



T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

AKUSTİK İSKANDİL VE UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE  
BATİMETRİ HARİTASI ÜRETİMİ: SİNOP HURMADİBİ  
ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Eray YILMAZ

Danışman  
Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

SAMSUN  
2022

**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**AKUSTİK İSKANDİL VE UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE  
BATİMETRİ HARİTASI ÜRETİMİ: SİNOP HURMADİBİ  
ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Eray YILMAZ**

Danışman  
**Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ**

SAMSUN  
2022

## TEZ KABUL VE ONAYI

Eray YILMAZ tarafından, Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ danışmanlığında hazırlanan “AKUSTİK İSKANDİL VE UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE BATİMETRİ HARİTASI ÜRETİMİ: SİNOP HURMADİBİ ÖRNEĞİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 21.09.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı	Üniversitesi	Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul
					<input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Veli İLÇİ	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul
					<input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Nazan YILMAZ	Karadeniz Teknik Üniversitesi	Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul
					<input type="checkbox"/> Ret

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

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

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

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet  (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

... / ... / 20...

Eray YILMAZ

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı:** AKUSTİK İSKANDİL VE UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE BATİMETRİ HARİTASI ÜRETİMİ: SİNOP HURMADİBİ ÖRNEĞİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 20.06.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 16

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

... / ... / 20...

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

## ÖZET

### AKUSTİK İSKANDİL VE UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE BATİMETRİ HARİTASI ÜRETİMİ: SİNOP HURMADİBİ ÖRNEĞİ

Eray YILMAZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Eylül/2022

Danışman: Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

Batimetri; okyanus, deniz, göl gibi su ortamlarının taban topoğrafyasını belirlemek için yüzyıllardır yapılan bir ölçme faaliyetidir. 1900'lü yılların ortalarına kadar ip iskandil, lata iskandil gibi klasik yöntemlerle yapılan batimetri çalışmaları, günümüzde bilim ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte sonar, lidar, uydu kaynaklı modern yöntemlerle yapılmaktadır.

Tez çalışmasında; batimetrinin tarihçesi, kullanım alanları, batimetride kullanılan klasik ve modern yöntemler araştırılmış; akustik iskandil ve uydu kaynaklı yöntemler ile batimetrik haritaların üretilmesi ve yorumlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Sinop ili, Gerze ilçesinde yer alan Hurmadibi mevkinde akustik iskandil (echosounder) yöntemi ile batimetri çalışması yapılmıştır. Akustik iskandil yöntemi ile elde edilen batimetrik veriler kullanılarak batimetri haritası üretilmiştir.

Uydu kaynaklı batimetri haritası üretimi için Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüsü temin edildikten sonra, uydu sensörlerindeki sistematik hatalar ve atmosferik etkilerden kaynaklanan hataların giderilmesi amacıyla görüntüye radyometrik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Daha sonra Envi uzaktan algılama yazılımı aracılığıyla görüntüden, bağıl ve mutlak derinlik verileri elde edilmiştir. Uydu görüntüsünden derinliklerin elde edilmesinde, uydu görüntüsündeki bandların oranlanması prensibine dayanan Log Ratio Transformation (LRT) yöntemi kullanılmıştır. Bağıl derinlik değerlerinden mutlak derinlik değerlerine ulaşmak için akustik iskandil yöntemi ile elde edilen 15 kalibrasyon noktası olarak kullanılmıştır. Bağıl derinlikler ile mutlak derinlikler arasında regresyon modeli oluşturulmuş, regresyona ait  $R^2$  değeri 0.78 olarak bulunmuştur.

Uydu görüntülerinden batimetri haritası elde edildikten sonra her iki yöntemden elde edilen derinlikler karşılaştırılarak karesel ortalama hata hesaplanmıştır. Derinlikler karşılaştırılırken akustik iskandil ile elde edilen derinlikler, kesin değer olarak kabul edilmiştir. Karşılaştırma sonucu, uydu görüntüsünden elde edilen derinliklere ait karesel ortalama hata  $\pm 1.07$  m olarak hesaplanmıştır.

Çalışmanın sonucunda; batimetri yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarına, uygulanacak yöntemde dikkat edilmesi gereken noktalara ilişkin çıkarımlarda bulunulmuştur. Diğer yöntemlere nazaran yüksek doğruluk sağlayan ve daha hızlı sonuç veren sonar yöntemlerin, batimetri çalışmaları için en uygun yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Batimetri, Hidrografi, Coğrafi bilgi sistemleri, Uydu görüntüleri, Akustik iskandil, SONAR, Logaritmik oran dönüşümü

## ABSTRACT

### BATHYMETRY MAP PRODUCTION WITH ECHO SOUNDER AND SATELLITE IMAGES: THE CASE OF SINOP HURMADIBI

Eray YILMAZ

Ondokuz Mayıs University  
Institute of Graduate Studies

Department of Geomatics

Engineering Programme

Master, September/2022

Supervisor: Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ

Bathymetry; it is a measurement activity that has been done for centuries to determine the floor topography of aquatic environments such as oceans, seas and lakes. Bathymetry studies, which were carried out with classical methods such as sounding lead line and sounding pole until the mid-1900s, are now carried out with modern methods such as sonar, lidar and satellite sources with the development of science and technology.

In the thesis study; the history of bathymetry, its usage areas, classical and modern methods used in bathymetry were researched; it is aimed to produce and interpret bathymetry maps with acoustic sounder and satellite sourced methods. In this context, a bathymetry study was carried out using the echo-sounding method in Hurmadibi locality in the Gerze district of Sinop province. A bathymetry map was produced using the bathymetric data obtained by the echo-sounding method.

Landsat 8 satellite images were used to produce the satellite-based bathymetry map. After obtaining the satellite image, the radiometric correction process was applied to the image in order to eliminate the systematic errors in the satellite sensors and the errors caused by atmospheric effects. Then, relative and absolute depth data were obtained from the image by means of Envi remote sensing software. The Log Ratio Transformation (LRT) method based on the ratio of bands in the satellite image, has been used to obtain the depths from the satellite image. In order to reach absolute depth values from relative depth values, 15 points obtained by the echo-sounding method were used as calibration points. A regression model was created between the relative and absolute depths and the  $R^2$  value of the regression was found to be 0.78.

After obtaining the bathymetry map from the satellite images, the depths obtained from both methods were compared and the root mean square error was calculated. When comparing the depths, the depths obtained with the echo sounding were accepted as the exact value. As a result of the comparison, the root mean square error of the depths obtained from the satellite image was calculated as  $\pm 1.07$  m.

As a result of the study; inferences have been made regarding the advantages and disadvantages of bathymetry methods and the points to be considered in the method to be applied. It has been concluded that sonar methods, which provide higher accuracy and faster results compared to other methods, are the most suitable method for bathymetry studies.

**Keywords:** Bathymetry, Hydrography, Geographic information systems, Satellite image, Echo sounder, SONAR, Log ratio transformation

## ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans sürecimin her aşamasında ilgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek bilgi ve deneyimlerinden yararlanmamı sağlayan, gerek mesleki gerekse insani her türlü zorlukta yanımda olan değerli hocam Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ'ye,

Öğrenim hayatım boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma,

Yüksek Lisans sürecimde desteğini esirgemeyen Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı IX. Bölge Müdürlüğü amirlerime ve çalışma arkadaşlarıma,

Tez kapsamında ihtiyaç duyulan verilerin üretimi ve paylaşımını sağlayan Harita Genel Müdürlüğüne,

Tez çalışması boyunca zorlandığım her konuda yardım elini uzatan, Lisans eğitimimden bugüne kadar her türlü sıkıntımı paylaştığım değerli dostum Çağrı GÖKTAŞ'a,

Karşıma çıkan her zorlukta benimle beraber mücadele eden, birlikte mutlu olup birlikte hüznlendiğim, ilgisi ve sevgisi ile hayatıma anlam katan, varlığıyla geleceğe daha umutlu bakmamı sağlayan değerli yol arkadaşım Özge BULUT ve ailesine,

Yaşamım boyunca benim için maddi-manevi her türlü fedakarlığı yapan, eğitimim ve geleceğim için imkânsızlıklardan imkân yaratan; hayata karşı hep dik durmayı, zorluklarla mücadele etmeyi öğreten, onur ve gurur duyduğum canım ailem; babam Ayfettin YILMAZ, annem Gülten YILMAZ, abim Koray YILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eray YILMAZ

# İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI .....	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI .....	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
TABLOLAR DİZİNİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tezin Amacı .....	1
1.2. Tezin Kapsamı .....	1
<b>2. KURAMSAL TEMELLER .....</b>	<b>3</b>
2.1. Hidrografik Çalışmalarının Tarihçesi .....	3
2.2. Hidrografi ve Oşinografinin Kullanım Alanları .....	5
2.3. Literatür Özeti .....	6
2.4. TUDKA99 .....	7
2.5. TUDES .....	8
2.6. Ortalama Deniz Seviyesi .....	10
2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri .....	14
2.7.1. CBS'nin Genel Özellikleri .....	14
2.7.2. CBS'nin Kullanım Alanları .....	15
2.7.3. CBS'de Veri Yapıları .....	16
2.7.4. CBS'de Sorgulama ve Analiz .....	17
2.8. Uzaktan Algılama .....	18
2.8.1. Elektromanyetik Spektrum .....	19
2.8.2. Spektral İmza .....	19
2.8.3. Çözünürlük .....	20
2.8.4. Uydu Sistemleri .....	22
2.9. Batimetri Yöntemleri .....	26
2.9.1. Klasik Batimetri (İskandil) Yöntemleri .....	27
2.9.2. Modern Batimetri (İskandil) Yöntemleri .....	29
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>33</b>
3.1. Uygulama Alanı .....	33
3.2. Kullanılan Yazılım ve Materyaller .....	33
3.3. Akustik İskandil (Echosounder) Yöntemi ile Batimetri Haritası Üretimi .....	35
3.4. Uydu Görüntüleri ile Batimetri Haritası Üretimi .....	41

<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>48</b>
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>50</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>55</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>59</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

CAD	: Computer Aided Design
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORS	: Continuously Operating Reference Stations
EuroGOOS	: European Global Ocean Observing System
ESA	: European Space Agency
GLOSS	: Global Sea Level Observing System
GNSS	: Global Navigation Satellite Systems
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
LLT	: Log Linear Transformation
LRT	: Log Ratio Transformation
MBES	: Multibeam Echo Sounder
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
PSMSL	: Permanent Service for Mean Sea Level
RTK	: Real Time Kinematic
SBES	: Single beam Echo Sounder
SHOD	: Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi
TUDES	: Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi
TUDKA99	: Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999
TUSAGA	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı
USGS	: United States Geological Survey
UTM	: Universal Transverse Mercator
VRS	: Virtual Reference Station
WGS84	: World Geodetic System 1984

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Piri Reis'in 1513 yılında çizmiş olduğu dünya haritası.....	3
Şekil 2.2. Akustik Sensörlü ve Radar Sensörlü Mareograf İstasyonları.....	9
Şekil 2.3. Mareograf İstasyonlarının Konumları.....	10
Şekil 2.4. Sinop ili 2021 yılı deniz seviyesine ilişkin grafik (TUDES, 2022).....	13
Şekil 2.5. Elektromanyetik Spektrum (NASA, 2013).....	19
Şekil 2.6. Nesnelerin spektral imzası (Allen, 2022).....	20
Şekil 2.7. Radyometrik Çözünürlük (Stevens, 2022).....	21
Şekil 2.8. Mekansal Çözünürlük (NASA, 2022a).....	21
Şekil 2.9. Lata İskandil (UTN, 2002).....	27
Şekil 2.10. İp İskandil.....	28
Şekil 2.11. Tel (Mekanik) İskandil (Diersenn and Theberge, 2014a).....	28
Şekil 2.12. Akustik İskandil Yöntemi Ölçüm Prensibi (USACE, 2013).....	30
Şekil 2.13. İp İskandil, SBES, MBES yöntemlerinin karşılaştırılması (Dierssen and Theberge, 2014b).....	31
Şekil 2.14. Uydu Görüntüsünden Batimetri İşlem Adımları (Alsubaie, 2012).....	32
Şekil 3.1. Uygulama Alanı.....	33
Şekil 3.2. Çalışmada Kullanılan Ölçüm Sistemleri.....	36
Şekil 3.3. Ses hızı profili.....	37
Şekil 3.4. Ölçüm anında veri görüntüleme ve değerlendirme.....	38
Şekil 3.5. MS Excel'de veri düzenleme işlemleri.....	39
Şekil 3.6. Üçgen Model.....	40
Şekil 3.7. Akustik iskandil yöntemi kullanılarak üretilen batimetri haritası.....	40
Şekil 3.8. Radyometrik kalibrasyon ve düzeltme.....	41
Şekil 3.9. Bandların birleştirilmesi.....	42
Şekil 3.10. Bandların birleştirilmesi sonrası oluşan görüntü.....	42
Şekil 3.11. ENVI Relative Water Depth modülü.....	43
Şekil 3.12. Kalibrasyon noktalarının uygulama alanına dağılımı.....	44
Şekil 3.13. Mutlak kalibrasyon noktalarının yüklenmesi.....	44
Şekil 3.14. Regresyon Modelleri.....	45
Şekil 3.15. Mutlak derinlikleri içeren görüntü.....	45
Şekil 3.16. Raster verinin nokta verisine dönüştürülmesi.....	46
Şekil 3.17. Uydu görüntüleri kullanılarak üretilen batimetri haritası.....	46
Şekil 4.1. Eş derinlik eğrileri.....	49

## TABLÖLÖR DİZİNİ

Tablo 2.1. 2021 Yılı Ortalama Deniz Seviyeleri (TUDES, 2022).....	12
Tablo 2.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım alanları (Töreyen vd., 2010).....	15
Tablo 2.3. Landsat 8 uydusu band özellikleri (NASA, 2022b).....	23
Tablo 2.4. Sentinel 2 uydularının band özellikleri (ESRI Türkiye, 2019).....	24
Tablo 2.5. İkonos-2 uydusu band özellikleri (ESA, 2022c).....	24
Tablo 2.6. WorldView-2 uydusu band özellikleri (ESA, 2022d).....	25
Tablo 2.7. WorldView-3 uydusu band özellikleri (ESA, 2022e).....	26
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan materyaller .....	34
Tablo 3.2. Singlebeam Echo Sounder cihazına ait teknik özellikler (Kordil, 2022a)	34
Tablo 3.3. Ses hızı profillemeye cihazına ait teknik özellikler (Kordil, 2022b).....	35
Tablo 3.4. Kalibrasyon noktalarının koordinatları .....	43



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Tezin Amacı

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada ülkesidir. Ülkemizin, kıyı bölgelerinde ve karasularındaki güvenliğini ve hakimiyetini artırmak, denizlerde seyir emniyetini sağlamak, denizlerimizin altındaki potansiyel enerji kaynaklarını tespit etmek gibi konularda ilerleme kaydedebilmek için deniz tabanı topoğrafyasının bilinmesi, dolayısıyla batimetri çalışmalarına önem verilmesi gerekmektedir.

Batimetri, kıyılarda yaşanan erozyonun önlenmesi amacıyla yapılan dalgakıranlar, balıkçılığı geliştirmek için yapılan balıkçı barınakları, ticareti ve turizmi geliştirmek için yapılan limanlar için de en önemli çalışmalardan biridir.

Batimetri çalışmaları, geçmişte klasik yöntemler olarak adlandırılan ip iskandil, lata iskandil vb. yöntemlerle yapılırken günümüzde SONAR, LİDAR gibi modern yöntemlerle yapılmaktadır.

Tez çalışmasında, hidrografik ölçmelerin tarihçesi, batimetrik haritanın ne olduğu, batimetrik harita üretim yöntemlerinin neler olduğu, bilimsel ve teknolojik gelişmelerle birlikte yeni harita üretim yöntemleri, bu yöntemlerin konumsal doğruluğunun ne olduğu ve hangi çalışmalarda kullanılabileceği, batimetri çalışmalarında kullanılan sonar sistemlerin çalışma prensibi, sonar sistemle batimetrinin avantaj ve dezavantajları, uydu görüntüsünün ne olduğu, uydu görüntülerinde çözünürlük kavramı, uyduların mekânsal, spektral, radyometrik, zamansal çözünürlüklerinin karşılaştırılması ve uydu görüntülerindeki radyometrik, geometrik vb. hata türleri, hataların nedenleri ve bu hataların nasıl düzeltilebileceği, uydu görüntülerinden yararlanılarak batimetrik haritanın nasıl üretilebileceği anlatılmış, üretilen batimetrik haritaların doğruluk ve duyarlılığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 1.2. Tezin Kapsamı

Tez kapsamında, akustik sonar ve uydu görüntüleri ile batimetri haritaları üretilmiştir.

Tez çalışması için öncelikle dalga, rüzgâr, bulutluluk oranı vb. durumlar incelenip uygun bir tarih ve lokasyon belirlenerek ip iskandil ve akustik sonar yöntemleri ile batimetri çalışması yapılmıştır. Sonrasında ilgili tarihteki uydu

görüntüleri kullanılarak yeni bir batimetri haritası elde edilmiş ve iki yöntem kıyaslanarak doğrulukları ve kullanılabilirlikleri ortaya konulmuştur. Akustik sonar yöntemi ile sağlıklı veri toplamak için uygun tekne boyutları tespit edilmiş, akustik sonar çalışmalarında çok önemli olan rüzgâr, dalga durumu, deniz kabarması gibi durumlar dikkate alınarak ölçüm günü belirlenmiştir.

Ölçüm yapılan lokasyondaki deniz suyunun ses hızı profilini tespit etmek amacıyla ses hızı profillemeye cihazı kullanılmış, akustik sonar sistemine bu değerler dahil edilerek ses hızı kaynaklı oluşabilecek hataların önüne geçilmiştir. Ölçüm günü ve lokasyonuna ait su kotu, Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sisteminden temin edilip ölçüm verileri, ülkemizde düşey datum olarak kullanılan TUDKA99'a dayalı olarak kullanılmıştır. Saha ölçümleri sonrası uydu görüntüsü temin edilmiştir.

Uydu Görüntüsü seçiminde; uydu görüntüsünün ölçüm gününe yakın bir tarihe ait olması, bulutluluk oranının az olmasına dikkat edilmiştir. Uydu görüntüsü, coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yazılımları yardımıyla işlenerek batimetri haritası oluşturulmuş, çalışma sonucunda kullanılan yöntemler birbiri ile mukayese edilmiş, doğruluk analizleri yapılarak yöntemlerin birbirine göre avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

Batimetri terimi, denizaltı topografyası veya sualtı arazisinin derinlikleri ve şekillerinin tespiti anlamına gelir. Topografik haritaların karasal arazinin üç boyutlu özelliklerini temsil etmesi gibi, batimetrik haritalar da su altında kalan araziye gösterir. Batimetri, bir su kütesinin fiziksel özelliklerini ölçen hidrografi biliminin temelidir. Hidrografi sadece batimetriyi değil, aynı zamanda kıyı şeridinin şekli; gelgitler, akıntılar, dalgalar gibi özelliklerini de içerir (NOAA, 2021).

### 2.1. Hidrografik Çalışmalarının Tarihçesi

Türk Denizciliğinde hidrografiye gereken önemin verilmesi 15. yüzyıla dayanır. Türk amiral ve denizcisi Piri Reis 1521 yılında Akdeniz'deki seyir rotalarını gösteren Kitab-ı Bahriye adlı eseri ortaya koymuştur (Önder, 2002). Bu kitap, Akdeniz sahilleri ile ilgili ve seyir için gerekli çok kıymetli bilgi, tanım ve çizimleri içerir. Piri Reis'in deniz haritacılığına olan önemli bir katkısı da, 16. yüzyılda bilinen tüm seyir rotalarını gösteren ünlü Piri Reis haritasını çizmiş olmasıdır (SHOD, 2022). Şekil 2.1. de Piri Reis'in 1513 yılında çizmiş olduğu dünya haritası yer almaktadır.



Şekil 2.1. Piri Reis'in 1513 yılında çizmiş olduğu dünya haritası

Bu başlangıçtan sonra Türk Bahriyesi'nin hidrografik çalışmalarında bir

duraklama olmuştur. Modern kabul edilen ilk Türk Deniz Haritası 1840 yılında Mektebi Bahriye Matbaasında basılmıştır. Resmi anlamda ilk hidrografi organizasyonu 1909 yılında deniz mesahaları ve seyir bürosu adı altında kurulmuş ve bahriye bakanlığına bağlanmıştır. İki yıl sonra 1911'de büro yeniden organize edilerek seyir ve deniz haritaları bürosu adı ile nispeten daha bağımsız bir statüye kavuşmuştur. Büro 1928 sonlarında şimdiki adı Harita Genel Müdürlüğü olan Geodetic Mesahalar Genel Müdürlüğüne bağlanmış ve onun deniz haritaları şubesini oluşturmuştur. 1950 yılında Seyir ve Hidrografi Dairesi adı altında tekrar Deniz Kuvvetleri Komutanlığına bağlanarak modern deniz harbi ile ilgili konulara daha çok önem verilmeye başlanmıştır. Dairenin adı 1972 yılında Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı olarak değiştirilmiştir (SHOD, 2022).

Dünya geneline bakıldığında zaman modern hidrografi çalışmaları 19. Yüzyıl ortalarında başlamıştır. Derin deniz araştırmalarının ortaya çıkması ve derin deniz telgraf kabloları kurmaya yönelik ticari dürtü, modern deniz tabanı haritalamanın doğuşuyla aynı zamana denk gelmiştir. Modern batimetri ölçümleri ilk olarak 1840'ta İngiliz kâşif Sir James Clark Ross tarafından, 1845'te Gulf Stream'in sistematik araştırmalarıyla Birleşik Devletler Sahil Araştırması tarafından ve 1849'da Matthew Fontaine Maury yönetiminde Birleşik Devletler Donanması tarafından kaydedilmiştir. Bir gemide, keten ipinin ucuna bir kurşun bağlanıp denize bırakılmıştır. Kurşun dibe oturduğunda kurşun ile ipin deniz seviyesinde kalan kısmı ölçülerek derinlik bilgileri elde edilmiş ve kaydedilmiştir (Diersenn and Theberge, 2014a). 1858 yılında, kıtalar arası ilk telgraf kablosu, Kuzey Atlantik Okyanusu boyunca gerilmiş ancak daha sonra araştırmaların kanıtladığı gibi, yoğun elektrik darbelerinin kabloyu kısa devre yapması nedeniyle kablo bir ay içerisinde işlevini yitirmiştir. 1860'ların ortalarında ek çabalar, 1866'da çalışan bir transatlantik telgrafi sağlamıştır. Sondaj teknolojileri, hidrografların okyanus tabanının ilk fotoğraflarını oluşturmasını sağlamıştır (Rozwadowski, 2001). 1875 yılında, HMS Challenger isimli gemi ile, bugün Dünya'nın en derin noktası olarak bilinen Mariana Çukuru'nun derinliği 4475 kulaç olarak ölçülmüştür (Theberge, 2009). Bugün, Mariana Çukuru'nun en derin noktasının yaklaşık 10994 m olduğu bilinmektedir. Mariana Çukuru'nun keşfinin ardından, 1900'lerin başında derinlik ölçmek için, I. ve II. Dünya Savaşı'nda denizaltıların yerini belirlemek amacı ile SONAR (SOund NAVigation and Ranging) teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır. Bu gibi gelişmeler, insanlığı, deniz tabanını araştırma

çalışmalarına daha fazla önem vermeye itmiştir.

## 2.2. Hidrografi ve Oşinografinin Kullanım Alanları

Hidrografik ve oşinografik çalışmalar ile su kütlesinin; derinliği, akıntı hızı ve yönleri, gelgit seviyeleri, dalga yükseklikleri, bulanıklık, PH değeri, bakteri, plankton, deniz çayırı gibi canlıların varlığı, havzaların yapısı, tektonik plakaların özellikleri, deniz tabanının jeolojik özellikleri, CTD (İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik) ölçümleri yapılır/tespit edilir.

Hidrografi ve oşinografi çalışmalarının kullanım alanları aşağıdaki gibidir:

- Balıkçı barınağı, çekek yeri yapımı,
- Liman yapımı,
- Marina yapımı,
- Tersane yapımı,
- İskele yapımı, rıhtım yapımı
- Denizdibi tarama faaliyetleri
- Dolgu çalışmaları,
- Petrol, doğal gaz vb. boru hattı çalışmaları, deşarj hattı çalışmaları,
- Dalgakıran yapımı,
- Baraj, köprü vb. yapımı,
- Kafes balıkçılığı, deniz canlılarının varlığı, sediment miktarı tespiti,
- Kıyı erozyonu tespiti,
- Sığlaşma, kumlanma yaşanan alanların tespiti,
- Seyir güvenliği,
- Afetlere müdahale,
- Ulusal savunma

Görüldüğü üzere, hidrografik ve oşinografik çalışmalar; balıkçılık, tarım, ticaret, turizm, sanayi, ulaştırma, altyapı, çevre, milli savunma gibi birçok konuda gereklidir. Kıyı şeridi uzunluğunda dünyanın sayılı ülkelerinden olan Türkiye'nin, ekonomik ve

sosyal kalkınması için hidrografik ve oşinografik çalışmalara gereken önem verilmeli, bu konudaki araştırmalar teşvik edilmelidir.

### **2.3. Literatür Özeti**

Batimetri ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar aşağıda yer almaktadır.

Ulu (2006), yapmış olduğu çalışmada, deniz dibi tarama faaliyetleri öncesi ve sonrası oluşturulacak batimetri haritalarının incelenerek ekonomik açıdan en uygun projelerin belirlenebileceği, geliştirilecek projelere ait maliyet hesaplarının da daha doğru yapılacağı sonucuna varmıştır. Yapılacak çalışmalar sonucu arşivlenen harita, sismik profil vb. verilerle bölgesel sediment miktarı, taşınımı, dağılımı gibi sonuçlara ulaşılabileceğini belirtmiştir.

Aykut (2009) tarafından yapılan çalışmada, sığ sulardaki hidrografik ölçmelerde çok bimli iskandillerin kullanımı incelenmiş, özellikle sığ sularda çok bimli iskandilin, tek bimli iskandile nazaran deniz tabanını doğruya daha yakın olarak yansıttığı belirtilmiştir. Ayrıca ölçme teknesinin hızına vurgu yapılarak teknenin 5 knot hız yaptığında 0.1 sn'lik senkronizasyon hatasının, deniz tabanında 25 cm'lik bir konum hatasına sebep olacağı ifade edilmiştir.

Ekizoğlu (2011) tarafından yapılan çalışmada, Konya'da yer alan Altınapa Barajı çalışma alanı olarak belirlenmiş, CBS yardımıyla batimetrik harita üretimi ve değerlendirmesini yapmıştır. Çalışma kapsamında DSI'den temin edilen 1984 yılı batimetri verileri ile 2009 yılında yapılan batimetri verileri kullanılarak batimetrik haritalar üretilmiş, bu haritalardan yararlanılarak söz konusu barajın 25 yıllık süreçte rezervuarındaki alan ve hacim değişimleri tespit edilmiştir.

Aksoy vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, echo sounder ve GIS teknikleri kullanılarak Bursa ilinde yer alan Uluabat Gölü'nde batimetri haritası üretilmiş, sedimentasyon ve göl hacmindeki azalış tespit edilmiştir.

Akgül vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, uydu görüntüleri kullanarak Seyhan Baraj Gölü'nün batimetrik kotlarının tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada, farklı zamanlarda çekilmiş 8 adet Landsat 8 görüntüsü kullanılarak analizler gerçekleştirilmiş, analizler sonucu uydu görüntülerinden elde edilen batimetrik kotların karesel ortalama hatası  $\pm 2.78$  m olarak belirlenmiştir.

Gümüş (2019) tarafından yapılan çalışmada, İstanbul'da yer alan Kurbağalıdere

ve deltası sismik ve batimetrik yöntemlerle araştırılmış, deltanın konumu, geometrisi ve gelişim şeklini incelenmiştir.

Güngör (2019) tarafından yapılan çalışmada, Kozlu Balıkçı Barınağı çalışma alanı olarak belirlenerek uydu görüntüleri yardımı ile batimetrik harita üretimi konusu ele alınmıştır. Uydu görüntüleri kullanarak üretilmiş olan batimetri haritasının karesel ortalama hatası  $\pm 1.54$  m olarak tespit edilmiştir.

Sağdıç (2020) tarafından yapılan çalışmada, Filyos Limanı çalışma alanı olarak belirlenmiş, akustik iskandil ve uydu görüntüleri kullanılarak batimetrik haritalar üretilmiştir. Bu çalışmada, çalışma alanı ikiye ayrılmış, engebeli alanda karesel ortalama hata  $\pm 0.64$  m, görece düz dip topoğrafyasına sahip alanda karesel ortalama hata  $\pm 0.49$  m olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan, dip topoğrafyasında ani eğim değişimlerinin sonuca olumsuz etki yaptığı kanısına varılmıştır.

Açar (2021) tarafından yapılan çalışmada hidrografik mesaha planlamada uydu tabanlı batimetrik verilerin kullanımı araştırılmış, araştırma sonucunda; uydu kaynaklı batimetri yönteminin, araştırma faaliyeti öncesinde keşif ve seyir tehlikelerinin tespiti amacıyla icra edilmesinin, 0-20 metre arasında tek bimli iskandil ile yapılacak araştırma sonrasında hat boşluklarının derinlik tespitinin yanal taramalı sonar yerine uydu kaynaklı batimetri yöntemiyle yapılmasının hem zaman hem de ekonomik açıdan çok daha verimli olacağı değerlendirilmektedir.

Uzakara (2021), yapmış olduğu çalışmada, ABD'nin Los Angeles şehrinin kıyı bölgesini ele almış, uydu görüntülerinden yararlanılarak batimetrik harita üretimi yapmıştır. Bu çalışmada, uydu görüntülerine referans olarak kullanılan batimetri verileri, Tcarta Global Bathymetry GIS Data veri tabanından, 10 m çözünürlüğünde bir görüntüden elde edilmiştir. Sentinel 2A uydusundan 4 farklı tarihte çekilmiş görüntülerin kullanıldığı çalışmada, uydu görüntülerinden üretilen batimetri haritasının karesel ortalama hatası  $\pm 4.22$  m olarak belirlenmiştir.

#### **2.4. TUDKA99**

Nivelman çalışmalarında olduğu gibi batimetri çalışmalarında da ülke genelinde bütünlük sağlamak amacıyla ortak bir datuma ihtiyaç vardır. Bu nedenle yapılan batimetri çalışmaları sonrası derinlik verileri, TUDKA99'a dayandırılmalıdır.

TUDKA99 (Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999), I. ve II. derece nivelman ağının gravite ölçüleri ile birlikte Antalya ortalama deniz seviyesine (sıfır yüzeyi) göre

1999 yılında dengelemesiyle belirlenen Helmert ortometrik yüksekliklerinden oluşan düşey referans çerçevesidir (BÖHHBÜY, 2018).

TUDKA99'un oluşturulma sürecine bakıldığında, Türkiye'de nokta yüksekliklerini belirlemek amacıyla ilk jeodezik çalışmalar 1930'lu yılların sonunda başlamıştır. Ana kara yolları boyunca oluşturulan I. ve II. derecede geometrik nivelman güzergahları ile Türkiye bölümlere ayrılmıştır. Başlangıçtan 1970 yılına kadar 19800 km I. derece ve 8900 km II. derece olmak üzere toplam 28700 km düşey kontrol ağı tesis edilmiştir. 1973-1993 yılları arasında tahrip edilen geçkiler yerine yenileri tesis edilmiş, düşey kontrol noktalarında gravite ölçümleri yapılmış ve bu çerçevede 18560 km I.derece ve 3770 km II. derece güzergah ölçüsü yenilenmiştir. Geometrik nivelman ölçülerinin gravite ölçüleri ile birlikte değerlendirilmesi sonrasında TUDKA99 oluşturulmuştur (Önder, 2002).

## **2.5. TUDES**

Kıyılarda yapılan batimetri çalışmalarında deniz seviyesinin ve değişimlerinin bilinmesi önem taşır. Bu nedenle batimetri çalışmalarında sıklıkla TUDES (Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi) verilerinden yararlanır.

TUDES; Harita Genel Müdürlüğüne kurulan, Türkiye ve KKTC kıyılarında yer alan toplam 20 adet sayısal ve otomatik mareograf istasyonundan oluşan, deniz seviyesine ait bilgileri 15 dakikalık ortalamalar halinde kaydedip sunan bir sistemdir. TUDES istasyonlarında deniz seviyesi ve seviye değişimlerini etkileyen meteorolojik parametreler (hava basıncı, rüzgâr, nem, hava sıcaklığı) gözlemlenmektedir (HGM, 2022a).

TUDES'in kurulma sürecinde; ilk olarak Harita Genel Komutanlığınca, düşey datum belirlenmesi ve deniz seviyesi değişimlerinin incelenmesi amacıyla 1935 yılında Antalya'da bir mareograf istasyonu kurulmuştur. Bir yıl sonra Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne devredilen bu istasyon, bu kurum tarafından Türkiye'nin değişik kıyılarında 10 istasyon daha kurularak işletilmiştir. Zamanla işlevini yitiren istasyonların sorumluluğu, 1983 yılında yeniden Harita Genel Komutanlığına geçmiştir. Komutanlık tarafından mevcut mareograf istasyonlarının tamamı iptal edilmiş, bunların yerine 1985 yılında Antalya, Bodrum, Menteş, Erdek'te yeni mareograf istasyonları kurularak faaliyete geçmiştir (Önder, 2002).

Mareograf istasyonlarının analog sistemi ve mekanik saatlerin düzensiz

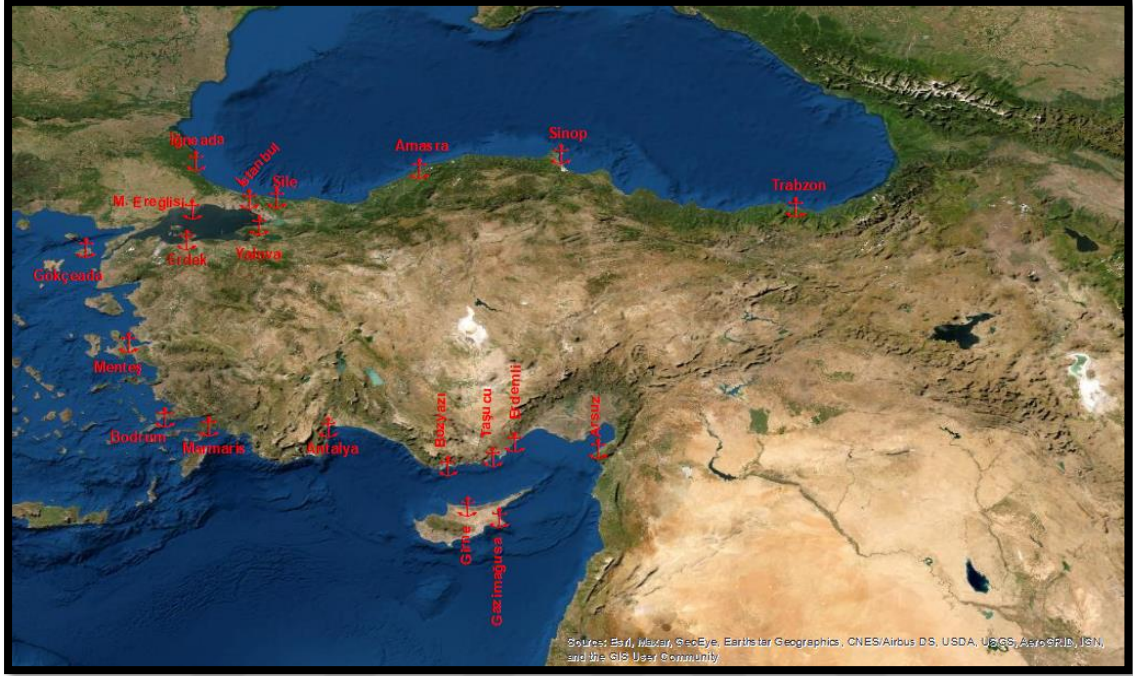
çalışmasından kaynaklanan zaman hataları, şamandıra bağlantı iplerinin kopması, deniz seviyesi ölçülerini milimetrik diyagramlara kaydeden kalemin mürekkebinin bitmesi, kayıt grafiklerinin yanlış yerleştirilmesi ve alet sıfır değerinin operatör tarafından yanlış bağlanması, dinlendirme ve ölçü kuyularının kirlenmesi ve taşması gibi hatalar nedeniyle 1995 yılında analog sistemlerin, sayısal ve otomatik mareograf istasyonu sistemleri ile modernizasyonu çalışmalarına hız verilmiştir. 2000’li yılların başında, birçok kıyı şehrinde sayısal ve otomatik akustik sensörlü mareograf istasyonları kurulmuştur (HGM, 2022a).

Akustik sensörlü seviye ölçüm sisteminde görülen yosunlaşma veya denizden kaynaklı kirlilik nedeniyle sensöre ait ölçüm borusunun tıkanması gibi nedenlerden dolayı zaman zaman sıhhatli değerler üretilmemesi ayrıca deniz suyunun korozyon, dalga çarpması gibi yıpratıcı etkisi nedeniyle sistemin bakım ve sürdürülebilirliğinin zor olması nedeniyle deniz ile teması olmayan ve istasyona entegre edilecek sabit bir GNSS gözlem sistemi ile düşey yönde karasal hareketlerin, dolayısıyla da uzun süreli deniz seviyesi değişimlerinin daha hassas bir şekilde belirlenmesini mümkün kılacak radar sensörlü istasyonlarla modernizasyon çalışmaları başlatılmıştır. 2021 yılına kadar yapılan modernizasyon çalışmaları ile tüm istasyonların GNSS entegreli radar sensörlü deniz seviyesi ölçüm istasyonları ile modernizasyon işlemleri tamamlanmıştır (HGM, 2022a). Şekil 2.2. de akustik sensörlü mareograf istasyonu ile radar sensörlü mareograf istasyonu görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 2.2. Akustik Sensörlü ve Radar Sensörlü Mareograf İstasyonları

Günümüzde 18 tanesi Türkiye kıyılarında 2 tanesi KKTC kıyılarında yer alan toplam 20 adet sayısal ve otomatik mareograf istasyonunun konumları, Şekil 2.3. 'te yer almaktadır.



Şekil 2.3. Mareograf İstasyonlarının Konumları

## 2.6. Ortalama Deniz Seviyesi

Batimetrik ölçümleri, aynı bölgede yapılmış önceki ve sonraki ölçümlerle anlamlı bir biçimde ilişkilendirmek, oluşturulan batimetri haritalarının ülke genelinde veri bütünlüğünü sağlamak amacıyla, ölçümlerin ortak bir datuma dayandırılması gerekir. Bu nedenle yapılan ölçümler, ülkemizde düşey datum olarak kullanılan Antalya ortalama deniz seviyesinin sıfır yüzeyi olarak belirlendiği TUDKA99'a dayandırılmalıdır.

Kıyılardaki ortalama deniz seviyesi; dalgalar ve gelgitlerden kaynaklanan etkileri büyük ölçüde ortadan kaldıracak uzunluğa sahip bir zaman aralığında (bir ay ya da bir yıl), karadaki sabit noktaya göre ölçülmüş deniz seviyesi yüksekliğinin ortalaması olarak tanımlanmıştır (IPCC, 2001).

Deniz seviyesi, çağlardan beri değişiklik göstermektedir. Geç Paleolitik Dönem'de küresel deniz seviyesi, bir zamanlar Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika'yı kaplayan devasa buz tabakalarının erimesi nedeniyle 120-130 metre civarında yükselmiştir (Lambeck, 1996). Deniz seviyesinin yükselmesi, son yıllarda artarak

devam etmektedir. 1900-2016 yılları arasında küresel ortalama deniz seviyesi 16–21 cm arası artmıştır (Sweet et al., 2017). Küresel ortalama deniz seviyesinin yükselmesinde en önemli etkenler, okyanusların ısınması ve buzulların erimesidir (Church et al., 2013).

Deniz seviyesi ile ilgili ihtiyaçlara hizmet etmek amacıyla küresel, bölgesel ve yerel ölçeklerde deniz seviyesi gözlem ağları ve veri merkezleri bulunmaktadır. Küresel Deniz Seviyesi Gözlem Sistemi (GLOSS), Ortalama Deniz Seviyesi Sürekli Servisi (PSMSL), Avrupa Küresel Okyanus Gözlem Sistemi (EuroGOOS), deniz seviyesi gözlem ve veri merkezlerine örnek olarak gösterebilir (HGM, 2022b).

Deniz seviyesi gözlemlerinin birçok kullanım alanı vardır. Deniz seviye gözlemlerinin kullanım alanlarının bir kısmı şunlardır (Yıldız, 2005):

- Düşey yer kabuğu hareketlerini belirlemek,
- Düşey datum oluşturulması,
- Uydu altimetri ölçülerinin kalibrasyonunu yapmak,
- Mutlak okyanus akıntılarını belirlemek,
- Hidrografik ölçmeler,
- İklim değişikliğinin araştırılması,
- Kıyı yapılarının yapılması,
- Hidrografik ve oşinografik modelleme çalışmaları

Batimetri ölçümleri öncesinde ya da sonrasında veri işleme aşamasında ölçüm anındaki deniz seviyesinin bilinmesi ve ölçülerin sıfır yüzeyine indirgenmesi gerekmektedir. Çünkü deniz seviyesi, hem mekânsal hem de zamansal olarak değişiklik gösterir. Örnekle açıklamak gerekirse; İzmir ve Samsun'da deniz kıyılarında aynı gün içerisinde yapılan batimetri ölçümlerinde, iki şehrin kıyısındaki deniz seviyeleri aynı olmadığı için derinlikler lokal bir yüzeye göre belirlenmiş olur. Ortak bir referans yüzeyi kullanılmadığı için ülke genelinde deniz tabanı topoğrafyasını ortaya koymak için gerekli bütünlük sağlanmamış olur. Diğer yandan deniz seviyesi, aynı bölgede aynı gün içerisinde bile değişiklik gösterir. Bu yüzden batimetri ölçümlerinde deniz seviyesi dikkate alınmazsa aynı bölgede birkaç gün arayla yapılan ölçümlerde bile veriler arası anlamlı bir ilişki kurulamaz.

Tablo 2.1.'de Harita Genel Müdürlüğü Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sisteminden temin edilen, 18 adet mareograf istasyonuna ait 2021 yılı verilerinden, hatalı olduğu düşünülen veriler ayıklanarak oluşturulmuş ortalama deniz seviyesi bilgileri yer almaktadır.

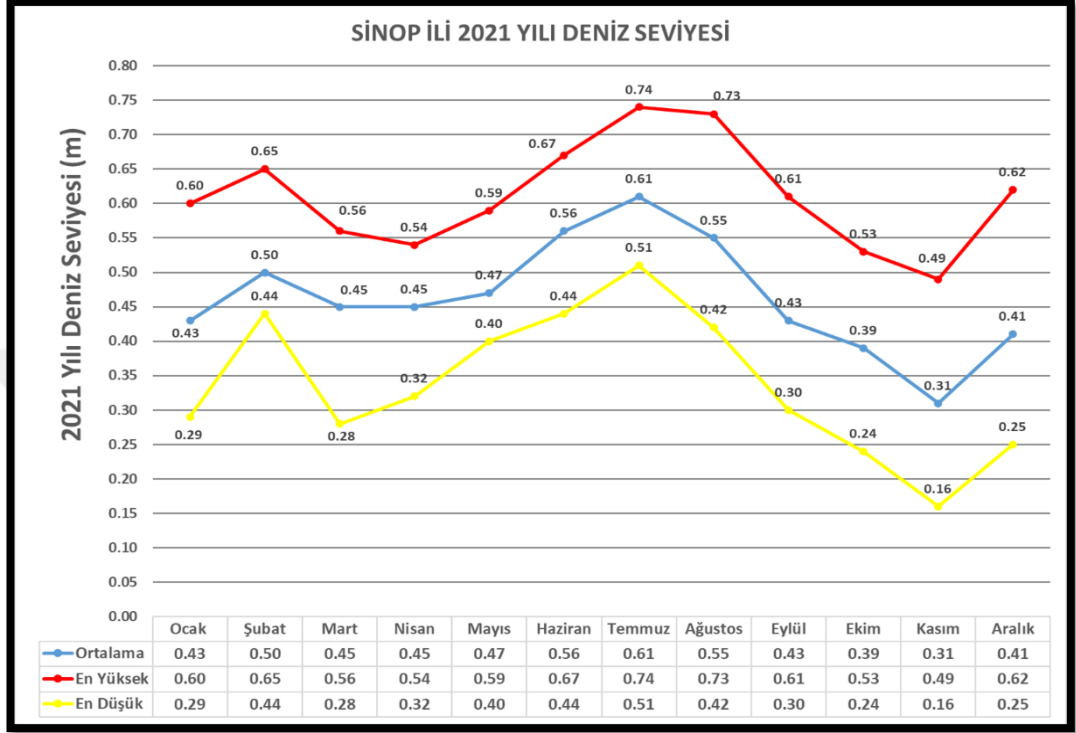
Tablo 2.1. 2021 Yılı Ortalama Deniz Seviyeleri (TUDES, 2022)

Deniz	No	İstasyon Adı	Ortalama Seviye (m)
KARADENİZ	1	Trabzon	0.40
	2	Sinop	0.46
	3	Amasra	0.56
	4	Şile	0.61
	5	İğneada	0.69
MARMARA	6	İstanbul	0.53
	7	Yalova	0.35
	8	Erdek	0.35
	9	Marmara Ereğlisi	0.27
	10	Gökçeada	-0.01
EGE	11	Menteş	0.15
	12	Bodrum	0.05
	13	Marmaris	0.11
	14	Antalya	0.04
AKDENİZ	15	Bozyazı	0.21
	16	Taşucu	0.24
	17	Erdemli	0.25
	18	Arsuz	0.27

Tablo 2.1. Harita Genel Müdürlüğüne ait mareograf istasyonlarından tüm istasyonların deniz seviyesi değerleri TUDKA99'a dayandırılmış şekilde 15 dakika aralıklarla kayıt altına alınan, her bir istasyonda bir yılda kayda alınmış yaklaşık 35000 bin veri incelenerek hatalı olduğu düşünülen veriler olabildiğince ayıklanıp oluşturulmuştur. Ancak istasyonlarda bazı zaman aralıklarında yaşanan veri kesintisi nedeniyle bu değerler tam olarak doğru değildir. Yine de veri setinin büyüklüğü düşünüldüğünde kesintilerin uzun süreli olmaması nedeniyle değerlerin gerçeğe yakın olduğu düşünülmektedir.

Tablo 2.1. incelendiğinde, 2021 yılında ortalama deniz seviyesi en yüksek olan denizin Karadeniz olduğu, ardından sırasıyla Marmara Denizi, Akdeniz ve Ege Denizi'nin geldiği görülmektedir.

Deniz seviyesinde bölgesel değişimler olduğu kadar zamansal değişimlerde yaşanır. Şekil 2.4.'te Harita Genel Müdürlüğü Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sisteminden temin edilen verilerden yararlanılarak oluşturulmuş Sinop ili 2021 yılı deniz seviye değişimlerine ilişkin grafik yer almaktadır.



Şekil 2.4. Sinop ili 2021 yılı deniz seviyesine ilişkin grafik (TUDES, 2022)

Grafikte yer alan deniz seviyesi yüksekliklerinin referans yüzeyi (sıfır yüzeyi), ülkemizde ulusal düşey datum olarak kabul edilen Antalya ortalama deniz seviyesidir.

Grafik incelendiğinde, şubat ayındaki verilerde özellikle en düşük seviye çizgisinde ani bir yükseliş olduğu görülmektedir. Bu ani yükselişin nedeninin mareograf istasyonunda şubat ayında yaşanan uzun süreli veri kesintisi olduğu düşünülmektedir. Grafik yorumlanacak olursa; Sinop ilinde deniz seviyesinin, ilkbahardan itibaren yükselmeye başladığı, yaz aylarında zirve yaptığı, sonbaharla birlikte düşüş eğilimine geçtiği çıkarımında bulunulabilir.

Görüldüğü üzere aynı bölgede aynı ay içerisinde dâhi deniz seviyesinde 30 cm üzerinde değişiklikler yaşanmaktadır. Bu nedenle yapılacak batimetrik ölçümlerde, deniz seviyesinin bilinmesi ve ölçülerin sıfır yüzeyine indirgenmesi büyük önem taşır.

## 2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Hidrografik ölçümler sonucu toplanan verilerin; işlenmesi, analiz edilmesi, görselleştirilmesi için yazılımlara ihtiyaç vardır. Hidrografik çalışmalarda HYPACK, Teledyne PDS gibi bu konu özelinde geliştirilmiş yazılımlar bulunmakla birlikte; Coğrafi bilgi sistemleri yazılımları da dünya genelinde yaygın olarak kullanımı, içerisinde sorgulama, analiz, görselleştirmeye yönelik birçok araç barındırması, CAD yazılımları ile veri alışverişinin kolay olması nedeniyle bu tür çalışmalarda sıklıkla kullanılır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), “konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir.” (Yomralıoğlu ve Aydınoglu, 2010).

### 2.7.1. CBS'nin Genel Özellikleri

Coğrafi bilgi sistemlerinin genel özellikleri şunlardır;

- Grafik verilerin yanında grafik olmayan verileri (öznitelik) de içerisinde barındırabilir.
- Grafik ve öznitelik verilerini içerisinde barındırdığı veri tabanında saklanır.
- Verilerde düzenleme, değişiklik yapma ya da yeni veri oluşturma işlemleri kolaydır.
- Koordinat sistemi tanımlamaları, proje bazında yapılabileceği gibi katman bazında da yapılabilir.
- Gerek grafik verileri kullanarak öznitelik bilgilerine gerekse özniteliklerden grafik verilerine ilişkin sorgulamalar yapılır.
- İçerisinde barındırdığı yüzlerce analiz aracı ile konumsal ve matematiksel birçok analiz yapılabilir.
- 2 boyutlu ve 3 boyutlu görselleştirme imkânı sunar.
- Sistemin içerisine farklı formattaki (kml, dwg, jpg, csv vb.) birçok veri dahil edilebilir, aynı şekilde farklı formatlarda çıktı oluşturulabilir.

## 2.7.2. CBS'nin Kullanım Alanları

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin, içerisinde barındırdığı konumsal sorgulama, analiz ve görselleştirme gibi birçok güçlü özellikleri sayesinde geniş bir kullanım alanı vardır. Tablo 2.2. de Coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım alanlarından bazıları yer almaktadır.

Tablo 2.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım alanları (Töreay vd., 2010)

KULLANIM ALANI	AÇIKLAMA
Çevre Yönetimi	Çevre düzeni planları, çevre koruma alanları, ÇED raporu hazırlama, göller, göletler, sulak alanların tespiti, çevresel izleme, hava ve gürültü kirliliği, kıyı yönetimi, meteoroloji, hidroloji...
Doğal Kaynak Yönetimi	Arazi yapısı, su kaynakları, akarsular, havza analizleri, yabani hayat, yer altı ve yer üstü doğal kaynak yönetimi, madenler, petrol kaynakları...
Mülkiyet-İdari Yönetim	Tapu-Kadastro, vergilendirme, seçmen tespiti, nüfus, kentler, beldeler, kıyı sınırları, idari sınırlar, tapu bilgileri, mücavir alan dışında kalan alanlar, uygulama imar planları...
Bayındırlık Hizmetleri	İmar faaliyetleri, otoyollar, devlet yolları, demir yolları ön etütleri, deprem zonları, afet yönetimi, bina hasar tespitleri, binaların cinslerine göre dağılımları, bölgesel kalkınma dağılımı...
Eğitim	Araştırma-inceleme, eğitim kurumlarının kapasiteleri ve bölgesel dağılımları, okuma-yazma oranları, öğrenci ve öğretmen sayıları, planlama...
Sağlık Yönetimi	Sağlık-coğrafya ilişkisi, sağlık birimlerinin dağılımı, personel yönetimi, hastane vb. birimlerin kapasiteleri, bölgesel hastalık analizleri, sağlık tarama faaliyetleri, ambulans hizmetleri...
Belediye Faaliyetleri	Kentsel faaliyetler, imar, emlak vergisi toplama, imar düzenlemeleri, çevre, park bahçeler, fen işleri, su-kanalizasyon-doğal gaz tesis işleri, TV kablolama, uygulama imar planları, nazım imar planları, halihazır haritalar, altyapı, toplu taşımacılık, belediye yolları ve tesisleri...
Ulaşım Planlaması	Kara, hava, deniz ulaşım ağları, doğal gaz boru hatları, iletişim istasyonları, yer seçimi, enerji nakil hatları, ulaşım haritaları...
Turizm	Turizm bölgeleri alanları ve merkezleri, turizm amaçlı uygulama imar planları, turizm tesisleri, kapasiteleri, arkeoloji çalışmaları...
Orman ve Tarım	Eğim-bakı hesapları, orman amenajman haritaları, orman sınırları, peyzaj planlaması, milli parklar, orman kadastro, arazi örtüsü, toprak haritaları...
Ticaret ve Sanayi	Sanayi alanları, organize sanayi bölgeleri, serbest bölgeler, bankacılık, pazarlama, sigorta, risk yönetimi, abone, adres yönetimi...

Tablo 2.2. (devam)

Savunma ve Güvenlik	Askeri tesisler, tatbikat ve atış alanları, yasak bölgeler, sivil savunma, emniyet, suç analizleri, suç haritaları, araç takibi, trafik sistemleri, acil durum...
---------------------	---

### 2.7.3. CBS’de Veri Yapıları

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veriler, vektör veri ve raster veri olmak üzere iki şekildedir.

**Vektör veri**, koordinat (x,y) değerleri ile depolanan verilerdir. Vektör veriler, “nokta, çizgi, alan” olmak üzere 3’e ayrılır (Töreay vd, 2010).

- Noktasal veri (Point): Tek bir (x,y) koordinat çifti ile temsil edilen verilerdir. Bu tür vektör veriler şekli ve sınırları çok küçük olan birimlerin tanımlanmasında kullanılırlar. Örneğin; tepe noktaları (zirve), elektrik direkleri, kuyular, ağaçlar, vb.

- Çizgisel Veri (Line): Birbirini izleyen bir dizi (x,y) koordinat serisi şeklinde sistemde depolanan verilerdir. Bir dizi halinde birbirini izleyen ve alan olarak gösterilemeyen birimler için kullanılırlar. Örneğin; yol, akarsu, elektrik hattı vb.

- Alansal Veri (Polygon): Başlangıç ve bitiş noktalarında aynı koordinata (x,y) sahip olan ve bir dizi koordinatlar ile sistemde depolanan verilerdir. Örneğin; parseller, binalar, göller, yerleşim sınırları, orman alanı vb.

**Raster veri**, her hücrenin bilgiyi temsil eden bir değer içerdiği satırlar ve sütunlar halinde düzenlenmiş bir hücre (piksel) matrisinden oluşur. Raster veriler; dijital hava fotoğrafları, uydulardan alınan görüntüler, dijital resimler ve hatta taranmış haritalardır. Coğrafi bilgi sistemleri içerisinde raster verilerin kullanımı dört ana kategoriye ayrılır (ESRI, 2022).

- Altlık haritalar (Basemaps): CBS’de raster veriler, diğer katmanlar için arka plan görüntüsü olarak kullanılabilir.

- Yüzey haritaları: Raster veriler, bir yüzey boyunca sürekli değişen verileri görüntülemek için idealdir. Yüzey haritaları en yaygın olarak yükseklik verilerini göstermek için kullanılır. Bununla birlikte yağış, sıcaklık, yoğunluk gibi verilerde konumsal olarak incelenebilecek yüzeyleri oluşturmak için kullanılabilir.

- Tematik haritalar: Tematik verileri temsil eden raster'lar, diğer verilerin analizinden türetilir. Örneğin, bir uydu görüntüsü kullanılarak arazi örtüsü, kategorilerine göre sınıflandırılabilir.

- Öznitelik Bilgileri: Raster veriler, bir özelliğin özniteliği olarak kullanılan dijital fotoğraflar, taranmış belgeler veya bir coğrafi nesne veya konumla ilgili taranmış çizimler olabilir. Örneğin bir parsel katmanı, o parsel için yapılan en son işlemi tanımlayan taranmış yasal belgelere sahip olabilir.

#### **2.7.4. CBS'de Sorgulama ve Analiz**

Toplanacak coğrafi verilere yeniden ulaşabilmek için çoğu kez veri tabanı yönetim sistemleri kullanılır. Fakat aynı ortamda, grafik olmayan bilgileri bir arada görmek veya sorgulamak ancak coğrafi bilgi sistemi ile mümkün olabilmektedir. CBS ile grafik bilgiden öznitelik bilgilerine veya öznitelik bilgilerinden grafik bilgiye hızlı bir şekilde erişilebilir (Yomralıoğlu, 2005). Coğrafi bilgi sistemlerinde konumsal sorgulamalar örneklerle açıklanırsa, bilgisayar ekranında bulunan grafik bir kent haritası üzerinde imleç ile seçilecek bir hastanenin; adresi, kaç polikliniğe sahip olduğu, doktor sayısı gibi öznitelik bilgileri sorgulanabileceği gibi, öznitelikler tablosundan seçilecek bir doktorun görev yaptığı hastanenin konumu grafik olarak ekranında görüntülenebilir. Bir başka örnek vermek gerekirse grafik bir Türkiye haritasında seçilen bir ilin; yüzölçümü, nüfusu, nüfus artış hızı, ilçe sayısı gibi bilgilere ulaşılacağı gibi, yüz ölçümü veya nüfusu belirli bir değer üzerindeki iller sorgulanıp topluca görüntülenebilir.

Coğrafi bilgi sistemini diğer bilgi sistemlerinden ayıran en önemli özelliklerden biri konumsal analizlerdir. Grafik ve grafik olmayan bilgilerin amaca yönelik olarak modellenerek sonuçların irdelenip yorumlanması gibi işlemlerin tümü konumsal analiz olarak bilinir. Konumsal analiz işleminde, mevcut veri kümelerinden yararlanarak yeni bilgi kümeleri üretilerek coğrafi özellik gösteren alanların, potansiyel kullanımlarının değerlendirilmesi, konumsal olayların çevreye etkilerinin tahmin edilmesi ve bu olayların yorumlanıp anlaşılır hale dönüştürülmesi gibi uygulamaların tümü konumsal analiz kapsamına girer (Yomralıoğlu, 2005).

CBS'de sıklıkla kullanılan konumsal analizlerden bazıları şu şekildedir:

- Tampon bölge analizleri (Buffer analysis),
- Yoğunluk analizleri (Density analysis),

- Bindirme analizleri (Overlay analysis),
- Yüzey analizleri ( 3D, Elevation, Aspect, Slope vb.),
- Ağ analizleri (Network analysis)

CBS'deki konumsal sorgulama ve analizler, karar verme süreçlerinde önemli bir destek sağlar. Örneğin liman, balıkçı barınağı vb. bir kıyı yapısının planlanması aşamasında, coğrafi bilgi sistemleri ile bölgedeki diğer kıyı yapılarının kapasiteleri, uzaklıkları sorgulanabilir. Kıyı yapısı yapılması düşünülen alanın yakınlarında, ilerleyen süreçte yapının içerisinde kumlanmaya neden olabilecek derelerin varlığı sorgulanıp ona göre planlama yapılabilir. Kıyı yapısının inşası için bölgedeki taş ocaklarından taş temin edileceği ve bu taşların bölgeye kara yolu ile ulaştırılacağı için taş ocaklarının konumu ve yol verileri kullanılarak ağ analizleri gerçekleştirilerek en kısa yol bulunabilir, kıyı yapısı için alternatif lokasyonlar belirlenebilir, fayda-maliyet hesapları yapılabilir. Ayrıca bölgede bulunabilecek ve kıyı yapısının inşasının uygun olmayacağı milli parklar, sit alanları gibi koruma altındaki alanlar tespit edilip tampon bölge analizleri gerçekleştirilerek inşa edilecek kıyı yapısının bu alanlara zarar vermeyecek uzaklıkta olması sağlanabilir.

Görüldüğü üzere, coğrafi bilgi sistemlerinin sorgulama ve analizleri, karar verme süreçlerinde etkili olarak kullanılabilir. Bu nedenle konuma dayalı her türlü projenin; planlanma, tasarım, uygulama, yönetim aşamalarında coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmalıdır.

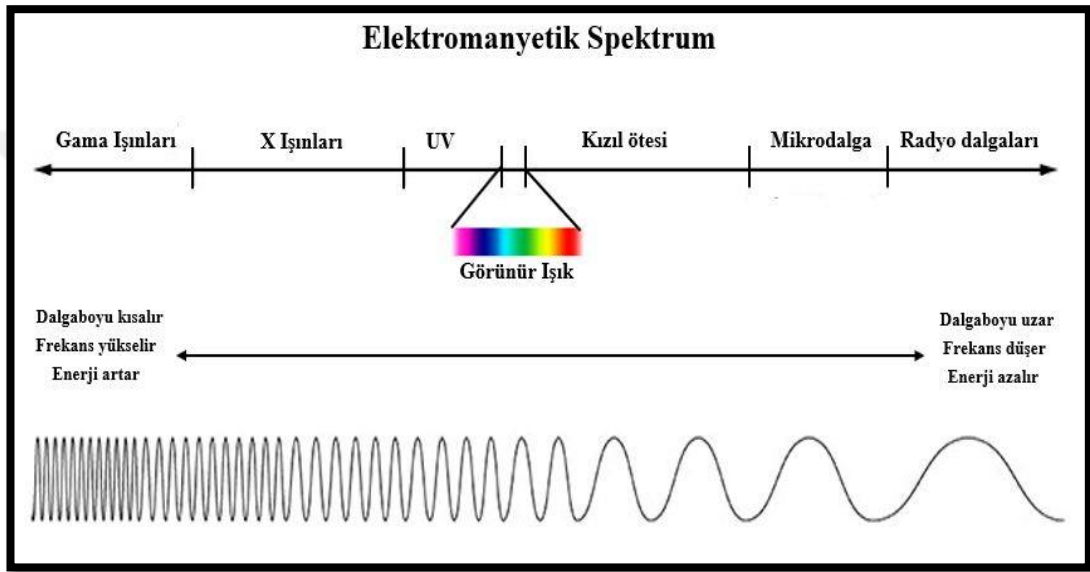
## **2.8. Uzaktan Algılama**

Batimetri çalışmaları, geleneksel yöntemlerle yapılabildiği gibi gelişen uzay ve uydu teknolojileri ile birlikte uzaktan algılama teknikleri ile de yapılabilmektedir.

Uzaktan algılama, hava araçları ve uydular tarafından toplanan veriler kullanılarak dünya yüzeyindeki nesnelerin özelliklerinin ölçülmesi olarak tanımlanır. Uzaktan algılamada, nesnelerle doğrudan temas halinde olunmadığı için nesnelere yansıyan veya yayılan optik, akustik, mikrodalga gibi elektromanyetik sinyaller kullanılır (Schowengerdt, 2007).

### 2.8.1. Elektromanyetik Spektrum

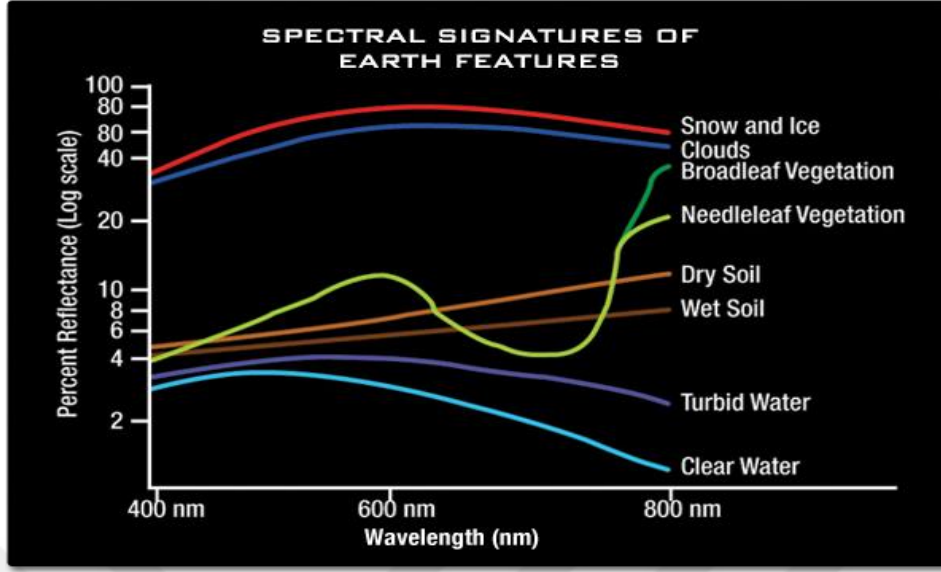
Elektromanyetik radyasyon, her biri ışık hızında ve dalga benzeri bir düzende hareket eden, foton adı verilen kütesiz parçacıkların akışı olarak tanımlanabilir. Her foton belirli bir miktarda enerji içerir. Farklı radyasyon türleri arasındaki tek fark fotonlarda bulunan enerji miktarıdır. Elektromanyetik radyasyon türleri; gama ışınları, x ışınları, ultraviyole ışınlar, görünür ışık, kızıl ötesi ışınlar, mikrodalga ve radyo dalgalarıdır. Elektromanyetik spektrum, tüm elektromanyetik radyasyonların aralığını kapsar (NASA, 2013). Şekil 2.5. te elektromanyetik spektrum yer almaktadır.



Şekil 2.5. Elektromanyetik Spektrum (NASA, 2013)

### 2.8.2. Spektral İmza

Toprak, su, kayalık, bitki örtüsü vb. nesnelere, elektromanyetik spektrumun belirli bantlarında birbirinden farklı yansıtım özellikleri gösterir. Bu spektral yansıtımlar, yüzeylerinin maddesel özellikleri hakkında ayırt edici bilgiler içerir. Spektral imza, bir nesnenin farklı dalga boylarındaki enerjilere göre yansıma veya yayılımının değişimini ifade eder (Schott, 2007). Şekil 2.6.'da farklı nesnelerin görünür ışık spektrumu içerisindeki spektral imzaları yer almaktadır.



Şekil 2.6. Nesnelerin spektral imzası (Allen, 2022)

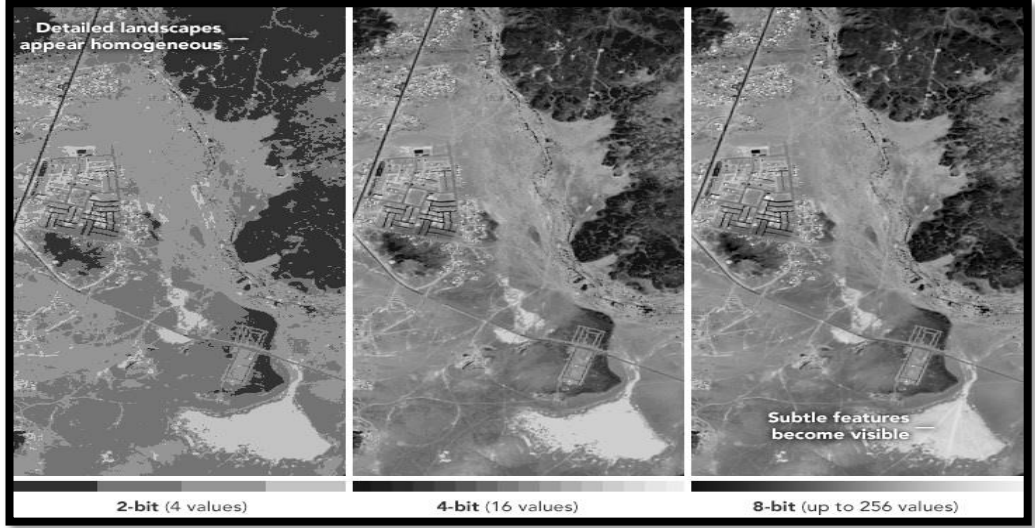
Şekilde su, bitki, bulut, kar gibi nesnelerin, elektromanyetik spektrumun görünür ışık aralığındaki spektral imzaları yer almaktadır. Nesneler, görünür ışık dışındaki aralıklarda da birbirinden farklı spektral yansıtım yaparlar.

### 2.8.3. Çözünürlük

Bir görüntünün çözünürlüğü, görüntünün içerdiği ayrıntı miktarını ifade eder. Uzaktan algılamada verilerin kalitesi, çözünürlüğüne bağlıdır. Çözünürlük, uydunun yörüngesine ve sensör tasarımına bağlı olarak değişebilir. Uzaktan algılamada radyometrik, mekânsal, spektral ve zamansal olmak üzere dört tür çözünürlük vardır (NASA, 2022a).

**Radyometrik Çözünürlük:** Radyometrik çözünürlük, her pikseldeki bilgi miktarı, yani kaydedilen enerjiyi temsil eden bit sayısıdır. Bit, ikili rakam anlamına gelen binary digit kelimesinin kısaltmasıdır. Bit, bilgi depolamada kullanılan, 0 ve 1 değerlerini alabilen hücrelere denir. Her bit, 0 veya 1 olmak üzere iki değer saklayabilir. Görüntünün radyometrik çözünürlüğü, bit sayısı ile ilgilidir. Örneğin, 8 bitlik bir görüntünün radyometrik çözünürlüğü  $2^8$  dir. Bu, sensörün bilgi depolamak için 256 potansiyel dijital değere (0-255) sahip olduğunu gösterir (NASA, 2022a).

Şekil 2.7. de aynı bölgenin farklı radyometrik çözünürlükteki görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 2.7. Radyometrik Çözünürlük (Stevens, 2022)

Görüldüğü üzere görüntünün radyometrik çözünürlüğü arttıkça, nesnelere hakkında daha gerçekçi görüntüler ortaya çıkar.

**Mekânsal Çözünürlük:** Mekânsal çözünürlük, dijital bir görüntüdeki her bir pikselin, Dünya yüzeyinde temsil ettiği alan şeklinde tanımlanır. Örneğin, Terra ve Aqua uydularındaki MODIS sensörü tarafından gözlemlenen bantların çoğunluğu 1 km'lik mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Yani her bir piksel, yerdeki 1 km x 1 km'lik bir alanı temsil eder (NASA, 2022a).

Şekil 2.8.'de aynı bölgenin farklı mekânsal çözünürlükteki görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 2.8. Mekansal Çözünürlük (NASA, 2022a)

Mekânsal çözünürlük ne kadar yüksekse, yani bir pikselin temsil ettiği alan ne kadar düşükse, görüntülenen nesneye ait daha fazla ayrıntı ortaya çıkar.

**Spektral Çözünürlük:** Bir sensörün, dalga boylarındaki daha küçük değişiklikleri ayırt etme yeteneğidir. Spektral çözünürlüğü yüksek olan sensörler, daha fazla ve daha dar bantlara sahiptir. 3-10 arası banda sahip olan sensörler, multispektral olarak adlandırılır. Bazı sensörler ise yüzlerce hatta binlerce banda sahiptir ve hiperspektral olarak adlandırılırlar. Belirli bir bant için dalga boyları aralığı ne kadar dar olursa, spektral çözünürlük o kadar iyi olur (NASA, 2022a).

**Zamansal Çözünürlük:** Bir uydunun, yörüngesini tamamlayıp aynı gözlem noktasına tekrar gelmesi için geçen süreyi ifade eder. Zamansal çözünürlük uydunun yörüngesine, sensörünün özelliklerine ve tarama genişliğine bağlıdır. Zamansal çözünürlük ne kadar yüksekse, uydunun aynı bölgeyi görüntüleme sıklığı da o kadar fazladır (NASA, 2022a).

#### **2.8.4. Uydu Sistemleri**

Uyduların tasarımı, sensörleri, yörünge yükseklikleri vb. özellikleri kullanım amacına bağlı olarak değişiklik gösterir. Haberleşme uyduları, meteoroloji uyduları, konumlama uyduları, gözlem uyduları gibi birçok uydu türü vardır. Uzaktan algılama teknikleri ile batimetri çalışmalarında gözlem uyduları kullanılmaktadır.

##### **2.8.4.1. Yer Gözlem Uyduları**

#### **Landsat 8**

Dünyanın ilk yer gözlem uydusu olan Landsat uydularının ilki, 1972 yılında uzaya fırlatılmıştır. Landsat uydu sistemlerine zaman içerisinde yenileri eklenmiştir. Landsat, NASA ve USGS'in ortak programı olup uyduları, doğal kaynakların araştırılmasında kullanılır (Garner, 2021).

Landsat 8, 2013 yılında Kaliforniya'da yer alan Vandenberg Hava Kuvvetleri Üssü'nden Atlas-V roketiyle fırlatılmıştır. Landsat 8 uydusunda OLI (Operational Land Imager) ve TIRS (Thermal Infrared Sensor) sensörleri yer almaktadır. OLI sensörü; spektrumun görünür, yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi kısımlarını (VNIR, NIR ve SWIR) ölçer. TIRS, ısıyı tespit etmek için kuantum fiziğini uygulayan yeni bir teknolojiyle kara yüzey sıcaklığını iki termal bantta ölçer. Landsat 8 görüntüleri, 15 metrelik pankromatik ve 30 metrelik multispektral çözünürlüklere

sahiptir. Landsat 8, yeryüzünden yaklaşık 705 km yüksekte bir yörüngede yer almaktadır. Zamansal çözünürlüğü, 16 gündür (USGS, 2022).

Tablo 2.3. da Landsat 8 uydusuna ait bandların özellikleri yer almaktadır.

Tablo 2.3. Landsat 8 uydusu band özellikleri (NASA, 2022b)

Band No	Açıklama	Dalga Boyu ( $\mu\text{m}$ )	Mekansal Çözünürlük (m)
1	Kıyı/Aerosol	0.43 - 0.45	30
2	Mavi	0.45 - 0.51	30
3	Yeşil	0.53 - 0.59	30
4	Kırmızı	0.64 - 0.67	30
5	Yakın Kızılötesi	0.85 - 0.88	30
6	Kısa Dalga Kızılötesi-1	1.57 - 1.65	30
7	Kısa Dalga Kızılötesi-2	2.11 - 2.29	30
8	Pankromatik	0.50 - 0.68	15
9	Cirrus	1.36 - 1.38	30
10	Termal Kızılötesi-1	10.6 - 11.19	30
11	Termal Kızılötesi-2	11.5 - 12.51	30

Tablodaki ilk 9 band OLI sensöründe, son iki band TIRS sensöründe yer almaktadır.

### **Sentinel -2**

Sentinel-2 uydusu, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Copernicus programı kapsamında geliştirilmiştir. Güneş-eşzamanlı yörüngeye yerleştirilmiş, dünya etrafında birbirlerine göre  $180^\circ$  lik konumda iki uydudan oluşan bir uydu sistemidir. Her bir uydunun zamansal çözünürlüğü 10 gündür. Ancak Sentinel 2 uydu sistemi, dünya etrafında birbirine göre  $180^\circ$  lik konumda bulunan iki uydudan oluştuğu ve bu uydular 5 günde bir yer değiştirdiği için Sentinel 2 uydu sisteminin zamansal çözünürlüğü 5 gün kabul edilir (ESA, 2022a). Sentinel 2A uydusu 2015 yılında, Sentinel 2B uydusu 2017 yılında Fransa'dan uzaya gönderilmiştir (ESA, 2022b).

Tablo 2.4. de Sentinel 2 uydusuna ait bandların özellikleri yer almaktadır.

Tablo 2.4. Sentinel 2 uydularının band özellikleri (ESRI Türkiye, 2019)

Band	Açıklama	Dalga Boyu (µm)	Mekansal Çözünürlük (m)
1	Kıyı/Aerosol	0.433 – 0.453	60
2	Mavi	0.458 – 0.523	10
3	Yeşil	0.543 – 0.578	10
4	Kırmızı	0.650 – 0.680	10
5	Vejetasyon Red Edge	0.698 – 0.713	20
6	Vejetasyon Red Edge	0.733 – 0.748	20
7	Vejetasyon Red Edge	0.773 – 0.793	20
8	NIR (Yakın Kıızılötesi)	0.785 – 0.900	10
8A	Narrow NIR (Daraltılmış Yakın Kıızılötesi)	0.855 – 0.875	20
9	Water vapour (Su buharı)	0.935 – 0.955	60
10	SWIR – Cirrus (Kısa Dalga Kıızılötesi)	1.365 – 1.385	60
11	SWIR-1 (Kısa Dalga Kıızılötesi-1)	1.565 – 1.655	20
12	SWIR-2 (Kısa Dalga Kıızılötesi-2)	2.100 – 2.280	20

### **Ikonos -2**

Ikonos-2 uydusu, 1999 yılında uzaya fırlatılan ve 2015 yılına kadar faaliyette bulunan bir yer gözlem uydusudur. Yörünge yüksekliği 681-705 km arasındadır. Ikonos-2 uydusunun zamansal çözünürlüğü 14 gündür. Radyometrik çözünürlüğü ise 11 bittir (ESA, 2022c).

Tablo 2.5. de Ikonos-2 uydusuna ait bandların özellikleri yer almaktadır.

Tablo 2.5. Ikonos-2 uydusu band özellikleri (ESA, 2022c)

Band	Dalga Boyu (µm)	Mekansal Çözünürlük (m)
Pankromatik	0.45-0.90	1
Mavi	0.45-0.53	4
Yeşil	0.52-0.61	4
Kırmızı	0.64-0.72	4
Yakın Kıızılötesi	0.76-0.86	4

### **WorldView-2**

WorldView-2 uydusu, 2009 yılında uzaya gönderilen, Maxar şirketine ait bir gözlem uydusudur. Yörünge yüksekliği 770 km'dir. WorldView-2 uydusu, WV110 sensörü ile pankromatik bantta 0.46 m, multispektral bantlarda 1.8 m mekansal

çözünürlüğe sahip görüntü sağlar. WorldView-2, Pankromatik ve dört tipik multispektral band (mavi, yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi) ile birlikte arazi ve su özelliklerinin daha iyi sınıflandırılması için dört ek banda (kıyı mavisi, sarı, kırmızı kenar, yakın kızılötesi 2) sahiptir (ESA, 2022d).

Tablo 2.6. da WorldView-2 uydusuna ait bandların özellikleri yer almaktadır.

Tablo 2.6. WorldView-2 uydusu band özellikleri (ESA, 2022d)

<b>Band</b>	<b>Dalga Boyu (µm)</b>	<b>Mekansal Çözünürlük (m)</b>
Pankromatik	0.400 - 0.800	0.46
Kıyı mavisi	0.400 - 0.450	1.8
Mavi	0.450 - 0.510	1.8
Yeşil	0.510 - 0.580	1.8
Sarı	0.585 - 0.625	1.8
Kırmızı	0.630 - 0.690	1.8
Kırmızı Kenar	0.705 - 0.745	1.8
Yakın Kızılötesi-1	0.770 - 0.895	1.8
Yakın Kızılötesi-2	0.860 - 1.040	1.8

### **WorldView-3**

WorldView-3, 2014 yılında uzaya gönderilen, Maxar şirketine ait bir gözlem uydusudur. WorldView-3 uydusunun özellikleri, WorldView-2 uydusuna çok benzer ancak daha alçak bir yörüngede hareket eder. Yörünge yüksekliği, 617 km'dir. WorldView-3 uydusu, WV110 sensörü ile pankromatik bantta 0.31 m, 8 adet VNIR (Visible Near Infrared) bandlarında 1.24 m, 8 adet SWIR (Shortwave Infrared) bandlarında 3.7 m, 12 adet CAVIS (Clouds, Aerosols, Vapors, Ice Snow) bandlarında 30 m mekansal çözünürlüğü sahip görüntü sağlar. CAVIS bandlarının amacı; atmosferi izleyerek sis, toz veya diğer engelleyici maddeler tespit ederek WorldView-3'ün yüksek çözünürlüklü görüntülerini iyileştirmek için düzeltme verileri sağlamaktır. (ESA, 2022e).

Tablo 2.7. de WorldView-3 uydusuna ait bandların özellikleri yer almaktadır.

Tablo 2.7. WorldView-3 uydusu band özellikleri (ESA, 2022e)

	<b>Band</b>	<b>Dalga Boyu (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Mekansal Çözünürlük (m)</b>
VNIR Bandları	Pankromatik	0.400 - 0.800	0.31
	Kıyı mavisi	0.400 - 0.450	1.24
	Mavi	0.450 - 0.510	1.24
	Yeşil	0.510 - 0.580	1.24
	Sarı	0.585 - 0.625	1.24
	Kırmızı	0.630 - 0.690	1.24
	Kırmızı Kenar	0.705 - 0.745	1.24
	Yakın Kızılötesi 1	0.770 - 0.895	1.24
	Yakın Kızılötesi 2	0.860 - 1.040	1.24
	SWIR Bandları	Kısa Dalga Kızılötesi 1	1.195 - 1.225
Kısa Dalga Kızılötesi 2		1.550 - 1.590	3.7
Kısa Dalga Kızılötesi 3		1.640 - 1.680	3.7
Kısa Dalga Kızılötesi 4		1.710 - 1.750	3.7
Kısa Dalga Kızılötesi 5		2.145 - 2.185	3.7
Kısa Dalga Kızılötesi 6		2.185 - 2.225	3.7
Kısa Dalga Kızılötesi 7		2.235 - 2.285	3.7
Kısa Dalga Kızılötesi 8		2.295 - 2.365	3.7
CAVIS Bandları	Çöl Bulutları	0.405 - 0.420	30
	Aerosol-1	0.459 - 0.509	30
	Yeşil	0.525 - 0.585	30
	Aerosol-2	0.620- 0.670	30
	Su-1	0.845 - 0.885	30
	Su-2	0.897 - 0.927	30
	Su-3	0.930 - 0.965	30
	NDVI-Kısa Dalga Kızılötesi	1.220 - 1.252	30
	Cirrus	1.350 - 1.41	30
	Kar	1.620 - 1.680	30
Aerosol-3	2.105 - 2.245	30	
Aerosol-3	2.105 - 2.245	30	

## 2.9. Batimetri Yöntemleri

Batimetri terimi, deniz tabanının deniz seviyesine göre derinliğini ifade eder. Uzunca zamandır batimetri çalışmaları yapılarak deniz tabanındaki şevler, dağlar, kanyonlar ve hendekler yani deniz tabanı topoğrafyası değişik doğruluk dereceleriyle ölçülmekte ve haritalanmaktadır. Batimetri çalışmalarında önceleri deniz tabanına fiziksel temasa dayalı ip iskandil, lata iskandil gibi klasik yöntemler kullanılmıştır.

Günümüzde ise gelişen teknolojiler ile birlikte batimetri çalışmalarında gemi ve teknelerden sonar sistemler, uçaklardan ve uydulardan uzaktan algılama ve lidar sistemler gibi modern yöntemler kullanılmaktadır (Dierssen and Theberge, 2014b).

### 2.9.1. Klasik Batimetri (İskandil) Yöntemleri

#### 2.9.1.1. Lata İskandil

Lata İskandil, genellikle ahşap veya metalden yapılmış 4-5 m uzunluğunda santimetre-desimetre olarak bölümlenmiş çubuklardır. Çubukların uzunluğu, kullanım kolaylığı ve ölçüm anında düşey doğrultunun korunması için 6 metreyi geçmemelidir. Kaya, beton vb. malzemeler içeren bölgeler haricinde çubuğun tabanına 15 cm çapında dairesel bir plaka eklenmelidir. Ölçüm doğruluğu için çubuğun toplam ağırlığı 4 kilogramın altında olmamalıdır (UTN, 2002).

Şekil 2.9. da Lata iskan dil ile yapılan bir batimetrik ölçüm görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.9. Lata İskandil (UTN, 2002)

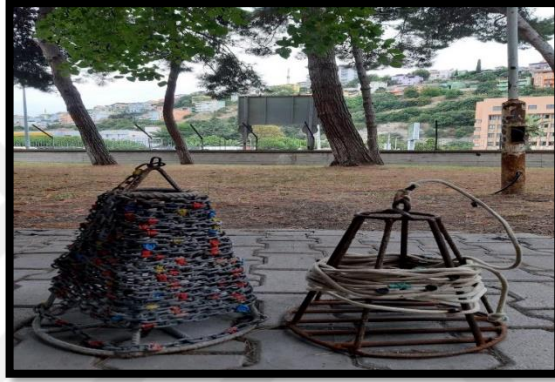
#### 2.9.1.2. İp İskandil

İp İskandil; keten, kenevir vb. su içerisinde esnemesi az olan bir ip ve ipin deniz tabanına ulaşması ve düşey doğrultudan sapmaması amacıyla ipin ucuna takılan metal ağırlıktan oluşur. İp iskan dilde, ipin uç kısmındaki ağırlıktan ipin sonuna kadar belirli aralıklarla uzunlukları gösteren işaretler bulunur. İp iskan dil yöntemi, sığ sularda klasik yöntemler içerisinde kullanımını görece kolay olan bir yöntem olmakla birlikte,

özellikle denizin dalgalı olduğu durumlarda ip, deniz içerisinde düşey doğrultudan sapar. İpin esnemesi ve düşey doğrultudan sapması nedeniyle ip yerine zincir tercih edilebilir. Ancak bu durumda derinliğin fazla olduğu yerlerde zincirin ağırlığı nedeniyle kullanım zorlaşır.

İp iskandil yönteminde doğruluğu artırmak için ip üzerindeki uzunluklar doğru bir şekilde işaretlenmeli ve işaretlerin aralığı mümkün olduğunca kısa olmalıdır. İpin düşey doğrultuda deniz tabanına ulaşması için kullanılan metal ağırlık 5-10 kg arasında olmalıdır. Ölçüm için denizin sakin olduğu dönem tercih edilmelidir.

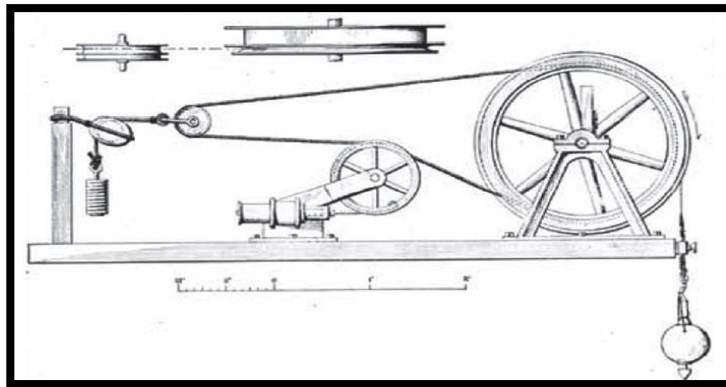
Şekil 2.10. da İp İskandil görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.10. İp İskandil

### 2.9.1.3. Tel (Mekanik) İskandil

Tel iskandil, lata veya ip iskandil kullanmanın zor olduğu derin sularda kullanılır. Tel iskandil, ucuna ağırlık bağlanmış bir tel ve telin denize bırakılması ve çekilmesini kolaylaştıran makara sisteminden oluşur. Bu nedenle tel iskandiline makaralı iskandil ya da mekanik iskandil gibi isimler de verilmiştir (Örgören, 2011).



Şekil 2.11. Tel (Mekanik) İskandil (Diersenn and Theberge, 2014a)

#### 2.9.1.4. Diğer Klasik İskandil Yöntemleri

Lata iskandil, ip iskandil ve tel iskandil dışında hidrostatik basınç yardımıyla derinlik belirlenen hidrostatik iskandil, sıcaklık ve basınç yardımıyla derinlik belirlenen termometrik iskandil gibi birkaç klasik ölçme yöntemi daha vardır. Ancak bu yöntemler hızlı ve sürekli ölçmeye imkân vermediği için günümüzde kullanılmamaktadır.

#### 2.9.2. Modern Batimetri (İskandil) Yöntemleri

##### 2.9.2.1. Akustik İskandil Yöntemi

Akustik iskandil yöntemi, ses dalgalarının su içerisinde yayılma ve yansıma özellikleri kullanılarak derinlik ölçme yöntemidir. Bu yöntemde, transducer'dan üretilen sesin, deniz tabanına ulaşip geri dönmesi arasında geçen süre ölçülerek derinlik bilgisi dolaylı olarak elde edilmiş olur. Sesin tabana ulaşip geri dönmesi arasındaki geçen süre, sesin ortamdaki yayılma hızına bağlıdır. Ses hızı ve sesin suda yol aldığı süre biliniyorsa, transducer'dan deniz tabanına olan derinlik hesaplanabilir (USACE, 2013). Hesaplanan derinlik değerine gerekli düzeltmeler yapılarak derinlikler düşey datumla ilişkilendirilir. Denklem 2.1. de akustik iskandil yöntemiyle derinliklerin elde edilebilmesi için kullanılan denklem yer almaktadır.

$$D = \frac{1}{2} (v \cdot t) + k + d_r + r \quad (2.1)$$

Bu denklemde;

D : Gerekli düzeltmeler yapılarak düşey datumla ilişkilendirilmiş derinlik,

v : Ortamdaki ortalama ses hızı,

t : Ses dalgasının sudaki seyir süresi,

k : Sistem indeksi sabiti,

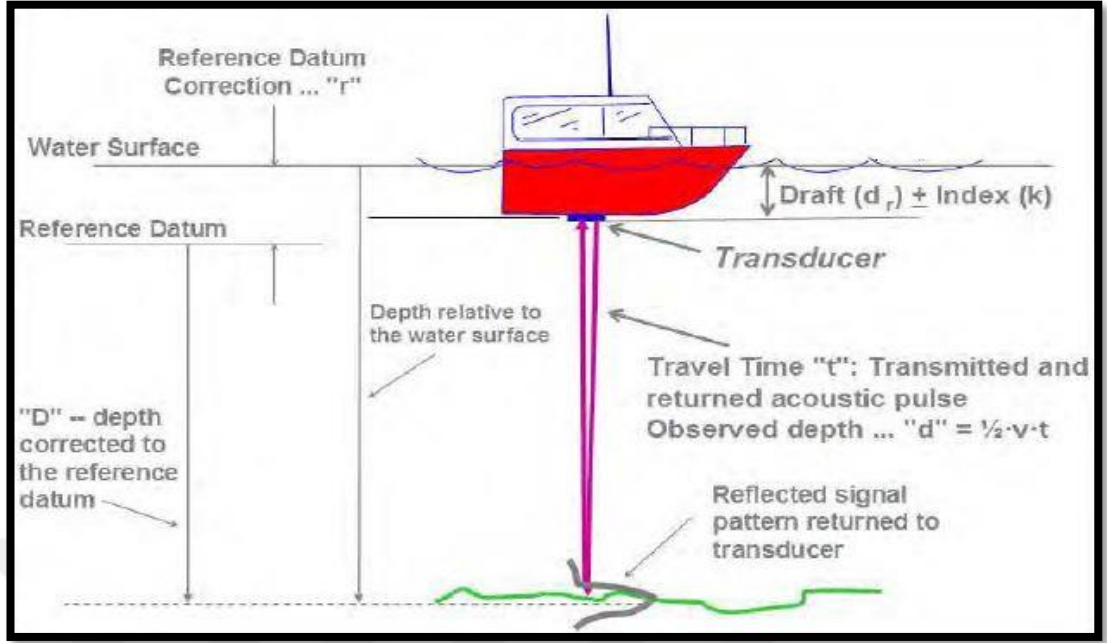
$d_r$  : Transdüser ile deniz yüzeyi arasındaki mesafe,

r : düşey datum düzeltmesi

anlamına gelir.

İndeks sabiti, ölçüm sisteminin doğasında bulunan elektriksel veya mekanik gecikmeleri içerir (USACE, 2013).

Şekil 2.12. de akustik iskandil yöntemi ölçüm prensibi yer almaktadır.



Şekil 2.12. Akustik İskandil Yöntemi Ölçüm Prensibi (USACE, 2013)

Akustik iskandil yönteminde ses dalgaları (akustik ışınlar) kullanıldığından sesin sudaki yayılma hızının tespiti çok önemlidir. Ses, suda havada olduğundan daha hızlı yayılır. Tipik koşullar altında sesin havadaki yayılma hızı yaklaşık 343 m/s, sudaki yayılma hızı ise yaklaşık 1480 m/s dir (Baird, 2013). Sesin suda yayılma hızı; ortamın sıcaklık, yoğunluk, tuzluluk ve basıncına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ses hızını en çok etkileyen faktör ortamın sıcaklığıdır. Su ortamındaki ses hızı farklılıkları, akustik ışınların bükülmesine neden olur. Akustik ışınlar, yüksek ses hızı bölgesinden alçak ses hızı bölgesine doğru bükülürler. Bu durum ölçülen mesafenin olduğundan daha büyük çıkmasına neden olur (Alpar, 1993). Akustik iskandil yönteminde ses hızından kaynaklanan hataların önüne geçmek için ses hızı profillemeye cihazı kullanılır.

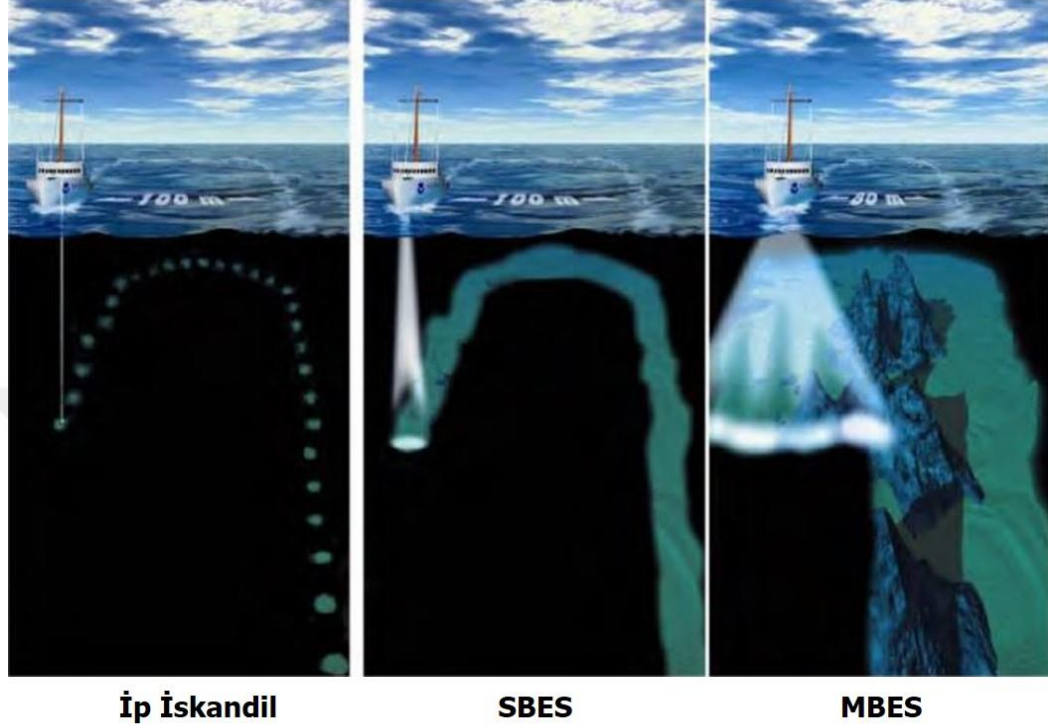
Akustik iskandil yöntemleri tek ışınlı akustik iskandil (single beam echo sounder), çok ışınlı akustik iskandil (multibeam echo sounder) olmak üzere ikiye ayrılır.

**Single beam echo sounder:** Tek bir doğrultuda akustik sinyal üretir. Bu nedenle yapılacak ölçümlerde, deniz tabanı topoğrafyasını yüksek doğrulukta ortaya çıkarabilmek için daha fazla hat oluşturulmalı ve hatlar arasındaki mesafe olabildiğince kısa tutulmalıdır.

**Multi beam echo sounder:** Birden çok doğrultuda akustik sinyal üretir. Çok yüksek

doğruluk istenilen çalışmalarda MBES kullanılmalıdır. Ancak sistemin maliyeti, SBES sistemine göre daha fazladır.

Şekil 2.13. de ip iskandil, SBES ve MBES yöntemlerine ait görsel yer almaktadır.



Şekil 2.13. İp İskandil, SBES, MBES yöntemlerinin karşılaştırılması (Dierssen and Theberge, 2014b)

Şekilde görüldüğü üzere, multibeam echo sounder, birden çok doğrultuda gönderdiği akustik sinyallerin sağladığı tarama genişliği sayesinde single-beam echo sounder'a göre taban topoğrafyasını daha doğru bir şekilde belirler.

### 2.9.2.2. Uydu Görüntüleri ile Batimetri Yöntemi

Klasik iskandil yöntemleri ya da sonar teknikleri ile batimetrik haritalama, maliyetli ve zaman alıcıdır. Uzaktan algılama, su derinliği ile yüksek bir korelasyona sahip olan bandların yansımalarını kullanarak batimetri çalışmalarında alternatif bir çözüm sunmaktadır. Uzaktan algılama görüntüleri, sualtı özelliklerinin incelenmesinde son yıllarda yaygın hâle gelmiş, batimetrik uygulamalarda giderek daha önemli bir rol oynamaya başlamıştır (Alsubaie, 2012).

Şekil 2.14. de uydu görüntüleriyle batimetrik harita üretimi işlem adımları yer almaktadır.

VERİ ÖN İŞLEME	VERİ İŞLEME	ANALİZ VE DEĞERLENDİRME
Radyometrik Düzeltme	Bağıl Derinlik Hesabı	Hatalı Ölçülerin Ayıklanması
Bandların Birleştirilmesi	Mutlak Derinlik Hesabı	Karesel Ortalama Hata Hesabı
		Batimetrik Harita Üretimi

Şekil 2.14.Uydu Görüntüsünden Batimetri İşlem Adımları (Alsubaie, 2012)

Uydu görüntüleri ile batimetri yöntemi, bir veya daha fazla dalga boyu bandında su derinliği ile yansıyan ışımada bir ilişki bulmaya dayanır. Bunun için ilk önce sensörlerdeki sistematik hatalardan ve atmosferik etkilerden kaynaklanan hataları gidermek amacıyla görüntüye radyometrik düzeltme işlemi uygulanır. Sonrasında çalışmada kullanılacak bandlar birleştirilir.

Uydu görüntüsündeki yansıma değerlerinden derinlik bilgilerini elde etmek için genellikle Lyzenga (1978, 1985) tarafından geliştirilen **Logaritmik Doğrusal Dönüşüm** (Log Linear Transformation) yöntemi ve Stumpf vd. (2003) tarafından geliştirilen **Logaritmik Oran Dönüşümü** (Log Ratio Transformation) yöntemi kullanılmaktadır. LRT yöntemi; uydu görüntüsündeki her bandın, su ortamında farklı bir emilim seviyesine sahip olması nedeniyle bandların oranlanması, bağıl derinliklere ilişkin bilgi çıkarımında kullanılabileceği öngörüsünde bulunmaktadır. Derinlikler arttıkça iki bandında yansıma değeri azalır ancak yüksek emilim seviyesine sahip olan (yeşil) bandın, daha düşük emilim seviyesine sahip olan (mavi) banda oranla yansıma değeri daha hızlı azalacaktır. Su ortamının derinlikleri değiştikçe band oranı da değişeceğinden bu oran kullanılarak görüntüden bağıl derinlikler elde edilir. Denklem 2.2. de LRT yöntemi yer almaktadır.

$$Z = m_1 \frac{\ln(nL(\lambda_{mavi}))}{\ln(nL(\lambda_{yeşil}))} - m_0 \quad (2.2)$$

Bu denklemde;

$n$ ,  $m_0$ ,  $m_1$  değerleri = modelde kullanılan katsayılar

$L(\lambda_{mavi})$ ,  $L(\lambda_{yeşil})$  = mavi ve yeşil bandların parlaklık değerleri anlamına gelir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Uygulama Alanı

Çalışma kapsamında Sinop ili Gerze ilçesi Hurmadibi Plajı mevki uygulama alanı olarak belirlenmiş, bu lokasyonda hem akustik iskandil hem de uydu görüntüleri kullanılarak iki ayrı yöntemle batimetri haritası üretilmiştir.

Uygulama alanı olarak belirlenen Hurmadibi Plajı,  $41^{\circ} 47' 19.68''$  -  $41^{\circ} 47' 58.56''$  Kuzey paralelleri ile  $35^{\circ} 11' 30.32''$  -  $35^{\circ} 12' 02.89''$  Doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Şekil 3.1. de uygulama alanı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Uygulama Alanı

#### 3.2. Kullanılan Yazılım ve Materyaller

Çalışma kapsamında, akustik iskandil (echo sounder) yönteminde derinlik ölçümü için KBS200 Singlebeam Echosounder, deniz içerisinde sesin yayılma hızını tespit etmek için AML Oceanographic Base X2 ses hızı profilleme cihazı, veri toplama ve görüntüleme yazılımı olarak Kordil Batimetri Studio, ses hızı verilerinin analizi ve dışa aktarımı için Seacast v4.4, veri düzenleme işlemleri için MS Excel 2016, veri işleme, analiz ve değerlendirme için Netcad 8.0 kullanılmıştır. Uydu görüntüleri ile batimetri yönteminde ise Sentinel 2 uydu görüntüsü, veri işleme ve analizi için ArcMap 10.3 ve ENVI 5.3 yazılımı kullanılmıştır. Tablo 3.1. de çalışmada kullanılan ölçüm aletleri ve yazılımlar yer almaktadır.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan materyaller

Materyal	Açıklama
KBS200 Singlebeam Echo Sounder	Akustik sinyallerle derinlik ölçümü
AML Oceanographic Base X2	Ses hızı profilleme
Topcon HiperSR GNSS Alıcısı	Yatay konumlandırma
Seacast v4.4	Ses hızı verileri analizi ve aktarımı
Kordil Batimetri Studio v5.20	Veri toplama ve görüntüleme
MS Excel 2016	Veri düzenleme
ENVI 5.3	Uydu görüntüsü işleme, analiz, uydu görüntüsünden derinlik çıkarımı
ArcMap 10.3	Veri işleme, analiz ve harita üretimi
Netcad 8.0	Veri işleme, analiz ve harita üretimi

Tablo 3.2. de çalışmada kullanılan KBS200 singlebeam echosounder cihazına ait teknik özellikler yer almaktadır.

Tablo 3.2. Singlebeam Echo Sounder cihazına ait teknik özellikler (Kordil, 2022a)

<b>İletişim</b>	RS232 seri kablo ve Bluetooth	<b>Minimum derinlik okuma</b>	0.5 m
<b>Vericiden güç çıkışı</b>	5 watt (12 V DC girişi)	<b>Maksimum Derinlik okuma</b>	100m
<b>Ters elektrik akımı koruması</b>	Var	<b>Derinlik gösterme çözünürlüğü</b>	1 cm
<b>Güç besleme</b>	12 V DC	<b>Derinlik okuma hassasiyeti</b>	Derinlik x %0.2
<b>Akım sarfiyatı</b>	240 mA @ 12V	<b>Sıcaklık sensörü</b>	10k ohm ± 0.05C doğruluk
<b>Baud Rate</b>	4800	<b>Sıcaklık çözünürlüğü</b>	0.1C
<b>Tam otomatik veri çıkış hızı</b>	0.1 - 25 sn (0,5 sn ayarlı)	<b>Ses dalgası yayılım açısı 200 kKz için</b>	@3 db 9 derece
<b>Manuel mod</b>	Ultrasonik frekansı ile aynı	<b>Ses dalgası yayılım açısı 30 kKz için</b>	@3 db 26 derece
<b>Çalışma ortam sıcaklığı</b>	- 5 ile +60 C° aralığı	<b>Güç ve data kablosu</b>	C314
<b>Saklama sıcaklığı</b>	- 30 ile +70 C° aralığı	<b>NMEA 0183 veri formatı</b>	\$\$DDPT / DBT seçenekli
<b>Transducer CE sertifikası</b>	IEC60945	<b>Üretici</b>	Kordil Mühendislik

Tablo 3.3. de çalışmada kullanılan AML Oceanographic Base X2 ses hızı profillemeye cihazına ilişkin teknik özellikler yer almaktadır.

Tablo 3.3. Ses hızı profillemeye cihazına ait teknik özellikler (Kordil, 2022b)

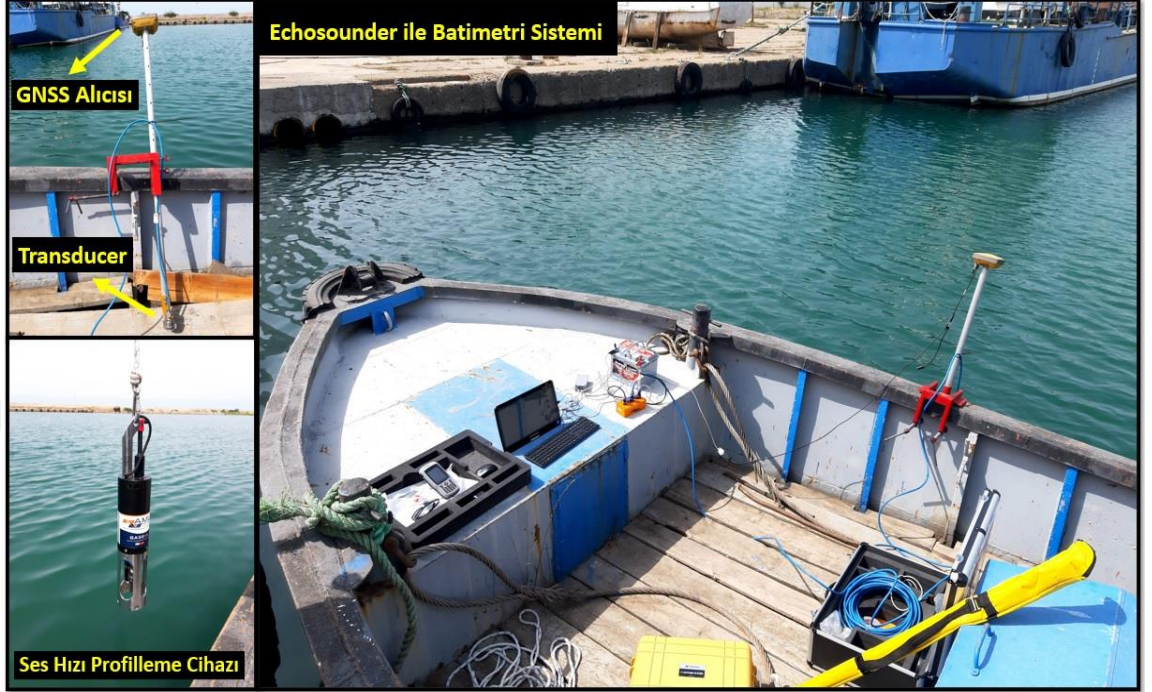
<b>Sensör Port Sayısı</b>	2
<b>İletişim</b>	WiFi, RS-232, RS-485
<b>Giriş Voltajı</b>	8-26 V DC
<b>Sensör Kafes Malzemesi</b>	Paslanmaz Çelik
<b>Muhafaza Malzemesi</b>	Acetal
<b>Dahili Hafıza</b>	Var
<b>GPS</b>	Var
<b>Maksimum Derinlik</b>	100-500 m
<b>Baud Rate</b>	38400 - 115200
<b>Boyut (En, Boy)</b>	69 mm x 390 mm
<b>Havadaki ağırlığı</b>	1.2 kg
<b>Sudaki ağırlığı</b>	0.5 kg

### 3.3. Akustik İskandil (Echosounder) Yöntemi ile Batimetri Haritası Üretimi

Echo sounder yöntemi ile batimetri çalışmalarında, çalışma alanına ilişkin rüzgar, yağış, dalga boyu vb. meteorolojik veriler büyük önem taşır. Yüksek doğrulukta bir batimetri çalışması için yağışın olmadığı, rüzgar ve dalga boyunun az olduğu bir gün tercih edilmelidir. Ayrıca echo sounder; tekne, bot vb. bir deniz aracına entegre edileceğinden kullanılacak deniz aracının çalışmaya uygun olarak seçilmesi gerekmektedir. Batimetri çalışmalarında kullanılacak deniz aracı; dalgalara karşı olabildiğince stabil, manevra kabiliyetinin yüksek, sığ alanlarda deniz dibine oturmaması için draft boyunun kısa olması gerekir.

Echosounder yöntemi ile batimetri çalışması için öncelikle hava durumunun elverişli olduğu günleri tespit etmek amacıyla yöredeki balıkçılarla iletişim kurulmuş, Windy gibi hava durumu tahmin siteleri incelenmiş ve 16.06.2021 tarihinin çalışma için uygun olduğuna kanaat getirilmiştir.

Şekil 3.2. de echo sounder yöntemi ile batimetri çalışmasında kullanılan ölçüm cihazlarının görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 3.2. Çalışmada Kullanılan Ölçüm Sistemleri

Ölçüm gününde, öncelikle echo sounder yönteminde akustik sinyal üreten transducer ve yatay konumlandırmayı sağlayan GNSS alıcısının yer aldığı jalon, deniz yüzeyine dik olacak şekilde tekneye entegre edilerek jalon doğrultusu ile çekül doğrultusu arasındaki açıdan kaynaklı yaşanabilecek yatay ve düşey konum hatalarının önüne geçilmiştir. Sonrasında deniz yüzeyinin altına yerleştirilen transducer ile deniz yüzeyi arasındaki dik uzunluk metreyle ölçülmüş ve 0.29 m olarak tespit edilmiştir. Daha sonra Akü, transducer, GNSS alıcısı ve bilgisayarın bağlantı kabloları takılarak sistem ölçüme hazır hale getirilmiştir. Son olarak derinlik verilerini ulusal düşey datuma dayandırmak amacıyla kullanılan deniz seviyesi (su kotu), TUDES'ten 0.61 m olarak tespit edilmiştir.

Ölçüme hazırlık aşamaları tamamlandıktan sonra; sesin, deniz içerisindeki yayılma hızını tespit etmek amacıyla ölçüm sahasının ortalarında ses hızı profilleme cihazı deniz dibine salınıp geri çekilmiştir. Ses hızına ait verilerin toplanması sonrası verilerin SeaCast yazılımında görüntülenip değerlendirilme aşamasına geçilmiştir. Şekil 3.3. de ölçüme ait ses hızı verilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.



Şekil 3.3. Ses hızı profili

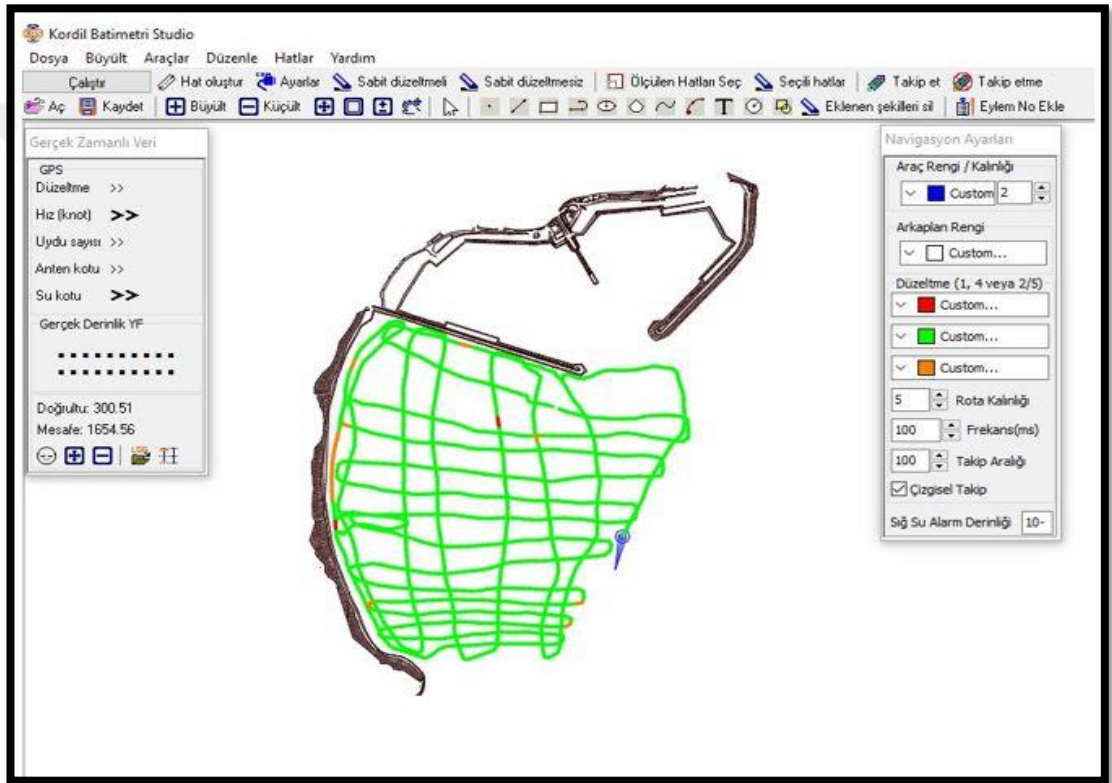
Ses hızı verileri incelendiğinde; ölçüm lokasyonu ve tarihinde sesin deniz içerisinde yayılma hızının ortalama 1501.66 m/s olduğu görülmektedir.

Sesin yayılma hızında, derinliklere bağlı olarak dikkate değer bir değişiklik olmadığı için çalışmada ortalama ses hızı kullanılmıştır. Ancak alt-üst akıntıları fazla, ses hızının su ortamında ciddi değişikliklere sahip olduğu bölgelerde ya da derinliği 10 m'yi aşan bölgelerde ölçüm yapılacaksa ortalama ses hızı yerine derinliklere bağlı olarak değişken ses hızı verileri kullanılmalıdır. Ses hızı tespiti sonrası, Kordil Batimetri Studio yazılımında transducer ile deniz yüzeyi arasındaki uzunluk, deniz seviyesi (su kotu), ses hızı bilgileri vb. parametreler girilerek derinlik ölçümlerine başlanılmıştır.

Derinlik ölçümlerinde yatay konumlandırma; GNSS alıcısından, TUSAGA-Aktif istasyonları kullanılarak Cors-RTK yöntemi VRS tekniği ile yapılmıştır. Ölçüm sırasında GNSS alıcısının çözüm tipinin Fix olmasına dikkat edilmiş, çözüm tipinin Float veya DGPS olduğu anlarda tekne durdurularak yeniden fix durumuna gelmesi beklenmiştir. Ölçümde tekne hızından dolayı yatay ve düşey konumlandırmada yaşanacak hataların önüne geçmek amacıyla tekne hızının 4 knot'ın (7.408 km/saat) üzerinde olmamasına dikkat edilmiştir. Ayrıca ölçüm süresi boyunca deniz gözlemlenmiş, deniz içerisinde deniz çayırları gibi akustik sinyalleri yanıltarak hatalı ölçümlere neden olabilecek maddelerin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Echo sounder'ın derinlikleri doğru olarak ölçüp ölçmediğini test etmek amacıyla tekne, sahanın çeşitli noktalarında durdurulmuş ve denize ip iskandil salınarak ip iskandilin

gösterdiği derinlik ile echo sounder'ın gösterdiği derinlik karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonrası iki yöntem arasındaki farkların (3-5 cm) dikkate değer olmadığına, echo sounder ile yapılan ölçümlere güvenebileceğine kanaat getirilmiştir. Bu şekilde yaklaşık 3 saat veri toplandıktan sonra saha çalışması tamamlanmıştır.

Şekil 3.4. de batimetri verileri toplanırken veri akışının gerçek zamanlı takip edildiği Kordil Batimetri Studio programında çalışmaya ilişkin görüntü yer almaktadır.



Şekil 3.4. Ölçüm anında veri görüntüleme ve değerlendirme

Ölçüm sonrası veriler, .csv uzantılı dosya olarak kaydedilmiş, MS Excel 2016 programında veri düzenleme işlemine geçilmiştir. Excelde ölçüme ait tüm veriler incelenmiş ve hatalı olduğu tespit edilen veriler ayıklanmıştır. Şekil 3.5. de MS Excel programında görüntülenen ve düzenlenen veriler ile ilgili görsel yer almaktadır.

Nokta No	Enlem	Boylam	H	Gerçek Derinlik	Ham Derinlik	Ses Hızı	Transduser Su Kesimi	Su Kotu
1	41.80042919	35.20104352	-1.26	1.87	1.58	1501.66	0.29	0.61
2	41.80042921	35.20104348	-1.09	1.7	1.41	1501.66	0.29	0.61
3	41.80042922	35.20104343	-1.11	1.72	1.43	1501.66	0.29	0.61
4	41.80042931	35.20104351	-1.65	2.26	1.97	1501.66	0.29	0.61
5	41.80042929	35.20104350	-1.13	1.74	1.45	1501.66	0.29	0.61
6	41.80042928	35.20104340	-1.26	1.87	1.58	1501.66	0.29	0.61
7	41.80042938	35.20104354	-1.15	1.76	1.47	1501.66	0.29	0.61
8	41.80042936	35.20104356	-1.13	1.74	1.45	1501.66	0.29	0.61
9	41.80042932	35.20104352	-1.05	1.66	1.37	1501.66	0.29	0.61
10	41.80042933	35.20104363	-1.05	1.66	1.37	1501.66	0.29	0.61
11	41.80042932	35.20104360	-1.04	1.65	1.36	1501.66	0.29	0.61
12	41.80042932	35.20104356	-1.05	1.66	1.37	1501.66	0.29	0.61
13	41.80042941	35.20104369	-1.13	1.74	1.45	1501.66	0.29	0.61
14	41.80042945	35.20104360	-1.15	1.76	1.47	1501.66	0.29	0.61
15	41.80042935	35.20104346	-1.13	1.74	1.45	1501.66	0.29	0.61

Şekil 3.5. MS Excel'de veri düzenleme işlemleri

Şekil incelendiğinde; ham derinlik, transducer ile deniz tabanı arasında ölçülen mesafeyi, gerçek derinlik, ham derinlik ölçülerine transducer ile deniz yüzeyi (su kesimi) arasındaki uzunluğun eklenmiş hâlini, H ise deniz seviyesi (su kotu) değerinden gerçek derinliklerin çıkarılarak derinliklerin ulusal düşey datuma dayandırılmış hâlini ifade etmektedir. Excelde yapılan düzenleme işlemleri sonrası deniz tabanına ait 21517 nokta verisini içeren dosya bir sonraki aşama için kaydedilmiştir.

Excel'deki veri düzenleme işlemlerinin ardından nokta verileri, analiz ve haritalama için Netcad 8.0 programına yüklenmiştir. Netcad programında, noktalar incelenmiş, hatalı olduğu düşünülen noktalar silinmiştir. Daha sonra nokta verileri kullanılarak üçgen model oluşturulmuştur.

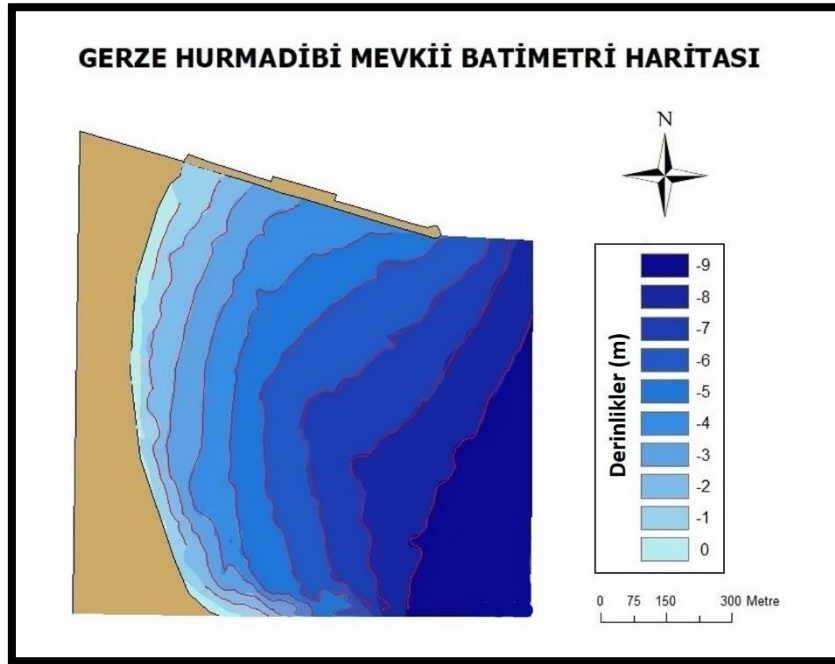
Şekil 3.6. da çalışmaya ait üçgen modelin online harita (basemap) üzerindeki görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 3.6. Üçgen Model

Şekil incelendiğinde; üçgenlerin, bazı bölgelerde yeteri kadar iyi oluşturulmadığı görülmektedir. Bunun nedeni, ölçüm sırasında fiziki ve maddi olanaksızlıklar nedeniyle, bazı bölgelerde tekneyle takip edilen hatlar arasındaki mesafenin yeterince kısa olmamasıdır.

Üçgen model oluşturulduktan sonra üçgen modelden 1 m aralıklarla eş derinlik eğrileri geçirilerek batimetri haritası üretilmiştir. Şekil 3.7. de akustik iskandil yöntemi yapılan ölçümler sonrası oluşturulan batimetri haritası yer almaktadır.



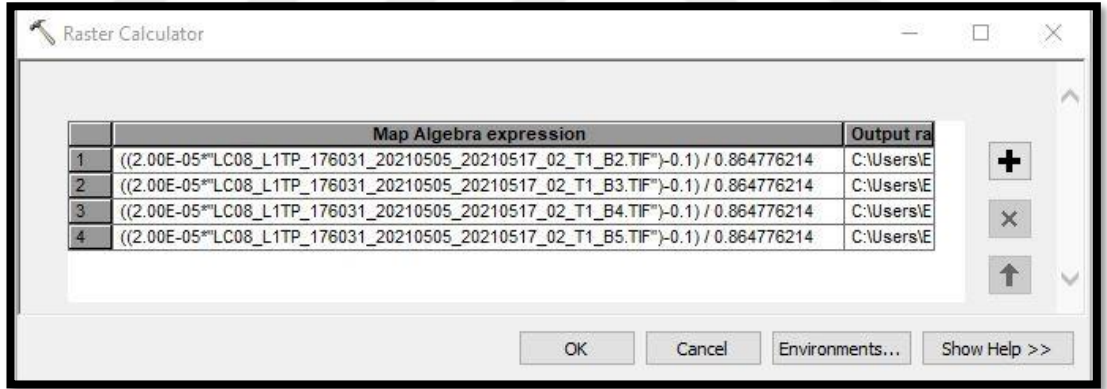
Şekil 3.7. Akustik iskandil yöntemi kullanılarak üretilen batimetri haritası

### 3.4. Uydu Görüntüleri ile Batimetri Haritası Üretimi

Uydu görüntülerinden batimetri haritası üretimi için öncelikle akustik iskandille yapılan ölçüm tarihine yakın tarihte çekilmiş uydu görüntüleri incelenmiştir. Uydu görüntüsü seçiminde bulutluluk oranının düşük olmasına dikkat edilmiştir. İncelemeler sonrası, USGS Earth Explorer'dan 05.05.2021 tarihli Landsat-8 görüntüsü temin edilmiştir (USGS , 2021)

Uydu görüntüsünün temini sonrası uydu görüntüsünün tüm bandları ArcMap 10.3 programına yüklenmiştir. Daha sonra çalışmada kullanılacak olan mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızıl ötesi bandlara radyometrik kalibrasyon ve düzeltme işlemine geçilmiştir. Radyometrik düzeltme için uydu görüntüsü ile beraber temin edilen metaveri dosyasından radyometrik düzeltmede kullanılacak olan değerler tespit edilerek ArcMap'te raster calculator aracından bandlara radyometrik düzeltme uygulanmıştır.

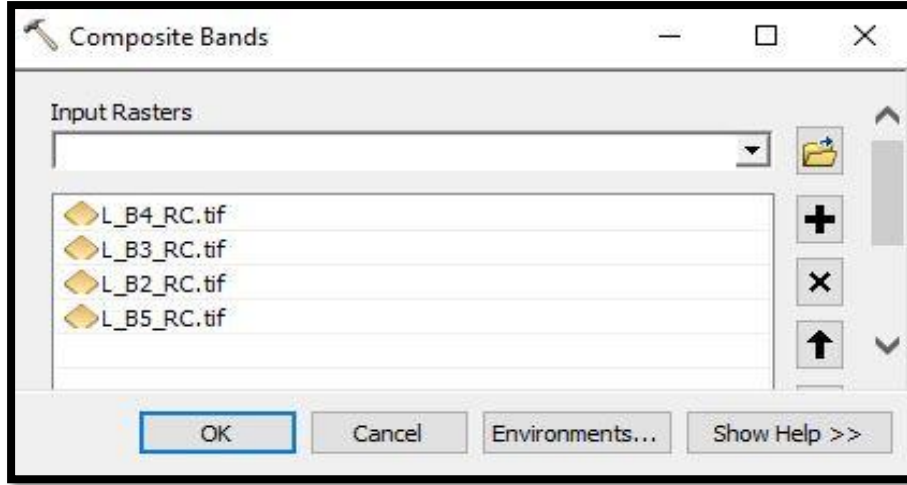
Şekil 3.8. de ArcMap'te raster calculator aracı ile bandlara uygulanan radyometrik düzeltme işleminin görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 3.8. Radyometrik kalibrasyon ve düzeltme

Radyometrik düzeltme işlemi sonrası; mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bandlar ArcMap'te composite bands aracı ile birleştirilmiştir.

Şekil 3.9. da bandların birleştirilmesi ile ilgili görüntü yer almaktadır.



Şekil 3.9. Bandların birleştirilmesi

Bandların birleştirilmesinin ardından oluşan doğal renkli görüntü şekil 3.10. da yer almaktadır.

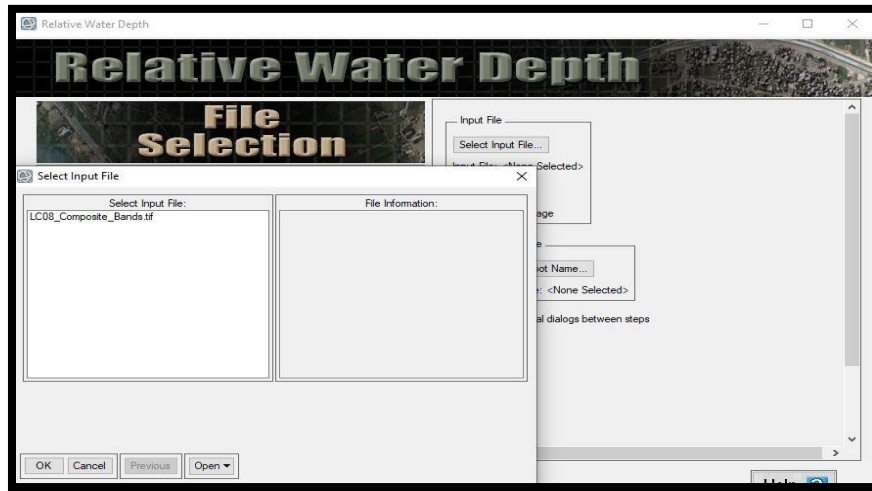


Şekil 3.10. Bandların birleştirilmesi sonrası oluşan görüntü

Görüntü, geniş bir alanı kapsadığı için bağıl ve mutlak derinliklerin daha doğru bir şekilde hesaplanabilmesi amacıyla çalışma alanını kapsayacak şekilde ArcMap Raster clip aracı ile kesilmiştir.

Radyometrik düzeltme, bandların birleştirilmesi ve görüntünün çalışma alanına göre kesilmesi adımları sonrası görüntü, derinliklerin hesaplanması için ENVI 5.3. programına yüklenmiştir.

ENVI 5.3. te derinliklerin hesaplanması için SPEAR Tools Relative Water Depth aracı kullanılmıştır. Şekil 3.11. de ENVI 5.3. Relative Water Depth aracı yer almaktadır.



Şekil 3.11. ENVI Relative Water Depth modülü

Görüntü, Relative Water Depth modülüne yüklendikten sonra, Batimetri metodu olarak Log Ratio Transform (LRT) yöntemi seçilmiştir. Daha sonra görüntüden direkt olarak mutlak derinlikleri elde etmek için akustik iskandil yöntemiyle elde edilen 15 nokta, kalibrasyon noktası olarak belirlenmiştir. Tablo 3.4. de kalibrasyon noktalarının koordinatları yer almaktadır. Kalibrasyon noktalarının yatay koordinatları, WGS-84 datumunda (UTM Zone 36N); düşey koordinatı, TUDKA99 datumunda gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Kalibrasyon noktalarının koordinatları

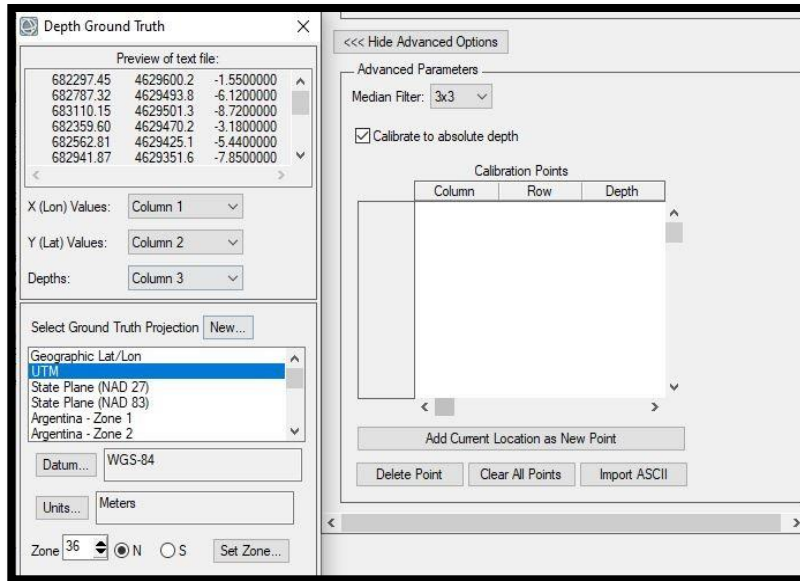
NN	Y	X	Z
1	682297.451	4629600.231	-1.55
2	682787.324	4629493.811	-6.12
3	683110.150	4629501.281	-8.72
4	682359.605	4629470.177	-3.18
5	682562.815	4629425.072	-5.44
6	682941.869	4629351.554	-7.85
7	682340.764	4629225.484	-3.52
8	682627.544	4629239.215	-6.93
9	682954.265	4629203.212	-8.82
10	682351.641	4628998.602	-4.49
11	682536.940	4629037.695	-6.32
12	682816.512	4629021.964	-8.52
13	682459.637	4628817.824	-4.47
14	682595.800	4628818.437	-6.24
15	682778.324	4628772.104	-8.29

Şekil 3.12. de kalibrasyon noktalarının uygulama alanına dağılımı gösterilmektedir.



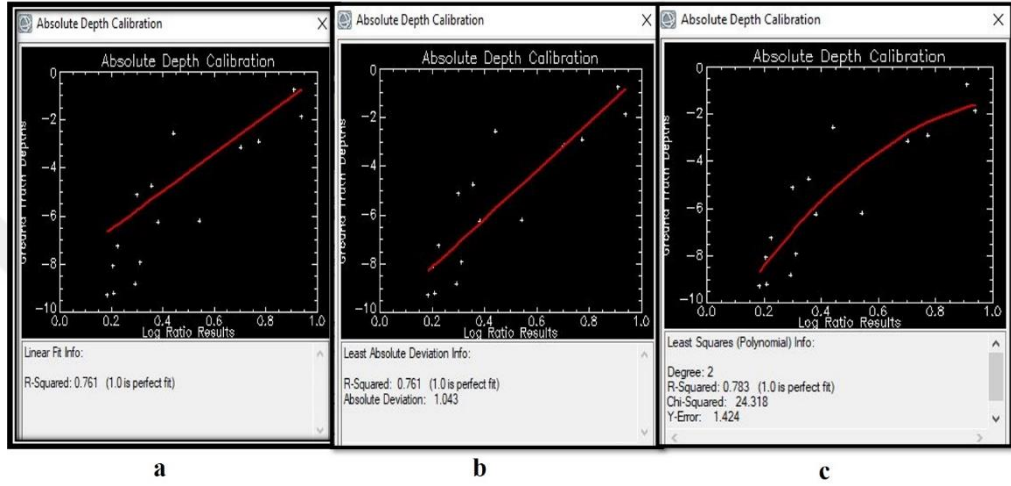
Şekil 3.12. Kalibrasyon noktalarının uygulama alanına dağılımı

Mutlak kalibrasyon noktaları olarak belirlenen noktalar, ascii formatına dönüştürülüp Relative Water Depth modülüne eklenmiştir.



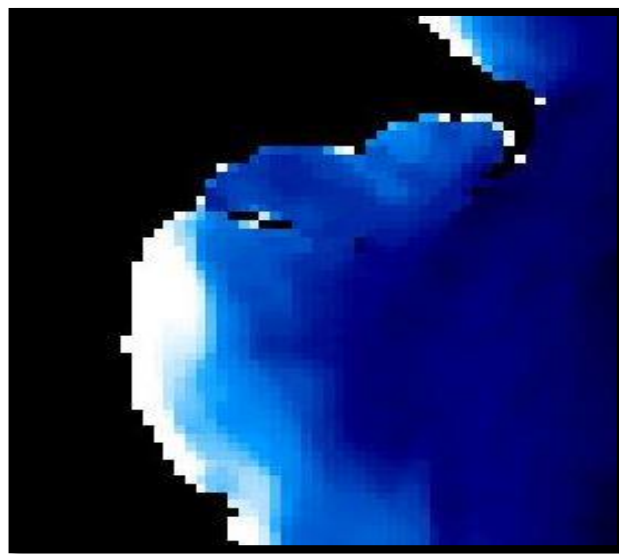
Şekil 3.13. Mutlak kalibrasyon noktalarının yüklenmesi

Kalibrasyon noktalarının girilmesi sonrası, kalibrasyon noktalarının koordinatlarına karşılık gelen piksellerdeki bağıl derinlik değerleri ve gerçek derinlikler arasında lineer, en küçük sapma ve en küçük kareler yaklaşımlarına göre regresyon modelleri program tarafından oluşturulur. Her bir modelin uyumluluğunu gösteren ana kriter,  $R^2$  ile ifade edilen değerdir. Bu değer, 1'e ne kadar yakınsa veriler, o derece uyumludur. Şekil 3.14. de 15 kalibrasyon noktası kullanılarak oluşturulan regresyon modelleri yer almaktadır.



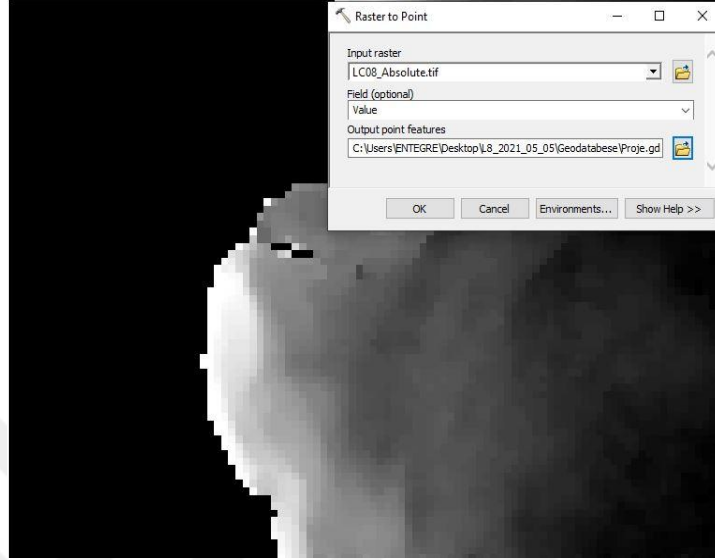
Şekil 3.14. Regresyon Modelleri

Regresyon modeli seçildikten sonra bağıl derinlikler, mutlak derinliklere dönüştürülür. Şekil 3.15. de kalibrasyon ve regresyon modeli sonrası oluşturulan görüntü yer almaktadır.



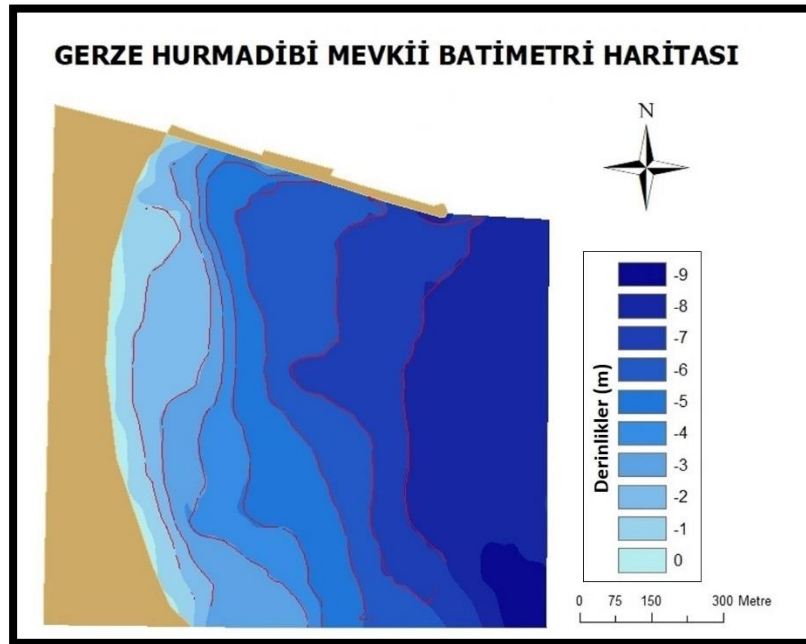
Şekil 3.15. Mutlak derinlikleri içeren görüntü

ENVI 5.3. programında mutlak derinlikleri içeren görüntü elde edildikten sonra ArcMap programında batimetri haritası oluşturulma aşamasına geçilmiştir. Görüntü ArcMap'e yüklendikten sonra raster to point aracı kullanılarak her bir pikselin merkezinde derinlik bilgisini içeren nokta dosyası oluşturulmuştur.



Şekil 3.16. Raster verinin nokta verisine dönüştürülmesi

Raster veriden nokta verileri elde edildikten sonra, nokta verileri kullanılarak bir enterpolasyon yüzeyi oluşturulmuş, oluşturulan bu enterpolasyon yüzeyinden de eş derinlik eğrileri geçirilmiştir. Şekil 3.17. de uydu görüntülerinden elde edilen batimetri haritası yer almaktadır.



Şekil 3.17. Uydu görüntüleri kullanılarak üretilen batimetri haritası

Uydu görüntüsünden batimetri haritası elde edildikten sonra, uydu görüntülerinden elde edilen derinlikler ile akustik iskandil yöntemi ile elde edilen derinlikler karşılaştırılmıştır. Akustik iskandil yöntemi ile elde edilen derinlikler kesin değer olarak kabul edilmiş ve iki yöntemde aynı yatay koordinat değerine sahip 796 nokta tespit edilerek bu noktalara ait derinliklerin karesel ortalama hatası MS Excel programında hesaplanmıştır.

Karesel ortalama hata hesaplanırken öncelikle her noktanın akustik iskandil yöntemi ile elde edilmiş ve gerçek kabul edilen derinlik değerinden, uydu görüntüsü ile elde edilen derinlikler çıkarılarak her nokta için hata değerleri elde edilmiştir.

$$V = X - L \quad (3.1)$$

Daha sonra bu hata değerleri kullanılarak karesel ortalama hata hesaplanmıştır.

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (3.2)$$

Yapılan hesaplamalar sonrası karesel ortalama hata  $\pm 1.07$  m olarak bulunmuştur.

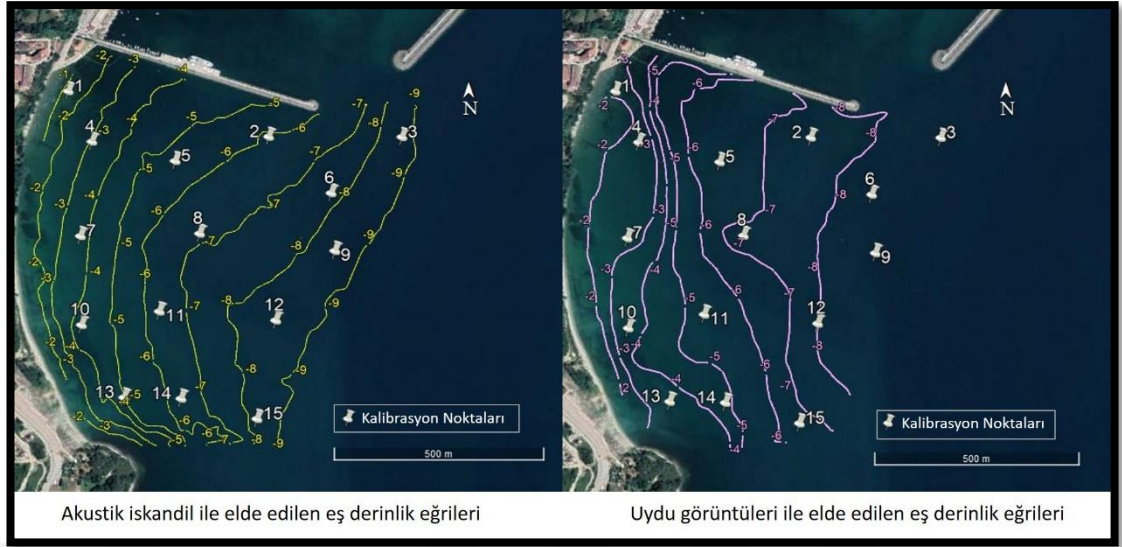
#### 4. BULGULAR

Batimetrik harita üretim yöntemlerinin araştırıldığı bu çalışmada; akustik iskandil yöntemi ile yapılan batimetrik ölçüm sırasında deniz gözlemlenmiş, deniz çayırı vb. akustik sinyalleri etkileyebilecek maddelerin varlığı kontrol edilmiş, deniz içerisinde sinyalleri etkileyebilecek herhangi bir madde tespit edilmemiştir. Çalışma alanındaki ses hızının tespiti için ses hızı profillemeye cihazı kullanılmış ve ortalama ses hızı 1501.66 m/s olarak ölçülmüştür. Ölçüm sırasında, akustik iskandil sistemindeki kalibrasyon, ses hızı vb. hatalardan kaynaklı ortaya çıkabilecek yanlışlıkları test etmek amacıyla bazı bölgelerde ip iskandil ile derinlik ölçümü yapılarak iki yöntemden elde edilen derinlikler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonrası, akustik iskandil yöntemi ve ip iskandil yöntemi ile elde edilen derinliklerin tutarlı olduğu gözlemlenmiştir. Akustik iskandil ölçümleri sonrası elde edilen veriler kullanılarak batimetri haritası üretilmiştir.

Akustik iskandil yöntemi ile batimetri haritası üretildikten sonra uydu görüntüleri yardımı ile batimetri haritası üretimi için, ölçüm tarihine yakın tarihli ve bulutluluk oranı düşük uydu görüntüleri araştırılmış ve 05.05.2021 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsünün kullanılmasına karar verilmiştir. Uydu görüntüsünden batimetri haritası üretiminde kullanılacak olan bandlara radyometrik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Uydu görüntüsünün, mekânsal çözünürlüğünü artırmak amacıyla pan-sharpening işleminin uygulanması düşünülmüş ancak derinliklere olan etkileri tam olarak belirlenemediğinden, kullanılan bandlara pan sharpening işlemi uygulanmamıştır. Çalışmada, uydu görüntüsünden derinliklerin elde edilmesinde literatürdeki çalışmalarda yer alan öneriler göz önünde bulundurularak Log Ratio Transformation (LRT) yöntemi kullanılmıştır.

Uydu görüntüleri ile batimetrik harita üretilmesinin ardından her iki yöntemde ortak noktalar tespit edilmiş, karesel ortalama hata hesaplanmıştır. Karesel ortalama hata hesaplanırken, akustik iskandil yöntemi ile elde edilen derinlikler kesin değer olarak kabul edilmiştir. Yapılan hesaplama sonucu, uydu görüntülerinden elde edilen derinliklerin karesel ortalama hatası  $\pm 1.07$  m olarak bulunmuştur. Literatürdeki benzer çalışmalar incelendiğinde karesel ortalama hatalar, genelde itibarıyla  $\pm 0.60$  m ile 3 m arasında değişmektedir.

Şekil 4.1. de her iki yöntemle elde edilen eş derinlik eğrileri yer almaktadır.



Şekil 4.1. Eş derinlik eğrileri

Akustik iskandil ile elde edilen eş derinlik eğrileri incelendiğinde, çalışma alanının güney kısımlarında derinliklerde ani bir değişim söz konusudur. İki yöntemle elde edilen derinlik eğrileri karşılaştırıldığında, özellikle çalışma bölgesinin kuzeydoğusundaki eğrilerin birbirinden oldukça farklı olduğu, buna karşın güney kısımlarında ise görece uyumlu olduğu görülmektedir. Bu durumun uydu görüntülerinden mutlak derinlikler elde edilmesi için kullanılan kalibrasyon noktalarının seçimi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Kalibrasyon noktaları değiştikçe uydu görüntülerinden elde edilen derinlik eğrilerinde ciddi değişiklikler yaşanmaktadır.

Akustik iskandil yöntemi, klasik iskandil yöntemlerine göre çok kısa zamanda ve daha az enerji sarf ederek yüksek doğrulukta sonuçlar vermektedir. Modern iskandil yöntemlerinden olan uydu görüntüleri ile batimetri çalışmalarında ise istenilen doğrulukta sonuçlar elde edilememiştir.

## 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, ülkemizde ve dünyada önemi gittikçe artan derinlik ölçmeleri ile ilgili kuramsal incelemeler yapılmış, batimetrik harita üretimleri yöntemleri araştırılmış, akustik iskandil yöntemi ve uydu görüntüleri kullanılarak iki farklı yöntemle batimetri haritası üretilmiştir.

Batimetri; balıkçı barınağı, çekek yeri yapımı, kafes balıkçılığı gibi tarımsal faaliyetlerde, liman, marina, tersane yapımı gibi turizm, ticaret ve sanayinin geliştirilmesinde, köprü, viyadük yapımı, deniz dibinden geçen petrol ve doğalgaz boru hattı gibi ulaştırma ve altyapı çalışmalarında, kıyı erozyonu takibi, dalgakıran yapımı gibi çevresel konularda ve daha birçok konuda kullanılmaktadır.

Batimetri çalışmalarında; ip iskandil, lata iskandil, tel iskandil gibi klasik yöntemler ya da sonar, lidar, uydu görüntüleri gibi modern yöntemler kullanılmaktadır. Klasik iskandil yöntemleri, modern iskandil yöntemlerine göre çok daha fazla zaman ve insan gücü gerektirir. Klasik iskandil yöntemlerinden lata iskandil yöntemi, ahşap veya metalden yapılmış çubuklarla yapılan bir ölçüm yöntemi olduğundan sadece sığ alanlarda ve çalışma sahasının dar olduğu bölgelerde uygulanabilir. Çalışma sahasının geniş olduğu veya derinliklerin 6-7 metreden fazla olduğu bölgelerde kullanışlı değildir. İp iskandil yönteminin kullanımı, lata iskandile göre daha pratik olmakla birlikte lata iskandil gibi fazlaca zaman ve emek gerektirmektedir. Ayrıca ip iskandil yönteminde kullanılan ipin esnemesi, denizin dalgalı olduğu durumlarda ipin düşey doğrultudan sapması gibi sorunlar yaşanmaktadır. Ancak çalışma alanının dar ve derinliklerin fazla olmadığı bölgelerde pratik kullanım sağlar. İp iskandil ile yapılacak batimetri ölçmelerinde, kullanılacak ipin esnemesinin az olmasına, ipin ucuna bağlanacak metalin, ipin ölçüm anında düşey doğrultudan sapmamasını sağlayacak ağırlıkta olmasına, ip üzerindeki uzunlukların sık aralıklarla ve doğru şekilde işaretlenmesine dikkat edilmelidir.

Modern iskandil yöntemlerinden olan akustik iskandil (echo sounder) yöntemi, klasik iskandil yöntemlerine göre çok daha hızlı ve doğru sonuçlar vermektedir. Akustik iskandil yöntemi ile yapılan batimetri çalışmalarında, akustik sinyal üreten transducer ve yatay konumlandırmayı sağlayan GNSS alıcısının yer aldığı jalon, deniz aracına (tekne, bot vb.) deniz yüzeyine dik olacak şekilde entegre edilerek ölçüm cihazlarının doğrultularından kaynaklanacak yatay ve düşey konumlama hatalarının

önüne geçilmelidir. Ölçümde kullanılacak deniz aracının; dalgalara karşı olabildiğince stabil, manevra kabiliyetinin yüksek, sığ alanlarda deniz dibine oturmaması için draft boyunun kısa olması gerekir. Ölçüm boyunca, deniz aracının hızının 4 knot'ı geçmemesine dikkat edilmelidir. Ölçüm sırasında deniz sürekli gözlemlenmeli; deniz içerisinde, deniz çayırı vb. akustik sinyalleri yanıtacak maddelerin var olup olmadığı kontrol edilmelidir. Batimetri, akustik iskandil yöntemi ile yapılıyor olsa da bazı bölgelerde ip iskandil gibi farklı araçlar kullanılarak verilerin doğruluğu test edilmelidir.

Batimetri çalışmaları, denizin sakin olduğu bir tarihte yapılmalı, ölçüm sırasında deniz seviyesi (su kotu) hassas bir şekilde tespit edilmelidir. Deniz seviyesi; günlere, mevsimlere ve bölgelere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Aynı bölgede farklı tarihlerde yapılan ölçümler arasında anlamlı bir ilişki kurulabilmesi için ölçüm sahasında bir eşel tesis edilmeli ve derinlikler, ölçüm sırasında bu eşelin gösterdiği su seviyesine göre belirlenmelidir. Ancak hem eşelin zaman içerisinde tahrip olması hem de eşeldeki referans yüzey kabul edilen seviyenin bölgesel olarak belirlenmesi gibi durumlar düşünüldüğünde; denizlerde yapılan ölçümlerde, Harita Genel Müdürlüğünün TUDES sisteminden alınan, ulusal düzey datuma dayandırılmış deniz seviyesi verilerini kullanmak daha isabetli olacaktır.

Akustik iskandil yöntemleri, ses dalgalarının su ortamında yayılma ve yansıma özelliklerini kullanarak derinlikleri tespit ettiği için bu yöntemde çalışmanın doğruluğunu belirleyecek en önemli etmen ses hızının doğru şekilde tespit edilmesidir. Ses hızının 20 m/s hatalı olarak tespit edilmesi 10 m derinlikte yaklaşık 14 cm ölçüm hatasına neden olmaktadır.

Tez çalışması kapsamında akustik iskandil yöntemi ile yapılan batimetride, sesin su ortamındaki yayılma hızını tespit etmek için ses hızı profilleme cihazı kullanılmış ve ortalama ses hızı 1501.66 m/s olarak tespit edilmiştir. Ses hızı verilerinde derinliklere bağlı olarak dikkate değer bir değişiklik görünmediği için çalışmada ortalama ses hızı kullanılmıştır. Ancak özellikle Marmara Denizi gibi alt ve üst akıntıların fazla olduğu, sesin su ortamında yayılma hızını en çok etkileyen parametre olan sıcaklıkların ani değişiklikler gösterdiği veya derinliklerin fazla olduğu bölgelerde yapılacak olan batimetri çalışmalarında, ortalama ses hızı yerine, derinliklere bağlı olarak değişen ses hızı verileri kullanılmalıdır.

Akustik iskandil yöntemlerinde, deniz tabanındaki noktalara ait derinlik değerleri transducer ile yatay koordinatlar ise GNSS alıcısı ile tespit edilir. Tez çalışmasında yatay koordinatlar, GNSS alıcısı ve TUSAGA-Aktif istasyonlarından gelen düzeltme verileri kullanılarak Ağ-RTK yöntemi ile üretilmiştir. Ölçüm sırasında, GNSS alıcısının çözüm tipinin fix olmasına dikkat edilmiş, fix durumunun kaybolduğu anlarda ölçüm durdurularak yeniden fix çözümüne geçilmesi beklenmiştir. Ölçüm sırasında her ne kadar Ağ-RTK yöntemi kullanılmışsa da özellikle internet erişiminin yetersiz olduğu ya da baz uzunluğunun fazla olduğu bölgelerde Ağ-RTK yöntemi yerine Klasik RTK yönteminin kullanılmasının daha doğru sonuç vereceği düşünülmektedir.

Akustik iskandil yöntemi ile batimetri çalışmasında single beam echo sounder kullanılmıştır. Single-beam echo sounder, tek doğrultuda akustik sinyal ürettiğinden deniz tabanı topoğrafyasını gerçeğe daha yakın olarak belirleyebilmek için deniz aracı ile takip edilecek hatların olabildiğince fazla ve hatlar arasındaki mesafenin kısa olması gerekmektedir. Ancak yapılan çalışmada, maddi ve fiziki imkanlar nedeniyle hatlar arasındaki mesafe yeterince kısa tutulamamıştır. Single-beam echo sounder, yüksek doğrulukta sonuç vermekle birlikte daha yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda; birçok doğrultuda akustik sinyal üreten multibeam echo sounder ya da yandan taramalı sonar (side-scan sonar) kullanılmalıdır. Ayrıca batimetri; eğer dalgalı bir günde yapılıyorsa teknenin, dalgalar ile birlikte yükselip alçalması nedeniyle derinliklerde hata ortaya çıkacaktır. Bu hatayı gidermek için ölçüm sonrasında, GNSS alıcısından elde edilen düşey koordinatlar incelenerek teknenin, düşey yöndeki hareketleri belirlenip gerekli düzeltmeler yapılabilir.

Uydu görüntüleri ile yapılan batimetri çalışmaları; teknolojik gelişmelerle birlikte son yıllarda dünya genelinde artış göstermektedir. Ancak bu yöntem ile ilgili, ülkemizde çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında, uydu görüntüleri ile batimetrik harita üretimi yapılmıştır. Uydu görüntüsü olarak Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Uydu görüntüsü seçiminde; görüntünün, akustik iskandil yöntemi ile yapılan ölçüm tarihine yakın tarihli olmasına ve bulutluluk oranının düşük olmasına dikkat edilmiştir.

Uydu görüntüsünden derinliklerin elde edilmesi, temel olarak uydu görüntüsündeki bandların oranlanması ile gerçekleştirilmektedir. Çalışmada mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bandlar kullanılmıştır. Söz konusu bandlara öncelikle

uydu sensörlerindeki sistematik hatalar ve atmosferik etkilerden kaynaklanan hataların giderilmesi amacıyla radyometrik kalibrasyon ve düzeltme uygulanmıştır. Görüntünün mekansal çözünürlüğünü artırmaya yarayan pan-sharpening işlemi, derinliklere olan etkisi tam olarak anlaşılamadığından uygulanmamıştır. Daha sonra bandlar birleştirilerek kompozit görüntü elde edilmiştir. Oluşturulan kompozit görüntü, derinliklerin elde edilmesi için Envi 5.3 yazılımındaki “Relative Water Depth” modülüne yüklenmiştir. Derinlik belirleme algoritması olarak Log Ratio Transform (LRT) yöntemi seçilmiştir. LRT yöntemi ile oluşturulan bağıl derinliklerden mutlak derinliklerin elde edilmesi için echo sounder ile elde edilen 15 nokta, kalibrasyon noktası olarak kullanılmıştır. Kalibrasyon noktaları programa yüklendikten sonra, LRT yöntemi ile elde edilen bağıl derinlikler ile kalibrasyon noktaları arasındaki uyumu gösteren regresyon modelleri oluşturulmuştur. Regresyon modellerinde, uyumu göstermekte ana kriter olan  $R^2$  değeri, 1'e ne kadar yakınsa veriler o derece uyumludur. Çalışmada,  $R^2$  değeri 0.78 olarak bulunmuştur. Kalibrasyon noktalarının yüklenmesi ve regresyon modellerinin oluşturulmasından sonra, derinlikler elde edilmektedir. Derinlikler elde edildikten sonra ArcGIS programında batimetri haritası oluşturulmuştur.

Akustik iskandil ve uydu görüntüleri ile batimetri haritaları üretildikten sonra çalışmanın doğruluğunu tespit etmek için karesel ortalama hata hesaplanmıştır. Karesel ortalama hata hesaplanırken, akustik iskandil yöntemi ile elde edilen derinlikler kesin değer olarak kabul edilmiştir. Her iki yöntemdeki ortak noktalar tespit edilerek yapılan hesaplamalar sonucu karesel ortalama hata  $\pm 1.07$  m olarak bulunmuştur.

Uydu görüntüleri kullanılarak batimetri haritası üretilmesinde; haritası üretilmek istenen bölgedeki gerçek derinlikleri gösteren kalibrasyon noktalarına ihtiyaç duyulması, kalibrasyon noktalarının sayısı ve dağılımına bağlı olarak eş derinlik eğrilerinde ciddi farklar oluşması ve bu yöntemle elde edilen derinlik değerlerinin doğruluğun düşük olması nedeniyle kullanılabilir bir yöntem olarak görülmemektedir. Yöntemin, bölgedeki derinlikler hakkında genel bilgi edinmek amacıyla kullanılmasının daha doğru olacağı düşünülmektedir. Ancak çalışmada; Landsat 8 gibi görece düşük çözünürlüğe sahip uydu görüntüsünün kullanılması, görüntü üzerinde farklı filtreleme seçenekleri, maskeleye gibi işlemlerin uygulanmaması, farklı bandların oranlanmaması gibi nedenler dikkate alındığında; daha yüksek çözünürlüklü

uydu görüntüleri üzerinde, farklı tekniklerle yapılacak olan batimetri çalışmalarında daha doğru ve etkili sonuçlar elde edilebilir.



## KAYNAKÇA

- Açar, K. (2021). *Hidrografik mesaha planlama aşamasında uydu tabanlı batimetrik veri kullanımının araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Akgül, M. A., Dağdeviren, M., & Biroğlu, İ. (2018). Çok zamanlı uydu görüntüleri kullanılarak uydu kaynaklı batimetri. *Dsi Teknik Bülteni*, (127), 14-27.
- Aksoy, E., Özsoy, G., Karaata, E. U., Karaer, F., Kâtip, A., İleri, S., & Onur, S. (2016). *Ekosounder ve GIS teknikleri kullanılarak Uluabat Gölü'nde batimetrik haritalama*. 6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2016), 5-7 Ekim 2016, Adana.
- Allen, J. (2022). *Spectral signatures of different Earth features within the visible light spectrum*. <https://earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing> (Erişim Tarihi: 05.05.2022).
- Alpar, B. (1993). *Türkiye Denizlerindeki Su Seviyesi Değişimlerinin Akustik Derinlik Ölçme Uygulamalarına Olan Etkilerinin Araştırılması*. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, 9-13, İstanbul.
- Alsubaie, N. M. (2012). *The Potential of Using Worldview-2 Imagery for Shallow Water Depth Mapping*. Master Thesis. University of Calgary, Department of Geomatics Engineering, Alberta, Canada.
- Aykut, N. (2009). *Sığ sulardaki hidrografik ölçmelerde çok bimli iskandillerin kullanımı ve hata analizi*. Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Baird, C. S. (2013). *How does sound going slower in water make it hard to talk to someone underwater?* <https://www.wtamu.edu/~cbaird/sq/2013/11/12/how-does-sound-going-slower-in-water-make-it-hard-to-talk-to-someone-underwater/#:~:text=Sound%20travels%20faster%20in%20water> (Erişim Tarihi: 28.05.2022).
- BÖHNBÜY. (2018). Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği. *T. C. Resmi Gazete, 30460 (Mükerrer) (26.06.2018)*.
- Church, J. A., Clark, P. U., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., . . . Unnikrishnan, A. S. (2013). *Sea level change*. *PM Cambridge University Press*.
- Diersenn, H. M., & Theberge, A. E. (2014a). Bathymetry: History of seafloor mapping. *Encyclopedia of Natural Resources. Volume II*, 564.
- Diersenn, H. M., & Theberge, A. E. (2014b). Bathymetry: assessment. *Encyclopedia of Natural Resources. Volume II – Water and Air*, 629-636.
- Ekizoğlu, İ. (2011). *CBS yardımıyla batimetrik haritaların oluşturulması ve değerlendirilmesi üzerine bir çalışma: Altınapa Barajı (Konya) örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- ESA. (2022a). *Sentinel 2*. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (Erişim Tarihi: 17.05.2022).
- ESA. (2022b). *About the launch*. [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-2/About\\_the\\_launch#:~:text=Sentinel%2D2A%20was%20launched%20on](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2/About_the_launch#:~:text=Sentinel%2D2A%20was%20launched%20on) (Erişim Tarihi: 17.05.2022).
- ESA. (2022c). *Ikonos-2*. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/ikonos-2> (Erişim Tarihi: 19.05.2022).

- ESA. (2022d). *WorldView-2*. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/worldview-2> (Erişim Tarihi: 20.05.2022).
- ESA. (2022e). *WorldView-3*. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/worldview-3> (Erişim Tarihi: 20.05.2022).
- ESA. (2022f). *Copernicus Open Access Hub*. <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (Erişim Tarihi: 22.05.2022).
- ESRI. (2022). *What is raster data?* <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm> (Erişim Tarihi: 27.04.2022).
- ESRI Türkiye. (2019). *Sentinel 2 uydu görüntüleriyle esri sentinel-2 explorer web uygulaması aracılığıyla çalışmak*. <https://blog.esri.com.tr/2019/02/25/sentinel-2-uydu-goruntuleriyle-esri-sentinel-2-explorer-web-uygulamasi-araciligiyla-calismak/>.
- Garner, R. (2021). *Landsat overview*. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/landsat/overview/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/overview/index.html) (Erişim Tarihi: 10.05.2022).
- Gümüş, M. (2019). *Kurbağalıdere ve deltasının sismik ve batimetrik yöntemlerle araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- HGM. (2022a). *TUDES Hakkında*. <https://tudes.harita.gov.tr/Portal/Index/2?lang=tr/TUDES> (Erişim Tarihi: 16.03.2022).
- HGM. (2022b). *Deniz seviyesi gözlemleri*. <https://tudes.harita.gov.tr/Portal/Index/32?lang=tr/Deniz%20Seviyesi%20G%C3%B6zlemleri> (Erişim Tarihi: 10.04.2022).
- IPCC. (2001). *Climatechange 2001: The Scientific Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change 2001, 643.
- Kılıç Güngör, B. (2019). *Uydu görüntüleri yardımı ile batimetrik harita üretimi: Kozlu Balıkçı Barınağı örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Kordil. (2022a). *KBS200 Tekhüzmeli Akustik İskandil (Singlebeam Echosounder)*. <https://kordil.com.tr/index.php/tr/distributorlukler/kordil/kbs200> (Erişim Tarihi: 01.06.2022).
- Kordil. (2022b). *AML Oceanographic Base X2*. <https://kordil.com/index.php/en/distributorships/amloceanographic/aml-oceanographic-basex2> (Erişim Tarihi: 01.06.2022).
- Lambeck, K. (1996). Sea-level change and shore-line evolution in Aegean Greece since Upper Palaeolithic time. *Antiquity*, 70(269), 588-611.
- Lyzenga, D. R. (1978). *Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features*. *Applied optics*, 17(3), 379-383.
- Lyzenga, D. R. (1985). *Shallow-water bathymetry using combined lidar and passive multispectral scanner data*. *International journal of remote sensing*, 6(1), 115-125.
- NASA. (2013). *The Electromagnetic Spectrum*. <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html> (Erişim Tarihi: 29.04.2022).
- NASA. (2022a). *What is Remote Sensing?* <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing> (Erişim Tarihi: 06.05.2022).

- NASA. (2022b). *Landsat 8*. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/> (Erişim Tarihi: 12.05.2022).
- NOAA. (2021). *What is bathymetry?* <https://oceanservice.noaa.gov/facts/bathymetry.html#:~:text=Bathymetry%20is%20the%20study%20of,rivers%2C%20streams%2C%20and%20lakes> (Erişim Tarihi: 05.03.2022).
- Önder, M. (2002). *Geçmişten günümüze resimlerle Türk haritacılık tarihi*. Ankara: Harita Genel Komutanlığı.
- Örgören, H. (2011). *Amasra Limanının hidrografik haritasının hazırlanması ve ip iskandil ile GPS sistemlerinin irdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, 20-21, Ankara.
- Rozwadowski, H. (2001). Technology and ocean-scape: Defining the deep sea in mid-nineteenth century. *History and Technology: An International Journal*, 17:3, 217-247.
- Sağdıç, A. (2020). *İnsansız su üstü aracı ve uzaktan algılama teknikleri kullanarak batimetrik harita üretimi: Filyos Limanı örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Schott, J. R. (2007). *Remote sensing: the image chain approach 2nd edition*. New York, USA: Oxford University Press, 30.
- Schowengerdt, R. A. (2007). *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing 3rd Edition*. Elsevier Inc., 2.
- SHOD. (2022). *Tarihçe*. [https://www.shodb.gov.tr/shodb\\_esas/index.php/tr/genel/tarihce](https://www.shodb.gov.tr/shodb_esas/index.php/tr/genel/tarihce) (Erişim Tarihi: 07.03.2022).
- Stevens, J. (2022). *Resolution*. <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing> (Erişim Tarihi: 06.05.2022).
- Stumpf, R. P., Holderied, K., & Sinclair, M. (2003). *Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types*. *Limnology and Oceanography*, 48 (1), 547-556.
- Sweet, W., Horton, R., Kopp, R., & Romanou, A. (2017). Sea level rise. *U.S. Global Change Research Program climate science special report (CSSR)*, Chapter 12.
- Theberge, A. (2009). Thirty Years of Discovering the Mariana Trench. <https://www.hydro-international.com/content/article/thirty-years-of-discovering-the-mariana-trench> (Erişim Tarihi: 11.03.2022).
- Töreyan, G., Özdemir, İ., & Kurt, T. (2010). *ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dokümanı*. Ankara: İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti.
- TUDES. (2022). *Harita Genel Müdürlüğü Türkiye ulusal deniz seviyesi izleme sistemi verileri*. <https://tudes.harita.gov.tr/Giris> (Erişim Tarihi: 24.04.2022).
- Ulu, A. (2006). *Deniz tabanı derinleştirme çalışmalarında batimetrik ve sismik etütlerin önemi*. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Programı, İzmir.
- USACE. (2013). *Engineering and Design Hydrographic Surveying*. Engineer Manual Chapter 4, U.S. Army Corps of Engineers Washington.
- USGS . (2021). *Earth Explorer*. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Erişim Tarihi: 22.05.2022).
- USGS. (2022). *Landsat 8*. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>.

- UTN. (2002). *Manual Depth Measurement Techniques*. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina  
[http://www1.frm.utn.edu.ar/laboratorio\\_hidraulica/Biblioteca\\_Virtual/Hydrographic%20Surveying/c-8.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/laboratorio_hidraulica/Biblioteca_Virtual/Hydrographic%20Surveying/c-8.pdf) (Erişim Tarihi: 22.05.2022).
- Uzakara, H. (2021). *Uydu görüntüleri ile kıyılarda batimetrik lm*. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Antalya.
- Yıldız, H. (2005). *Mareograf ve sabit GPS verileri ile uzun dönemli mutlak deniz seviyesi değişimlerinin araştırılması*. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, 10-11, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T. (2005). *Coğrafi bilgi sistemleri: temel kavramlar ve uygulamalar*. Trabzon: İBER Ofset, 51-55.
- Yomralıoğlu, T., & Aydınoğlu, A. (2010). Coğrafi bilgi teknolojileri. *Bilim ve Teknik Dergisi*, Eylül 2010.



## EKLER

### EK-1: Harita Genel Müdürlüğü (HGM) ile yapılan abonelik sözleşmesi

**HİZMETE ÖZEL**

T.C.  
MİLLÎ SAVUNMA BAKANLIĞI  
Harita Genel Müdürlüğü

24 Ağustos 2022

Sayı :E-54864773-112.01.01-1545673  
Konu :TUDES Sözleşmesi (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE**

İlgi : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Rektörlüğü'nün 18.08.2022 tarihli ve 0-294814 sayılı yazısı.

Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Rektörlüğü arasında imzalanan Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) Abonelik Sözleşmesi Ek'te gönderilmiştir.

Arz ederim.

Abdullah OKUL  
Mühendis Albay  
Genel Müdür Yardımcısı V.

Ek : SÖZLEŞME

Dağıtım:  
Gereği:  
Jeo.D.NA  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Rektörlüğüne

Bilgi:  
Genel Müdür Yardımcılığı-2E


Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: 6C50EBC9-AB8D-408C-B6AF-64540AA0EA7F Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ebd>

HARİTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ CEBECİ/ANKARA  
(0312) 595 2222  
(0312) 320 1495

Bilgi için: Bilal KİBAR  
Kamu/Üniversite Uzmanı  
Telefon No:(312) 595 24 12  
E-Posta: bilal.kibar@harita.gov.tr

**HİZMETE ÖZEL**



**MİLLÎ SAVUNMA BAKANLIĞI HARİTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
TÜRKİYE ULUSAL DENİZ SEVİYESİ İZLEME SİSTEMİ (TUDES)  
KURUMSAL ABONELİK SÖZLEŞMESİ**

**Kısaltmalar**

**MADDE 1-** İşbu Kurumsal Abonelik Sözleşmesi bundan böyle Sözleşme olarak, Millî Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü Tıp Fakültesi Caddesi 06590 Cebeci/ANKARA bundan böyle HGM olarak, Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi bundan böyle TUDES olarak ve web portaline abone olmak için başvuran kamu kurum ve kuruluşları bundan böyle Kurumsal Abone olarak anılacaktır.

**Amaç ve Kapsam**

**MADDE 2-** İşbu Sözleşme'nin amacı, HGM'nin TUDES web portaline üzerinden sunduğu deniz seviyesi ve meteorolojik veri (atmosferik basınç, sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yönü) hizmetlerinden Kurumsal Abone'nin 1 (bir) yıl süreyle faydalanmasına ilişkin karşılıklı hak ve yükümlülükleri belirlemektir.

**Dayanak**

**MADDE 3-** Bu sözleşme, 657 sayılı "Harita Genel Müdürlüğü İle İlgili Bazı Düzenlemeler Hakkında Kanunu", 15/07/2018 tarihli ve 30479 sayılı "Bakanlıklara Bağlı, İlgili, İlişkili Kurum ve Kuruluşlar İle Diğer Kurum ve Kuruluşların Teşkilatı Hakkındaki 4 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi", 2565 Sayılı "Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu", Bakanlar Kurulunun 5 Temmuz 1994 tarihli ve 94/5856 karar sayılı "Harita ve Harita Bilgilerini Temin ve Kullanma Yönetmeliği", 49 sayılı "Coğrafi Bilgi Sistemleri Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi", 7221 Sayılı "Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun" ve 5018 sayılı "Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu" esas alınarak düzenlenmiştir.

**Hak ve Yükümlülükler**

**MADDE 4- (1) HGM'nin Hak ve Yükümlülükleri**

- a. Kurumsal Abone tarafından doldurulan, imzalı ve onaylı Sözleşme ve ekindeki "Kurumsal Abone Kayıt Formu"nun tam ve eksiksiz olarak HGM'ye ulaşmasına müteakip 5 (beş) iş günü içerisinde Kurumsal Abonelik için 1 (bir) yıllık kayıt oluşturacaktır.
- b. Kurumsal Abonelik kaydına ilişkin oluşturulan ve 1 (bir) yıllık abonelik süresince geçerli olacak kullanıcı adı ve şifreyi Kurumsal Abone'nin Sözleşme ekindeki Kurumsal Abone Kayıt Formunda belirtilen e-posta adresine gönderecektir.
- c. Kayıtlı Kurumsal Abone'nin abonelik süresinin bitmesine 15 (onbeş) gün, 5 (beş) gün ve 1 (bir) gün kala e-posta ile bilgilendirme yapacaktır.
- ç. Bu Sözleşme ile sunulan ürün ve hizmetler üzerinde, Kurumsal Abone'lere duyurmak suretiyle tek taraflı olarak değişiklik yapabilecektir.
- d. Kurumsal Abone'nin, Sözleşme'deki kişisel bilgi ve belgelerinin doğruluğunu kontrol amacıyla, ilgili kuruluşlara başvurarak Kurumsal Abone hakkında bilgi edinebilecektir.
- e. Kurumsal Abone'nin Sözleşme'deki bilgi ve belgelerinin eksik, sahte ve/veya yanlış olduğunu saptaması, Kurumsal Abone'nin yükümlülüklerine aykırı hareket ettiğini tespit etmesi halinde Kurumsal Abone'nin kullanım hakkını durdurma, sözleşmeyi süresiz feshetme, bir daha abonelik başvurusu kabul etmeme ve her türlü hukuki süreci başlatma hakkına sahip olacaktır.

## (2) Kurumsal Abone'nin Hak ve Yükümlülükleri

- a. E-posta adresine gönderilen kullanıcı adı ve şifre ile 1 (bir) yıllık **Kurumsal Abonelik** süresi boyunca **TUDES** web portaline girebilecek ve sağlanan hizmetlerden faydalanabilecektir.
- b. Kendisine tahsis edilen kullanıcı adı/şifreyi ve **TUDES** web portalinden indirdiği veri/materyali üçüncü kişilerle paylaşmayacaktır.
- c. **TUDES** istasyonlarında arızalar nedeniyle veri kayıpları olabileceğini, ölçüm sensörlerinin hatalı değerler üretebileceğini, sunulan web servisinde geçici kesintiler olabileceğini ve web portalini üzerinden indirilen veri/materyalin eksik ve/veya hatalı bilgi içerebileceğini kabul edecektir.
- ç. **TUDES** web portalinde sunulan verilere **HGM** tarafından hızlı kalite kontrol işleminin uygulandığını, söz konusu hızlı kalite kontrol işlem ve sonuçlarından **HGM**'nin sorumlu olmadığını, hızlı kalite kontrolden geçmiş verilere daha ileri bir düzey kalite kontrol uygulama sorumluluğunun kendisinde olduğunu kabul edecektir.
- d. **TUDES** web portalindeki bilgilerin kullanımı sonucunda veya teknik nedenlerle portale ulaşamamasından ötürü doğrudan veya dolaylı bir zarar doğması halinde, **HGM**'ye hiçbir borç, sorumluluk veya mükellefiyet yükleyemeyeceğini kabul edecektir.
- e. **TUDES** web portalinden indirdiği veri/materyali; Anayasaya, yasalara, uluslararası sözleşme hükümlerine ve yürürlükteki mevzuat hükümlerine aykırı olarak kullanmayacağını kabul ve beyan edecektir.
- f. **Sözleşme**'de yer alan hak ve yükümlülüklerini hiçbir ad altında başka bir gerçek ya da tüzel kişiye devredemeyecektir.
- g. Kurumsal Abone Kayıt Formuyla yetkilendirilen personelin, görev/yetki/kurum değişikliğini **HGM**'ye bildirecek aksi halde ortaya çıkabilecek sonuçların sorumluluğunun kendisinde olduğunu kabul edecektir.
- ğ. Bakanlar Kurulunun 05 Temmuz 1994 tarihli ve 94/5856 karar sayılı Harita ve Harita Bilgilerini Temin ve Kullanma Yönetmeliği ve 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanununa uygun olarak bilimsel ve akademik amaçlı çalışmalarda kullanılabilir ve elde edeceği sonuçları "Çalışmada kullanılan deniz seviyesi ve/veya meteorolojik veriler Harita Genel Müdürlüğü'nün Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (**TUDES**) servisinden alınmıştır." ifadesi ile kaynağını belirtmek şartıyla yayımlayabilir.

## Uygulamaya İlişkin Esaslar

**MADDE 5-** (1) Kayıtlı **Kurumsal Abone**, abonelik süresi bittiğinde süreyi uzatmak isterse yeni abonelikteki yolu izleyecektir. Abonelik uzatımı için imzalı ve onaylı **Sözleşme** ve ekindeki "Kurumsal Abone Kayıt Formu" nun tam ve eksiksiz olarak **HGM**'ye ulaşmasına müteakip 5 (beş) iş günü içerisinde, kayıtlı **Kurumsal Abone**'nin abonelik süresi 1 (bir) yıl daha uzatılacak ve e-posta ile bilgilendirme mesajı gönderilecektir.

(2) **Kurumsal Abonelik** işlemi gerçekleşikten sonra abonelik geçici süre ile dondurulamayacak ve/veya ara verilemeyecektir. Süre bitiminde aboneliğin uzatılmaması durumunda abonelik pasif konuma geçecek ve süresiz olarak bekletilebilecektir.

(3) İşbu **Sözleşme**'nin yürürlüğe girmesinden itibaren herhangi bir zamanda Millî Savunma Bakanlığı veya Genelkurmay Başkanlığı tarafından, **HGM**'nin yükümlülüklerini yerine getirmesini engelleyecek mahiyette Türk Silahlı Kuvvetleri ihtiyaçlarıyla ilgili acil bir durumun bildirilmesi durumunda **Sözleşme** **HGM** tarafından tek taraflı feshedilebilir.

## Mali Hükümler

**MADDE 6-** Bu sözleşme çerçevesinde **TUDES** Web portalinden sağlanan veriler için, 5018 Sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanununa ekli I-II-III ve IV sayılı cetvellerde yer alan genel yönetim kapsamındaki idareler ile mahalli idare kapsamındaki kamu idareleri ve 49 sayılı "Coğrafi Bilgi Sistemleri Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi" kapsamındaki veri paydaşı kamu kurum ve kuruluşlarından ücret talep edilmeyecektir.

### Sözleşme Hükümlerine Uyulmaması

**MADDE 7-** Bu sözleşmeden doğan taraflar arasındaki uyuşmazlıkların çözümünde, sözleşmenin bütünüdür veya kısımlarının uygulanmasında ve yorumlanmasında Türkiye Cumhuriyeti yasaları ve mevzuatı geçerli olacaktır. Taraflar bunu kayıtsız ve şartsız kabul edecektir.

### Sözleşmenin Süresi ve Feshi

**MADDE 8- (1)** İşbu Sözleşme, e-posta ile Kurumsal Abone'ye kullanıcı adı ve şifrenin gönderilmesini müteakip yürürlüğe girecek olup, 1 (bir) yıl süreyle geçerli olacaktır.

(2) Kurumsal Abone, Sözleşme'yi feshetmek isterse bu talebini yazılı olarak, faks (0312 320 14 95) ya da e-posta (tudes\_info@harita.gov.tr) aracılığıyla bildirecektir. HGM, bu bildirim kendisine ulaşmasından itibaren 7 (yedi) gün içinde Kurumsal Abone'nin talebini yerine getirmek ve sonucu Kurumsal Abone'ye bildirmekle yükümlüdür.

### İmza

**MADDE 9-** İşbu Sözleşme kurum yetkilisi tarafından imzalanacaktır.

### KURUM ADINA

Abdullah ÖZÜCÜ  
Müh. Alb.  
Genel Müdür Yardımcısı v.  
22.08.2022

İmza :

Adı SOYADI :

Unvanı :

Tarih :

Prof. Dr. Sevim ALIŞIR  
Rektör Yardımcısı  
12.08.2022

NOT: Yeni ABONE olacaklar ve abonelik süresi uzatacaklar için bu Sözleşme düzenlenir ve Sözleşme'nin ilk iki sayfasının alt kısımları paraflanır. Üçüncü sayfa ise Ad SOYAD Unvan yazılarak imzalanır. Sözleşme ve ekindeki "Kurumsal Abone Kayıt Formu" bir üst yazı ile birlikte Harita Genel Müdürlüğü Tıp Fakültesi Cad. 06590 Cebeci/ANKARA adresine posta yoluyla iletilir.

KURUMSAL ABONE KAYIT FORMU

Kurum Adı : Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Kurum Tarafından Yetkilendirilen Personelin:

Adı : Eray  
İkinci Adı : -  
Soyadı : YILMAZ  
T.C. Kimlik Nu. :  
E-posta :  
Ofis Tel. ve Dahili Nu. (varsa) :  
GSM :

Kurum Adresi:

İl : SAMSUN  
İlçe : ATAKUM  
Semt :  
Mah./Cad./Sok. :  
Bina Adı/Bina Nu./Daire Nu. :  
Posta Kodu :

KURUM ADINA

İmza :

Adı SOYADI :

Unvanı

Tarih

Prof. Dr. Sevim ALIŞIR  
Rektör Yardımcısı  
12.08.2022

Abalutlu Olu  
Meh. Alb  
Sevil Hatun Yardını v.  
21.08.2022

NOT: Bu form, sözleşmeyi onaylayan Kurum yetkilisi tarafından imzalanacaktır. Kurum tarafından birden fazla personele yetki verilmesi isteniyorsa, yetki verilecek her personel için bu form ayrı ayrı doldurulacaktır. Kullanıcı adı, şifre ve bildirimlerin doğru ve zamanında gönderilmesi maksadıyla tüm alanlar eksiksiz olarak doldurulacaktır.

## ÖZ GEÇMİŞ

Eray YILMAZ, Şavşat Anadolu Öğretmen Lisesini bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği bölümünden 10.06.2019 tarihinde mezun oldu. 2019 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Mezuniyetinden bu yana Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı IX. Bölge Müdürlüğünde Harita Mühendisi olarak görev yapan Eray YILMAZ, orta derecede İngilizce bilmektedir. (19.06.2022)

### İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-8946-7541

### Yayımlar:

1. Yılmaz, E., Sesli, F. A., & Uzun, Ö. F. (2021). Arıcılık Faaliyetleri İçin Uygun Yerlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi: Şavşat İlçesi Örneği. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4(3), 111-116