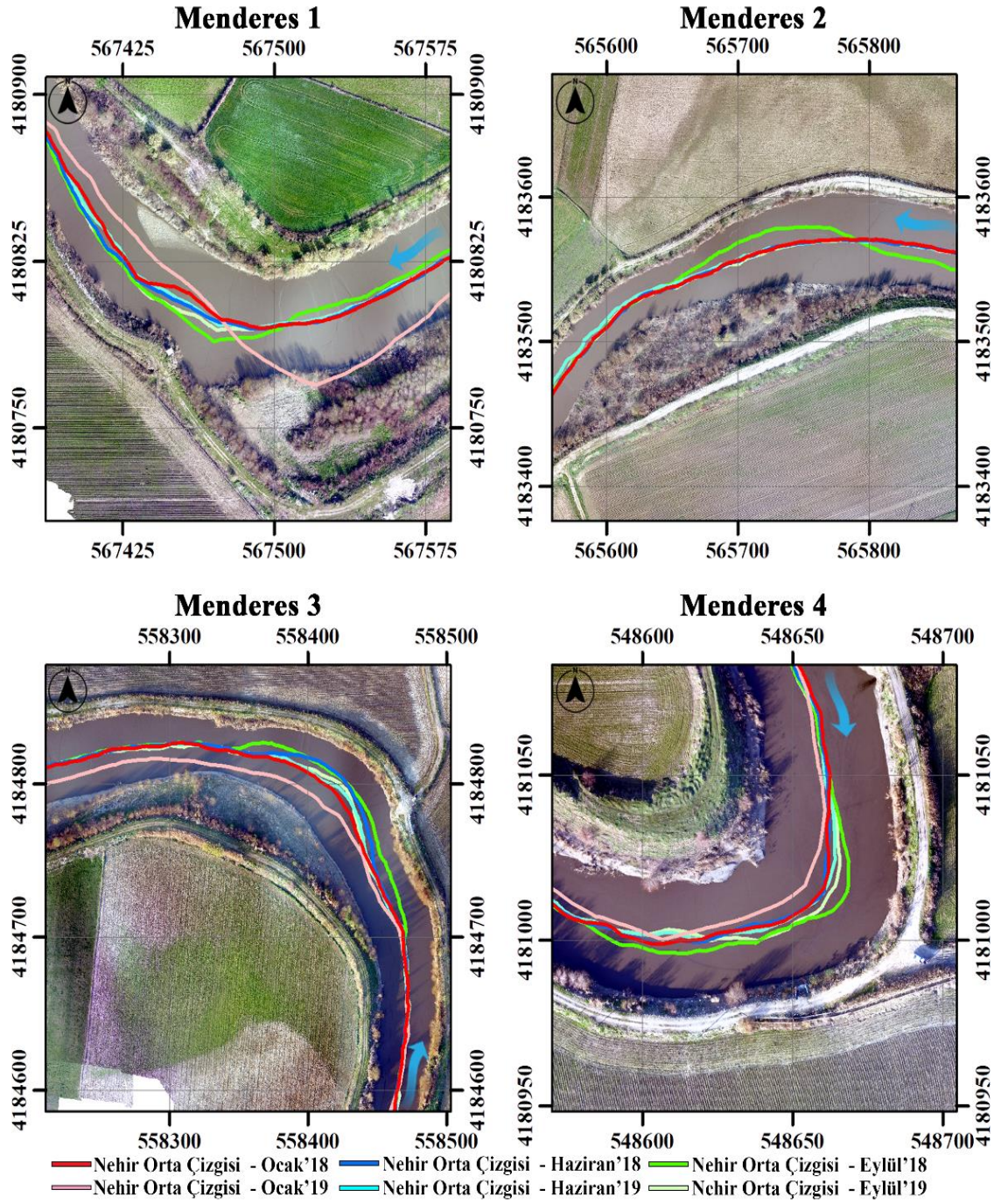
Tablo 3.2 Sınıflandırma işlemi sonucu sınıflara ait alan verileri

Sınıflar	Sınıf Alanları (ha)			
	2016	2017	2018	2019
Deniz	2560.94	2528.75	2539.82	2543.15
Diğer	61406.50	58793.80	60561.20	41091.10
Nehir	1060.32	1197.50	1532.06	1166.72
Taşkın Alanı	1020.78	3834.70	1990.56	21089.00
Sulak Alan	4264.79	3967.98	3697.45	4433.05

Sınıflandırma sonucunda hesaplanan alansal değerler incelendiğinde, 2019 yılında meydana gelen taşkın olayı sonucunda taşkın alanlarının diğer tarihlerdeki taşkın alanının yaklaşık 5 ile 20 katı arasında değiştiği görülmektedir. 2016 ile 2018 yıllarına ait taşkın alan değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Sınıflara ait alansal değişim değerleri incelendiğinde 2019 yılında taşkından etkilenen alanların, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında genel olarak diğer sınıfındaki alanlar olduğu ve bu değişim oranının %25 ile %28 arasında olduğu görülmektedir (Tablo A.7). Çalışma kapsamındaki arazi çalışmalarında, belirlenmiş menderes alanları ile çevresindeki alanların taşkından etkilenen alanlar olduğu gözlemlenmiştir. Benzer şekilde havzaya ait sınıflandırma haritaları, görsel yorumlama ile incelendiğinde ise taşkından etkilenen alanların, nehre yakın bölgelerdeki tarım alanları olduğu görülmektedir.

3.1.2 Menderes Yapılarında Nehir Kıyı Değişimi Analizleri

Zamansal olarak menderes yapıları incelendiğinde, kıyı bölgelerinde meydana gelen sediment değişimleri sonucunda kıyı çizgisinin değiştiği görülmektedir. Kıyı çizgisi değişimleri sonucunda ise nehir orta hattının değişmesi ile mendereslenme oranları etkilenmektedir. Menderes yapılarında ve kıyı bölgesinde meydana gelen değişimler ile nehir sinosite indeks değerlerinin incelenmesi amacıyla nehir kıyı çizgisi çıkarım işlemi gerçekleştirilmiştir. 2018 ve 2019 yılları içerisinde, ocak, haziran ve eylül aylarına ait ortomozaik veriler üzerinden nehir kıyılarının sayısallaştırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Nehir kıyı çizgisi çıkarımı sonucunda, menderes yapılarının mendereslenme oranlarını İHA ile elde edilmiş veriler ile hesaplamak amacıyla sinosite indeks değerleri her çalışma zamanı için hesaplanmıştır. Mendereslere ait sinosite indeks değerlerini belirlemek amacıyla ortomozaik verilerde her çalışma zamanına ait üretilmiş kıyı çizgileri yardımıyla nehir orta çizgisi çıkartılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Çalışma alanlarında nehir orta çizgilerinin gösterimi

Çalışma kapsamında, her menderes yapısı için nehir uzunlukları ile nehir başlama ile bitiş noktası arasındaki mesafenin oranlanmasıyla sinosite indeksler değerleri hesaplanmıştır. Tablo 3.3'te 2018 ve 2019 yılları boyunca gerçekleştirilen her arazi çalışması sonucunda tüm menderes yapılarının belirlenen sinosite indeks değerleri gösterilmiştir.

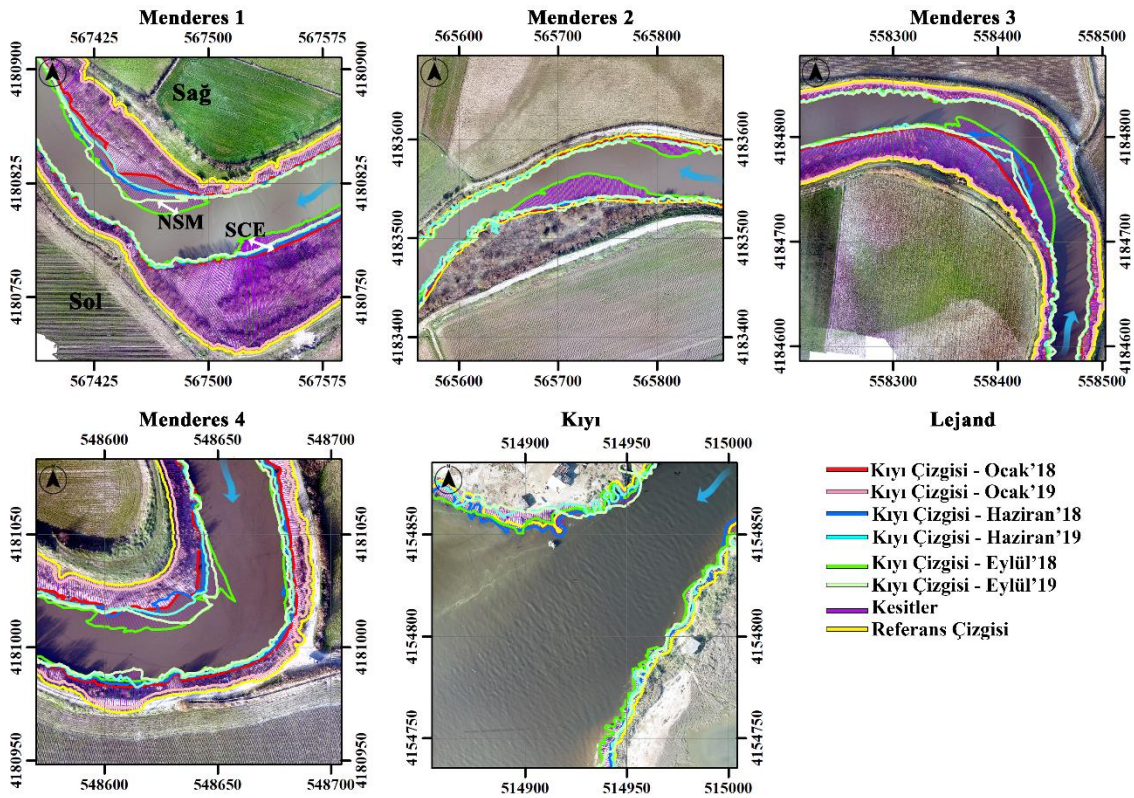
Tablo 3.3 Çalışma alanı sinosite indeksi değerleri

Çalışma Alanı	Aylık Sinosite İndeks Değerleri						Ortalama Değer
	Ocak'18	Haziran'18	Eylül'18	Ocak'19	Haziran'19	Eylül'19	
Menderes 1	1.13	1.14	1.15	1.17	1.14	1.15	1.15
Menderes 2	1.52	1.53	1.55	Veri Yok	1.53	1.51	1.52
Menderes 3	2.24	2.27	2.29	2.18	2.26	2.27	2.25
Menderes 4	2.14	2.14	2.21	2.08	2.15	2.16	2.15

Çalışma alanlarında, genel olarak sinosite indeks değerlerinde değişimin fazla olmadığı fakat 2019 yılı ocak ayında meydana gelen taşkın olayının, sinosite indeks değerlerinde daha fazla oranda değişime neden olduğu görülmüştür. Menderes 1 çalışma alanında ise taşkın olayının sinosite indeks değerindeki değişime etkisinin diğer çalışma alanlarına göre düşük olduğu görülmüştür. Aynı zamanda, sinosite indeks değerlerinin taşkın olayından sonra önceki tarihlerdeki değerlerine yaklaştığı hatta aynı değerlerde olduğu görülmüştür.

Menderes yapılarındaki erozyon ve birikim olayları sonucunda kıyı çizgilerindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla dört menderes yapısına ait nehir kıyı çizgisi verileri incelenmiştir. Kıyı çizgisindeki değişimlerin incelenmesi amacıyla Digital Shoreline Analysis System (DSAS) metodu kullanılmıştır. DSAS metodu, referans kıyı çizgisi ile farklı zamanlardaki kıyı çizgileri arasında belirli aralıklarla otomatik olarak üretilen kesitler ile nehir kıyılarında meydana gelen erozyon ile birikim sonucundaki kıyı hareketinin hızlı ve doğru bir şekilde haritalanarak belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır [85, 86]. Bu çalışmada DSAS metodu, ilk tarih ile son tarih arasında kıyı çizgisindeki minimum ve maksimum değişimlerin belirlenmesini sağlamaktadır. DSAS metodu içerisinde bulunan the Shoreline Change Envelope (SCE) ve the Net Shoreline Movement (NSM) parametreleri ile kıyı çizgisindeki değişimler incelenmiştir. SCE parametresi, referans çizgisine en yakın kıyı çizgisi ile en uzak kıyı çizgisi arasındaki mesafeleri hesaplamaktadır. NSM parametresi, ilk

tarih ile son tarihe ait kıyı çizgileri arasındaki değişimleri göstermektedir [86]. Bu çalışmada, nehir kıyılarındaki sayısallaştırma işlemi sonucunda, Menderes 1, Menderes 3 ve Menderes 4 çalışma alanları için 2019 yılı ocak ayına ait kıyı çizgileri, Menderes 2 2018 yılı ocak ayına ait kıyı çizgileri ve Kıyı çalışma alanları için 2018 yılı haziran ayına ait kıyı çizgileri referans alınarak, bu çalışma alanlarına ait bu kıyı çizgilerinden karaya doğru 2 m aralıkla tampon bölge oluşturulması ile DSAS referans çizgileri oluşturulmuştur. Menderes yapılarında değişimleri incelemek amacıyla nehir akış yönüne göre nehir kıyıları sol ve sağ olarak iki bölgeye ayrılmış ve referans çizgisi ile kıyı çizgileri arasında 1 metre aralıklı kesitler alınarak kıyı çizgilerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Çalışma dönemlerindeki nehir kıyı çizgileri değişiminin (DSAS) gösterimi

Menderes yapılarında nehir kıyılarındaki SCE ve NSM parametreleri hesaplanarak meydana gelen değişimler Tablo 3.4'te gösterilmiştir. 2019 yılı ocak ayında meydana gelen taşkın sonucunda, yağışlar ve nehir suyunun yükselmesi ile sediment alanlarının su altında kaldığı ve kıyı çizgisinin karaya doğru gerilediği görülmüştür. 2018 ve 2019 yılları içerisinde ocak, haziran ve eylül aylarına ait veriler incelendiğinde ilk tarih ile son tarih arasında (NSM) nehir kıyılarındaki

meydana gelen değişimler ortalama olarak -3.52 m ile 1.02 m arasında olduğu görölmüştür. Tüm tarihler incelendiğinde ise, kıyı çizgisinin (SCE) maksimum değiştii çalışma alanı 74.52 m değişim ile Menderes 1' de, minimum değişim ise 0.30 m ile Menderes 2'de olduğu gözlemlenmiştir.

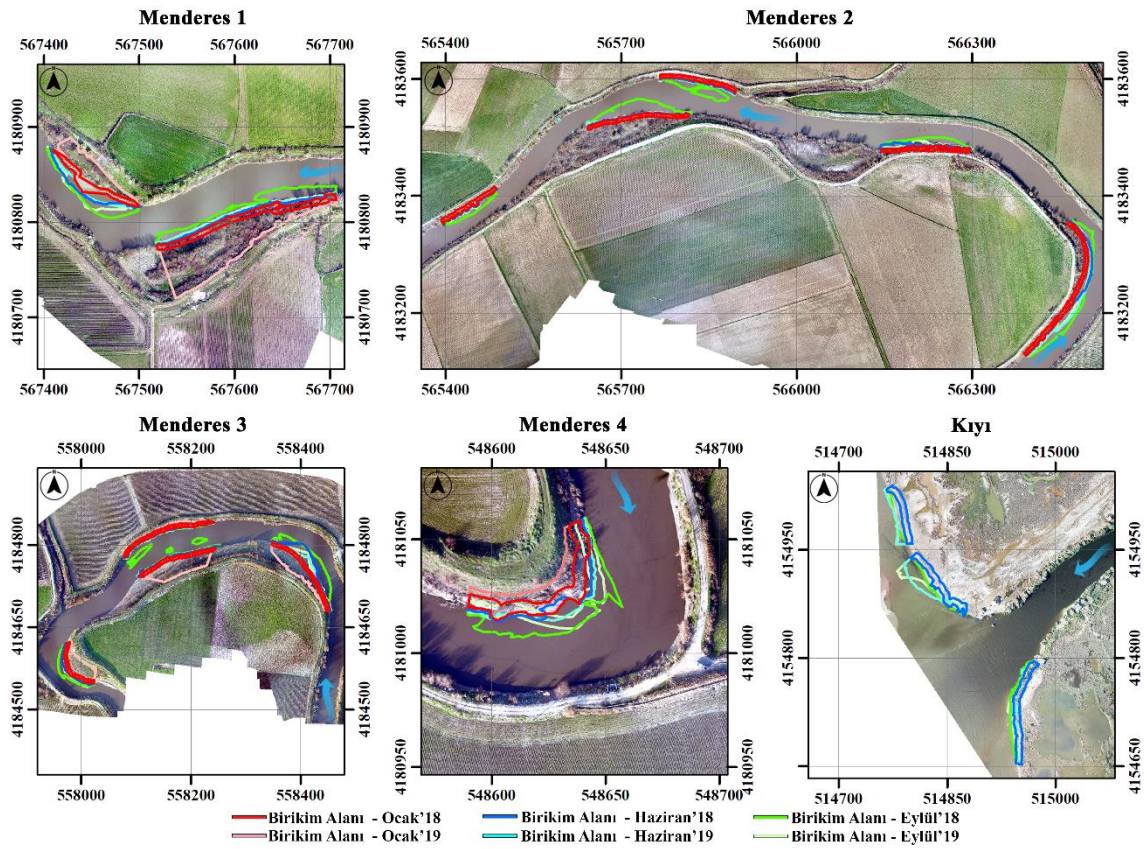
Tablo 3.4 Kıyı çizgisi değişimlerinin parametreler ile gösterimi

Çalışma Alanı	Bölge	Maks (m)		Min (m)		Ortalama (m)		SS (m)	
		SCE	NSM	SCE	NSM	SCE	NSM	SCE	NSM
Menderes 1	Sağ	40.74	0.80	3.08	-19.44	14.40	-3.52	10.43	3.94
	Sol	74.52	-6.73	1.08	1.46	28.15	-2.66	22.75	1.55
Menderes 2	Sağ	17.47	2.41	0.30	-6.79	4.45	-1.73	3.60	1.20
	Sol	29.58	6.20	0.46	-12.5	7.87	-2.58	6.31	2.75
Menderes 3	Sağ	32.94	7.19	1.97	-15.14	10.78	-1.77	5.71	1.74
	Sol	54.42	10.11	3.64	-17.62	28.40	-2.81	13.61	2.91
Menderes 4	Sağ	30.28	1.80	2.60	-12.49	11.73	-2.55	4.73	2.35
	Sol	8.92	0.49	0.86	-7.89	3.65	-2.92	1.49	1.39
Kıyı	Sağ	34.79	13.61	1.15	-34.79	10.98	-2.08	6.55	10.04
	Sol	12.51	11.95	0.52	-8.76	4.96	1.02	2.51	3.16

3.1.3 Menderes Yapılarında Alansal Değişimi Analizleri

Menderes yapıları zamansal olarak incelendiğinde, kıyı çizgilerindeki değişimler sonucunda sediment alanlarında değişimlerin meydana geldiği görsel olarak da görölmektedir. Çalışmada, menderes yapılarına ait 2018 ve 2019 yılları için üretilmiş ortomozaik verileri ile azalım ile birikimin yani değişimin daha fazla olduğu öngörülen alanlar görsel yorumlama ile belirlenerek bu alanlardaki alansal ve hacimsel sediment değişimleri incelenmiştir. Değişim bölgelerini belirlemek amacıyla, menderes yapılarında ilk çalışma gerçekleştirilen tarih olan 2018 Ocak ayına ait kıyı çizgilerinden, kıyı çalışma alanı için ilk çalışma gerçekleştirilen tarih

olan 2018 Haziran ayına ait kıyı çizgisinden karaya doğru 5 m aralıkla tampon bölge oluşturularak birikim alanları için referans kıyı çizgisi üretilmiştir. Oluşturulan tampon bölge için belirlenen mesafe, hacimsel değişimler kapsamında sadece sediment değişimlerinin belirlenmesi ve bitkilerden kaynaklanacak değişimlerin minimum etki etmesi amacıyla belirlenmiştir. Her çalışma zamanına ait kıyı çizgileri ile bu referans kıyı çizgileri arasında kalan bölgeler, değişim bölgeleri olarak belirlenmiştir. Her menderes yapısında sediment değişiminin belirlendiği bölgeler Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Çalışma alanlarında analiz için seçilen değişim bölgelerinin gösterimi

Menderes yapılarında belirlenen değişim bölgelerinin 2018 ve 2019 yılı için ocak, haziran ve eylül ayları arasında sediment alanları hesaplanarak alansal değişimler incelenmiştir. Her ay için hesaplanan alan değerleri ile art zamanlı olarak meydana gelen alansal değişimler Tablo 3.5'te gösterilmiştir. Alansal değişimler incelendiğinde, menderes yapılarının kıyı bölgelerinde 2018 yılı içerisinde ocak ayından eylül ayına doğru sediment miktarlarında artış olduğu ve eylül ayında kıyı sediment birikiminin diğer aylara göre en yüksek değere ulaştığı görülmektedir.

Aylara göre değişim miktarları incelendiğinde, ocak ile eylül ayları arasındaki değişim farkı, haziran ile eylül ve ocak ile haziran ayları arasındaki değişimden yüksek olduğu da görölmektedir. 2018 yılı içerisinde, menderes yapılarının tümü incelendiğinde en yüksek birikim değerinin Menderes 2 çalışma alanında olduğu görölmektedir. 2019 yılı ocak ayında meydana gelen taşkın olayı sonucunda, sediment alanlarının sular altında kaldığı ve kıyı bölgelerde sediment alanlarının azaldığı görölmektedir. Dolayısıyla, 2019 Ocak ayındaki değişim bölgesi, belirlenen referans kıyı çizgisini geçerek karaya doğru ilerlemiştir. Bu nedenle, incelenen değişim bölgelerinde eksi değerler, kıyı çizginin gerilemesinden dolayı sular altında kalan ve meydana gelen erozyon bölgelerini ifade etmektedir. Bu tarihler incelendiğinde, kıyı çizgisinde gerilemenin en yüksek değerde olduğu çalışma alanı Menderes 3 olarak görölmekte ve kıyı çizgisindeki gerilemenin en düşük olduğu çalışma alanı ise Menderes 4 olarak görölmektedir. 2019 yılında, 2018 yılı ile benzerlik göstererek ocak ayından eylül ayına doğru birikim bölgelerinde sediment miktarlarının arttığı görölmektedir. Ocak ayından eylül ayına doğru en yüksek birikim miktarına sahip çalışma alanı Menderes 3 olarak görölmektedir. Ayrıca haziran ayından eylül ayına doğru sadece kıyı çalışma alanında birikim bölgelerinde düşüş olduğu görölmektedir.

Tablo 3.5 Menderes yapılarındaki çalışma bölgelerinin aylık alansal değerleri

Çalışma Alanı	Aylara Göre Alan Hesapları (m ²)			Aylara Göre Alansal Değişim (m ²)		
	Ocak'18	Haziran'18	Eylül'18	Ocak'18 - Haziran'18	Haziran'18 - Eylül'18	Ocak'18 - Eylül'18
Menderes 1	1703.00	2754.72	5342.07	1051.72	2587.35	3639.07
Menderes 2	4623.89	6672.83	15643.46	2048.93	8970.63	11019.56
Menderes 3	3080.06	5283.79	8638.01	2203.73	3354.21	5557.95
Menderes 4	446.39	517.81	1212.86	71.41	695.05	766.47
Kıyı	Veri Yok	2898.43	4432.74	Veri Yok	1534.31	Veri Yok

Tablo 3.5 Menderes yapılarındaki çalışma bölgelerinin aylık alansal değerleri
(devamı)

Çalışma Alanı	Ocak'19	Haziran'19	Eylül'19	Ocak'19 - Haziran'19	Haziran'19 - Eylül'19	Ocak'19- Eylül'19
Menderes 1	- 6419.97	2724.65	3525.04	9144.62	800.39	9945.01
Menderes 2	Veri Yok	7221.00	7493.07	Veri Yok	272.07	Veri Yok
Menderes 3	- 7028.20	4596.42	4688.56	11624.62	92.14	11716.76
Menderes 4	-296.75	641.26	904.71	938.02	263.45	1201.47
Kıyı	Veri Yok	4794.57	4536.08	Veri Yok	-258.49	Veri Yok

2018 ve 2019 yılı içerisinde aynı aylara ait alansal değerler incelendiğinde, genel olarak 2018 yılında sediment birikim bölgelerinin 2019 yılı birikim bölgelerine göre daha yüksek sediment alanına sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, 2019 yılı ocak ayında meydana gelen taşkın olayı sonucunda kıyı çizgisinin gerilemesi ile toprak kaybının fazla olduğu görülmektedir. Benzer şekilde haziran ayları incelendiğinde, 2019 yılında sediment birikim miktarının 2018 yılındaki sediment birikim alanı değerlerine yaklaştığı yani birikimin arttığı fakat 2018 yılına ait sediment birikim değerlerini geçemediği görülmektedir. Eylül ayında ise 2018 yılı sediment birikim değerlerinin, 2019 yılında kıyı çalışma alanı dışında diğer çalışma alanlarında düşük olduğu görülmektedir. Menderes 2 ve Menderes 4 çalışma alanlarında 2019 yılında haziran ayındaki sediment birikim miktarının, 2018 yılı haziran ayındaki sediment birikim miktarını geçmesine rağmen, 2019 yılı eylül ayındaki birikim değerinin, 2018 yılı eylül ayındaki birikim değeri kadar yüksek bir değerde olmadığı görülmektedir. Mevsimsel olarak gerçekleştirilen alansal analizler sonucunda ise en düşük sediment değişimin, 2018 yılı için ocak ile haziran ayları arasında 71.41 m² sediment birikimi ile Menderes 4 çalışma alanında, 2019 yılı için

ise haziran ile eylül ayları arasında 92.14 m²'lik sediment birikimi ile Menderes 3 çalışma alanında olduğu görülmektedir. Sediment değişiminin en yüksek olduğu çalışma alanı ise 2018 yılı için ocak ile eylül ayları arasında 11019.56 m² sediment birikimi ile Menderes 2 çalışma alanında, 2019 yılı için ise ocak ile eylül ayları arasında 11716.76 m²'lik sediment birikimi ile Menderes 3 çalışma alanında olduğu görülmektedir.

Art zamanlı olarak 2019 yılı ocak ayı ile 2018 yılı Eylül ayı arasında meydana gelen alansal sediment değişimleri incelendiğinde havzada meydana gelen taşkın olayının etkileri görülmektedir. Ekstrem yağışlar ve nehir suyu seviyesinin artması meydana gelen taşkın olayı sonucunda sediment alanları ile mevcut nehir kıyı alanlarının sular altında kaldığı ve nehir kıyı çizgisinin karaya doğru hareketi ile çalışma gerçekleştirilen alanlarda diğer aylara göre daha yüksek bir değişim olduğu görülmektedir. 2019 yılı Ocak ayında arazi çalışması gerçekleştirilen Menderes 1, Menderes 3 ve Menderes 4 çalışma alanları incelendiğinde meydana gelen alansal sediment değişimlerinin sırasıyla 11762.04 m², 15666.21 m² ve 1509.927 m² olduğu görülmekle birlikte iki yıl içerisinde meydana gelen alansal sediment değişiminde en yüksek değerlere ulaşıldığı görülmektedir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6 Artzamanlı olarak 2018 yılı eylül ile 2019 yılı ocak ayı alansal değişim

Aylara Göre Alansal Değişim (m ²)	
Çalışma Alanı	Eylül'18 - Ocak'19
Menderes 1	11762.04
Menderes 2	Veri Yok
Menderes 3	15666.21
Menderes 4	1509.627
Kıyı	Veri Yok

2018 ile 2019 yılları arasında aynı aylarda gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen alansal değişimler Tablo 3.7'de gösterilmiştir. 2018 ile 2019 yılları arasında aynı aylarda gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda menderes yapılarında değişim bölgelerinde özellikle ocak ayı döneminde meydana

gelen taşkın olayından dolayı kıyı çizgisinin gerilediği ve diğer dönemlere oranla daha yüksek bir değişim meydana gelmesinden dolayı sediment alanlarının yüksek olduğu görülmüştür. Aynı aylarda gerçekleştirilen alansal değerler incelendiğinde, 2018 yılı içerisinde menderes yapılarında sediment birikim bölgelerinin 2019 yılına göre daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

Tablo 3.7 2018 ile 2019 yılları aynı döneme ait menderes yapılarında ve kıyı çalışma alanında alansal analiz sonuçları

Çalışma Alanı	2018 ile 2019 Yılları Arasında Aynı Dönem Alan Farkları (m ²)		
	Ocak'19 -Ocak'18	Haziran'19 - Haziran'18	Eylül'19 - Eylül'18
Menderes 1	-8122.97	-30.07	-1817.03
Menderes 2	Veri Yok	548.16	-8150.38
Menderes 3	-10108.26	-687.37	-3949.45
Menderes 4	-743.15	123.44	-308.15
Kıyı	Veri Yok	1263.45	103.34

İki yılın aynı aylarında gerçekleştirilen alansal değişimler incelendiğinde, sediment alanlarının ocak ayında azaldığı, haziran ve eylül aylarında birbirine yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Haziran aylarına ait alansal veriler incelendiğinde ise Menderes 1 ve Menderes 3 alanlarında 2018 yılındaki sediment alanlarının daha düşük değerde olduğu görülürken, Menderes 2, Menderes 4 ve kıyı çalışma alanlarında ise sediment alanlarının 2019 yılında daha yüksek değerde olduğu görülmektedir. Eylül aylarına ait alansal veriler incelendiğinde ise kıyı çalışma alanı dışındaki tüm çalışma alanlarında, 2019 yılında sediment birikim alanlarının 2018 yılındaki sediment birikim alanlarından düşük değerde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla taşkın olayı sonrasında sediment birikim alanları oluşmasına rağmen taşkın meydana gelmeyen yıl olan 2018 yılında sediment birikim alan değerlerinin daha yüksek değerde olduğu yorumu yapılabilmektedir.

3.1.4 Menderes Yapılarında Hacimsel Değişim Analizleri

Menderes yapılarında, değişim alanlarındaki sediment bütçelerindeki değişimlerin incelenmesi ile meydana gelen morfolojik değişimler belirlenmektedir. Çalışma kapsamında, görsel yorumlama ile belirlenmiş birikim alanlarında 2018 ve 2019 yılları için ocak, haziran ve eylül aylarına ait üretilen SYM verilerinde sediment bütçesinde meydana gelen birikim ve azalım miktarları hacimsel olarak incelenmiştir. Çalışma alanlarında, 2018 ve 2019 yıllarına ait dönemsel olarak hacimsel değişimlerinin belirlenmesi ve değişim miktarlarının kıyaslanması amacıyla SYM verileri ile “DEM of Difference (DoD)” metodu kullanılmıştır. DoD metodu, morfolojik değişimleri izlemek için yaygın olarak kullanılmakla birlikte iki farklı SYM verisi ile piksel bazlı olarak topografik yüzeyler arasında hacimsel değişimleri hesaplayan bir yöntemdir. DoD metodu ile morfolojik değişimin büyüklüğü ve mekansal desenleri analiz etmekle birlikte çalışmada sediment bütçelerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi için kullanılmıştır [8, 20, 49, 87]. DoD metodu (3.3), iki farklı zamana ait SYM verilerinin farkının alınmasıyla üretilen ve yükseklikte meydana gelen değişimi gösteren bir SYM verisidir. SYM1 verisi ilk üretilen SYM verisini, SYM2 verisi ise ilk ölçümden sonra üretilen SYM verisini temsil etmektedir [20].

$$\text{DoD} = \text{SYM2} - \text{SYM1} \quad (3.3)$$

SYM verilerinin sahip olduğu yüzey hata değerlerinden dolayı hacimsel sediment bütçe değerlerinin doğruluğu, SYM verilerinin hata değerleriyle ilişkilidir. SYM verileri ile yüksek doğrulukla veri analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla SYM verilerindeki hata değerleri ile algılama düzeyi belirlenmesi sonucunda güvenilir veri kıyaslama işlemleri gerçekleştirilmektedir. Ayrıca yüzeydeki değişimi belirleme işleminde, yüzeylerde meydana gelen doğal gürültülerin elimine edilmesi için minimum algılama eşiğinin (U_{DoD}) belirlenmesi gerekir. Minimum algılama eşiği (U_{DoD}), üretilen SYM verilerindeki yükseklik değerindeki hata değeriyle ilişkilidir. SYM verileri ile gerçekleştirilecek değişim analizlerinde, δz terimi ile ilk SYM verisi ile sonraki SYM verisindeki hata değerlerini ifade edilmektedir [20]. Minimum eşik değeri, SYM verilerinin yükseklik değerindeki hata değerlerinin karelerinin toplamının karekökü ile hesaplanmaktadır (3.4).

$$U_{DoD} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2} \quad (3.4)$$

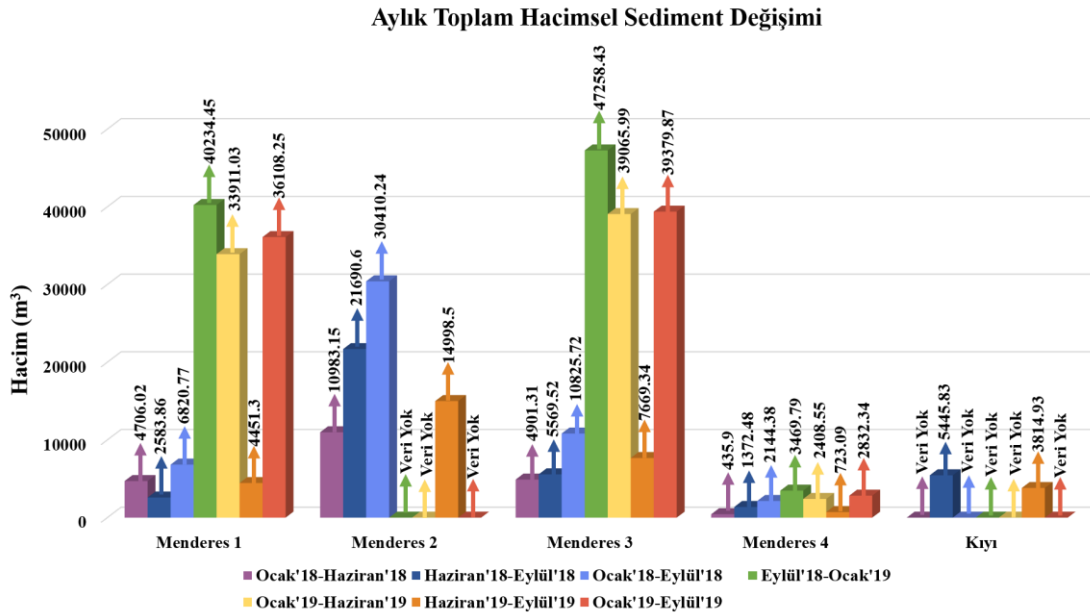
2018 ve 2019 yıllarına ait SYM verileri ile hacimsel değişim analizleri sırasında hataların elimine edilmesi için hesaplanmış minimum eşik değerleri Tablo 3.8’de gösterilmiştir.

Tablo 3.8 Çalışma alanlarına ait 2018 ve 2019 yıllarına için hesaplanmış minimum eşik (U_{DoD}) değerleri

Çalışma Alanı	Haziran’18 – Ocak’18	Eylul’18 – Haziran’18	Eylul’18 – Ocak’18
Menderes 1	0.09	0.06	0.07
Menderes 2	0.09	0.02	0.10
Menderes 3	0.09	0.09	0.03
Menderes 4	0.16	0.14	0.09
Kıyı	Veri Yok	0.65	Veri Yok
Çalışma Alanı	Haziran’19 – Ocak’19	Eylul’19 – Haziran’19	Eylul’19 – Ocak’19
Menderes 1	0.03	0.06	0,06
Menderes 2	Veri Yok	0.07	Veri Yok
Menderes 3	0.05	0.06	0.06
Menderes 4	0.10	0.19	0.19
Kıyı	Veri Yok	0.01	Veri Yok
Çalışma Alanı	Ocak’18 – Ocak’19	Haziran’18 – Haziran’19	Eylul’18 – Eylul’19
Menderes 1	0.07	0.07	0.06
Menderes 2	Veri Yok	0.07	0.03
Menderes 3	0.04	0.09	0.08
Menderes 4	0.13	0.17	0.17
Kıyı	Veri Yok	0.65	0.04

Art zamanlı olarak 2018 yılı eylül ve 2019 yılı ocak ayları ile gerçekleştirilecek DoD analizi için U_{DoD} değerleri Menderes 1, Menderes 3 ve Menderes 4 için sırasıyla; 0.23, 0.50 ve 0.11 olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanlarında gerçekleştirilen hacimsel analizler sonucunda, nehir kıyılarında bulunan sediment değişim bölgelerinde, azalma, artış ve toplam değişim değerleri hesaplanmıştır. 2018 ve 2019 yıllarında çalışma alanlarında meydana gelen toplam hacimsel değişimler Şekil 3.7’de gösterilmiştir. 2018 ve 2019 yılı içerisinde, art zamanlı üç ay için hesaplanan hacimsel değerlerin analizi sonucunda her iki yıl için, ocak ayından itibaren haziran ve eylül aylarına doğru sediment değişim bölgelerinde artış olduğu hacimsel olarak da görülmektedir. Ayrıca 2018 yılı içerisinde art zamanlı hacimsel değişimler de incelendiğinde haziran ile eylül aylarındaki sediment değişim miktarı, ocak ile haziran ayları arasındaki sediment değişim miktarından yüksek değerde olduğu görülmektedir (Tablo A.8).



Şekil 3.7 Çalışma alanlarındaki zamansal hacim değerlerinde meydana gelen değişimlerin gösterimi

Hacimsel azalım miktarı, dönemsel olarak azalan nehir suyu seviyesi, sediment birikim ve bitki örtüsü yüksekliğindeki düşüşlerden kaynakladığı görülmüştür. Nehir suyu seviyesi düşmesi ile ortaya çıkan sediment bölgelerinin yüksekliğinin,

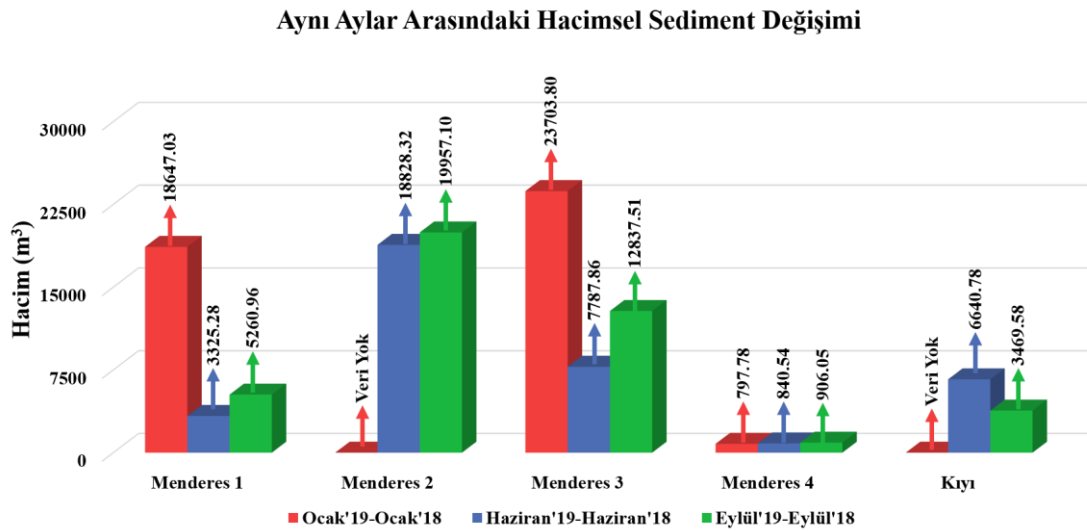
bir önceki dönemdeki su seviyesinden düşük olduğu bölgeleri ifade etmektedir. Gerçekleştirilen hacimsel analizler sonucunda, azalım miktarının en düşük değerde olduğu dönem, 2018 yılı için Menderes 4 çalışma alanında 160.55 m^3 ile ocak ile haziran aylarındaki dönemde olduğu, 2019 yılı için ise Menderes 4 çalışma alanında 228.73 m^3 ile haziran ile eylül arasındaki dönemde olduğu görülmektedir. En yüksek azalım miktarı ise her iki yıl için de ocak ile eylül aylarındaki dönemde gerçekleşmiş olup, 2018 yılı için bu değer Menderes 2 çalışma alanında 21395.92 m^3 , 2019 yılı için ise Menderes 3 çalışma alanında 25939.35 m^3 olarak hesaplanmıştır.

Hacimsel artış miktarı, dönemsel olarak azalan nehir suyu seviyesi ile oluşan sediment bölgeleri ile mevcut sediment bölgelerinde meydana gelen yükseklik artışı ile bitki örtüsündeki yüksekliklerin artışından kaynakladığını ifade etmektedir. Gerçekleştirilen hacimsel analizler sonucunda, artış miktarının en düşük olduğu dönem, 2018 yılı için kıyı çalışma alanında haziran ile eylül ayları arasındaki dönemde 194.08 m^3 , 2019 yılı için ise Menderes 4 çalışma alanında haziran ile eylül ayları arasındaki dönemde 494.36 m^3 olduğu görülmektedir. En yüksek artış miktarı ise her iki yıl için ocak ile eylül ayları arasında gerçekleşirken, 2018 yılı için Menderes 2 çalışma alanında 9014.32 m^3 , 2019 yılı için ise Menderes 1 çalışma alanında 23484.90 m^3 olduğu görülmektedir.

Gerçekleştirilen hacimsel analizler sonucunda ise toplam hacimsel değişim değerleri incelendiğinde, aynı yıllar içerisinde ocak ayından eylül ayına doğru toplam değişimin arttığı ve art zamanlı analizler sonucu elde edilmiş toplam değişimlerin ilk ölçüm ile son ölçüm arasındaki toplam değişime yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Toplam hacimsel değişim değerinin en yüksek değerde olduğu zaman aralığı her iki yıl için ocak ile eylül ayları arasındaki dönem olarak görülmekle birlikte, 2018 yılı için Menderes 2 çalışma alanında 30410.24 m^3 , 2019 yılı için Menderes 3 çalışma alanında 39379.87 m^3 olarak hesaplanmıştır. Toplam hacimsel değişim değerinin en düşük değerde olduğu çalışma alanları ise 2018 yılı için Menderes 4 çalışma alanında ocak ile haziran ayları arasındaki analiz sonucunda 435.90 m^3 , 2019 yılı için ise Menderes 4 çalışma alanında haziran ile eylül ayları arasındaki analiz sonucunda 723.09 m^3 olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca çalışma alanlarında, art zamanlı olarak 2019 yılı ocak ayı ile 2018 yılı eylül ayı arasında meydana gelen hacimsel değişimler incelendiğinde havzada meydana gelen taşkın olayının etkileri görülmektedir. Ekstrem yağışlar ve nehir suyu seviyesinin artması meydana gelen taşkın olayı sonucunda sediment alanları ile mevcut nehir kıyı alanlarının sular altında kalması sonucu çalışma gerçekleştirilen alanların genişlediği ve yüzey yüksekliklerinin nehir suyu dolayısıyla artması ile hacimsel sediment değişimlerinin diğer aylara göre daha yüksek bir değişime neden olduğu görülmektedir. 2019 yılı Ocak ayında arazi çalışması gerçekleştirilen Menderes 1, Menderes 3 ve Menderes 4 çalışma alanları incelendiğinde hacimsel değişimlerin sırasıyla 40234.45 m³, 47258.43 m³ ve 3469.79 m³ olduğu görülmekle birlikte iki yıl içerisinde meydana gelen hacimsel değişimde en yüksek değerlere ulaşıldığı görülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, 2018 ve 2019 yılları içerisinde aynı aylara ait veriler ile gerçekleştirilen hacimsel değişim analizleri sonucunda, değişim bölgelerinde meydana gelen sediment değişim miktarları; azalım, artış ve toplam sediment değişimi olarak hesaplanmıştır (Tablo A.9). İki yıl boyunca çalışma gerçekleştirilen aynı aylara ait toplam hacimsel değişim Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Çalışma alanlarındaki aynı aylardaki hacim değerlerinde meydana gösterimi

Çalışma alanlarında, 2018 ve 2019 yılları içerisinde aynı aylarda gerçekleştirilen hacimsel analizler incelendiğinde, hacimsel azalım miktarının en düşük değerde

olduğu zaman aralığının, haziran ayları arasındaki analiz sonucunda Menderes 4 çalışma alanında 249.72 m³ olduğu, en yüksek değerin ise eylül ayları arasındaki analiz sonucunda Menderes 3 çalışma alanında 8292.76 m³ olduğu görülmektedir. Hacimsel artış değerinin en düşük değerde olduğu zaman aralığı, ocak ayları arasındaki analiz sonucunda Menderes 4 çalışma alanında 73.02 m³, en yüksek olduğu değer ise Menderes 3 çalışma alanında ocak ayları arasındaki analiz sonucunda 20817.05 m³ olarak görülmektedir. Aynı zamanda, toplam hacimsel değişimin en yüksek değeri Menderes 3 çalışma alanında, ocak ayları arasındaki dönemde gerçekleştirilen hacimsel analiz sonucunda olduğu görülmektedir. Toplam hacimsel değişimin en düşük değere sahip olduğu çalışma alanı ise Menderes 4 çalışma alanı olarak görülmektedir.

Çalışma alanları için hacimsel analizler incelendiğinde, 2018 ve 2019 yılları içerisinde ocak ile haziran ayları, haziran ile eylül ve ocak ile eylül ayları analiz sonuçları nehir suyu seviyesinin azalmasıyla nehir suyu alanlarında sediment bölgelerinin oluştuğunu göstermektedir. Genel olarak çalışma alanlarında, ocak ayından eylül ayına doğru oluşan sediment bölgelerinin hem genişlediği hem de mevcut sedimentin artışının olduğu hem analiz sonuçları hem de görsel yorumlama ile 2018 yılı ortomozaik verilerinde görülmektedir.

DoD metodu ile gerçekleştirilen analizler sonucunda hesaplanan sediment azalım miktarları, nehir su seviyesinin azalmasıyla oluşan yeni sediment bölgelerinin yüksekliğinin, bir önceki tarihteki nehir suyu seviyesini geçememesi, mevcut sediment ve bitki örtüsü bölgelerinin yüksekliklerinin azalması ile yüzey yüksekliğinin azaldığı bölgeleri ifade edilmektedir. Yani aynı yıla ait veriler ile gerçekleştirilen çalışma sonucunda, meydana gelen azalım miktarı, nehir suyu seviyesindeki düşüş ile oluşan sediment değişimi ya da oluşan sediment bölgesinin bir önceki aydaki nehir suyu seviyesini geçemediğini ifade etmektedir. Sediment artış miktarı ise analiz gerçekleştirilen aylarda, oluşan yeni sediment alanlarının bir önceki tarihteki nehir suyu seviyesini ve mevcut sediment bölgelerinde, birikimle meydana gelen yükseklik artışı ile bitki örtüsü bölgelerinde meydana gelen yüzey yüksekliği artışını ifade etmektedir. Dolayısıyla çalışma alanlarına ait veriler görsel yorumlama ile analiz edilerek hacimsel olarak sediment azalım ve artış bölgeleri

hakkında yorum yapılmaktadır. Bu nedenle, hacimde meydana gelen sediment azalım miktarları doğrudan erozyonu, artış miktarları ise doğrudan sediment birikimini ifade etmemektedir. Çalışma alanlarına ait hacimsel analizler; sediment miktarında, nehir suyu yüzeyinde ve bitki örtüsünde meydana gelen değişimleri göstermektedir. Bu nedenle DoD metodu ile gerçekleştirilen hacimsel analizler sonucunda hesaplanan hacimsel toplam değişim, çalışma alanlarında dönemsel olarak meydana gelen tüm yüzey değişimlerinin tanımlanmasını sağlamaktadır.

Şekil 3.9'da, 2018 ve 2019 yılları içerisinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda Menderes 1 çalışma alanına ait üretilen verilerde, değişim bölgelerinde DoD metodu ile gerçekleştirilen hacimsel analizler sonucunda ortaya çıkan yüzeyde meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Menderes 1 çalışma alanı incelendiğinde, her iki yıl içerisinde, ocak ayından eylül ayına doğru nehir suyu seviyesinin azaldığı görülmektedir. Nehir suyunun azalmasıyla ardışık aylar olan ocak ile haziran, haziran ile eylül ayları arasında ve yıl içerisinde ilk ölçüm ile son ölçüm ayları olan ocak ile eylül ayları arasında sediment bölgelerinin genişlediği, sediment birikim bölgelerinde ve bitki örtüsü yüzeylerinde artışlar olduğu görülmektedir. Fakat değişim alanları görsel yorumlama ile incelendiğinde, sediment birikiminin meydana geldiği bölgelerin yüzey yüksekliğinin, bir önceki aydaki nehir suyu seviyesinin oluşturduğu yüzey yüksekliğine erişemediğinden dolayı azalım olarak ifade edildiği görülmektedir. Analiz sonucundaki sediment artışı, sediment bütçesindeki ve bitki örtüsündeki artıştan dolayı meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir. Ani yükseklik değişimleri ise bitki yüksekliklerinden gelen değişimi ifade etmektedir. Yükseklik değişiminin maksimum 6.2 m'lik değişimde olduğu görülmektedir.

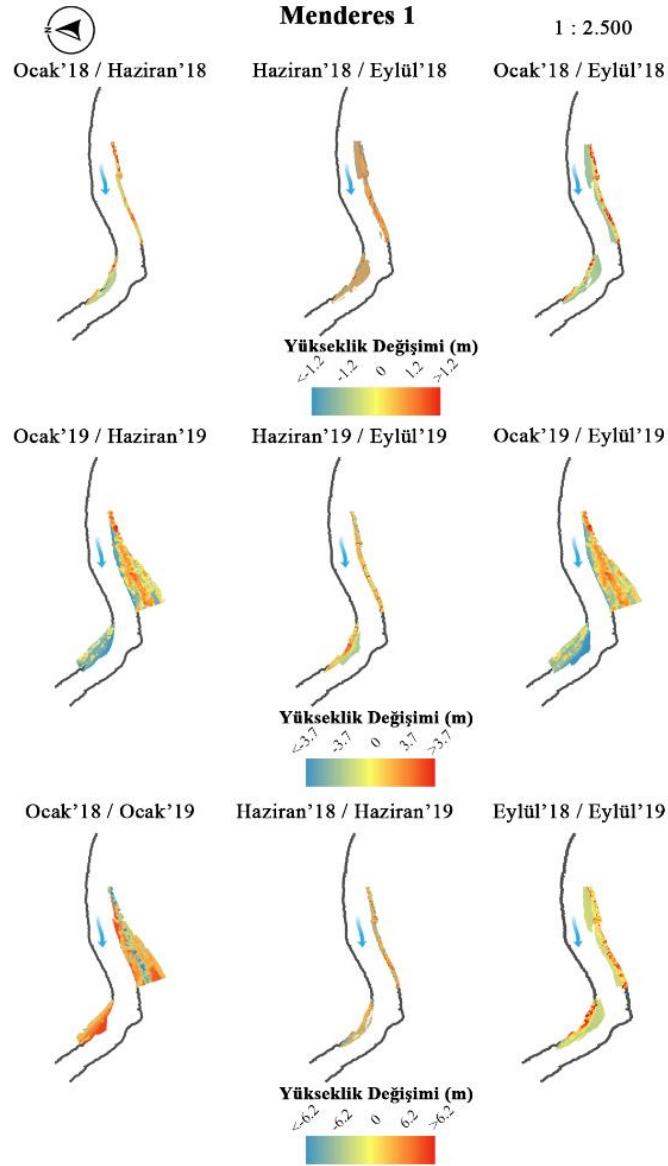
Menderes 1 çalışma alanında, 2018 ve 2019 yılı ocak aylarına ait veriler incelendiğinde; 2019 yılı ocak ayında meydana gelen taşkın sonucunda nehir suyu seviyesinin artarak, 2018 yılı ocak ayındaki mevcut kara alanın nehir suları altında kaldığı görülmektedir. Aynı zamanda, 2019 yılına ait nehir kıyı çizgisinin, 2018 yılındaki nehir kıyı çizgisini geçerek karaya doğru ilerleyerek mevcut kıyı çizgisinin gerisinde olduğu görülmüştür. 2019 yılı ocak ayında nehir su seviyesi, 2018 yılı ocak ayındaki nehir su seviyesi ile mevcut kara/sediment bölgelerinden daha yüksek bir

değerde olmasından dolayı çalışma alanında yüzey yüksekliğinin arttığı görülmektedir. 2018 ile 2019 yılı ocak aylarında meydana gelen sediment azalım miktarı, değişim bölgesinde bulunan sediment bölgelerindeki bütçenin ve bitki örtüsünün azalmasını ifade etmektedir. Aynı analiz sonucunda hesaplanan sediment artış miktarı ise 2019 yılındaki nehir suyu seviyesindeki artış sonucunda meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir. Değişim bölgesinde analizler sonucu hesaplanan toplam hacimsel değişim değeri ise sediment bölgelerindeki hem azalım hem artış ile ifade edelin miktarların toplamını ifade etmektedir. Menderes 1 çalışma alanında, ocak aylarına ait verilerin hacimsel analizleri sonucunda, nehir su seviyesindeki artış nedeniyle yüzey yüksekliğinin arttığı, bununla birlikte hem sediment miktarında hem bitki örtüsünde azalım meydana geldiği görülmektedir.

Menderes 1 çalışma alanı için 2018 ve 2019 yılı Haziran aylarına ait veriler incelendiğinde; meydana gelen sediment bölgelerindeki azalım miktarı, her iki yıla ait aylar için mevcut sediment bölgelerindeki yüzey yüksekliğinin azaldığını yani iki tarih arasında mevcut alanlarda sediment yüksekliğinin azaldığını ifade etmektedir. Bununla beraber, 2018 yılında sediment bulunan bölgelerin bir bölümünün, 2019 yılında meydana gelmediği yani erozyonla ortadan kalktığı görülmektedir. Ayrıca, 2019 yılı nehir suyu yüksekliğinin, 2018 yılındaki sediment bölgelerinin yüzey yüksekliğinden düşük değerde olduğu bölgeleri göstermektedir. Yüzey yüksekliğinin daha fazla olduğu bölgelerde ise azalmanın mevcut bitki örtüsündeki değişimden meydana geldiği görülmektedir. 2019 yılında nehir suyu seviyesi 55.3 m olarak ölçüldüğü görülmektedir. Dolayısıyla, erozyon ve nehir suyu seviyesinin yükselmesiyle 2018 yılında mevcut sediment bölgelerinin nehir suları altında kaldığı ve 2019 yılındaki nehir suyu seviyesinin yüzey yüksekliğini arttırdığı bölgeler ile mevcut bitki örtüsündeki artıştan kaynaklanan yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir.

Menderes 1 çalışma alanına ait 2018 ve 2019 yılı Eylül aylarına ait veriler incelendiğinde ise değişim bölgelerinde meydana gelen azalım miktarı, 2018 yılında bulunan sediment birikim bölgelerinin 2019 yılında nehir sularının altında kaldığı bölgeleri ifade etmektedir. Menderes 1 çalışma alanında, 2019 Eylül ayındaki nehir

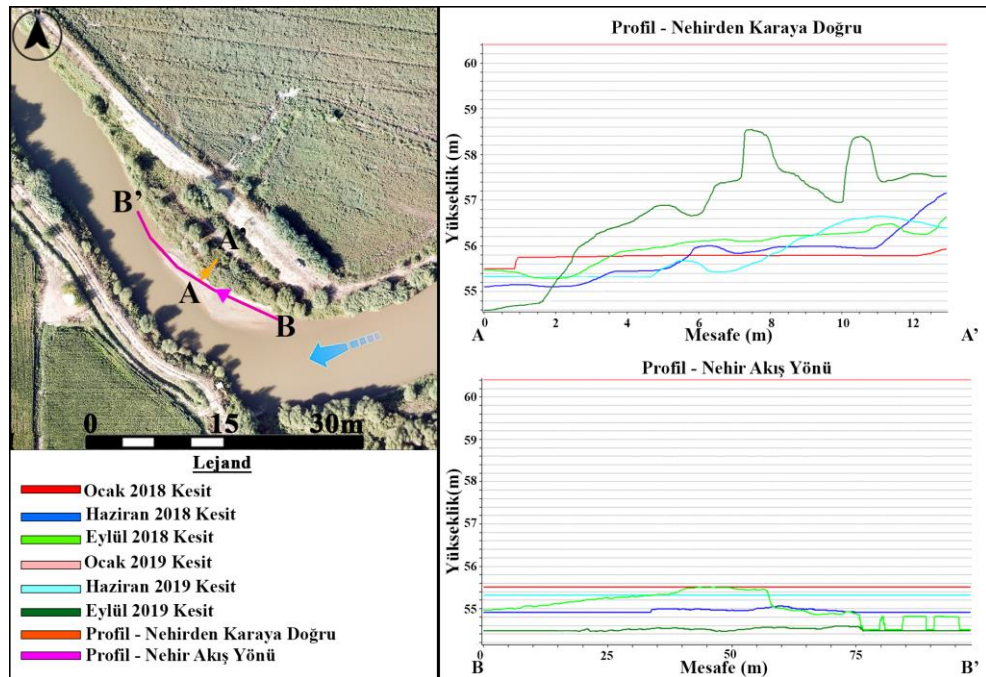
suyu seviyesi, 2018 yılı Eylül ayındaki nehir suyu seviyesinden düşük olarak görülmektedir. 2018 yılı Eylül ayında sediment bulunan bölgelerinde, 2019 yılı Eylül ayında oluşmadığı ve nehir suyu yüksekliğinin düşmesiyle de yüzeydeki yükseklikte meydana gelen azalımı ifade etmektedir. Bununla birlikte, değişim bölgesinde meydana gelen artış miktarı, karaya yakın alanlardaki sediment birikimi ve bitki örtüsünde meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir.



Şekil 3.9 Menderes 1 çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi

Şekil 3.10'da Menderes 1 çalışma alanına ait sediment değişimi olan bölgelerdeki yüzeydeki yükseklik değişimlerini göstermek amacıyla nehir akış yönünde ve

nehirden karaya doğru profiller çizilerek meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Nehir akış yönünde çizilen profil sonucunda sediment değişimi olan bölgelerde, her iki yıla ait ocak ayı verilerinde, sediment değişimi olan alanın nehir suyu seviyesinden düşük olduğu ve nehir suyu seviyesi düştükçe sediment birikim bölgelerinin oluştuğu görülmüştür. Eylül aylarında ise nehir suyu seviyesinin azalmasıyla ortaya çıkan sediment bölgelerindeki yükseklik farkları görülmektedir. Aynı zamanda, 2018 yılı eylül ayındaki sediment yüzey yüksekliğinin, 2019 yılı eylül ayındaki sediment yüzey yüksekliğinden fazla olduğu görülmektedir. Bu profil sonucunda üretilen düz çizgiler nehir suyu seviyesini temsil etmektedir. Nehir suyu seviyesi, bölgelerde sediment alanlarının oluşmadığını ve o bölgelerde nehir suyunun bulunduğunu ifade etmektedir. Nehirden karaya doğru çizilen profil ile karasal alanda meydana gelen sediment bütçesi ile bitki örtüsündeki değişimler görülmektedir. Aylık yükseklik değişimleri incelendiğinde, genel olarak sediment alanlarının yüksekliklerinin yakın ve benzer oranda değiştiği, bununla birlikte 2019 yılı eylül ayında karasal alanda bitki örtüsünde meydana artıştan dolayı ise yüksekliğin diğer aylara göre daha yüksek değerde olduğu görülmektedir. Ayrıca 2018 ve 2019 yılları ocak aylarında bu bölgenin nehir suları altında olduğu da görülmektedir.



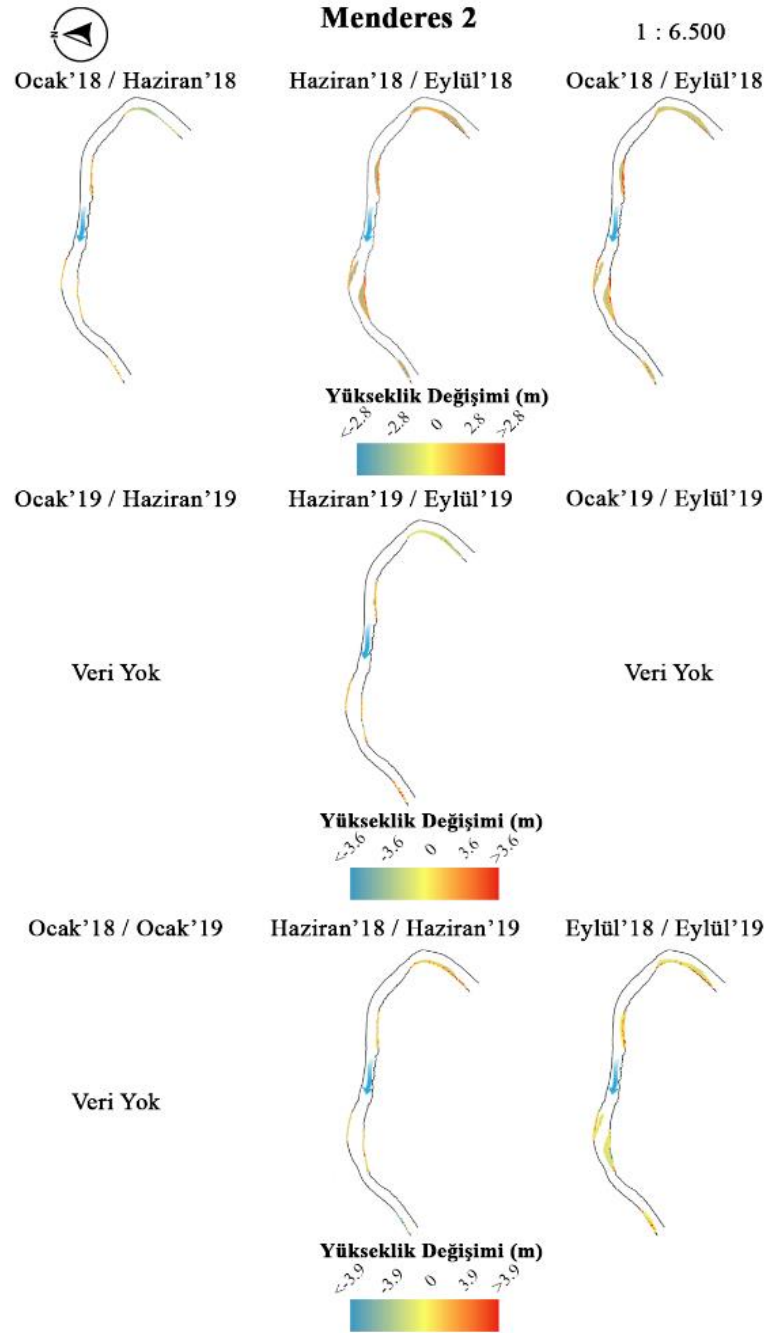
Şekil 3.10 Menderes 1 çalışma alanındaki mevsimsel yükseklik değişimi gösterimi

Şekil 3.11'da 2018 ve 2019 yılları içerisinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda Menderes 2 çalışma alanına ait üretilen verilerde, değişim bölgelerinde DoD yöntemi ile gerçekleştirilen hacimsel analiz sonucunda ortaya çıkan değişimler gösterilmiştir. Menderes 2 çalışma alanında, hava ve arazi şartlarından dolayı 2019 yılı Ocak ayında ölçümler gerçekleştirilememiştir. Bundan dolayı, bu çalışma alanı için 2019 yılı Ocak ile Haziran ve Ocak ile Eylül ayları arasındaki hacimsel değişim analizleri gerçekleştirilememiştir. Menderes 2 çalışma alanı incelendiğinde, 2018 yıl içerisinde Ocak ayından Eylül ayına doğru, 2019 yılı içerisinde ise Haziran ayından Eylül ayına doğru nehir suyu seviyesinin azaldığı görülmektedir. Nehir suyu seviyesinin azalmasıyla ardışık aylar ocak ile haziran, haziran ile eylül ayları arasında ve yıl içerisinde ilk ölçüm ile son ölçüm ayları olan ocak ile eylül ayları arasında sediment birikim bölgelerinin oluştuğu görülmektedir. Fakat görsel olarak değişim bölgeleri incelendiğinde, sediment oluşumu yani birikim meydana gelen bölgelerin yüzey yüksekliğinin, bir önceki aydaki nehir suyu seviyesine erişemediğinden dolayı azalış olarak ifade edildiği görülmektedir. Analiz sonucundaki sediment artışı, sediment bütçesindeki ve bitki örtüsündeki artıştan dolayı meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir. Ani yükseklik değişimleri ise bitki yüksekliklerinden gelen değişimi ifade etmektedir. Yükseklik değişiminin maksimum 3.9 m'lik değişimde olduğu görülmektedir.

Menderes 2 çalışma alanında 2018 ve 2019 yılı haziran aylarına ait veriler incelendiğinde; meydana gelen sediment azalış miktarı, 2018 yılı haziran ayındaki nehir suyu seviyesinin, 2019 yılı nehir suyu seviyesinden düşük olarak ölçülmesinden dolayısıyla değişim bölgelerinin yüzey yüksekliğinin azalmasından kaynaklandığı görülmektedir. Bununla birlikte değişim bölgelerindeki sediment yüzey yüksekliklerinin düştüğünü ifade etmektedir. Hacimsel sediment artış miktarı ise 2019 yılında nehir su seviyesinin düştüğü bölgelerde yeni sediment bölgelerinin oluştuğu bölgeler ile hem bu oluşan sediment bölgelerinin hem de mevcut sediment bölgelerinin yüzey yüksekliğinin, 2018 yılı nehir suyu seviyesinden yüksek olmasından kaynaklanan yüzey yüksekliğinin arttığı bölgeleri ifade etmektedir.

Menderes 2 çalışma alanında 2018 ve 2019 yılı eylül aylarına ait veriler incelendiğinde; meydana gelen sediment azalış miktarı, kıyı çizgisinde bulunan

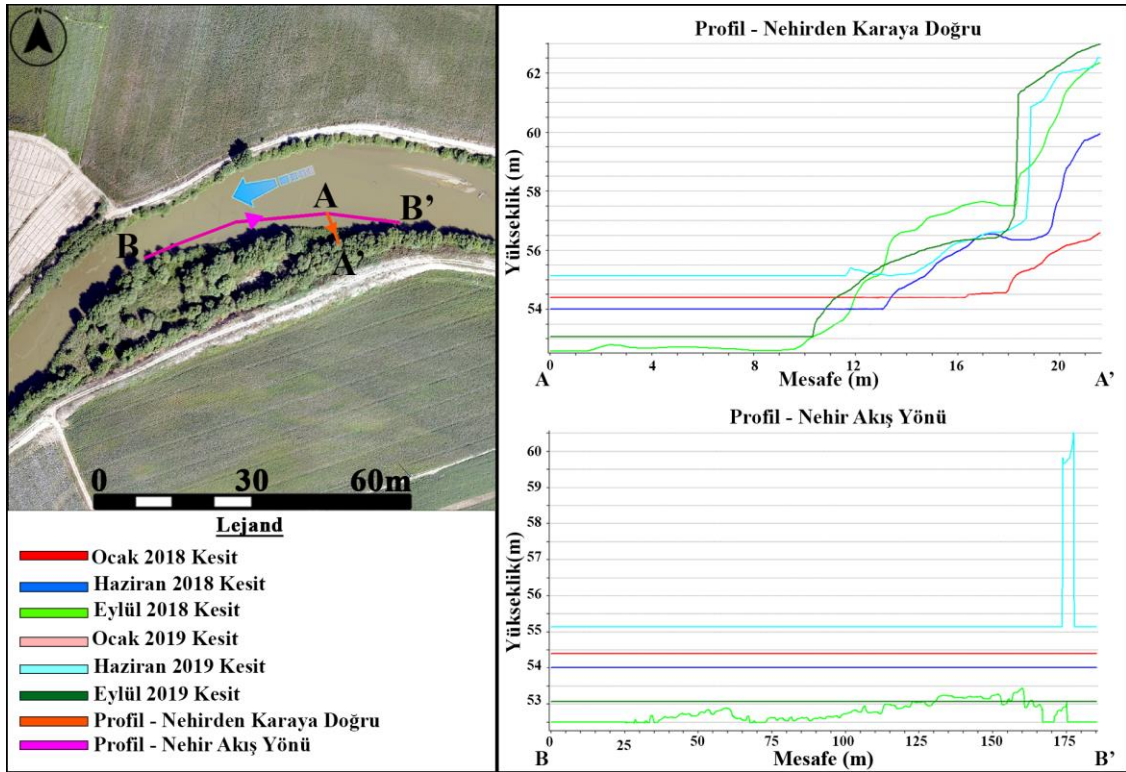
sediment yüzey yüksekliğinin azaldığı bölgeleri ifade etmektedir. Hacimsel sediment artış miktarı, 2019 yılında nehir suyu seviyesinin, 2018 yılı nehir suyu seviyesinden yüksek olmasından dolayı 2018 yılında mevcut sediment bölgelerinin nehir suları altında kaldığı ve yüzey yüksekliğinin arttığı bölgeleri ifade etmektedir. Yani 2019 yılı nehir suyu seviyesi, 2018 yılında aynı bölgeler nehir suyu seviyesi ile sediment bulunan bölgelerinin yüksekliğinden daha yüksek bir değere sahip olmasından dolayı yüzey yüksekliğinin arttığı alanları göstermektedir. Ayrıca artış miktarı, karaya yakın bölgelerdeki bitki örtüsündeki artışı ifade etmektedir.



Şekil 3.11 Menderes 2 çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi

Şekil 3.12'de Menderes 2 çalışma alanına ait sediment değişimi olan bölgelerde yükseklik değişimlerini göstermek amacıyla nehir akış yönünde ve nehirden karaya doğru profiller çizilerek değişimler gösterilmiştir. Çizilen profil sonucunda sediment değişimi olan bölgelerde, 2019 yılı haziran ayına ait nehir suyu seviyesinin en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Sediment birikiminin meydana geldiği bölgeler incelendiğinde, 2018 yılı eylül ayında nehir suyu seviyesinin en düşük

seviyede olmasıyla sediment birikimi meydana geldiği görülmektedir. Çizilen profil neticesinde, 2019 yılı haziran ayında meydana gelen ani yükseklik değişim ise bölgedeki bitki örtüsündeki yükseklik artışından kaynaklandığı görülmektedir. Profil sonucunda üretilen düz çizgiler nehir suyu seviyesini temsil etmektedir. Nehir suyu seviyesi, bölgelerde sediment alanlarının oluşmadığını ve o bölgelerde nehir suyunun bulunduğunu ifade etmektedir. Nehirden karaya doğru çizilen profil ile aylık yükseklik değişimleri incelendiğinde, genel olarak sediment alanlarının yüksekliklerinin yakın ve benzer oranda değiştiği görülmektedir. Bitki örtüsünden kaynaklı ani değişimler olduğu ve bu yükseklik değişimlerinin de benzer oranda olduğu görülmektedir. Ayrıca profil çizilen alandaki bitki örtüsünün ağaçları içerdiği görülmekle beraber yaz ve eylül aylarında yaprak ve dalların etkisiyle yükseklik değişiminin diğer aylara oranla yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3.12 Menderes 2 çalışma alanındaki mevsimsel yükseklik değişimi gösterimi

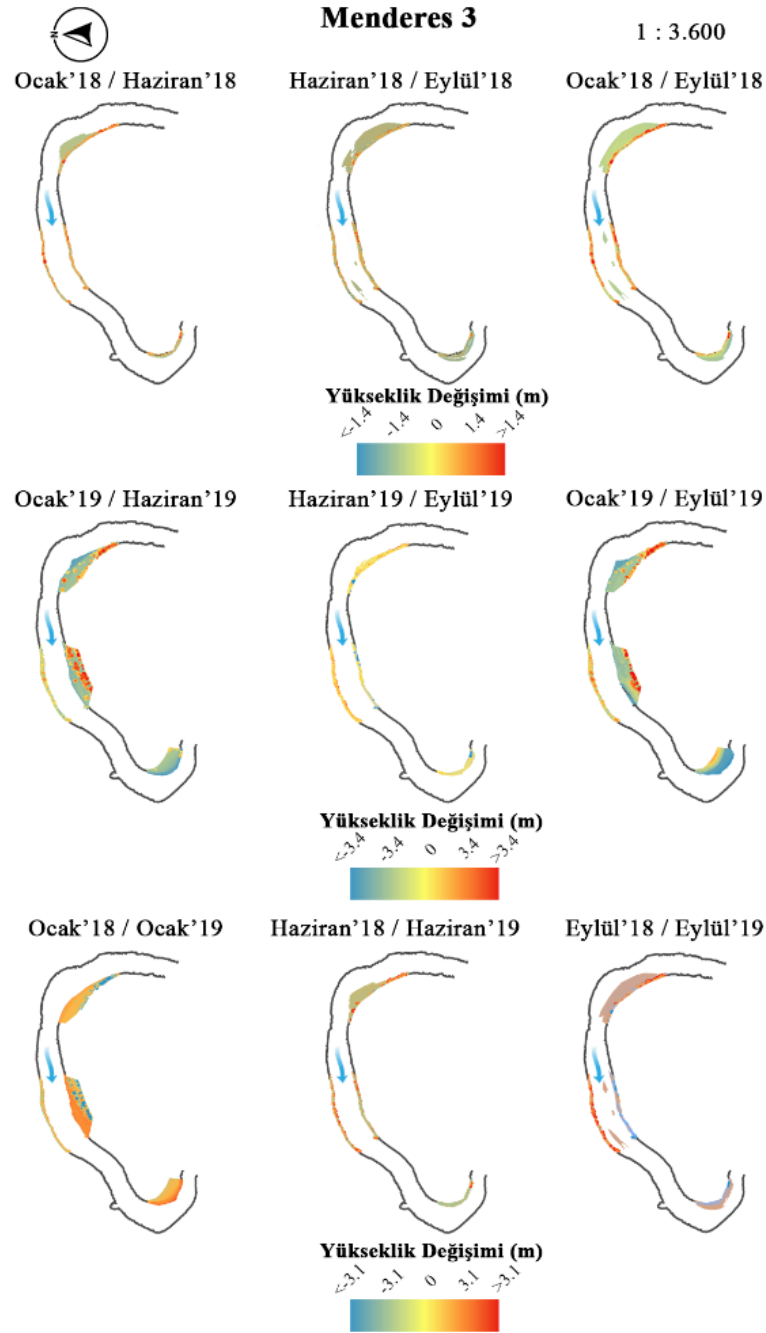
Şekil 3.13'te 2018 ve 2019 yılları içerisinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda Menderes 3 çalışma alanına ait üretilen verilerde, değişim bölgelerinde DoD yöntemi ile gerçekleştirilen hacimsel analiz sonucunda meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Menderes 3 çalışma alanında gerçekleştirilen sediment

değişimleri incelendiğinde, her iki yıl içerisinde ocak ayından eylül ayına doğru nehir suyu seviyesini azaldığı görülmektedir. Nehir suyu seviyesinin azalmasıyla ardışık aylar ocak ile haziran, haziran ile eylül ayları arasında ve yıl içerisinde ilk ölçüm ile son ölçüm ayları olan ocak ile eylül ayları arasında sediment birikimi olduğu görülmektedir. Fakat görsel olarak değişim bölgeleri incelendiğinde, sediment oluşumu yani birikim meydana gelen bölgelerin yüzey yüksekliğinin, bir önceki aydaki nehir suyu seviyesine erişemediğinden dolayı azalım olarak ifade edildiği görülmektedir. Analiz sonucundaki sediment artışı, sediment bütçesindeki ve bitki örtüsündeki artıştan dolayı meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir. Ani yükseklik değişimleri ise bitki yüksekliklerinden gelen değişimi ifade etmektedir. Yükseklik değişiminin maksimum 3.4 m'lik değişimde olduğu görülmektedir.

Menderes 3 çalışma alanında 2018 ve 2019 yılı Ocak aylarına ait veriler incelendiğinde; 2019 yılı Ocak ayında meydana gelen taşkın sonucunda nehir suyu seviyesinin artarak, 2018 yılı Ocak ayındaki mevcut kara alanın nehir suları altında kaldığı görülmektedir. Aynı zamanda, 2019 yılına ait nehir kıyı çizgisinin, 2018 yılındaki nehir kıyı çizgisini geçerek karaya doğru ilerleyerek mevcut kıyı çizgisinin gerisinde olduğu görülmüştür. 2019 yılı ocak ayında nehir su seviyesi, 2018 yılı Ocak ayındaki nehir su seviyesi ile mevcut kara/sediment bölgelerinden daha yüksek bir değerde olmasından dolayı çalışma alanında yüzey yüksekliğinin arttığı görülmektedir. 2018 ile 2019 yılı Ocak aylarında meydana gelen sediment azalım miktarı, değişim bölgesinde bulunan sediment bölgelerindeki bütçenin ve bitki örtüsünün azalmasını ifade etmektedir. Aynı analiz sonucunda hesaplanan sediment artış miktarı ise 2019 yılındaki nehir suyu seviyesindeki artış sonucunda meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir. Değişim bölgesinde analizler sonucu hesaplanan toplam hacimsel değişim değeri ise sediment bölgelerindeki hem azalım hem artış ile ifade edelin miktarların toplamını ifade etmektedir. Menderes 3 çalışma alanında, ocak aylarına ait verilerin hacimsel analizleri sonucunda, nehir su seviyesindeki artış nedeniyle yüzey yüksekliğinin arttığı, bununla birlikte hem sediment bütçesindeki miktarda hem bitki örtüsünde azalım meydana geldiği görülmektedir.

Menderes 3 çalışma alanı için 2018 ve 2019 yılı haziran aylarına ait veriler incelendiğinde; meydana gelen sediment bölgelerindeki azalım miktarı, her iki yıla ait aylar için mevcut sediment bölgelerindeki yüzey yüksekliğinin azaldığını yani iki tarih arasında mevcut alanlarda sediment yüksekliğinin azaldığını ifade etmektedir. Bununla beraber, 2018 yılında sediment bulunan bölgelerin bir bölümünün, 2019 yılında meydana gelmediği yani erozyonla ortadan kalktığı görülmektedir. Ayrıca, 2019 yılı nehir suyu yüksekliğinin, 2018 yılındaki sediment bölgelerinin yüzey yüksekliğinden düşük değerde olduğu bölgeleri göstermektedir. Yüzey yüksekliğinin daha fazla olduğu bölgelerde ise azalmanın mevcut bitki örtüsündeki değişimden meydana geldiği görülmektedir. Değişim bölgelerinde meydana gelen artış miktarı, genellikle mevcut sediment birikim yüzeylerindeki ve bitki örtüsündeki yükseklik artışından kaynaklanan bölgeleri ifade etmektedir.

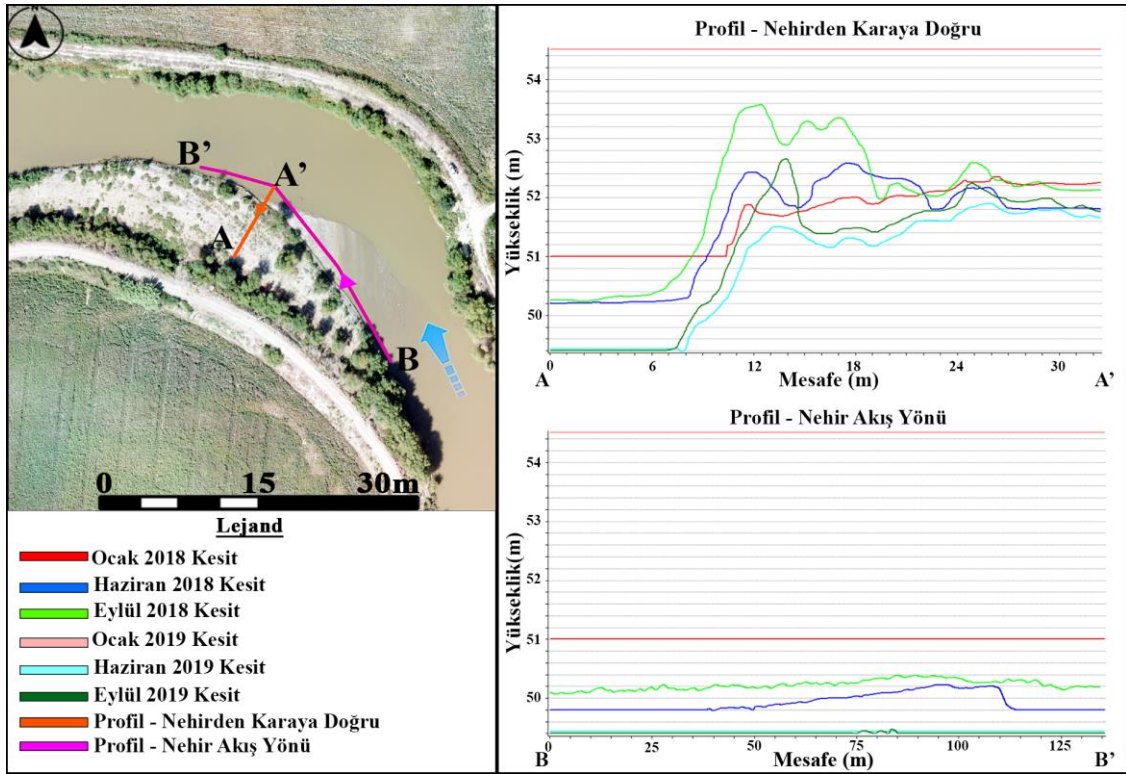
Menderes 3 çalışma alanına ait 2018 ve 2019 yılı Eylül aylarına ait veriler incelendiğinde ise değişim bölgelerinde meydana gelen azalım miktarı, 2018 yılında bulunan sediment birikim bölgelerinin 2019 yılında nehir sularının altında kaldığı bölgeleri ifade etmektedir. 2019 yılı eylül ayında, mevcut sediment yüzeylerinin ve bitki örtüsü yüksekliğinin azaldığı alanları ifade etmektedir. Bununla birlikte, değişim bölgelerinde meydana gelen ani artış miktarı, karaya yakın alanlardaki bitki örtüsünde meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir.



Şekil 3.13 Menderes 3 çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi

Şekil 3.14'te Menderes 3 çalışma alanına ait sediment değişimi olan bölgelerdeki yüzeydeki yükseklik değişimlerini göstermek amacıyla nehir akış yönünde ve nehirden karaya doğru profiller çizilerek meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Çizilen profil sonucunda sediment değişimi olan bölgelerde, her iki yıla ait ocak ayı verilerinde, sediment değişimi olan alanın nehir suyu seviyesinden düşük olduğu ve nehir suyu seviyesi düştükçe sediment birikim bölgelerinin olduğu görülmüştür.

Eylül aylarında ise nehir suyu seviyesinin azalmasıyla ortaya çıkan sediment bölgelerindeki yükseklik farkları görülmektedir. Bununla birlikte, 2019 yılı Haziran ve Eylül aylarında nehir suyu seviyesinin düştüğü fakat sediment birikiminin bölgelerinin, 2018 yılındaki meydana gelen sediment birikim bölgeleri kadar yüksek olamadığı ve çoğu bölgenin ise nehir sularıyla kaplı olduğu görülmektedir. Profil sonucunda üretilen düz çizgiler nehir suyu seviyesini temsil etmektedir. Nehir suyu seviyesi, bölgelerde sediment alanlarının oluşmadığını ve o bölgelerde nehir suyunun bulunduğunu ifade etmektedir. Nehirden karaya doğru çizilen profil ile aylık yükseklik değişimleri incelendiğinde, genel olarak sediment alanlarının yüksekliklerinin yakın ve benzer oranda değiştiği görülmektedir. Ayrıca bitki örtüsünden kaynaklı ani değişimler olduğu ve bu değişimlerinde benzer oranda olduğu görülmektedir. Bu menderes alanında ise 2019 yılı ocak ayında kara olan alanın taşkın ile sular altında kaldığı da bu profil sonucunda görülmektedir.



Şekil 3.14 Menderes 3 çalışma alanındaki mevsimsel yükseklik değişimi gösterimi

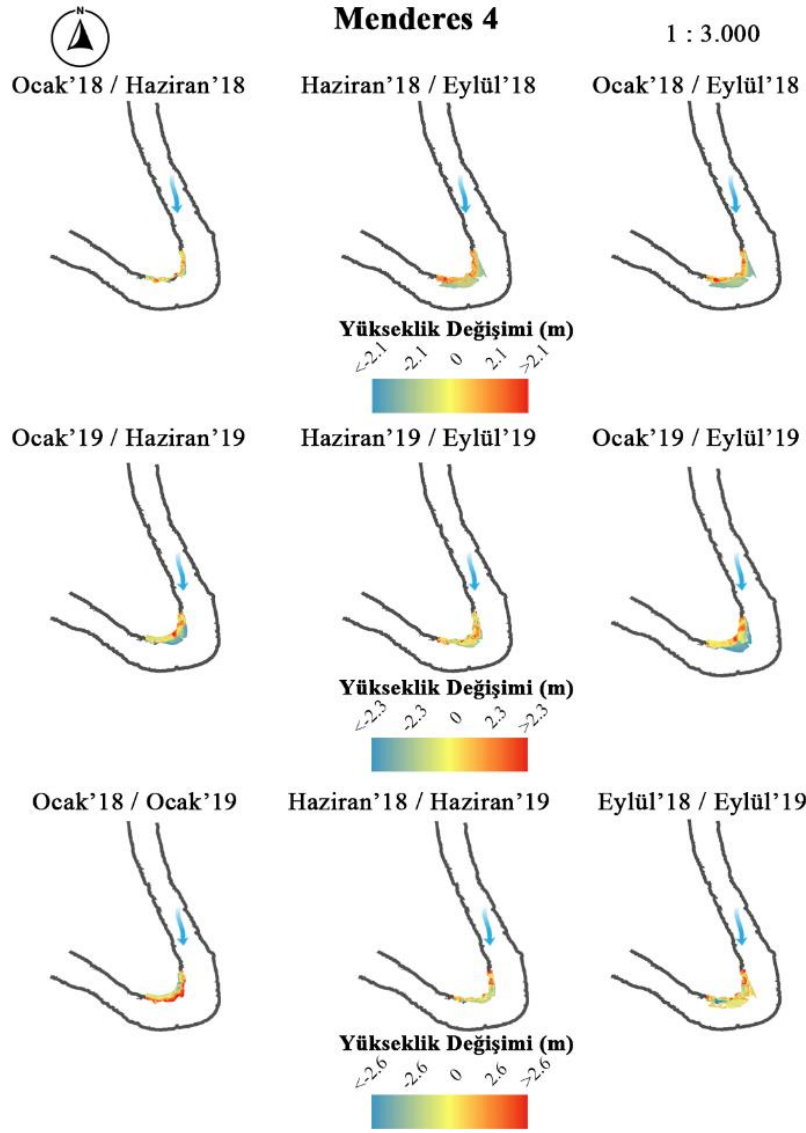
Şekil 3.15'te 2018 ve 2019 yılları içerisinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda Menderes 4 çalışma alanına ait üretilen verilerde, değişim bölgelerinde DoD yöntemi ile gerçekleştirilen hacimsel analiz sonucunda meydana gelen

değişimler gösterilmiştir. Menderes 4 çalışma alanında gerçekleştirilen sediment değişimleri incelendiğinde, her iki yıl içerisinde ocak ayından eylül ayına doğru nehir suyu seviyesini azaldığı görülmektedir. Nehir suyu seviyesinin azalmasıyla ardışık aylar ocak ile haziran, haziran ile eylül ayları arasında ve yıl içerisinde ilk ölçüm ile son ölçüm ayları olan ocak ile eylül ayları arasında sediment birikimi olduğu görülmektedir. Fakat görsel olarak değişim bölgeleri incelendiğinde, sediment oluşumu yani birikim meydana gelen bölgelerin yüzey yüksekliğinin, bir önceki aydaki nehir suyu seviyesine erişemediğinden dolayı azalım olarak ifade edildiği görülmektedir. Analiz sonucundaki sediment artışı, sediment bütçesindeki ve bitki örtüsündeki artıştan dolayı meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir. Ani yükseklik değişimleri ise bitki yüksekliklerinden gelen değişimi ifade etmektedir. Yükseklik değişiminin maksimum 2.6 m'lik değişimde olduğu görülmektedir.

Menderes 4 çalışma alanında 2018 ve 2019 yılı Ocak aylarına ait veriler incelendiğinde; 2019 yılı Ocak ayında meydana gelen taşkın sonucunda nehir suyu seviyesinin artarak, 2018 yılı Ocak ayındaki mevcut kara alanının nehir suları altında kaldığı görülmektedir. Aynı zamanda, 2019 yılına ait nehir kıyı çizgisinin, 2018 yılındaki nehir kıyı çizgisini geçerek karaya doğru ilerleyerek mevcut kıyı çizgisinin gerisinde olduğu görülmüştür. 2019 yılı Ocak ayında nehir su seviyesi, 2018 yılı Ocak ayındaki nehir su seviyesi ile mevcut kara/sediment bölgelerinden daha yüksek bir değerde olmasından dolayı çalışma alanında yüzey yüksekliğinin arttığı görülmektedir. 2018 ile 2019 yılı Ocak aylarında meydana gelen sediment azalım miktarı, değişim bölgesinde bulunan bitki örtüsü ve kısmen sediment bölgelerinin azalmasını ifade etmektedir. Aynı analiz sonucunda hesaplanan sediment artış miktarı ise 2019 yılındaki nehir suyu seviyesindeki artıştan sonucunda meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir. Değişim bölgesinde analizler sonucu hesaplanan toplam hacimsel değişim değeri ise sediment bölgelerindeki hem azalım hem artış ile ifade edelin miktarların toplamını ifade etmektedir. Menderes 4 çalışma alanında, ocak aylarına ait verilerin hacimsel analizleri sonucunda, nehir su seviyesindeki artış nedeniyle yüzey yüksekliğinin arttığı, bununla birlikte hem sediment miktarında hem bitki örtüsünde azalım meydana geldiği görülmektedir.

Menderes 4 çalışma alanı için 2018 ve 2019 yılı Haziran aylarına ait veriler incelendiğinde; meydana gelen sediment bölgelerindeki azalım miktarı, her iki yıla ait aylar için mevcut sediment bölgelerindeki yüzey yüksekliğinin azaldığını yani iki tarih arasında mevcut alanlarda sediment yüksekliğinin azaldığını ifade etmektedir. Bununla beraber, 2018 yılında sediment bulunan bölgelerin bir bölümünün, 2019 yılında meydana gelmediği yani erozyonla ortadan kalktığı görülmektedir. Ayrıca, 2019 yılı nehir suyu yüksekliğinin, 2018 yılındaki sediment bölgelerinin yüzey yüksekliğinden düşük değerde olduğu bölgeleri göstermektedir. Yüzey yüksekliğinin daha fazla olduğu bölgelerde ise azalmanın mevcut bitki örtüsündeki değişimden meydana geldiği görülmektedir. Değişim bölgelerinde meydana gelen artış miktarı, genellikle mevcut sediment birikim yüzeylerindeki ve bitki örtüsündeki yükseklik artışından kaynaklanan bölgeleri ifade etmektedir.

Menderes 4 çalışma alanına ait 2018 ve 2019 yılı Eylül aylarına ait veriler incelendiğinde ise değişim bölgelerinde meydana gelen azalım miktarı, 2018 yılında bulunan sediment birikim bölgelerinin 2019 yılında nehir sularının altında kaldığı bölgeleri ifade etmektedir. 2019 yılı Eylül ayında, mevcut sediment yüzeylerinin ve bitki örtüsü yüksekliğinin azaldığı alanlar ifade etmektedir. Bununla birlikte, değişim bölgesinde meydana gelen artış miktarı, karaya yakın alanlardaki bitki örtüsü meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir.



Şekil 3.15 Menderes 4 çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi

Şekil 3.16'da Menderes 4 çalışma alanına ait sediment değişimi olan bölgelerdeki yüzeydeki yükseklik değişimlerini göstermek amacıyla nehir akış yönünde ve nehirden karaya doğru profiller çizilerek meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Çizilen profil sonucunda sediment değişimi olan bölgelerde, her iki yıla ait ocak ayı verilerinde, sediment değişimi olan alanın nehir suyu seviyesinden düşük olduğu ve nehir suyu seviyesi düştükçe sediment birikim bölgelerinin olduğu görülmüştür. Eylül aylarında ise nehir suyu seviyesinin azalmasıyla ortaya çıkan sediment bölgelerindeki yükseklik farkları görülmektedir. Bununla birlikte, Aynı zamanda 2018 yılı Eylül ayındaki sediment bölgelerinin yüzey yüksekliğinin, 2019 yılı Eylül

Profil - Nehirden Karaya Doğru

Profil - Nehir Akış Yönü

Lejand

- Ocak 2018 Kesit
- Haziran 2018 Kesit
- Eylül 2018 Kesit
- Ocak 2019 Kesit
- Haziran 2019 Kesit
- Eylül 2019 Kesit
- Profil - Nehirden Karaya Doğru
- Profil - Nehir Akış Yönü

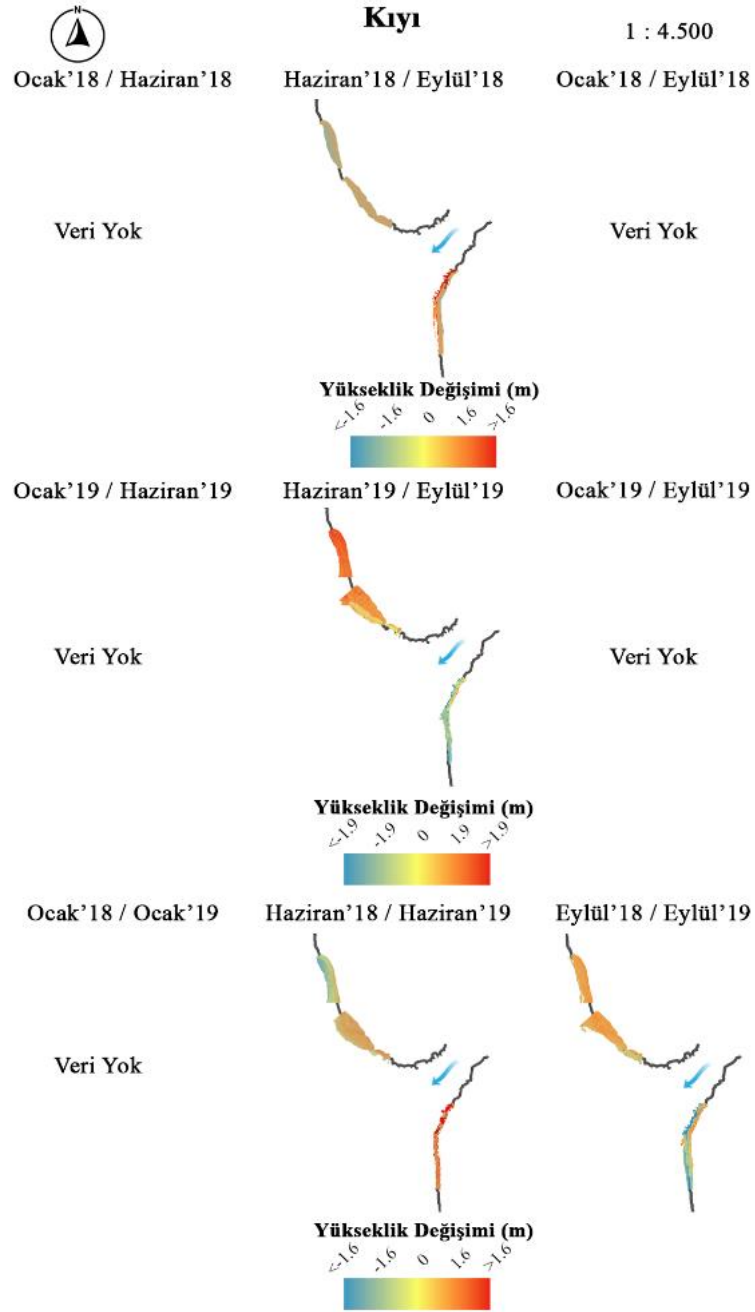
84

yöntemi ile gerçekleştirilen hacimsel analiz sonucunda ortaya çıkan sediment değişimleri gösterilmiştir. Kıyı çalışma alanında, 2018 ve 2019 yılları Ocak aylarında hava ve arazi şartları neticesinde arazi çalışması gerçekleştirilemediğinden dolayı veri hacimsel analizler gerçekleştirilememiştir. Dolayısıyla nehir suyu seviyesi ile hacimsel sediment değişimleri incelenememiştir. Fakat görsel olarak değişim bölgeleri incelendiğinde, sediment oluşumu yani birikim meydana gelen bölgelerin yüzey yüksekliğinin, bir önceki aydaki nehir suyu seviyesine erişemediğinden dolayı azalım olarak ifade edildiği görülmektedir. Analiz sonucundaki sediment artışı, sediment bütçesindeki ve bitki örtüsündeki artıştan dolayı meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir. Ani yükseklik değişimleri ise bitki yüksekliklerinden gelen değişimi ifade etmektedir. Yükseklik değişiminin maksimum 1.9 m'lik değişimde olduğu görülmektedir.

Kıyı çalışma alanı için 2018 ve 2019 yılı Haziran aylarına ait veriler incelendiğinde; meydana gelen sediment bölgelerindeki azalım miktarı, 2019 yılı içerisinde kıyı su seviyesindeki düşüşle birlikte kıyı çizgisinin genişlediği sediment birikim bölgeleri ifade etmektedir. Kıyı çalışma alanında, 2019 yılında meydana gelen sediment bölgelerinin yüzey yüksekliği, 2018 yılındaki kıyı su seviyesinden düşük olduğundan dolayı yüzey yüksekliği azalmış olarak görülmektedir. Değişim bölgelerinde meydana gelen artış miktarı, genellikle sediment birikim yüzeylerindeki ve bitki örtüsü yükseklik artışından kaynaklanan bölgeleri ifade etmektedir.

Kıyı çalışma alanına ait 2018 ve 2019 yılı Eylül aylarına ait veriler incelendiğinde ise değişim bölgelerinde meydana gelen azalım miktarı, 2018 yılında bulunan sediment birikim bölgelerinin 2019 yılında nehir sularının altında kaldığı bölgeleri ifade etmektedir. 2019 yılında, hem kıyı çizgisinin karaya doğru ilerlediği yani gerilediği hem de 2018 yılındaki mevcut sediment bölgelerinin erozyon sonucu kıyıda olmadığı görülmüştür. Aynı zamanda 2019 yılında kıyı su seviyesi, 2018 yılındaki kıyı su seviyesinin altında kalarak mevcut yüzey seviyesinin düşmesine bu nedenle sediment değişim bölgelerinde azalım olarak görüldüğü ifade edilmektedir. Bununla birlikte, değişim bölgelerinde meydana gelen artış miktarı, karaya yakın alanlardaki bitki örtüsü meydana gelen yüzey yüksekliğindeki artışı ifade etmektedir. Bu tarih

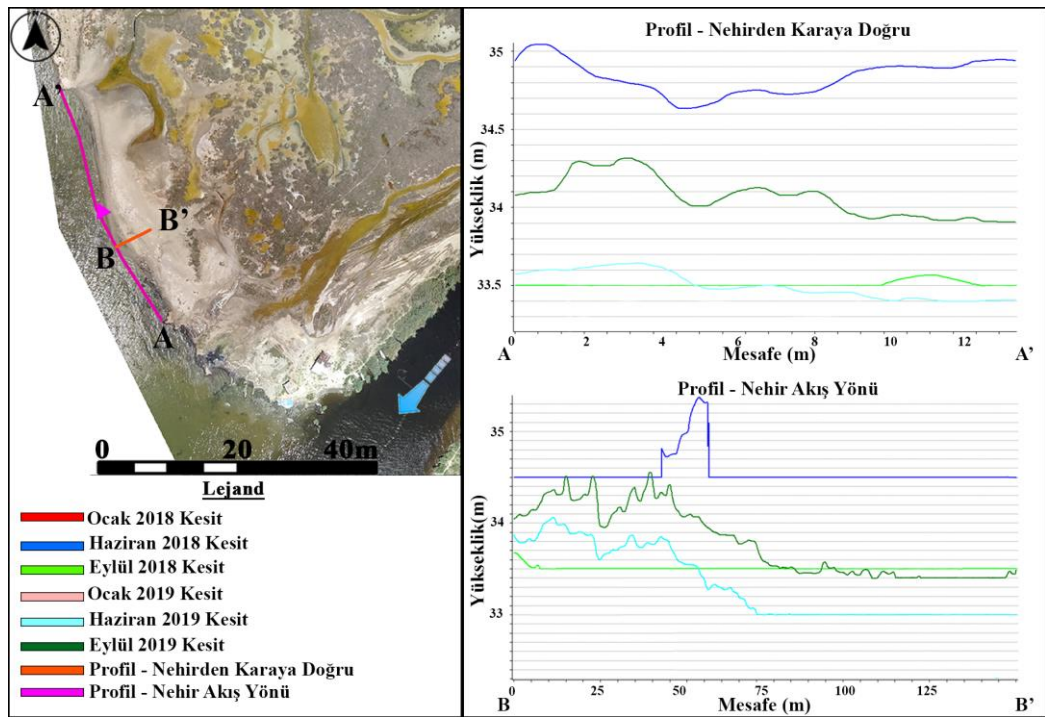
aralıklarında, bazı bölgelerde kıyı çizgisinde gerileme mevcutken benzer şekilde denize doğru ilerleme de mevcut olduğundan dolayı yeni meydana gelen sediment bölgelerini ifade etmektedir.



Şekil 3.17 Kıyı çalışma alanındaki birikim bölgelerinin hacim değerlerinde meydana gelen sedimentlerin değişimlerin gösterimi

Şekil 3.18'de kıyı çalışma alanına ait sediment değişimi olan bölgelerdeki yüzeydeki yükseklik değişimlerini göstermek amacıyla nehir akış yönünde ve nehirden karaya doğru profiller çizilerek meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Çizilen profil

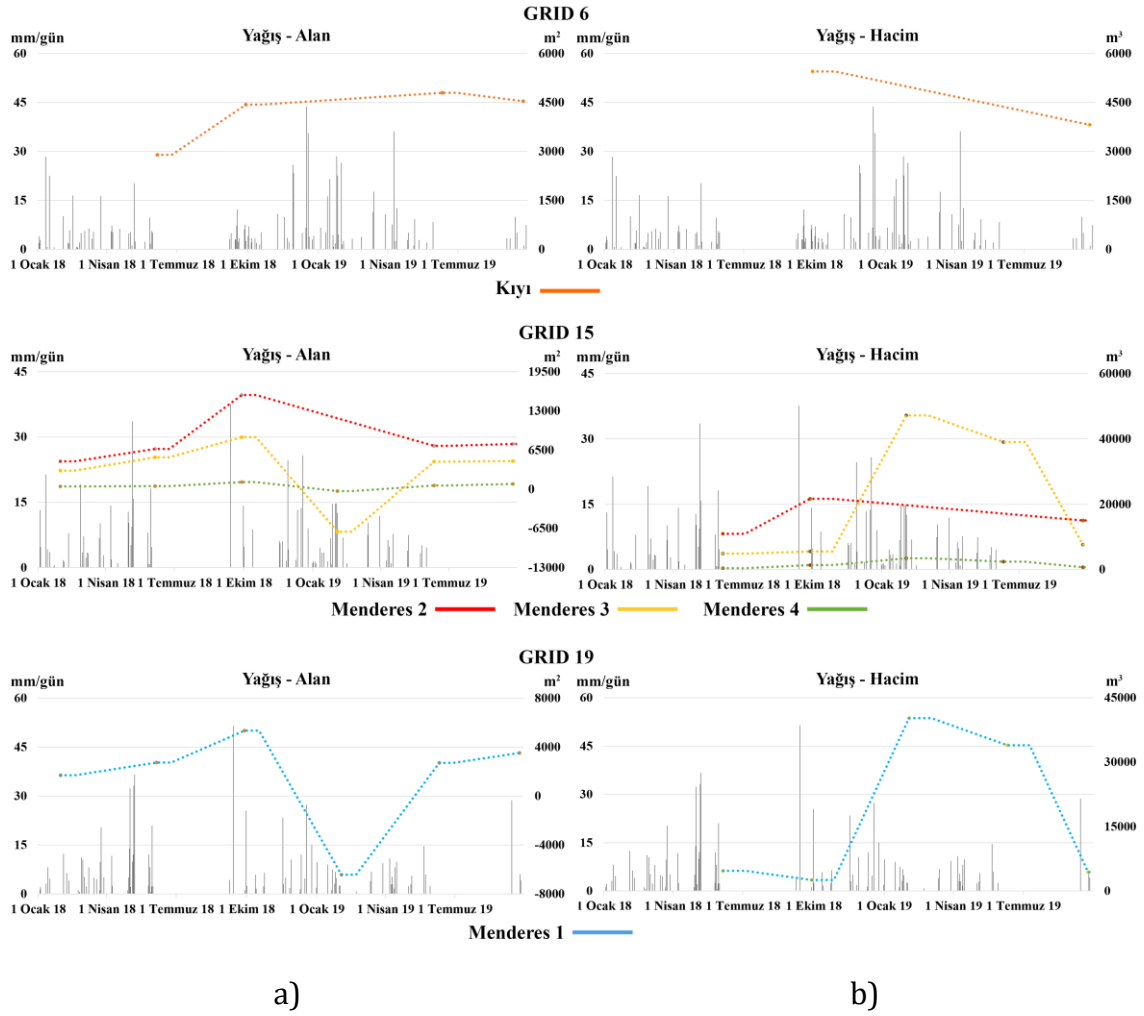
sonucunda, 2018 yılı Haziran ayından, 2019 yılı Haziran ayına doğru kıyı su seviyesinde düşüş meydana geldiği, dolayısıyla 2019 yılı içerisinde sediment oluşum bölgelerinin meydana geldiği bölgeleri ifade etmektedir. 2019 yılı Eylül ayında sediment birikim miktarının, aynı yıl haziran ayına göre yükseldiği görülmektedir. Profil sonucunda üretilen düz çizgiler nehir suyu seviyesini temsil etmektedir. Nehir suyu seviyesi, bölgelerde sediment alanlarının oluşmadığını ve o bölgelerde nehir suyunun bulunduğunu ifade etmektedir. Nehirden karaya doğru çizilen profil ile aylık yükseklik değişimleri incelendiğinde, genel olarak sediment alanlarının yüksekliklerinin yakın ve benzer oranda değiştiği görülmektedir. Benzer şekilde bitki örtüsünden kaynaklı ani değişimler olduğu ve bu değişimlerinde aynı oranda olduğu görülmektedir. Kıyı alanında bitki örtüsü kısmen mevcut olsa da genelinde bitki örtüsü olmadığından dolayı meydana gelen değişimlerin sediment bütçesini gösterdiği görülmektedir. Profil boyunca meydana gelen değişimler, nehir akıntısı ile dalgalar sonucu kıyıda meydana gelen birikim ve erozyonu ifade etmektedir. 2018 yılında kıyıda bulunan sediment alanının yüksekliğinin 2019 yılında azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.18 Kıyı çalışma alanındaki mevsimsel yükseklik değişimi gösterimi

3.2 Ekstrem Değerlerin Değişimler ile İlişkilendirilmesi

Çalışma kapsamında, menderes yapılarında ve kıyı alanında meydana gelen değişimlerin, meydana gelen yağış yağış verileri ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışma boyunca meydana gelen ve TRMM gridlerinden elde edilmiş yağış grafikleri ile çalışma alanlarında meydana gelen sediment azalımı ve birikimindeki alansal ve hacimsel değişimlerin noktasal değerleri Şekil 3.19'da gösterilmiştir. Art zamanlı sediment değişimlerinin birbirleri ile ilişkilerinin gösterimi amacıyla alan ve hacim değerleri ortalama eğilim çizgisi ile birbirleriyle ilişkilendirilmiştir. Şekil 3.19a'da 2018 ve 2019 yıllarında gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucu elde edilen alansal değişim ile bu dönemlere ait TRMM yağış verileri arasındaki ilişki, Şekil 3.19b ise DoD metodu ile hesaplanan hacimsel değişim ile TRMM yağış verileri arasındaki ilişki gösterilmiştir. 2018 ve 2019 yılı içerisinde meydana gelen yağışlar ile alansal değerler incelendiğinde, aynı yıl içerisinde yağışların ocak ayından eylül ayına doğru azalması ile birikim alanlarının arttığı görülmektedir. Kıyı çalışma alanında 2018 yılı Haziran ayındaki birikim alanının çalışma boyunca arttığı görülmektedir. 2019 yılı Ocak ayında arazi çalışması hava ve arazi şartları dolayısıyla gerçekleştirilemediği fakat yağışın o zaman aralığında fazla olduğu görülmekle birlikte yağışın azalmasıyla alansal değer arttığı görülmektedir. Menderes yapılarında ise 2019 yılı Ocak ayında ekstrem yağışlar ile meydana gelen taşkın olayı sonucunda alansal değerlerin azaldığı ve 2019 yılı Haziran ve Eylül aylarında alansal değer 2018 yılındaki alansal değerlere yaklaştığı görülmektedir. Menderes 2 çalışma alanında hava ve arazi şartlarından dolayı arazi çalışması gerçekleştirilemediği fakat 2018 yılı Eylül ayındaki alansal değer, 2019 yılı Haziran ve Eylül aylarındaki değerlerden yüksek olduğunun görülmesi ile bu çalışma alanında ekstrem yağışlar ile alansal değer düşüğü yorumu yapılabilmektedir. Menderes 1 ve Menderes 3 çalışma alanlarının alansal değerleri ise ekstrem yağışlardan etkilenecek en düşük değerlerine eriştiği görülmektedir. Menderes 4 çalışma alanında ise alansal değişimin diğer çalışma alanlarına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla çalışma alanlarında meydana gelen ekstrem yağışlar ile alansal değerlerin düşüşe geçtiği görülmektedir.



Şekil 3.19 a) TRMM gridlerine ait günlük yağış verileri alansal değişim değerlerinin gösterimi ve b) TRMM gridlerine ait günlük yağış verileri ile hacimsel değişim değerlerinin gösterimi

Gerçekleştirilen analizler sonucunda hesaplanan hacimsel değerler ile meydana gelen ekstrem yağışlar incelendiğinde, kıyı alanında hacimsel değişimde düşüşün meydana geldiği görülmektedir. 2018 ve 2019 yılı Ocak aylarında hava ve arazi şartları sonucunda meydana gelen değişim incelenememektedir. Fakat 2018 ve 2019 yılı Eylül ayları arasındaki değişim incelendiğinde meydana gelen yağışların çalışma alanındaki sediment değişimine neden olduğu ve sediment miktarında azalım olduğu görülmektedir. Menderes yapılarında ise 2019 yılı Ocak ayında meydana gelen yağışlar ile hacimsel değerlerin arttığı görülmektedir. Hacimsel değerlerde meydana gelen bu artışların, yağışlar ile nehir suyu seviyesinin artmasından ve kara olan alanların nehir suları altında kalması ile mevcut yüzey yüksekliğinin nehir suyu seviyesinin artmasından kaynakladığı görülmektedir.

Menderes alışma alanlarında 2019 yılı hacimsel değerlerin, ocak ayı sonrasında yağışların azalması sonucunda nehir suyu seviyesinin azalması ile ortaya çıkan kara alanların yüzey yüksekliklerinin 2018 yılı yüzey yüksekliklerine yaklaşması ile hacimsel değerlerin birbirlerine yaklaştığı görülmektedir. Dolayısıyla meydana gelen yağışlar sonrasında menderes yapılarındaki hacimsel değişim değerlerin, yağışlar öncesindeki hacimsel değerlere yaklaştığı görülmektedir.

Çalışma alanlarında meydana gelen ekstrem yağış olayları ile meydana gelen alansal ve hacimsel değişimler incelendiğinde, ekstrem yağışların çalışma alanlarında ekstrem değişimlere neden olduğu görülmektedir. Bununla birlikte ekstrem yağışlar sonrasında meydana gelen yağışların menderes yapısında değişikliklere neden olmadığı ve menderes yapılarının ekstrem yağışlar öncesindeki mevcut durumlarına döndüğü görülmektedir.

4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, İHA ile elde edilen veriler ile Büyük Menderes Nehri üzerinde bulunan menderes yapıları ve nehrin deniz ile birleştiği kıyı alanı art zamanlı ve dönemsel olarak incelenerek havzada meydana gelen ekstrem yağış olaylarının meydana gelen sediment değişimleri ile ilişkilendirilmesi ve taşkın olaylarının analizleri gerçekleştirilmiştir.

Büyük Menderes Havzası tarım, enerji üretimi ve sanayi açısından ülkemizin en önemli yerleşim alanlarından başında gelmektedir. Havzanın iklim ve topografik yapıları incelendiğinde meydana gelebilecek taşkın olaylarının neden olacağı zarar ve kayıpların en aza indirgenmesi amacıyla havzanın dönemsel olarak izlenmesi, kontrol edilmesi ve meydana gelebilecek doğal olaylara karşı önlem alınabilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle havzaya ait topografik verilerin, arazi şartları ve üretim maliyetleri göz önüne alındığında zamansal olarak hızlı, ekonomik ve yüksek doğrulukla üretilmesi gerekmektedir. Yersel tekniklerle topografik veri üretim işlemleri arazi şartlarının havzanın her yerinde uygun olmaması, veri üretim süresi ve maliyet açısından kısıtlamalar getirmektedir. Uydu bazlı veri üretim tekniklerinde yüksek mekansal çözünürlüğe sahip ve stereo uydu görüntülerinin, iklim koşulları ile zamansal veri temini ve maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle dönemsel veri üretiminde uygunluk gösterememektedir. Uydu görüntülerinin mekansal çözünürlükleri arttıkça görüntü çerçeve boyutları düşerken, bu görüntülerin maliyetlerinin arttığı da görülmektedir. Bu nedenlerden dolayı havzanın kontrollü bir şekilde izlenmesi amacıyla İHA'lar, dönemsel olarak hızlı, düşük maliyet, yüksek çözünürlük ve yüksek doğruluklu veri üretimi ile uydu görüntüleri için uygun olmayan şartlarda da veri temin edebilmesinde çözüm olabilecek niteliktedir. Çalışma kapsamında kullanılan farklı veri gruplarının ilişkilendirilmesi ile meteorolojik etkilerin topografik değişimlere etkileri belirlenmiştir. Uydu yağış verileri havzada grid bazlı alansal değerleri ifade etmektedir. İHA'lar ile elde edilen

yüksek çözünürlüklü veriler ile havza geneli için daha detaylı yersel ölçüm istasyon verileri, çalışmada meteorolojik etkilerin anlaşılmasında avantaj sağlayabileceği düşünülmektedir.

Gerçekleştirilen tez çalışması süresince elde edilen tecrübeler doğrultusunda, çalışma alanlarındaki rüzgar şiddeti ve sıcaklık gibi hava şartları, İHA kalkış ve iniş durumunu etkileyen arazi şartları ile çalışma alanlarının boyutları göz önüne alınarak iki farklı multikopter İHA sistemi ile bir adet sabit kanatlı İHA sistemi kullanılmıştır. Büyük alanlara sahip çalışma alanlarında, İHA'lar için uygun kalkış ve iniş alanlarının bulunması ile kullanılan sabit kanatlı İHA sisteminin zaman açısından avantaj sağladığı görülmüştür. Bununla birlikte hava şartları açısından rüzgar şiddetine sahip çalışma alanlarında, rüzgar şiddetine dayanma gücü daha yüksek olan multikopter İHA'nın kullanılması ile veri temin sürecinin sorunsuz olarak gerçekleştirildiği de görülmüştür. Çalışma süresinde farklı özelliklere sahip İHA'ların kullanılması ile arazi şartlarına göre uyum sağlanarak hızlı ve güvenli bir şekilde veri temini sağlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında, İHA'lar ile elde edilen hava fotoğraflarından ortomozaik ve SYM verileri üretilmiştir. Bu veriler ile kıyı değişim, sediment alanlarında alansal ve hacimsel değişim analizleri gerçekleştirilmiştir. Ortomozaik veriler ile menderes yapısı ve kıyı alanında kıyı çizgileri sayısallaştırılarak dönemsel olarak kıyı çizgileri üretilmiş ve kıyılarda meydana gelen uzunluk değişimlerinin incelenmesi sağlanmıştır. İlk arazi çalışması ile son arazi çalışması arasındaki değişimler ve tüm arazi çalışmaları arasında meydana gelmiş kıyı çizgisi değişimleri DSAS metodu ile belirlenmiştir. Çalışma alanlarına ait kıyı çizgilerinin üretimi ile çalışma alanlarının SI değerleri hesaplanarak mendereslilik dereceleri belirlenmiştir. Menderes 1 yapısı kıvrımlı yapı olarak tanımlanırken diğer çalışma alanları menderesli yapı olarak belirlenmesi sağlanmıştır. Ayrıca ortomozaik veriler ile menderes yapılarında sediment değişimlerinin en yüksek olduğu alanlar belirlenmiştir. Kıyı çizgileri ile karaya doğru belirlenen referans çizgisi arasında kalarak belirlenen değişim alanlarında dönemsel olarak meydana gelen alansal değişimlerin belirlenmesi sağlanmıştır. Değişim alanlarındaki hacimsel değişim değerleri ise SYM verilerinin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada hacimsel değişimlerin belirlenmesi

amacıyla art zamanlı veriler ve farklı yıllardaki aynı zaman aralığındaki verilerde DoD metodu ile değişimler belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında çalışma gerçekleştirilen alanlarda, meydana gelen uzunluk, alansal ve hacimsel değişimler ile yağış verileri ilişkilendirilme işlemleri dışında tutulduğunda, bu değişim değerlerinin 2018 ve 2019 yılları içerisinde aynı dönemlerdeki değerlere yaklaştığı, benzer dönemsel değişimlere sahip oldukları görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen uzunluk, alansal ve hacimsel analizlerin birbirleri ile ilişkilendirilmesi amacıyla dönemsel olarak gerçekleştirilen sinosite indeks değerlerinin hesaplanması ile alansal ve hacimsel sediment değişimlerinin sinosite indeks ile ilişkileri incelenmiştir. Art zamanlı olarak gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda, menderes yapılarında hesaplanan SI değerleri ile alansal ve hacimsel sediment değişimleri arasındaki ilişki incelemek amacıyla SI değerleri ile alansal ve hacimsel değişimler arasında korelasyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Ocak18-Haziran 2018, Haziran 2018-Eylül 2018, Eylül 2018-Ocak 2019, Ocak 2019-Haziran 2019 ve Haziran 2019-Eylül 2019 verileri arasındaki SI, alansal ve hacimsel değerler incelenmiştir. Çalışmadaki tüm menderes yapıları için gerçekleştirilen alansal ve hacimsel sediment değişimlerinin ilişkilendirmesi sonucunda alansal değerler ile SI değerleri arasındaki korelasyonun $r_A=0.52$, hacimsel değerler ile SI değerleri arasındaki korelasyonun ise $r_H=0.47$ olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, SI değeri 1.5 değerinin üstünde olan yani menderes olarak tanımlanan çalışma alanları için (Menderes 2, Menderes 3 ve Menderes 4 çalışma alanları) SI değerlerindeki değişimler ile alansal ve hacimsel değişim değerleri arasındaki korelasyon hesaplamaları incelendiğinde sırasıyla $r_A=0.64$ ve $r_H=0.60$ olduğu görülmektedir. Ayrıca 2019 yılı Ocak ayında Menderes 2 çalışma alanında İHA uçuşları gerçekleştirilememesi sonucunda o tarihe ait SI değeri, alansal değişim ve hacimsel değişim değerleri mevcut olmadığından dolayı SI değeri ile alansal ve hacimsel sediment değişimi arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla Menderes 2 çalışma alanı dışındaki menderes yapıları (Menderes 1, Menderes 3 ve Menderes 4 çalışma alanları) için korelasyon hesaplaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma alanları için SI değerlerindeki değişimler ile alansal

ve hacimsel değişim değerleri arasındaki korelasyon hesaplamaları incelendiğinde sırasıyla $r_A=0.56$ ve $r_H=0.49$ olduğu görölmektedir. Bununla birlikte her çalışma alanı için belirlenen tarih aralığında, SI değerleri ile alansal değişimler ilişkilendirildiğinde korelasyon değerlerinin (r_A) 0.83 ile 0.99 arasında olduğu, SI değerleri ile hacimsel değişimler arasındaki korelasyonun (r_H) ise 0.84 ile 0.96 arasında olduğu görölmüştür. SI ile sediment değişimleri arasında doğru orantılı bir değişimin olduğu görölmektedir.

Tez çalışması sırasında 2019 yılı ocak ayında meydana gelen taşkın olayı neticesinde, önceki yıllarda havzada benzer bir taşkın olayının meydana gelme durumunun incelenmesi amacıyla 2016, 2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait Sentinel 2A uydu görüntüleri temin edilerek sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemi amacıyla tüm görüntülerde aynı segmentasyon parametreleri ve aynı indisler kullanılarak sınıflandırma işlemleri ile meydana gelen taşkın olayının önceki yıllar ile karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Görsel yorumlama ve sınıflandırma işlemi ile önceki yıllarda benzer büyüklükte bir taşkın olayının olmadığı görölmektedir. Havzada, nehir yatağı ile sınırı olan alanların taşkından etkilendiği ve taşkın alanının önceki yıllarda meydana gelmiş olan taşkın olayı sonucunda etkilenen alanların yaklaşık olarak beş ile yirmi katı oranında arttığı görölmektedir.

Tez çalışması kapsamında, havzada meydana gelen yağışların çalışma alanlarındaki değişime etkisini incelemek amacıyla günlük ve saatlik yağış verisi temini sağlayan TRMM uydusuna ait yağış verileri kullanılmıştır. Çalışma alanlarını içeren TRMM uydusuna ait 1998 ve 2019 yılları arasındaki yağış verileri ile meydana gelen ekstrem yağışların geri dönüş periyodları, 2018 ve 2019 yılları arasındaki yağış verileri ile meydana gelen ekstrem yağış olayları belirlenmiştir. Çalışma alanlarını içeren TRMM grid alanlarından GRID ID 6 ve 15'te P99 ekstrem yağış eşik değerini geçen yağış meydana gelmemiştir. Menderes 1 çalışma alanını içeren GRID ID 19'da P99 ekstrem yağış eşik değerini geçerek meydana gelen bir adet ekstrem yağış meydana geldiği görölmüştür. Tüm çalışma alanlarını için ise P90 ekstrem yağış eşik değerini aşan ekstrem yağışların olduğu zaman dilimleri görölmüştür. Meydana

gelen ekstrem yağışların bir kısmı 2019 yılı Ocak ayı içerisinde olduğu dolayısıyla taşkın olayının gerçekleşmesini tetiklediği yorumu yapılabilmektedir.

Tez çalışması kapsamında havzada meydana gelen ekstrem yağış olayları ile çalışma alanlarında meydana gelen alansal ve hacimsel değişimler arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma süresinde, belirlenen ekstrem yağışların etkisiyle havzada taşkın olayının gerçekleşmesi sonucunda, menderes yapılarında kıyı çizgilerinin karaya doğru gerilediği, sediment miktarlarında kayıpların olduğu ve kara alanlarının nehir suları altında kaldığı görülmektedir. Çalışma alanlarında, 2019 yılı Ocak ayında gerçekleştirilen arazi çalışması sonucunda elde edilen veriler ile gerçekleştirilen değişim analizleri ile ekstrem yağışların görüldüğü aralıkların birbiri ile ilişkilendirilmesi sonucunda çalışma alanlarında sediment kaybına yol açan taşkın olayının ekstrem yağışlar ile tetiklendiği yorumu yapılabilmektedir. Çalışma alanlarındaki alansal değişimler, yağışların fazla olduğu dönemde sediment kayıplarına yol açarak sediment alanlarının azalmasına neden olduğu görülmektedir. Ayrıca hacimsel değişimler ile yağışlar arasındaki ilişki incelendiğinde ise meydana gelen yağışların nehir suyu seviyesini arttırarak değişim alanlarındaki yüzey hacmini arttırdığı görülmektedir. Bu nedenle yağış, alan ve hacim arasındaki ilişki tüm olarak incelendiğinde ise meydana gelen yağışların nehir suyu seviyesini arttırarak değişim alanlarındaki sedimentleri içeren kara alanları sular altında bıraktığı dolayısıyla alansal değişimde azalışa neden olduğunu bu bağlamda taşkın olayının da ortaya çıktığını göstermektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan İHA'lar ile elde edilen görüntüler ile üretilen verilerde bitki örtüsü, gölge sorunu ve nehir suyu üzerinde meydana gelen kırılmalardan dolayı ani yükseklik değişimleri meydana geldiği görülmektedir. Bu nedenle menderes yapılarında gerçekleştirilecek çalışmalarda İHA ile entegreli LIDAR sistemleri ve su derinliğini ölçebilecek batimetrik sistemlerin kullanılması verilerde meydana gelecek hataların azaltılması ve hatta ortadan kaldırılmasını sağlayabilecektir.

Çalışma sonucunda, nehir havzasının incelenmesi ile dönemsel olarak menderes yapılarındaki değişimlerin belirlenmesi, taşkın anında etkilenebilecek alanların tahmin edilmesi havza kontrolünün sağlanması açısından önemlidir. Özellikle

Çalışma sırasında meydana gelen taşkın olayının etkisinin görölmesi ile gelecek dönemlerde havzanın izlenmesi ve meydana gelebilecek taşkın olaylarının tahmin edilmesi zarar ve kayıpların önüne geçilmesini sağlayabilecektir. Mevcut ürün ve yapı kayıpları belirlenebilmesi sağlanabilecektir. Bununla birlikte dönemsel değışimlerin belirlenmesi ise havzadaki sediment bütçesinin hareketi hakkında bilgi vererek meydana gelebilecek birikim ve azalımın belirlenmesini sağlayabilecektir. Sediment taşınımı ile kıyılarda meydana gelebilecek değışimlerin izlenmesi ile nehir debisi, nehir suyunun taşıdığı sediment bütçesi gibi bilgilerin ilişkilendirilmesi sonucunda değışimlerin etkili olacağı menderes yapılarının tahmini gerçekleştirilebilecektir. İklim değışikliği ve küresel ısınma sonucunda meydana gelecek değışimlere hazırlanmak ve havza kontrollerinin sürdürülebilir şekilde kontrol altına alınması ve izlenmesi çalışmalarının gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

A

ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR

Tablo A.1 2018 yılı Ocak ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları

Ocak 2018	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
	Menderes 1	1	567718.342+0.013	4180875.555+0.013	60.265+0.013
		2	567621.493+0.015	4180871.430+0.015	60.179+0.015
		3	567559.145+0.016	4180848.727+0.016	60.534+0.016
		4	567503.816+0.017	4180829.411+0.017	61.142+0.017
		5	567392.938+0.017	4180925.366+0.017	60.853+0.017
		6	567465.882+0.018	4180836.867+0.018	57.259+0.018
	Menderes 2	1	565485.613+0.014	4183425.564+0.014	58.688+0.014
		2	565748.303+0.015	4183606.902+0.015	57.706+0.015
		3	565917.589+0.016	4183577.188+0.016	58.076+0.016
		4	566425.146+0.016	4183744.377+0.016	59.084+0.016
		5	566149.483+0.017	4183535.775+0.017	59.114+0.017
	Menderes 3	1	558488.240+0.019	4184583.994+0.019	54.345+0.019
		2	558465.710+0.022	4184781.335+0.022	53.896+0.022
		3	558370.169+0.019	4184847.230+0.019	54.952+0.019
		4	558068.702+0.017	4184779.633+0.017	54.658+0.017
		5	557980.296+0.019	4184707.998+0.019	54.611+0.019
	Menderes 4	1	548631.969+0.019	4181194.559+0.019	49.444+0.019
		2	548631.969+0.018	4181194.559+0.018	49.464+0.018
		3	548692.764+0.018	4181040.694+0.018	49.286+0.018
		4	548685.968+0.016	4180998.492+0.016	48.878+0.016
		5	548602.443+0.015	4180974.698+0.015	49.612+0.015
		6	548477.235+0.016	4181036.932+0.016	50.238+0.016

Tablo A.2 2018 yılı Haziran ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları

Haziran 2018	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
	Menderes 1	1	567666.603+0.017	4180875.130+0.017	60.173+0.017
		2	567622.787+0.021	4180873.660+0.021	60.239+0.021
		3	567580.635+0.019	4180858.890+0.019	60.444+0.019
		4	567476.725+0.022	4180845.833+0.022	61.976+0.022
		5	567400.569+0.020	4180918.441+0.02	60.848+0.020

Tablo A.2 2018 yılı Haziran ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları (devamı)

	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
Haziran 2018	Menderes 2	1	566350.637+0.017	4183607.589+0.017	56.994+0.017
		2	566426.490+0.022	4183746.017+0.022	59.075+0.022
		3	565918.512+0.025	4183579.334+0.025	58.108+0.025
		4	565724.909+0.019	4183600.552+0.019	57.789+0.019
		5	565487.801+0.015	4183424.020+0.015	58.460+0.015
	Menderes 3	1	558008.878+0.046	4184715.294+0.046	55.010+0.046
		2	558083.625+0.030	4184798.232+0.030	54.674+0.030
		3	558364.868+0.022	4184848.187+0.022	54.856+0.022
		4	558467.621+0.058	4184781.811+0.058	54.094+0.058
		5	558487.220+0.060	4184580.071+0.060	54.333+0.060
		6	558487.148+0.055	4184580.077+0.055	54.320+0.055
	Menderes 4	1	548632.948+0.022	4181193.456+0.022	49.380+0.022
		2	548680.459+0.024	4181091.660+0.024	49.292+0.024
		3	548689.163+0.023	4180992.963+0.023	49.643+0.023
		4	548623.015+0.021	4180974.820+0.021	49.817+0.021
		5	548490.972+0.024	4181030.627+0.024	49.857+0.024
	Kıyı	1	515367.315+0.016	4155239.271+0.016	33.860+0.016
		2	518247.702+0.046	4156213.643+0.046	37.238+0.046
		3	517570.574+0.022	4156077.940+0.022	37.512+0.022
		4	516768.410+0.018	4156051.873+0.018	35.103+0.018
		5	516508.521+0.019	4156063.557+0.019	33.927+0.019
		6	516427.206+0.016	4156159.917+0.016	33.906+0.016

Tablo A.3 2018 yılı Eylül ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları

	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
Eylül 2018	Menderes 1	1	567713.070+0.020	4180875.832+0.020	60.292+0.020
		2	567642.718+0.017	4180873.501+0.017	60.143+0.017
		3	567585.123+0.020	4180862.199+0.020	60.409+0.020
		4	567530.817+0.014	4180835.961+0.014	60.791+0.014
		5	567465.433+0.013	4180861.824+0.013	62.014+0.013
		6	567416.624+0.018	4180904.322+0.018	59.663+0.018
		7	567373.638+0.021	4180945.372+0.021	60.946+0.021
	Menderes 2	1	566205.810+0.016	4183535.138+0.016	59.034+0.016
		2	566532.656+0.021	4183342.718+0.021	59.217+0.021

Tablo A.3 2018 yılı Eylül ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları (devamı)

Eylül 2018	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
	Menderes 2	3	566425.133+0.015	4183746.077+0.015	59.031+0.015
		4	566242.014+0.019	4183677.934+0.019	58.530+0.019
		5	565917.678+0.019	4183578.784+0.019	58.112+0.019
		6	565715.650+0.019	4183597.334+0.019	57.760+0.019
		7	565495.854+0.016	4183432.420+0.016	58.979+0.016
	Menderes 3	1	557996.169+0.020	4184714.140+0.020	55.212+0.020
		2	558057.317+0.018	4184759.692+0.018	54.816+0.018
		3	558092.933+0.017	4184806.341+0.017	54.975+0.017
		4	558201.789+0.023	4184847.457+0.023	55.289+0.023
		5	558371.999+0.016	4184846.533+0.016	54.976+0.016
		6	558467.386+0.020	4184781.606+0.020	54.321+0.020
		7	558485.588+0.016	4184574.146+0.016	54.399+0.016
	Menderes 4	1	548632.734+0.016	4181192.888+0.016	49.482+0.016
		2	548649.082+0.014	4181149.040+0.014	49.674+0.014
		3	548678.782+0.019	4181091.984+0.019	49.345+0.019
		4	548690.779+0.018	4181052.693+0.018	49.230+0.018
		5	548684.298+0.019	4180994.905+0.019	48.806+0.019
		6	548627.131+0.020	4180974.533+0.020	49.820+0.020
		7	548489.691+0.017	4181028.780+0.017	49.925+0.017
	Kıyı	1	517570.418+0.018	4156078.458+0.018	37.503+0.018
		2	516805.602+0.020	4155997.950+0.020	34.139+0.020
		3	516315.493+0.017	4155974.909+0.017	34.233+0.017
		4	515815.172+0.015	4155627.666+0.015	34.041+0.015
		5	515323.526+0.015	4155255.937+0.015	33.864+0.015
		6	515090.247+0.019	4155007.612+0.019	35.148+0.019

Tablo A.4 2019 yılı Ocak ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları

Ocak 2019	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
	Menderes 1	1	567751.971+0.016	4181017.584+0.016	61.519+0.016
		2	567531.370+0.032	4181046.785+0.032	61.345+0.032
		3	567333.756+0.020	4181068.857+0.020	60.707+0.020
		4	567405.115+0.019	4180913.953+0.019	59.969+0.019
		5	567326.455+0.015	4180991.992+0.015	60.262+0.015
	Menderes 3	1	557973.896+0.020	4184928.849+0.020	54.506+0.020
		2	558070.349+0.017	4184930.486+0.017	54.614+0.017

Tablo A.4 2019 yılı Ocak ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen
YKN'lerin koordinatları (devamı)

	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
Ocak 2019	Menderes 3	3	558229.727+0.023	4184939.710+0.023	55.212+0.023
		4	558388.754+0.017	4184944.280+0.017	56.431+0.017
		5	558473.809+0.021	4184944.845+0.021	54.995+0.021
	Menderes 4	1	548650.895+0.015	4180982.921+0.015	48.812+0.015
		2	548650.895+0.017	4181029.525+0.017	50.701+0.017
		3	548650.895+0.019	4181180.396+0.019	49.651+0.019
		4	548650.895+0.010	4181079.366+0.010	49.206+0.010

Tablo A.5 2019 yılı Haziran ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen
YKN'lerin koordinatları

	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
Haziran 2019	Menderes 1	1	567510.251+0.018	4180830.499+0.018	61.044+0.018
		2	567471.666+0.018	4180851.221+0.018	61.917+0.018
		3	567409.337+0.017	4180905.996+0.017	61.128+0.017
		4	567329.349+0.025	4180985.897+0.025	59.288+0.025
		5	567302.513+0.018	4181072.921+0.018	60.182+0.018
		6	567500.035+0.037	4181050.496+0.037	61.235+0.037
		7	567772.492+0.024	4181018.140+0.024	61.516+0.024
	Menderes 2	1	566372.365+0.021	4183634.990+0.021	57.006+0.021
		2	566428.117+0.025	4183748.234+0.025	59.062+0.025
		3	566384.921+0.040	4183773.063+0.040	58.597+0.040
		4	566240.791+0.027	4183677.494+0.027	58.522+0.027
		5	565917.328+0.029	4183578.944+0.029	58.088+0.029
		6	565746.329+0.047	4183606.689+0.047	57.680+0.047
		7	565478.837+0.033	4183425.267+0.033	58.568+0.033
	Menderes 3	1	558058.821+0.019	4184759.490+0.019	54.709+0.019
		2	558098.459+0.020	4184810.488+0.020	54.962+0.020
		3	558211.442+0.016	4184847.560+0.016	54.869+0.016
		4	558369.285+0.016	4184847.905+0.016	54.896+0.016
		5	558465.752+0.018	4184789.367+0.018	54.718+0.018
		6	558498.019+0.016	4184702.954+0.016	54.522+0.016
		7	558489.817+0.019	4184581.786+0.019	54.256+0.019
	Menderes 4	1	548631.715+0.023	4181194.629+0.023	49.442+0.023
		2	548647.049+0.028	4181154.500+0.028	49.628+0.028
		3	548672.905+0.022	4181101.326+0.022	49.320+0.022
		4	548686.265+0.020	4181070.825+0.020	48.947+0.020

Tablo A.5 2019 yılı Haziran ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen

YKN'lerin koordinatları (devamı)

	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
Haziran 2019		5	548684.848+0.023	4180993.144+0.023	48.604+0.023
		6	548614.315+0.024	4180973.313+0.024	49.689+0.024
		7	548494.065+0.025	4181030.334+0.025	49.814+0.025
	Kıyı	1	514871.961+0.027	4154869.048+0.027	33.874+0.027
		2	516285.821+0.021	4155969.556+0.021	34.165+0.021
		3	516806.164+0.026	4155998.818+0.026	34.162+0.026
		4	517348.213+0.023	4156016.289+0.023	34.354+0.023
		5	517612.568+0.026	4156090.793+0.026	35.170+0.026

Tablo A.6 2019 yılı Eylül ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen

YKN'lerin koordinatları

	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
Eylül 2019	Menderes 1	1	567703.969+0.014	4180875.276+0.014	60.290+0.014
		2	567664.328+0.017	4180874.475+0.017	60.194+0.017
		3	567588.551+0.014	4180863.873+0.014	60.415+0.014
		4	567491.387+0.015	4180835.718+0.015	61.762+0.015
		5	567403.414+0.021	4180913.167+0.021	61.082+0.021
		6	567323.448+0.017	4180994.421+0.017	60.376+0.017
	Menderes 2	1	566410.478+0.025	4183739.632+0.025	56.899+0.025
		2	566384.982+0.017	4183773.061+0.017	58.583+0.017
		3	566241.774+0.017	4183678.116+0.017	58.486+0.017
		4	565918.616+0.023	4183577.924+0.023	58.098+0.023
	Menderes 3	1	558105.913+0.030	4184815.716+0.030	55.083+0.030
		2	558232.039+0.021	4184851.135+0.021	54.905+0.021
		3	558368.887+0.024	4184848.051+0.024	54.929+0.024
		4	558465.048+0.020	4184790.370+0.020	54.764+0.020
		5	558497.472+0.016	4184707.262+0.016	54.669+0.016
		6	558489.028+0.016	4184589.690+0.016	54.330+0.016
	Menderes 4	1	548618.209+0.034	4181227.882+0.034	49.758+0.034
		2	548643.990+0.029	4181162.022+0.029	49.698+0.029
		3	548684.085+0.027	4181078.766+0.027	48.888+0.027
		4	548690.141+0.036	4180997.139+0.036	48.660+0.036
		5	548603.352+0.026	4180972.299+0.026	49.603+0.026
		6	548500.100+0.038	4181027.134+0.038	49.787+0.038
	Kıyı	1	516331.026+0.016	4156078.078+0.016	33.941+0.016

Tablo A.6 2019 yılı Eylül ayında çalışma alanlarında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin koordinatları (devamı)

	Çalışma Alanı	YKN Numara	X (m)	Y (m)	Z (m)
Eylül 2019	Kıyı	2	514865.836+0.021	4154885.069+0.021	33.886+0.021
		3	515412.660+0.023	4155212.017+0.023	33.880+0.023
		4	515714.425+0.040	4155586.457+0.040	33.994+0.040
		5	516274.130+0.043	4155964.958+0.043	34.158+0.043
		6	516808.075+0.039	4155999.429+0.039	34.085+0.039
		7	517621.118+0.045	4156094.651+0.045	35.758+0.045

Tablo A.7 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılları içerisinde sınıflandırma işlemi sonucunda sınıflar arasında meydana gelen değişimin gösterimi

2018	2019	Alan (ha)	Yüzde	2018	2019	Alan (ha)	Yüzde
Deniz	Taşkın	0.90	~0.00	Diğer	Deniz	19.79	~0.03
Deniz	Nehir	0.29	~0.00	Diğer	Sulak Alan	735.87	~1.05
Deniz	Diğer	5.23	~0.01	Taşkın	Nehir	3.40	~0.00
Deniz	Sulak Alan	18.88	~0.03	Taşkın	Deniz	0.00	~0.00
Nehir	Taşkın	247.78	~0.35	Taşkın	Diğer	191.45	~0.27
Nehir	Deniz	0.09	~0.00	Taşkın	Sulak Alan	17.93	~0.03
Nehir	Diğer	417.45	~0.59	Sulak Alan	Taşkın	1.82	~0.00
Nehir	Sulak Alan	1.35	~0.00	Sulak Alan	Nehir	0.28	~0.00
Diğer	Taşkın	19065.74	~27.11	Sulak Alan	Deniz	9.34	~0.01
Diğer	Nehir	310.86	~0.44	Sulak Alan	Diğer	30.49	~0.04
2017	2019	Alan (ha)	Yüzde	2017	2019	Alan (ha)	Yüzde
Deniz	Taşkın	0.40	~0.00	Diğer	Deniz	14.93	~0.02
Deniz	Nehir	0.44	~0.00	Diğer	Sulak Alan	503.23	~0.20
Deniz	Diğer	6.64	~0.01	Taşkın	Nehir	4.70	~0.01
Deniz	Sulak Alan	27.88	~0.04	Taşkın	Deniz	0.96	~0.00

Tablo A.7 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılları içerisinde sınıflandırma işlemi sonucunda sınıflar arasında meydana gelen değişimin gösterimi (devamı)

Nehir	Taşkın	177.38	~0.25	Taşkın	Diger	1128.41	~1.60
Nehir	Deniz	0.16	~0.00	Taşkın	Sulak Alan	7.50	~0.01
Nehir	Diğer	231.21	~0.33	Sulak Alan	Taşkın	4.47	~0.01
Nehir	Sulak Alan	0.65	~0.00	Sulak Alan	Nehir	0.79	~0.00
Diğer	Taşkın	18232.2	~25.93	Sulak Alan	Deniz	33.93	~0.05
Diğer	Nehir	378.65	~0.54	Sulak Alan	Diğer	37.57	~0.05
2016	2019	Alan (ha)	Yüzde	2016	2019	Alan (ha)	Yüzde
Deniz	Taşkın	0.16	~0.00	Diğer	Deniz	9.61	~0.01
Deniz	Nehir	0.51	~0.00	Diğer	Sulak Alan	300.99	~0.43
Deniz	Diğer	8.26	~0.01	Taşkın	Nehir	0.01	~0.00
Deniz	Sulak Alan	40.15	~0.06	Taşkın	Deniz	0.00	~0.00
Nehir	Taşkın	148.18	~0.21	Taşkın	Diğer	163.30	~0.23
Nehir	Deniz	0.00	~0.00	Taşkın	Sulak Alan	1.03	~0.00
Nehir	Diğer	196.43	~0.28	Sulak Alan	Taşkın	8.23	~0.01
Nehir	Sulak Alan	0.10	~0.00	Sulak Alan	Nehir	2.97	~0.00
Diger	Taşkın	20085.88	~28.57	Sulak Alan	Deniz	22.13	~0.03
Diger	Nehir	455.28	~0.65	Sulak Alan	Diğer	139.54	~0.20

Tablo A.8 2018 ve 2019 yılları içerisinde aynı yıllarda menderes yapılarında ve kıyı alanında aylara göre hacimsel analiz sonuçları

Çalışma Alanı	Aylara Göre Hacimsel Değişim (m ³)								
	Ocak'18-Haziran'18 (m ³)			Haziran'18-Eylül'18 (m ³)			Ocak'18-Eylül'18 (m ³)		
	Azalış	Artış	Toplam	Azalış	Artış	Toplam	Azalış	Artış	Toplam
Menderes 1	305.62	4400.40	4706.02	341.01	2242.85	2583.86	1175.21	5645.56	6820.77
Menderes 2	5177.11	5806.05	10983.15	15515.70	6174.91	21690.60	21395.92	9014.32	30410.24
Menderes 3	2095.78	2805.54	4901.31	352.05	5217.46	5569.52	4634.62	6191.10	10825.72
Menderes 4	160.55	275.34	435.90	637.75	734.74	1372.48	1318.90	825.47	2144.38
Kıyı	Veri Yok			5183.65	194.08	5377.73	Veri Yok		
Çalışma Alanı	Ocak'19-Haziran'19 (m ³)			Haziran'19-Eylül'19 (m ³)			Ocak'19-Eylül'19 (m ³)		
	Azalış	Artış	Toplam	Azalış	Artış	Toplam	Azalış	Artış	Toplam
Menderes 1	12198.73	21712.29	33911.03	859.41	3591.89	4451.30	12623.36	23484.90	36108.25
Menderes 2	Veri Yok			8576.64	6421.85	14998.50	Veri Yok		
Menderes 3	23575.79	15490.20	39065.99	3811.48	3857.86	7669.34	25939.35	13440.52	39379.87
Menderes 4	576.19	1832.36	2408.55	228.73	494.36	723.09	970.37	1861.96	2832.33
Kıyı	Veri Yok			1729.18	2226.6	3955.83	Veri Yok		

Tablo A.9 2018 ve 2019 yıllarında aynı aylarda menderes yapılarında ve kıyı alanında aylara göre hacimsel analiz sonuçları.

Çalışma Alanı	Aylara Göre Hacimsel Değişim (m3)								
	Ocak'18- Ocak'19 (m3)			Haziran'18- Haziran'19 (m3)			Eylül'18- Eylül'19 (m3)		
	Azalış	Artış	Toplam	Azalış	Artış	Toplam	Azalış	Artış	Toplam
Menderes 1	3326.52	15320.51	18647.03	1006.20	2319.07	3325.28	1850.69	3410.27	5260.96
Menderes 2	Veri Yok			1882.81	16945.51	18828.32	2155.95	17801.15	19957.10
Menderes 3	2886.74	20817.05	23703.80	2692.54	5095.32	7787.86	8292.76	4598.75	12837.51
Menderes 4	724.76	73.02	797.78	249.72	590.81	840.54	454.10	451.94	906.05
Kıyı	Veri Yok			6393.79	247.00	6640.78	1405.73	2063.85	3469.58

- [1] E. İrtem, S. Kabdaşlı, "Kıyı alanları yönetimi ile akarsu havzalarının yönetimi arasındaki entegrasyon," Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 01 Konferansı Bildiriler Kitabı, pp. 21-30, 2001.
- [2] S. Kabdaşlı, "Karasu sahili erozyon probleminin incelenmesi - ön değerlendirme raporu," İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Su ve Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi, 2010.
- [3] O. Özcan, N. Musaoğlu, D.Z. Şeker, "Environmental impact analysis of quarrying activities established on and near river bed by using remotely sensed data," Fresen. Env. Bull, 21, 3147-3153, 2012.
- [4] A.M.F. da Silva, T. El-Tahawy, W.D. Tape, "Variation of flow pattern with sinuosity in sine-generated meandering streams," J. Hydraul. Eng. 132, 1003-1014, 2006.
- [5] E.R.J. Hunt, W.D. Hively, S. Fujikawa, D. Linden, C.S. Daughtry, G. McCarty, "Acquisition of nir-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring," Remote Sens., 2, 290-305, 2010.
- [6] M. Scaioni, L. Barazzetti, R. Brumana, B. Cuca, F. Fassi, F. Prandi, "Rc-Heli and structure & motion techniques for the 3-d reconstruction of a Milan dome spire," In Proceedings of the 3rd ISPRS International Workshop 3D-ARCH: 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, p. 8, 2009.
- [7] N. Snavely, S.M. Seitz, R. Szeliski, "Modeling the world from Internet photo collections," Int. J. Comput. Vis. 80, 189-210, 2008.
- [8] B. Marteau, D. Vericat, C. Gibbins, R.J. Batalla, D.R. Green, "Application of Structure-from-Motion photogrammetry to river restoration," Earth Surf. Process. Landforms 42, 503-515, 2017.
- [9] J. Brasington, J. Langham, B. Rumsby, "Methodological sensitivity of morphometric estimates of coarse fluvial sediment transport," Geomorphology 53, 299-316, 2003.
- [10] M.J. Westoby, J. Brasington, N.F. Glasser, M.J. Hambrey, J.M. Reynolds, "Structure-from-Motion photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications," Geomorphology 179, 300-314, 2012.
- [11] G. Duró, A. Crosato, M.G. Kleinhans, W.S.J. Uijttewaal, "Bank erosion processes measured with UAV-SfM along complex banklines of a straight mid-sized river reach," Earth Surf. Dyn. 6, 933-953, 2018.
- [12] S. Hemmelder, W. Marra, H. Markies, S.M. De Jong, "Monitoring river morphology & bank erosion using UAV imagery - A case study of the river Buëch, Hautes-Alpes, France," Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 73, 428-437, 2018.

- [13] M. Rusnák, J. Sládek, J. Pacina, A. Kidová, "Monitoring of avulsion channel evolution and river morphology changes using UAV photogrammetry: Case study of the gravel bed Ondava River in Outer Western Carpathians," *Area*, 51: 549– 560, 2018.
- [14] C. Castillo, R. Pérez, M.R. James, J.N. Quinton, E.V. Taguas, J.A. Gómez, "Comparing the accuracy of several field methods for measuring gully erosion," *Soil Science Society of America Journal*, 76, 1319, 2012.
- [15] M.R. James, S. Robson, "Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application," *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 117, 1–17, 2012.
- [16] L. Javernick, J. Brasington, B. Caruso, "Modeling the topography of shallow braided rivers using Structure-from-Motion photogrammetry," *Geomorphology*, 213, 166–182, 2014.
- [17] G. Verhoeven, M. Doneus, C. Briese, F. Vermeulen, "Mapping by matching: A computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs," *J. Archaeol. Sci.*, 39, 2060–2070, 2012.
- [18] M.A. Fonstad, J.T. Dietrich, B.C. Courville, J.L. Jensen, P.E. Carbonneau, "Topographic structure from motion: A new development in photogrammetric measurement," *Earth Surf. Process. Landforms* 38, 421–430, 2013.
- [19] D. Turner, A. Lucieer, C. Watson, "An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery, based on Structure from Motion (SfM) point clouds," *Remote Sens.* 4, 1392–1410, 2012.
- [20] R. Williams, "DEMs of Difference," *Geomorphol. Tech.* 2, 1–17, 2012.
- [21] G. Esposito, G. Mastrorocco, R. Salvini, M. Oliveti, P. Starita, "Application of UAV photogrammetry for the multi-temporal estimation of surface extent and volumetric excavation in the Sa Pigada Bianca open-pit mine, Sardinia, Italy," *Environ. Earth Sci.* 76, 1–16, 2017.
- [22] A. Eltner, P. Baumgart, H.G. Maas, D. Faust, "Multi-temporal UAV data for automatic measurement of rill and interrill erosion on loess soil," *Earth Surf. Process. Landforms* 40, 741–755, 2015.
- [23] D.B. Wolff, D. B., D. A. Marks, E. Amitai, D. S. Silberstein, B. L. Fisher, A. Tokay, J. Wang, and J. L. Pippitt, "Ground validation for the TRMM," *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 22, 365–380, 2005.
- [24] J.R.M Hosking, J.R. Wallis, "Some statistics useful in regional frequency analysis," *Water Resources Research*, 29, 271-81, 1993.
- [25] J.R.M Hosking, J.R. Wallis, "Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L- Moments," Cambridge University Press, Cambridge, UK. 224p, 1997.
- [26] B. Bookhagen, M.R. Strecker, "Orographic barriers, high-resolution TRMM rainfall and relief variations along the eastern Andes," *Geophysical Research Letters*, 35, L06403, 2008.

- [27] G.J. Huffman, A. Pendergrass & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds), "The Climate Data Guide: TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission," Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/trmm-tropical-rainfall-measuring-mission>, 2019.
- [28] M.S. Koo, S.Y. Hong, S.Y. and J. Kim, "An evaluation of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA) data over South Korea," *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 45, pp. 265–282, 2009.
- [29] M.R.P. Sapiiano, and P.A. Arkin, "An intercomparison and validation of high-resolution satellite precipitation estimates with 3-hourly gauge data," *Journal of Hydrometeorology*, 10, pp. 149–166, 2009.
- [30] B. Bookhagen, "Appearance of extreme monsoonal rainfall events and their impact on erosion in the Himalaya," *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, Vol. 1, No. 1, pp. 37-50, 2010.
- [31] Girgin G, "Türkiye için gözleme ve modele dayali yağış veri kümelerinin kapsamlı bir değerlendirmesi," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2017.
- [32] A.F. Jenkinson, "The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements," *Quarterly J. of the Royal Meteorological Society*, 87, 158-171, 1955.
- [33] P. Embrechts, S. Resnick, and G. Samorodnitsky, "Extreme value theory as a risk management tool," *North American Actuarial Journal*, 3, 30-41, 1999.
- [34] B. Bookhagen, R.C. Thiede, M.R. Strecker, "Abnormal Monsoon years and their control on erosion and sediment flux in the high, arid northwest Himalaya," *Earth and Planetary Science Letters*, 231, 131-146, 2005.
- [35] H. Wulf, B. Bookhagen, and D. Scherler, "Seasonal precipitation gradients and their impacts on fluvial sediment flux in the Northwest Himalaya," *Geomorphology*, 118, 13-21, 2010.
- [36] H. Wulf, B. Bookhagen, and D. Scherler, "Climatic and geologic controls on suspended sediment flux in the Sutlej River Valley, Western Himalaya," *HESS*, 16, 2193 – 2217, 2012.
- [37] N. Boers, B. Bookhagen, N. Marwan, J. Kurths and J. Marengo, "Complex networks identify spatial patterns of extreme rainfall events of the South American Monsoon System," *Geophysical Research Letters*, 40, 2013.
- [38] A.K. Naithani, "Okhimath tragedy in Rudraprayag district of Garhwal Himalaya, Uttaranchal, India," *GAIA* 16:145–156, 2001.
- [39] R. Tapas Martha, P. Roy, K. Babu Govindharaj, K. Vinod Kumar, P.G. Diwakar, V.K. Dadhwal, "Landslides triggered by the June 2013 extreme rainfall event in parts of Uttarakhand state, India," *Landslides*, 12(1):135-146, 2014.
- [40] O. Özcan, B. Bookhagen ve N. Musaoglu, "Ekstrem yağış olaylarının firat havzası'ndaki hidrolojik bileşenlerin yıllar arası değişimi üzerine etkisi," *Ege Coğrafya Dergisi*, 26/1, 2017.

- [41] J.A. Martínez-Casasnovas, "A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion," *Catena* 50, 293–308, 2003.
- [42] R. Coppus, A.C. Imeson, "Extreme events controlling erosion and sediment transport in a semi-arid sub-andean valley," *Earth Surf. Process. Landforms* 27, 1365–1375, 2002.
- [43] N. Kazancı, A. Gürbüz, S. Boyraz, "Büyük Menderes Nehri'nin jeolojisi ve evrimi, batı anadolu," *Türkiye Jeo. Bült.*, 54, 25–55, 2011.
- [44] R. Abbasov, "Taşkın Gözlemlenen Akarsuların Hidrolojisi (Kura Nehri Örneği)," *Ege Coğrafya Dergisi*, 14, 17–28, 2005.
- [45] O. Özcan, D.B. Demir, S.S. Akay, "İnsansız hava araçları ve yer bilimleri," *Gece Akademi*, ISBN 978-605-288-755-4, 2019,
- [46] Y. Vasuki, E.J. Holden, P. Kovesi, and S. Micklethwaite, "Semi-Automatic Mapping of Geological Structures using UAV-based Photogrammetric Data: An Image Analysis Approach," *Computers & Geosciences*, 69, 22–32, 2014.
- [47] J. Fernández-Lozano, G. Gutiérrez-Alonso, "El Pliegue De Lluernes: Apliación De Los Drones Para El Estudio Geológico Estructural 3D," *XIX Congreso Geológico de España. Huelva. Geo-Temas: 1-4*, 2016.
- [48] J.L. Carrivick, M.W. Smith, "Fluvial and aquatic applications of Structure from Motion photogrammetry and unmanned aerial vehicle/drone technology," *WIREs Water*, 6:e1328.1–17, 2019.
- [49] J.M. Wheaton, J. Brasington, S.E. Darby, D.A. Sear, "Accounting for uncertainty in DEMs from repeat topographic surveys: Improved sediment budgets," *Earth Surf. Process. Landforms* 35, 136–156, 2010.
- [50] M. Jugie, F. Gob, C. Vermoux, D. Brunstein, V. Tamisier, C. Le Coeur, D. Grancher, "Characterizing and quantifying the discontinuous bank erosion of a small low energy river using Structure-from-Motion Photogrammetry and erosion pins," *J. Hydrol.* 563, 418–434, 2018.
- [51] S. Harwin, A. Lucieer, "Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via multi-view stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery," *Remote Sens.* 4, 1573–1599, 2012.
- [52] C. Flener, M. Vaaja, A. Jaakkola, A. Krooks, H. Kaartinen, A. Kukko, E. Kasvi, H. Hyyppä, J. Hyyppä, P. Alho, "Seamless mapping of river channels at high resolution using mobile liDAR and UAV-photography," *Remote Sens.* 5, 6382–6407, 2013.
- [53] K. Whitehead, C.H. Hugenholtz, S. Myshak, O. Brown, A. LeClair, A. Tamminga, "Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: Scientific and commercial applications," *1. Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 02(03), 86–102, 2014.
- [54] M. Maroulakis, Y. Katselis, A. Karanasios, "Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme Teknik Yardım Projesi," *Nihai rapor Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme Projesi Teknik Yardım Bileşeni EuropeAid/131199/D/SER/TR*, 2015.

- [55] S. Erinç, "Gediz ve Küçük Menderes deltalarının jeomorfolojisi," IX. Coğrafya Meslek Haftası, Tebliğler ve Konferanslar, Türk Coğrafya Kurumu Yay. 2, 33-66, 1955.
- [56] İ. Kayan "Alluvial geomorphology of the Küçük Menderes plains and geoarchaeological interpretations on the site of Ephesos," International Symposium Wien, 1995, Archologiezentrum der Universität Wien.
- [57] İ. Kayan, "Klaros kazı alanında jeomorfolojik-jeoarkeolojik araştırmalar," Ege Coğrafya Dergisi, 8, 1996.
- [58] A. Koçman, "Ege Bölgesi kıyı alanlarının kaderi ve geleceği, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları," IV. Ulusal Konferansı, Bildiriler Kitabı, 2002.
- [59] Çevre ve Orman Bakanlığı, "Büyük Menderes Nehir Havzası Yönetim Planı Nihai Taslağı," Türkiye'de Su Sektörü için Kapasite Geliştirilmesi Başlıklı Avrupa Birliği Eşleştirme Projesi (Tr06-IB-EN-01), 2007.
- [60] S. Göney, "Büyük Menderes deltası," İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 18/19, 339-354, 1973.
- [61] A. Büke, M. Gültekin, A. Aksoy, B.B. Dıvrak, Ç. Göcek, M.Ö. Berke, H. Çeşmeci, "Büyük Menderes Havza Atlası," ISBN NO 978-605-62927-1-2, 2012.
- [62] V.R. Hasfurther, "The use of meander parameters in restoring hydrologic balance to reclaimed stream beds," In The Restoration of Rivers and Streams Theories and Experience, Chapter 2, WWRC-85-44, 1985.
- [63] Türk Dil Kurumu Başkanlığı, "Türk Dil Kurumu Sözlükleri," http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=MENDERES, 2019.
- [64] S.K. Jena, "Experimental and numerical investigation of a highly meandering channel," Department of Civil Engineering, National Institute of Technology, Rourkela, Master Thesis, 2015.
- [65] M. Saadi, A. Athanasopoulos-Zekkos, "A GIS-enabled approach for assessing damage potential of levee systems based on underlying geology and river morphology," Math. Probl. Eng., 2013,
- [66] C.H. Hugenholtz, K. Whitehead, O.W. Brown, T.E. Barchyn, B.J. Moorman, A. LeClair, K. Riddell, and T. Hamilton, "Geomorphological mapping with a small unmanned aircraft system (sUAS): Feature detection and accuracy assessment of a photogrammetrically-derived digital terrain model," Geomorphology, v. 194, p. 16-24, 2013.
- [67] J.T. Chesley, A.L. Leier, S. White, R. Torres, "Using unmanned aerial vehicles and structure-from-motion photogrammetry to characterize sedimentary outcrops: An example from the Morrison Formation, Utah, USA," Sediment. Geol. 354, 1-8, 2017.
- [68] O. Küng, C. Strecha, A. Beyeler, J.C. Zufferey, D. Floreano, P. Fua, F. Gervais, Francois, "The accuracy of automatic photogrammetric techniques on ultra-light UAV imagery," International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives. 38. 125-130, 2012.

- [69] Pix4D, "User manuel," <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202557759-Menu-Process-Processing-Options-1-InitialProcessing-General>, 2019.
- [70] A.F. Jenkinson, "The frequency distribution of the maximum (or minimum) of meteorological elements," *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 81, 158, 1955.
- [71] J.E. Morrison, J.A. Smith, "Stochastic modeling of flood peaks using the generalized extreme value distribution," *Water Resources Research*, Vol. 38, No. 12, 1305, 2002.
- [72] C. Balcı, "Statistical analysis of siesmic data by extreme value theory: lake region," Master Thesis. Graduate School of Applied and Natural Sciences Department of Applied Mathematics, Isparta, 2015.
- [73] H.W. Park, H. Sohn, "Parameter estimation of the generalized extreme value distribution for structural health monitoring," *Probabilistic Engineering Mechanics* 21, 366–376, 2006.
- [74] A. Danandeh Mehr, "Climate change impacts on catchment- scale extreme rainfall variability," Master Thesis, Department of Civil Engineering, Hydraulics and Water Resources Engineering Programme, Istanbul, 2016.
- [75] O. Ozcan, B. Bookhagen, N. Musaoglu, "Analyzing spatiotemporal patterns of extreme precipitation events in Southeastern Anatolia," *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch.* 40, 195–200, 2013.
- [76] O. Özcan, "Başlıca iklim parametrelerinin bitki su tüketimine etkilerinin uzaktan algılama yöntemleri ile araştırılması," Doktora tezi, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2014
- [77] R. Adungang, C. Bateira, "Statistical modelling of extreme rainfall, return periods and associated hazards in the Bamenda Mountai, NW Cameroon," *Geography and Spatial Planning Journal*, 5–19, 2016.
- [78] C. Benz, P. Hofmann, G. Willhauck, I. Lingenfelder, M. Heynen, "Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 58. 239-258, 2004.
- [79] Trimble, (2014). eCognition® Developer - User Guide.
- [80] O. Ozcan, N. Musaoglu, B. Üstündağ, "Crop water requirement estimation of wheat cultivated fields by remote sensing and GIS," *Journal of Food Agriculture and Environment*. 12. 289-293, 2014.
- [81] M. Üstüner, F. Balik Sanli, S. Abdikan, M. Esetlili, and Y. Kurucu, "Crop type classification using vegetation indices of RapidEye imagery," *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-7, 2014.
- [82] S.S. Akay, E. Sertel, "Urban land cover/use change detection using high resolution Spot 5 and Spot 6 images and urban atlas nomenclature," *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLI-B8, 2016.

- [83] K. Rokni, A. Ahmad, A. Selamat, S. Hazini, "Water feature extraction and change detection using multitemporal landsat imagery," *Remote Sens.*, 6, 4173-4189, 2014.
- [84] G. Banko, "A Review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data and of methods including remote sensing data in forest inventory," *Interim Reports*, IR-98-081, 1998.
- [85] S. Jana, "An automated approach in estimation and prediction of riverbank shifting for flood-prone middle-lower course of the Subarnarekha river, India," *Intl. J. River Basin Manag.* 0, 1–19, 2019.
- [86] USGS, "Digital shoreline analysis system (DSAS) version 5.0 user guide," <https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr20181179>, 2019.
- [87] D. Lague, N. Brodu, J. Leroux, "Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (N-Z)," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 82, 10–26, 2013.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: semih_akay@yahoo.com

Makale

1. Akay S.S., Ozcan O., Balık Şanlı F., Görüm T., Sen O.L., Bayram B., , “UAV-based Evaluation of Morphological Changes Induced by Extreme Rainfall Events in Meandering Rivers”, PLOS ONE, 15(11): e0241293, 2020.
2. Akay S.S., Ozcan O., Balık Şanlı F., Bayram B., Görüm T., “Assessing The Spatial Accuracy of UAV-Derived Products Based On Variation Of Flight Altitudes”, TURKISH JOURNAL OF ENGINEERING, 5(1), 37-43, 2021.

Konferans Bildirileri

1. Akay S.S., Özcan O., Şanlı F.B., Bayram B., Görüm T., “Accuracy Evaluation of UAV-derived Products Based on Different Flying Altitudes”, International Symposium on Applied Geoinformatics, 2019, Istanbul, TÜRKİYE, 7-9 November 2019.
2. Akay S.S., Özcan O., Şanlı F.B., Bayram B., Görüm T., “İHA Görüntülerinden Üretilen Verilerin Doğruluk Değerlendirmesi”, TUFUAB X. Teknik Sempozyumu, 2019, Aksaray, TÜRKİYE, 25-27 Nisan 2019.

Projeler

1. Füsün BALIK ŞANLI, “Büyük Menderes Nehrindeki Menderes Yapıların Zamansal Hacim Değişiminin İHA Tabanlı Analizi ve Ekstrem Olayların Etkisi”, BAP Projesi, FDK-2019-3552, Doktora, 2019 Nisan