

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KIYI PROFİLİNİN
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI YARDIMI İLE BELİRLENMESİ**

Levent UZUNSAKAL

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KIYI PROFİLİNİN
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI YARDIMI İLE BELİRLENMESİ**

Levent UZUNSAKAL

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2018

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIYI PROFİLİNİN
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI YARDIMI İLE BELİRLENMESİ

Levent UZUNSAKAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIYI PROFİLİNİN
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI YARDIMI İLE BELİRLENMESİ

Levent UZUNSAKAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez / / 201..... tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr.Öğr.Üyesi Rıfat TÜR (Danışman)	
Dr.Öğr.Üyesi Tanju AKAR	
Dr.Öğr.Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU	

ÖZET

KIYI PROFİLİNİN İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI YARDIMI İLE BELİRLENMESİ

Levent UZUNSAKAL

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Rifat TÜR

Haziran 2018; 111 sayfa

Kıyı bölgeleri, doğal ve yapay olayların etkisi altında kalarak ciddi değişimlere uğramaktadır. Meydana gelen değişimlerin nedenleri veya kökenleri, değişimin boyutunu ve kapsamını etkilemektedir. Özellikle kıyı çizgisinin yapay faaliyetler sonucu değiştirilmesi, kıyı alanında ve gerisinde genellikle olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Doğal ve yapay etkiler altında yaşanan değişimi gelişen teknoloji ile farklı yöntemler kullanarak hızlı ve doğru olarak ölçmek büyük önem arz etmektedir.

Antalya, Boğaçayı'nın Konyaaltı Plajına deşarj olduğu noktanın Doğu ve Batısında farklı zaman aralıklarında profil ölçümleri alınmıştır. Kıyıda yapılan ölçümler kuzey hattında sahil yolu ile güney hattında kıyı çizgisi arasında kalan alanda gerçekleştirilmiştir. Ölçümler jeodezik ve fotogrametrik olmak üzere iki farklı yöntem ile yapılarak, yöntemlerin sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Jeodezik yöntem uygulanarak, Batı Akdeniz jeoid düzeltmesi yapılmış GPS verileri kullanılarak, kıyı çizgisinden itibaren kesit boyunca yaklaşık 1 m aralıkla, Konyaaltı Sahil yoluna kadar, dikine X, Y ve Z alımları yapılmıştır. Diğer yöntemde ise; İHA (İnsansız Hava Aracı) kullanılarak, ilgili bölgeden alınmış hava fotoğrafları analiz edilip, yaklaşık 0,25 m aralıkla X, Y ve Z nokta bulutu oluşturulmuştur. Aynı profil üzerinde iki farklı yöntem ile alınmış veriler birbiriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar neticesinde daha geniş çaplı bir çalışma için Boğaçayı'nın Batı ve Doğusunda 1'er km'lik kıyı şeridinde fotogrametrik uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu uçuş sonucunda elde edilen fotoğraflardan faydalanılarak nokta bulutu oluşturulmuş, ortofoto harita üretilmiştir. Boğaçay deşarj noktasının Batısında ve Doğusunda 10'ar adet olmak üzere farklı zamanlarda profiller çıkartılarak birbirleriyle kıyaslanmıştır. Elde edilen ortofoto harita 2006 yılında Antalya Bölgesi için yapılmış olan ortofoto harita ile karşılaştırılarak kıyı çizgisi değişim analizi yapılmıştır. Antalya ortofoto haritası verileri ile karşılaştırılarak kıyı çizgisi değişimi de belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Konyaaltı Sahili, Kıyı profili, Kıyı çizgisi, Fotogrametrik yöntem, Jeodezik yöntem

JÜRİ: Dr.Öğr.Üyesi Rifat TÜR (Danışman)

Dr.Öğr.Üyesi Tanju AKAR

Dr.Öğr.Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU

ABSTRACT
DETERMINATION OF SHORELINE CHANGES BY
UNMANNED AIR VEHICLES

Levent UZUNSAKAL

MSc Thesis in Civil Engineering

Supervisor: Asst.Prof.Dr. Rifat TÜR

June 2018; 111 pages

Coastal zones are undergoing significant changes under the influence of natural and artificial events. The causes and origins of the changes define the magnitude and character of consequences. When the origin is artificial, the changes at or behind the coast may be severe. Whether it is natural phenomenon or manmade impairment, accurate and fast determination of changes is important.

In this study, both sides of Boğaçayı outlet of Antalya Konyaaltı Beach was measured. Measurements have made from sea side road to water line. Two methods are used for measurements, as geodesic and photogrammetric. Each method is repeated two times. After ortofoto generation, results of both methods and dates are compared. In geodesic method, profiles are taken with 1 m intervals from road to water line. All measurements are corrected with geodesically corrected points taken with West Mediterranean geoid. Measurements includes X,Y coordinates with Z elevations. In photogrammetric method, UAV (Unmanned aerial vehicle) photos and point clouds taken with 0.25 m intervals. Profiles and representative points of UAV points cloud data compacted in order to detect temporal changes.

KEYWORDS: Konyaaltı Beach, Coastal profile, Coastline, Photogrammetric method, Geodetic method

COMMITTEE: Dr.Öğr.Üyesi Rifat TÜR

Dr.Öğr.Üyesi Tanju AKAR

Dr.Öğr.Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum çalışma süresince benden desteğini hiç esirgemeyen, rahat bir çalışma imkânı tanıyan, bilgi, görüş ve önerilerinden faydalandığım, yönlendirmeleriyle tezin bu aşamaya gelmesinde katkıları olan hocam Sayın Dr.Öğr.Üyesi Rıfat TÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma boyunca yaşadığımız teknik sorunların çözülmesinde ve laboratuvar desteği noktasında yardımlarını esirgemeyen başta Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO Müdürü Prof.Dr. Davut KARAYEL'e, Harita Kadastro Programına, Coğrafi Bilgi Sistemleri Programına ve öğrencilerime teşekkür ederim.

Ayrıca tezin her aşamasında benden desteğini esirgemeyen eşim Öğr.Gör. Bengi KÜMBÜL UZUNSAKAL başta olmak üzere, aileme sevgi, saygı ve hürmetlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	7
3. MATERYAL VE METOD	12
3.1. Çalışma Bölgesi.....	12
3.2. Fotogrametri'nin Tanımı	16
3.3. Fotogrametri Kullanımının Ölçmedeki Üstünlüğü.....	16
3.4. Fotogrametri'nin Tarihçesi.....	16
3.5. İnsansız Hava Araçları (İHA).....	17
3.6. Çağdaş Fotogrametri Dönemi ve İnsansız Hava Aracı Kullanımı	17
3.7. İki Kanatlı İnsansız Hava Araçları	18
3.8. Multikopterler (Drone)	19
3.9. İHA'larda Kullanılan Kamera ve Sistemler	19
3.10. Distorsiyon ve Kalibrasyon	20
3.11. Distorsiyon Hatasının Giderilmesi	21
3.12. Çalışmada Kullanılan Kameranın Kalibrasyon Raporunun Elde Edilmesi.....	22
3.13. Yer Kontrol Noktası (YKN).....	26
3.14. İstikşaf	26
3.15. Jeodezik İşlemler	28
3.16. Hava İşaretçileri	30
3.17. Değerlendirme Programları	31
3.18. Tusaga Aktif Ağına Bağlı Cors GPS ile Nokta Ölçümü	31
3.19. İHA ile Uçuş Planlaması	33
3.20. Paket Program Agisoft Photoscan Pro Kullanımı	35
3.21. Koordinat Dönüşümü	39

3.22. Agisoft Programı İşlem Sırası	41
3.23. Nokta Bulutu Değerlendirmesi	42
3.24. GPS – İHA Yükseklik Parametrelerinin Karşılaştırılması	43
4. BULGULAR	45
5. TARTIŞMA	69
6. SONUÇLAR	71
7. KAYNAKLAR	77
8. EKLER	80
8.1. EK 1 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 1. Profil	93
8.2. EK 2 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 2. Profil	93
8.3. EK 3 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 3. Profil	94
8.4. EK 4 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 4. Profil	94
8.5. EK 5 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 5. Profil	95
8.6. EK 6 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 6. Profil	95
8.7. EK 7 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 7. Profil	96
8.8. EK 8 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 8. Profil	96
8.9. EK 9 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 9. Profil	97
8.10. EK 10 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 10. Profil	97
8.11. EK 11 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 1. Profil	98
8.12. EK 12 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 2. Profil	98
8.13. EK 13 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 3. Profil	99
8.14. EK 14 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 4. Profil	99
8.15. EK 15 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 5. Profil	100
8.16. EK 16 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 6. Profil	100
8.17. EK 17 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 7. Profil	101
8.18. EK 18 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 1. Profil	101
8.19. EK 19 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 2. Profil	102
8.20. EK 20 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 3. Profil	102
8.21. EK 21 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 4. Profil	103
8.22. EK 22 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 5. Profil	103
8.23. EK 23 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 6. Profil	104
8.24. EK 24 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 7. Profil	104

8.25. EK 25 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 8. Profil	105
8.26. EK 26 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 9. Profil	105
8.27. EK 27 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 10. Profil	106
8.28. EK 28 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 1. Profil	106
8.29. EK 29 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 2. Profil	107
8.30. EK 30 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 3. Profil	107
8.31. EK 31 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 4. Profil	108
8.32. EK 32 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 5. Profil	108
8.33. EK 33 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 6. Profil	109
8.34. EK 34 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 7. Profil	109
8.35. EK 35 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 8. Profil	110
8.36. EK 36 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 9. Profil	110
8.37. EK 37 Ocak 2018 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 10. Profil	111

ÖZGEÇMİŞ

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kıyı Profiline İnsansız Hava Araçları Yardımı İle Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

Tarih/...../.....

Levent UZUNSAKAL



SİMGELER VE KISALTMALAR

Kisaltmalar

ALOS	: Advanced Land Observation Satellite
AVNIR-2	: Advanced Visible and Near Infrared Radiometer Type 2
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BÖHY	: Büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliği
BÖHHBÜ	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CORS	: Continuously Operating Reference Stations
DEM	: Digital Elevation Model
EPSG	: European Petroleum Survey Group
GNSS	: Global Navigation Satellite Systems
GPS	: Global Positioning System
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
İHA	: İnsansız Hava Aracı
LANDSAT	: Land Satellite
Lidar	: Light Detection and Ranging
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SWIR	: Short-Wave Infrared Imagery
TERRA	: Multi-National NASA Scientific Research Satellite
TIR	: Thermal Infrared Satellite Imagery
TUREF	: Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi
TUSAGA	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı
VNIR	: Visible and Near-Infrared
YKN	: Yer Kontrol Noktası

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Landsat uydusu	3
Şekil 1.2 Aster uydusu	5
Şekil 1.3 Alos uydusu	6
Şekil 3.1. Konyaaltı sahili.....	12
Şekil 3.2. Boğaçay, Çandır Çayı, Doyran Çayı ve Karaman Çayı genel görünümü.	13
Şekil 3.3. Boğaçayı 2003 taşkını.	14
Şekil 3.4. a) 2017 yılında yapımına başlanan Konyaaltı projesi yapım aşaması.....	15
Şekil 3.4. b) 2018 Haziran ayında tamamlanması planlanan Konyaaltı projesinin proje tanıtım fotosu	15
Şekil 3.5. Fotogrametrinin değerlendirme yöntemine göre tarihsel gelişimi.....	16
Şekil 3.6. İHA – Multikopter (DJI Phantom 4 Pro).....	18
Şekil 3.7. İHA – Kanatlı (SenseFly ebee).....	18
Şekil 3.8. İHA - Multikopter (DJI Phantom 2 V2)	19
Şekil 3.9. DJI Phantom 2 V2 ile üretilmiş, fisheye distorsiyon hatası barındıran küresel model	20
Şekil 3.10. Kamera distorsiyonu	20
Şekil 3.11. Distorsiyon hatasının giderilmesi	21
Şekil 3.12. Brown'un Dama Modeli	22
Şekil 3.13. Bilgisayar ekranında görüntülenen kalibrasyon deseni	23
Şekil 3.14. Kalibrasyon deseninin kalibrasyonu yapılacak kamera ile çekimi.....	23
Şekil 3.15. Kalibrasyon deseninin kalibrasyonu yapılacak kamera ile farklı açılardan çekimi	24
Şekil 3.16.(a) Kalibrasyon raporu – radial distorsiyon (radyal bozulma)	25
Şekil 3.16.(b) Kalibrasyon raporu – tangential distorsiyon (teğetsel bozulma)	25
Şekil 3.17. İstikşafı olarak Google Earth'de belirlenen geçici YKN'ler - 1.....	26
Şekil 3.18. İstikşafı olarak Google Earth'de belirlenmiş geçici YKN'ler - 2.....	27

Şekil 3.19. (a), (b) YKN'lerin zemine işaretlenmesi.....	27
Şekil 3.20. (a), (b) CORS ağına bağlı GPS'ler ile ölçülen YKN'ler.....	28
Şekil 3.21. YKN yükseklik değişim grafiği.....	29
Şekil 3.22. Yer kontrol noktaları arası yatay uzunluk grafiği.....	30
Şekil 3.23. Kumsalda kullanılan YKN	30
Şekil 3.24. BÖHYY'ne göre olması gereken hava işaretçisi.....	31
Şekil 3.25. GPS - Glonass - BeiDou – Galileo Uyduları	32
Şekil 3.26. Konyaaltı Boğaçayı doğusu Ground Station PC uçuş planlaması (DJI Phantom 2 V2 ile uçuş için).....	33
Şekil 3.27. Konyaaltı Boğaçayı doğusu Ground Station Pro tablet uçuş planlaması (DJI Phantom 4 ile uçuş için).....	34
Şekil 3.28. Konyaaltı Boğaçayı batısı Ground Station Pro tablet uçuş planlaması (DJI Phantom 4 ile uçuş için).....	34
Şekil 3.29. Konyaaltı Boğaçayı doğusu taşınabilir YKN yerleşimi	36
Şekil 3.30. Konyaaltı Boğaçayı sabit YKN ITRF 96 koordinatı - resim koordinatı ilişkisinin kurulması.....	37
Şekil 3.31. Konyaaltı Boğaçayı taşınabilir YKN ITRF 96 koordinatı - resim koordinatı ilişkisinin kurulması	37
Şekil 3.32. Eğik mesafe tanımı	38
Şekil 3.33. Elipsoidal dik ve eğri koordinatlar	39
Şekil 3.34. TUREF Türkiye referans çerçevesi	40
Şekil 3.35. Türkiye ulusal pafta bölümlemesi	41
Şekil 3.36. Agisoft PhotoScan programı işlem sırası	41
Şekil 3.37. Autodesk Recap programında Boğaçayı bölgesi nokta bulutu haritası görünümü	42
Şekil 3.38. Autocad Civil nokta bulutu – farklı zaman aralıklarında alınmış GPS dataları görünümü	43
Şekil 3.39. Nokta Bulutundan GPS – İHA karşılaştırması için seçilen noktalar.....	44
Şekil 3.40. Nokta numarasına bağlı yükseklik farkı grafiği	45

Şekil 3.41. GPS ile boyuna profil Google Earth görünümü	45
Şekil 3.42. $f(x)$ fonksiyonu Gauss Eğrisi (10 cm’yi aşan hata miktarı için).....	48
Şekil 3.43. $f(x)$ fonksiyonu Gauss Eğrisi (5 cm – 15 cm aralığında hata için).....	49
Şekil 3.44. 2. Profil nokta numarasına bağlı yükseklik farkı.....	50
Şekil 3.45. $f(x)$ fonksiyonu Gauss Eğrisi (10 cm’yi aşan hata miktarı için).....	51
Şekil 3.46. $f(x)$ fonksiyonu Gauss Eğrisi (5 cm – 15 cm aralığında hata için).....	51
Şekil 3.47. 3. Profil nokta numarasına bağlı yükseklik farkı grafiği	52
Şekil 3.48. 4. Profil nokta numarasına bağlı yükseklik farkı grafiği	53
Şekil 3.49. 5. Profil nokta numarasına bağlı yükseklik farkı grafiği	54
Şekil 4.1 23 Ekim 2016 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği.....	55
Şekil 4.2. 15 Ekim 2016 İHA – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması	56
Şekil 4.3. 14 Ekim 2017 GPS – 01 Nisan 2017 İHA Profil değişim grafiği	56
Şekil 4.4. 27 Ocak 2018 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği.....	57
Şekil 4.5. Boğaçayı doğu ve batı kıyı çizgisi profilleri.....	57
Şekil 4.6. Boğaçayı doğu ve batı kıyı çizgisi kesit örneği - 1.....	58
Şekil 4.7. Boğaçayı doğu ve batı kıyı çizgisi kesit örneği - 2.....	58
Şekil 4.8. 23 Ekim 2016 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği.....	59
Şekil 4.9. 14 Ekim 2017 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği.....	59
Şekil 4.10. 27 Ocak 2018 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği.....	60
Şekil 4.11. 2006 – 2017 Yılları arası kıyı çizgisi değişimi Boğaçayı batısı	60
Şekil 4.12 Boğaçayı çevresinin 0,25 m aralıkla çizilmiş izohips haritası.....	61
Şekil 4.13. Y: 555430,066; X: 407992388,6 konumunda 7,88 m’lik kıyı kaybı	62
Şekil 4.14. Y: 555524,960; X: 4080028,479 konumunda 8,62 m’lik kıyı kaybı	62
Şekil 4.15. Y: 555606,046; X: 4080107,333 konumunda 9,57 m’lik kıyı kaybı	63
Şekil 4.16. Y: 555666,168; X: 4080160,847 konumunda 10,88 m’lik kıyı kaybı.....	63
Şekil 4.17. Y: 5559220,75; X: 4080383,015 konumunda 9,06 m’lik kıyı oluşumu.....	64

Şekil 4.18. Y: 555978,640; X: 4080450,561 konumunda 11,09 m’lik kıyı oluşumu.....	65
Şekil 4.19. Y: 556080,407; X: 4080568,272 konumunda 8,23 m’lik kıyı oluşumu.....	65
Şekil 4.20. Y: 556753,256; X: 4081165,316 konumunda 9,53 m’lik kıyı oluşumu.....	66
Şekil 4.21. Y:556456,608; X: 4080952,705 konumunda 4,30 m’lik kıyı kaybı	66
Şekil 4.22. 2006 – 2017 Yılları arası kıyı çizgisi değişimi Boğaçayı doğusu	67
Şekil 4.23. 2017 Yılı Konyaaltı Sahili Boğaçayı hattı -1 m + 2.5 m arası yükseklik haritası	68
Şekil 6.1. Boğaçayı doğusu 3.Profil 15 Ekim 2016 İHA – 23 Ekim 2016 GPS profil karşılaştırması.....	71
Şekil 6.2. Boğaçayı doğusu 1.Profil 15 Ekim 2016 İHA – 23 Ekim 2016 GPS profil karşılaştırması.....	72
Şekil 6.3. Boğaçayı doğusu 1.Profil 23 Ekim 2016 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması.....	73
Şekil 6.4. Boğaçayı doğusu 1.Profil 14 Ekim 2017 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması.....	73
Şekil 6.5. Boğaçayı doğusu 1.Profil 01 Ocak 2018 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması.....	74
Şekil 6.6. Boğaçayı doğusu 6.Profil (Boğaçayı batısı ilk profil) 14 Ekim 2017 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması	74
Şekil 6.7. Boğaçayı doğusu 6.Profil (Boğaçayı batısı ilk profil) 01 Ocak 2018 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması	75
Şekil 6.8. Boğaçayı bölgesi 2006yılı ortofoto haritasından elde edilmiş vektör kıyı çizgisi ile 2017 yılında oluşturulmuş ortofoto haritanın karşılaştırılmış görünümü	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Farklı Landsat uydularına ait özellikler	3
Çizelge 1.2 Landsat görüntülerine ait spektral bilgiler	4
Çizelge 1.3 Aster uydusu ve Terra uydusunun teknik özellik ve yörünge parametreleri	5
Çizelge 1.4 Alos uydusu sensör özellikleri.....	6
Çizelge 1.5 Avnir-2 çözünürlük.....	6
Çizelge 3.1. Kalibrasyon raporu - değerler	24
Çizelge 3.2. YKN dik koordinat (ITRF), enlem, boylam ve jeoidal yükseklik bilgileri tablosu	29
Çizelge 3.3. Yer kontrol noktaları arası yatay uzunluk tablosu	29
Çizelge 3.4. Konyaaltı Boğaçayı Doğusu Taşınabilir YKN ITRF 96 koordinatları.....	36
Çizelge 3.5. YKN'ler arası mesafe kontrolü (Agisoft)	38
Çizelge 3.6. YKN'ler arası mesafe kontrolü (Excel)	38
Çizelge 3.7. 1. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu	44
Çizelge 3.8. Z Tablosu	47
Çizelge 3.9. 2. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu	49
Çizelge 3.10. 3. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu.....	52
Çizelge 3.11. 4. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu.....	53
Çizelge 3.12. 5. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu.....	54
Çizelge 6.1. Boğaçayı doğusu 3. Profil 15 Ekim 2016 İHA – 23 Ekim 2016 GPS karşılaştırması	71

1. GİRİŞ

Kıyı bölgeleri, doğal ve yapay olayların etkisi altında kalarak ciddi değişimlere uğramaktadır. Meydana gelen değişimlerin nedenleri veya kökenleri, değişimin boyutunu ve kapsamını etkilemektedir. Özellikle kıyı çizgisinin yapay faaliyetler sonucu değiştirilmesi, kıyı alanında ve gerisinde genellikle olumsuz etkiler meydana getirmektedir.

Kıyı Mühendisliğinde bugüne kadar kıyı profili ve çizgisi değişimi ile ilgili yapılmış çalışmalarda jeodezik ölçü aletleriyle yersel alım yöntemlerine, uydu görüntüsü analizlerine, GPS ölçümlerine, Lazer tarama yöntemlerine ve deneysel model çalışmalarına yer verildiği görülmektedir. Yersel yöntemlerle çalışmanın zorluğu, zaman alması ve maliyetli oluşudur. Uydu görüntülerinin değerlendirilmesinde ise Landsat (Land Satellite) (Şekil 1.1), (Çizelge 1.1), (Çizelge 1.2), Aster (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) (Şekil 1.2), Alos, Avnir-2 (Şekil 1.3) uydularından alınmış veriler kullanılmaktadır. Landsat uydularına ait özellikleri içeren Çizelge 1’de, bu uydulara ait spektral bilgiler ise Çizelge 2’de verilmiştir. Aster modülü uzaktan algılama alanında önemli gelişmeler sağlamıştır. Bu modül sayesinde yüksek çözünürlüklü (15 m/px – 90 m/px’e kadar) ve 14 banttan (VNIR, SWIR ve TIR) oluşan görüntüler elde edilebilmektedir (Şekil 1.2). Aster algılayıcısı ve Terra uydusunun teknik özellik ve yörünge parametreleri ayrıntılı olarak verilmiştir (Çizelge 1.3). Bu verilerle belirlenen kıyı değişim miktarları uydu görüntülerinin alındığı zamanla sınırlanmaktadır. Uydu görüntüleri değerlendirildiğinde hassasiyet nedeni ile bu yöntemin denenmesi ihtiyacını doğurmuştur. Diğer bir taraftan kısa zaman dilimlerindeki değişimlerin değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır. Lidar (Light Detection and Ranging) kullanımı hassasiyet açısından en uygulanabilir yöntem olsa da günümüz teknolojisinde çok pahalı olması sebebi ile çok daha geniş alanlarda uygulanması tercih edilmektedir.

İHA ile yapılan mühendislik çalışmalarında istenilen hassasiyet miktarlarına ulaşılmaktadır. Bu sebeple İnsansız Hava Aracı kullanımı pratik olması özelliği ile yaygınlaşmaktadır. Bu yöntem farklı disiplinlerde de kullanılmaktadır. Ayrıca klasik jeodezi yöntemi oldukça zaman alıcıdır. Klasik jeodezi yöntemine nazaran çok daha hızlı bir yöntem olan GPS ile alım yöntemi bile bu yöntemin hızı ile karşılaştırıldığında çok yavaş kalmaktadır. Nokta bulutu oluşumu için lazer tarama yöntemi ise hassas olmasına karşın oldukça pahalı bir yöntemdir. Tüm bu değerlendirmelerin ışığında İHA kıyı çizgisi değişimi tespiti konusunda gelecek vaat etmektedir.

İHA ile kıyı profilinin belirlenmesi teknolojinin imkânlarından faydalanarak, daha pratik ve ekonomik anlamda çözüme ulaşabilme amacıyla seçilmiştir. İHA’lar önceki yıllarda çok pahalı iken, günümüzde istenilen hassasiyet değerlerine göre kolayca ulaşılabilecek fiyatlardadır. Multimedia amaçlı birçok çalışmada kullanılan, “drone” diye de tabir edilen bu teknolojik cihazlar yavaş yavaş birçok mühendislik çalışmasında da kullanım imkânı bulmuştur.

Çalışma bölgesi Antalya Konyaaltı Sahili’nin batısıdır. Zeminde kullanılmak üzere tasarlanan geçici ve sabit yer kontrol noktaları belirlenmiştir. Google Earth

üzerinden yapılan istikşaftan sonra yer kontrol noktaları zemine işaretlenmiştir. Arazi çalışması yaparak elde edilmiş yer kontrol noktaları verileri analiz edilmiştir.

Uçuşu yapılacak bölgede cihaz üzerinde uçuş planlaması yapılmış arazi çalışması için gerekli olan veriler elde edilmiştir. CORS (Continuously Operating Reference Stations) ağına bağlı GPS ile elde edilmiş dikine kıyı profili verileri ile aynı profil noktalarının 50 cm - 1,25 m'lik bir çap içinde kalan, İHA ile elde edilmiş datalarının ortalamaları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemin de birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Elde edilen kıyı profillerinin zamana bağlı değişimi belirlenmiştir. Ayrıca nokta bulutundan yararlanarak elde edilen ortofoto harita ile 2006 yılına ait Antalya Bölgesi ortofoto haritası karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak çalışma bölgesi için kıyı profili ve kıyı çizgisi değişimi belirlenmiştir.

Kıyı profilinin İHA ile belirlenmesi ve kıyı kenar çizgisinin tespiti amacı ile Antalya Boğazı bölgesinde farklı zaman aralıklarında havadan çekilmiş fotoğrafların Agisoft (Demo) yazılımı ile nokta bulutlarını oluşturduktan sonra Autodesk Recap ve Autocad Map 3D yazılımları ile değerlendirmeleri yapılmıştır.

Çalışmada öncelikle fotogrametrisinin tarihsel gelişimini de inceleyerek fotogrametrisinin tanımı yapılacaktır. Fotogrametrisinin geldiği son noktada çağdaş fotogrametri dönemini çalışma ile birleştirip açıklanacaktır.

İHA tanımından sonra ise bu cihazlarda kullanılan kameraların özelliklerine bakılacaktır. Fotogrametride kullanılan kameraların distorsiyon değerlerinin hesaplanabilmesi ve kalibrasyon ayarlarının yapılabilmesi için kameralara ait bir takım bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, distorsiyon, kalibrasyon, objektifin ayırma gücü, iç yöneltme elemanları gibi tanımlara yer verilecektir. Bu bölümün devamında distorsiyon ve kalibrasyonun tanımlanacaktır. Özellikle geniş açılı spor kameralar lenslerinden ötürü distorsiyon sahip olduklarından distorsiyon parametre değerlerinin hesaplanma yöntemi aktarılacaktır. Bu parametre değerlerinin Agisoft programında kullanımı ile ancak doğru nokta bulutları değerlerine ulaşılabilmekte ve bundan faydalanarak da ortofoto harita üretilebilmektedir. Çalışmanın ilk etabında DJI Phantom 2 model hava aracına takılan 170° geniş açılı lense sahip Gopro Hero 4 Black model fotoğraf makinasının parametre değerleri hesap edilmiş ve kullanılmıştır.



Şekil 1.1. Landsat uydusu

Çizelge 1.1. Farklı Landsat uydularına ait özellikler

ALGILAYICILAR	LANDSAT 4-5 MSS	LANDSAT 4-5 TM	LANDSAT 7
MEKÂNSAL ÇÖZÜMLEME	PAN: 30 m.- MS: 79 m.	28.5 m	PAN: 15m– MS: 30-60m
SPEKTRAL ÇÖZÜMLEME	0.50 – 1.10	0.45 – 12.50	0.45 – 12.50
RADYOMETRİK ÇÖZÜMLEME	6 Bit	8 Bit	8 Bit
ZAMANSAL ÇÖZÜMLEME	16 Gün	16 Gün	16 Gün
TARAMA GENİŞLİĞİ	185 X 170 Km	185 X 170 Km	185 Km

Çizelge 1.2. Landsat görüntülerine ait spektral bilgiler

BANTLAR	DALGA UZUNLUĞU (µm)	KULLANIM ALANLARI
LANDSAT 4-5 MSS		
Bant1: Yeşil	0.50- 0.60	Sağlıklı bitki ve su havzalarını belirleme
Bant2: Kırmızı	0.60- 0.70	Bitki ayırma, toprak ve jeolojik sınırları kararlaştırma
Bant3: Yakın IR	0.70-0.80	Ürün rekolte tahmini ve toprak/ürün ve arazi/su ayrımı
Bant4: Yakın IR	0.80- 1.10	Bitki gözleme ve pusa nüfuz etme
LANDSAT 4-5 TM		
Bant1: Mavi	0.45- 0.52	Toprak/bitki ayrımı, Batimetri/sahil haritacılığı
Bant2: Yeşil	0.52- 0.60	Yeşil bitkileri haritalama, kültürel/iskân özelliklerini
Bant3: Kırmızı	0.63- 0.69	Bitki türlerinin ve toprak/ürün ve arazi/su gibi alanların ayrılması
Bant4: Yakın IR	0.76- 0.90	Canlı ve sağlıklı bitki alanı, toprak/ürün ve arazi/su gibi
Bant5: Orta IR	1.55- 1.75	Bitki ve toprak nem, kar, buz ve bulut sahalarını ayırma
Bant6: Termal IR	10.40- 12.50	Bitki ve sağlıklı ürünleri ayırma, termal kirlenme
Bant7: Orta IR	2.08- 2.35	Jeolojik kaya tiplerini ve toprak sınırlarını ayırmak
LANDSAT 7		
Bant1: Mavi	0.45- 0.52	Landsat 4 ve 5 kapsamındaki MSS ve TM bantlarının uygulandığı alanlarda kullanılır.
Bant2: Yeşil	0.52- 0.60	
Bant3: Kırmızı	0.63- 0.69	
Bant4: Yakın IR	0.76- 0.90	
Bant5: Orta IR	1.55- 1.75	
Bant6: Termal IR	10.40- 12.50	
Bant7: Orta IR	2.08- 2.35	
PAN	0.52-0.90	



Şekil 1.2. Aster uydusu

Çizelge 1.3. Aster uydusu ve Terra uydusunun teknik özellik ve yörünge parametreleri

Görünür ve yakın kızılötesi bölgede bant sayısı	3
Kısa dalga boylu kızılötesi bölgede bant sayısı	5
Termal kızılötesi bölgede bant sayısı	6
Üç boyut kapasitesi	Var
Piksel Boyutu	15 m
Görüntü alanı	60 km x 60 km
Yörünge	Kutba yakın, güneşle eş zamanlı
Yörünge yüksekliği	705 km
Yörünge eğimi	98,2°
Tekrarlama süresi	16 gün



Şekil 1.3. Alos uydusu

Çizelge 1.4. Alos uydusu sensör özellikleri

Resolution	2.5m panchromatic / 10m multispectral
Launch Vehicle	H-IIA Rocket
Launch Site	Tanegashima Space Center
Satellite Weight	Approximately 4,000kg (at Lift-off)
Power	Approximately 7,000W (End of Life)
Designed Life	3 to 5 years
	Sun Synchronous Sub-Recurrent Orbit
	Recurrent Period: 46 days
Orbit	Sub cycle: 2 days
	Altitude: Approximately 692km (above the equator)
	Inclination: Approximately 98.2 degrees

Çizelge 1.5. Avnir-2 Çözünürlük

Band	Wavelength Region (μm)	Resolution (m)
1	0.42-0.50 (blue)	10
2	0.52-0.60 (green)	10
3	0.61-0.69 (red)	10
4	0.76-0.89 (near-IR)	10

2. KAYNAK TARAMASI

Mahabot vd. (2017), Fransa'nın deniz aşırı illerinden La Reunion Adasının kıyısında yaptıkları çalışmada doğal ve antropojenik baskı altında 2012 ile 2017 yılları arasındaki kıyı değişimlerini DGPS, Terrestrial Laser Scanning (TLS) ve İHA yöntemleriyle elde edip birbirleriyle karşılaştırmışlar ve 10 cm'lik hassasiyete sahip SAM verileri üreten İHA'ların gelecek vaat eden bir yaklaşım sunduğunu kanıtlamışlardır.

Niculescu, vd. (2017), Romanya'nın güneyinde turistik kıyı bölgelerinde insanın veya doğal faktörlerin sebep olduğu değişiklikler ile doğal habitatların zayıflığı konusunda İHA kullanılmış, elde edilen 3 boyutlu veri bulutlarından faydalanılıp veri altlıkları oluşturulması sağlanmıştır.

Alina vd. (2016), Güney Tayvan Boğazında yer alan Penghu Adalarında İHA kullanılarak üretilen ortofoto haritaları ile kıyı çizgisinin zamana bağlı değişimini araştırmışlardır. Bu arada oluşan tayfunun kıyılara etkisini de araştırmışlardır. Elde edilen DSM'lere (Digital Surface Model) göre plaj morfolojisi belirlenmiştir.

Kyoungah vd. (2016), İHA kullanmanın daha pratik ve ekonomik bir yol olduğunu belirterek ortofoto harita üretmişlerdir. Ürettikleri haritalarda DEM (Digital Elevation Model) doğruluğunu analiz etmişlerdir. Yatay ve düşeyde sırasıyla 2,7 cm ve 4,8 cm'lik hassasiyet verilerine ulaşmışlardır. Böylece kıyı erozyonunun izlenmesi için gereken doğruluğu 5 cm olarak belirlemişlerdir.

Turner vd. (2016), Avusturya'nın Narrabeen Plajı'nda 3,5 km uzunluğundaki bir hatta RTK (Real Time Kinetic) özellikli İHA kullanarak Yer Kontrol Noktası kullanmadan daha hızlı gözlemler yaparak değişimleri incelemişlerdir. Narrabeen Plajı'nın 40 yıllık sahil izleme programına İHA kullanımını entegre etmişlerdir. İHA verilerinin sağlıklı sonuçlar vermesi sebebiyle daha sonraki yıllarda bu metot ile elde edilen verilerin kullanılabilir olacağını göstermişlerdir.

Papakonstantinou vd. (2016), Midilli Adası'nda 2016 yılında meydana gelen fırtına sonrasında kıyıda bulunan kumul, moloz, deniz otları sınıflandırmalarında İHA kullanmışlardır. Görüntü analiz programları kullanılarak 3 boyutlu algoritmalarla DSM'ler üretilmiştir.

Yoo vd. (2016), Kore'nin Songjung kıyısında kıyı erozyonunun sayısal simülasyonunu yapabilmek için İHA ile 3 Boyutlu haritalardan faydalanarak hacim hesaplamışlardır. 3 Ayda bir RTK ölçümleri ile ilişkilendirerek hassas yükseklik verilerine ulaşım değişimin boyutunu belirlemişlerdir.

Long vd. (2016), kıyı topografyasının oluşturulması için kullanılabilecek bir yöntem olan İHA ile ortofoto ve DSM üretiminin hassasiyetini kontrol etmişlerdir. Bunun için kanatlı İHA olan eBee kullanmışlardır. YKN kullanılması ile birlikte mekânsal görüntü çözünürlüğünün 2 cm - 4,6 cm arasında olduğunu, düşey yöndeki değişimin ise 10 cm altında olduğunu göstermişlerdir. Veri üretilmesinde Photoscan paket programını kullanmışlardır.

Hiroyuki (2015), çalışmasını Japonya'nın Chiba Eyaletinin Taitosaki kentinin Suzumejima adasında gerçekleştirmiştir. 2014 yılı Haziran ve Ekim ayları arasında İHA kullanarak iki farklı dönemde yaptığı ölçümler sonucunda ortalama erozyonu dört ayda 4,5 cm olarak belirlemiştir.

Niculescu vd. (2015), sürekli erozyona maruz kalan Midya Burnu'ndan Vama Veche'ye (Bulgaristan sınırı) olan kıyı şeridini İHA ile inceleyerek Ortofoto, DSM ve 3 boyutlu model elde edilip değişimin yönü ve büyüklüğünü hesaplamışlardır.

Casellaab vd. (2014), deniz fırtınalarının kıyı alanlarındaki etkilerini izlemek, plajdaki değişimin yönü hakkında fikir sahibi olabilmek için İHA kullanmışlardır. Çoklu fotolar yardımı ile plaj topoğrafyası hakkında bilgi elde etmişlerdir. Elde ettikleri topoğrafyayı oluşturdıkları sayısal dalga model simülasyonunda kullanmışlardır.

Bellezza vd. (2014), İtalya Toskana'nın kuzey kıyılarında İHA kullanarak plaj erozyonunu incelemişlerdir. Sahil ve kıyı çevresi evriminin sistematik olarak izlenmesinde İHA kullanımının doğru bir yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır.

Avdan vd. (2014), Eskişehir, Şarhöyük (Dorylaion) arkeolojik alanında sayısal yüzey modeli (SYM) üretmişlerdir. Bu çalışmada İHA ile üretilen verilerin doğrulukları GPS verileri ile karşılaştırılmıştır. 34 adet yer kontrol noktasından (YKN) faydalanılmıştır.

Yılmaz vd. (2013), İHA'lar ile üretilen ortofoto haritaların doğruluğunu karşılaştırmak için GPS verilerinden faydalanmışlardır. Değerlendirmeler sonucunda üretilen ortofoto haritanın hassasiyetinin yatayda yaklaşık 7 - 8 cm civarında olduğu belirlenmiştir.

Harwin vd. (2012), Tazmanya'nın güney doğusundaki kıyı alanında İHA kullanarak yoğun nokta bulutu elde etmişlerdir. Fotoğrafları yer kontrol noktaları ile ilişkilendirmek için DGPS'den faydalanmışlardır. Yaklaşık 50 m yüksekten uçarak 25 - 40 mm aralığında hassas sonuçlar elde etmişlerdir.

Remondino vd. (2011), çalışmalarında hava fotoğraflarından üç boyutlu (3D) arazi modelini elde etmişlerdir. Model oluşturulurken zeminden jeoidal yükseklik almadan, yükseklik parametrelerinin kendi içindeki tutarlılığı üzerinden değerlendirme yapmışlardır.

Zhang vd. (2016), 1976-2016 yıllarında güney Sarı Nehir Deltasındaki zamansal kıyı çizgisi değişikliklerini incelemek için 364 adet Landsat uydu görüntüsü kullanmışlardır. Bu yöntemi kullanarak, gelgit yüksekliği ve mevsimsel deniz seviyesi değişiklikleri ve diğer rastgele deniz seviyesi dalgalanmalarının neden olduğu anlık kıyı çizgisi değişimlerini düzeltmek için simüle edilen gelgit yükseklikleri ve anlık kıyı çizgisinden hesaplanan deniz seviyelerini kullanmışlardır. Bu çalışmada sonuç olarak, güney Sarı Nehir Deltası kıyı şeridinin 1976-2016 yılları arasında kademeli erozyona uğradığını ve ortalama erozyon hızının 26,9 m/yıl olduğunu tespit etmişlerdir.

Jayanthi vd. (2018), Nagapattinam Bölgesi için 1978, 1991, 2003 ve 2015 tarihli Landsat uydu görüntülerini ve 2011 yılının nüfus sayım verilerini kullanmışlardır. Araştırmada görüntü işleme, coğrafi bilgi sistemi ve dijital kıyı şeridi analiz sistemi yöntemlerinden faydalanarak kıyı şeridi ve erozyon hızı değişimini ortaya koymuşlardır. 1978-1991 yılları arasında kıyıların % 73'ünde meydana gelen en yüksek ortalama erozyonun – 3,12 m/yıl olduğunu hesaplamışlardır.

Liu vd. (2017), Avustralya'daki Narrabeen-Collaroy Sahili'nde kıyı değişikliklerini izlemek için 29 yıllık Landsat arşiv veri setini kullanmışlardır. Landsat uydularından aldıkları görüntüleri vektör veri halinde çizgisel olarak işlemişlerdir.

Tuan, vd (2017), Orta Vietnam'da yerel deniz taşımacılığı, balıkçılık ve turizm faaliyetlerinde önemli rol oynayan başlıca limanlardan olan Cua Dai'de coğrafi bilgi sistemleri tekniklerini kullanarak, farklı zaman aralıklarında uzaktan algılama uydularından alınan verileri (ALOS- AVNIR2) kullanarak kıyı bölgelerinin planlamasına ilişkin çalışma yapmışlardır. 1964-2014 arası yılları arası kıyı çizgisi değişimini incelemişlerdir. Kıyı değişimini 1964-1980 (Corona uyduları), 1981-2000 ve 2001-2014 olmak üzere üç ayrı zaman diliminde incelemişlerdir. Sonuçta erozyonun, özellikle 1964-1980 yılları arasında meydana geldiğini ortaya koymuşlardır.

Immanuvel David vd. (2016), Van adasında uzaktan algılama ve GPS verilerini kullanarak Mannar Koyu kıyı değişimlerini tespit etmişlerdir. Bunun için çözünürlüğü yaklaşık 30 m olan Landsat 8 OLI, Landsat 7 ETM+ uydu verilerine ek GPS de kullanarak daha hassas sonuçlar elde etmişlerdir.

Temiz vd. (2016), Burdur Acıgöl'de erozyon ve birikimi 1985, 2000 ve 2015 yılındaki Landsat görüntülerini kullanarak analiz etmişlerdir. Kıyı şeridini yıllara bağlı vektörel olarak çizmişlerdir. Bunun sonucunda 30 yılı aşkın zaman farkında yer yer 200 m'ye varan önemli kıyı hareketlerini gözlemlemişlerdir.

Aydın vd. (2014), Karasu kıyı şeridi değişimini 1987'den 2013'e kadar 26 yıllık periyotta uydu görüntülerinden faydalanarak tespit etmişlerdir. Karasu kıyı şeridini 7 farklı bölüme ayırarak her bölge için risk analizleri gerçekleştirmişlerdir.

Görmüş vd, (2014), kıyı erozyonunun belirlenebilmesi amacıyla yapmış olduğu çalışmada 1987, 2001, 2010 ve 2013 uydu görüntülerinden alınmış değerler analiz edilerek profil değişimini gözlemlemişlerdir. Landsat uydusundan alınmış verilerden faydalanılarak nehrin denizle buluştuğu bölgede belirlenen kıyıya dik 5 profil arasında 3 önemli bölgenin alansal olarak erozyonu karşılaştırılmıştır. Bu sayede erozyonun yönünü ve hızını belirlemişlerdir.

Guariglia vd. (2006) çalışmasında, 30 m hassasiyete sahip Landsat 5 ve Landsat 7 uydu görüntülerini, uçaktan elde edilmiş kızıl ötesi (infrared) 3 m çözünürlüklü ortofoto harita ile karşılaştırmış, ayrıca yersel alım tekniklerinden de faydalanarak ortofoto haritanın uydu görüntülerine kıyasla daha doğru ve hassas sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Puijenbroek vd. (2017), Hollanda'nın Texel Adasının kıyısında yer alan kumsaldaki kumul boyutu değişimlerini NDVI kamera özelliğine sahip İHA ile 8 ha'lık bir alanda izlemişlerdir. Kumul değişiminde fırtına etkisi ile korunaklı kum tepelerindeki büyümeleri belirleyip kıyı kumul değişimi ile ilgili model tahminleri yapmışlardır.

Avdan vd. (2014), çalışmalarında 1,2 - 5 m boyutlarında 96 adet parsel incelenmiştir. Bu parsellerde 4 farklı buğday genotipi ve 6 farklı azot dozu uygulaması yapılmıştır. Çalışma alanında her genotip için 24 adet parsel yer almaktadır. Çalışma İHA ile gerçekleştirilmiştir. 16 mega piksel NIR kamera ile 97,5 m yükseklikten uçularak 3 cm yer örneklem aralığına sahip görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntülerden Yeşil band normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (GNDVI) değerleri hesaplanmıştır. Aynı parsellerin yersel spektrometre ölçümleriyle normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI) değerleri elde edilmiştir. Çalışma sonunda yersel spektrometre ile elde edilen NDVI değerleri ile İHA ile elde edilen GNDVI değerleri karşılaştırılmış ve yersel spektrometre ile yapılan ölçümlerle, İHA'dan elde edilen değerler arasında yüksek korelasyon olduğu saptanmıştır.

Gonçalves vd. (2015), LİDAR yöntemi ile kıyı alanlarının belirlenmesinin daha doğru bir yöntem olduğunu kabul etmekle birlikte geleneksel fotogrametri yönteminin de YKN kullanarak İHA ile elde edilebileceğini göstermiştir. Agisoft paket programını kullanarak düşey yönde 3,5 cm ile 5 cm hassasiyetle sonuçlar üretmişlerdir. Bunun için multicopter yerine Swingletcam isimli kanatlı İHA kullanmış ve daha uzun mesafelerde sonuçlar almışlardır.

Mohanty vd. (2015), Gopalpur, Paradip ve Dhamara gibi limanların kıyı şeridinde ve morfolojisine etkilerini incelemişlerdir. Mevsimsel değişikliklerin etkisini de yıllara bağlı olarak göstermişlerdir.

James vd. (2014), topografik veriler üretebilmek için karasal lazer tarama yöntemini kullanmışlardır. Kullandıkları el tipi lazer tarama cihazı ile yüksek hassasiyette 780 m²'lik topoğrafik veriler elde etmişlerdir.

Adamo vd. (2014), geçmiş zamanlara ait kıyı çizgisi verilerinden faydalanarak, rüzgâr etkenli dalgaların kıyı çizgisi değişimine etkisini incelemiş ve kıyı çizgisi modellemesi yapmışlardır.

Tür vd. (2014), Boğaçayı yatağından illegal alınan malzemenin oluşturduğu olumsuz çevre etkilerini araştırmıştır. Çalışmada yataktan alınan malzemenin akım düzensizliklerine yol açtığı, sediman taşınım oranının azaldığı ve buna bağlı olarak Konyaaltı Sahili'nin belirli bölgelerinde kıyı erozyonunun olduğu sonucuna varmışlardır.

Şeker vd. (2011), çalışmalarında alım için lazer tarayıcı kullanmışlardır. Lazer tarayıcı ile nokta bulutu üretmişler ve bu nokta bulutlarından faydalanılarak kıyıdaki profil değişimi izlemişlerdir.

Türker vd. (2007), çalışmalarında, dalga kırılma derinliği ile sediment parçacıklarının yer değiştirme uzunluğu ve yer değiştirme süreleri incelemiştir.

Türker vd. (2006), nehir ağzında bulunan bitkisel oluşumların kıyı profiline etkisini araştırmışlardır. Bitkisel oluşumların olası erozyonu engellemesi ile sediment taşınımına doğrudan etkisi ve kıyı profilinde ne denli bir değişime neden olabileceğini belirlemiştir.

Aykut vd. (2005), çalışmasında gerçek zamanlı kinematik (RTK) GPS yöntemini kullanmıştır. Daha sonraki yıllarda geliştirilen sabit RTK GNSS ağı ise (CORS), yüksek doğruluklu, çok amaçlı, aktif ve gerçek zamanlı, uluslararası sistemler ve standartlarla uyumlu bir ağ olarak hizmet vermektedir.

Türker vd. (2002), çalışmalarında açıkta oluşan kum tepelerinin konumunun dalga özellikleri ve kıyıyı oluşturan malzemenin özellikleri cinsinden tanımlanması için fiziksel bir model geliştirmiş ve dalganın kırılması ile harcanan enerji miktarı ile ilişkili basit analitik çözümler yapmışlardır. Bu çözümleri daha sonra düzenli ve düzensiz dalga koşullarında yapılan laboratuvar çalışmaları ile karşılaştırmışlardır. Bu karşılaştırmalar neticesinde düzenli dalga ikliminde ortalama kök hatası % 4,06, düzensiz dalga ikliminde ise % 6,21 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmaları ile dalganın kırılmasından sonra katı madde taşınımı için gerekli olan birim hacimdeki enerji miktarının, dalganın kırıldığı anda birim hacimde açığa çıkan enerji miktarı ile profilin denge halinde olabilmesi için gerekli olan enerji miktarı arasındaki farka eşit olduğunu göstermişlerdir.

Yapmış olduğumuz çalışmada elde edilen ve kıyı değişimini gösteren ortofoto, ileride bölgede yapılacak birçok çalışmaya altlık oluşturması açısından önem arz etmektedir. Yersel alım yöntemleri ile ölçülmesi zaman alan profilleri, kıyı çizgisini ve kıyı modelini bu yöntem ile belirlemek daha hızlı ve pratik olacağı düşünülmektedir.

Kıyı çizgisi analizlerinde kullanmak üzere uydu görüntülerinden, yersel alım yöntemlerinden, GPS'lerden, Lidar'dan, Lazer tarama yöntemlerinden faydalanılabilir. Fakat her bir yöntemin avantajı olduğu kadar dezavantajlı olduğu noktalar da vardır. Bu parametreler maliyet, hız, pratiklik, hassasiyet vb.'dir. Yapılan çalışma ile elde edilen 3,2 cm/px'lik hassasiyet verileri en azından şu an için açıklanan noktalarda çalışmayı uygulanabilir kılmaktadır.

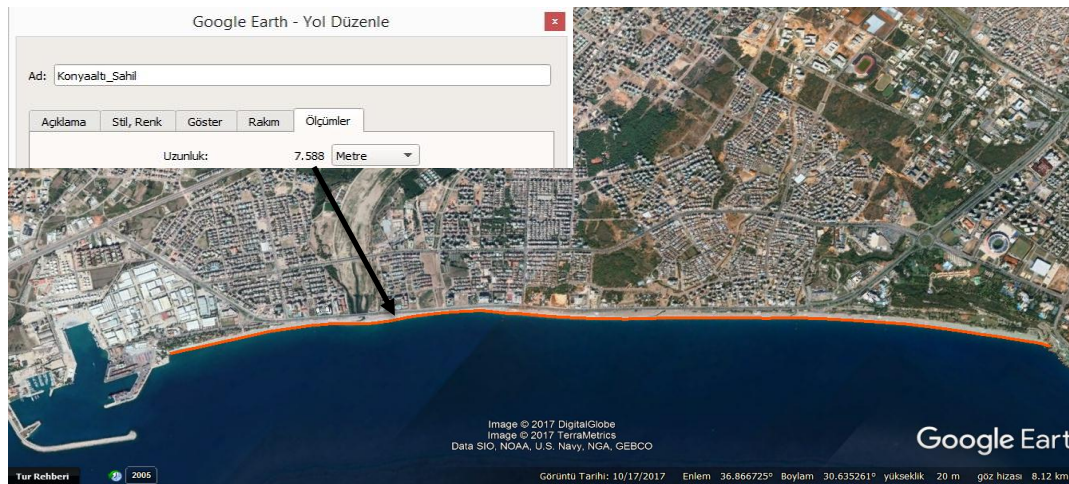
3. MATERYAL VE METOT

Antalya, Konyaaltı Plajının Doğu ve Batı bölgesinde profil oluşturabilmek için farklı zaman aralıklarında ölçümler yapılmıştır. Kıyıda yapılan ölçümler kuzey – güney hattında Konyaaltı Sahil yoluna kadar gerçekleştirilmiştir. Ölçümler jeodezik ve fotogrametrik olmak üzere iki farklı yöntem ile yapıp, yöntemler arası doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Jeodezik yöntem uygulanarak, Batı Akdeniz Jeoid düzeltmesi yapılmış GPS dataları kullanılarak, kıyı çizgisinden itibaren kesit boyunca yaklaşık 1 m aralıkla, Konyaaltı Sahil yoluna kadar, dikine X, Y ve Z alımları yapılmıştır. Diğer yöntemde ise; İHA kullanılarak, ilgili bölgeden alınmış hava fotoğrafları analiz edilip, yaklaşık 0,25 m aralıkla X, Y ve Z nokta bulutu oluşturulmuştur. Aynı profil üzerinde alınmış farklı yöntem dataları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar ışığında daha geniş çaplı bir çalışma için Boğaçayı'nın batı ve doğusunda 1'er km'yi aşan uzunluklarda fotogrametrik uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu uçuş sonucunda elde edilen fotoğraflardan faydalanarak nokta bulutu oluşturulmuş, ortofoto harita elde edilmiştir. Elde edilen ortofoto harita 2006 yılında Antalya Bölgesi için yapılmış olan ortofoto harita ile karşılaştırılarak kıyı çizgisi değişim analizi de yapılmıştır. Antalya ortofoto haritası verileri ile karşılaştırılarak kıyı çizgisi değişim analizi gerçekleştirilmiştir.

3.1. Çalışma Bölgesi

Çalışma alanı Boğaçayı'nın Akdeniz ile buluştuğu yer olan Konyaaltı Sahilinde, Boğaçayı'nın deniz deşarj nokta merkez olmak üzere doğu ve batısıdır.

Konyaaltı Plajı'nı doğuda Varyant başlangıç noktası ve batıda liman son nokta alınması durumunda 7,5 km'lik bir uzunluğa sahiptir (Şekil 3.1).

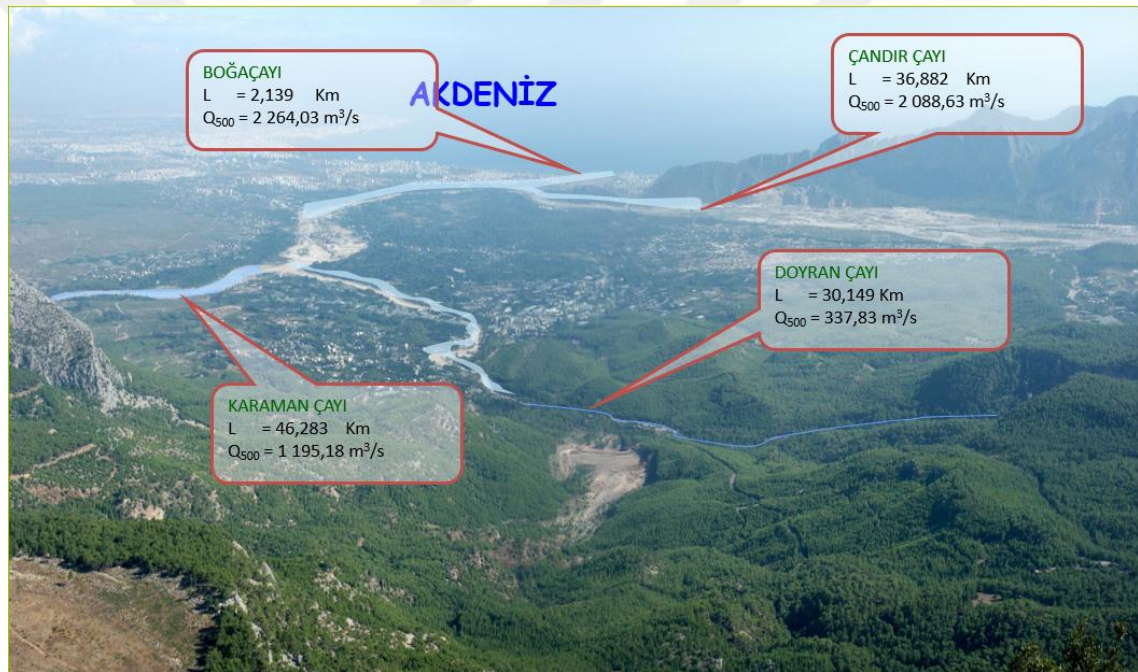


Şekil 3.1. Konyaaltı sahili (DigitalGlobe 2018)

Dünyada önemli bir yere sahip Konyaaltı Plajına sediment getiren en önemli çay 2139 m'lik uzunluğu ile Boğaçayı'dır. Plaj, Boğaçayı'nın getirdiği alüvyonlu toprak ve çakıllarla oluşumunu tamamlamış ve günümüzdeki şeklini almıştır. Boğaçayını, Çandır Çayı, Karaman Çayı ve Doyran Çayı beslemektedir (Şekil 3.2). Çakıllı sahilin 4,5 kilometrelik uzunluk ve 70 metrelik genişliğe sahip kısmı mavi bayrak sahibi halk

plajıdır. Bu özellikleri ile dünyanın en önemli turizm kentlerinden bir tanesi olan Antalya'da Konyaaltı Plajı çok değerlidir (DSİ 2003).

Boğaçayı, Çandır, Karaman ve Doyran çaylarının sahile yaklaşık 1,5 km uzaklıkta birleşmeleri ile oluşmaktadır (Şekil 3.2). Boğaçayı yer yer 250 m'lik genişliğe sahip dere yatağı ile yakın geçmişte metrekaareye 380 kg düşen yağışların etkisi altında kalarak saniyede 1900 m³/s (DSİ 2003) denize su taşımıştır. Bu debi ile ne derece önemli bir çay olduğunu göstermiştir (Şekil 3.3). Bu debinin etkisi ile Boğaçayı'nın Akdeniz ile buluştuğu nokta ve çevresinde sürekli bir değişim olduğu göze çarpmaktadır. Bu değişimin hem dönemsel hem de yıl bazlı olarak incelenip, karşılaştırma haritalarının düzenlenmesi dünyaca öneme sahip olan bu plaj, kent ve ülkemiz için oldukça önemlidir. Fotogrametrinin nesnelere dokunmadan ölçme özelliğinden faydalanarak, yersel alım yöntemlerine göre kat ve kat hızlı çalışma olanaklarına sahip olması, anlık verilerin değerlendirilmesinde önem arz etmektedir.



Şekil 3.2. Boğaçay, Çandır Çayı, Doyran Çayı ve Karaman Çayı genel görünümü (DSİ 2003)

Konyaaltı Plajı üzerinde yapılacak her türlü çalışma ülke basınında geniş yer tutmaktadır. Bu kadar çok turist tarafından ziyaret edilen kentin plajı milli miras niteliğinde olduğundan değişim ve gelişimlerinin yakından takip edilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.3. Boğaçayı 2003 taşkını (DSİ 2003)

Bugün Konyaaltı olarak adlandırılan bölgenin, 20. yüzyıl sonlarına kadar, Antalya'nın falezler üzerinde yer almasından dolayı "Koyaltı" biçiminde anıldığı ve halk dilinde zamanla Konyaaltı'na dönüştüğü belirtilmektedir. Ayrıca Antalya eski Milletvekili Adnan Selekler; "Cumhuriyet'ten önce Konya Vilayeti'ne bağlıydı. Antalya'da askere sevk edilmek üzere çağırılan askerlerin önce bugünkü Meltem Mahallesi'nin kuzeyindeki bir alanda toplanıyordu. Bu alanın tapu kayıtlarında 'Konyaüstü' olarak geçer; dolayısıyla Hastaneüstü, Hapishaneüstü, Kepezaltı gibi mevki isimlerinin sık sık kullanıldığı Antalya'da, 'Konya-Üstü' mevkiinin alt kısmına da 'Konya-Altı' denmesinin buradan kaynaklanmaktadır" demiştir (Cimrin 2016).

Konyaaltı, Anadolu Uygarlıkları yerleşim haritasına göre, Likya sınırları içinde yer almaktadır. Likya, Pamphilya ile sınırdır. MÖ 30 yıl öncesine kadar uzandığı bilinen Likya uygarlığının, Konyaaltı bölgesinde yer alan kentinin adı ise Olbia'dır (Vuruşkan 2009).

Konyaaltı plajının 7,5 km'lik kuzeydoğu - güneydoğu doğrultusu boyunca yer yer kayalıklar görülse de, bu kıyı şeridinin büyük bir bölümünü kumsallar ve çakıl taşları oluşturur. Plajın kuzey - güney genişliği 40 m olmasına karşın bu genişlik yer yer 10 m'ye kadar düşer. Bu noktada tezin diğer bir amacı da bu plajın kaybolmasını önleyecek bir takım çalışmalara altlık olabilmesidir.

Plajda yer yer ince kumullar bulunur ancak genel olarak çakıl taşı dokusu hâkimdir. Çevredeki Lara, Kumköy gibi plajlarla karşılaştırıldığında kumsal yönünden daha fakirdir. Buna rağmen temizliği, ulaşım kolaylığı ve konumu nedeniyle en çok tercih edilen plajların başında gelmektedir. Antalya Büyükşehir Belediyesinin 2017 yılı

sonlarında başlayan Konyaaltı sahili projesi de bu kadar gözde olan plajın daha da güzelleştirilmesine yönelik bir takım peyzaj ve liman çalışmalarını içermektedir (Şekil

3.4 a,b)
(Konyaaltı
Belediyesi
2018).



(a)



(b)

Şekil 3.4. a) 2017 yılında yapımına başlanan Konyaaltı projesi yapım aşaması, **b)** 2018 Haziran ayında tamamlanması planlanan Konyaaltı projesinin proje tanıtım gösterimi

3.2. Fotogrametri 'nin Tanımı

Fotogrametri kelime kökeni olarak Eski Yunanca'dan batı dillerine girmiştir. Photos (ışık), Grama (çizim) ve Metron (ölçme) kelimelerinin birleşimidir. "Fotogrametri" ışık yardımı ile çizilerek ölçme anlamı taşımaktadır. Fotogrametri, ölçülmek istenen bölgenin fotoğraflarının çekilmesi, fotoğraf üzerinden ölçüler yapıldıktan sonra elde edilen görüntülerin özel yazılım ve donanımlarla harita veya plan biçimine dönüştürülme yöntemidir (Yaşayan 2011).

ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) ve ASPRS (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing) gibi Fotogrametri örgütlerine göre Fotogrametri, nesnelere ve yakın çevresine temas etmeksizin, yayılan elektro – magnetik enerjinin algılanması, değerlendirilmesi ve yorumlanmasıyla nesne ve çevresi hakkında güvenilir bilgiler elde etme yöntemi, bilim ve teknolojisi olarak tanımlanmaktadır (Anonymous 2).

3.3. Fotogrametri Kullanımının Ölçmedeki Üstünlüğü

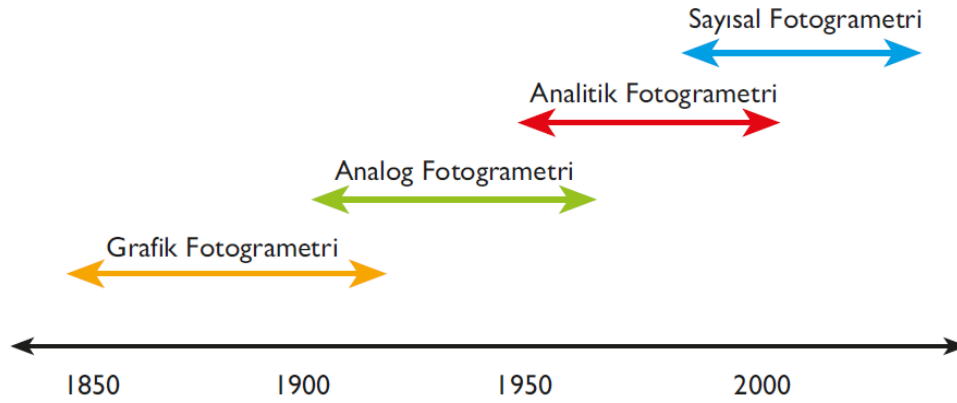
Fotogrametri direk değil, dolaylı bir ölçme tekniğidir. Nesnelere dokunarak değil uzaktan algılama metodunu kullanmaktadır. Metodun bir takım avantajları olduğu gibi dezavantajlı yanları da bulunmaktadır. Bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Doğrudan nesneler üzerinde temas dayalı ölçüm yapmak yerine onların fotoğraflarından yararlanarak ölçüm yapmak hızlı, kolay ve ekonomik olmaktadır.
- Doğrudan ölçme yöntemiyle ulaşılması zor ve olanaksız olan bölgelere ulaşma imkânı sağlamaktadır (Turanoğlu 2011).
- Anlık taşkınların belirlenmesi gibi geçici oluşumların tespitlerinin yapılması fotogrametri sayesinde mümkün olmaktadır.
- Nesneler üzerinde temas olmadan ölçüm yapıldığı için ölçme esnasında fiziken bir zarar verilmesi mümkün değildir.
- Fotoğraflar üzerinde tekrar tekrar ölçüm yapılabilir (Yaşayan 2011).

3.4. Fotogrametri'nin Tarihçesi

Fotogrametrinin tarihçesinden bahsederken fotoğrafın elde edilmesini milat olarak kabul etmek gerekmektedir. Bu milattan öncesi ve sonrasını birbirinden ayırmak gerekir. Bu anlamda dört başlıktan bahsedilebilir (Şekil 3.5).

- Fotoğraftan önceki gelişmeler dönemi
- Fotoğraf ve ilk gelişmeler dönemi
- Klasik fotogrametri dönemi
- Çağdaş fotogrametri dönemi



Şekil 3.5. Fotogrametrinin değerlendirme yöntemine göre tarihsel gelişimi (Yaşayan 2011)

3.5. İnsansız Hava Araçları (İHA)

1980’lerde sayısal fotogrametrik sistemler geliştirilmiştir 1990’larda sayısal fotogrametri yaygınlaşmaya başlamıştır. 2000’lerde sayısal hava kameraları geliştirilmiştir. Fotoğrafik emülsiyon ve optik kamera kombinasyonlarının gelişmesi, yüksek çözünürlüklü ve distorsiyonu daha küçük resimlerin elde edilmesini sağlamıştır. Özel tarayıcı aletler ile fotoğrafların taranması suretiyle elde edilen sayısal fotoğraflar, fotogrametriye yeni ufuklar açmıştır. Böylece bu yıllarda sayısal (dijital) fotogrametri dönemi başlamıştır. Bilgisayar teknolojisinin ilerlemesi, güçlü bellek ve hızlı işlemcilerin yapılması ve sayısal kameralar sayesinde sayısal fotogrametriye olan ilgi artmıştır. Bu gelişmeler sayesinde sayısal fotogrametride gerçek zamanlı fotogrametriye ve tam otomasyona geçebilmek mümkün olmuştur.

2010 yılından sonra yer kontrol üniteli İHA, fotogrametride yeni bir devrime öncülük etmiş, fotoğraflarla model oluşumunun yanı sıra ortofoto, fotoplan üretimlerinde kolaylıklar sağlamıştır. Sayısal algoritması iyi yazılmış açık kodlu programların yaygınlaşması da bu konuda yeni gelişimlerin olacağına bir göstergesidir. İşte bu noktada çalışmada kullanılan İHA, yüksek maliyet gerektirmeyen bir modeldir. Bunu yanında yer kontrol noktalarının hesabında kullanılan CORS GPS’ler yardımı ile hızlı, pratik ve ekonomik çözümler sunmaktadır.

3.6. Çağdaş Fotogrametri Dönemi ve İHA Kullanımı

Günümüzde gelişen teknoloji bize istenilen amaçlar doğrultusunda harita üretebilmek için farklı cihazlar kullanabilme olanakları sağlamıştır. Haritalama alanında kullanılan İHA’ları iki farklı grupta toplamak mümkündür. Bunlardan birincisi daha kısa uçuş mesafesine ve daha kısa süre havada kalabilen, nispeten küçük alanların ortofotolarının yapımının yanında yapı modellerinin oluşturulabilmesi gibi farklı amaçlara da hizmet eden multikopterlerdir (Şekil 3.6). İkincisi ise daha geniş alanlarda kullanıma uygun, uzun süre havada kalabilen ve ortofoto üretiminin temel alındığı iki kanatlı İHA’lardır (Şekil 3.7).

2000’li yıllarında sonlarında kullanılmaya başlanan, yer kontrol ünitesi İHA, fotogrametri de yeni bir devrime öncülük etmiş, fotoğraflarla model oluşumunun yanı sıra ortofoto, fotoplan, nokta bulutu ve arazi modeli üretimlerinde kolaylıklar sağlamıştır. İHA artık yüksek maliyet gerektirmeyen araçlardır. İHA yüksek hassasiyet verileri sunan CORS GPS’ler ile birlikte kullanılarak hızlı, pratik, hassas ve ekonomik çözümler sunmaktadır.



Şekil 3.6. İHA - Multikopter (DJI Phantom 4 Pro)



Şekil 3.7. İHA - Kanatlı (SenseFly ebee)

3.7. İki Kanatlı İHA’lar

İki kanatlı İHA’lar havadan profesyonel haritalama yapmaya olanak sağlayan bir araçtır. En önemli özelliklerinden birisi kolay bir biçimde taşınabilir olmasıdır. Yaklaşık 0,7 kg - 1 kg ağırlıklarında olan bu cihazlar en hafif İHA’lardandır. Bu tür cihazların hafif olmalarının temel nedeni gövdesinde esnek köpük kullanılmasıdır. Cihazların

üzerine istenilen çözünürlükte kameralar takılabilmektedir. Teknolojinin gelişimine paralel olarak kamera çözünürlükleri, pil ömürleri ve hızları her geçen yıl iyileşmektedir. Bu cihazlar ortalama 50 dk'lık bir uçuş süresine sahip ve bu süre içerisinde 12 km²'lik bir alanı tek uçuşta haritalamaya imkân sağlamaktadır (Şekil 3.7).

Çalışma bölgesi Antalya Konyaaltı Sahilinin bir kısmı olduğundan maliyet olarak yüksek olan bu cihazların kullanımı tercih edilmemiştir. 7,5 km'lik bir şeride sahip Antalya Konyaaltı Sahili gibi bir alanın tamamında çalışılmak istendiğinde maddi olanaklar dâhilinde tercih sebebi olacağı kesindir.

3.8. Multikopterler (Drone)

Dört ve daha fazla motorlu, 25 kg'a kadar ağırlıkları olan, haritalama amaçlı 20-25 mil civarlarında hızlara ulaşabilen, haritalamanın dışında modelleme amaçlarında da kullanılan cihazlardır. İki kanatlı modellere göre daha ağır bir yapıda olduklarından daha kısa süre havada kalabilmektedirler. Son yıllarda gelişen teknoloji ile 25 - 30 dk civarlarında havada kaldıkları bilinmektedir. İki kanatlı modellerden artı olarak GPS'e dayalı havada bulundukları noktada asılı kalabilmekte ve 3 boyutlu model oluşumu için istenilen yavaşlıkta yapı üzerinde gerekli açılarda uçabilmektedirler.

3.9. İHA'larda Kullanılan Kamera ve Sistemler

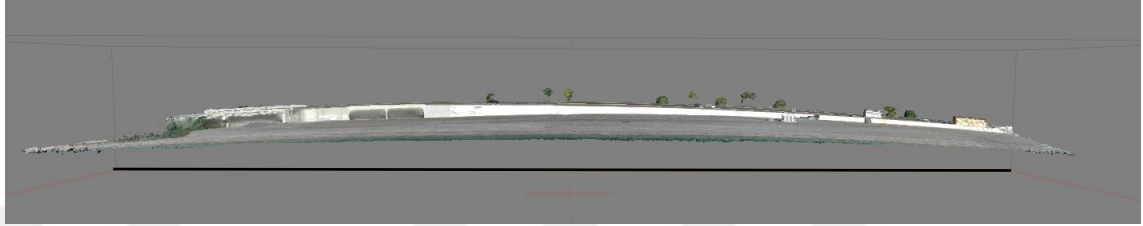
Multikopterler gövdelerinin içinde taşıdıkları anakarta bağlı sistemler aracılığı ile görüntü aktarabilmekte ve yerden gönderilen komutları cihaza uygulatabilmektedirler. Görüntü aktarıcısı, kamera, GPS, datalink vb. ekipmanlar cihazın kullandığı sistemlerdir. Kameralara bakıldığında ise günümüz teknolojisinde cihazla bütünleşik kamera sistemlerinin olduğu görülmektedir. Eski nesil cihazlara bakıldığında da cihazdan ayrı çalışan kamera sistemlerinin olduğunu söylemek gerekir.

Çalışmanın ilk aşamalarında DJI Phantom 2 V2 model bir multikopter kullanılmıştır. Kullanılan sistem yeni nesil bir sistem olmamakla birlikte üzerindeki kamera GoPro Hero 4 +'dır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. İHA - Multikopter (DJI Phantom 2 V2)

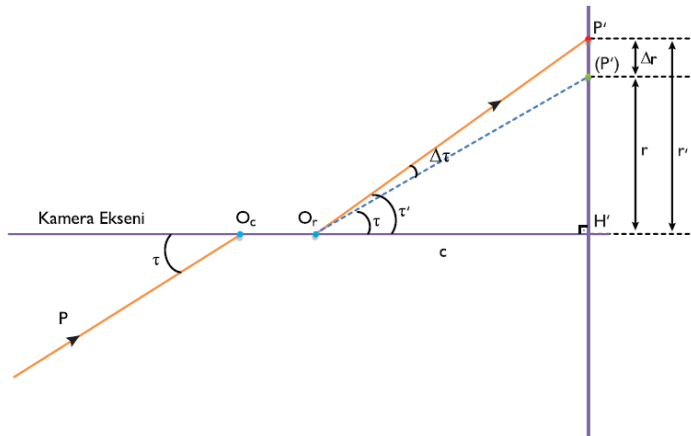
Kullanılan kamera fisheye diye tanımlanabilecek çok geniş açılı bir spor kameradır. Kamera bilinçli olarak distorsiyonlu üretilmiştir. Kameranın sensör özelliklerine bakıldığında; 12 MP 4000x3000 (4:3), 170°'lik bir çekim açısına sahiptir. İlk nokta bulutu, ortofoto harita ve model oluşturulurken fisheye etkisinden kurtulabilmek için distorsiyon hataları program tarafından kalibre edilerek oluşturulmuştur. Aksi halde oluşan model beraberinde birçok hatayı barındıracaktır (Şekil 3.9). Program distorsiyon hataları giderirken de Brown'un dama modelinden faydalanmaktadır.



Şekil 3.9. DJI Phantom 2 V2 ile üretilmiş, fisheye distorsiyon hatası barındıran küresel model (Agisoft PhotoScan)

3.10. Distorsiyon ve Kalibrasyon

Distorsiyon; optik eksene eğik gelen ışınların farklı kırılma indisli yüzeylere gelip farklı biçimde kırılmaları olarak tanımlanmaktadır. Bir P noktasından gelen ışın kamera eksenini ile τ açısı yaparken kamera objektif sistemindeki kusurlardan dolayı fotoğraf uzayında τ' açısı yaparak çıkacaktır. Sonuç olarak P noktasının görüntüsü P' noktası yerine olması gerekenden Δr kadar farklı bir konumda (P') noktasında oluşacaktır (Şekil 3.10). Bu farka kamera distorsiyon hatası denilmektedir (Weng 1992).



Şekil 3.10. Kamera distorsiyonu

Distorsiyon, görüntü geometrisini etkileyen bir hatadır. Fotoğraf üzerinde nesnenin konumunun değişimine sebep olur. Bu nedenle herhangi bir geometrik distorsiyonun varlığı, fotogrametride çok önemlidir ve fotoğraf üzerinden herhangi bir metrik ölçüm yapılacağı zaman dikkate alınmalı ve kameranın geometrik kalibrasyonu

ile ortadan kaldırılmalıdır. Her kameraya ait laboratuvar koşullarında yapılan ölçümlerle belirlenmiş kalibrasyon değerleri vardır. Yazılımlarda doğru sonuçları elde edebilmek için bu değerlerin girilmesi gerekmektedir. Bazı yazılımlar çekilen resimlerin içine kodlanmış kamera bilgisinden faydalanarak, kullanılan kameraları tanımakta ve bu kameralara ait distorsiyon değerlerini datalarında barındırdıklarından sonuçlama aşamasında otomatik olarak kalibre ettiği fotoları kullanmaktadır. Ama unutulmamalıdır ki kamera distorsiyonu canlıdır ve bir kamera hiç kullanılmamış olsa bile durduğu yerde distorsiyon oluşturabilir. Bu nedenle her çalışmadan önce kullanılacak kameranın distorsiyon değerlerinin hesap edilmesi gerekmektedir.

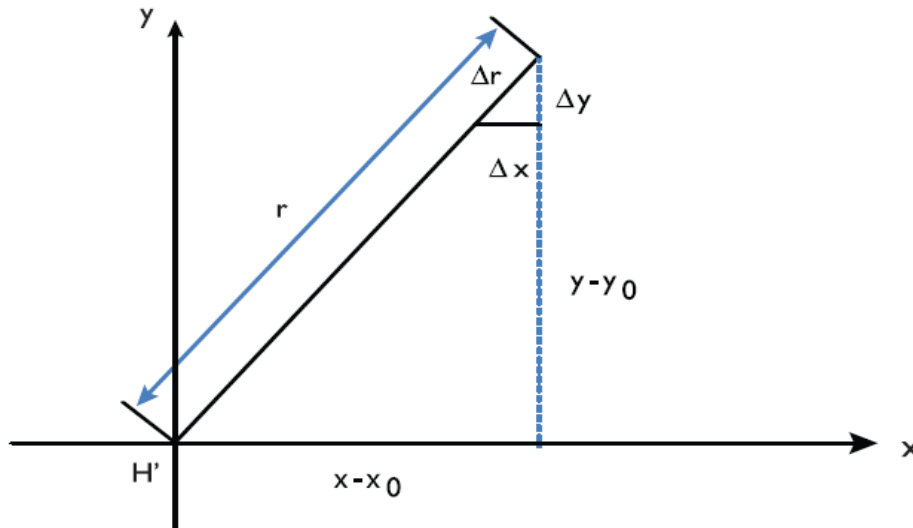
Distorsiyon hatasının minimum olması için, kameraların yapımı sırasında tüm önlemler alınır. Yine de, belirli bir sınırdan sonra bu hatanın önüne geçilemez. Laboratuvarlarda yapılan duyarlı ölçmeler sonunda kamera distorsiyon durumları saptanır. Bu durum kullanıcılara bir raporla belirtilir. Eski hava kameralarında distorsiyon hatası 20 - 25 mikron olabilirken, daha sonraki kameralarda bu hata 10 mikronun altında kalmıştır. Günümüzde ise bu hata 5 mikronun altındadır.

3.11. Distorsiyon Hatasının Giderilmesi

Üretim esnasında çok dikkatli tasarlanmasına rağmen, teğetsel mercek distorsiyonundan kaçınılamamaktadır. Ancak etkileri çok düşük miktarlara indirilebilir. Çapsal distorsiyon değeri noktanın distorsiyonlu konumuyla distorsiyonsuz konumu arasındaki çapsal uzaklıktır. Eski kalibrasyon raporlarından çapsal mercek distorsiyonu belirlenir. Bunun için çapsal uzaklıklara karşı gelen değişim miktarlarına göre polinomsal eğri çizilir. Polinomsal olarak çapsal mercek distorsiyonu aşağıdaki eşitlikle edilir.

$$\Delta r = k_1 r_1 + k_2 r_3 + k_3 r_5 \quad (3.1)$$

Δr radyal distorsiyon miktarı, r asal noktaya olan radyal mesafe, k_1 , k_2 , k_3 polinom katsayılarıdır. Bu katsayılar kalibrasyon raporundaki distorsiyon değerleri kullanılarak en küçük kareler yöntemine göre çözülür. Görüntü noktasının x ve y konumunu düzeltmek için görüntü noktasından asal noktaya olan r mesafesi hesaplanır (Şekil 3.11) ve eşitlikte Δr değerinin hesaplanması için kullanılır (Yaşayan 2011).



Şekil 3.11. Distorsiyon hatasının giderilmesi

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$$

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta x}{x - x_0} = \frac{\Delta y}{y - y_0}$$

Eşitlik (3.3) den Δx ve Δy çekilirse; (3.4) elde edilir.

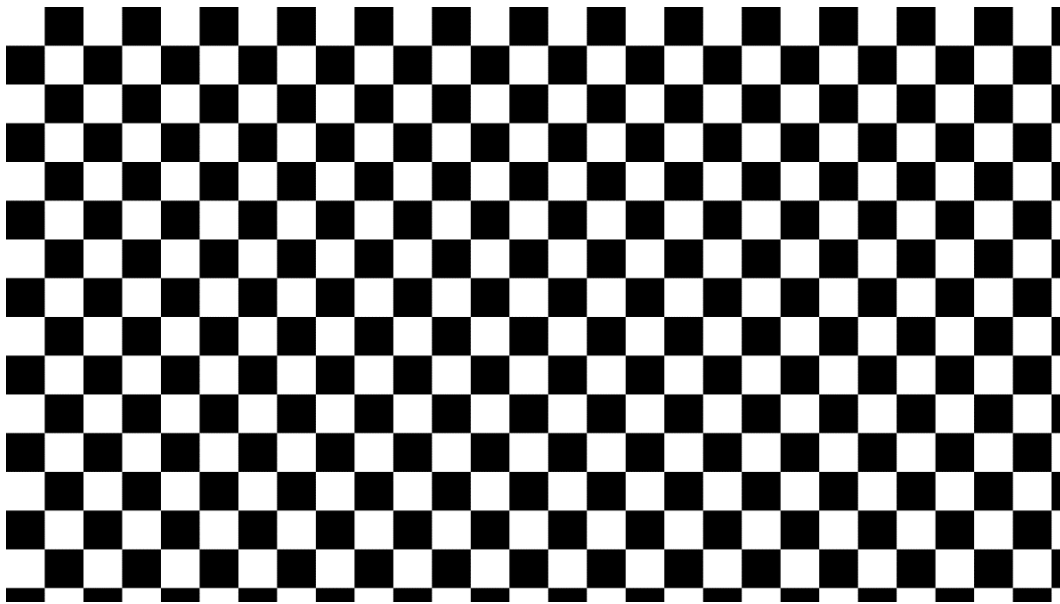
$$\begin{aligned} \Delta x &= (x - x_0) \frac{\Delta r}{r} \\ \Delta y &= (y - y_0) \frac{\Delta r}{r} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Düzeltilmiş koordinatlar ise; (3.5) yardımıyla elde edilir.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= (x - x_0) \left[1 - \frac{\Delta r}{r} \right] \\ \bar{y} &= (y - y_0) \left[1 - \frac{\Delta r}{r} \right] \end{aligned} \quad (3.5)$$

3.12. Çalışmada Kullanılan Kameranın Kalibrasyon Raporunun Elde Edilmesi

Çalışma boyunca modelleme, ortofoto harita ve nokta bulutlarının elde edilmesi için kullanılan paket program Agisoft Photoscan'dir (Demo Versiyon). Program paket olarak bilgisayara kurulduğunda beraberinde Agisoft Lens isminde distorsiyon hatalarını giderebilmek için gerekli parametreleri üreten bir başka programı da yüklemektedir. Bu program kamerada bulunan lens hatalarını hesaplayıp giderebilme imkânı sağlamaktadır. Bunun için program Brown'un dama modelinden faydalanmaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Brown'un Dama Modeli (kalibrasyon deseni)

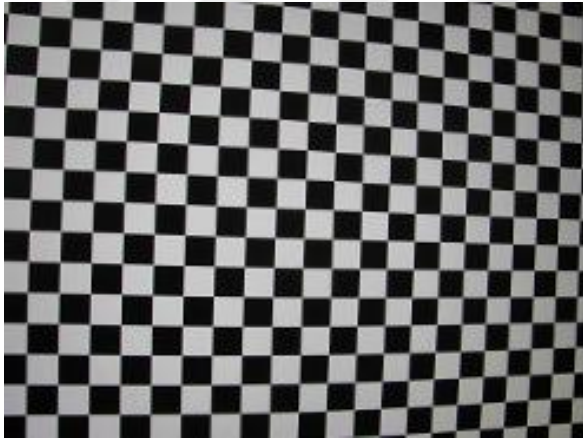
Kalibrasyon parametrelerinin hesaplanabilmesi 5 aşamadan oluşmaktadır.

1- Kalibrasyon deseni bilgisayar ekranında görüntülenmiştir (Şekil 3.13, Şekil 3.14).



Şekil 3.13. Bilgisayar ekranında görüntülenen kalibrasyon deseni

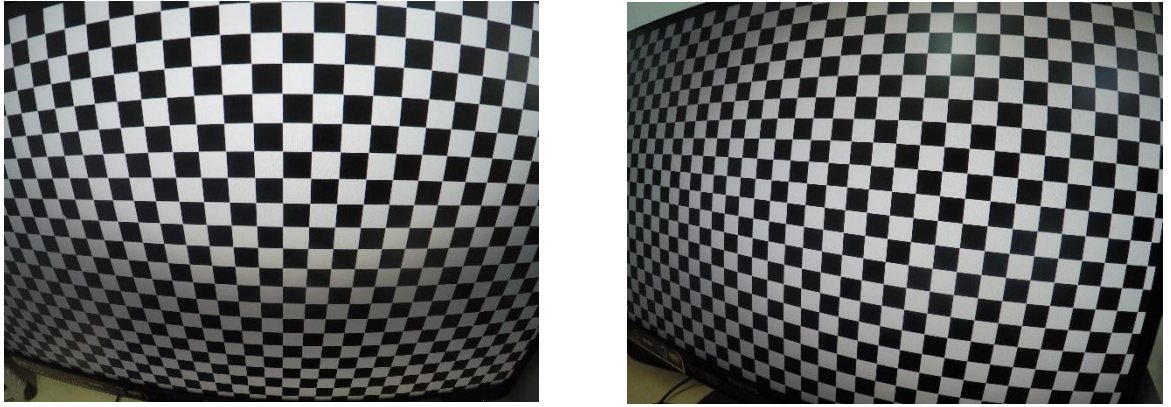
2- Görüntülenen kalibrasyon deseninin, fotogrametri için kullanmış olduğumuz GoPro Hero 4 Black + fotoğraf makinası ile bir dizi fotoğrafları çekilmiştir. Farklı açılardan fotoğraflar çekilerek doğruluğun artırılması amaçlanmıştır. Belirli bir odak uzaklığı için minimum 3 fotoğraf çekilmiştir (Şekil 3.15 a,b).



Şekil 3.14. Kalibrasyon deseninin kalibrasyonu yapılacak kamera ile çekimi

3- Kalibrasyon desenindeki deseni görünümünden çıkılır.

4- Fotoğraflar programa yüklenir ve kalibrasyon parametreleri hesaplatılır.

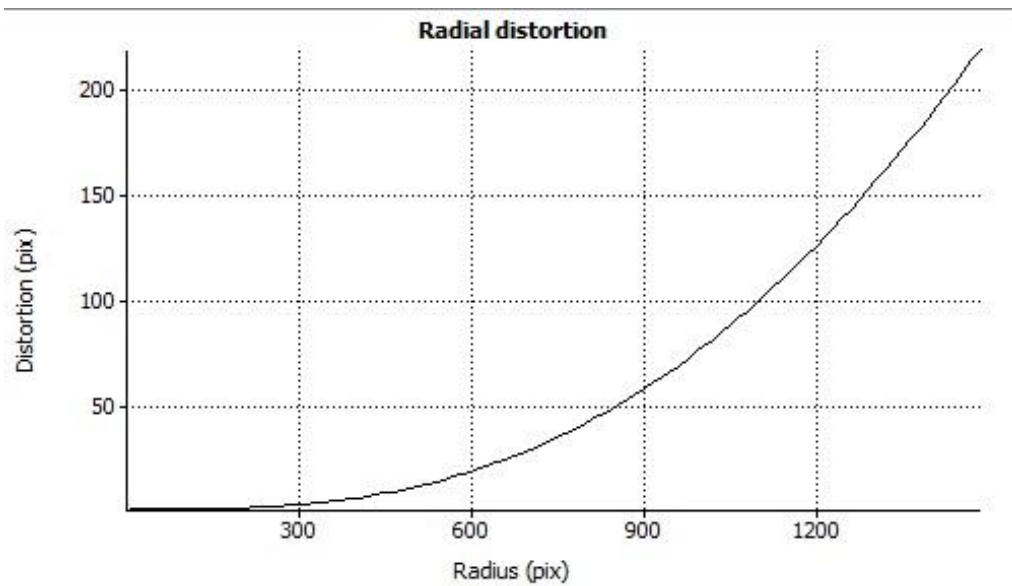


Şekil 3.15. (a), (b). Kalibrasyon deseninin kalibrasyonu yapılacak kamera ile farklı açılardan çekimi

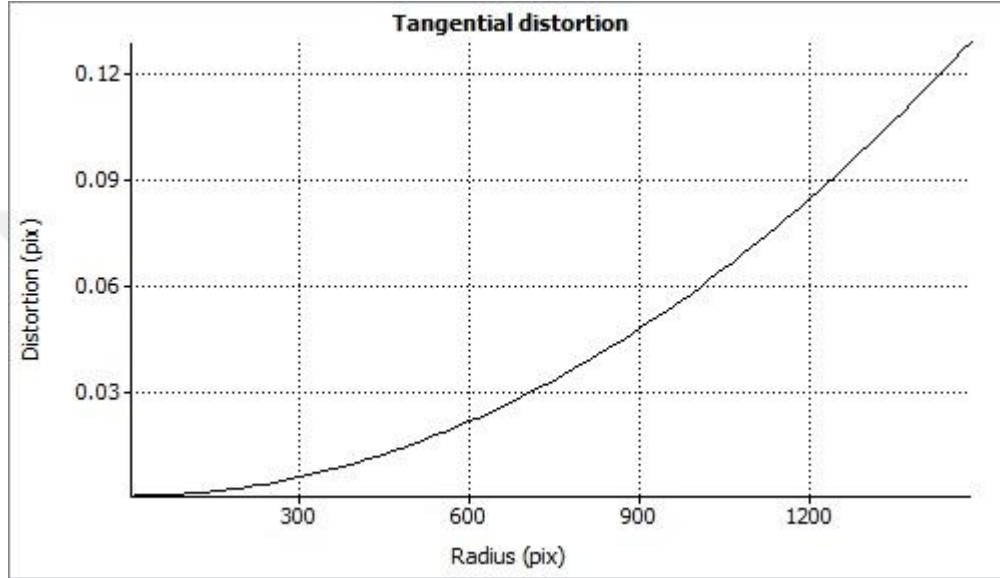
Agisoft PhotoScan programı aracılığı ile GoPro Hero4+ kamera için elde edilen kalibrasyon raporları (Çizelge 3.1);

Çizelge 3.1. Kalibrasyon raporu - değerler

Parameter	Value	Std Error
Image Width	3000	
Image Height	2250	
Focal Length	1750.78	1.06617
Principal Point (x)	15.2055	0.451601
Principal Point (y)	-32.0247	0.406621
Affinity B1	13.5354	0.0854521
Skew B2	-0.00510936	0.0806343
Radial K1	-0.268438	0.00100331
Radial K2	0.119624	0.00212492
Radial K3	-0.0428787	0.00179012
Radial K4	0.00736563	2.61187E-07
Tangential P1	2.34437E-05	0.000025129
Tangential P2	9.95205E-05	3.21872E-05



Şekil 3.16. (a) Kalibrasyon raporu – Radial Distorsiyon (radyal bozulma)



Şekil 3.16. (b) Kalibrasyon raporu – Tangential Distorsiyon (teğetsel bozulma)

İlk etap çalışmalarını Phantom 2 V2 ile gerçekleştirdiğimizden bu modele uygun olan GoPro Hero 4 Black Edition + kamera kullanılmıştır. Böyle lenslerle bile çalışırken doğru sonuçlara ulaşabilmek için distorsiyon değerlerinin bilinmesi ya da elde edilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda da GoPro Hero 4'e ait hazır distorsiyon değerlerini kullanılmamıştır. Bunun yerine kalibrasyon testi yapılmış, elde edilen değerler kullanılmıştır.

Model ve ortofoto harita oluşturulma aşamasında bu parametre değerleri Agisoft Photoscan programına girilmiştir. Aksi takdirde fisheye a yakın bir lens olan GoPro lensi 170° açılıkla modeli küresel olarak oluşturacaktır (Şekil 3.9).

Kalibrasyon için kullanılan fotoğraf makinalarında bulunan lensler zaman ve kullanıma bağlı olarak yeni distorsiyonlar oluşturmaktadır (Şekil 3.16 a,b). Belli zaman aralıklarında her kameranın tekrardan kalibre edilmesi ve yeni oluşan parametrelerin fotogrametri için kullanılan programlara girilmesi gerekmektedir.

3.13. Yer Kontrol Noktası (YKN)

YKN fotogrametrik harita yapımında kullanılmak üzere, hava fotoğraflarının çekiminden önce, arazide oluşturulan, havadan çekilen fotoğraflarda görülebilecek

şekilde zemine işaretlenen, koordinatları yer ölçme yöntemleri ile elde edilen temel dayanak noktalarıdır (Smith, 2001).

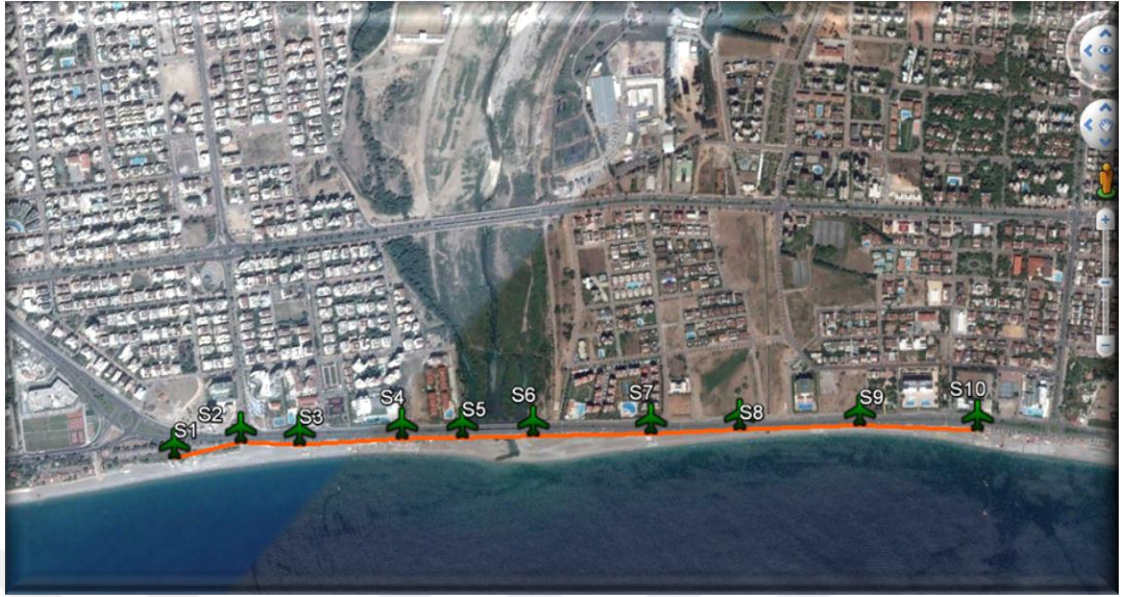
YKN oluşturulabilmesi için önce proje alanı bloklara bölünmektedir. Blok çevresine belirli aralıklarla yer kontrol noktaları yerleştirilmektedir. Proje alanının uygun ölçekli bir haritası üzerinde yapılacak bu keşifte, yer kontrol noktaları arasındaki uzaklıklar, fotoğraf ölçeğine bağlı olarak hesaplanmaktadır.

3.14. İstikşaf

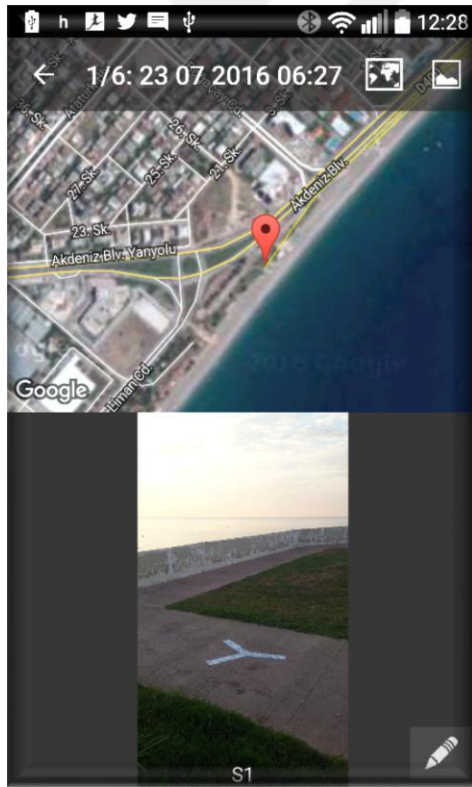
YKN, İHA ile üretilecek harita da X,Y ve Z koordinatlarının doğruluğu açısından baz noktaları olacağından, belirlendiği yerler ve aralarındaki mesafe ile yükseklikleri anlam ifade etmektedir. İşte bu amaçla öncelikli olarak yer kontrol noktaları bilgisayar başında “Google Earth” programından faydalanılarak tahmini belirlenmiştir (Şekil 3.17, Şekil 3.18). Daha sonra tespit edilmiş noktalar arazide gezilerek zemine tesis için herhangi bir engelin bulunup bulunmamasına bakılmıştır. Çalışmanın devamlılığı düşünüldüğünde tesisin bir sonraki çalışmada da kullanılabilmesi için zemin üzerine inşa edilmesi önemlidir. Hem uygulama boyunca yapılacak çalışmalarda hem de uygulama sonrası olası çalışmalarda kullanılabileceğinden tekrardan bulunabilir olması amacıyla Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ile temasa geçilerek zemine tesisin boya ile yapılmasına karar verilmiştir (Şekil 3.19 a,b).



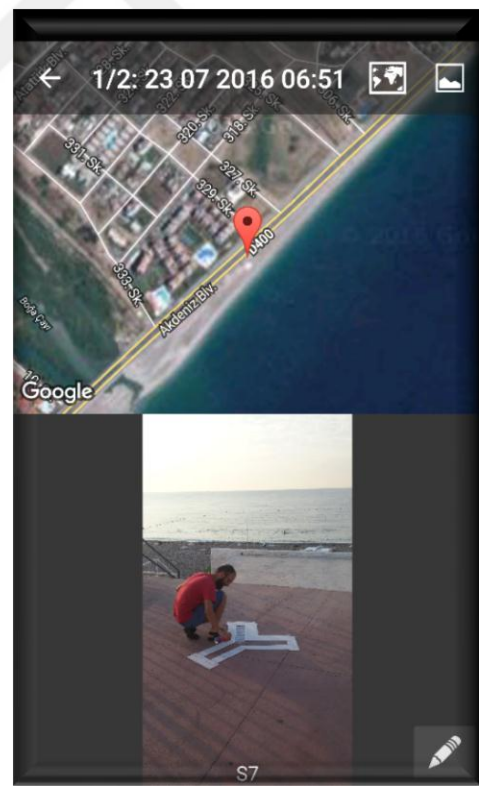
Şekil 3.17. İstikşafı olarak Google Earth’de belirlenen geçici YKN’ler - 1



Şekil 3.18. İstikşafı olarak Google Earth’de belirlenmiş geçici YKN’ler – 2



(a)

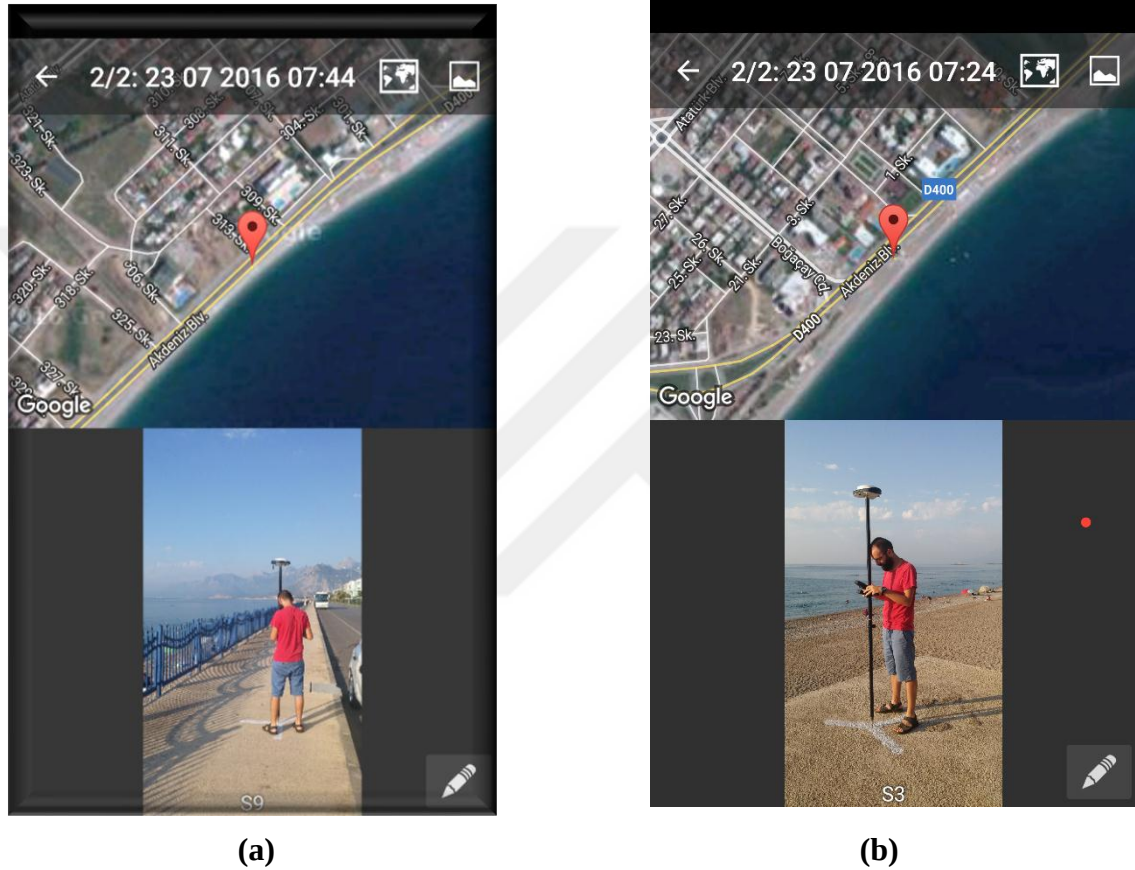


(b)

Şekil 3.19. (a), (b) YKN’lerin zemine işaretlenmesi

3.15. Jeodezik İşlemler

Hava fotoğraflarının koordinatlandırılabilmesi amacıyla, uçuş alanı içerisinde 10 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Bu noktaların X,Y ve Z koordinatları GPS ile ölçülmüştür (Şekil 3.20 a,b). Bu işlemleri yapabilmek için CORS ağına bağlı GPS'ler kullanılmıştır. GPS cihazı el ünitesinde “Z” koordinatı için Antalya Jeoid düzeltmesi dosyası eklenmiştir. Bu sayede elipsoidal değil jeoid yükseklikleri kullanılabilmektedir.



Şekil 3.20. (a), (b) CORS ağına bağlı GPS'ler ile ölçülen YKN'ler

Ortofoto görüntülerin üretilmesinde görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sisteminin ilişkilendirilmesi ve yeryüzündeki yükseklik farklılıklarından kaynaklanan hatanın düzeltilmesi (görüntünün rektifikasyonu) gerekmektedir. Bu amaçla görüntülerde yer alan YKN'ları kullanılmaktadır. YKN'larının seçimi, dağılımı ve doğruluğu, rektifikasyon sonuçlarını etkilemesi açısından çok önemlidir. Zemine atılmış ve GPS ile ölçümleri gerçekleştirilmiş noktalar arası ilişki ve dağılımlar incelendiğinde yükseklik olarak değişim tablosu ve aralarındaki mesafe analizi aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.2, Şekil 3.21, Çizelge 3.3, Şekil 3.22).

Çizelge 3.2. YKN dik koordinat (ITRF), enlem, boylam ve jeoidal yükseklik bilgileri tablosu

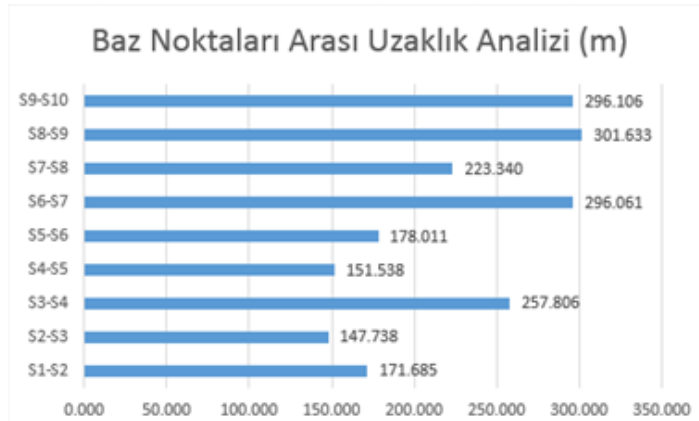
Baz Noktalarına Ait Koordinat Bilgileri					
NN	Y	X	Z	Enlem	Boylam
S1	4079756.850	555232.610	5.258	36.847417°	30.619271°
S2	4079898.780	555329.210	5.551	36.848690°	30.620364°
S3	4079993.330	555442.730	5.311	30.620364°	30.621644°
S4	4080178.060	555622.560	5.418	36.851189°	30.623674°
S5	4080281.170	555733.610	5.877	36.852112°	30.624926°
S6	4080403.520	555862.910	5.765	36.853206°	30.626385°
S7	4080606.410	556078.520	4.071	36.855022°	30.628818°
S8	4080764.210	556236.570	3.900	36.856434°	30.630602°
S9	4080973.770	556453.520	4.092	36.858310°	30.633050°
S10	4081163.470	556680.880	3.988	36.860005°	30.635613°



Şekil 3.21. YKN yükseklik değişim grafiği

Çizelge 3.3. Yer kontrol noktaları arası yatay uzunluk tablosu

NN	Mesafe (m)
S1-S2	171.685
S2-S3	147.738
S3-S4	257.806
S4-S5	151.538
S5-S6	178.011
S6-S7	296.061
S7-S8	223.340
S8-S9	301.633
S9-S10	296.106
Toplam	2023.918

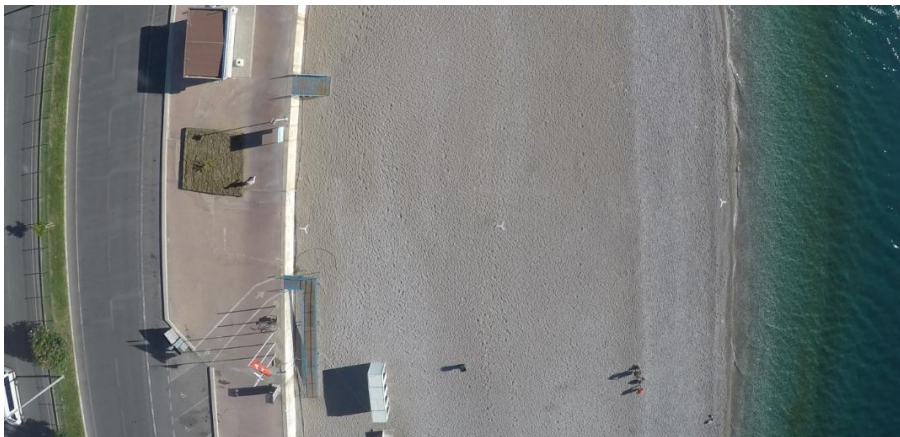


Şekil 3.22. Yer kontrol noktaları arası yatay uzunluk grafiği

Çizelge 3.22’ye bakıldığında YKN’ları içinde deniz seviyesine göre en yüksek nokta 5,877 m ile “S5” ve en alçak nokta 3,900 m ile “S8” numaralı noktadır. Ayrıca hat boyu 2023,918 m olup noktalar arasında en uzun mesafe 301,633 m ile “S8-S9” numaralı noktaların arasındadır.

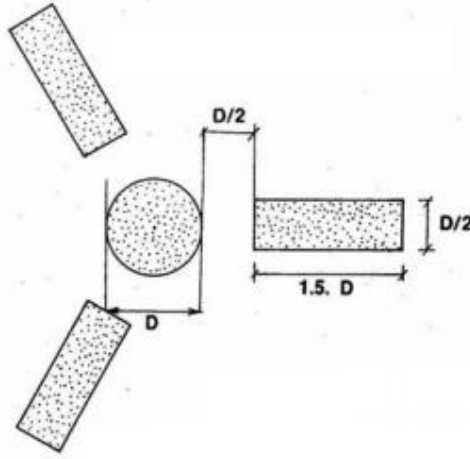
3.16. Hava İşaretçileri

Büyük ölçekli harita ve harita bilgileri üretim yönetmeliği’nde (BÖHHBÜY) hava işaretçilerinin olması gereken renk ve ölçüsüne dair bilgiler verilmiştir. Bu işaretlerin rengi, genellikle beyaz, siyah ya da kırmızı renkte seçilmektedir. Doğada yer pek yer almayan bu renkler fark edilebilirlik açısından önemlidir (Şekil 3.23). Her durumda çevresi ile iyi bir kontrast oluşturulmalıdır. Ayrıca işaretçilerin ölçüleri BÖHHBÜY’de belirtilmiştir (Şekil 3.24). Hava işaretlerinin fotoğraf çekiminden önce tamamlanması gerekmektedir. Konyaaltı sahilinde yapılan çalışma esnasında beyaz renge boyanmış olan kartonların, kumsal taşları rengine yakın bir görüntüde olması nedeniyle, fark edilme zorluğu oluşturduğundan, daha sonraki çalışmalarda kırmızı renge boyanmıştır.



Şekil 3.23. Kumsalda kullanılan YKN (Sonraki çekimlerde kırmızıya boyanmış YKN’ler kullanılmıştır).

İşaretleme zamanı ile fotoğraf çekimi arasında bu YKN'lerin dalga ve rüzgâr gibi olumsuz hava koşulları nedeni ile bozulması olasıdır. Bu nedenle işaretçilerin uç noktalarından delikler açılmıştır. Bu deliklerden "L" şeklinde demir geçirilerek çakıl taşlarından oluşan yumuşak sahil zemine sabitlenmiştir. Bu sayede rüzgâr ve dalganın YKN'lerin pozisyonlarını değiştirmesinin önüne geçilmiştir.



Şekil 3.24. BÖHY'ye göre olması gereken hava işaretçisi

Çalışma alanımızda zeminde kalıcı YKN'ler hariç (S1, S2, ...S10) kumsalda boyunca geçici, kartondan yapılmış YKN'ler kullanılmıştır.

3.17. Değerlendirme Programları

3 boyutlu modelleme, ortofoto harita üretimi ve nokta bulutu oluşturmak için Agisoft PhotoScan, Pix4D gibi paket programların dışında, açık kodlu yazılımlar da kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda fotogrametri yapmak için Android, IOS gibi Tablet PC'lerde kullanılmak üzere piyasaya sürülmüş bazı programlar internet sitelerine çekilen görüntülerin aktarılması suretiyle modellemeyi server üzerinden gerçekleştirerek kullanıcılarına sunmaktadırlar. Çalışmada Agisoft PhotoScan yazılımını, modelleme, ortofoto harita yapımı ve nokta bulutu oluşturma aşamalarında kullanıp, nokta bulutlarının değerlendirilip GPS verileriyle karşılaştırılması aşamasında da Autodesk in Recap ve Autocad Map 3D programları ile Netcad programları kullanılmıştır.

3.18. Tusaga Aktif Ağına Bağlı CORS GPS ile Nokta Ölçümü

TUSAGA "Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı"dır. TÜBİTAK'ın "Kamu Kurumları Araştırma Geliştirme Projeleri Destekleme Programı" kapsamında hazırlanan ve değerlendirilen Ulusal "Geliştirilmiş Gerçek Zamanlı Kinematik (Real Time Kinematic) prensipli sabit GPS istasyonlarının kurulması ve hücresel dönüşümü parametrelerinin belirlenmesine ilişkin araştırma ve uygulama projesi" sistem ile işler hale gelmektedir.

Sistem, mevcut durumda 146 istasyon ve 2 adet kontrol merkezi ile etkin halde çalışmaktadır. Türkiye ve KKTC’de, sürekli gözlem yapan GNSS İstasyonlarının oluşturduğu ağ yapısında, gerçek zamanlı konum düzeltme bilgileri yayımlayan sistem; Küresel Konumlama Uydu Sistemleri (GNSS) kapsamında, Amerika’nın GPS, Rusya’nın GLONASS ve Avrupa Birliği’nin GALILEO sistemi gibi küresel konumlama sistemi uydularından gelen veriler kullanılmaktadır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. GPS - Glonass - BeiDou – Galileo uyduları

İstasyonlar ile kontrol merkezleri arasındaki veri akışı öncelikle geniş bant internet altyapısı kullanılarak, sistemin çalışmadığı durumlarda otomatik olarak devrede olacak şekilde cep telefonu şebekesi üzerinden paket anahtarlamalı veri iletimi (GPRS) yöntemi kullanılarak sağlanmaktadır. Son kullanıcılar ise GSM kartı üzerinden GPRS/EDGE sistemi ile kontrol merkeziyle irtibata geçecek ve DGPS/GZK özellikli GPS alıcılarını kullanarak kontrol merkezinden bulunduğu bölge için koordinat düzeltme değerlerini almaktadır. Yerleşik sistem kesintisiz bir şekilde çalışabilecek biçimde kurulmuştur.

Çalışmanın doğruluğunu karşılaştırmak için TUSAGA-Aktif ağına bağlı CORS GPS cihazıyla alınmış olunan veriler kullanılmıştır. İHA ile elde edilen nokta bulutu datalarıyla aynı noktalara denk gelen CORS GPS dataları karşılaştırılmıştır. Birbiriyle kıyaslayarak özellikle yükseklik ve konum hassasiyeti değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin yapılmasındaki amaç istenilen hassasiyetlerde veri elde edilebildiği taktirde İHA ile oluşturulan fotogrametrik haritaların kullanabileceğini ortaya çıkartmaktır (Avdan 2014; Yılmaz 2013).

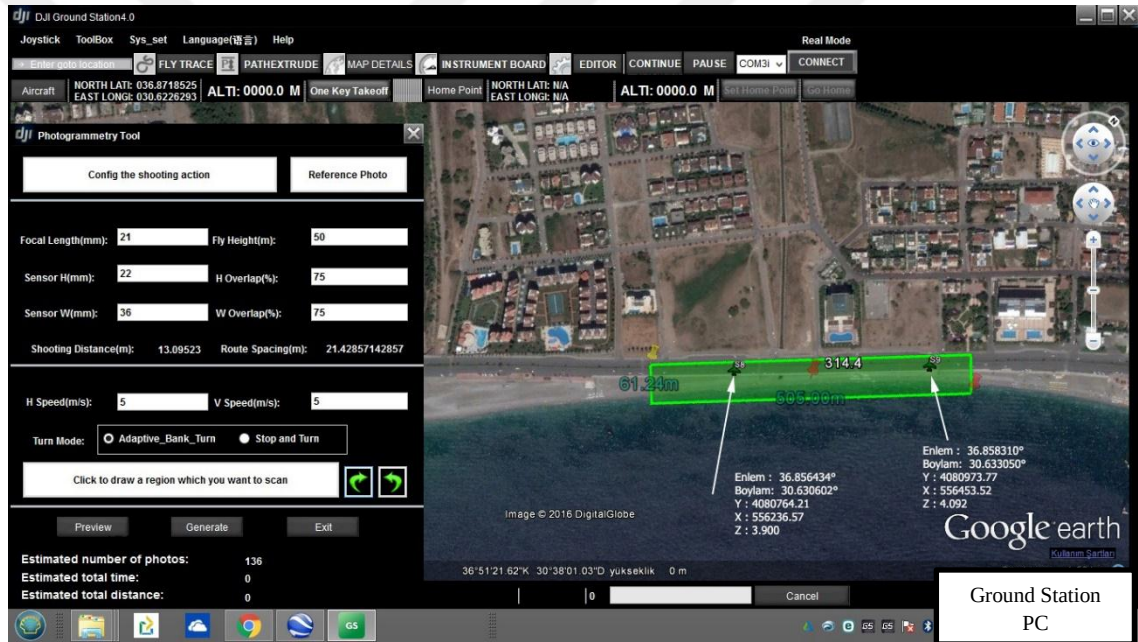
Fotogrametrik haritalar geniş alanlarda hızlı bir şekilde harita üretiminde en etkili yöntemdir. Nispeten daha geniş alanlar olan tarım alanlarında kullanılmaktadır. Tarım alanlarında, birbirinden farklı ürünlerin ekili olduğu bölgeler sınırlarla birbirinden ayrılmıştır. Kıyı çizgisi de deniz ile kumsalı birbirinden ayıran bir sınır olduğundan fotogrametrik açıdan benzerlikler taşımaktadır (Avdan 2014).

Kıyı kenar çizgilerini belirlemek ve kumsal profillerini çıkartmak için Konyaaltı Sahili gibi uzun bir sahilde çalışılmıştır. Fotogrametri böylesine geniş alanlarda hızlı ve pratik çözümler için yaygın olarak kullanılmaktadır.

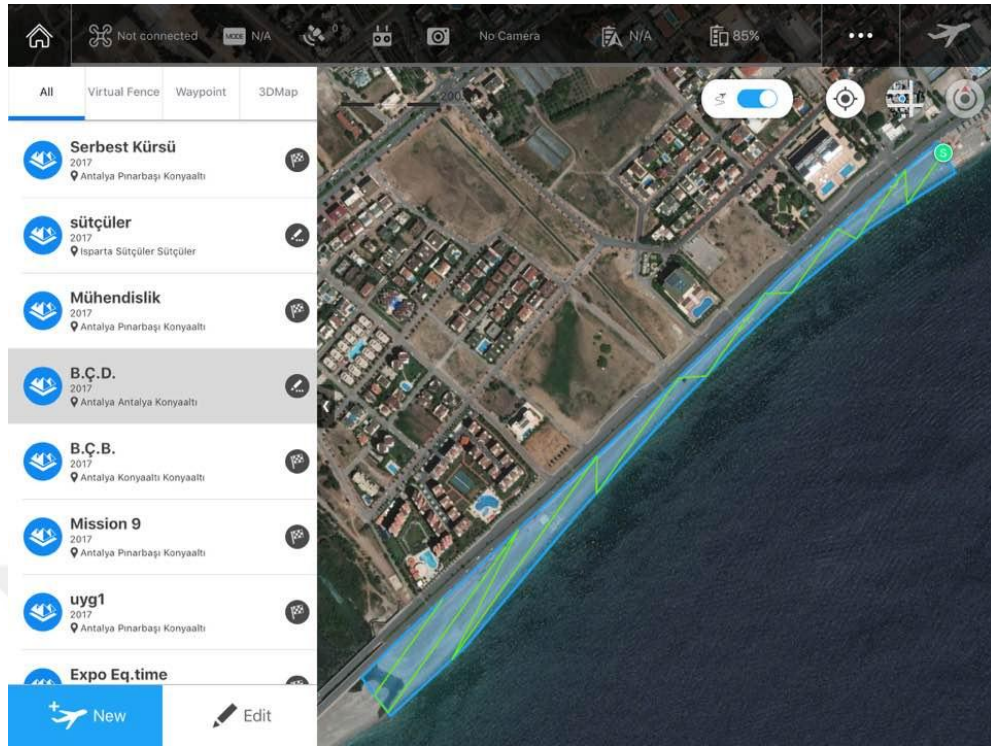
3.19. İHA ile Uçuş Planlaması

İHA ile uçuş planlaması çalışmasının ilk aşamasında DJI'nın üretmiş olduğu cihazlarda kullanılmak üzere yine aynı firmanın yazmış olduğu Ground Station PC programı ile yapılmıştır. Ground Station hem PC hem de tablet bilgisayarlarda kullanılmak üzere tasarlanmış, 3 boyutlu model de olmak üzere fotogrametri uygulamalarını yapabilen paket bir programdır. Programı kullanabilmek için DJI'nın Phantom 2, Phantom 3, Phantom 4, Inspire 1, Inspire 2, Mavic Pro gibi cihazlarına sahip olmak yeterlidir. Çalışma boyunca DJI'nın Phantom 2 ve Phantom 4 cihazları kullanıldığı için bu paket programdan da uçuş planlamaları yapmak için faydalanılmıştır.

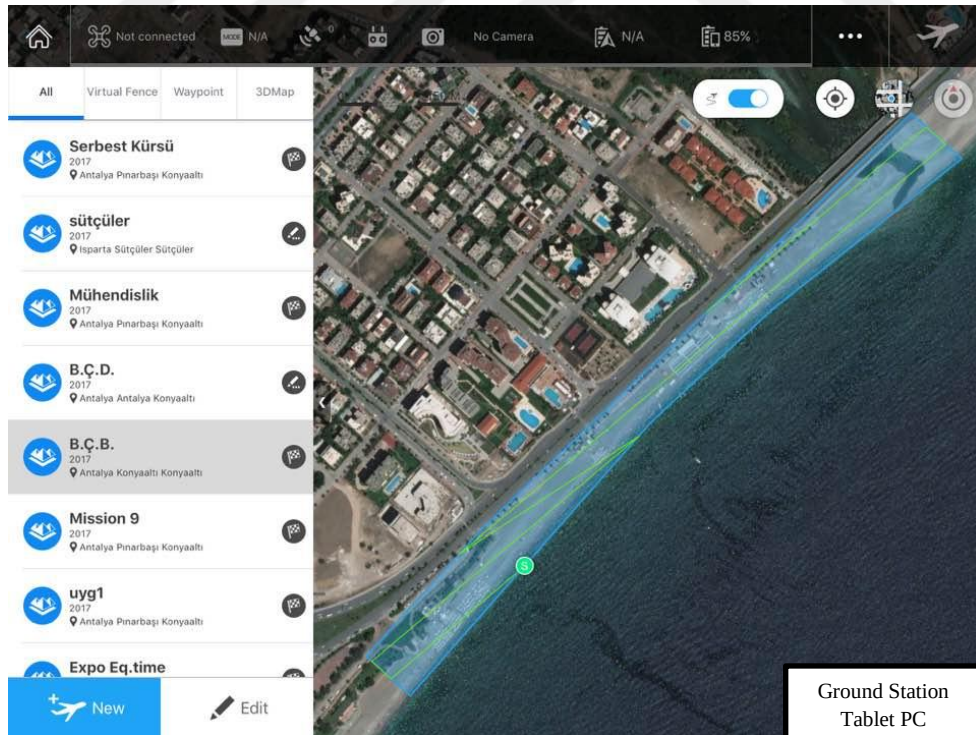
Çalışma sahası Boğaçayı'nın doğusu ve batısı olduğundan, planlamada aynı gün içerisinde uçuşu tamamlamak üzere 2 ayrı planda tasarlanmıştır (Şekil 3.26, Şekil 3.27 ve Şekil 3.28).



Şekil 3.26. Konyaaltı Boğaçayı doğusu Ground Station PC Uçuş Planlaması (DJI Phantom 2 V2 ile uçuş için)



Şekil 3.27. Konyaaltı Boğaçayı doğusu Ground Station Pro tablet uçuş planlaması (DJI Phantom 4 ile uçuş için)



Şekil 3.28. Konyaaltı Boğaçayı batısı Ground Station Pro tablet uçuş planlaması (DJI Phantom 4 ile uçuş için)

3.20. Paket Program Agisoft Photoscan Pro Kullanımı

Uçuş değerlendirmesi, ortofoto haritanın üretilmesi ve nokta bulutunun oluşturulabilmesi amacı ile açık kodlu yazılımların yanı sıra paket programlar da kullanılmaktadır. Çalışma için Agisoft Photoscan Pro paket programı değerlendirilmelerin bütün aşamalarında kullanılmıştır. Agisoft PhotoScan, programı fotoğraflardan profesyonel kalitede 3D içerik oluşturmayı amaçlayan gelişmiş bir görüntü tabanlı 3D modelleme çözümüdür. En yeni çoklu görüntü 3D rekonstrüksiyon teknolojisine dayanarak, keyfi görüntüler ile çalışır ve hem kontrollü hem de kontrolsüz koşullarda etkilidir. Fotoğraflar, en az iki fotoğrafta yeniden oluşturulacak nesnenin görünür olmasını sağlayarak herhangi bir konumdan alınabilir. Hem görüntü hizalama hem de 3D model rekonstrüksiyonu tam otomatik olarak sağlar özelliktedir. Bu programdan faydalanırken yer kontrol noktalarının konum verilerini almak için hassas profesyonel GPS'ler kullanılmıştır. GPS'in el ünitesi içine yükseklik düzeltmelerini gerçekleştirebilmesi için birçok çalışmada kullanılan Batı Antalya Jeoid düzeltme dosyası eklenmiş ve bu sayede daha hassas yükseklik parametrelerine ulaşılması amaçlanmıştır.

Öncelikli olan planlanan kıyı şeridinde uçuş yapılmış ve fotogrametrik plan dâhilinde Boğaçayı'nın doğusunda ve batısında olmak üzere 2 ayrı uçuş planlanmış ve uçulmuştur (Şekil 3.27, Şekil 3.28).

Nisan 2017 tarihli uçuşu dikkate aldığımızda Boğaçayı'nın doğusundaki uçuşun özellikleri şunlardır; 16 durak noktası, 8 uçuş hattı, 2163 m'lik toplam uçuş mesafesi, 5,30 ha'lık bir alanlı, 75 m uçuş yüksekliği, 3,2 cm/px çözünürlüğünde, 4,9 m/s hızında uçuş ve 2,0 saniyede bir çekim hızı olan bir plandır. Toplam uçuş 8 dk 53 saniye sürmüş olup, 186 fotoğraf karesi çekilmiştir. Ön bindirme oranı % 90, yan bindirme oranı da % 75'dir. Kamera gimbal ile tam düşey pozisyonda (90)° olarak çekim sağlanmıştır.

Boğaçayı'nın batısındaki uçuşun özellikleri ise şunlardı; 8 durak noktası, 4 uçuş hattı, 2206 m'lik toplam uçuş mesafesi, 6,12 ha'lık bir alanlı, 75 m uçuş yüksekliği, 3,2 cm/px çözünürlüğünde, 4,9 m/sn. hızında uçuş ve 2,0 saniyede bir çekim hızı olan bir plandır. Toplam uçuş 9 dk. 4 saniye sürmüş olup, 195 fotoğraf karesi çekilmiştir. Ön bindirme oranı % 90, yan bindirme oranı da % 75'dir. Kamera gimbal ile tam düşey pozisyonda (90)° olarak çekim sağlanmıştır.

Boğaçayı'nın doğusunda ve batısında toplamda 381 fotoğraf karesi aynı anda programda değerlendirmeye alınarak kıyının değerlendirdiğimiz kısmının modeli ve ortofotosu oluşturulmuştur.

Bu çekimler esnasında zemine S1,S2,S3.....S10 nokta numarasıyla boya ile işaretlenmiş olan YKN'lerin haricinde kumsalda kullanılmak üzere tasarlanmış kırmızı renkte boyalı taşınabilir YKN'lerden de faydalanılmıştır (Şekil 3.29). Uçuş öncesinde taşınabilir YKN'ler zemine sabitlenmiş ve hassas GPS ile orta noktalarından alımları gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.4).



Şeki
l
3.29. Kon
yaalt
ı
Boğ
açay
ı
doğu
su
taşın
abili
r
YK
N
yerle
şimi

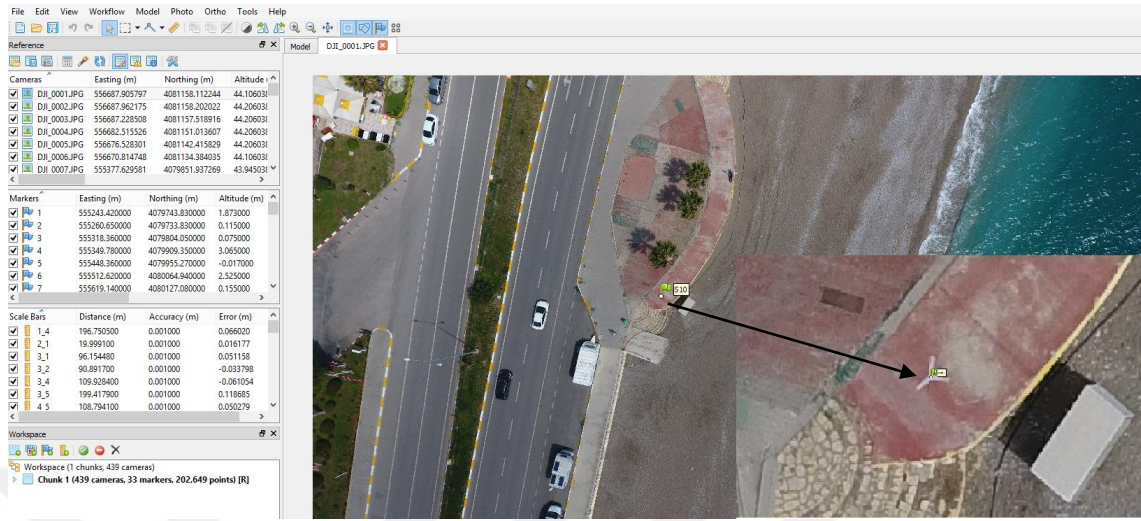
Çize

İge 3.4. Konyaaltı Boğaçayı Doğusu Taşınabilir YKN ITRF 96 koordinatları

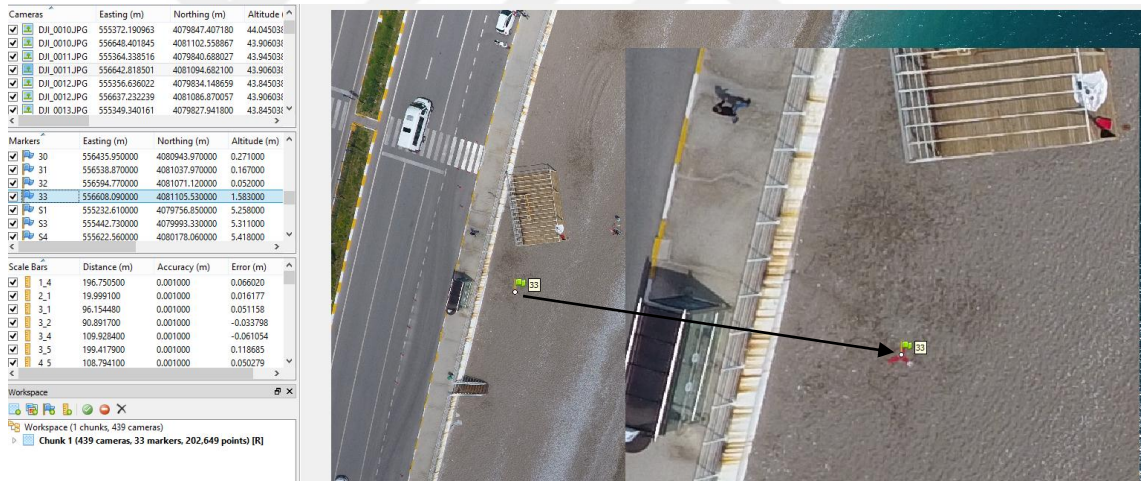
1000 Profil Başlangıç & YKN Koordinatları			
NN	Y	X	Z GPS
1001	555908.667	4080363.902	0.172
1002	555892.208	4080379.013	1.161
1003	555868.381	4080401.466	1.069
1004	555926.478	4080461.794	1.927
1005	555950.133	4080440.526	1.520
1006	555967.571	4080426.167	-0.018
1007	556025.008	4080499.729	0.072
1008	556008.298	4080514.075	1.535
1009	555995.701	4080525.968	2.680
1010	556075.348	4080594.298	2.192
1011	556086.479	4080594.418	1.059
1012	556098.418	4080582.707	0.081
S6	555862.910	4080403.520	5.765
S7	556078.520	4080606.410	4.071

381 fotoğraf karesi

Agisoft Photoscan programında iken her bir kareye giren sabit ve taşınabilir YKN GPS bilgileri ilişkilendirmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.30, Şekil 3.31).



Şekil 3.30. Konyaaltı Boğaçayı sabit YKN ITRF 96 koordinatı - resim koordinatı ilişkisinin kurulması



Şekil 3.31. Konyaaltı Boğaçayı taşınabilir YKN ITRF 96 koordinatı - resim koordinatı ilişkisinin kurulması

Yer kontrol noktalarının ITRF 96 koordinatları ile fotoğraf koordinat ilişkisi (Şekil 3.31) kurulduktan sonra noktalar arasında ölçkleme yapılarak dönüşümün dağa sağlıklı oluşması amaç edinilmiştir. Bu amaçla 1-4, 2-1, 3-1 vb. taşınabilir ve sabit YKN'ler arasında eğik mesafe hesabına dayalı kontrol ağı kurularak dönüşüm sonucunda elde edilecek uzunluklar ile mevcut arazide olan uzunlukların farklarına bakılarak incelenmiştir.

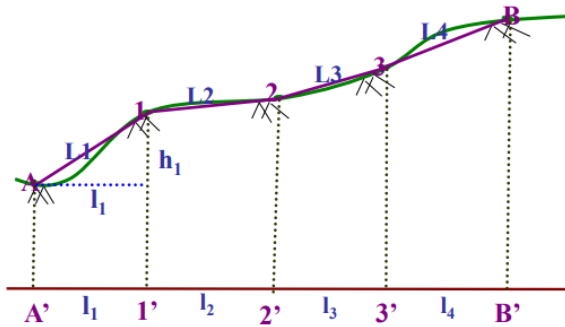
Çizelge 3.5. YKN'ler arası mesafe kontrolü (Agisoft)

Scale Bars	Distance (m)	Accuracy (m)	Error (m)
☒ 1_4	196.750500	0.001000	0.066020
☒ 2_1	19.999100	0.001000	0.016177
☒ 3_1	96.154480	0.001000	0.051158
☒ 3_2	90.891700	0.001000	-0.033798
☒ 3_4	109.928400	0.001000	-0.061054
☒ 3_5	199.417900	0.001000	0.118685
☒ 4_5	108.794100	0.001000	0.050279

YKN'lerden faydalanarak yapılan "Scalebar" mesafe kontrolü (Çizelge 3.6) bir ağ oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Noktalar arası mesafe kontrolü (Çizelge 3.5) yaparken "Distance" değerleri Excel'de eğik mesafe koordinat hesabına dayalı olarak hesap ettirilerek sisteme girilmiştir (Şekil 3.32). Bu şekilde sistem mesafe kontrolüne dayalı olarak modeli ve ortofotoyu daha dengeli oluşturacağından hassasiyet için olması gereken bir aşamadır. Bu aşamanın olmaması durumunda doğruluk analizinde istenilen hassasiyet değerlerine ulaşılması pek de mümkün değildir.

Çizelge 3.6. YKN'ler arası mesafe kontrolü (Excel)

NN	Y	X	Z			N1	N2	N1Y	N1X	N1Z	N2Y	N2X	N2Z	Formül	Scabar NN
1	553334.728	4097910.804	297.687			1	2	553334.728	4097910.8	297.7	553413.203	4098261.7	298.1	359.6047	1
2	553413.203	4098261.741	298.102			1	21	553334.728	4097910.8	297.7	553045.739	4098012.2	296.2	306.2609	2
3	553443.417	4098480.348	298.423			1	22	553334.728	4097910.8	297.7	553163.767	4098259.5	296.8	388.3825	3
4	553481.878	4098762.746	299.261			2	22	553413.203	4098261.7	298.1	553163.767	4098259.5	296.8	249.4484	4
5	553521.702	4099071.278	299.659			21	22	553045.739	4098012.2	296.2	553163.767	4098259.5	296.8	274.0625	5
6	553508.868	4099206.905	299.704			2	22	553413.203	4098261.7	298.1	553163.767	4098259.5	296.8	249.4484	6
7	553415.397	4099213.771	299.767			18	19	552744.347	4098306.4	296.9	552675.059	4098106.2	297.6	211.8961	7
8	553260.609	4099248.490	299.090			18	36	552744.347	4098306.4	296.9	552924.928	4098280.3	296.7	182.4564	8
9	553138.678	4099277.241	298.728			18	20	552744.347	4098306.4	296.9	552885.471	4098071.3	296.5	274.2089	9
10	553006.812	4099134.121	298.048			19	36	552675.059	4098106.2	297.6	552924.928	4098280.3	296.7	304.5734	10
11	552860.733	4099057.750	297.833			19	36	552675.059	4098106.2	297.6	552924.928	4098280.3	296.7	304.5734	11
12	552854.078	4098898.356	297.522			35	36	552986.775	4098281.3	296.6	552924.928	4098280.3	296.7	61.8544	12
13	552753.762	4098768.140	297.271			35	22	552986.775	4098281.3	296.6	553163.767	4098259.5	296.8	178.3200	13
14	552737.975	4098715.990	296.889			20	35	552885.471	4098071.3	296.5	552986.775	4098281.3	296.6	233.0850	14
15	552912.239	4098585.920	297.445			34	35	552978.217	4098419.7	295.9	552986.775	4098281.3	296.6	138.6634	15
16	552953.723	4098694.024	297.420			22	23	553163.767	4098259.5	296.8	553171.289	4098405.6	296.9	146.2199	16
17	552793.945	4098452.752	297.400			35	23	552986.775	4098281.3	296.6	553171.289	4098405.6	296.9	222.4791	17
18	552744.347	4098306.442	296.882			23	24	553171.289	4098405.6	296.9	553147.003	4098613.2	298	209.0135	18
19	552675.059	4098106.195	297.568			23	34	553171.289	4098405.6	296.9	552978.217	4098419.7	295.9	193.5882	19
20	552885.471	4098071.337	296.502			23	15	553171.289	4098405.6	296.9	552912.239	4098585.9	297.4	315.6531	20

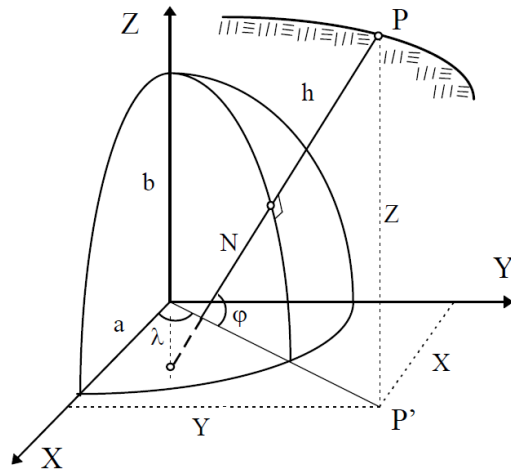


Şekil 3.32. Eğik mesafe tanımı

$$l_i = \sqrt{L_i^2 + h_i^2} \quad (3.6)$$

3.21. Koordinat Dönüşümü

WGS 84 sisteminde çekilmiş olan hava fotoğrafları GRS1980 ITRF koordinatlarına çevrilmesi gerektiğinden program içinde yer alan “Reference Settings” kısmından TUREF / TM30 EPSG::5254 seçilmiştir. Burada TUREF Türkiye için öngörülen referans çerçevesini (Şekil 3.34) tarif ederken TM30 3 derecelik dilime göre Antalya’nın içinde bulunduğu dilimi ifade etmektedir.



Şekil 3.33. Elipsoital dik ve eğri koordinatlar (Üstün, 1996)

$$X = (N+h) \cos\phi \cos\lambda \quad (3.7)$$

$$Y = (N+h) \cos\phi \sin\lambda \quad (3.8)$$

$$Z = [(b^2/a^2)N + h] \sin\phi \quad (3.9)$$

Burada,

a: Meridyen elipsinin büyük yarı eksenini

b: Meridyen elipsinin küçük yarı eksenini

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 \phi + b^2 \sin^2 \phi}} \quad (3.10)$$

Elipsoit normalinin elipsoit yüzeyini deldiği nokta ile normalin Z eksenini kestiği nokta arasındaki uzunluk, meridyen yarıçapıdır (Üstün, 1996). Bu formüller WGS 84 sisteminde çekilmiş fotoğraf koordinatlarını (enlem, boylam) kartezyen koordinat sistemine dönüştüren (X,Y,Z) dönüşüm parametrelerine aittir (Şekil 3.33). Programda EPSG 5254 ile ifade edilen dünyanın elips olarak kabul edildiği dönüşümün parametreleridir.

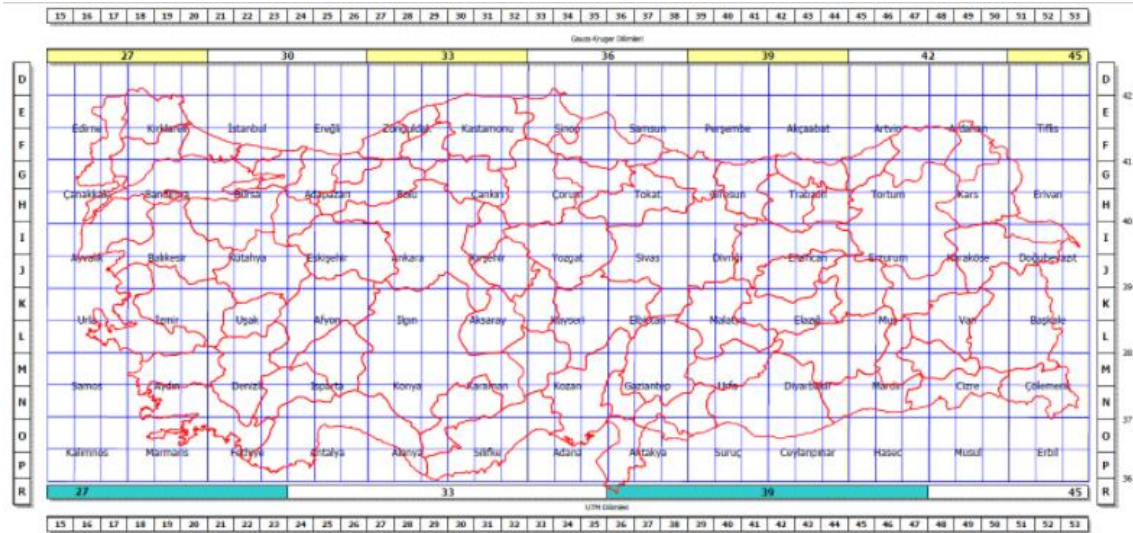
EPSG European Petroleum Survey Group olarak tanımlanan bir koddur. WGS 84 sisteminde dünyayı bir elips olarak düşünürken x/y Kartezyen koordinat sistemini kullanır. Antalya merkezli çalışmalarda EPSG 5254 kodu kullanılmaktadır. Bu parametrelerin doğru seçilmemesi durumunda fotoğraf koordinatları doğru bir şekilde ITRF koordinatlarına dönüşmemektedir.

Boylam sıfırı Greenwich'dir. Sol tarafı batı yarımküresi, sağ tarafı ise doğu yarımküresidir. Her iki yarım kürede boylamlar 0 ile 180 derece arasında değişmektedir. Boylam önlerinde de ayırım yapabilmek için, D(oğu), B(atı), ya da uluslararası isimlendirmede E(ast), W(est) kullanılır.

Boylamlar 3'er derecelik dilim veya 6'şar derecelik dilimler şeklinde kullanılır. Haritalama çalışmalarında esas alınan genellikle 3 derecelik dilim sistemidir. WGS84'den ITRF96'a koordinat sistemini seçmek için bulunulan dilimin numarasının bilinmesi gerekir. Y koordinatları her dilimde tekrarlanır. Eğer ölçüm yapıldığında elde edilen, Y koordinatı 400000-600000 dışında başka bir değer çıkıyorsa, seçilen dilim numarası yanlıştır. Doğru dilim numarasını (dilim orta Meridyeni) bulmak zor değildir. Bulunulan yerdeki Boylam (longitude) değerinin derece kısmına bakmak gerekmektedir. Türkiye'de 3 derecelik dilim orta meridyenleri 27-30-33-36 ve 39'dur. Okunulan değer hangi dilim numarasına daha yakınsa, dilim orta meridyeni olarak o değer seçilir. Antalya Boğaçayı bölgesindeki boylam Boğaçayı orta noktası için yaklaşık 30,625928 değeridir. Bu durumda dilim 30 olarak seçilecektir ki TM30'un alınma gerekçesidir (Şekil 3.34, Şekil 3.35).



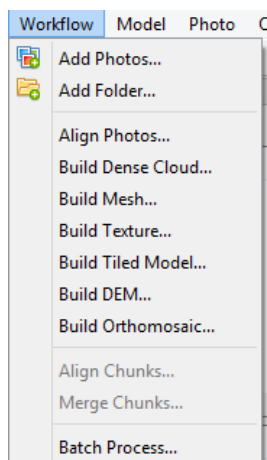
Şekil 3.34. TUREF Türkiye referans çerçevesi (Anonymous 1)



Şekil 3.35. Türkiye ulusal pafta bölümlemesi

3.22. Agisoft Programı İşlem Sırası

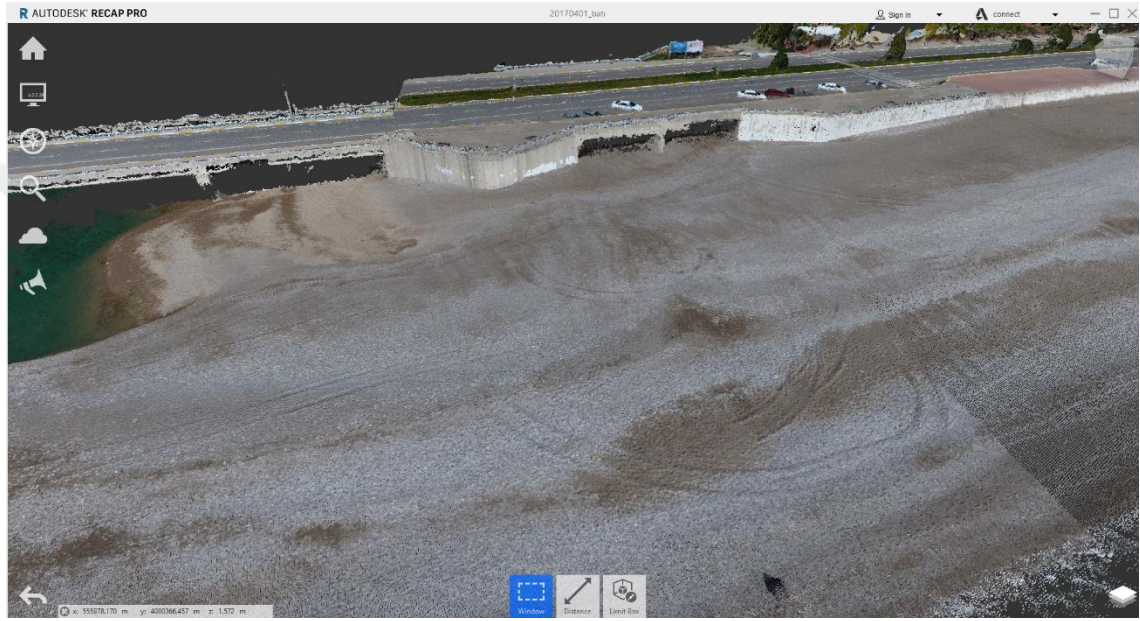
Agisoft Photoscan programında 3 boyutlu model, nokta bulutu ve ortofoto harita üretimi için yapılacak işlem sırası Align Photos'a takiben build dense cloud (yoğun nokta bulutu oluşumu), build mesh (üçgenleme ile yüzey oluşumu), build texture (doku oluşumu), build tiled model, build DEM (Sayısal Arazi Modeli), orthomosaic şeklindedir. Bu işlemler tek tek yapılabileceği gibi istenirse batch process (Şekil 3.36) ile hepsinin sırasıyla yapılması sağlanabilmektedir. Her işlem adımı istenilen hassasiyet derecelerine göre lowest, low, medium, high ve ultra high şeklinde yapılabilmektedir. Fakat bu hassasiyet dereceleri işlemi gerçekleştirecek bilgisayarın özelliklerine bağlı olarak birkaç gün olacak şekilde çok uzun olabileceği gibi daha kısa sürelerde de gerçekleşebilmektedir. Son zamanlarda internet üzerinden hesaplama yapan sunucularda mevcut hale gelmiştir. Fotoğrafları ilgili sunucuya yüklemek suretiyle hassasiyet parametrelerini belirledikten sonra alana bağlı ücretlendirme ile bu sitelerden hizmet satın alınabilmektedir. Programda batch process özelliği kullanılarak sırasıyla işlemlerin hepsi tamamlanmıştır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Agisoft PhotoScan programı işlem sırası

3.23 Nokta Bulutu Değerlendirmesi

Agisoft programı ile çıktı olarak birçok formatta sonuçlar alınabilmektedir. Bu aşamada elde edilen nokta bulutu datalarını txt formatında X,Y,Z ve RGB formatında aldıktan sonra nokta bulutunun değerlendirilmesine geçilmiştir. Burada nokta bulutu datalarında XYZ'den sonra gelen RGB özellikleri elde edilen noktaların renklendirilmesi için kullanılmaktadır. Nokta bulutu değerlendirilmesinde Autodesk Recap programı kullanılmıştır (Şekil 3.37). Program Agisoft tarafından oluşturulan nokta bulutu datalarını açmak için kullanılmış ve gerekli sadeleştirmeler üzerinden hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.37. Autodesk Recap programında Boğaçayı bölgesi nokta bulutu haritası görünümü

Nokta bulutu dataları programa atıldığında farenin bulunduğu her noktanın X,Y,Z bilgisi ekrana gelmektedir. Bu sayede hızlı data kontrolü gerçekleştirilmiştir. Elde edilmiş nokta bulutu dataları ile GPS kullanılarak sahadan alınmış dikine profil değerlerinin birbiriyle karşılaştırılarak yöntemin doğruluğunun kanıtlanması işlemi için Autocad Map 3D programı kullanılmıştır (Şekil 3.38). Programa Recap programı ile elde edilmiş datalar ile GPS ile elde edilmiş nokta dataları da aktarılmıştır. GPS datalarının bulunduğu yerlere gelen nokta bulutu datalarının öncelikli olarak seçilmiş 3 tanesinin ortalaması alınarak bu ortalama değeri ile GPS değeri karşılaştırılmış ve başarının istatistiksel analizi yapılmıştır. Seçim işlemi kullanıcının seçimine bağlı olduğundan yanıltıcı olabileceği de düşünülerek bu GPS noktaların 0,25 m, 0,50 m vb. gibi yarıçaplarda çizilen dairenin içinde kalan nokta bulutu datalarının ortalamaları alınarak yeni bir değerlendirme yapılmıştır (Şekil 3.39). Aynı data değerlerine ulaşıldığı kanıtlandıktan sonra istatistiksel analiz yapılarak GPS dataları ile fotogrametri kullanılarak oluşturulan nokta bulutu datalarından elde edilmiş harita veri değerlerinin arasındaki farklar karşılaştırılmıştır. Bu sayede pratik olarak elde edilen bu haritalarının ne ölçüde kullanılabileceği belirlenmiştir.



Şekil 3.38. Autocad Civil nokta bulutu – farklı zaman aralıklarında alınmış GPS dataları görünümü

⊗ **Ekim 2016**

⊗ **Ekim 2017**

⊗ **Ocak 2018**

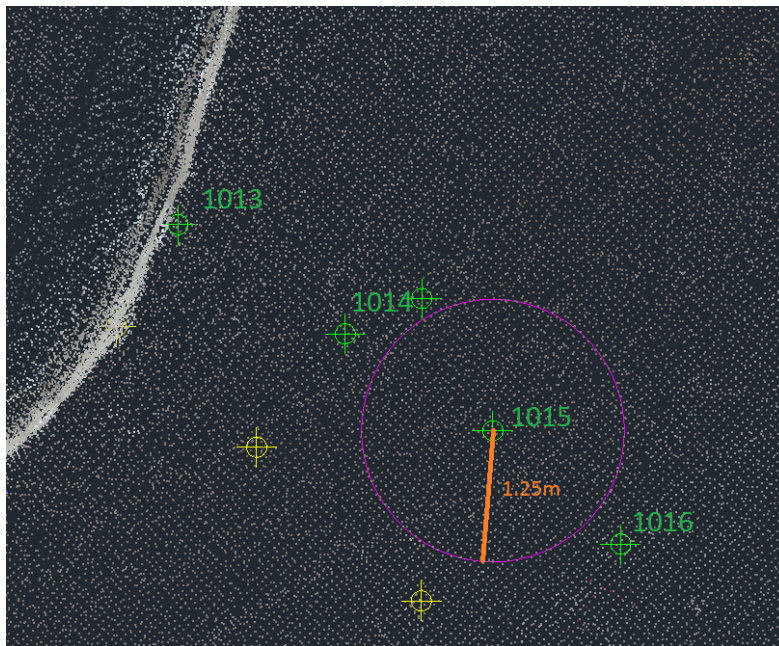
3.24. GPS – İHA Yükseklik Parametrelerinin Karşılaştırılması

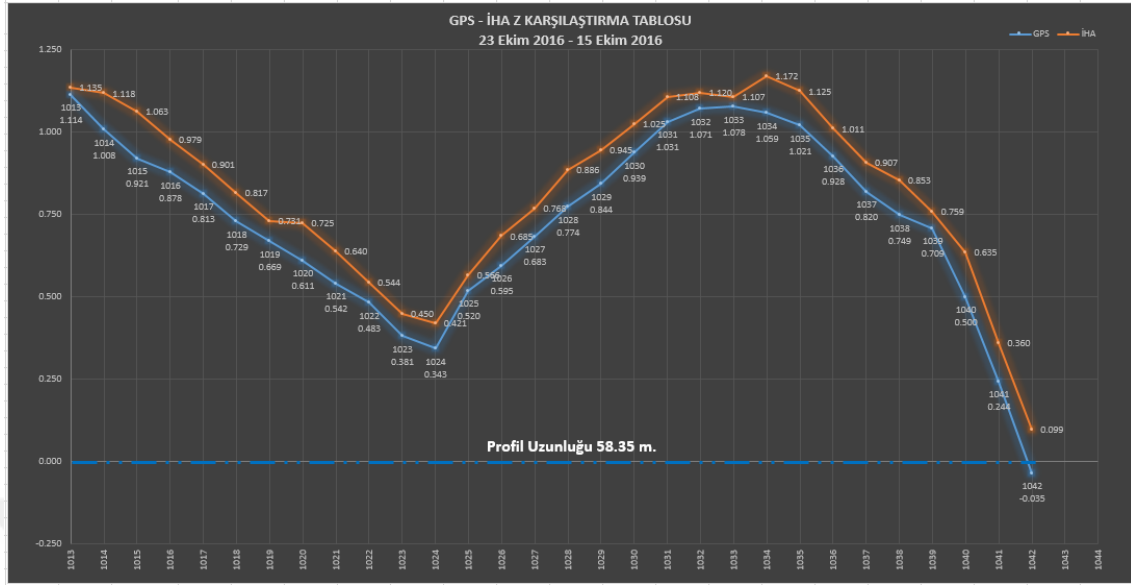
Bu amaçla daha öncesinde yapılmış çalışmalar incelenerek (Harwin vd. 2012; Kyoungah vd.; 2016; Long vd. 2016; Avdan vd. 2014; Yılmaz vd. 2013), Agisoft PhotoScan programı aracılığı ile elde edilmiş nokta bulutu verileri CORS GPS alımı dataları ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.7). Bu verilerin doğruluğu analiz edilmiştir. Profiller boyunca ölçümler farklı zaman aralıklarında yapılmıştır. Fakat profillerin doğruluk değerlendirme analizinde 15 Ekim 2016 tarihinde yapılmış olan İHA uçuş verileri ile 23 Ekim 2016 GPS alım değerlerinden faydalanılmıştır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. 1. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu

Noktalar Arası Mesafe			1. Profil							
			SN	NN	Y	X	Z_GPS	Z_İHA	Z_İHA_ORT	GPS-İHA (cm)
Başlangıç	0	0	1	1013	555866.064	4080402.170	1.114	1.135	1.135	-2.1
1013-1014	1.90	1.90	2	1014	555867.654	4080401.130	1.008	1.118	1.118	-11.0
1014-1015	1.68	3.58	3	1015	555869.059	4080400.209	0.921	1.063	1.063	-14.2
1015-1016	1.63	5.21	4	1016	555870.276	4080399.129	0.878	0.979	0.979	-10.1
1016-1017	1.98	7.18	5	1017	555871.593	4080397.654	0.813	0.901	0.901	-8.82
1017-1018	1.98	9.16	6	1018	555872.732	4080396.038	0.729	0.817	0.817	-8.80
1018-1019	1.86	11.02	7	1019	555873.706	4080394.450	0.669	0.731	0.731	-6.15
1019-1020	1.84	12.87	8	1020	555874.540	4080392.805	0.611	0.725	0.725	-11.41
1020-1021	1.84	14.71	9	1021	555875.579	4080391.290	0.542	0.640	0.640	-9.79
1021-1022	1.98	16.69	10	1022	555876.925	4080389.834	0.483	0.544	0.544	-6.05
1022-1023	1.99	18.68	11	1023	555878.084	4080388.217	0.381	0.450	0.450	-6.93
1023-1024	2.12	20.80	12	1024	555879.300	4080386.481	0.343	0.421	0.421	-7.82
1024-1025	2.16	22.95	13	1025	555880.484	4080384.680	0.520	0.566	0.566	-4.62
1025-1026	2.07	25.02	14	1026	555881.850	4080383.127	0.595	0.685	0.685	-8.97
1026-1027	2.06	27.08	15	1027	555883.182	4080381.557	0.683	0.768	0.768	-8.51
1027-1028	2.17	29.25	16	1028	555884.384	4080379.748	0.774	0.886	0.886	-11.22
1028-1029	1.86	31.11	17	1029	555885.351	4080378.158	0.844	0.945	0.945	-10.08
1029-1030	1.96	33.07	18	1030	555886.562	4080376.616	0.939	1.025	1.025	-8.59
1030-1031	2.18	35.26	19	1031	555887.840	4080374.845	1.031	1.108	1.108	-7.68
1031-1032	2.17	37.43	20	1032	555888.903	4080372.952	1.071	1.120	1.120	-4.88
1032-1033	2.17	39.60	21	1033	555890.437	4080371.420	1.078	1.107	1.107	-2.85
1033-1034	1.96	41.56	22	1034	555891.724	4080369.936	1.059	1.172	1.172	-11.27
1034-1035	2.06	43.62	23	1035	555893.132	4080368.439	1.021	1.125	1.125	-10.39
1035-1036	2.12	45.74	24	1036	555894.593	4080366.901	0.928	1.011	1.011	-8.30
1036-1037	2.07	47.81	25	1037	555895.988	4080365.367	0.820	0.907	0.907	-8.73
1037-1038	2.14	49.95	26	1038	555897.382	4080363.745	0.749	0.853	0.853	-10.41
1038-1039	2.03	51.98	27	1039	555898.638	4080362.147	0.709	0.759	0.759	-5.05
1039-1040	1.88	53.86	28	1040	555899.808	4080360.674	0.500	0.635	0.635	-13.52
1040-1041	2.14	56.00	29	1041	555901.136	4080358.995	0.244	0.360	0.360	-11.61
1041-1042	2.34	58.35	30	1042	555902.654	4080357.209	-0.035	0.099	0.099	-13.37
Uzunluk	58.35									
YF	1.149									
YF/PU	1.97%									
NAMO	2.08									

Çizelge 3.7’de “1. Profil GPS – İHA Karşılaştırma Tablosu’nda” yer alan verilerin son sütunda GPS kotu ile İHA’dan elde edilmiş kot arasındaki farklar görülmektedir. Burada İHA verisi nokta bulutunda GPS datasına karşılık gelen konumun 1,25 m etrafındaki noktaların yüksekliklerinin aritmetik ortalamasıdır (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Nokta bulutundan GPS – İHA karşılaştırması için seçilen noktalar**Şekil 3.40.** 1. Profil nokta numarasına bağlı yükseklik farkı grafiği**Şekil 3.41.** GPS ile boyuna profil Google Earth görünümü

Şekil 3.40 ve Şekil 3.41’de 1. Profil için en büyük yükseklik farklılığının 1041 numaralı nokta olduğu görülmektedir. Denize en yakın noktalardan birisinin burası olduğu düşünülürse bu fark normaldir. Profillerin hepsi için elde edilmiş değerlere istatistiksel analiz uygulandığında;

$$R = X_{\text{enb}} - X_{\text{enk}} \quad (3.11)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (3.12)$$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (3.13)$$

$$c = S / \bar{X} \quad (3.14)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3.15)$$

$$Z = (X - \bar{X}) / S \quad (3.16)$$

Yukarıda yer alan formüller 1. Profil için uygulandığında değişkenlik aralığı (R) 12,02 cm, varyans (S^2) 8,98 cm, hataların aritmetik ortalaması (X) 8,78 cm, değişkenlik katsayısı (c) 0,34, standart sapma (S) 3,00 cm, çarpıklık katsayısı (α_3) -0,38, basıklık katsayısı (α_4) -0,16 olarak bulunmuştur. Çarpıklık ve basıklık değerlerine bakıldığında aşırı çarpık ve aşırı basık olmayan bir dağılım gözlemlendiğinden değerlerin logaritmaları alınarak lognormal bir dağılım uygulanmasına gerek kalmamıştır.

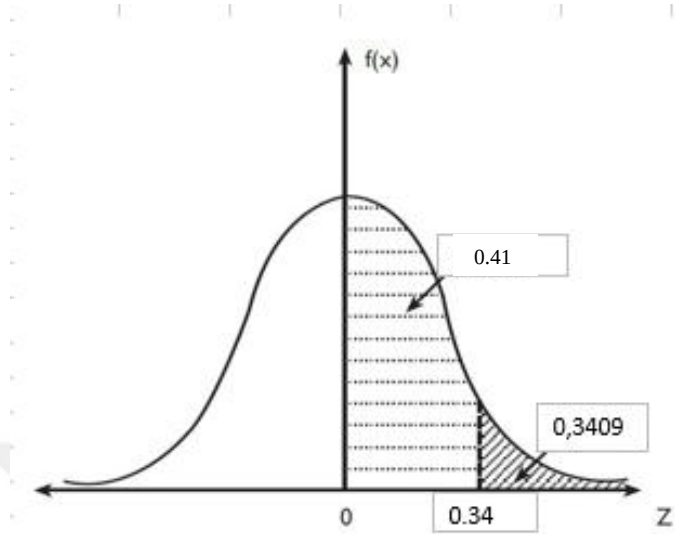
GPS ve İHA ile yapılan çalışmalarda ölçüm farklarının ortalaması 1. Profil için 8,78 cm çıkarken standart sapması da 3,00 cm çıkmıştır. Ölçümlerimizde yükseklik bandında 10 cm hatayı yeterli görmemiz durumunda GPS-IHA ölçüm farklarının 10 cm den yüksek çıkma olasılığına baktığımızda Z değeri 0,41 (Çizelge 3.7) olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.8. Z Tablosu



	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

Z tablosundan 0,41 değerine karşılık gelen değer 0,1591'dir. İHA-GPS karşılaştırmasında nokta bazlı her bir noktada 10 cm üstünde hata yapma olasılığı 0,3409 (% 34) olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.42).



Şekil 3.42. $f(x)$ fonksiyonu Gauss Eğrisi (10 cm'yi aşan hata miktarı için)

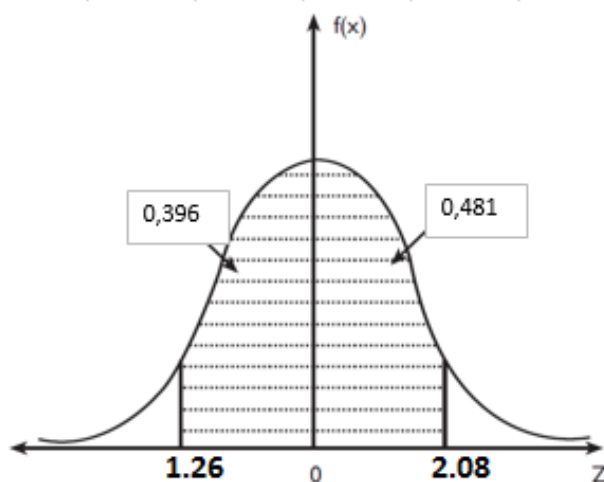
Küçük örneklemelerde ($n < 30$) $S^2 \neq \sigma^2$ olduğundan standart hata;

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3.17)$$

S_x değeri 0,55 bulunmuştur. Küçük örneklemelerde ($n < 30$) örneklerin ortalamalarının dağılımı Student t dağılımına uyduğundan, t dağılımının özelliklerinden faydalananarak ana kütle ortalamasının güven aralığı, belirli bir $(1 - \alpha)$ güven seviyesi ve $V = n - 1$ serbestlik derecesi için;

$$\bar{X}^{\pm} = t_{\alpha/2, n} \cdot S_x \quad (3.18)$$

% 90 güvenilirlikle elde edilen değerlere bakıldığında; student t çizelgesinden 2,045 değeri okunmuştur. Alt Güven Sınırı (AGS) 7,66 çıkmış, Üst Güven Sınırı (ÜGS) de 9,89 çıkmıştır. Bu durumda 1. Profil boyunca GPS ile alınan, 1013 ile başlayıp 1042 ile biten 30 noktada GPS verileri ile İHA verileri arasında 8,78 cm'lik hata ortalaması elde edilmiştir. Veriler % 90 güven aralığında 7,66 cm den küçük değildir. Ayrıca veriler % 90 güven aralığında 9,89 den büyük değildir. GPS ile İHA kot değerleri arasındaki farkların 10 cm'yi aşma olasılığı % 34'tür. 5 cm ile 15 cm aralığında hata yapma olasılığı dikkate alındığında da oran % 88'dir (Şekil 3.43).

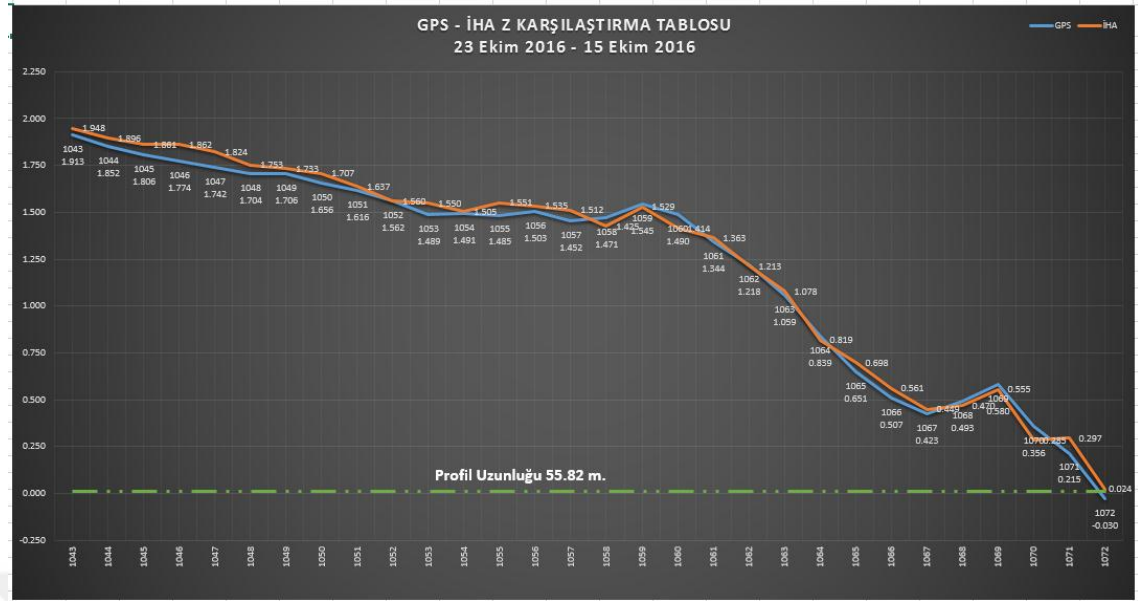


Şekil 3.43. $f(x)$ fonksiyonu Gauss Eğrisi (5 cm -15 cm aralığında hata için)

Benzer şekilde Çizelge 3.9’da 2. Profil için değerler görülmektedir;

Çizelge 3.9. 2. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu

Noktalar Arası Mesafe	2. Profil							
	SN	NN	Y	X	Z GPS	Z İHA	Z İHA_O RT	GPS-İHA (cm)
Başlangıç	0	1	1043	555924.949	4080462.102	1.913	1.948	-3.52
1043-1044	1.96	2	1044	555926.444	4080460.841	1.852	1.896	-4.42
1044-1045	1.74	3	1045	555927.773	4080459.723	1.806	1.861	-5.47
1045-1046	2.01	4	1046	555929.215	4080458.327	1.774	1.862	-8.80
1046-1047	1.83	5	1047	555930.533	4080457.055	1.742	1.824	-8.17
1047-1048	2.17	6	1048	555932.176	4080455.644	1.704	1.753	-4.86
1048-1049	1.99	7	1049	555933.660	4080454.320	1.706	1.733	-2.70
1049-1050	2.03	8	1050	555935.142	4080452.931	1.656	1.707	-5.13
1050-1051	1.68	9	1051	555936.313	4080451.731	1.616	1.637	-2.06
1051-1052	1.85	10	1052	555937.654	4080450.451	1.562	1.560	0.23
1052-1053	2.13	11	1053	555939.285	4080449.087	1.489	1.660	-6.10
1053-1054	2.05	12	1054	555940.878	4080447.790	1.491	1.505	-1.44
1054-1055	2.04	13	1055	555942.445	4080446.478	1.485	1.551	-6.65
1055-1056	2.09	14	1056	555944.012	4080445.099	1.503	1.535	-3.17
1056-1057	1.97	15	1057	555945.487	4080443.799	1.452	1.512	-5.97
1057-1058	2.26	16	1058	555947.101	4080442.217	1.471	1.512	4.59
1058-1059	1.73	17	1059	555948.387	4080441.058	1.545	1.442	1.61
1059-1060	1.98	18	1060	555949.857	4080439.729	1.490	1.414	7.64
1060-1061	1.84	19	1061	555951.327	4080438.617	1.344	1.363	-1.87
1061-1062	1.81	20	1062	555952.614	4080437.350	1.218	1.213	0.49
1062-1063	1.81	21	1063	555953.911	4080436.091	1.059	1.078	-1.87
1063-1064	1.93	22	1064	555955.410	4080434.882	0.839	0.819	1.98
1064-1065	1.87	23	1065	555956.837	4080433.676	0.651	0.698	-4.67
1065-1066	1.94	24	1066	555958.274	4080432.370	0.507	0.561	-5.42
1066-1067	2.06	25	1067	555959.708	4080430.895	0.423	0.449	-2.57
1067-1068	1.60	26	1068	555960.751	4080429.675	0.493	0.470	2.28
1068-1069	1.65	27	1069	555961.829	4080428.424	0.580	0.555	2.45
1069-1070	1.97	28	1070	555963.094	4080426.918	0.356	0.285	7.13
1070-1071	1.85	29	1071	555964.264	4080425.483	0.215	0.297	-8.19
1071-1072	2.00	30	1072	555965.612	4080424.006	-0.030	0.024	-5.40
Uzunluk	55.82							
YF	1.943							
YF/PU	3.48%							
NAMO	1.99							



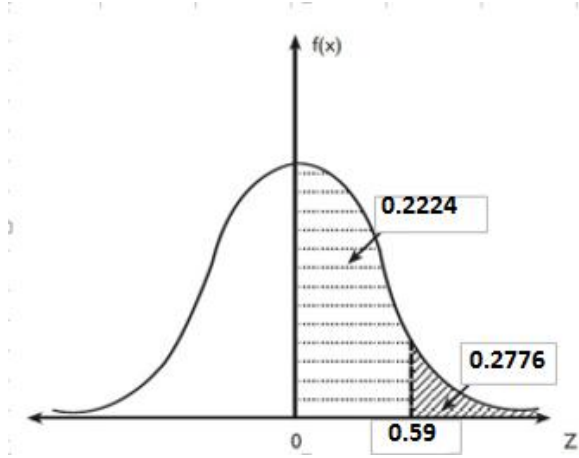
Şekil 3.44. 2. Profil nokta numarasına bağlı yükseklik farkı

2. Profil için uygulandığında değişkenlik aralığı 8,58 cm, varyans 5,85 cm, hataların aritmetik ortalaması 4,23 cm, değişkenlik katsayısı 0,57, standart sapma 2,42 cm, çarpıklık katsayısı 0,23, basıklık katsayısı -0,98 olarak bulunmuştur. Çarpıklık ve basıklık değerlerine bakıldığında aşırı çarpık ve aşırı basık olmayan bir dağılım gözlemlendiğinden değerlerin logaritmaları alınarak lognormal bir dağılım uygulanmasına gerek kalmamıştır.

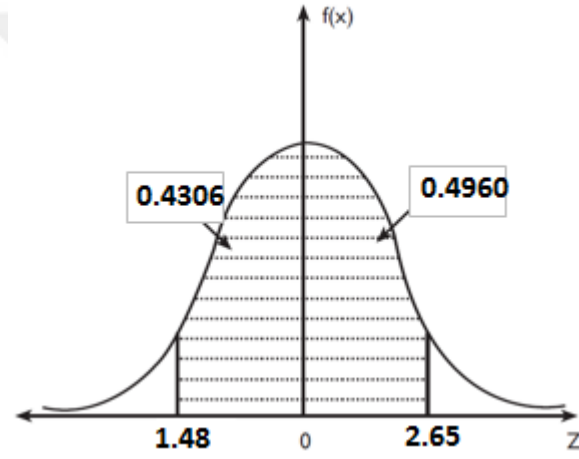
GPS ve İHA ile yapılan çalışmalarda ölçüm farklarının ortalaması 2. Profil için 4,23 cm çıkarken standart sapması 2,42 cm çıkmıştır. Ölçümlerimizde yükseklik bandında 10 cm hatayı yeterli görmemiz durumunda GPS-İHA ölçüm farklarının 10 cm den yüksek çıkma olasılığına baktığımızda Z değeri 0,59 olarak hesaplanmıştır.

Z tablosundan 0,59 değerine karşılık gelen değer 0,2224'dir. İHA-GPS karşılaştırmasında nokta bazlı her bir noktada 10 cm üstünde hata yapma olasılığı 0,2776 (% 28) olarak çıkmıştır. Ayrıca S_x değeri 0,44 bulunmuştur (Şekil 3.45).

% 90 güvenilirlikle elde edilen değerlere bakıldığında; student t Çizelgesinden 2,045 değeri okunmuştur. Alt Güven Sınırı (AGS) 3,33, Üst Güven Sınırı (ÜGS) de 5,13 çıkmıştır. Bu durumda 2. Profil boyunca GPS ile alınan, 1043 ile başlayıp 1072 ile biten 30 noktada GPS verileri ile İHA verileri arasında 4,23 cm'lik hata ortalaması elde edilmiştir. Veriler % 90 güven aralığında 3,33 cm den küçük değildir. Ayrıca veriler % 90 güven aralığında 5,13 den büyük değildir. GPS ile İHA kot değerleri arasındaki farkların 10 cm'yi aşma olasılığı % 28'dir. 5 cm ile 15 cm aralığında hata yapma olasılığı dikkate alındığında 5 cm için Z (Çizelge 3.7) tablo değeri 0,4306 ve 15 cm için Z tablo değeri 0,5960 olup, 5 cm ile 15 cm arasında hata yapma ihtimali % 93 hesaplanmıştır (Şekil 3.46).



Şekil 3.45. $f(x)$ fonksiyonu Gauss Eğrisi (10 cm'yi aşan hata miktarı için)

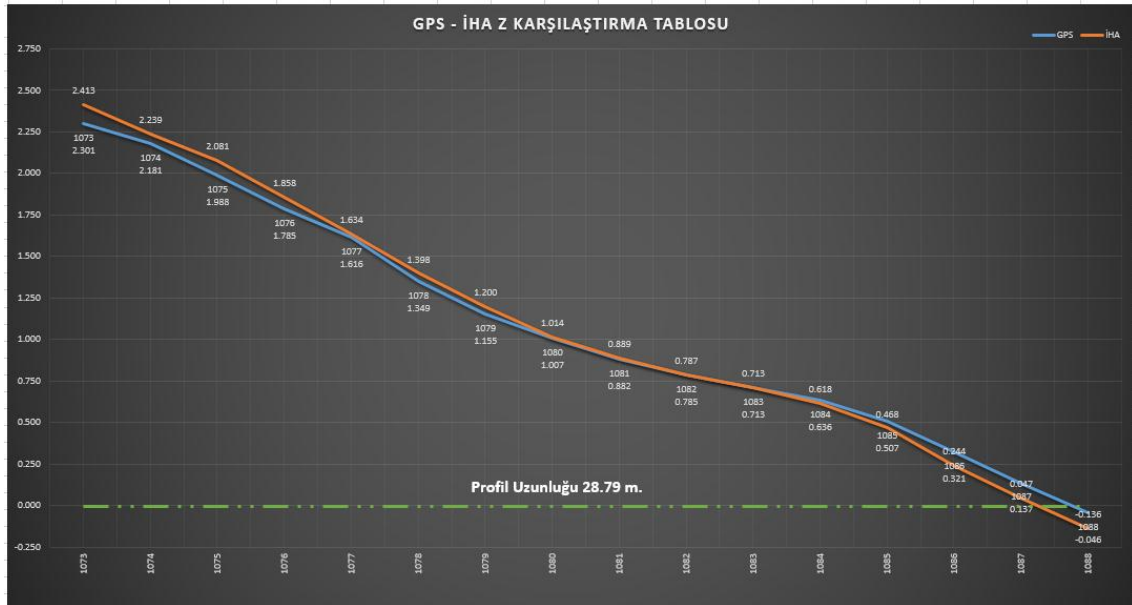


Şekil 3.46. $f(x)$ fonksiyonu Gauss Eğrisi (5 cm - 15 cm aralığında hata için)

Ayrıca diğer profillerde elde edilen değerler yukarıda hesaplanan değerlere yakın olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.10. 3. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu

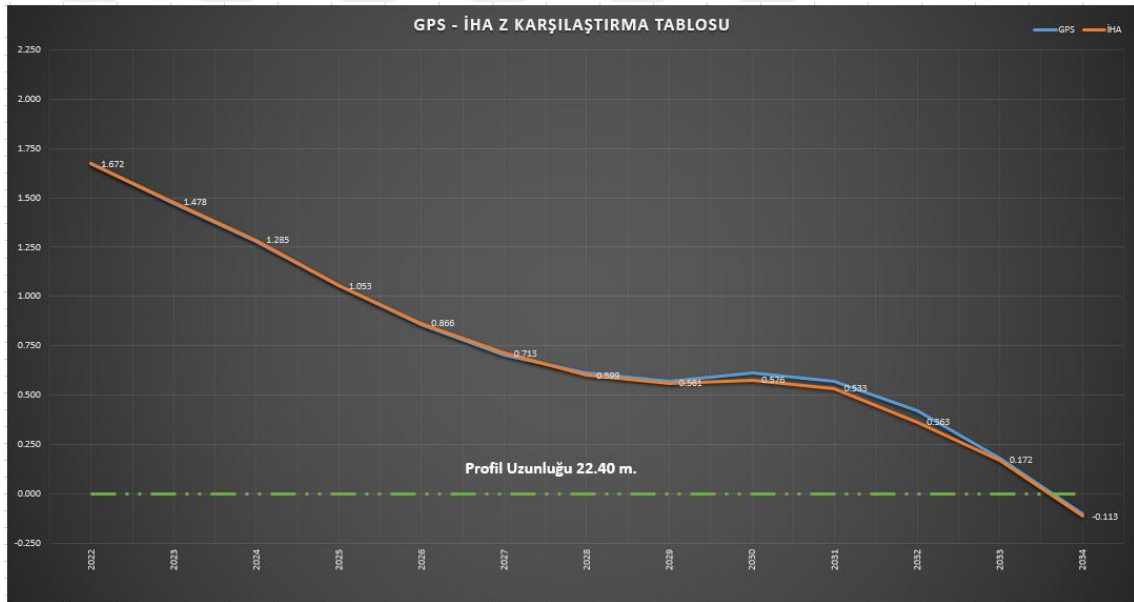
Noktalar Arası Mesafe	3. Profil							
	SN	NN	Y	X	Z_GPS	Z_İHA	Z_İHA_ORT	GPS-İHA (cm)
Başlangıç	0	1	1073	556073.254	4080595.829	2.301	2.413	-11.20
1073-1074	1.92	2	1074	556074.466	4080594.341	2.181	2.239	-5.79
1074-1075	1.89	3	1075	556075.598	4080592.826	1.988	2.081	-9.33
1075-1076	1.77	4	1076	556076.600	4080591.360	1.785	1.858	-7.27
1076-1077	1.97	5	1077	556077.771	4080589.775	1.616	1.634	-1.79
1077-1078	2.08	6	1078	556079.058	4080588.147	1.349	1.398	-4.91
1078-1079	1.99	7	1079	556080.356	4080586.640	1.155	1.200	-4.52
1079-1080	2.18	8	1080	556081.796	4080585.002	1.007	1.014	-0.74
1080-1081	2.09	9	1081	556083.264	4080583.511	0.882	0.889	-0.72
1081-1082	1.71	10	1082	556084.399	4080582.239	0.785	0.787	-0.17
1082-1083	1.99	11	1083	556085.762	4080580.787	0.713	0.713	0.03
1083-1084	1.77	12	1084	556086.942	4080579.474	0.636	0.618	1.84
1084-1085	1.86	13	1085	556088.252	4080578.156	0.507	0.468	3.94
1085-1086	2.04	14	1086	556089.717	4080576.738	0.321	0.244	7.72
1086-1087	2.01	15	1087	556091.128	4080575.302	0.137	0.047	8.99
1087-1088	1.52	16	1088	556092.222	4080574.240	-0.046	-0.136	9.01
Uzunluk	28.79							
YF	2.347							
YF/PU	8.15%							
NAMO	2.06							



Şekil 3.47. 3. Profil nokta numarasına bağlı yükseklik farkı grafiği

Çizelge 3.11. 4. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu

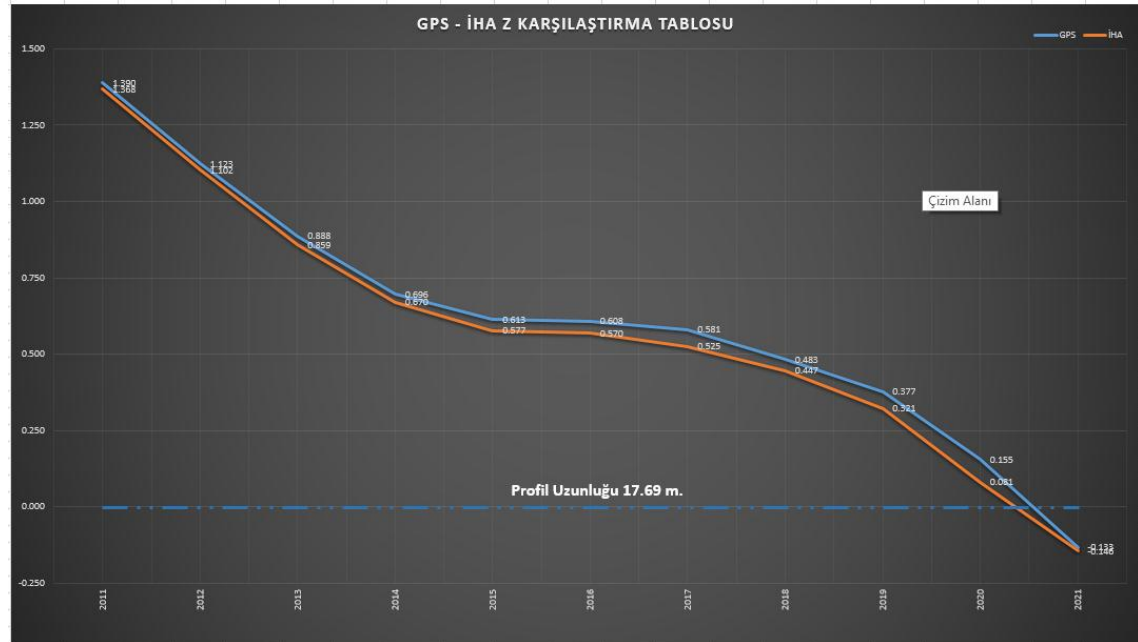
Noktalar Arası Mesafe	4. Profil							
	SN	NN	Y	X	Z_GPS	Z_İHA	Z_İHA_ORT	GPS-İHA (cm)
Başlangıç	0	1	2022	556181.620	4080707.719	1.672	1.672	0.01
2022-2023	1.91	2	2023	556182.885	4080706.294	1.469	1.478	-0.86
2023-2024	1.68	3	2024	556184.047	4080705.081	1.277	1.285	-0.84
2024-2025	1.82	4	2025	556185.351	4080703.809	1.057	1.053	0.38
2025-2026	1.78	5	2026	556186.599	4080702.545	0.859	0.866	-0.66
2026-2027	1.79	6	2027	556187.760	4080701.188	0.704	0.713	-0.95
2027-2028	1.84	7	2028	556189.059	4080699.879	0.612	0.599	1.31
2028-2029	1.86	8	2029	556190.388	4080698.582	0.569	0.561	0.75
2029-2030	1.89	9	2030	556191.736	4080697.252	0.611	0.576	3.47
2030-2031	2.03	10	2031	556193.146	4080695.794	0.568	0.533	3.49
2031-2032	1.91	11	2032	556194.532	4080694.481	0.421	0.387	5.80
2032-2033	1.76	12	2033	556195.815	4080693.281	0.179	0.211	0.70
2033-2034	2.14	13	2034	556197.369	4080691.812	-0.105	-0.081	0.80
Uzunluk	22.40							
YF	1.777							
YF/PU	7.93%							
NAMO	2.04							



Şekil 3.48. 4. Profil nokta numarasına bağlı yükseklik farkı grafiği

Çizelge 3.12. 5. Profil GPS – İHA karşılaştırma tablosu

Noktalar Arası Mesafe	5. Profil								
	SN	NN	Y	X	Z_GPS	Z_İHA	Z_İHA_ORT	GPS-İHA (cm)	
Başlangıç	0	1	2011	556237.355	4080761.484	1.390	1.368	1.368	2.17
2011-2012	1.84	2	2012	556238.677	4080760.200	1.123	1.102	1.102	2.11
2012-2013	1.76	3	2013	556239.844	4080758.883	0.888	0.859	0.859	2.94
2013-2014	1.79	4	2014	556241.116	4080757.621	0.696	0.670	0.670	2.59
2014-2015	1.82	5	2015	556242.249	4080756.191	0.613	0.577	0.577	3.65
2015-2016	2.02	6	2016	556243.564	4080754.653	0.608	0.570	0.570	3.84
2016-2017	1.88	7	2017	556244.844	4080753.276	0.581	0.525	0.525	5.59
2017-2018	1.72	8	2018	556245.914	4080751.927	0.483	0.447	0.447	3.63
2018-2019	1.75	9	2019	556247.029	4080750.581	0.377	0.321	0.321	5.55
2019-2020	1.54	10	2020	556248.047	4080749.422	0.155	0.081	0.081	7.40
2020-2021	1.56	11	2021	556249.032	4080748.213	-0.133	-0.146	-0.146	1.26
Uzunluk	17.69								
YF	1.523								
YF/PU	8.61%								
NAMO	1.97								



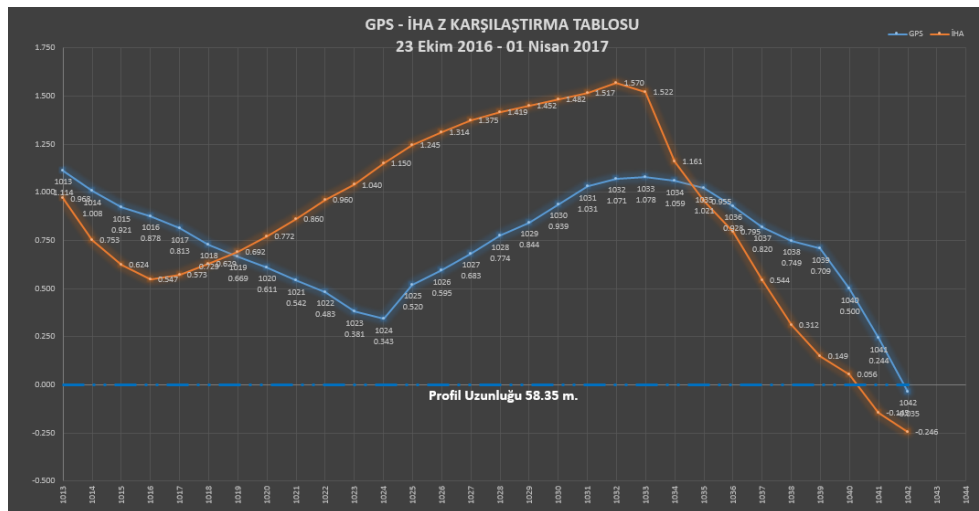
Şekil 3.49. 5. Profil nokta numarasına bağlı yükseklik farkı grafiği

4. BULGULAR

Profiller boyunca yapılan inceleme dikkate alındığında İHA değerleri ile GPS değerlerinin X ve Y koordinat eksenlerinde 2-3 cm farklılıklar görülmektedir. Profil değerlendirmesinde Z parametresi önem arz ettiğinde sadece konumsal bilginin değil yükseklik bilgisinin de doğruluğu araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar ile ortaya konulan hassasiyet değerleri kabul edilebilir aralıklarda olduğu için farklı zamanlarda alınan veriler ile kıyı profili değişimi belirlenmiştir. Çalışmaların yapıldığı zamanlara ait uçuş-gps alım zamanları aşağıdaki gibidir.

- 23 Temmuz 2016 Yer Kontrol Noktalarının (YKN) zemine işaretlenmesi ve alımı
- 23 Ekim 2016 GPS ile dikine alım işlemi
- 15 Ekim 2016 İHA uçuşu ve nokta bulutu alımı
- 01 Nisan 2017 İHA uçuşu ve nokta bulutu alımı
- 15 Ekim 2017 GPS ile dikine alım işlemi
- 27 Ocak 2018 GPS ile dikine alım işlemi

15 Ekim 2016 İHA ve 23 Ekim 2016 GPS verileri karşılaştırılıp İHA'dan elde edilen nokta bulutu datalarının X,Y de elde edilen 2-3 cm ve Z'de 10 cm civarında hassasiyet verilerine dayandırılarak 1.Profilde 23 Ekim 2016 tarihinde GPS ile yapılmış ölçüm ile 01 Nisan 2017 tarihinde İHA uçuşu ile elde edilmiş nokta bulutu haritası verileri karşılaştırılmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.1).

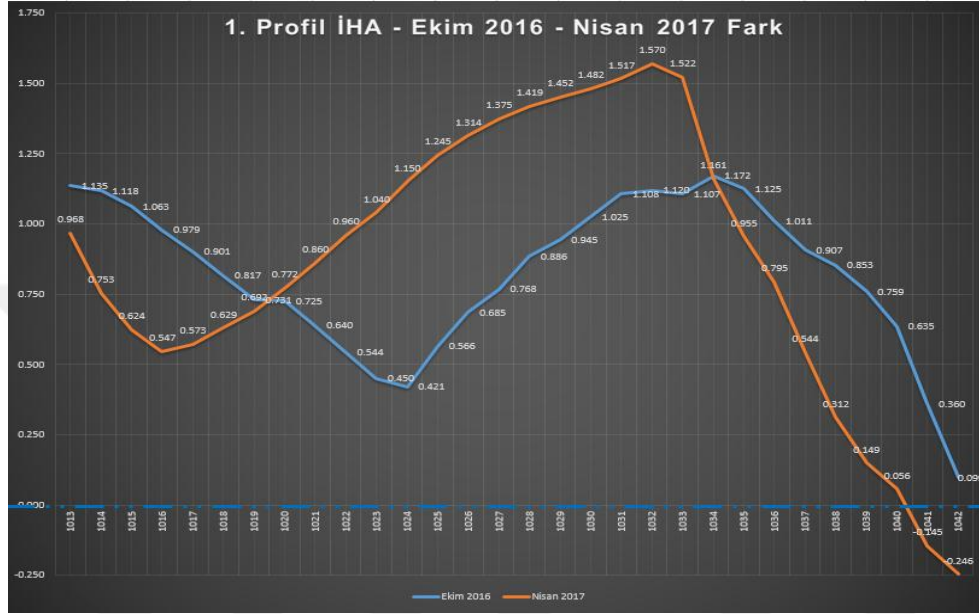


Şekil 4.1. 23 Ekim 2016 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği

1. Profil Boğaçayı'nın hemen yakınında yer almaktadır ve bu tarihler arasında iş

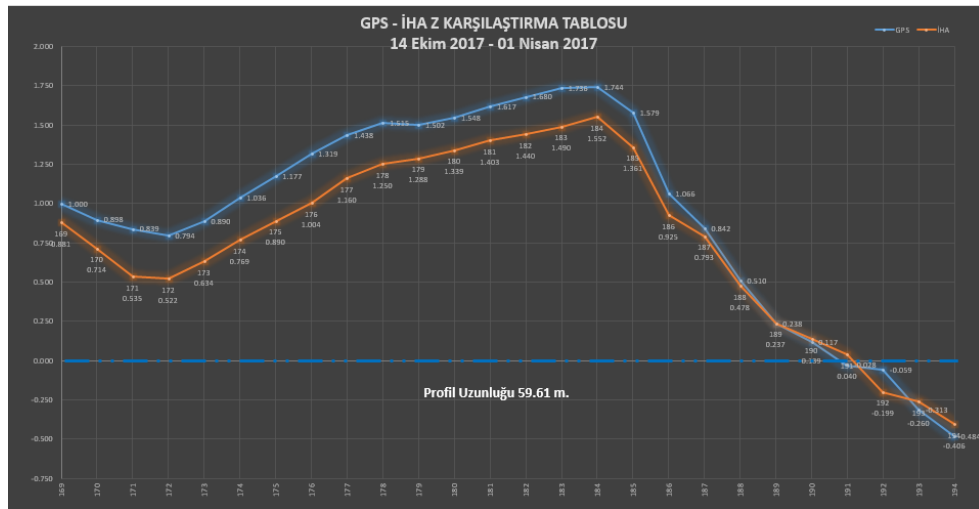
makinaları ile Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından düzenleme çalışması yapıldığından en yüksek +56,01 cm ve -80,72 cm'lik değişimlerle karşılaşmıştır.

Yapılan işlemin doğruluğunu test etmek için 1.Profil'de 15 Ekim 2016 İHA ve 01 Nisan 2017 İHA profil değişimine baktığımızda Şekil 4.1'de yer alan grafiğin çok yakın olma koşulu ile benzerini gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Bu karşılaştırma da bize İHA verilerinin sağlıklı ve güvenilir olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.2. 15 Ekim 2016 İHA – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması

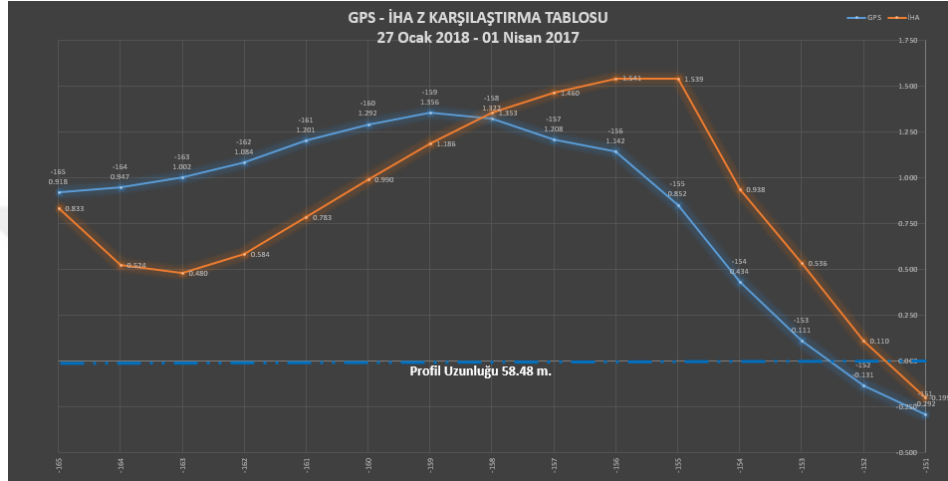
1.Profilde 14 Ekim 2017 tarihinde GPS ile yapılmış ölçüm ile 01 Nisan 2017 tarihinde İHA uçuşu ile elde edilmiş nokta bulutu haritası verileri karşılaştırılmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. 14 Ekim 2017 GPS – 01 Nisan 2017 İHA Profil değişim

Boğaçayı sahil çalışmasının yapıldığı bölgede açıkça görünen farkın 14 Ekim 2017 tarihi ile 01 Nisan 2017 değişim grafiğinden de anlaşılacağı üzere normale döndüğü gözlemlenmiştir. Bu da bize ani değişimleri İHA ile hızlıca belirlemenin güvenilir bir yöntem olduğunu kanıtlamaktadır.

1.Profilde 27 Ocak 2018 tarihinde GPS ile yapılmış ölçüm ile 01 Nisan 2017 tarihinde İHA uçuşu ile elde edilmiş nokta bulutu haritası verileri karşılaştırılmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.4).



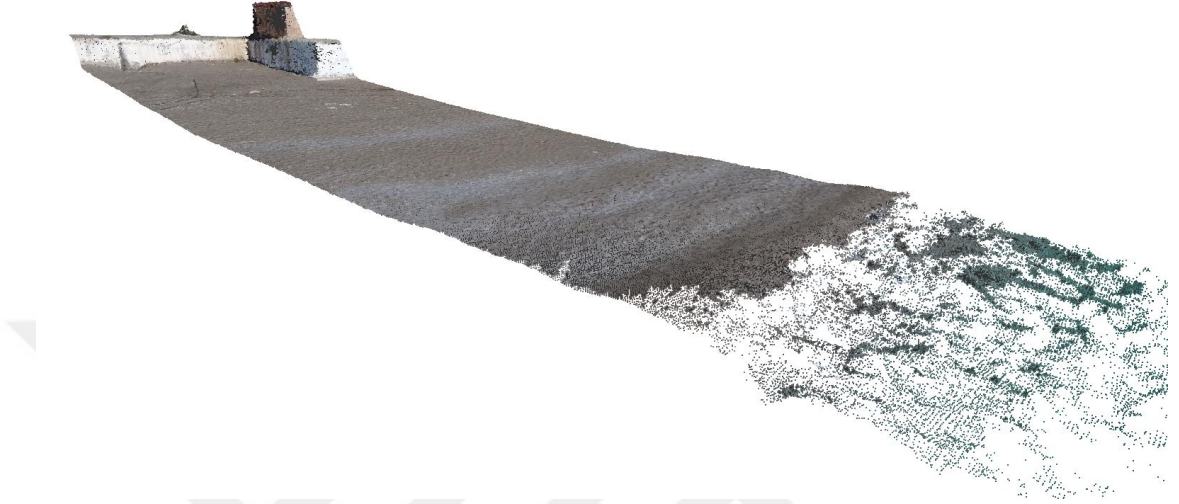
Şekil 4.4. 27 Ocak 2018 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği

Çalışma alanında boyuna alınmış kesitlerin toplu gösterimi Şekil 4.5’deki gibidir.

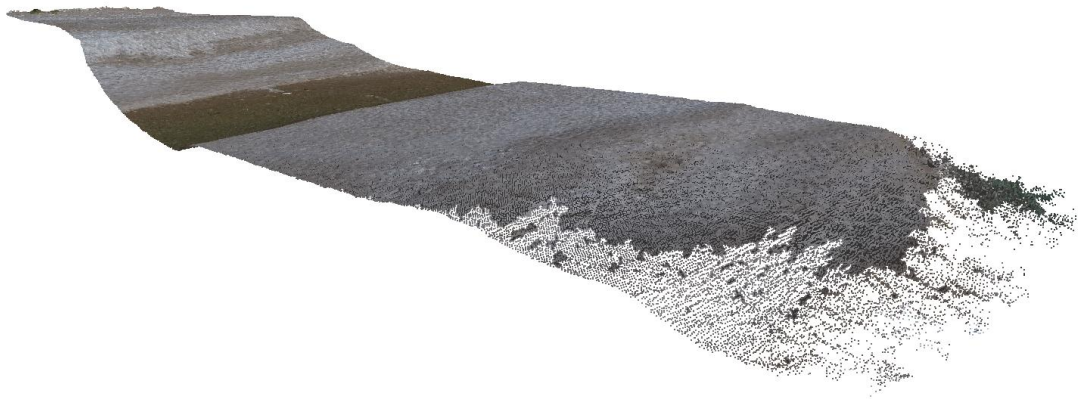


Şekil 4.5. Boğaçayı doğu ve batı kıyı çizgisi profilleri

GPS ile boyuna yapılan alımda elde edilen noktaların nokta bulutunda karşılaştırmalarını yapabilmek için belirli genişlikte kesitler alınmıştır (Şekil 4.6, Şekil 4.7).



Şekil 4.6. Boğaçayı doğu ve batı kıyı çizgisi kesit örneği - 1

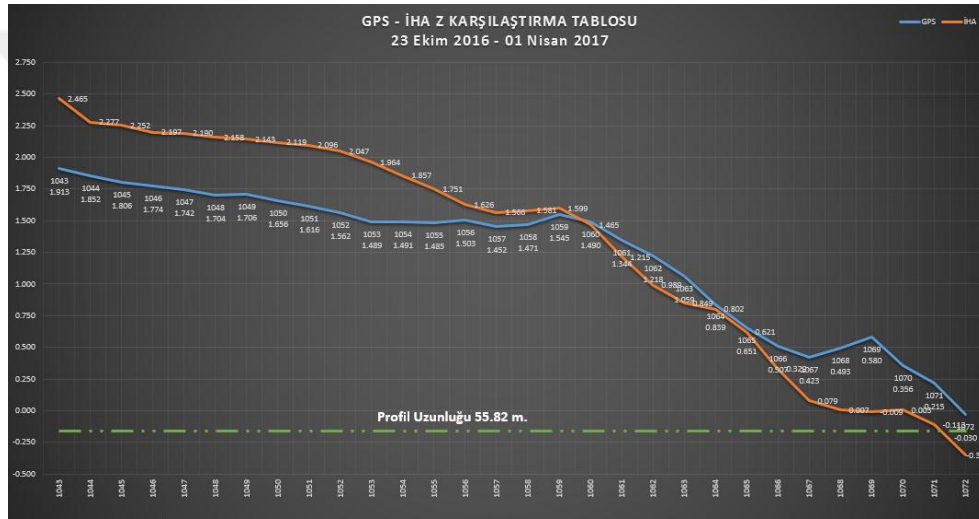


Şekil 4.7. Boğaçayı doğu ve batı kıyı çizgisi kesit örneği - 2

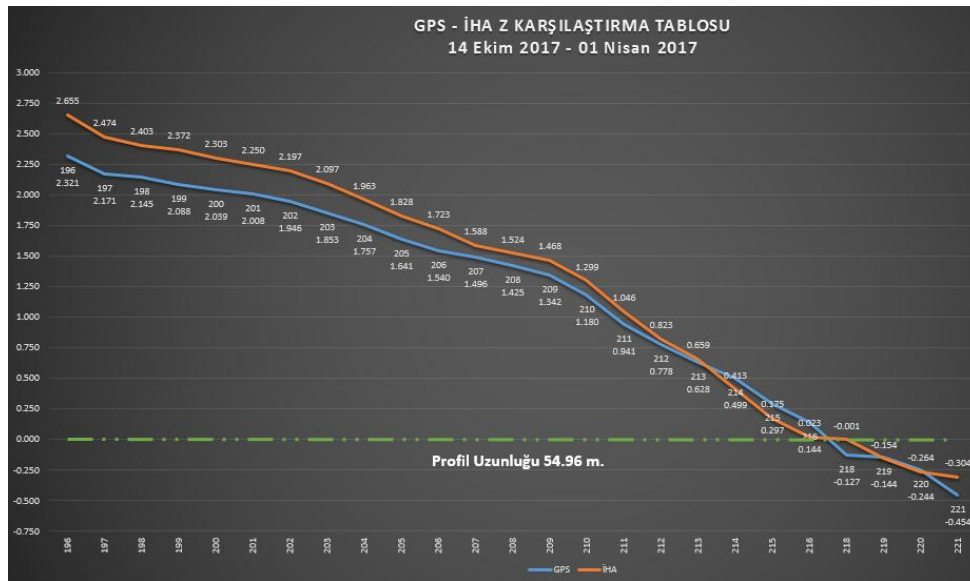
27 Ocak 2018 GPS ve 01 Nisan 2017 İHA verilerine bakıldığında 1. Profil boyunca Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından iş makinaları ile yapılmış olan çalışmanın değiştiği, denizin hareketine bağlı olarak kumsalın tekrardan şekillendiği görülmüştür. GPS verisine bakıldığında da değişim kumsalın beton platforma kadar kısmında daha doğru bir eğime ulaştığı görülmektedir.

Yapılan çalışmanın tutarlılığı açısından 2. Profil değerlerinde ise;

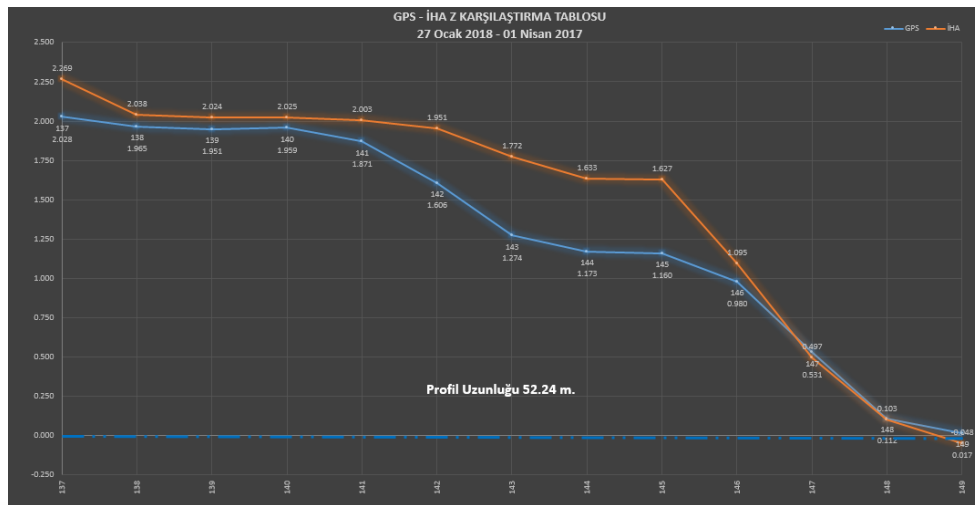
2.Profilde 23 Ekim 2016 tarihinde GPS ile yapılmış ölçüm ile 01 Nisan 2017 tarihinde İHA uçuşu ile elde edilmiş nokta bulutu haritası verileri karşılaştırılmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.8). Ayrıca 14 Ekim 2017 GPS ve 01 Nisan 2017 İHA verileri birbiriyle karşılaştırılıp aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.8. 23 Ekim 2016 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği



Şekil 4.9. 14 Ekim 2017 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği



Şekil 4.10. 27 Ocak 2018 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil değişim grafiği

27 Ocak 2018 GPS ve 01 Nisan 2017 İHA verilerine bakıldığında 2. Profil boyunca denizin hareketine bağlı olarak kumsalın tekrardan şekillenmeye başladığı görülmüştür. GPS verisine bakıldığında da değişim kumsalın beton platforma kadar olan kısmına doğru yumuşak bir eğime ulaştığı görülmektedir (Şekil 4.10).

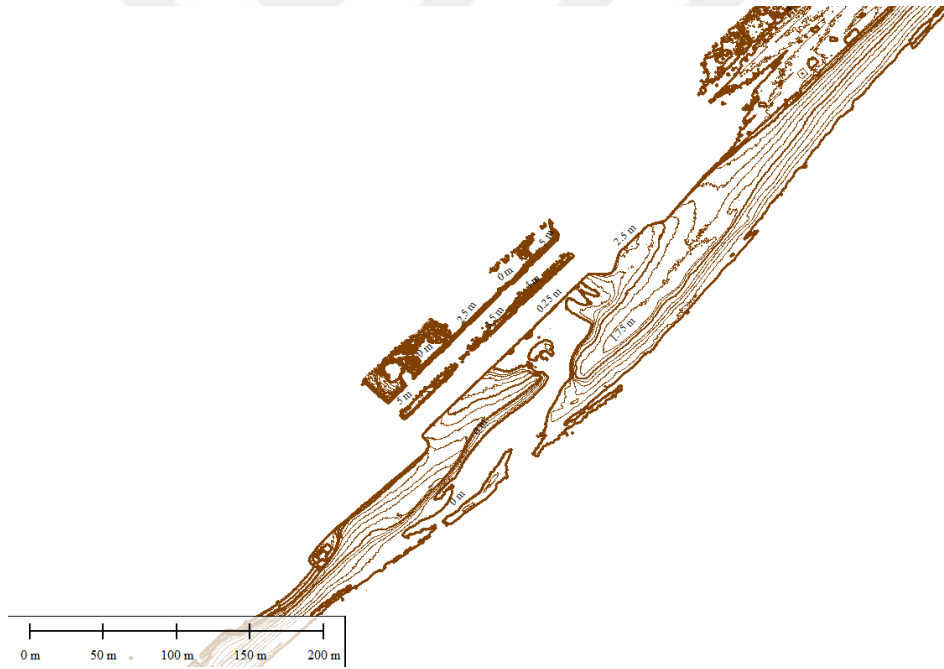
Yapılan kesit çalışmalarının haricinde elde edilen verilerden faydalanarak, uçuş yapılan bölge itibarı ile ortofoto harita üretimi de yapılmıştır. 2006 yılında Antalya Bölgesi için yapılmış olan ortofoto haritası mevcut iken aynı koordinat sisteminde yer alan ortofoto haritanın birbiri ile karşılaştırılması mümkün olmuştur (Şekil 4.11). Karşılaştırma 2006 yılı ile 2017 yılı arasındaki değişim ve değişimin yönü hakkında fikir vermektedir. 2017 yılında Boğaçayı'nın içinde başlanan düzenleme çalışmaları ve yapılması planlanan limanın sonrası yıllarda kıyı çizgisinde bir değişime sebep olabileceği düşünüldüğünde bu çalışma büyük önem arz etmektedir.



Şekil 4.11. 2006 - 2017 Yılları arası kıyı çizgisi değişimi Boğaçayı batısı

- 2006 yılı kıyı kenar çizgisi
- 2006 yılı sabit tesisler

2006 yılı ile 2017 yılları arasında kıyıda belli noktalarda bir takım değişimlerin olduğu gözlemlenmektedir. Doğruluğun grafiksel ispatı için 2006 yılında yer alan harita üzerinden mevcut sahil kaldırım, banket ve işletmeler yeşil renk ile çizilmiş, 2017 yılında oluşturulmuş olan ortofoto harita ile çakışıp çakışmadığına bakılmıştır. Sahil platformu ve yapılar üst üste çakışırken kırmızı ile çizilmiş 2006 yılı sahil çizgisi mevcut görünen sahil çizgisinin denizden tarafta kısmında kalmaktadır (Şekil 4.11). 2006 yılında yapılan ortofotonun tam tarihi ve mevsimi bilinmediği için kıyı şeridi değişiminin mevsimsel olup olmadığı hakkında bilgi mevcut değildir. Ancak eldeki verilere göre bölgede kıyı kaybı olduğu görülmektedir. Kıyı kaybının olduğu bu bölge Boğaçayı'nın 350 m batısında yer almaktadır. Hattın tamamına bakıldığında yer yer birikmelerin olduğu gözlemlenmektedir. Boğaçayı'nın doğu ve batısında belirlenmiş lokasyonlardaki farklar gösterilmiştir. Boğaçayı ve çevresinin 0.25 m aralıkla izohips haritası çizilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Boğaçayı çevresinin 0.25 m aralıkla çizilmiş izohips haritası

Boğaçayı batı hattında;

Y: 555430,066; X: 4079923,886 olduğu konumda 7,88 m'lik bir kıyı kaybı,

Y: 555524,960; X: 4080028,479 olduğu konumda 8,62 m'lik bir kıyı kaybı,

Y: 555606,046; X: 4080107,333 olduğu konumda 9,57 m'lik bir kıyı kaybı,

Y: 555666,168; X: 4080160,847 olduğu konumda 10,88 m'lik bir kıyı kaybı gözlemlenmiştir (Şekil 4.13, Şekil 4.14 Şekil 4.15, Şekil 4.16).



Şekil 4.13. Y: 555430,066; X: 4079923,886 konumunda 7,88 m'lik kıyı kaybı



Şekil 4.14. Y: 555524,960; X: 4080028,479 konumunda 8,62 m'lik kıyı kaybı



Şekil 4.15. Y: 555606,046; X: 4080107,333 konumunda 9,57 m'lik kıyı kaybı



Şekil 4.16. Y: 555666,168; X: 4080160,847 konumunda 10,88 m’lik kıyı kaybı

Boğaçayı doğu hattında ise;

Y: 555922,075; X: 4080383,015 olduğu konumda 9,06 m’lik bir kıyı oluşumu,

Y: 555978,640; X: 4080450,561 olduğu konumda 11,09 m’lik bir kıyı oluşumu,

Y: 556080,407; X: 4080568,272 olduğu konumda 8,23 m’lik bir kıyı oluşumu,

Y: 556753,256; X: 4081165,316 olduğu konumda 9,53 m’lik bir kıyı oluşumu,

Y: 556456,608; X: 4080952,705 olduğu konumda 4,30 m’lik bir kıyı kaybı gözlemlenmiştir (Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21).



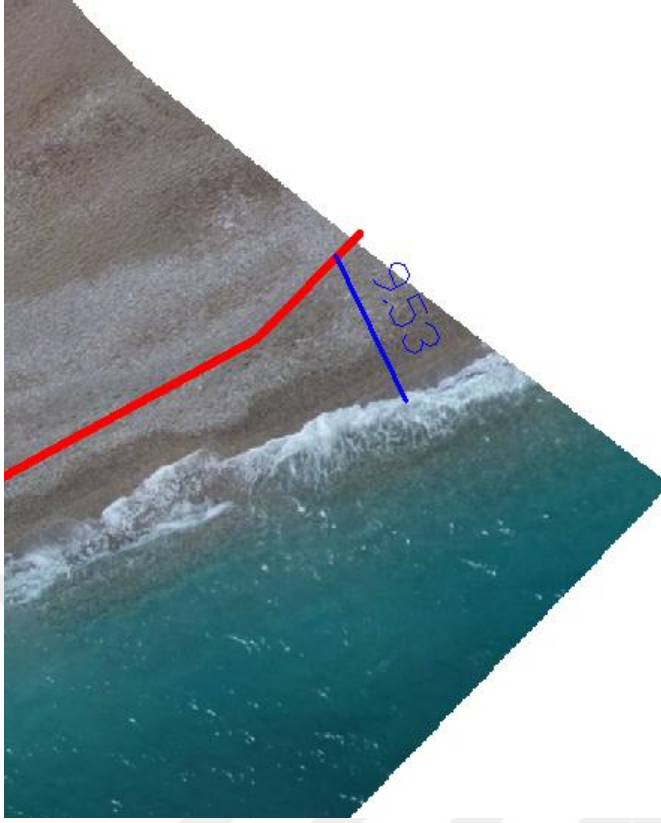
Şekil 4.17. Y: 555922,075; X: 4080383,015 konumunda 9,06 m’lik kıyı oluşumu



Şekil 4.18. Y: 555978,640; X: 4080450,561 konumunda 11,09 m’lik kıyı oluşumu



Şekil 4.19. Y: 556080,407; X: 4080568,272 konumunda 8,23 m’lik kıyı oluşumu



Şekil 4.20. Y: 556753,256; X: 4081165,316 konumunda 9,53 m’lik kıyı oluşumu

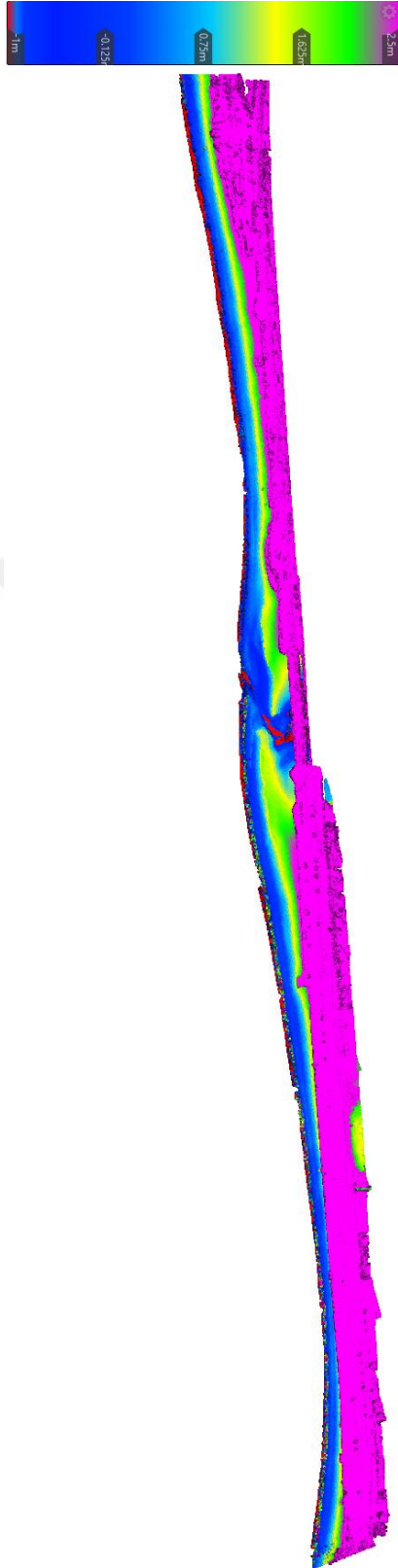


Şekil 4.21. Y:556456,608; X: 4080952,705 konumunda 4,30 m’lik kıyı kaybı



Şekil 4.22. 2006 – 2017 Yılları arası kıyı çizgisi değişimi Boğaçayı doğusu

- 2006 yılı kıyı kenar çizgisi
- 2006 yılı sabit tesisler



Şekil 4.23. 2017 Yılı Konyaaltı sahili Boğaçayı hattı - 1 m, +2,5 m arası yükseklik haritası

5. TARTIŞMA

Her ne kadar X, Y yönünde 2-3 cm civarında hassasiyete ulaşılmış olsa da yükseklik parametresinde bu hassasiyete ulaşmak mümkün olmamıştır. Ortalama 10 cm'lik bir yükseklik hassasiyeti ile çalışma tamamlanmıştır. Çalışma alanının kumsal olması da dikkate alındığında, ayak izlerinin bile 8-10 cm'lik değişimlerine sebep olduğu bir çalışma alanında bu hassasiyet değerleri kıyı profilinin belirlenmesi için yeterli kabul edilebilir. Yükseklik ölçümü mühendislik alanında önemli değişkenlere sahiptir. Jeodezik olarak yer ölçme biliminde uzunluk ve doğrultu ölçmeleri ayrı yükseklik ölçmeleri de ayrı değerlendirilmektedir. Uzunluk ve doğrultu ölçen gelişmiş jeodezik aletlerle yükseklik ölçmeleri yapılıyor olsa da tam ve doğru sonucu üretebilmek için nivo ile çalışmak doğru olanıdır. Üzerinde yaşadığımız dünya tektonik hareketlerle sürekli değiştiğinden, canlı bir yapıya sahiptir. Bu da sürekli olarak yükseklik parametrelerinin çok minimal de olsa değiştiğinin göstergesidir. Yükseklik hesaplamasının doğruya en yakın sonucunu üretebilmek için sabit noktalara bağlı olarak geçirilen ağdan faydalanılır. Ağın tüm noktalarında ölçümler hassas olarak nivo ile gerçekleştirilir. Elde edilen yükseklik değerleri dengeleme hesabı ile bulunmalıdır. Sonrasında kullanılan ağ noktaları yükseklikleri kontrollü olarak bulunmuş ve kullanılmaya hazır nokta yükseklikleridir. Bu ağ değerlerinden oluşan yüzey parametreleri de GPS'lere işlenmekte ve doğruya yakın yükseklik değerlerinin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Boğaçayı etrafında yapılmış çalışmada kullanılan GPS'e, Batı Antalya Jeoid Düzeltmesi değerleri dosya şeklinde eklenmiş ve bu dosyadan yararlanarak GPS ile yükseklikler hesaplanmıştır. Ancak GPS ile yükseklik hesabı çok hassas değildir. Bölgeye ait Jeoid düzeltmesi parametrelerini oluşturan ağdan faydalanırken enterpolasyonla yükseklik hesapladığından ve ayrıca görmüş olduğu uydu sayısına göre hesaplama yaptığından bir takım hataları beraberinde getirmektedir. Bu sebeple yapılan çalışmada elde edilen nokta bulutu değerleri hassasiyeti, yukarı açıklanan sebeplere bağlı GPS değerleriyle karşılaştırıldığından açıklanan bu durumun göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Kumsalda yapılan profil çalışmasının doğru bir sonuca ulaşabilmesi için çalışmanın zamana yayılması gerekmektedir. Kumsallar çok ani değişimlerin olduğu alanlar değildir. Yıllara bağlı olarak değişimlerin gözlemlenmesi gerekir. Çalışmayı yaparken bu konuyu dikkate alarak Boğaçayı'nın yakın çevresi seçilmiştir. Bu bölgede gerek belediye çalışmaları gerekse çayın hareketli yapısı sebebiyle mevsimsel değişimler oluşmuştur. Kıyı Mühendisliği açısından Antalya Konyaaltı Plajı gibi uzun bir şeridin 2,5 km'lik kısmı dikkate alınarak değerlendirilmesi tabi ki mümkün değildir fakat profil değişimlerinin tespiti ve ortofoto haritanın üretimi ile kıyı kenar çizgisinin belirlenmesi açısından yapılan fotogrametrik çalışma bir sonuca ulaşmıştır. Sonuçlar fotogrametrinin kısa süreli değişimlerin tespitinde (örneğin fırtına sonrası) kullanılabilir bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Çalışmanın yapıldığı zaman aralığı dikkate alındığında SHGM'nden izin almak uçuş imkânlarını oldukça kısıtlamıştır. Antalya bölgesinde yazın erken gelmesi sebebiyle halk ve işletmeler kumsalı değerlendirmektedirler. Şezlong ve insan kalabalığı düşünüldüğünde sahilde çalışma zamanı sıkıntısı çekilmiştir. Bu sebeplere ek olarak kullanılan İHA çok büyük bir yapıda olmadığından (DJI Phantom 4, DJI Phantom 2) 10 m/s'nin üstündeki rüzgâr hızları uçuşu olumsuz etkilemektedir. Bu da planlanan

zamanlarda ölçüm yapılabilme ihtimalini düşürmektedir.

Alım süresi ve sonuçları değerlendirildiğinde fotogrametri hızlı ve pratik bir yöntemdir. Bu tür çalışmaların uzun süreli olarak yapılabilmesi, belli aralıklarla tekrar kontrol edilebilmesi için sabit nokta tesisi olması gerekmektedir. Sabit noktaların korunaklı yerlerde olması ve İHA'lar tarafından görünebilir özelliklere sahip olması gerekir. Bu sayede fırtına öncesi ve sonrası durumların tespiti de yapılabilecektir. Çalışmada bu amaçla zemine boya ile YKN'ler tesis edilmiştir. Fakat boya zamana bağlı olarak silineceğinden belli aralıklarla yenilenmesi ya da daha sabit YKN tesisi şarttır. Çalışma yapılan bölgede Antalya Büyükşehir Belediyesi'nin "Konyaaltı Plajı" yenilemesi yapıldığından zemine tesis edilen bütün YKN'leri tahrip olmuştur. Bu çalışmanın devamının sağlanabilmesi için ilgili kurumlardan alınmış izinler ile zemine YKN'lerin yeniden tesis edilmesi gerekmektedir.

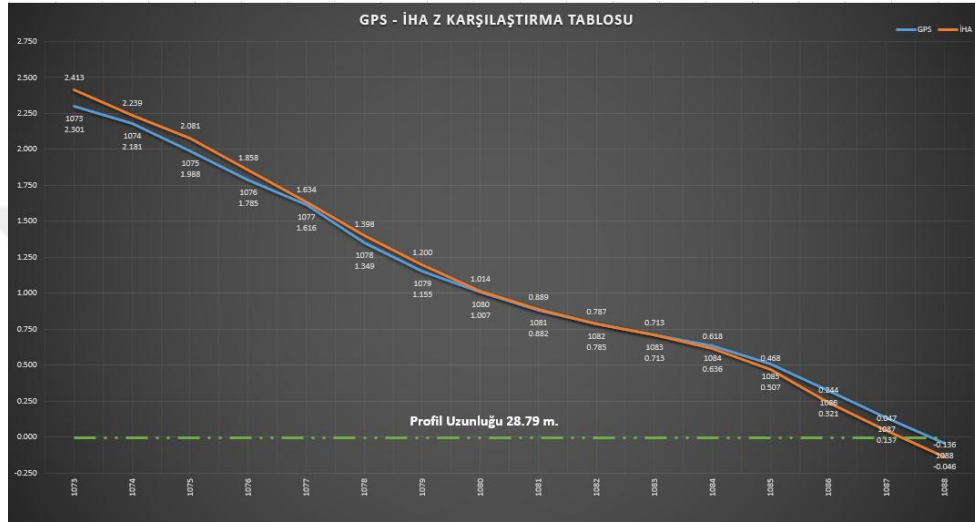
Elde edilmiş olan ortofoto, 3D harita ve nokta bulutu birçok çalışmaya altlık olabilecektir. Çalışma deniz dibinin batimetri haritası ile karada kıyı profil ölçümleri ile birleştirilir ise hem karadaki hem de deniz dibindeki değişim belirlenebilecektir. Değişimlerin belirlenmesi bölgenin kıyı morfolojisinin anlaşılabilmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmayla kıyı hattı boyunca profiller çıkartılmış ve değişimler incelenmiştir. Ayrıca ortofoto harita üretilip 2006 yılı ortofoto harita ile karşılaştırılmıştır. Boğaçayı'nın doğusunda 2006 yılından günümüze kıyı kazancının olduğu görülmektedir. Boğaçayı'nın batısında ise kıyı çizgisi halen 2006 yılı kıyı çizgisinden geridedir. Boğaçayı ve çevresinde işletme faaliyetlerinin (çakıl alımı) sonlandırılmasından günümüze Konyaaltı Plajı'nın çakıl yönünden iyileşmeye başladığı uygulama sonrasında oluşan ortofoto harita ile tespit edilmiştir. Boğaçayı'nda yapılması planlanan limandan sonra plajda kayıpların tekrardan yaşanmaya başlayıp başlamayacağını belirlemek için yapılan bu çalışma önem taşımaktadır. Google Earth'den alınan verilerle bu tespitleri yapmak gecikmeli olarak mümkündür fakat hassas sonuçlar üretmez. Yapılan bu çalışmada hassasiyet cm düzeyindedir.

Nokta bulutu ile çalışıldığından oluşturulmuş haritanın her noktasından, istenilen genişlikte profiller almak mümkündür. GPS ile çalışılırken bir şerit boyunca çizgisel datalar alınabildiğinden profil çalışmasına nokta bulutu uygulamasının çok daha uygun olduğunu söylemek gerekir. Ayrıca GPS ile data alınırken aynı noktaları bir sonraki alımda tutmak pratik değildir ve iş akışını oldukça yavaşlatacaktır. Bu nedenle nokta bulutu ile çalışmak daha avantajlıdır.

6. SONUÇLAR

Çalışmada öncelikle X,Y ve Z yönünde hata sınırları dikkate alınmış, özellikle profil karşılaştırması yapılacağı için Z analizi esas tutulmuştur. Bütün profillerde okunmuş GPS noktalarının etrafında yer alan nokta bulutlarının ortalamaları ile karşılaştırılmıştır. Bu dataların grafik verileri de elde edilmiş ve sunulmuştur. Bu karşılaştırmada 15 Ekim 2016 İHA ve 23 Ekim 2016 GPS datalarından faydalanılmıştır ve Z yönünde ortalama 10 cm'ye yakın hassas veriler elde edilmiştir (Şekil 6.1, Çizelge 6.2).

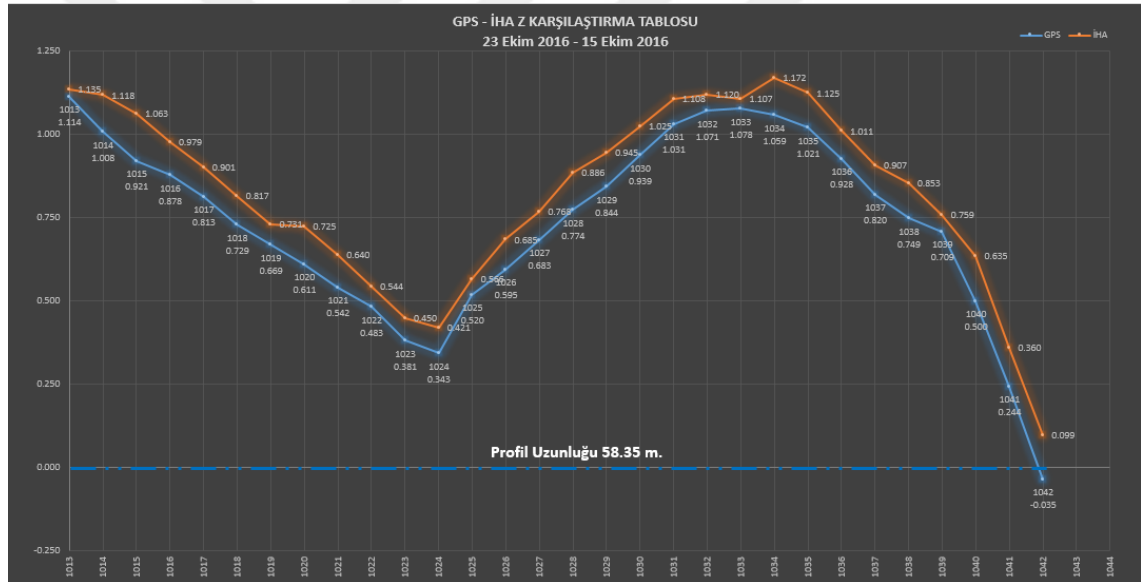


Şekil 6.1. Boğaçayı doğusu 3. Profil 15 Ekim 2016 İHA – 23 Ekim 2016 GPS profil karşılaştırması

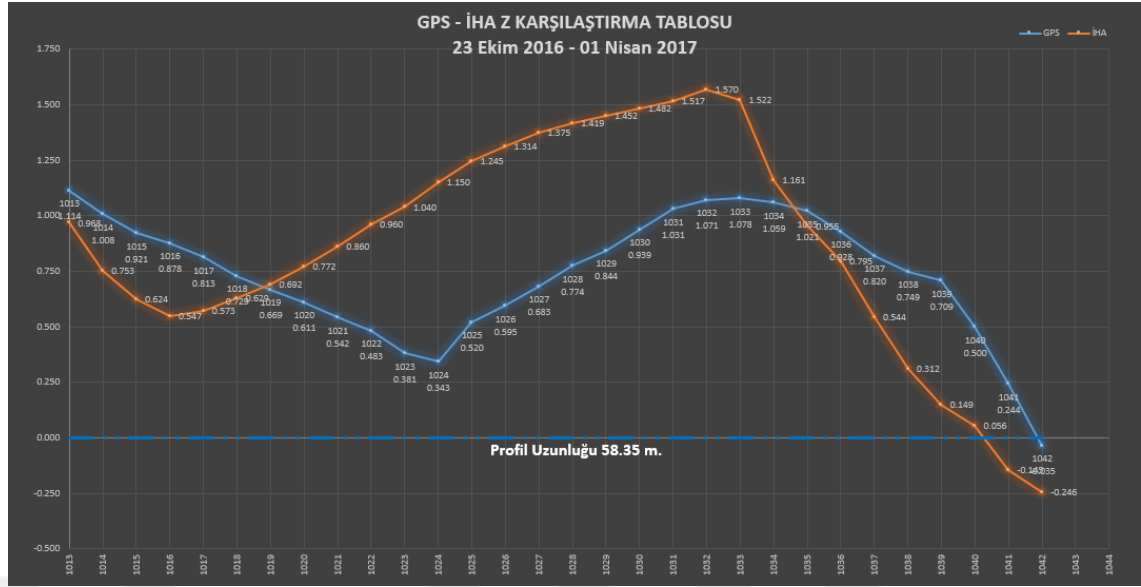
Çizelge 6.1. Boğaçayı doğusu 3. Profil 15 Ekim 2016 İHA – 23 Ekim 2016 GPS karşılaştırması

Noktalar Arası Mesafe		3. Profil						
		SN	NN	Y	X	Z_GPS	Z_İHA	Z_İHA_ORT
Başlangıç	0	1	1073	556073.254	4080595.829	2.301	2.413	2.413
1073-1074	1.92	2	1074	556074.466	4080594.341	2.181	2.239	2.239
1074-1075	1.89	3	1075	556075.598	4080592.826	1.988	2.081	2.081
1075-1076	1.77	4	1076	556076.600	4080591.360	1.785	1.858	1.858
1076-1077	1.97	5	1077	556077.771	4080589.775	1.616	1.634	1.634
1077-1078	2.08	6	1078	556079.058	4080588.147	1.349	1.398	1.398
1078-1079	1.99	7	1079	556080.356	4080586.640	1.155	1.200	1.200
1079-1080	2.18	8	1080	556081.796	4080585.002	1.007	1.014	1.014
1080-1081	2.09	9	1081	556083.264	4080583.511	0.882	0.889	0.889
1081-1082	1.71	10	1082	556084.399	4080582.239	0.785	0.787	0.787
1082-1083	1.99	11	1083	556085.762	4080580.787	0.713	0.713	0.713
1083-1084	1.77	12	1084	556086.942	4080579.474	0.636	0.618	0.618
1084-1085	1.86	13	1085	556088.252	4080578.156	0.507	0.468	0.468
1085-1086	2.04	14	1086	556089.717	4080576.738	0.321	0.244	0.244
1086-1087	2.01	15	1087	556091.128	4080575.302	0.137	0.047	0.047
1087-1088	1.52	16	1088	556092.222	4080574.240	-0.046	-0.136	-0.136
Uzunluk	28.79							
YF	2.347							
YF/PU	8.15%							
NAMO	2.06							

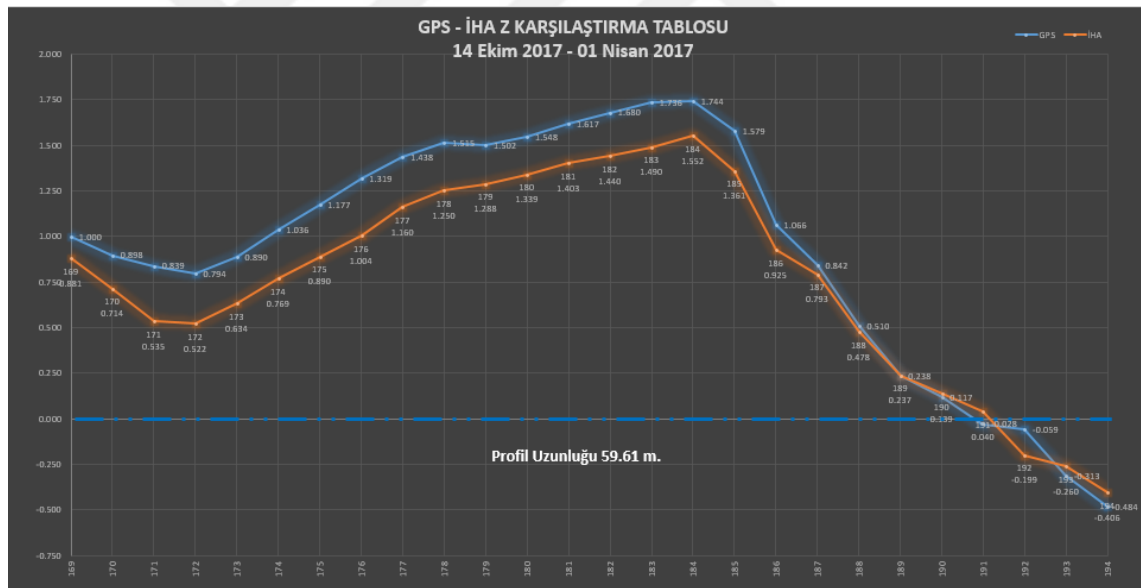
Bu hassasiyet verilerinden yola çıkarak 23 Ekim 2016 GPS ve 01 Nisan 2017 İHA, 14 Ekim 2017 GPS ve 01 Nisan 2017 İHA, 01 Ocak 2018 GPS ve 01 Nisan 2017 İHA verileri birbiriyle karşılaştırılmıştır. Profil değişimleri zamana bağlı elde edilmiş olup ek’de sunulmuştur. Özellikle Boğaçayı’na yakın profillerde çay ağzı olma sebebiyle önemli değişiklikler gözlemlenmiştir. Boğaçayı’nın batı ve doğusunda yer alan 1. Profillerde belediyenin iş makinaları ile yaptığı düzenlemeler yer yer yaklaşık 80 cm’lik farklar oluşturmaktadır. Daha sonraki alımlarda kumsalın kendi doğal formunu oluşturduğu görülmektedir (Şekil 6.2, Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5). Boğaçayı’ndan uzaklaşınca profil değişimlerinde nispeten daha düzenli değişimler görülmektedir (Şekil 6.6, Şekil 6.7). Çünkü derelerin denizle buluştuğu noktalarda sürekli bir değişim olmakta bu da tespitler açısından yanıltıcı olabilmektedir. Kıyı şeridi boyunca mevsimsel değişimlerin değerlendirilmesi, profil değişimlerinin izlenmesi için daha uzun sürelerle ihtiyaç vardır. Boğaçayı’nın yakın çevresinin profillere dâhil edilmesinin sebebi değişimlerin daha belirgin olduğu bölgelerde tespit edilebilirliğinin ve hassasiyetin sınanmasıdır. Bu sayede çalışma amacına ulaşacak, hızı ve güvenilirliği test edildikten sonra da fırtına öncesi ve sonrası etkilerin araştırılmasında kullanılabilir olduğunun ispatı yapılmış olunacaktır.



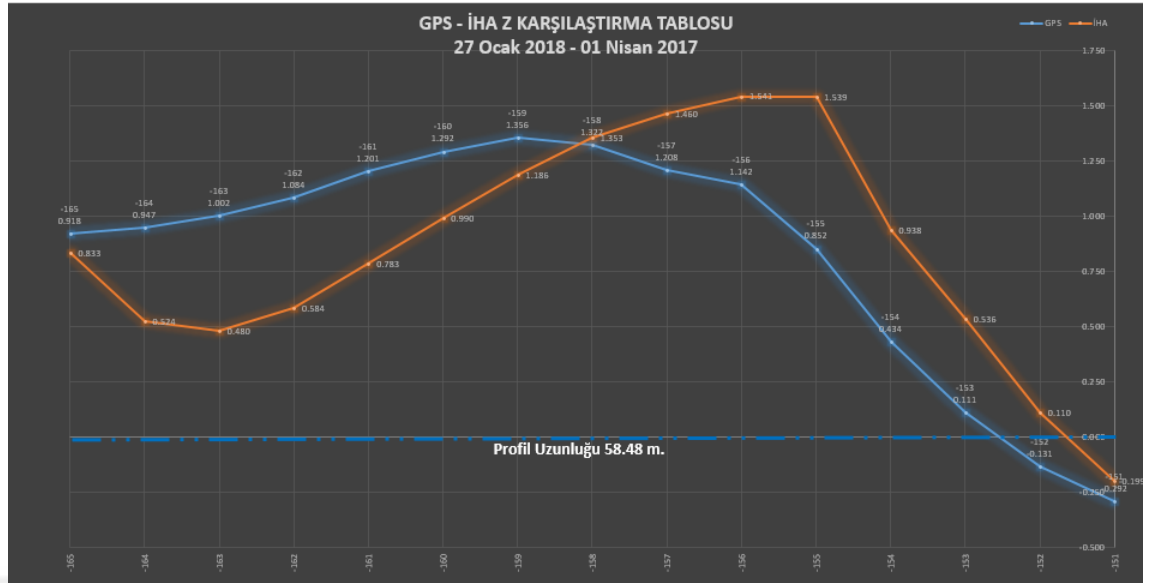
Şekil 6.2. Boğaçayı doğusu 1. Profil 15 Ekim 2016 İHA – 23 Ekim 2016 GPS profil karşılaştırması



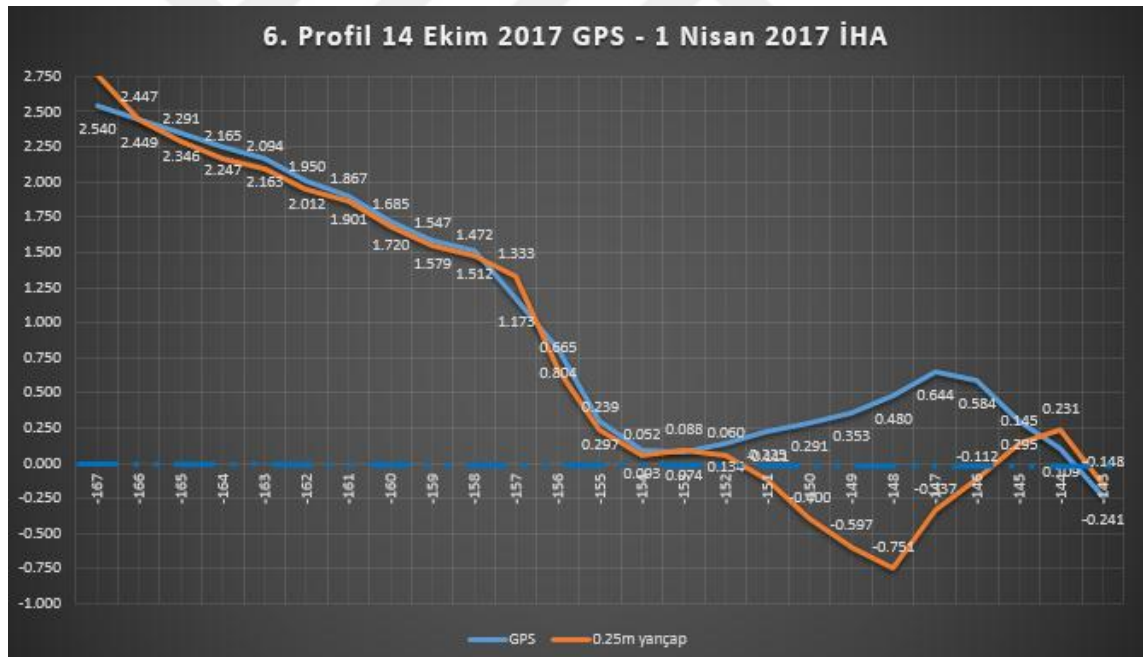
Şekil 6.3. Boğaçayı doğusu 1.Profil 23 Ekim 2016 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması



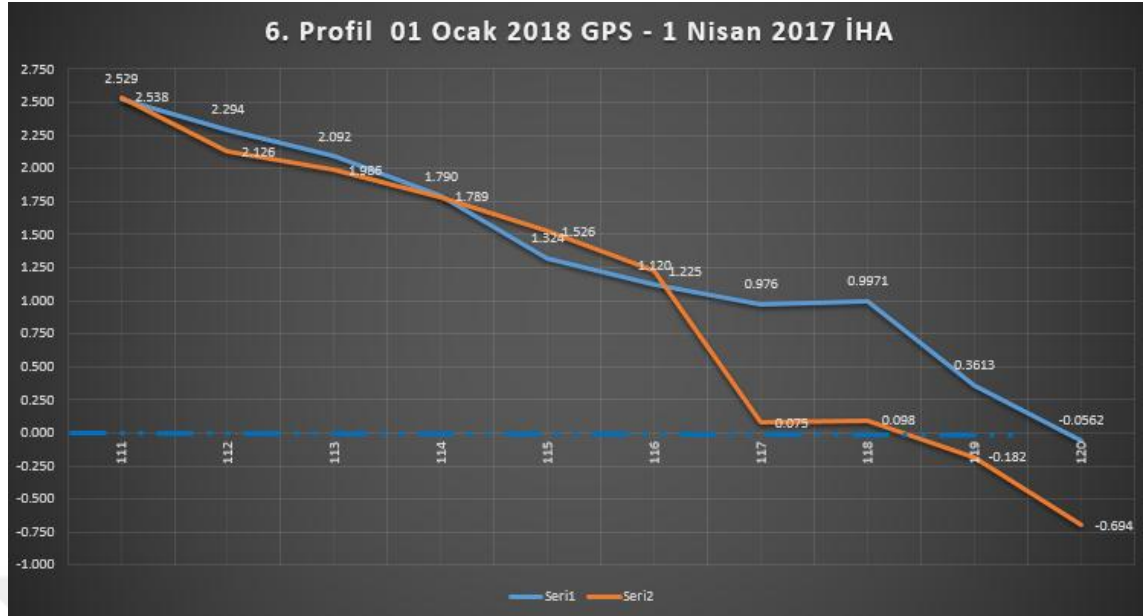
Şekil 6.4: Boğaçayı doğusu 1.Profil 14 Ekim 2017 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması



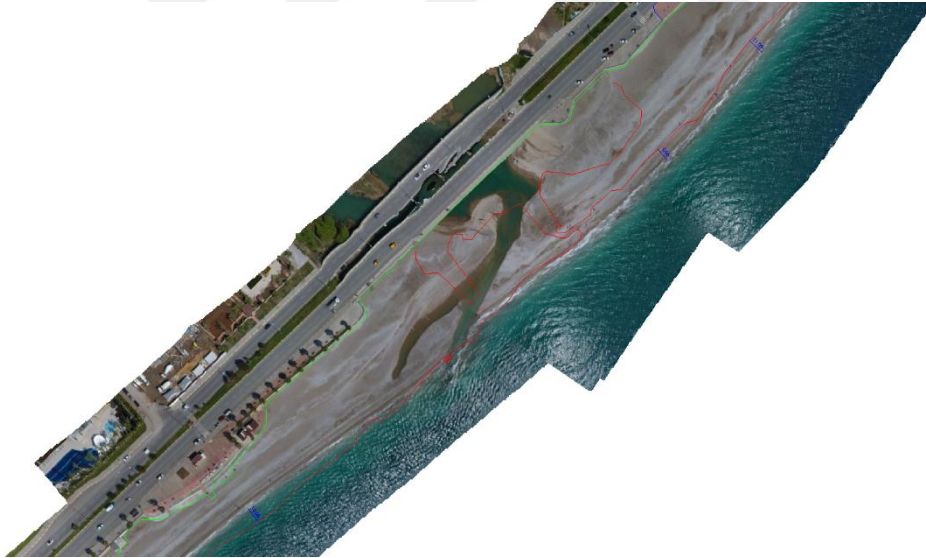
Şekil 6.5. Boğaçayı doğusu 1.Profil 01 Ocak 2018 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması



Şekil 6.6. Boğaçayı doğusu 6.Profil (Boğaçayı batısı ilk profil) 14 Ekim 2017 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması



Şekil 6.7. Boğaçayı doğusu 6.Profil (Boğaçayı batısı ilk profil) 01 Ocak 2018 GPS – 01 Nisan 2017 İHA profil karşılaştırması



Şekil 6.8. Boğaçayı bölgesi 2006 yılı ortofoto haritasından elde edilmiş vektör kıyı çizgisi ile 2017 yılında oluşturulmuş ortofoto haritanın çakıştırılmış görünümü

- 2006 yılı kıyı kenar çizgisi
- 2006 yılı sabit tesisler

2006 yılında birçok çalışmaya altlık olması amacı ile Antalya bölgesinin ortofoto haritaları üretilmiştir. Tam bu noktada amacına yönelik olarak hizmet edecek olan ortofoto harita 2017 yılında ürettiğimiz ortofoto harita ile karşılaştırılmıştır. 2,2 km’lik bir hat boyunca ürettiğimiz ortofoto harita 2006 yılı ile çakıştırılarak sonuçlar üretmemize yardımcı olmuştur. Bu çalışma ile Boğaçayı’nın

doğusundaki kıyı şeridinde birikme ve batısında ise hala erozyonun devam ettiği belirlenmiştir. 1995 tarihinde İl Mahalli Çevre Kurulu, Boğaçayı'nda ruhsatlı taş ve kum-çakıl ocaklarının, ruhsatlarının bitimine müteakip ruhsatların uzatılmaması yönünde bir karar almıştır ve bu tarihten itibaren yeni talepler ve ruhsat uzatma talepleri dikkate alınmamıştır. Bölgede, 1901 yılından bu yana yürürlükte olan Taş Ocakları Nizamnamesi'ne göre verilmiş, en son ruhsat 1998 tarihinde sona ermiştir. Ancak bu tarihten itibaren faaliyetlerine ruhsatsız olarak devam eden özel kişi ile kamu kurum ve kuruluşlar mevcuttur. Bu işletmelerin de faaliyetlerine ilerleyen yıllarda son verilmiştir (Tür vd. 2005). İlegal malzeme alım faaliyetlere son verilmesinin nedeni kumsalı oluşturan çakılların Boğaçayı kaynaklı olarak beslenmesinin devamını sağlamaktır. Belirtilen tarihlere kadar malzeme alımları neticesinde yaşanmış olan kıyı kaybı 2006 yılı ile 2017 yılı karşılaştırmasında iyileşme ile kendini göstermiştir (Şekil 6.8). İlerleyen yıllarda gerçekleştirilmesi planlanan kıyı projelerinin etkilerinin öngörülebilmesi açısından çalışma büyük önem arz etmektedir.



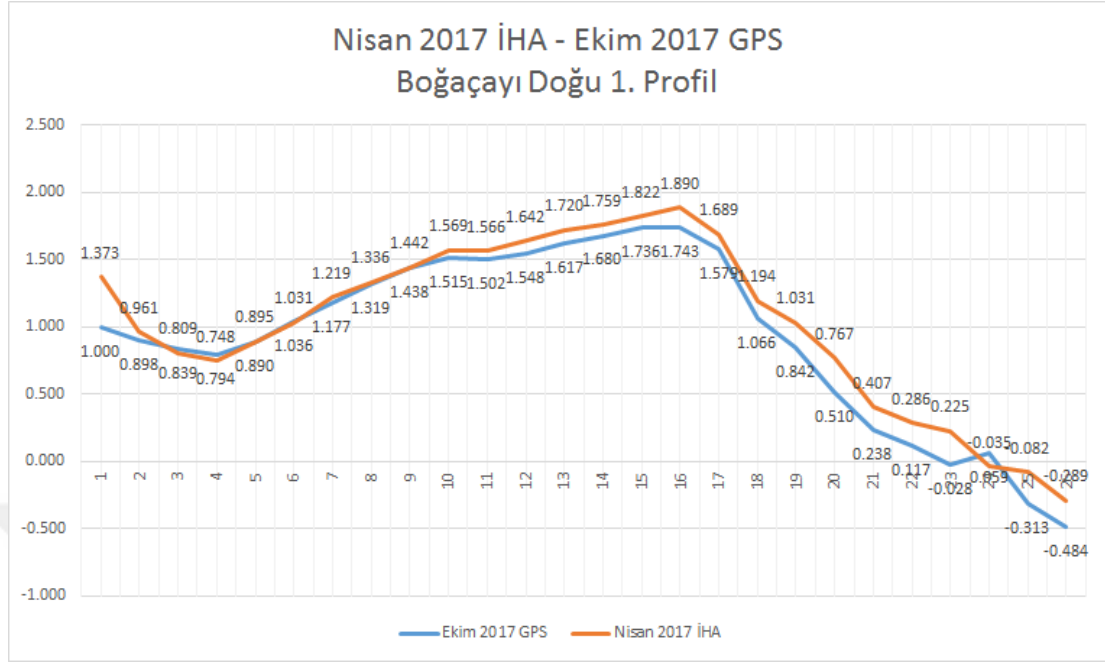
7. KAYNAKLAR

- Adamo F., Capua C.D., Filianoti P., Lanzolla A.M.L., Morello R. 2014. A coastal erosion model to predict shoreline changes, *Measurement* vol.47 734-740
- Antalya Büyük Şehir Belediyesi (Konyaaltı) 2018. İmar ve Kentsel İyileştirme Çalışmaları <https://www.antalya.bel.tr/calismalarimiz/imar-ve-kentsel-iyilestirme-calismalari/konyaalti-sahili>
- Avdan U., Şenkal E., Çömert R., Tuncer S. 2014. İnsansız Hava Aracı ile Oluşturulan Verilerin Doğruluk Analizi, V. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu* UZAL-CBS 2014, İstanbul
- Aydın M., Uysal M. 2014. Risk assessment of coastal erosion of Karasu coast in Black, Sea *Journal of Coastal Conservation* vol.18 673-682
- Aykut N.O., Doğan U., Ata E., Arı A. 2005. 2. *Ulusal Mühendislik Ölçümleri Sempozyumu*, İstanbul
- Bellezza P., Grimaccia, F., Masini 2014. Airborne Unmanned Monitoring System for Coastal Erosion, *Assessment Engineering Geology For Society And Territory* vol.4, 115-120
- Casellaab E., Roverede A., Pedroncinig A., Mucerinoa L. Casellaf M., Cusatig L. A. Vacchibc M., Ferraria M., Firpoa M. 2014. Study of wave runup using numerical models and low-altitude aerial Photogrammetry, *A tool for coastal management Estuarine Coastal And Shelf Science* vol.149, 160-167
- Cimrin, H. 2016. Konyaaltı Plajı, <https://www.sabah.com.tr/akdeniz/2016/07/11/konyaalti-plaji>
- Gonçalves J.A., Henriques R. 2015. UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas, 2015 *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* vol.104 101-111
- Harwin S., Lucieer A. 2012. Assessing the Accuracy of Georeferenced Point Clouds Produced via Multi-View Stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV), *Imagery Remote Sensing* vol.4, 1573-1599
- Immanuvel D., Mukesh V. 2016. Long-and short-term variations in shore morphology of Van Island in gulf of Mannar using remote sensing images and DSAS analysis, *Arabian Journal of Geosciences* vol.9 756
- James MR., Quinton J.N. 2014. Ultra-rapid topographic surveying for complex environments: the hand-held mobile laser scanner (HMLS), *Earth Surface Processes and Landforms* vol.39 138-142
- Jayanthi M., Thirumurthy S., Samynathan M., Duraisamy M., Muralidhar M., Ashokkumar J., Vijayan KK. 2018. Shoreline change and potential sea level rise impacts in a climate hazardous location in southeast coast of India Environmental, *Monitoring and Assessment* vol.190
- Konuk A. 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri İçin Temel İstatistik Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayını: 1292, Ders Kitabı, Eskişehir, pp. 37-39, 47-60
- Kyoungah C., Impyeong L. 2016. Accuracy Analysis of Coastal Area Modeling through UAV Photogrammetry Korean, *Journal Of Remote Sensing* vol. 32 657-672

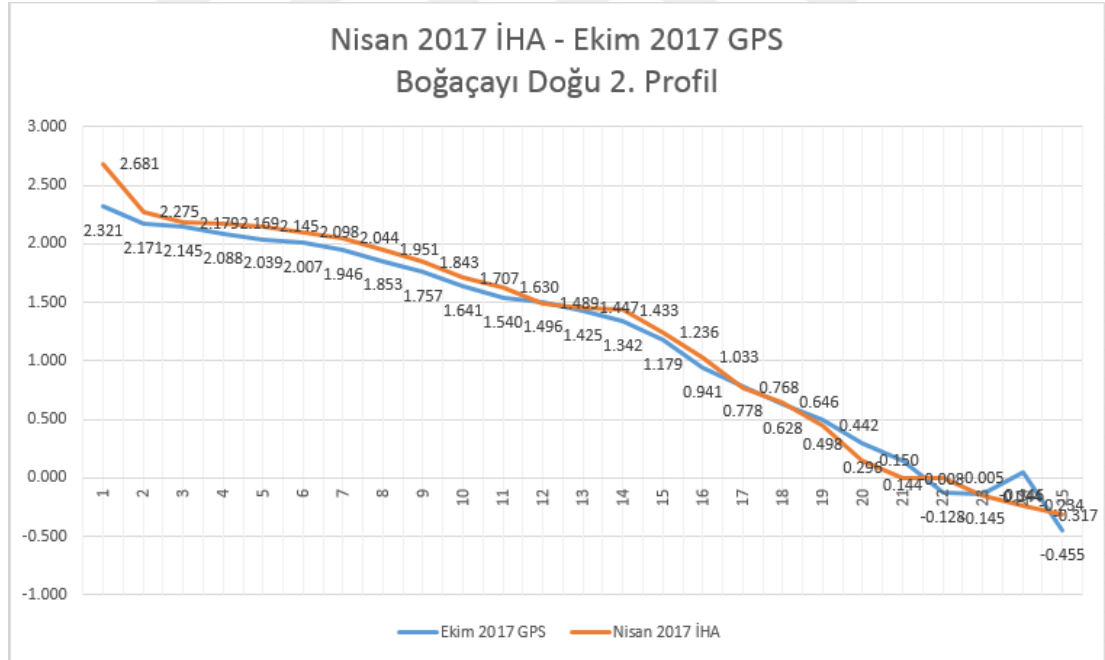
- Liu QX., Trinder J., Turner IL. 2017. Automatic super-resolution shoreline change monitoring using Landsat archival data: a case study at Narrabeen-Collaroy Beach, *Australia Journal Of Applied Remote Sensing* vol.11
- Long, N., Millesamps, B., Pouget, F. 2016. Accuracy Assessment Of Coastal Topography Derived From UAV Images, *International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences* vol.41, 1127-1134
- Mahabot, Marie-Myriam, Marion J, Pennober, Gwenaelle 2017. The basics for a permanent observatory of shoreline evolution in tropical environments; lessons from back-reef beaches in La Reunion Island *Comptes Rendus, Geoscience* vol. 349, 330-340
- Mohanty PK., Barik SK., Kar PK., Behera B., Mishra P. 2015. Impacts of Ports on shoreline change along Odisha coast, *Procedia Engineering* vol.116 647-654
- Niculescu, D., Vlasceanu, E. 2017. Unnamed Aerial Vehicle (UAV) Technology In Monitoring Of Coastal Cliffs, *Journal of environmental protection and ecology* 1202-1212
- Niculescu, Dragos, Vlasceanu, Elena, Omer, Ichinur 2015. The Monitoring Of The Romanian Littoral Cliffs Using Automatic Flight Systems, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference - SGEM* 1187-1194
- Obanawa, H. 2015. Quantitative Measurement Of The Topographic Change At Overhanging Sea Cliff With Small UAV Survey System, *IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing IGARSS* 4684-4687
- Papakonstantinou, Apostolos; Topouzelis, Konstantinos; Pavlogeorgatos, Gerasimos 2016. Coastline Zones Identification and 3D Coastal Mapping Using UAV Spatial Data, *ISPRS International Journal Of Geo-Information* Vol.5, 75
- Puijenbroek M., Nolet C., Groot A., Suomalainen J., Riksen M., Berendse F. ve Limpens J. 2017. Exploring the contributions of vegetation and dune size to early dune development using unmanned aerial vehicle (UAV) imaging, *Biogeosciences*, vol.14, 5533–5549
- Puijenbroek M., Nolet C., Groot A., Suomalainen J., Riksen M., Berendse F., Limpens J. 2017. Exploring the contributions of vegetation and dune size to early dune development using unmanned aerial vehicle (UAV) imaging, *Biogeosciences* vol.14 5533-5549
- Smith D.P. 2001. Accuracy of Rectification Using Topographic Map versus GPS Ground Control Points, *IEEE Transactions On Pattern Analyses and Machine Intelligence* Vol 14 (10): 965-980.
- Şeker D.Z., Köroğlu A., Kabdaşlı M.S., Karabörk H., Göktepe A., Varol E. 2011. Yersel Lazer Tarayıcıların Kıyılardaki Profil Değişimlerinin İzlenmesinde Kullanımı, 7. Kıyı Sempozyumu 537-543, Trabzon
- Temiz F., Durduran S. 2016. Monitoring Coastline Change Using Remote Sensing and GIS Technology: A case study of Acigol Lake Turkey, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* vol.44

- Tuan NQ., Tin HC., Doc LQ., Tuan TA. 2017. Historical Monitoring of Shoreline Changes in the Cua Dai Estuary, Central Vietnam Using Multi-Temporal Remote Sensing Data, *Geosciences* vol.7
- Turner, Ian L., Harley, Mitchell D., Christopher D. 2016. UAVs for coastal surveying, *Coastal Engineering* vol. 114, 19-24
- Tür R., Oğuz C. 2005. Boğaçayı Havzasından İlegal Malzeme Alımı ve Çevreye Olumsuz Etkileri, *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi* , 61-73.
- Üstün A. 1996. Datum dönüşümleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1996.
- Vuruşkan A. 2009. Antalya Kentindeki Doğal Sit Alanlarına İlişkin Sorunların İrdelenmesi, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 179-190
- Weng J. 1992. Camera calibration with distortion models and accuracy evaluation, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* Vol 67 (5): 565-570.
- Yaşayan A., Uysal M, Varlık A. ve Avdan U. 2011. Fotogrametri Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayını: 1292, Ders Kitabı, Eskişehir, pp. 4-5-14-51-52
- Yılmaz V. 2013. İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*,
- Yılmaz V., Akar A., Akar Ö., Güngör O., Karlı F., Gökalep E. 2013. İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB'2013)*
- Yoo C., Oh T.S. 2016. Beach Volume Change Using UAV Photogrammetry Songjung Beach, Korea, *International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences* vol.41, 1201-1205
- Zhang X.,Zhang Y., Ji Y., Zhang Y., Yang Z. 2018. *Marine Geology* vol. 395, 188-197
- Anonymous 1: <https://epsg.io/5254> [Son erişim tarihi: 11.06.2017]
- Anonymous 2: <http://www.isprs.org> [Son erişim tarihi: 11.06.2017]

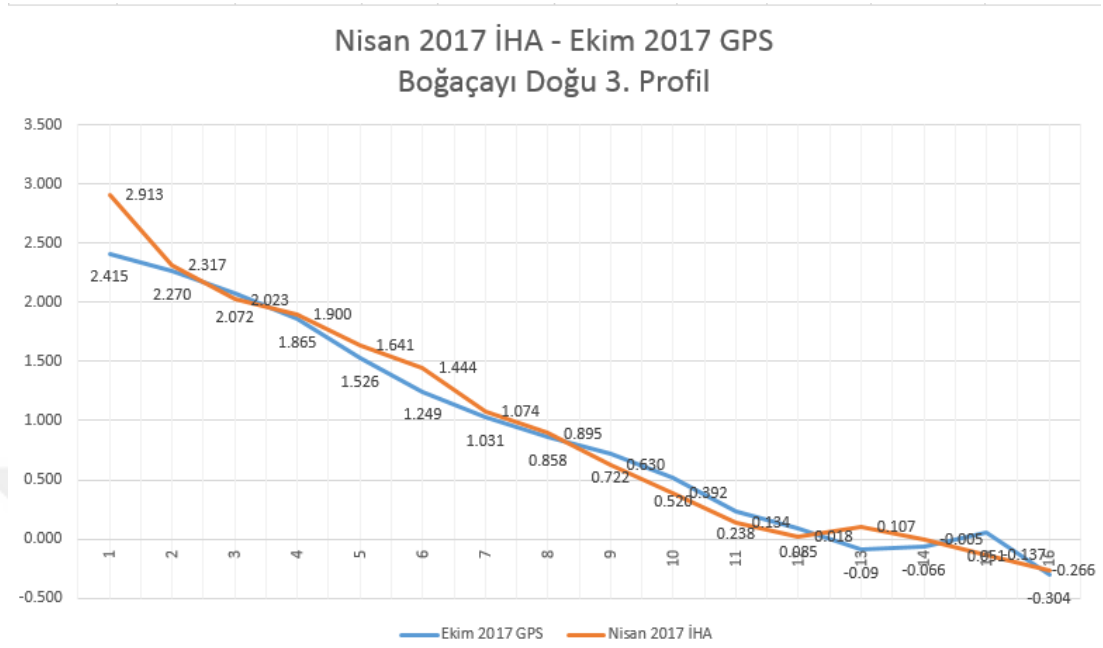
8. EKLER



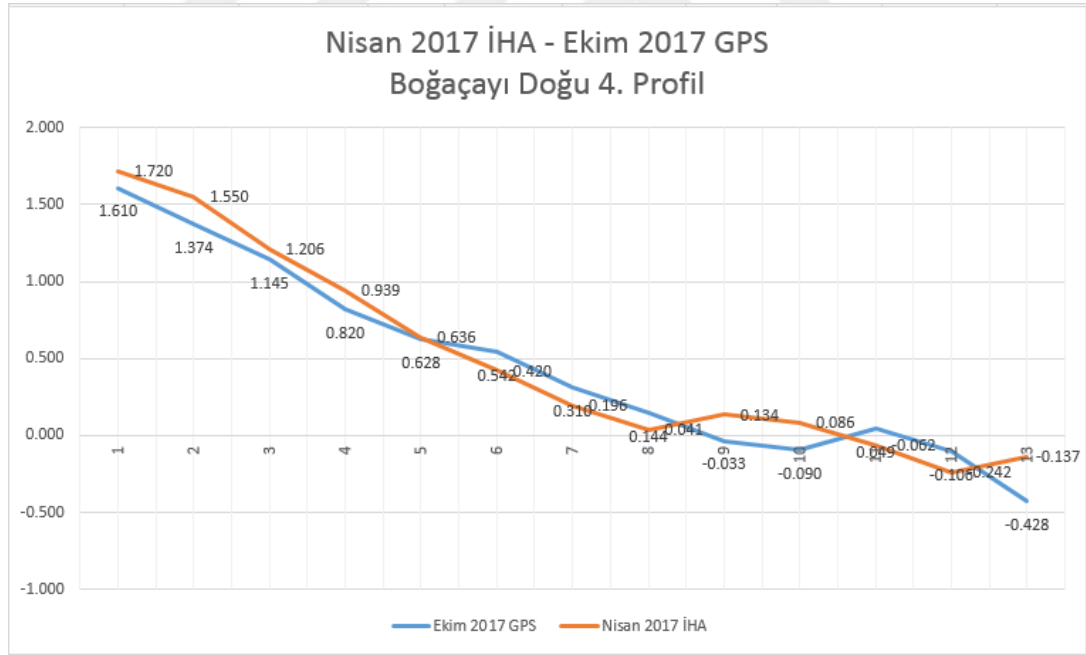
8.1. EK 1 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 1. Profil



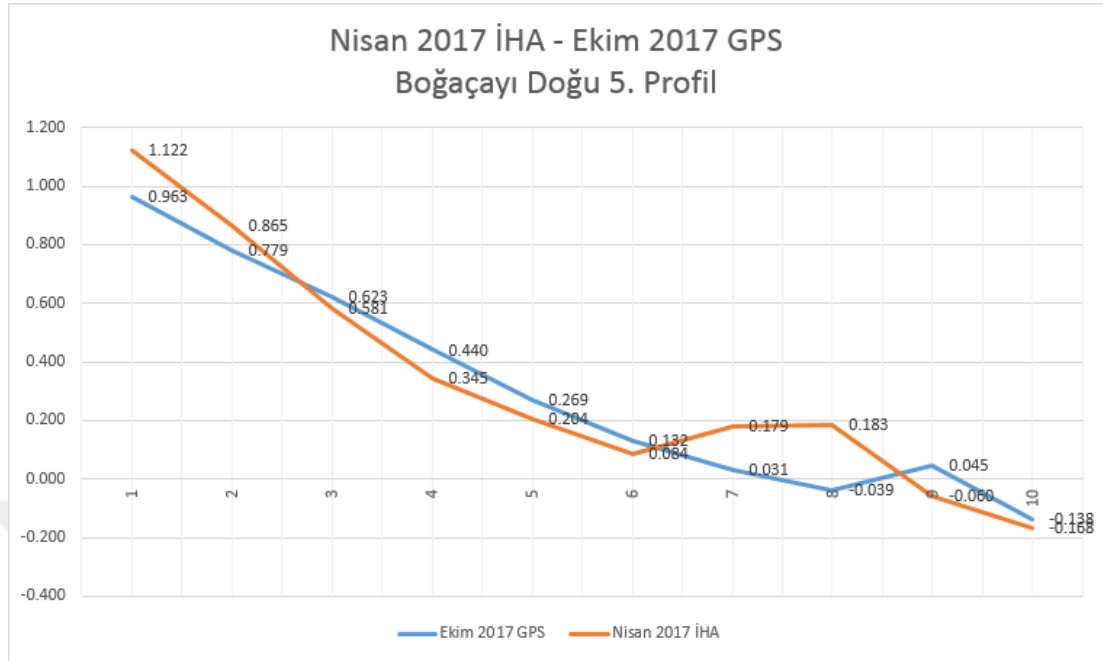
8.2. EK 2 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 2. Profil



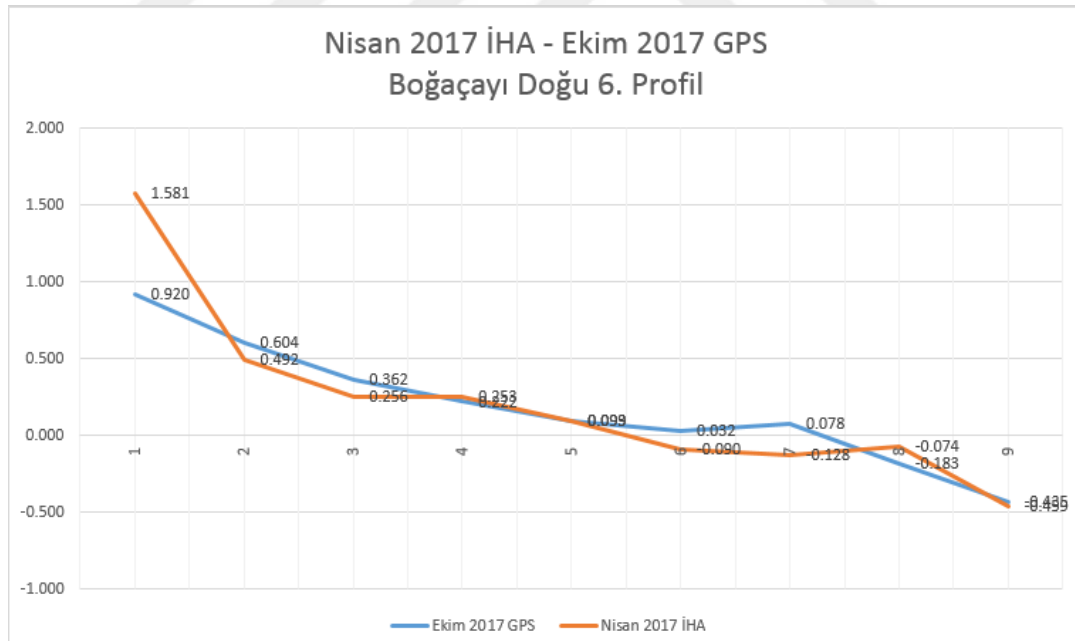
8.3. EK 3 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 3. Profil



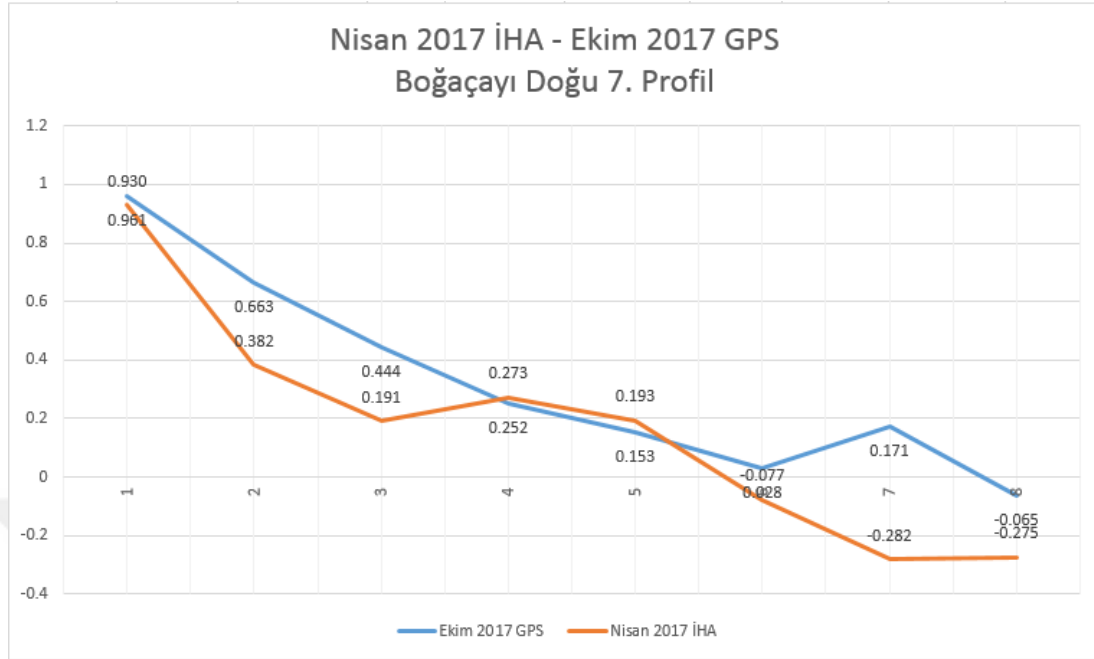
8.4. Ek 4 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 4. Profil



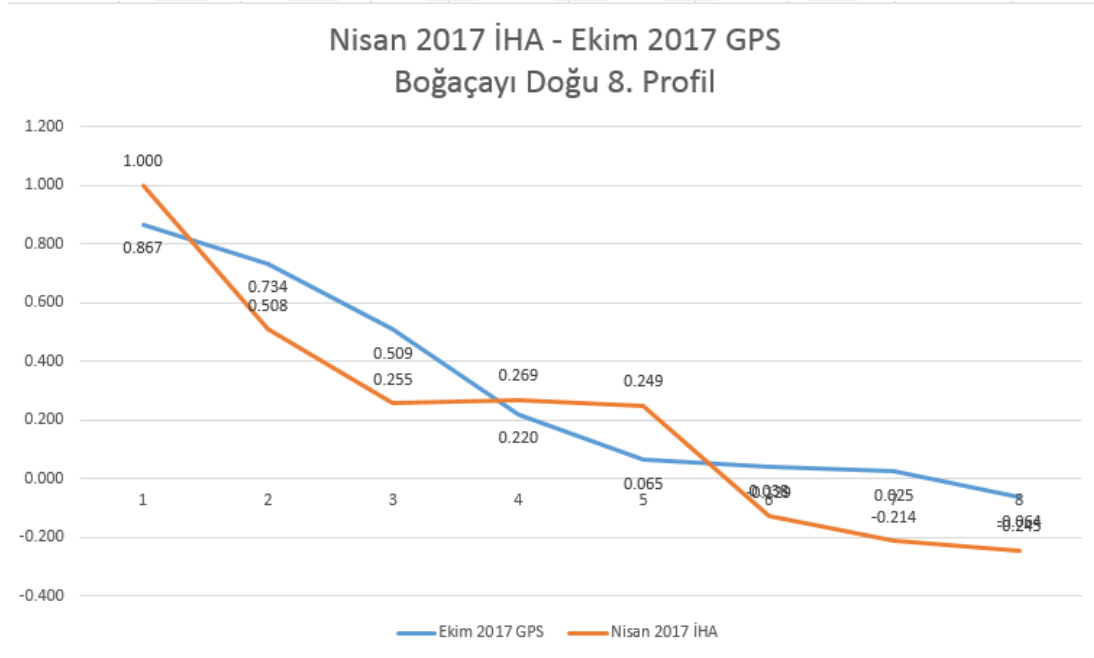
8.5. EK 5 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 5. Profil



8.6. EK 6 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 6. Profil

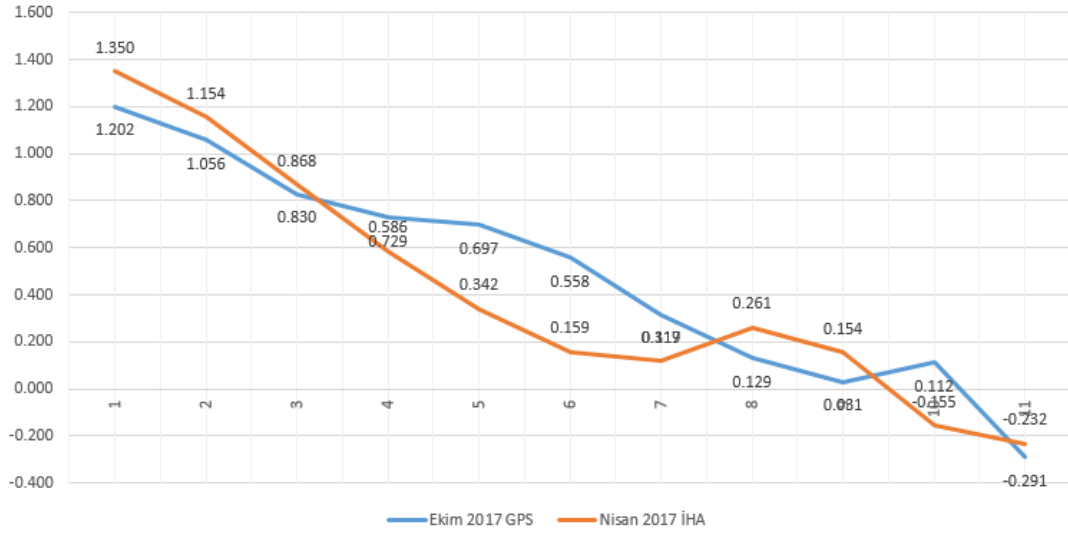


8.7. EK 7 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 7. Profil



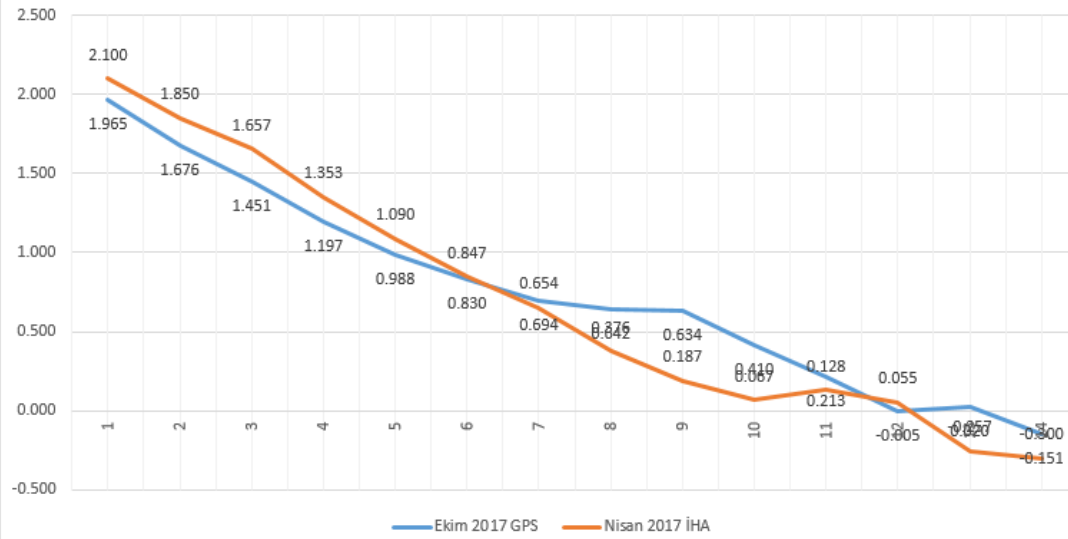
8.8. EK 8 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 8. Profil

Nisan 2017 İHA - Ekim 2017 GPS
Boğaçayı Doğu 9. Profil

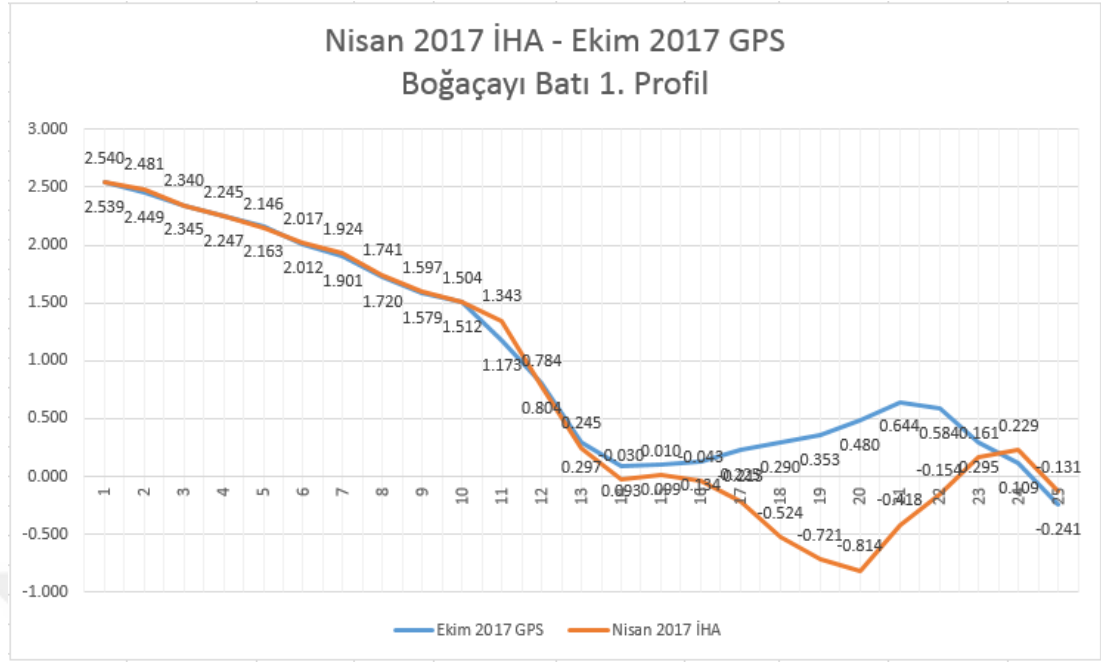


8.9. EK 9 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 9. Profil

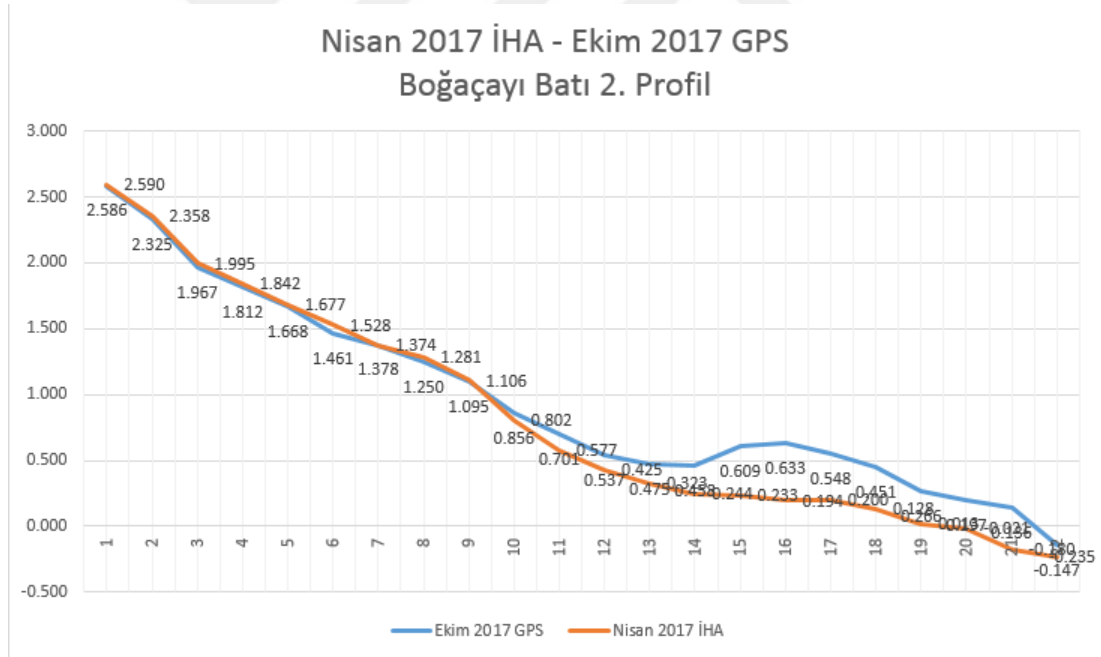
Nisan 2017 İHA - Ekim 2017 GPS
Boğaçayı Doğu 10. Profil



8.10. EK 10 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Doğu 10. Profil

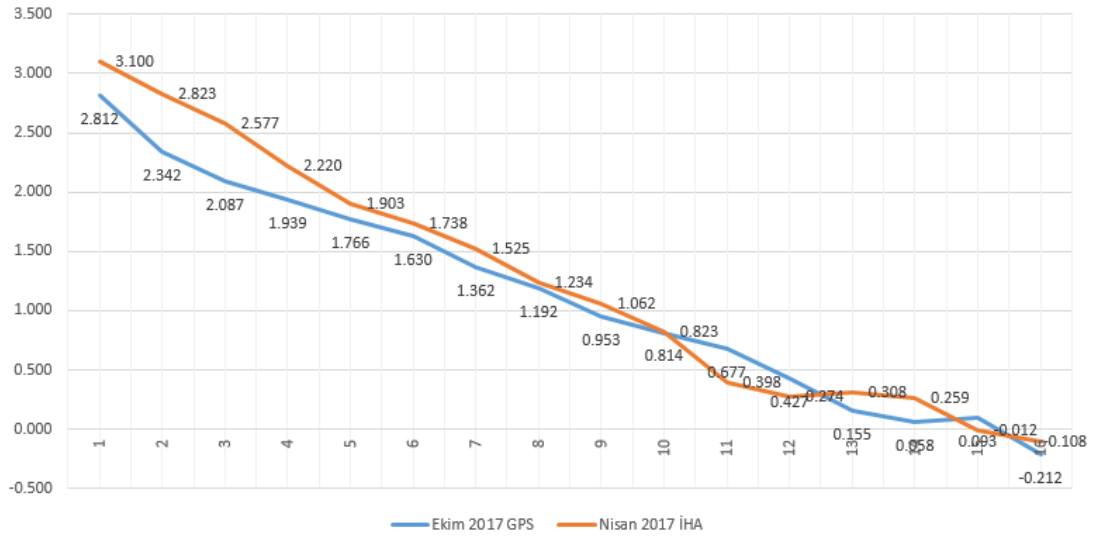


8.11. EK 11 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 1. Profil



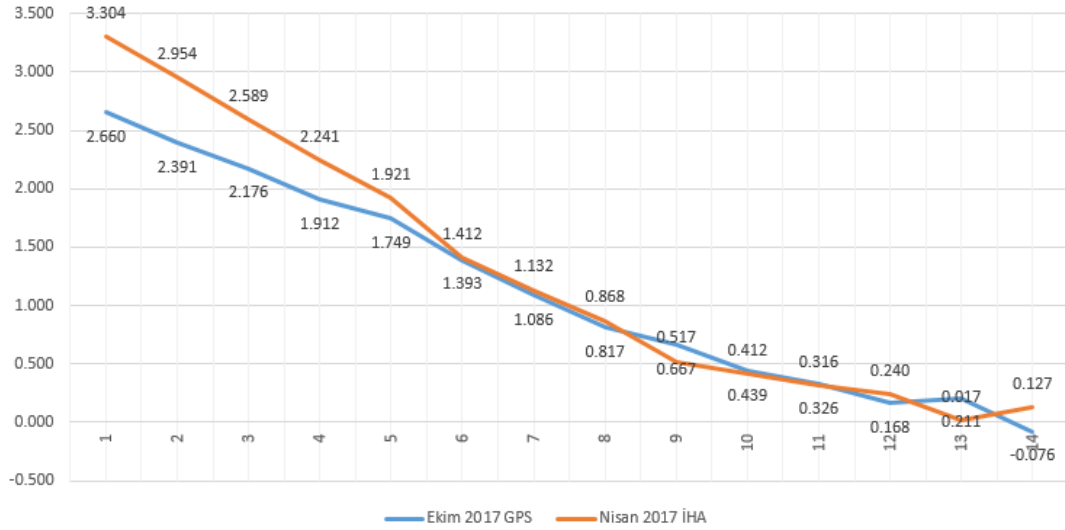
8.12. EK 12 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 2. Profil

Nisan 2017 İHA - Ekim 2017 GPS
Boğaçayı Batı 3. Profil

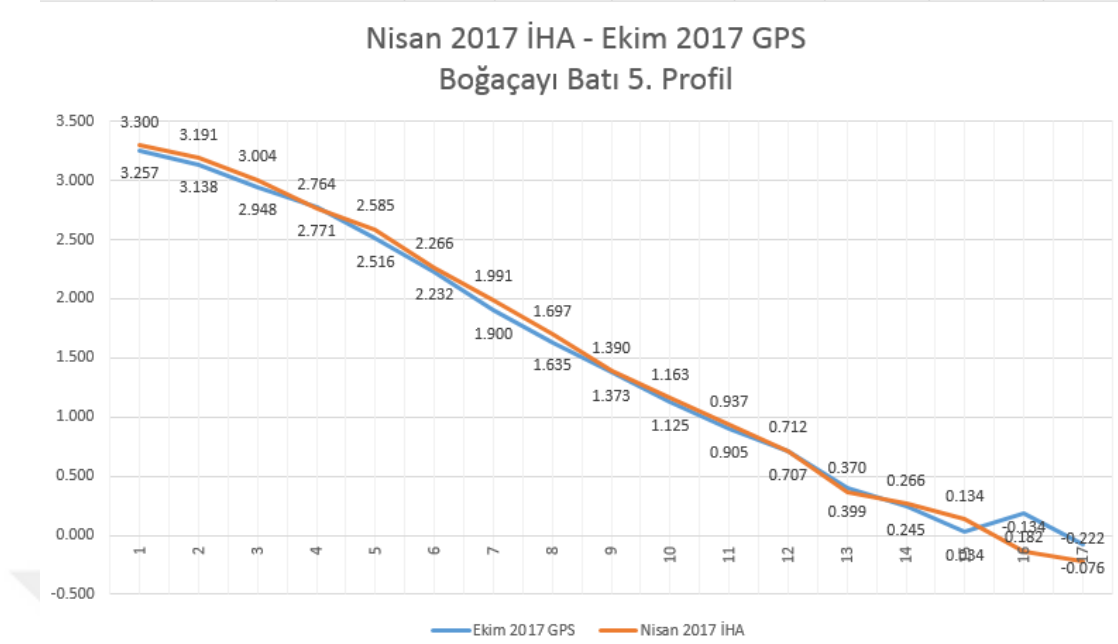


8.13. EK 13 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 3. Profil

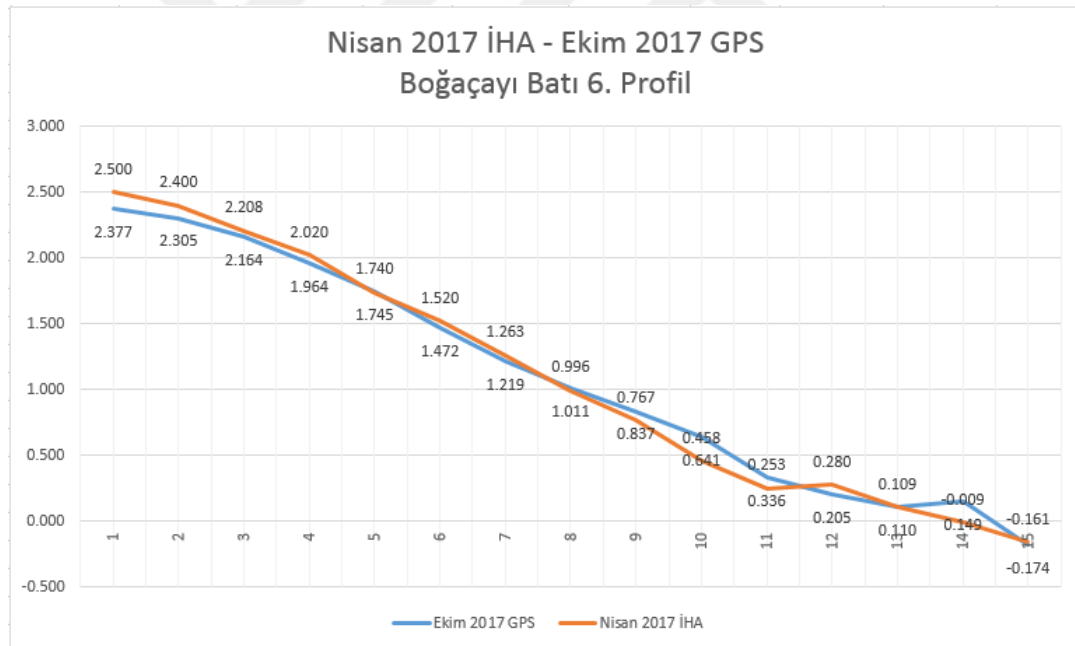
Nisan 2017 İHA - Ekim 2017 GPS
Boğaçayı Batı 4. Profil



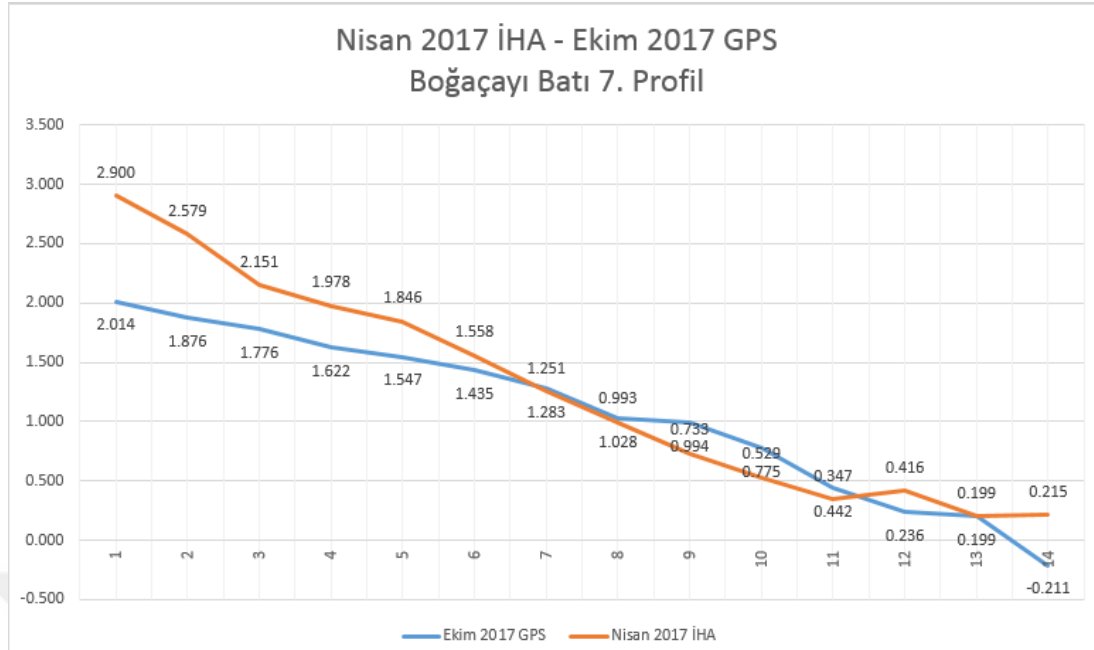
8.14. EK 14 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 4. Profil



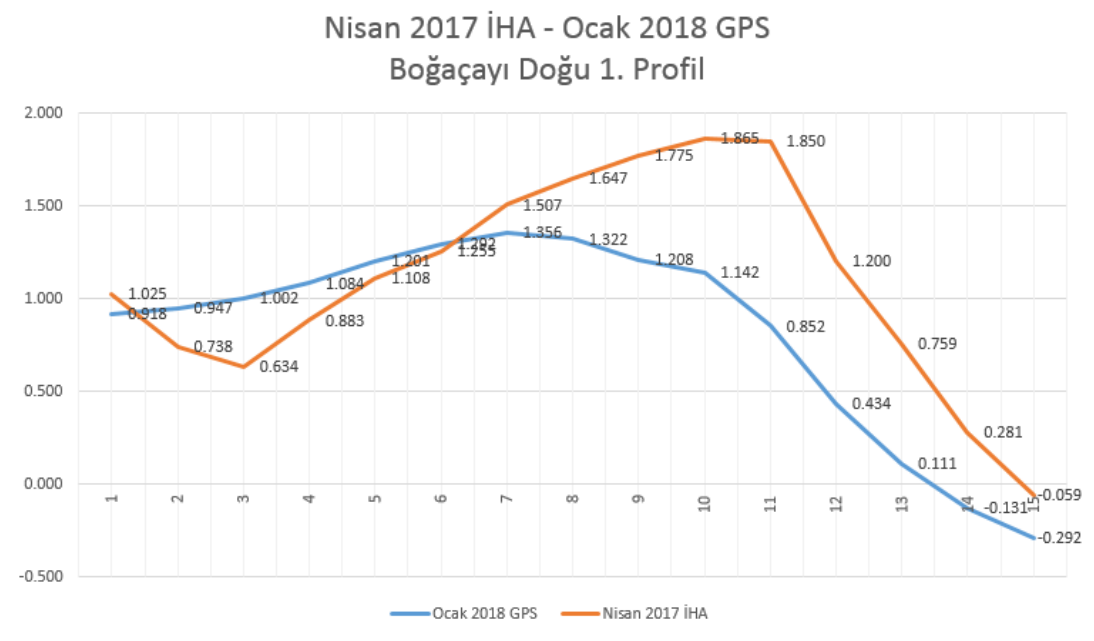
8.15. EK 15 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 5. Profil



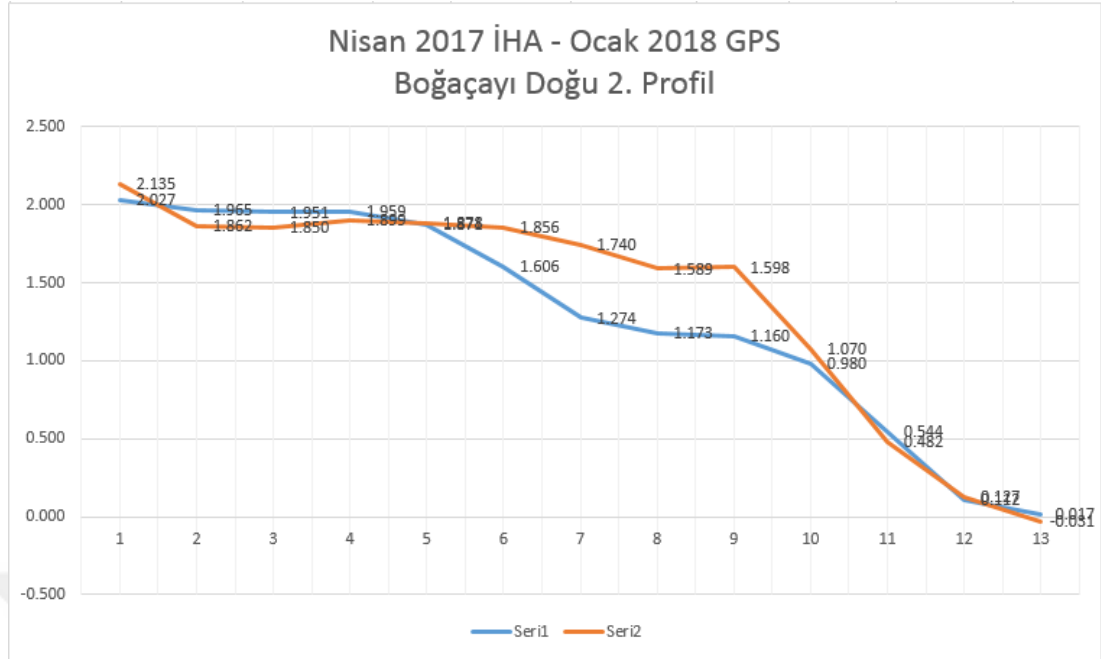
8.16. EK 16 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 6. Profil



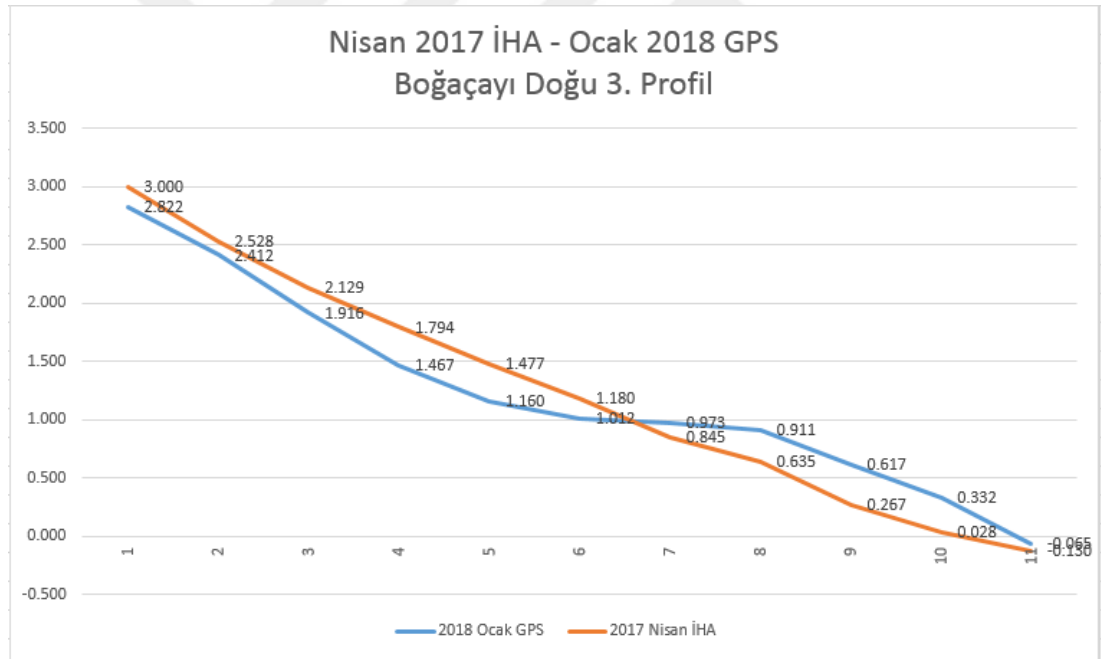
8.17. EK 17 Nisan 2017 İHA – Ekim 2017 GPS Boğaçayı Batı 7. Profil



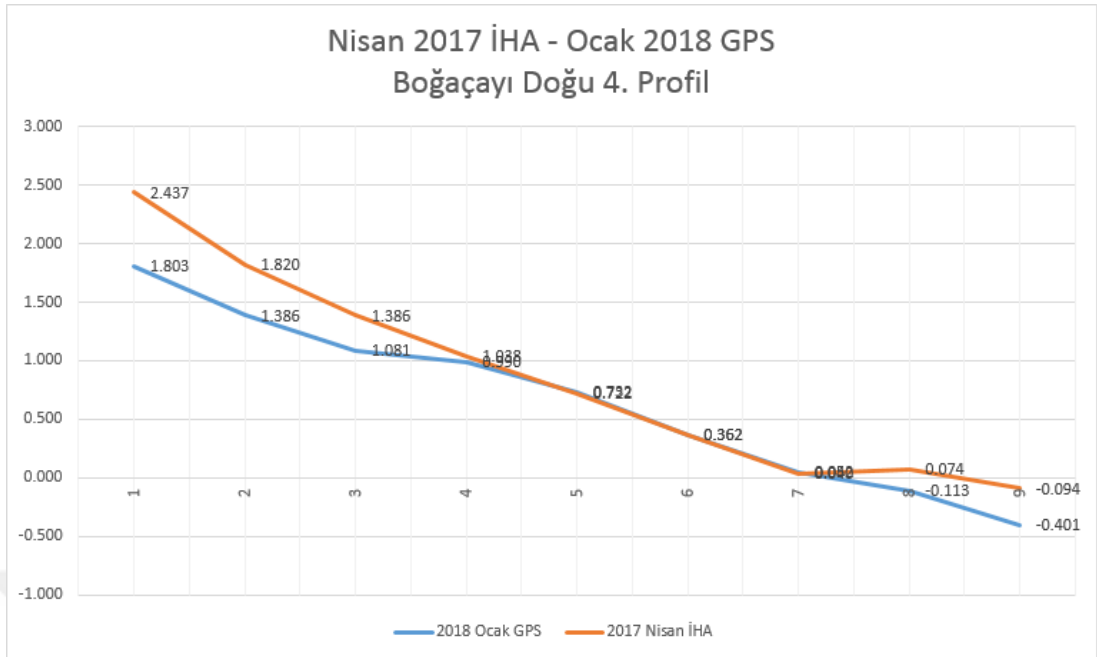
8.18. EK 18 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 1. Profil



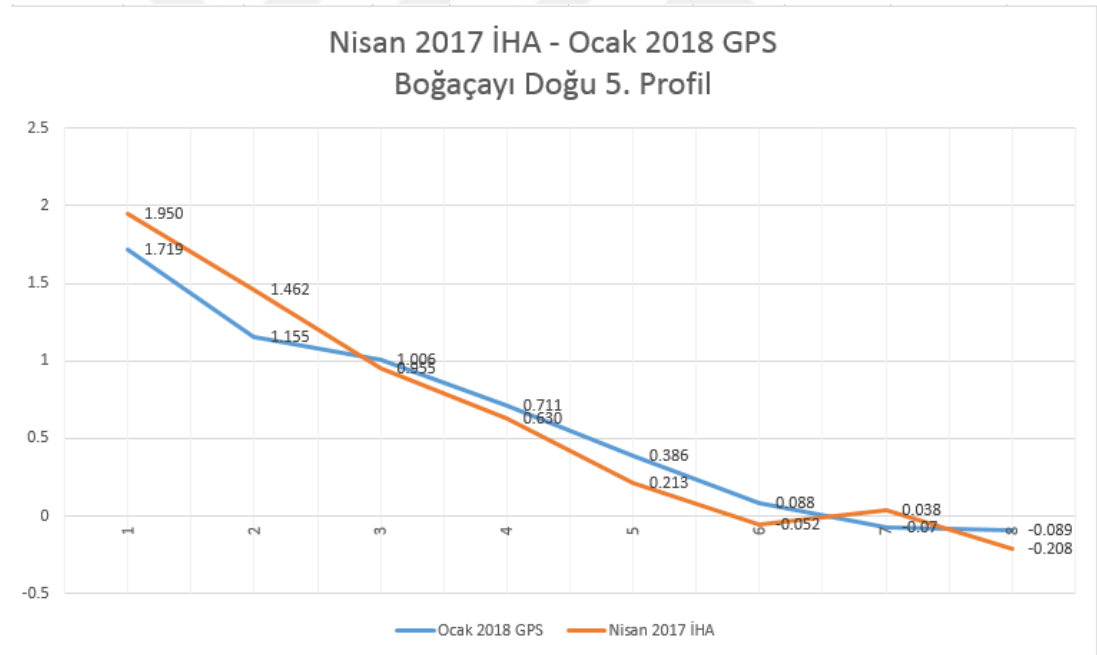
8.19. EK 19 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 2. Profil



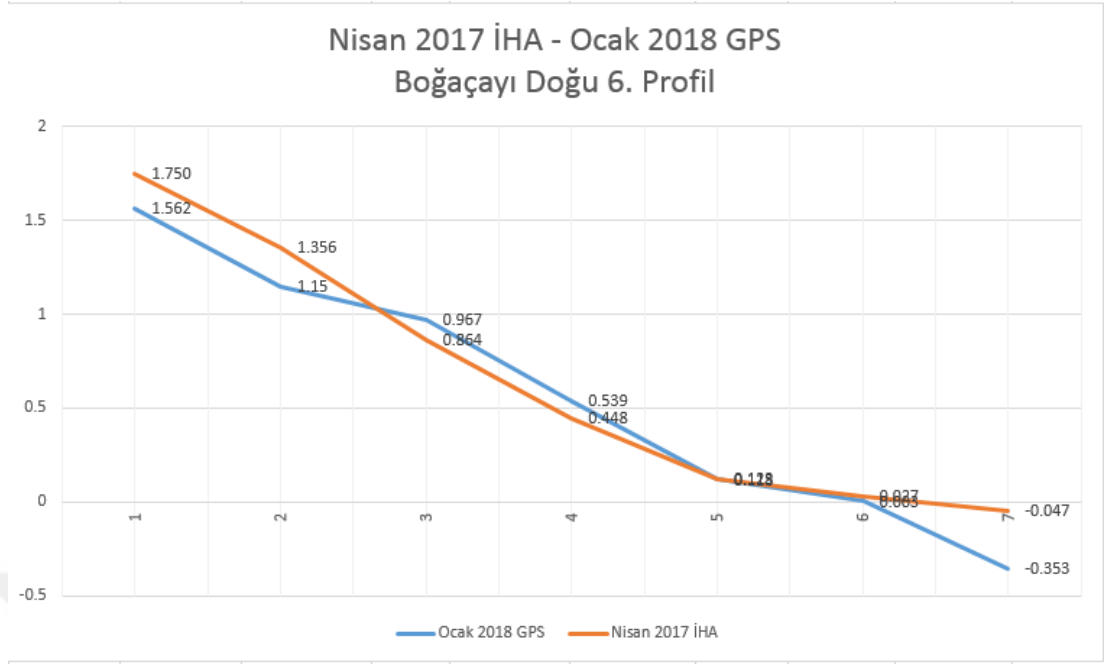
8.20. EK 20 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 3. Profil



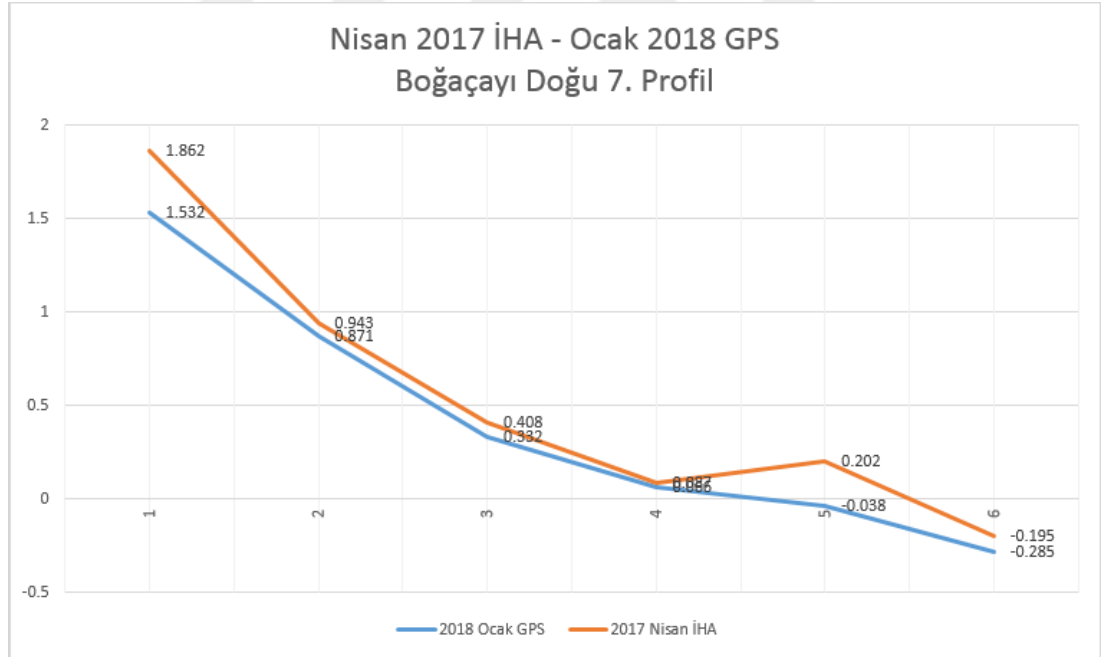
8.21. EK 21 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 4. Profil



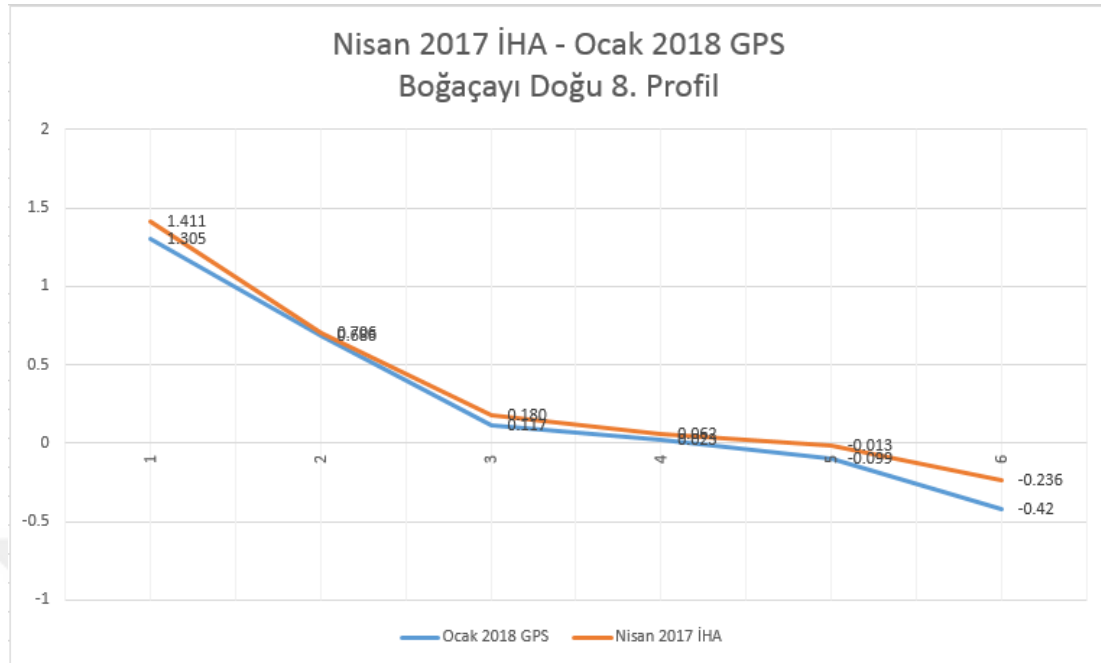
8.22. EK 22 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 5. Profil



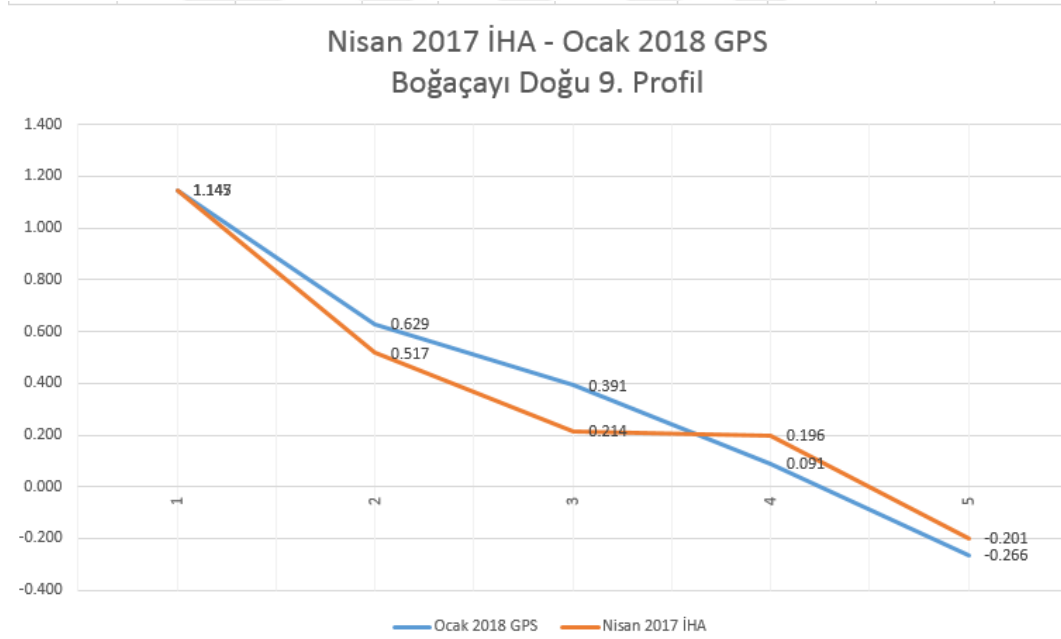
8.23. EK 23 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 6. Profil



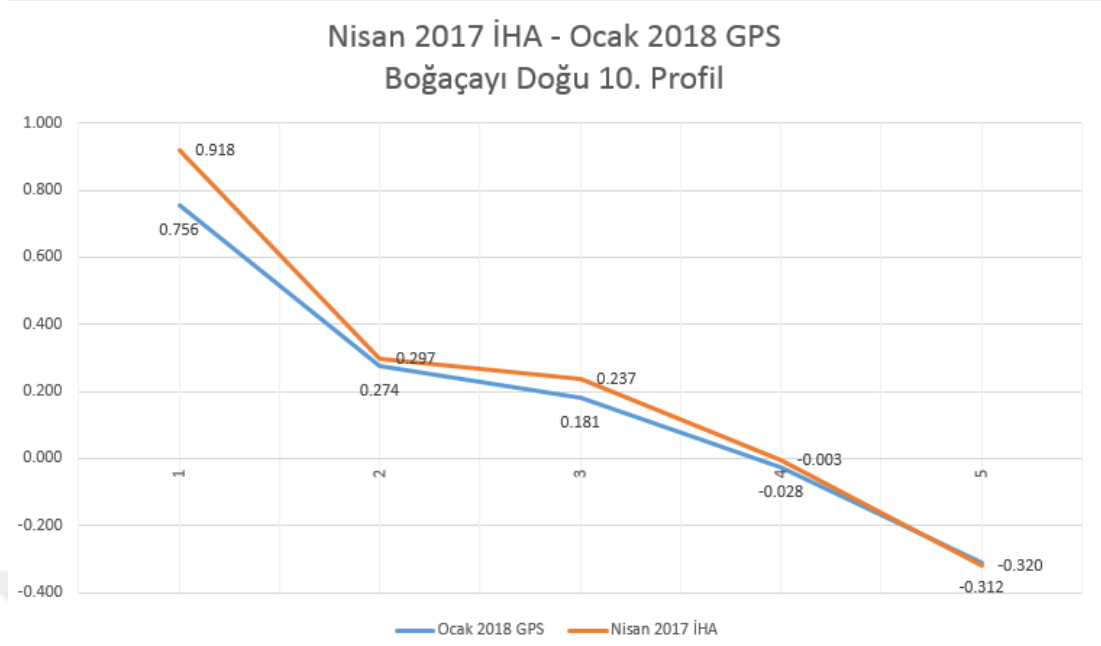
8.24. EK 24 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 7. Profil



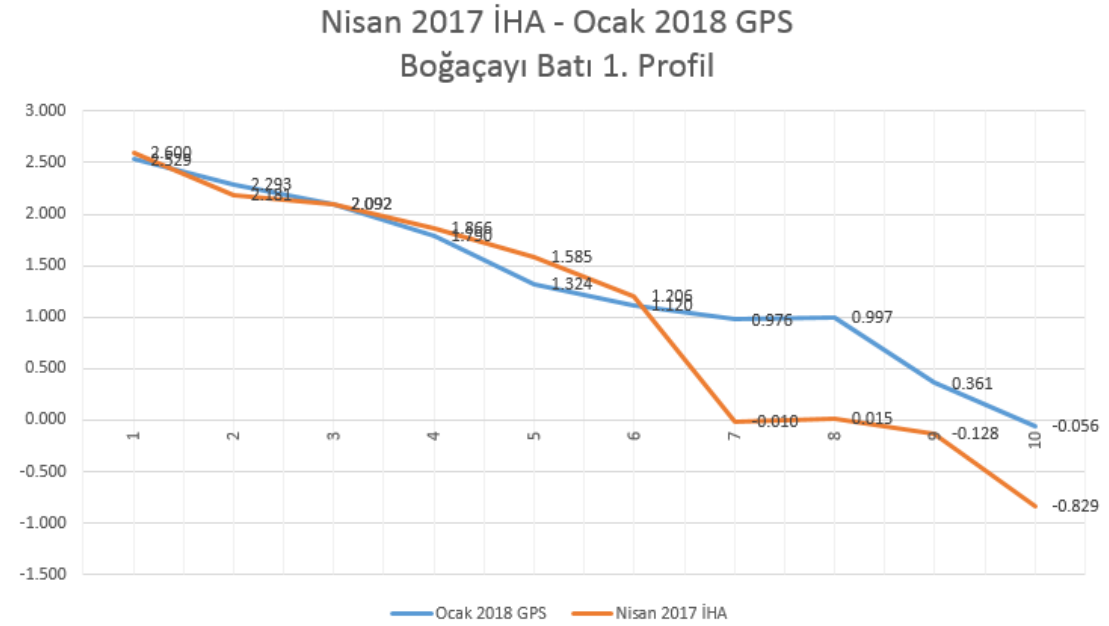
8.25. EK 25 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 8. Profil



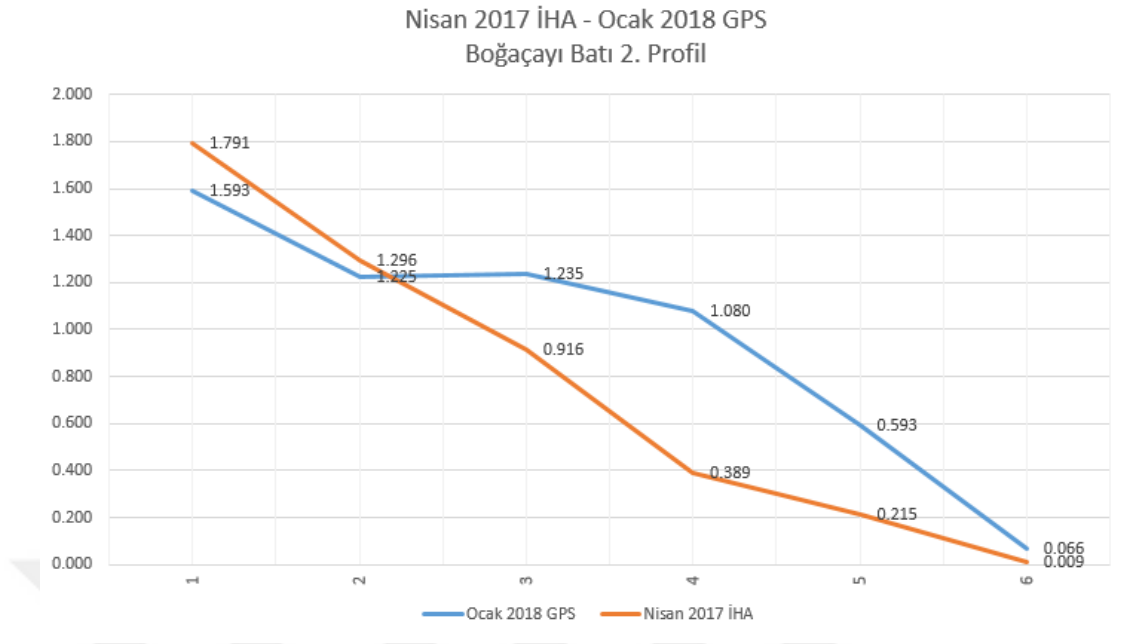
8.26. EK 26 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 9. Profil



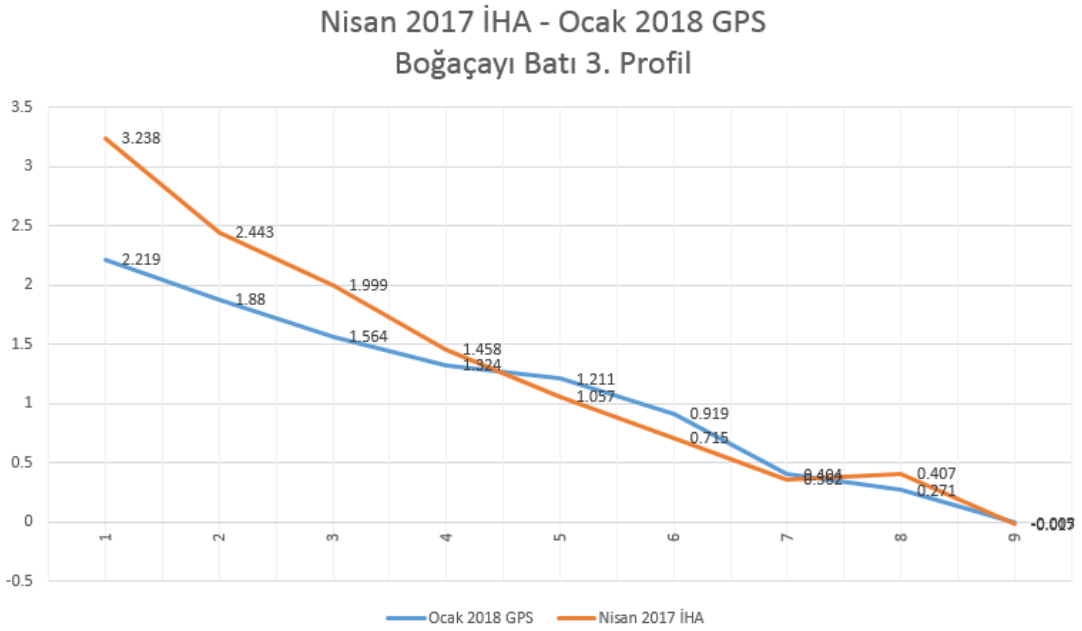
8.27. EK 27 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Doğu 10. Profil



8.28. EK 28 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 1. Profil

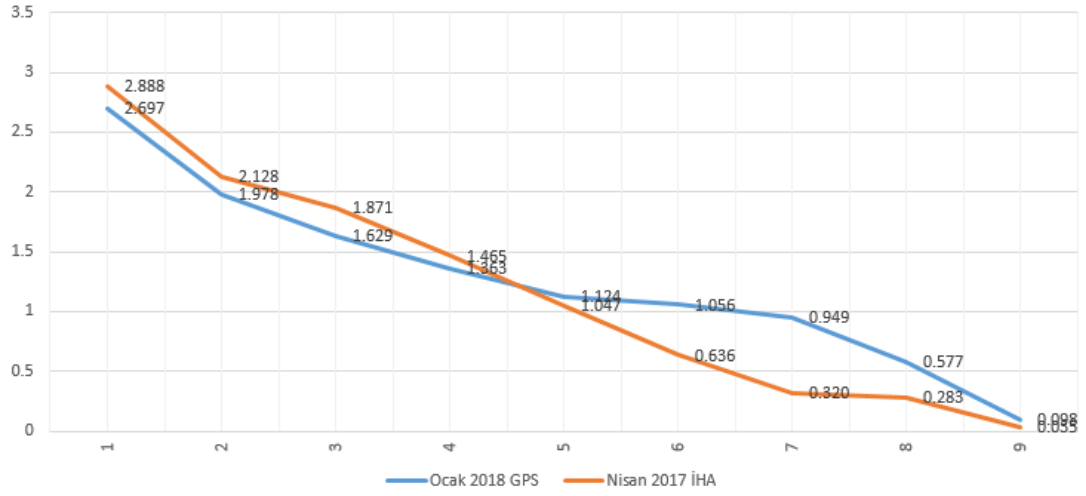


8.29. EK 29 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 2. Profil



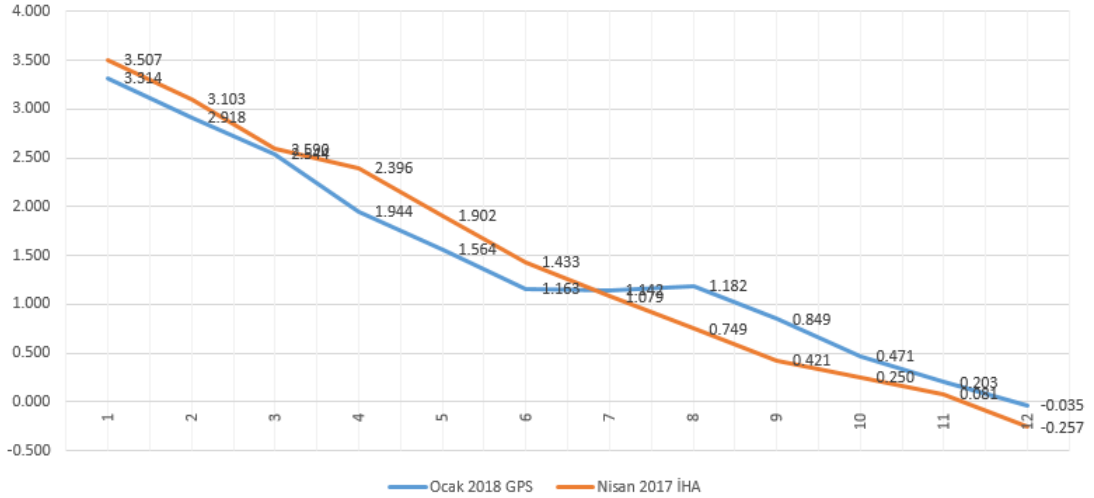
8.30. EK 30 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 3. Profil

Nisan 2017 İHA - Ocak 2018 GPS
Boğaçayı Batı 4. Profil

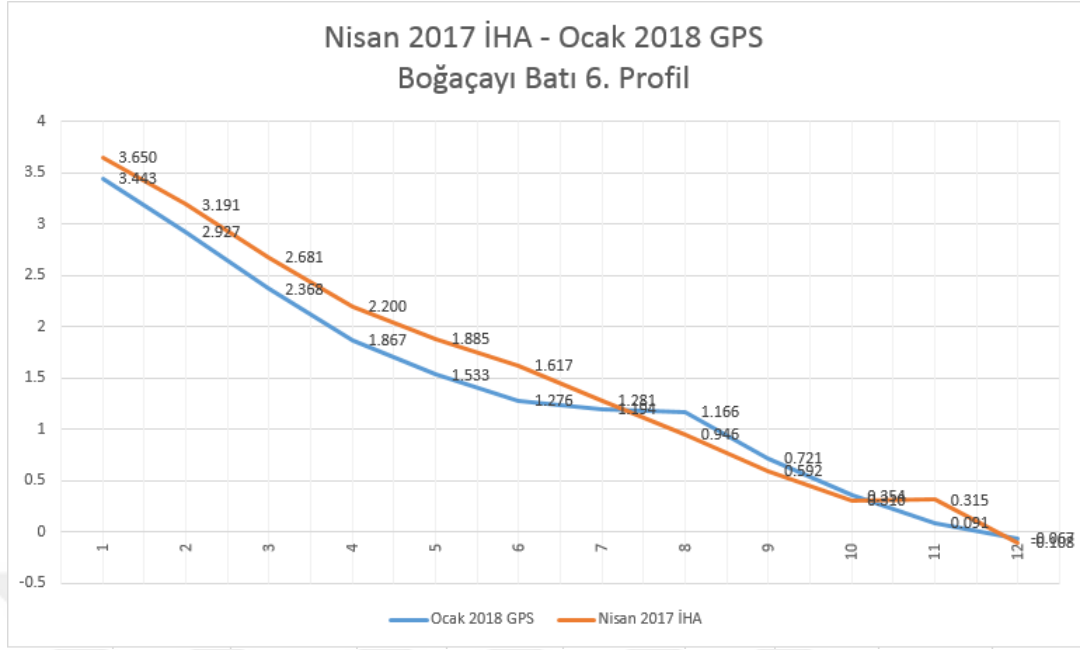


8.31. EK 31 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 4. Profil

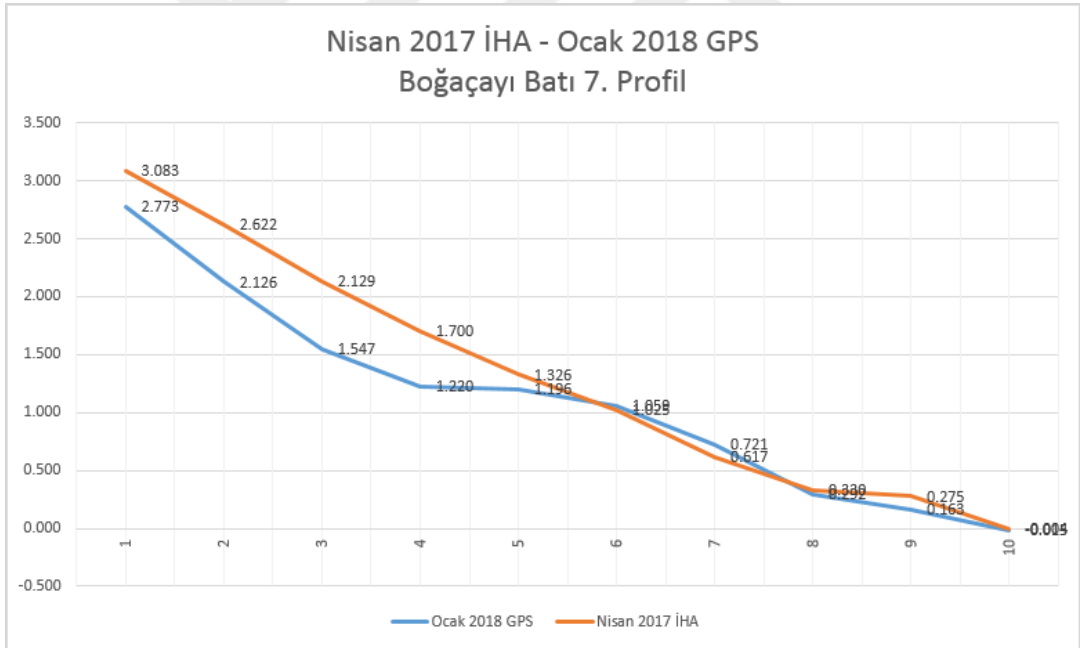
Nisan 2017 İHA - Ocak 2018 GPS
Boğaçayı Batı 5. Profil



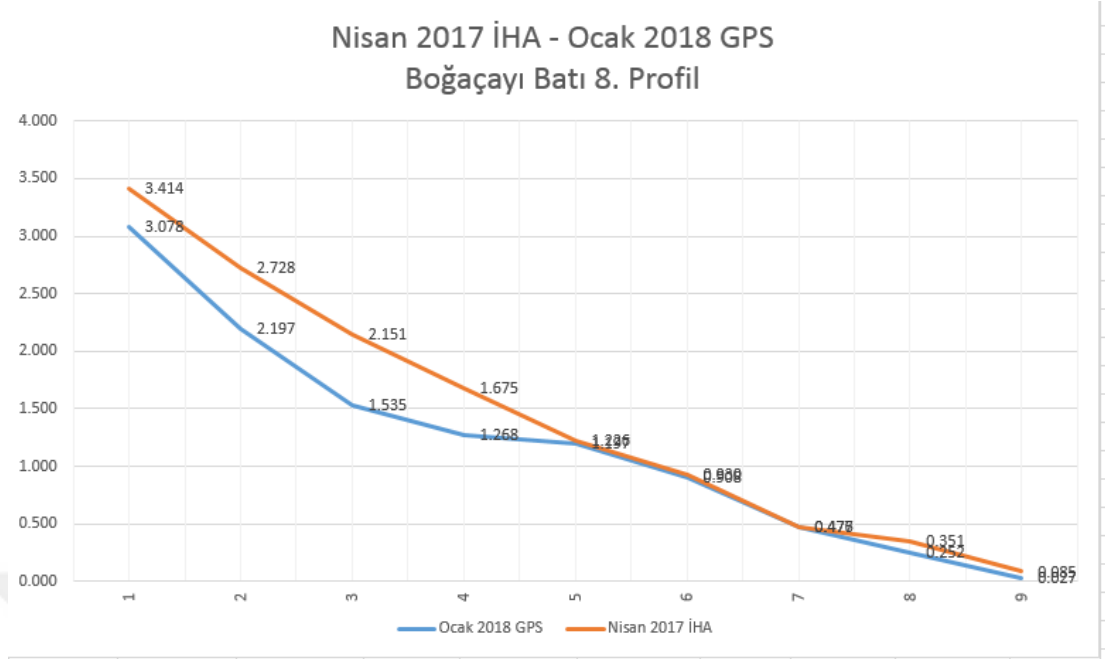
8.32. EK 32 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 5. Profil



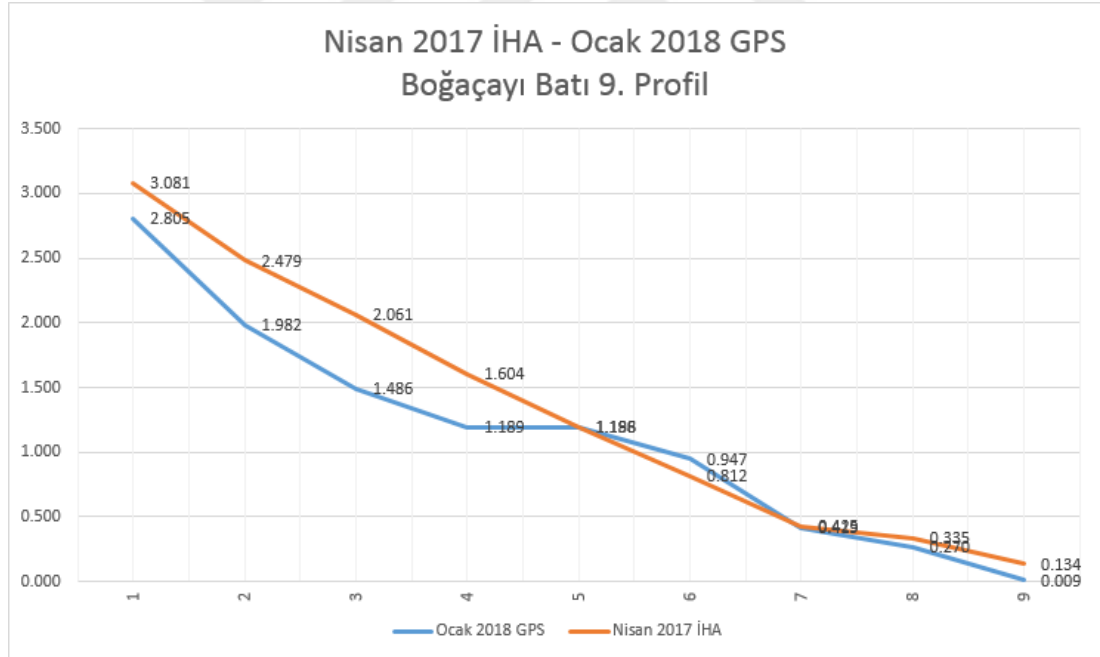
8.33. EK 33 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 6. Profil



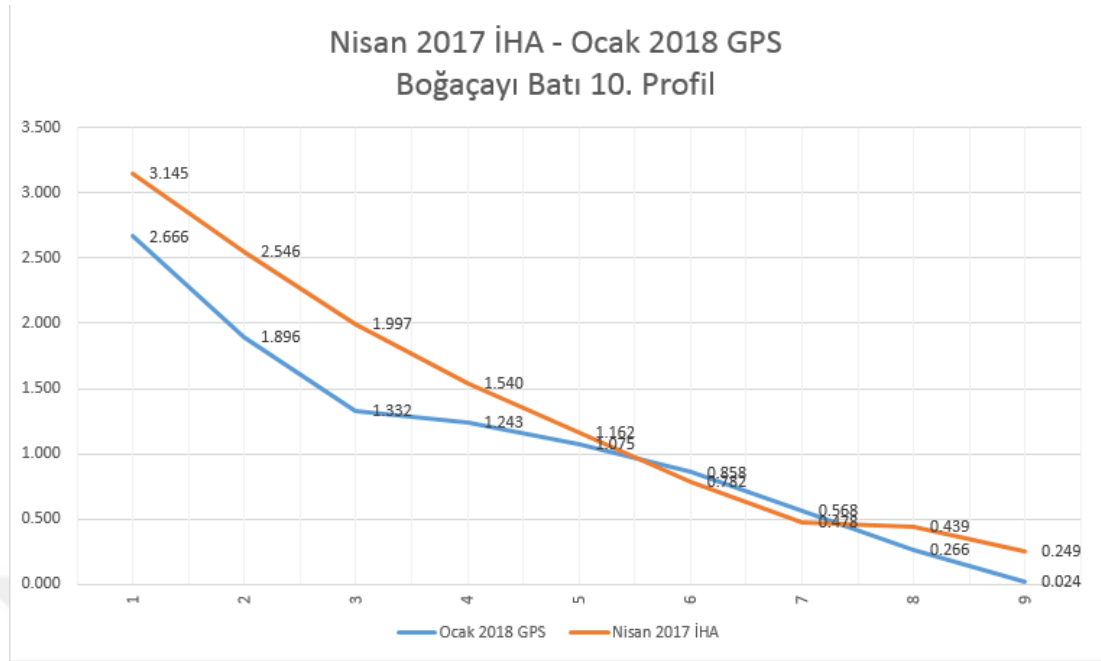
8.34. EK 34 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 7. Profil



8.35. EK 35 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 8. Profil



8.36. EK 36 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 9. Profil



8.37. EK 37 Nisan 2017 İHA – Ocak 2018 GPS Boğaçayı Batı 10. Profil

ÖZGEÇMİŞ**LEVENT UZUNSAKAL****leventuzunsakal@akdeniz.edu.tr****ÖĞRENİM BİLGİLERİ**

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-Devam Ediyor	Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans	Selçuk Üniversitesi
1993-1999	Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, Konya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretim Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi
2002-Devam Ediyor	Teknik Bilimler MYO, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Antalya
Program Koordinatörü	Akdeniz Üniversitesi
2017-Devam Ediyor	Teknik Bilimler MYO, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Antalya