

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK YÖNLÜ SONAR İLE TOPLANMIŞ DERİNLİK
VERİLERİNİN CBS ORTAMINDA İŞLENMESİ

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisi Dilek ERDOĞAN

F.B.E. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Fatmagül BATUK

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1 Deniz Derinliği Ölçüm Yöntemleri	2
2.1.1 Lata İskandil	2
2.1.2 Termometrik İskandil	3
2.1.3 Akustik Yöntemler	3
2.1.3.1 Tek Yönlü Akustik İskandil	3
2.1.3.2 Çok Yönlü Sonar	5
2.1.3.3 Yandan Taramalı Sonar	8
2.1.4 Uydu Görüntüleri.....	9
2.1.5 Lidar.....	10
2.2 Çok Yönlü Sonar ile Derinliklerin Ölçümü.....	11
2.2.1 Hidrografik Donanım	12
2.2.2 Hidrografik Yazılım	14
2.2.3 Koordinatların Hesaplanması	15
2.3 SRTM Yükseklik Verileri	17
3. Uygulama.....	18
3.1 Metodoloji	18
3.2 Çalışma Alanı	20
3.3 Veri Toplama	21
3.4 Ön işleme	21
3.5 CBS Ortamında Deniz Tabanı Yüzeyinin Oluşturulması.....	22
3.6 SRTM Verilerinden SAM Oluşturma.....	26
3.7 Veri Entegrasyonu ve Görsel Ürünlerin Üretilmesi	26
3.8 Yorumlar ve Bulgular	29
4. Sonuçlar	33
KAYNAKLAR.....	35

EKLER	37
ÖZGEÇMİŞ.....	40

SİMGE LİSTESİ

a	Derinliğe bağlı hata katsayısı
b	Sabit derinlik hatası
D	Ölçülen derinlik
k	Suyun yoğunluğu
p	su basıncı
q	Suyun geçirgenliği
s	Suyun tuzluluğu
$s(d)$	Derinlik doğruluğu
t	Sesin su içerisindeki seyir süresi
V	Sesin su içerisindeki hızı
V_0	Normal koşullarda sesin su içerisindeki hızı
ΔV_t	Ses hızına getirilecek sıcaklık düzeltmesi
ΔV_s	Ses hızına getirilecek tuzluluk düzeltmesi
ΔV_p	Ses hızına getirilecek basınç düzeltmesi

KISALTMA LİSTESİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DDM	Digital Depth Model
GPS	Global Positioning System
INS	İnersiyal Navigasyon Sistemleri
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
LIDAR	Rugged Compact Laser Rangefinders
PPS	Pulse Per Second
RTK	Real Time Kinematik
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SDM	Sayısal Derinlik Modeli
SHODB	Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TIN	Triangulated Irregular Network
USACE	The United States Army Corps of Engineers
UTM	Universal Transversal Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil.2.1. Akustik derinlik ölçümü (USACE, 2002b)	3
Şekil.2.2 Tek yönlü akustik iskandil	5
Şekil.2.3 Çok yönlü akustik iskandil	6
Şekil 2.4 Yandan taramalı sonar ile elde edilen görüntü (Longstreet,2000)	9
Şekil 2.5. “Airborne” Laser Ölçme Tekniği ve SAM.....	10
Şekil 2.6. Çok yönlü sonar ile derinlik ölçümü donanımı (Simrad Kullanma Klavuzu)	11
Şekil 2. 7. Çeşitli sonar örnekleri	12
Şekil 2.8. Geminin hareketini algılayıcı sistem.....	13
Şekil 2.9. Geminin seyir planlama ve kontrol yazılımı	14
Şekil 2.10. Derinlik verileri işleme yazılımları	15
Şekil 2.11. Ses dalgalarıyla derinlik ölçme prensibi	16
Şekil 3.1. Uygulama akış şeması	19
Şekil 3.2. Çalışma alanının Türkiye sınırlarına göre konumu	20
Şekil 3.3. Çalışma alanının Marmara bölgesi içindeki konumu.....	20
Şekil 3.4. Çalışma alanı	21
Şekil 3.5. Dosyaların Ultraedit programında görünümü	22
Şekil 3.6. Dosyaların Ultraedit’te düzenlenmesi	23
Şekil 3.7. Dosyaların Arcview.3.2. programında açılması.....	23
Şekil 3.8. Dosyaların shape formatına dönüştürülmesi	24
Şekil 3.9. Dosyaların 5 m lik GRID lere dönüştürülmesi.....	24
Şekil 3.10. Ekranda sayısallaştırılan sınır poligonu	25
Şekil 3.11. Oluşturulan TIN’nin bir bölümü	26
Şekil 3.12. Oluşturulan Sayısal Derinlik Modeli (yükseklik eğrileri ile birlikte gösterilmiştir)27	
Şekil 3.13. Oluşturulan Sayısal Derinlik Modeli (İstanbul’daki dereler ile birlikte gösterilmektedir)	28
Şekil 3.14. Oluşturulan Sayısal Derinlik Modelinde gözlemlenen bazı çizgisellikler	29
Şekil 3.15. Marmara Denizi morfolojik yapılarını gösteren bir çalışma (Gazioğlu vd., 2002).30	
Şekil 3.16. Çalışma alanındaki fay kırıkları. (Tur, 2007).....	31

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge.2.1. Derinlik ölçüm alanlarının koşullarına göre sınıflandırılması (IHO, 1998).....	7
Çizelge.2.2 Sınıflarına göre derinlik ölçümlerinde aranan doğruluk	7
Çizelge.2.3. Sınıflarına göre derinlik ölçümlerinde azami gereklilikler (Aydın, 2005).....	8

ÖNSÖZ

Çalışma süresince bilimsel ve insani katkıları ile bana yardımcı olan, eğitimim süresince desteğini esirgemeyen, tez danışmanım ve hocam Doç. Dr. Fatmagül BATUK' a etkili yorumları ve bana verdiği inanç için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Sonuç aşamasındaki yorumları ve verdiği etkin fikirler için Doç. Dr. Erkan GÖKAŞAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince bana sabırla destek veren, maddi ve manevi hep yanımda olduklarını hissettiren ve en az benim kadar yaşamlarını çalışmama göre şekillendiren aileme, eşim Bahattin ERDOĞAN'a teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmalarımnda bana olanak sağlayarak destek olan HİMTEK mühendislik yönetici ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Anlayış ve sabırlarından dolayı tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Dilek ERDOĞAN, 2008

ÇOK YÖNLÜ SONAR İLE TOPLANMIŞ DERİNLİK VERİLERİNİN CBS ORTAMINDA İŞLENMESİ

ÖZET

Dünyamız kara ve denizlerden oluşmaktadır. Karaların yapısı kadar deniz tabanının yapısı bilindiği takdirde dünyamız hakkında yeterli bilgiye sahip olunabilir. Özellikle Marmara bölgesindeki gibi önemli fay hatlarının deniz tabanında bulunduğu bölgelerde deniz topoğrafyasının en iyi şekilde ortaya konması gerekir. Bu durumda sağlıklı yorumlar yapılabilir.

Deniz topoğrafyasının ortaya çıkarılması amacıyla çeşitli derinlik ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır. Bu ölçümlerde günümüzde çoğunlukla akustik yöntemlerden faydalanılır. Çok yönlü sonar ile derinlik ölçümü 1980’li yıllarda gelişmeye başlamış ve günümüzde diğer ölçme yöntemlerine göre daha çok tercih edilir duruma gelmiştir.

Bu çalışmada Marmara Denizi, Tuzla-Büyükçekmece arasında Seyir Hidrografi ve Oşinografi Daire Başkanlığı (SHODB) tarafından çok yönlü sonar ile toplanan derinlik verilerinden deniz tabanı Sayısal Derinlik Modeli (SDM) oluşturulmuştur. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) görüntülerinden yararlanılarak çalışılacak bölgenin karasal yükseklik modeli (SAM) elde edilmiştir. Karasal yükseklik modeli ve deniz tabanı derinlik modellerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında entegrasyonu sağlanarak sonuç ürünler ilgili disiplindeki akademisyenlerle birlikte yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Yönlü Sonar, Coğrafi Bilgi Sistemi, Sayısal Derinlik Modeli, Batimetri

PROCESSING OF THE MULTIBEAM SONAR DATA BY USING GIS

ABSTRACT

The Earth comprises the continental and oceanic crusts. We could have efficient knowledge about the structure of the Earth, in case of getting information about the structure of the sea floor as much as continents. It is essential to understand sea floor topography keeping the most important fault lines such as Marmara Sea to make the effective interpretation can be made about the morphology of the region.

Several survey methods are used to measure the sea depth. Nowadays, for these measurements the acoustic survey methods are mostly preferred. Multibeam sonar system has been come into use at the beginning of the 1980's; following the improvement of the system, and today comparing to the others this method is widely used.

The aims of this study are the constituting the sea floor Digital Depth Model (DDM) for the region between Tuzla and Büyükçekmece and then interpreting the produced model. The DDM was produced by preprocessing the data acquired using multibeam sonar system by Turkish Navy – Department of Navigation, Hydrography and Oceanography (TN-DNHO). Digital Elevation Model (DEM) of the region is achieved by using Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Consequently, DDMs and DEMs were produced and integrated by using Geographic Information System (GIS) and the model has been interpreted by academicians of related disciplines.

Keywords: Multibeam Sonar, Geographic Information System, Digital Depth Model, Bathymetry

1. GİRİŞ

Su altı bölgesinin morfolojisi derinlik haritalarının kullanımı ile analiz edilir. Derinlik verilerinden elde edilen bilgiler önemli bilimsel verilerdir. Mutlak derinlik değişimi ve eğilimi sadece birikintilerin çöküntü karakterleri hakkında bilgi vermekle kalmaz, ayrıca tektonik aktivite ile ilgili su altı oluşumlarını ve havzadaki aktif fayları ortaya çıkarır. Yüksek çözünürlüğe sahip derinlik haritaları sayesinde az yoğunluklu sismik profiller arasındaki ilişkiler kolaylıkla kestirilebilir. Sonardan elde edilen noktaların (x, y, z) değerleri deniz tabanı morfolojisini oluşturmak için kaynak veri olarak kullanılır. (Dehandschutter, 2001)

Marmara Denizi; Karadeniz ve Akdenizi birleştiren bir iç deniz olması nedeniyle çeşitli morfolojik yapılara ve çizgiselliklere sahiptir. Marmara Denizinin derinlik bilgileri ilk olarak İstanbul Boğazının Güney girişi için Ploix ve Manen (1854), Marmara Denizinin Batısı için Wharton (1887) tarafından oluşturulmuştur. Andrusov (1890) günümüzdeki haritalarla çok benzerlik gösteren, Marmara Denizinin derinlik haritasını hazırlamıştır. 1901 yılında, Osmanlı İmparatorluğu, Ege ve Marmara Denizinin detaylı bir derinlik haritasını hazırlamıştır. Ardel (1958), Ardel ve Kurter (1971), Ardel (1975) önceki haritaları birleştirip yorumlayarak Marmara Denizinin morfolojik yapısını açıklamıştır. Uluslararası Okyanus Komisyonu Akdeniz haritasını yaparken, Marmara Denizinden de derinlik verileri almıştır (International Oceanic Commission, 1981).

Yirminci yüzyılın sonlarında, sınırlı miktardaki sismik veriler kullanılarak bazı modern derinlik haritaları üretilmiştir (Smith vd., 1995; Wong vd., 1995). Son zamanlarda çok yönlü sonar ile derinlik verilerinin toplanması ile daha detaylı deniz tabanı haritaları üretilmektedir. Marmara Denizinde çok yönlü sonar ile yapılan çalışmalar, Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) Kuzey kolu ile bağlantılı olan yanal atılımlı bir fay ortaya koymaktadır (İmren vd., 2001).

Bu çalışmada çok yönlü sonar ile toplanmış Büyükçekmece-Tuzla arası veriler ile deniz topoğrafyasının oluşturulması (SDM) ve kara topoğrafyası (SYM) ile de birleştirilerek görsel olarak topoğrafyanın yorumlanması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Deniz Derinliği Ölçüm Yöntemleri

Dünyamız denizler ve karaların toplamından oluşan bir bütündür, denizlerdeki durum bilinmeden dünya hakkında tam bir bilgiye sahip olunamaz. Bilindiği gibi karalar deniz tabanında devam eder. Bu nedenle karalar ile ilgili sağlıklı yorumlar yapabilmek için deniz tabanının incelenmesi gereklidir. Deniz tabanı topoğrafyası aşağıdaki yöntemler ile derinlik ölçümü yapılarak belirlenebilir;

- Lata İskandil
- Termometrik İskandil
- Akustik Yöntemler
 - Tek Yönlü İskandil
 - Çok Yönlü İskandil
 - Yandan Taramalı Sonar
- Airborne Lidar
- Uydu Görüntüleri

2.1.1 Lata İskandil

Su altı tabanı topografik durumunu belirlemek amacıyla su yüzeyine dik doğrultuda (çekül doğrultusunda) derinlik ölçmeleri yapılır. Bu işleme hidrografide *iskandil* denmektedir. İskandil, klasik haritacılıktaki nivelman ile eş anlamlıdır. Ancak iskandilde uygulanan yöntemler ve kullanılan araçlar tamamen farklıdır. Klasik olarak Lata İskandilde, iskandil lataları, 4- 6 m uzunluğunda, 5 – 7 cm çapında daire veya çokgen kesitli özel çubuklardır. Ahşap veya hafif metalden yapılmış olan bu çubukların üzerine metre ve desimetre bölümleri işaretlenmiş ve okumanın kolaylaştırılması amacıyla renklendirilmiştir. Lata iskandil, duran bir taşıttan uygulandığı gibi hareket halindeki bir bot üzerinden de uygulanabilir. Uygulamada; lata düşey doğrultuya girmeden okuma yapılmamasına, lata ucunun taban zeminine batırılmamasına, ölçmelerin botun daima aynı yerinden yapılmasına, bot hızının ölçme işlemini güçleştirmeyecek ve inceliği etkilemeyecek değerde olmasına (örneğin, bot hızı $v < 1.0$ m/s olmasına) dikkat edilmelidir (Erkaya, 2007).

Lata bölümlerinin okuma inceliği ± 2 cm olmasına karşın, latanın tam düşey doğrultuya sokulamaması nedeniyle yöntemin doğruluğu $\pm 5-10$ cm olarak kabul edilir. Lata iskandili, derinliği 5 metreyi geçmeyen sığ ve küçük her türlü su ortamında uygulanabilir. Ancak verimi çok azdır. (Erkaya,2007)

2.1.2 Termometrik İskandil

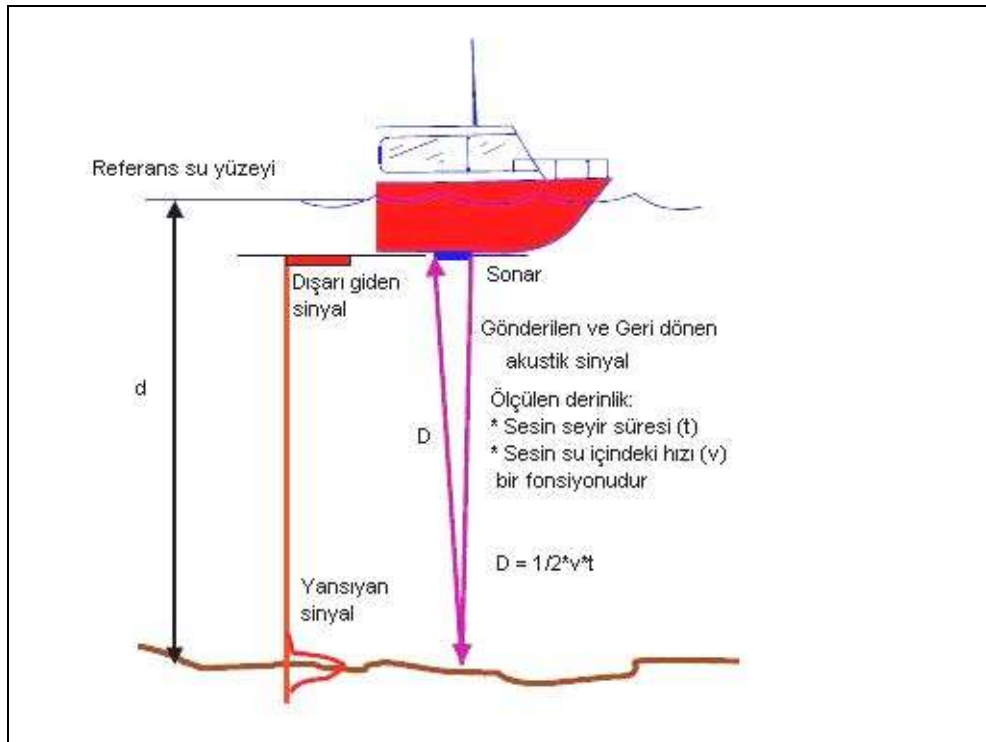
Su altı tabanında aynı noktada sıcaklık ve basınç ölçmek suretiyle derinliğin bulunması termometrik iskandil yönteminin temel ilkesini oluşturur. Termometrik iskandil aleti olarak bir plaka üzerinde yan yana tespit edilmiş iki termometre kullanılır. Termometrelerden biri su basıncına karşı kalın bir cam muhafaza tüpü içine alınmış, diğeri ise açıktır. Termometrik yöntem, özellikle 1000 metre ve daha derin sularda uygulanır. Bu yöntemde sağlanan doğruluk $\pm 0.005 D$ (m). Burada D derinliği ifade eder. (Erkaya,2007)

2.1.3 Akustik Yöntemler

Sonar (tranducer) adı verilen aletlerle ses dalgalarının su içinde yayılma ve yansıma özelliklerinden yararlanılarak derinliklerin ölçülmesi yöntemidir

2.1.3.1 Tek Yönlü Akustik İskandil

Akustik derinlik ölçümü ilk olarak 1930’larda kullanılmış, güvenilir olarak 1950’lerde ölçümler yapılmaya başlanmıştır. Akustik iskandil tekniği, deniz veya okyanus yüzeyinden gönderilen ses dalgasının yansyıp dönmesi sırasında geçen zamanın ölçülmesi ile derinliğin hesaplanması işlemidir (Şekil 2.1).



Şekil.2.1. Akustik derinlik ölçümü (USACE, 2002b)

Su içindeki bir ses üreticiden sağlanan ve düşey doğrultuda yöneltilen ses impulsları, dalgalar halinde yayılarak sualtı tabanına ulaşırlar ve buradan da yansıyarak tekrar su yüzeyine gelirler. Ses dalgalarının su içindeki yayılma hızı V bilindiğinden, impulsların gidiş - dönüş seyir süresi t ölçülerek, su derinliği;

$$D = \frac{1}{2}vt \quad (1)$$

hız - zaman bağıntısından bulunur.

(1) bağıntısına göre hesaplanacak su derinliğinin hidrografik duyarlılık yönünden anlamlı olabilmesi için impulsların (t) seyir süresinin $\pm 10^{-3}$ ile $\pm 10^{-4}$ saniye duyarlılıkla ölçülmesi gerekir. Sonarlarla bu duyarlılığa ulaşmak mümkündür. Sesin su içinde yayılma hızı suyun yoğunluğuna, başka bir deyişle sıcaklığına, tuzluluğuna ve derinliğine (basınca) bağlı olarak değişir. Ses dalgalarının su içinde yayılma hızı:

$$V = \sqrt{\frac{1}{k * q}} \quad (2)$$

Bağıntısıyla belirlenir. Burada; k suyun yoğunluğu, q suyun geçirgenliğidir.

Derinlere inildikçe k ve q değerleri değiştiğinden (2) bağıntısına göre bulunacak hız bölgesel koşullara uygun olmaz. Bu nedenle normal koşullardaki ses hızı, ortamdaki koşullara uygun olarak düzeltilir. Su ortamında görülen maksimum minimum yoğunluklara göre sesin yayılma hızı 1 390 m/s ile 1 650 m/s arasındadır. Normal koşullar olarak adlandırılan 0°C su sıcaklığı, % 035 tuzluluk ve 760 mmHg basıncı altındaki su içinde sesin yayılma hızı $V_o = 1\,500$ m/s kabul edilir. Bölgesel koşullar için ses hızının genel bağıntısı, S. Kuwara (1939) ve D.Wilson (1960) tarafından;

$$V_{t,s,p} = V_o + \Delta V_t + \Delta V_s + \Delta V_p + \Delta V_{t,s,p} \quad (3)$$

biçiminde verilmektedir. Burada; $V_{t,s,p}$, sıcaklığı t , tuzluluğu s ve basıncı p olan suda sesin yayılma hızı, V_o normal koşullarda suda sesin yayılma hızı, ΔV_t , ΔV_s , ΔV_p normal koşullar dışında V_o değerine uygulanacak düzeltmeler ve $\Delta V_{t,s,p}$ her üç verinin aynı anda değişmesi halinde ek düzeltme anlamındadır. Bu bağıntıdan elde edilecek hız değerindeki duyarlılık $\pm 0.3\text{ m/s}$ kadardır.

Tek yönlü akustik iskandil, bir hat boyunca seyreden hidrografi taşıtının altındaki derinliklerin akustik dalga yayılım prensibine göre ölçülerek, o hat boyunca su altı topografik profilinin çıkarılmasıdır (Şekil 2.2). Birbiri ile kesişen birçok profilin alınıp hesaplanmasıyla

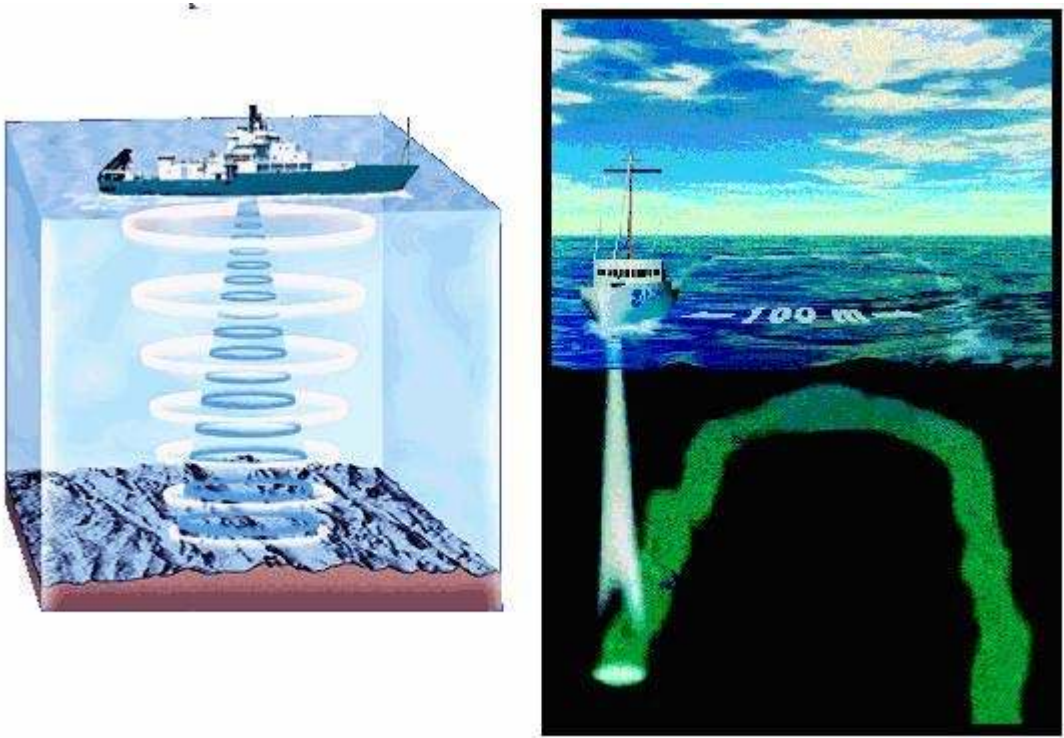
deniz dibinin derinlik haritaları çıkarılır.

Yöntemin doğruluğu;

Klasik aletlerle yapılacak ölçmeler için: 100 metrede ± 1 m ($\pm 1\%$ D)

Hassas aletlerle yapılacak ölçmeler için: $\pm 0.1 - 2.25\%$ D metre

olarak kabul edilir. D derinlik anlamına gelmektedir. Bu yöntem günümüzde kullanılmamaktadır.(Erkaya,2007)



Şekil.2.2 Tek yönlü akustik iskandil

2.1.3.2 Çok Yönlü Sonar

Tek yönlü akustik iskandil, ölçme hatları arasında su altı zemini hakkında yeterli bilgiyi sağlayamaz. Ayrıntılı bir derinlik haritası için daha sık bir hat yoğunluğu gerekir. Bu durum ise pahalı ve zaman alıcı bir yatırımdır. Bu durumları ortadan kaldırmak amacıyla çok yönlü akustik iskandil uygulanmaktadır (Şekil 2.3). Çok yönlü akustik derinlik ölçme sistemleri, etkin çözümlemeyi gerçekleştirmek için çoklu paralel ışınlar üretmektedir. Ölçmeler önceleri tek bir ışının kullanıldığı donanımlarla gerçekleştirilirken, günümüzde bu sistemin çok daha geliştirilmiş bir uygulaması olan çok yönlü sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Sistemlerle daha geniş alanları son derece detaylı ve hızlı ölçebilmek mümkün olmaktadır. Yöntemin

biraz farklı bir şekli olan yandan taramalı sonar sistemleri ile de benzer şekilde çalışmalar yapılabilmektedir. Bu sistemler genellikle su derinliğinin 7 katına kadar bir yanal tarama yapabilmektedirler.



Şekil.2.3 Çok yönlü akustik iskandil

Tüm çok yönlü swath (kaplama) sistemleri derinlik ölçümünde aynı temel yaklaşımı kullanırlar. Akustik ışın demeti deniz tabanına paralel yatay bir süpürge şeklinde gönderilir ve yansıyan sinyaller ile düşey derinlik ölçülür. Sinyalin gidip gelme süresi, eğik mesafe, yatay merkezden uzaklığa dönüştürülür ve daha sonra ışın açısı ve ses hızı profili uygulanarak derinlik elde edilir. Burada asıl sorun, sinyalin tabandaki noktalardan eğik mesafe gidiş dönüş zamanını düşey derinliğe çevirmektir. Eğik mesafe, genlik veya faz yakalama yöntemleri ile elde edilir. Genlik yakalama yöntemi, sinyal konisinin tabana çarptığı anı bulmaya dayanır. Faz yakalama yöntemi ise, iki veya daha fazla alt alıcı dizilerini kullanarak sıfır faz kesişmesinin olduğu zamanı bulmayı esas alır. Genlik yakalama genellikle iç ışınlarda (nadirden 0° ile 45° arası), faz yakalama da dış ışınlarda (nadirden 45° ile 100° arası) kullanılır. Genlik ve faz yakalama arasında değişme noktası tasarıma göre farklılık gösterir. Her bir ışının eş zamanlı analizini, faz ve genlik kombinasyonunu içerir. Derinlik doğruluğu, tabandaki geçiş noktalarında değişebilir.

Çok yönlü sonarlar genel olarak çapraz yelpaze şeklindedir. Her bir sıra bir tarama sırası (array) boyunca çoklu eşdeğer sonar elemanları içerir. Bu tarama sırası yassı veya eğri olabilir.

Çok yönlü süpürme sistemleri genellikle 0.5° ile 3.0° ışın aralıklı olarak tasarlanırlar. Fiziksel olarak yarım derecelik ışın aralığı en uygun değerdir. Çözünürlüğü artırmak için interferometrik faz tekniği uygulanabilir. Geniş taramalı çok yönlü sistemlerin doğruluğu, çok

yönlü sistemlerin değişik durumlarda gerçek ışın açısını çözme yeteneği ile ortaya konur.

Her bir taban yansıması, genlik, frekans ve faz bileşenleri olarak birbirine bağlıdır. Bu parametreler de tabanın yansıma özelliği ve ışının tabandaki eğim açısına bağlıdır. Yansıyıp geri dönen ışının kalitesi ise, gönderici/alıcının özelliklerine ve yansıyan bölgenin geometrik ve yansıtıcı özelliklerine bağlıdır. Donanım en son verinin özelliklerini etkileyen bir faktördür. Çok yönlü akustik iskandil ile yapılan ölçümlerde üç tür bilgi elde edilir: akustik ışının gidip geldiği yolun sonara göre bağıl ışın açısı, akustik ışının yansıyıp geri gelme zamanı ve tabandan yansıyıp dönen ışının sinyal yoğunluğu zaman serileri. Bu bilgiler, toplam akustik işlemlerin tamamlanabilmesi için tanımlanmış bir koordinat sistemine dayandırılmalıdır. (USACE, 2002 b)

200 metre derinliğe kadar sularda en fazla ± 15 cm olan teorik derinlik hatası, algılayıcılardan gelen bilgilerle, sistem içinde ve ölçme anında yapılan düzeltmelerle teorik olarak ± 2 cm ye kadar indirgenebilir. Çizelge 2.1 ve 2.2, 2.3 de ölçüm sahalarının sınıflandırılması ve bu sınıflandırmaya göre azami aranan ölçüm koşulları gösterilmiştir.

Çizelge.2.1. Derinlik ölçüm alanlarının koşullarına göre sınıflandırılması (IHO, 1998)

DERECE	SAHA ÖRNEKLERİ
ÖZEL	Limanlar, yanaşma yerleri ve asgari omurga altı kleransı olan kritik kanallar
1.DERECE	Limanlar, liman yaklaşma suları, tavsiye edilen kanallar ve derinliği 100 m.ye kadar olan bazı kıyı alanları
2.DERECE	Özel ve 1. derece ile kapsanmamış veya derinliği 200 m.ye kadar olan alanlar
3.DERECE	Özel, 1. ve 2. derece ile kapsanmamış açık denizler

Çizelge.2.2 Sınıflarına göre derinlik ölçümlerinde aranan doğruluk

DERECE	YATAY DOĞRULUK	DERİNLİK DOĞRULUĞU S(d)
ÖZEL	2 metre	a=0.25 m
		b=0.0075
1.DERECE	5 metre +	a=0.5 m
	Derinliğin % 5'i	b=0.013
2.DERECE	20 metre +	a=1.0 m
	Derinliğin % 5'i	b=0.023
3.DERECE	150 metre +	a=1.0 m
	Derinliğin % 5'i	b=0.023

$$S(d) = [a^2 + (b \cdot d)^2]^{1/2} \quad (4)$$

a : sabit derinlik hatası

b: derinliğe bağlı hata katsayısı

d : derinlik

S(d) : derinlik doğruluğu

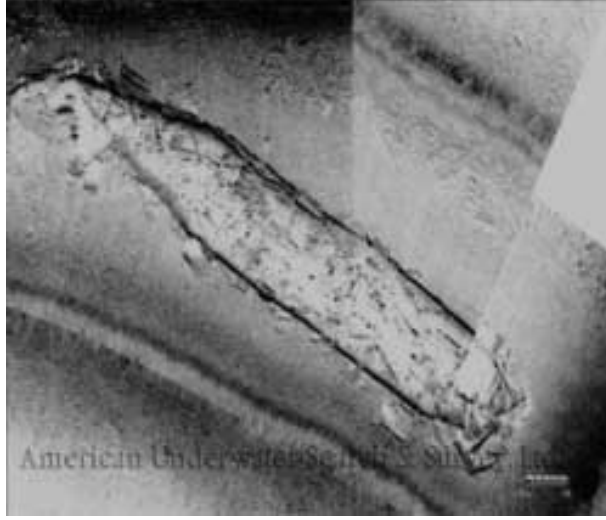
Çizelge.2.3. Sınıflarına göre derinlik ölçümlerinde azami gereklilikler (Aydın, 2005)

DERECE	SİSTEM TESPİT YETENEĞİ	AZAMİ HAT ARALIĞI	% 100 DİP ARAŞTIRMASI
ÖZEL	1 m ³ 'ten büyük cisimler	Uygulanmaz	Zorunlu
1.DERECE	d < 40 m, 2 m ³ 'ten d > 40 m, derinliğin % 10'undan büyük cisimler	Ortalama derinliğin 3 katı veya 25 m (hangisi büyükse)	Seçilmiş sahalarda
2.DERECE	d < 40 m, 2 m ³ 'ten d > 40 m, derinliğin % 10'undan büyük cisimler	Ortalama derinliğin 3-4 katı veya 200 m (hangisi büyükse)	Seçilmiş sahalarda
3.DERECE	Uygulanmaz	Ortalama derinliğin 4 katı	Uygulanmaz

2.1.3.3 Yandan Taramalı Sonar

Deniz tabanının derinliğini ölçmek yerine, yandan taramalı sonar farklı materyallerin sesleri farklı olarak absorbe edip yansıtma özelliklerinden yararlanarak deniz tabanının özelliklerini ortaya koyar. Bazı materyaller, örneğin metal veya son zamanlarda oluşmuş volkanik kayalar, akustik ışınları yansıtma çok etkilidir. Kıl ve silt, sesi iyi yansıtma. Güçlü yansıtıcılar, güçlü yansıma oluştururken; zayıf yansıtıcılar zayıf yansıma oluştururlar. Bu yansıma özellikleri kullanılarak, deniz tabanı özellikleri ortaya konabilir. Yandan taramalı sonarlar, maddelerin yansıtma derecelerini kullanarak deniz tabanı karakteristiklerinin ortaya

konmasında kullanılmaktadır. Yandan taramalı sonardan elde edilen deniz tabanı oluşum verilerinin, derinlik bilgisi elde edilen bir sonar ile birleştirilmesi, deniz tabanı özelliklerinin ortaya konması için etkili bir yöntemdir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Yandan taramalı sonar ile elde edilen görüntü (Longstreet,2000)

Yandan taramalı sonarın, donanım ve yazılım kısımlarının pek çoğu akustik derinlik ölçme yöntemleri ile benzerlik gösterir. Bir gönderici tarafından ışınlar gönderilir ve deniz tabanından yansımaları bir hidrofon toplar ve toplanan ışınlar alıcı sisteme iletilir. Yandan taramalı sonarın, akustik derinlik ölçme yöntemlerinden farkı verilerin işlenmesi aşamasında ortaya çıkar (Seabeam, 2000) .

2.1.4 Uydu Görüntüleri

Son yıllarda, sayısal teknolojilerin uzaktan algılama görüntü işlemede kullanılması, büyük olanaklar, doğruluk ve hızlı sayısal veri işleme özelliği sağlamaktadır. IR ve görünen spektral banttaki colour-composite analizinin yapısal jeolojide kullanılması olanağı sağlayan yazılımların son beş yıldaki gelişimi elde edilen görüntülerin kalitesinde büyük gelişmeler ortaya koymuştur. Bu tür çalışmalarda görüntü işleme tekniği olarak kullanılan, “georeferencing”, “colour-composite image generation”, “mosaicing” yöntemleri kullanılır. Yapısal analiz için başlangıç olarak görülen çalışma bölgesinin farklı çözünürlüklerde çeşitli uydu senaryolarını kullanır. Bu durum farklı senaryoların karakteristikleri ve olanakları arasındaki farklılıkları bize gösterir ve farklı veri kaynaklarının uyumluluklarını vurgular.

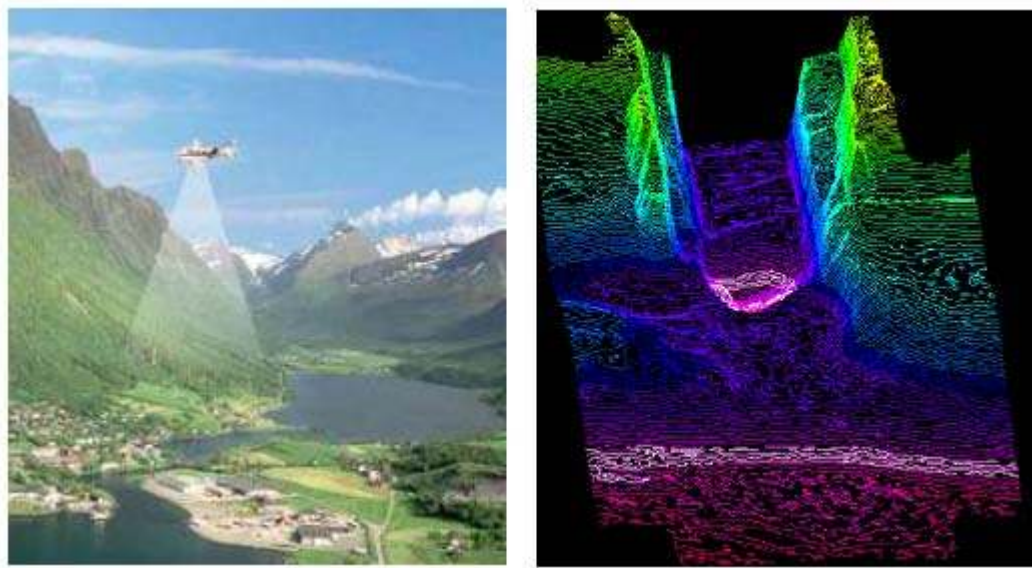
Morfotektonik analizi, uzaktan algılama verilerinin yapısal kesimi için temel bir araçtır. Tektonik hareketlerin oluşmasına neden olan belirli jeolojik oluşumlarla ilgilidir.

Morfotektonikten yapılan çıkarımlar direk olarak dinamik ve/veya kinematik işlemlerle ilgilidir. En küçük ölçekte morphotektonik analizinin başlangıç noktası, dağ sıraları, havzalar, nehir yatakları, geniş çizgisellikler gibi temel topografik birimlerin profilidir.

Çizgisellik genellikle yapının tipi hakkında fazla bir bilgi vermez. Yapının genişlemesi ve yönelimi hakkında bilgiler verir. Bazı durumlarda, çizgiselliğin her iki kenarında komşu bloklarda, yapının karakteristiğinin elde edilmesine olanak sağlayan özellikler bulunmaktadır. Litolojideki farklılıklar ve/veya çizgiselliğin her iki tarafındaki kabarmalar fayı ortaya çıkarabilir. “Riedel” kaymalar gibi ikincil yapılanmalar hareketli bölgeleri ortaya koyar. Aktif faylar, alüvyonlu alanların, topoloji ile ilişkilerinin, nehir havzalarının yer değiştirmesinin ve diğer jeomorfolojik unsurların içeriği ile kabul görür.(Dehandschutter, 2001)

2.1.5 Lidar

Bu yöntemde suyun berraklığına bağlı olarak 40–50 metreye kadar ki sığ bölgelerde lazer ışını kullanılarak hızlı ve detaylı ölçme yapılabilmektedir. “Airborne” lazer ile ölçme tekniğinde, üç farklı teknolojinin birleşimi kullanır; Lazer tarayıcı (LIDAR - rugged compact laser rangefinders), yüksek doğruluklu Inersiyal Navigasyon Sistemleri (INS) ve GPS (Global Positioning System). Küçük bir helikopter veya uçağa yerleştirilen bu tür sistemlerle, uçuş yolu altında kalan alanın sayısal topografik haritasının hızlı bir şekilde çıkarılması mümkün olmaktadır Şekil 2.5.



Şekil 2.5. “Airborne” Lazer Ölçme Tekniği ve SAM

“Airborne” lazer ile ölçme tekniğinde uçuş şartları uygun olması halinde yirmi dört saat ölçüm yapılabilir. Bu yöntemle, bir saatlik ölçme sonunda geometrik olarak referanslandırılmış 10,000,000’den fazla, yüksekliği ve konumu bilinen nokta elde etmek mümkündür. İstenirse, 1 metre veya daha sık aralıklarla üç boyutlu Sayısal Arazi Modeli oluşturulabilir. Günümüzde bin kilometre karelik bir alanın Sayısal Arazi Modeli (SAM) verisi, 12 saatten daha az sürede elde edilebilmektedir. Kıyı çizgisi gibi 500 kilometrelik bir koridor, bir çalışma sabahı ölçülebilir ve diğer gün sonuçlar elde edilebilir. Uçaktan yapılan ölçmelerde su yüzeyinin ışık ışınları üzerinde olumsuz etkisi görülür. (Kalkan vd., 2005)

En fazla 60 metre derinlikte 15 cm’ye kadar doğruluk sağlar. (<http://www.noaa.gov/> [1])

2.2 Çok Yönlü Sonar ile Derinliklerin Ölçümü

Otomatik Veri Toplama Sistemleri, genel olarak “Hidrografik Donanım” ve “Hidrografik Yazılım” olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır



Şekil 2.6. Çok yönlü sonar ile derinlik ölçümü donanımı (Simrad Kullanma Klavuzu [2])

Hidrografik Donanım

- Diferansiyel GPS Alıcı (+ Modem)
- Çok Yönlü Sonar
- Çok Yönlü Sonar İşlem Ünitesi
- Geminin Hareketlerini Algılayıcı

- Gemi Hareketlerini Belirleyen RTK GPS Sistemi
- Jiroskop

Hidrografik Yazılım

- Seyir Planlama ve Kontrol Yazılımı
- Gerçek Zamanlı Derinlik Verisi Toplama Yazılımı
- Veri İşleme Yazılımı

Ticari yazılımlara örnek olarak ELAC HDP 4061, CARIS, COASTAL OCEANOGRAPHICS, EIVA, QPS, ROXAR, CARAIBES verilebilir.

2.2.1 Hidrografik Donanım

Çok Yönlü Sonar: Bölüm 2.1.3.2 de sunulmuştur. Şekil 2.3’de çeşitli sonar örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 2. 7. Çeşitli sonar örnekleri

Geminin Batma-Çıkma Hareketlerini Algılayıcı: Geminin hızına bağlı meydana gelen kabarmanın ölçüme etkisini gidermek için kullanılan algılayıcı alettir.

Geminin Yalpa Hareketlerini Algılayıcı: Geminin hareketi sırasında sağa –sola, öne-arkaya yalpalanmasını algılayarak hataların giderilmesini sağlayan donanımdır. Şekil 2.8



Şekil 2.8. Geminin hareketini algılayıcı sistem

Gemi Hareketlerini Belirleyen RTK GPS Sistemi: Hidrografik ölçümler için RTK GPS ile gerçek deniz seviyesini belirlemek önemli bir konudur. RTK GPS, geminin suya batma, yanal yalpa, hıza bağlı kabarma gibi hareketlerinden doğan hatalardan ölçümleri arındırmak için kullanılır.

Geminin Yatay Konumunu Belirleyen DGPS sistemi: Tüm çalışmaların esası, anlık konum bilgisinin alınmasına dayanır. Ancak kara çalışmalarında olduğu gibi belirli bir yerde sabit durarak konum almak olanaksız olduğundan, hareket halindeyken konum bilgisini istenen hassasiyette almak ve bu bilgiyi, yapılan iş için gerekli diğer ekipmanlardan gelen veriyle birlikte senkronize ederek birleştirmek deniz çalışmalarının ana konusudur.

GPS sistemleri ile çalışmada ise teknede bulunan GPS'den gelen konum verisi aynı şekilde bilgisayardaki yazılıma aktarılmakta ve diğer verilerle senkronize edilmektedir. GPS ile elde edilecek olan konum hassasiyeti GPS ölçme tekniğine bağlıdır. Bu tür çalışmalarda Diferansiyel GPS tekniği tercih edilir.

Sabit alıcılardan elde edilen koordinat düzeltmeleri, radyo dalgaları ile gemi üzerindeki gezici alıcıya iletilir. Gezici alıcı bu düzeltmeleri kullanarak, geminin bulunduğu noktanın yatay koordinatlarını eş zamanlı olarak belirler.

Jiroskop: Nesnelerin üç boyutlu ortamda doğrultularını ve iki eksene olan açılarını tespit etmeye yarayan araçtır. Sürekli manyetik kuzey ölçülebilir. Bu yöntemde manyetik kuzey ile gerçek kuzey arasındaki farkın bilinmesi gereklidir. Bu sistem oldukça pahalı, büyük ve her çalışılan yer için kalibrasyon gerektirir. Jiroskoplar, yalpalık sistemleri ile birlikte uçaklar, gemiler, silahlar, uzay mekikleri ve benzeri sabit düzlem ve dengeye ihtiyaç duyan sistemlerde kullanılmaktadır.

2.2.2 Hidrografik Yazılım

Seyir Planlama ve Kontrol Yazılımı: Çalışma esnasında, tekneyi kullanan kaptana planlanan hatlar üzerinde gidip gitmediğini görsel ve sayısal olarak sürekli bildiren ve/veya varsa teknenin otomatik pilotuna kumanda ederek, planlanan hat üzerinde kalmasını sağlayan, navigasyon yazılımıdır.



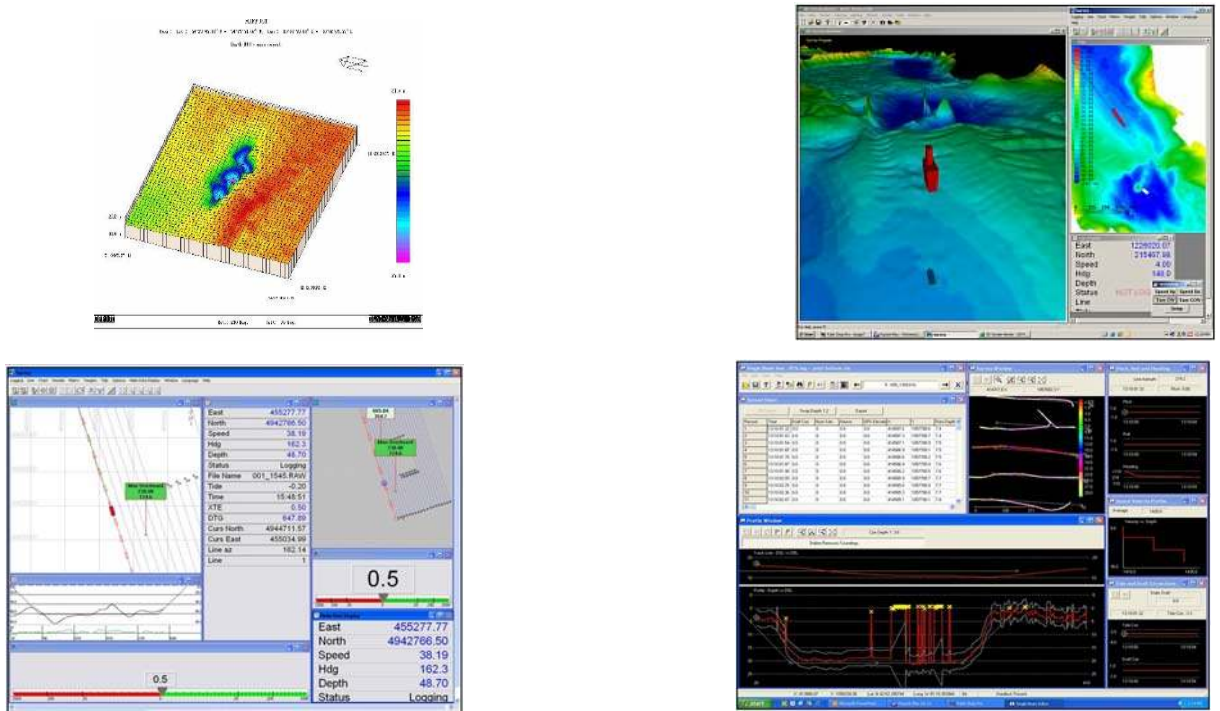
Şekil 2.9. Geminin seyir planlama ve kontrol yazılımı

Gerçek Zamanlı Derinlik Verisi Toplama Yazılımı: Deniz çalışmalarında, tüm cihazların birbirleri ile senkronizasyonunu sağlayan, konum ve derinlik bilgilerini kayıt eden, gerçek zamanlı derinlik profillerinin çizimi; ölçmeler yapılırken, bilgisayar ekranında ölçme profilleri, ses hızının ölçülmesi, kendinden kayıtlı cihazlara kendi kayıtlıklarına göre konum ve zaman verilerini gönderen yazılımdır.

Bu programların en önemli işlevi bağlanan cihazların senkronizasyonunu sağlamaktır. Bunun için GPS tarafından üretilen 1PPS (pulse per second) sinyali, tüm cihazların, aynı anda veri göndermesini sağlar. Bilgisayar portuna gelen bu verilerin porta ulaşma zamanı ve birbirlerinden olan farkları zamansal olarak ölçülür ve karşılıklı eşleştirilir. Bu şekilde tekne hızının fazla olduğu şartlarda bile senkronizasyon sağlanabilmektedir. Ancak prensip olarak her tür çalışmada tekne hızının 5 knot'u (Mil/saat) aşmaması gerekir. Bunun bir nedeni de, arkadan kablo yardımı ile çekilen algılayıcıların tabandan olan yüksekliğinin, hızla doğru orantılı olarak artmasıdır.(Alporal, 2005)

Veri İşleme Yazılımı: Toplanan verilerin kontrol edilip, gerektiğinde düzeltilmesi, ses hızı ve su seviyesi düzeltmelerinin yapılması, bu verilerin ekranda görüntülenmesi veya yazıcıdan çıktıların alınması, ölçülmüş değerlerden profil kesitlerinin çizilmesi, hacim hesapları,

hidrografik haritaların hazırlanması işlemlerinin gerçekleştirilebildiği yazılımlardır.



Şekil 2.10. Derinlik verileri işleme yazılımları

2.2.3 Koordinatların Hesaplanması

GPS ile çalışmalarda, teknedeki alıcının doğru konum elde etmesi için çeşitli yöntemler kullanılabilir.

1- Çalışılan bölgede koordinatı bilinen bir nokta ile, o bölgedeki WGS84 ile kullanılan datum ve projeksiyon arasındaki dönüşüm parametreleri bulunuyorsa, baz vericinin bu nokta üzerine kurulması ve teknedeki navigasyon yazılımına gerekli dönüşüm parametrelerinin girilmesi yeterlidir.

2- Çalışılan bölgeye ait koordinat sisteminin WGS84 koordinatları ile dönüşüm parametreleri bilinmiyorsa, kıyıda koordinatı bilinen en az 4 noktadan GPS ölçmeleri yapılarak dönüşüm parametreleri elde edilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, yapılacak deniz ölçme alanının kıyıdan olan uzaklığının en az yarısı kadar kenar boylarına sahip noktaların düzgün bir ağ oluşturabilecek olanlarının seçilmesidir. Bu noktaların dağılımının kıyıya paralel olması tercih edilmelidir.

Ancak tekne üzerinde GPS anteninin bulunduğu yerin koordinatlarında, tekne hareketlerinin etkisi bulunmaktadır. Bu etkileri en aza indirmek için tekne hareketlerini sayısal değerlere

çeviren cihazlar kullanılır. Tam bir navigasyon çözümü için aşağıdaki değerlerin bilinmesi gereklidir.

Bulunulan yerin koordinatları, o andaki teknenin yanal ve boyuna olan hareketinin açı değeri, teknenin gittiği yönün kuzey ile yapmış olduğu açı .

Bu bilgiler tekne üzerine konulan geminin boyuna hareketi ve geminin yanal hareketi algılayıcılarından alınarak, GPS ile elde edilen koordinatlara anında etki ettirilir.

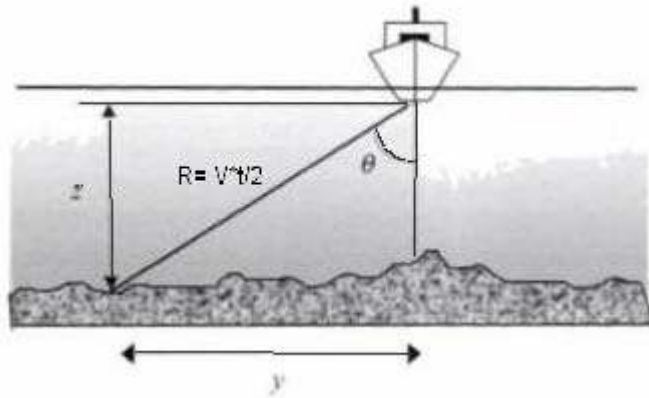
Ancak elde edilen bu değerler teknenin kendi relatif koordinat sistemine göredir. Bu değerleri gerçek koordinatlara dönüştürebilmek için teknenin kuzey ile yapmış olduğu açının da ölçülmesi gereklidir. Bu açının ölçülmesi ile ilgili üç farklı yöntemden bahsedilebilir. Jiroskop veya RTK GPS kullanarak bu ölçümler yapılır (Alporal, 2005).

Çok yönlü sonar ile yapılan derinlik ölçümlerinin temel prensibi açı ve zamanın birlikte kestirimidir. Her çift (t, θ) bir derinlik ölçümünün konumunun hesaplanması için kullanılır.

Tüm su tabakaları içinde ses hızının sabit, akustik yolun doğrusal olduğu düşünülürse $R = V * t / 2$ ve sonarın konumu orjin olarak seçildiğinde ölçüm noktasının koordinatları (y, z)

$$y = R * \sin \theta = \frac{V * t}{2} * \sin \theta \quad (5)$$

$$z = R * \cos \theta = \frac{V * t}{2} * \cos \theta \quad (6)$$



Şekil 2.11. Ses dalgalarıyla derinlik ölçme prensibi

En gerçekçi ve karmaşık durum derinlikte hız değişimidir, akustik yol geometrik ışın izleme yazılımıyla yeniden oluşturulmak zorundadır. Bir ışın açısına bağlı olarak harekete başlar ve su kolonları içinde bir zaman fonksiyonu olarak ilerler. Hesaplanan değer ölçülen değere eşit

olunca hesaplama durdurulur, ışının tam olarak nokta koordinatları bulunmuş olur.

Sonarın konumu ölçümler için referans olur. Derinlik ve coğrafi koordinat arasında ilişki kurmak ve açı düzeltmeleri yapmak için platformun hareketi ve konumu anlık olarak bilinmek zorundadır. Sonar sinyalleri, navigasyon sistemi ve hareket sistemi bunları sürekli kayıt eder.

(t, θ) çiftini ölçmek için çeşitli yöntemler vardır. İki yaklaşım en çok benimsenmiştir:

- Belirli bir açısal doğrultu için, doğrultudan sinyalin varış anını aramak. Bu durum; sinyal zaman zarfının maksimum genlik anının veya iki “subarray” de alınan sinyalin sıfır faz fark anının kestirimi ile elde edilir.
- Belirli bir an için, matrislerde sinyalin varış açısının kestirilmesi. Doğrultu, iki alıcıda alınan sinyalin faz farkı ölçülerek veya fark açı doğrultularında bir çok ışın üretilerek maksimum genlikli doğrultunun araştırılması yoluyla elde edilir.(Lurton, 2002)

2.3 SRTM Yükseklik Verileri

Amerikan, İtalyan ve Alman araştırma merkezlerinin ortak katkılarıyla radar interferometri tekniği kullanılarak dünyanın uzaydan üç boyutlu haritasının çıkartılması amacıyla SRTM mekiği, 11 Şubat 2000 tarihinde yörüngeye yerleştirilmiş ve 11 gün süren misyonunu 22 Şubat 2000 tarihinde başarıyla tamamlamıştır.

Yükü 13.600 kg (13.6 ton) ve anten direği 60 metre (kalkışta ve inişte 3 metreye küçülebiliyor) olarak bildirilen mekik için, C-bant ve X-bant IFSA radar sistemleri (interferometric synthetic aperture radar) kullanılmıştır. Dünya yörüngesinde günde 16 tur, 11 günde toplam 176 tur atmış ve ortalama 7.5 km/sec. (27.000 km/saat) hız yaparak, 60 derece Kuzey ve 54 derece Güney enlemleri arasındaki kara parçalarını ortalama 233 kilometre uzaklıktan taramıştır. Böylece yeryüzündeki kara parçalarının %80'inin verileri kayıt edilmiş olup. 16 metre mutlak, 10 metre göreceli yükseklik doğruluğuna ve 20 metre mutlak yatay dairesel doğruluğa sahip veriler elde edilmiştir (URL-1, 2007).

SRTM uydu verisinden elde edilen SYM'ler, ABD dışındaki ülkelerde 90 m (3 arcsecond) grid aralıklı olarak internetten indirilebilmektedir. Bu veriler, ABD içinde daha iyi sonuç verebilen 30 m'lik grid aralığında alınabilmektedir. Tüm dünya için yakın gelecekte 30 m' lik verilerinde serbest bırakılması beklenmektedir.(Ayhan vd., 2007)

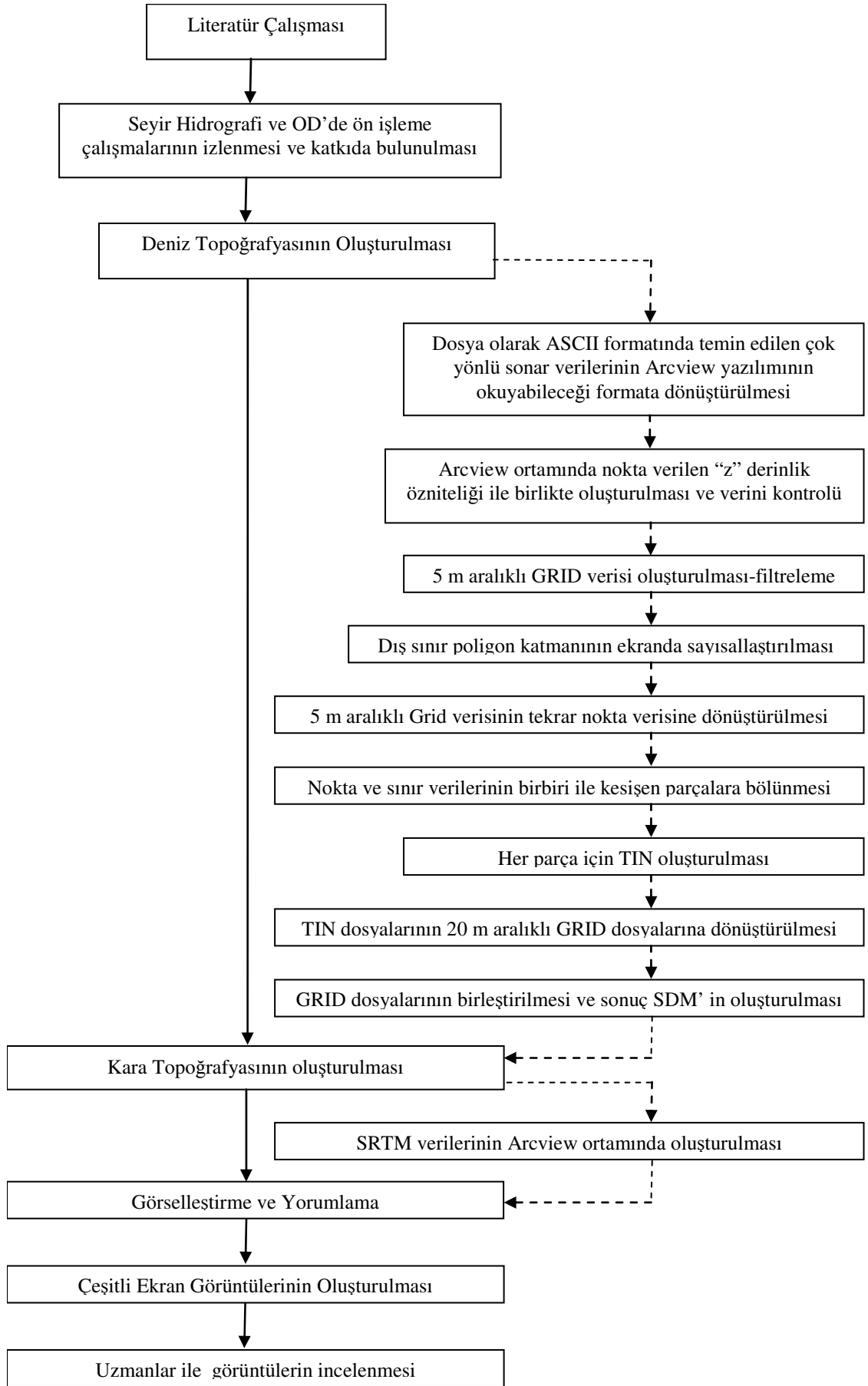
3. Uygulama

Bu çalışmada çok yönlü sonar ile toplanmış Büyükçekmece-Tuzla arası veriler ile deniz topoğrafyasının oluşturulması (SDM) ve kara topoğrafyası (SYM) ile de birleştirilerek görsel olarak topoğrafyanın yorumlanması amaçlanmıştır.

3.1 Metodoloji

Çalışmanın amacına ulaşması için aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

- Literatür araştırması: Yapılan literatür araştırması ikinci bölümde sunulmuştur.
- Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığında (SHODB) ön işleme çalışmaları izlenmiş ve katkıda bulunulmuştur.
- Deniz topoğrafyasının oluşturulması: 1683 dosya olarak ASCII formatında temin edilen çok yönlü sonar verileri Arcview yazılımının okuyabileceği formata dönüştürülmüştür. Arcview ortamında nokta verileri “z” derinlik özneliği ile birlikte oluşturulmuş ve veri kontrol edilmiştir. Verileri filtrelemek amacıyla 5 metrelik gridler oluşturulmuştur. Veri kümesinin dış sınır poligon katmanı ekranda sayısallaştırılmıştır. 5 metre aralıklı grid verisi tekrar nokta verisine dönüştürülmüş ve sınırları birbiriyle kesişen nokta kümelerine bölünmüştür. Her parçadan Düzensiz Üçgen Ağı (TIN) oluşturulmuştur. TIN dosyaları 20 metre aralıklı GRID dosyalarına dönüştürülmüştür. GRID dosyaları birleştirilmiş ve SDM oluşturulmuştur.
- Kara Topoğrafyasının oluşturulması: SRTM verilerinden Arcview ortamında hazırlanmıştır.
- Görselleştirme ve yorumlama: Çeşitli ekran görüntülerinin oluşturulmuş, uzmanlar ile bu görüntüler incelenmiştir.



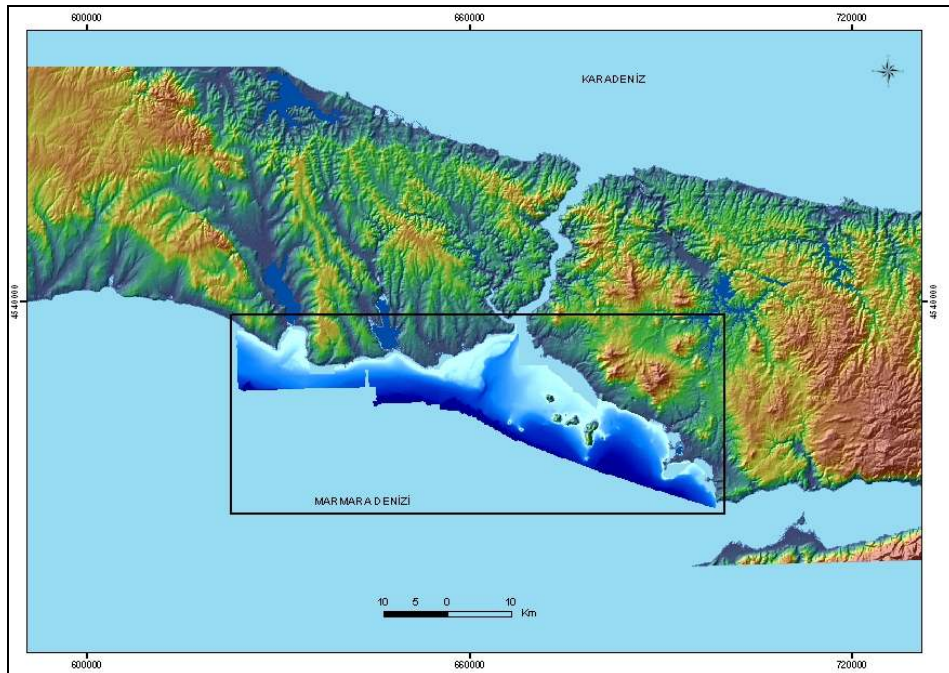
Şekil 3.1. Uygulama akış şeması

3.2 Çalışma Alanı

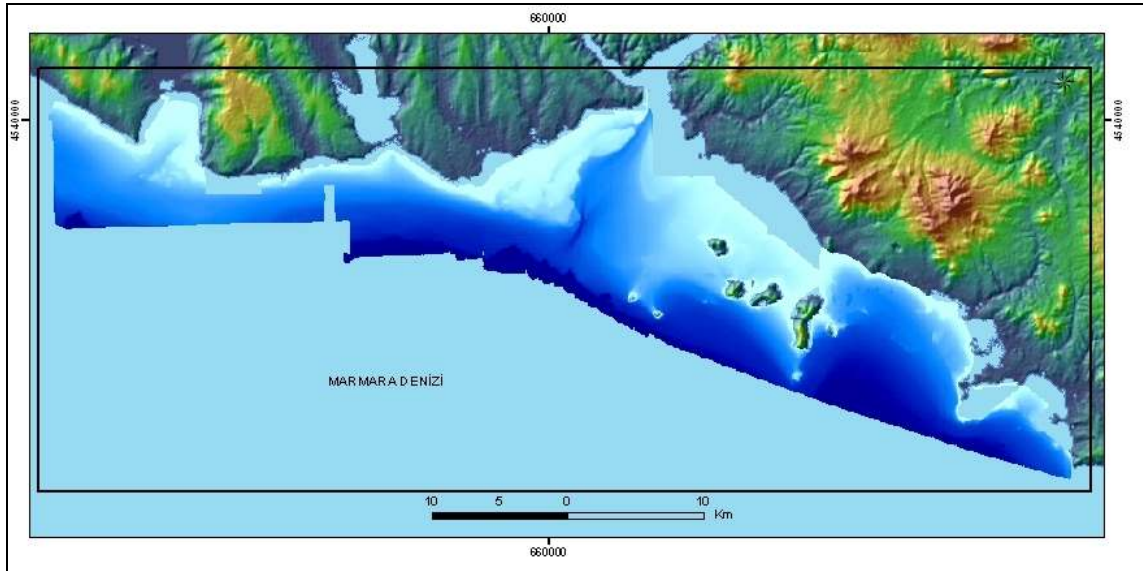
Çalışma alanı Marmara Denizinin Tuzla-Büyükçekmece arasındaki bölgedir. Coğrafi konum olarak; 28° 28' ve 29° 21' Doğu Boylamaları, 40° 44' ve 41° 1' Kuzey Enlemleri arasında yer almaktadır. Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4



Şekil 3.2. Çalışma alanının Türkiye sınırlarına göre konumu



Şekil 3.3. Çalışma alanının Marmara bölgesi içindeki konumu



Şekil 3.4. Çalışma alanı

3.3 Veri Toplama

Çalışmada SHODB tarafından toplanmış batimetrik veriler kullanılmıştır. SHODB, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nın Seyir, Hidrografi ve Oşinografi hizmetlerini karşılamak amacıyla kurulmuş olup, yine bu alanlarda kanunlar ve talimatlar uyarınca tüm denizcilere, sorumluluğundaki deniz alanında hizmet vermekte, ulusal ve uluslararası organizasyonlarda bu konuda Türkiye'yi temsil etmektedir (SHOD, 2004).

Çalışmada kullanılan veriler 2003–2005 yılları arasında MESAHA 1 Gemisi ile ve SeaBeam 1180 çok yönlü sonarı ile toplanmıştır.

3.4 Ön işleme

Ön işleme aşaması SHODB'de gerçekleştirilmiştir. Elac HDP 4061 programı Hdp Edit modülü kullanılmıştır.

Programda çalışılacak dosya yani hat seçilip, dosyadaki her ışın demetinin izdüşümü ekrana getirilip, incelenmiştir.

Sistemde derinlik verileriyle çalışıldığı için izdüşümler koordinat sisteminin altında ekrana gelir. Noktalar dizisinde aykırı olanlar belirlenerek bunların devam eden demetlerdeki konumuna bakılmıştır. Devamlılık olmaması durumunda nokta silinir.

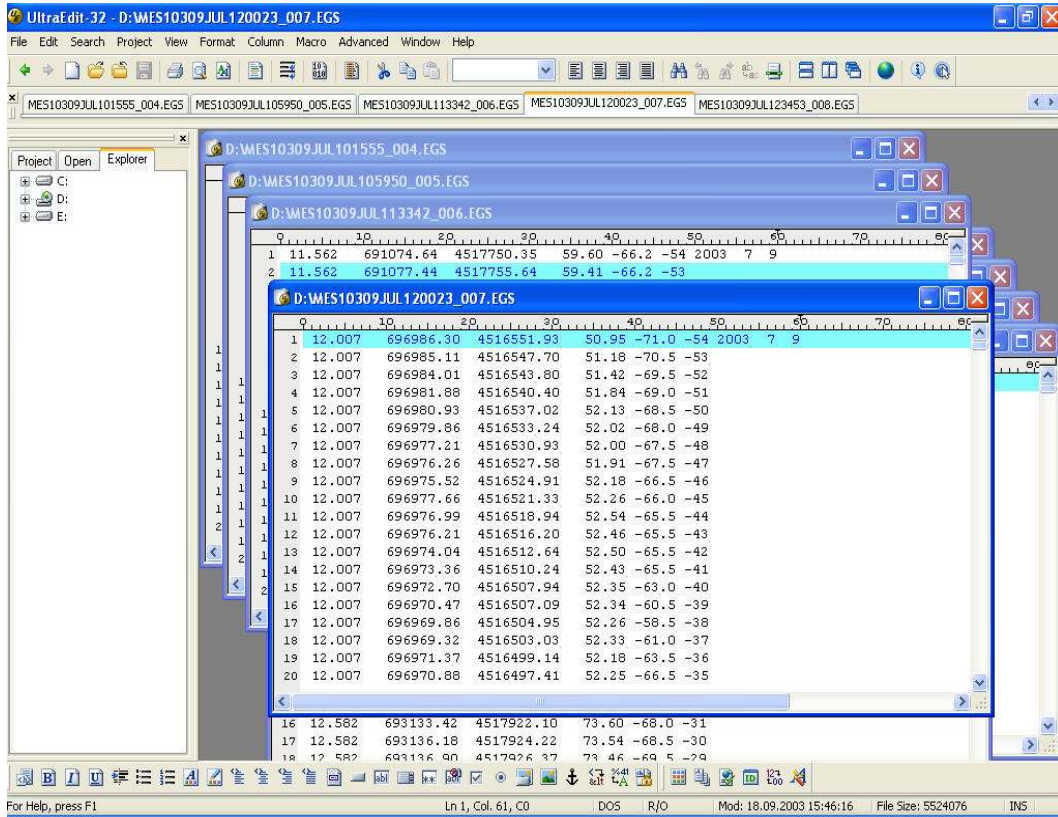
İstenirse demetlerin genel durumdan hattın neresinde olduğu takip edilebilir.

Bu işlemlerin ardından suyun seviyesi, gelgit etkisi, tuzluluğu, basıncı, sıcaklık değeri verileri sisteme girilmiştir.

3.5 CBS Ortamında Deniz Tabanı Yüzeyinin Oluşturulması

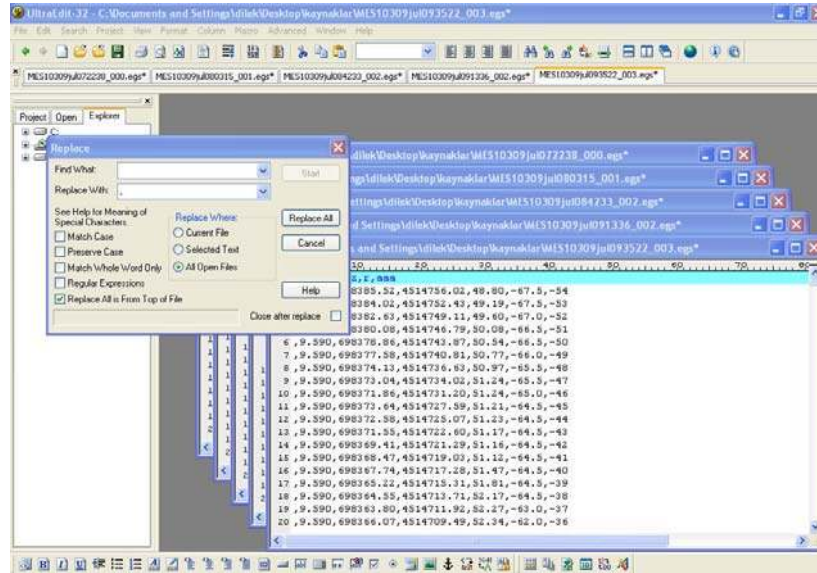
SHODB’ de kullanılan programdan dosyalar ıra, egş gibi iki değışik uzantı ile ASCII haline dönüştürölmektedir. “ıra” uzantılı dosyalarda “intensity/reflectivity-yansıma” değeri yoktur. Bu çalışmada egş uzantılı dosyalar kullanılmıştır. Egş uzantılı dosyalar her nokta için 6 çeşit veriyi içerir. Dosyanın 2. ana kolonu bir noktanın x, 3. kolon y, 4. kolon z koordinatları, 5. de noktanın yansıma değeri ile ilgili veriyi içermektedir.

Egş uzantılı dosyalar kullanacağımız programa uygun olmadığı için. txt formatına çevrilmiştir. Dönüşüm işlemleri UltraEdit programı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3.5



Şekil 3.5. Dosyaların Ultraedit programında görünümü

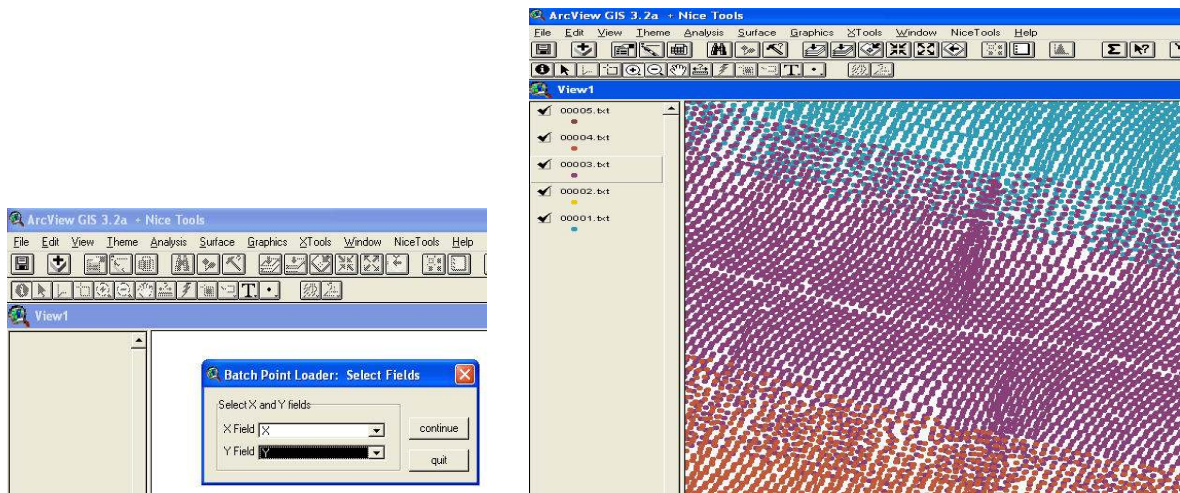
Dosyada veriler bir boşluk, veri, üç boşluk, x, iki boşluk, y, üç boşluk, z, bir boşluk, yansıma, bir boşluk, veri (nokta no) şeklindedir. Dosyalarda boşluklar virgüle dönüştürölerek, kolonların isimleri ilk satıra yazılmıştır



Şekil 3.6. Dosyaların Ultraedit’te düzenlenmesi

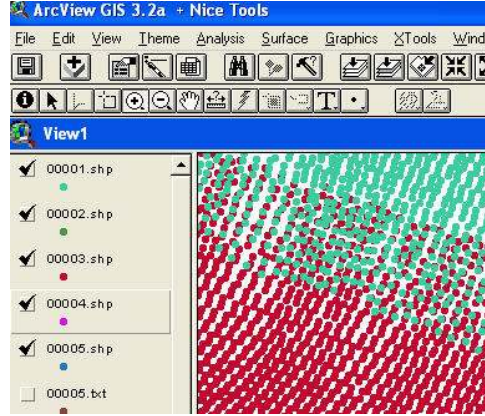
Bu çalışmada verileri işleme aşmasında Arcview 3.2. CBS yazılımı kullanılmıştır. Nokta verilerinden Delaunay üçgenleme algoritmasını kullanarak TIN oluşturabilmek için öncelikle “shape” formatında grafik nokta dosyası oluşturulması, sonrasında ise bir dış sınır poligon dosyası oluşturmak gereklidir.

1683 adet dosyayı grafik hale dönüştürmek için “Batch point loader” hazır script’i kullanılmıştır. Şekil 3.7



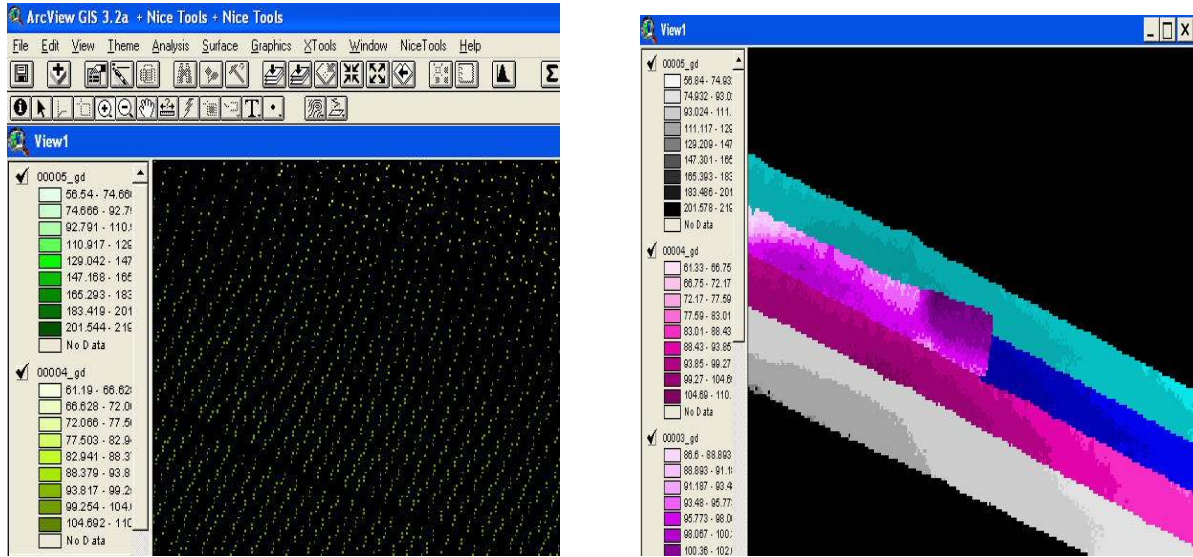
Şekil 3.7. Dosyaların Arcview.3.2. programında açılması

Shape formatına dönüşüm işlemi için “X Tools script” menüsünden “Batch import active theme to shape file” seçilerek yapılmıştır. Şekil 3.8



Şekil 3.8. Dosyaların shape formatına dönüştürülmesi

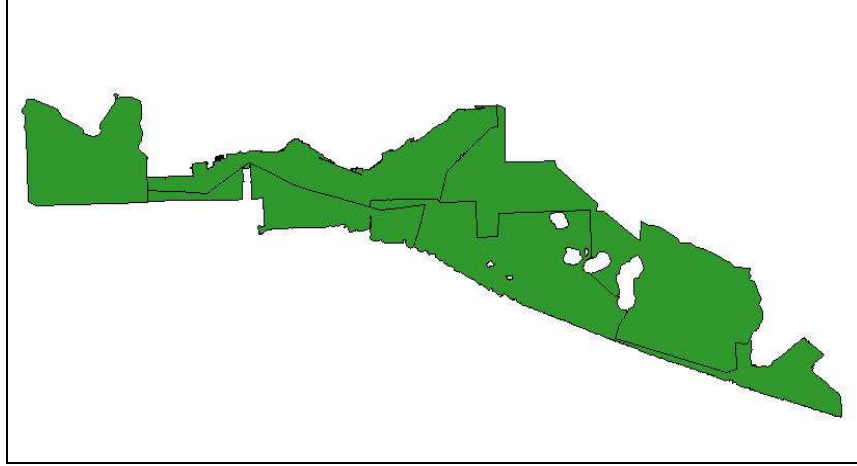
Gemiyle toplanan veriler düzenli değildir. İki hat boyunca üst üste gelen noktalar olduğu gibi noktalar arasındaki mesafeler de eşit değildir. Verileri düzenli bir yapıya sokabilmek için 1 metrelik gridler oluşturularak filtrelemek, uygulanabilecek yöntemlerden biridir. 1 m denenmiş ancak program ve bilgisayar kapasitesi yetmediğinden 5 m lik GRID lere veri dönüştürülmüştür. Bu işlem için “ftheme2gthemebatch.ave scripti” kullanılmıştır. Şekil 3.9



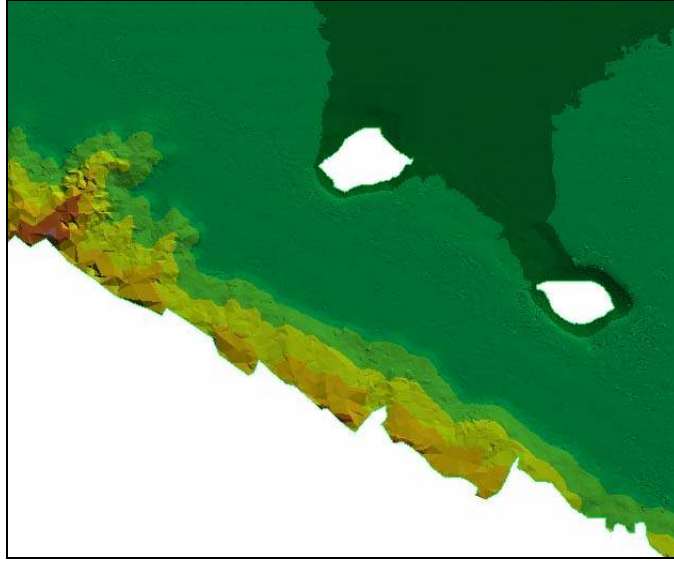
Şekil 3.9. Dosyaların 5 m lik GRID lere dönüştürülmesi

Elimizdeki her dosya geminin gittiği bir hat boyunca toplanan verileri içerir. Aynı işlemleri her dosya için uygulamak, aynı özelliklerde sınıflandırma yapmak hem zaman kaybına neden olur hem de bir bütünlük sağlanmasına olanak vermez. Deniz tabanı modelini oluşturabilmemiz için bu veriler bir dosyada toplanmalıdır, bu sebeple dosyalar birleştirilmiştir. Birleştirme işlemi için “Grid PIG Tools” scripti kullanılmıştır. Gridleri birleştirmek için iki seçenek mevcuttur “mosaic grids” ve “merge grids” “Mosaic grids” ile hücreye denk gelen verilerin ortalaması alınarak hücrenin yeni değeri hesaplanır. “Merge grids” de ise ilk seçilen dosyadaki değer kabul edilir. Hatların çakışan kısımlarındaki verilerin ortalamalarını kullanmak istediğimiz için menüden “mosaic grid” komutu kullanılmıştır.

Oluşan gridlerden .txt dosyaları üretilip, .txt dosyalarından yeniden “shape” dosyaları üretilmiştir. “Shape” dosyaları ve ekranda sayısallaştırılan sınır poligonu verisi ile TIN verisi oluşturulmuştur. Şekil 3.10 ve 3.11



Şekil 3.10. Ekranda sayısallaştırılan sınır poligonu



Şekil 3.11. Oluşturulan TIN'nin bir bölümü

TIN' den 20 m lik grid verisi oluşturulmuş, gridler birleştirilmiş ve TIN verisinin ağırlığından dolayı daha çok bu dosya kullanılmıştır.

Derinlik verisi toplandığı halde verilerde negatif olduğunu belirten bir işaret yoktur. CBS yazılımının içerdiği bir komut sayesinde yükseklik değerleri negatife dönüştürülmüştür. Dönüşüm işleminin yapılmaması durumunda oluşan modelden yanlış sonuçlar ortaya çıkar; tepelerin çukur çukurların tepe gibi modellenmesine neden olur.

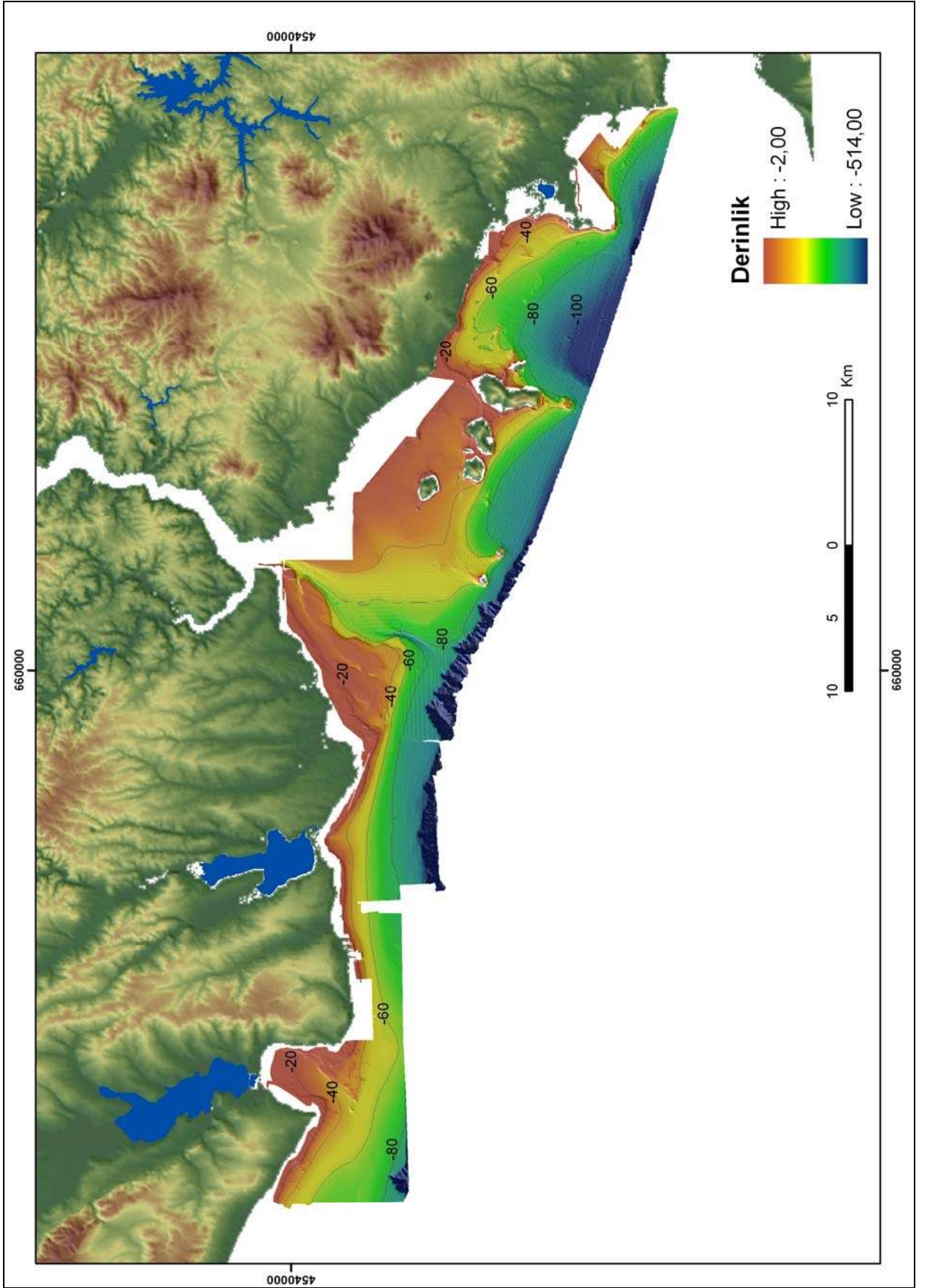
3.6 SRTM Verilerinden SAM Oluşturma

SRTM görüntüleri internetten indirilmiştir. 90x90 m piksel boyutlarında UTM 6 derecelik dilim WGS84 datumundadır ve .tif formatındadır.

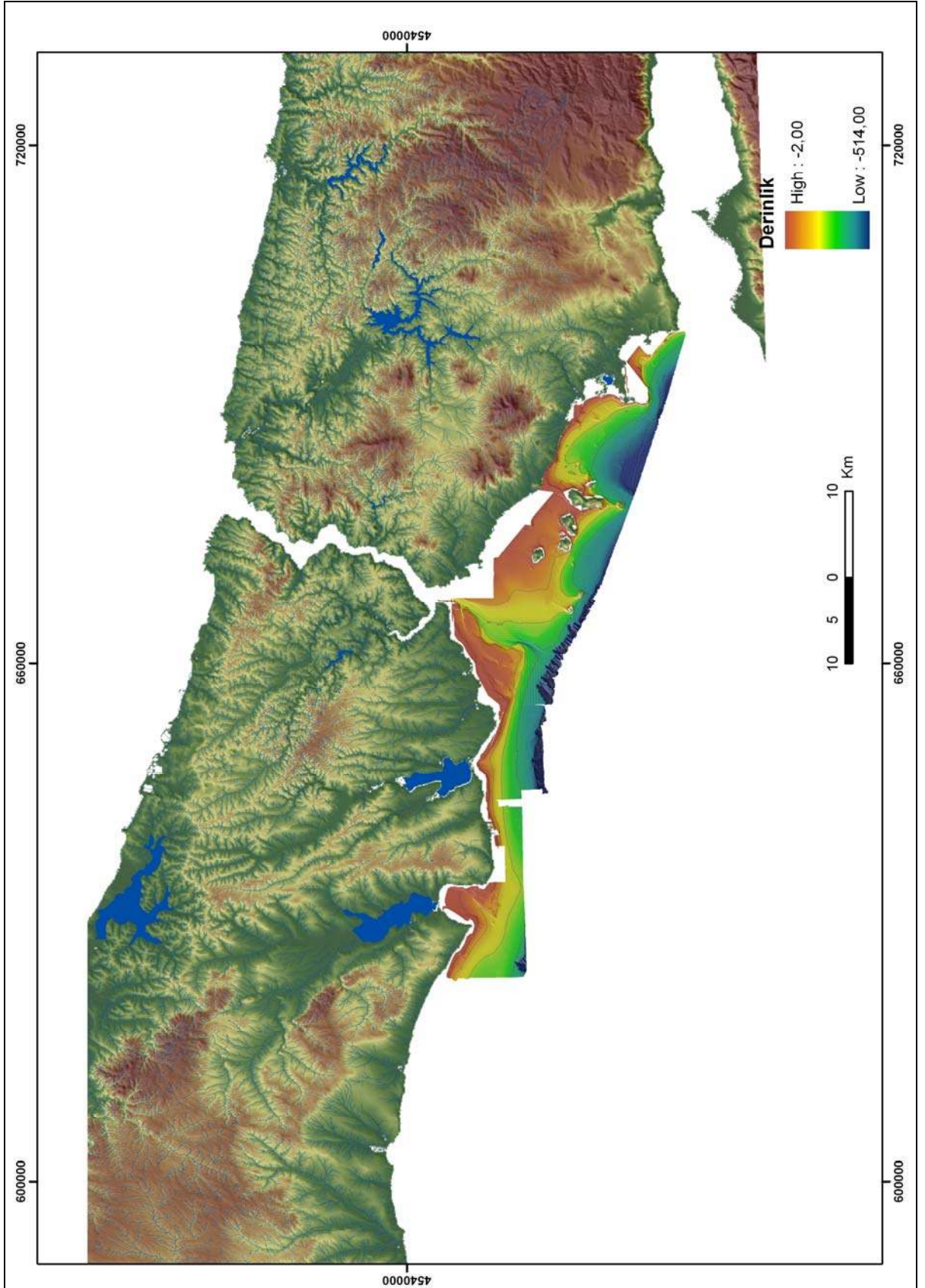
Görüntüler Arcview3.2'de açılarak gride dönüştürülmüş ve hazırlanan derinlik modeline devamlılık sağlamak amaçlı kullanılmıştır.

3.7 Veri Entegrasyonu ve Görsel Ürünlerin Üretilmesi

90mx90m SRTM görüntüleri ile oluşturulan İstanbul'un modeli, çok yönlü sonar ile toplanmış derinlik verilerinden 20mx20m hazırlanan Tuzla-Büyükçekmece sahili civarının modeli ArcMAP'te açılmıştır. Derinliğe göre renklendirme yapıp, yükseklik eğrileri çizilerek son hali hazırlanmıştır.



Şekil 3.12. Oluşturulan Sayısal Derinlik Modeli (yükseklik eğrileri ile birlikte gösterilmiştir)



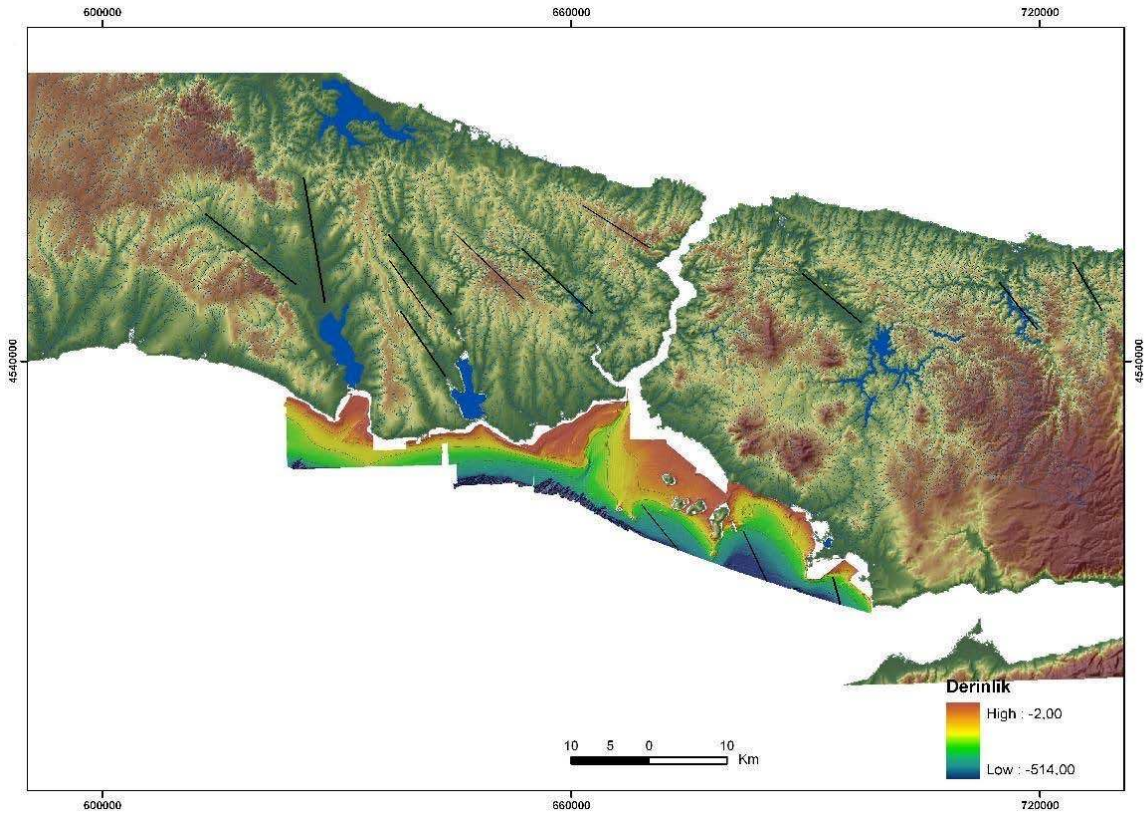
Şekil 3.13. Oluşturulan Sayısal Derinlik Modeli (İstanbul'daki dereler ile birlikte gösterilmektedir)

3.8 Yorumlar ve Bulgular

Çalışma sonunda elde edilen ürünler Doç. Dr. Erkan GÖKAŞAN ile yorumlanmıştır.

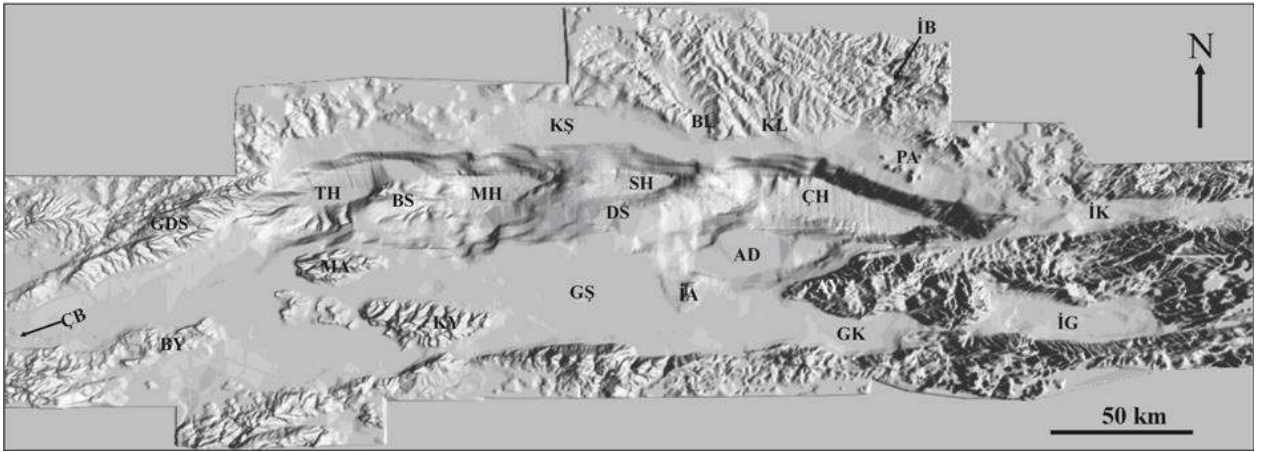
Çalışma alanı Büyükçekmece ve Küçükçekmece lagünleri, Prens adaları morfolojik oluşumlarını kapsamaktadır.

Elde edilen SDM'den çizgisellikleri ortaya çıkaracak çeşitli görsel yorumlamalar yapılabilmektedir.(Şekil3.14)



Şekil 3.14. Oluşturulan Sayısal Derinlik Modelinde gözlemlenen bazı çizgisellikler

Prens Adalarının güneyinde görülen çizgiselliğin karada görünenlerle aynı yönde devam ediyor olduğu gözlenmiştir. Bu bulgu fay hatlarının kırılmasını yorumlamada yol gösterici bir bilgidir.



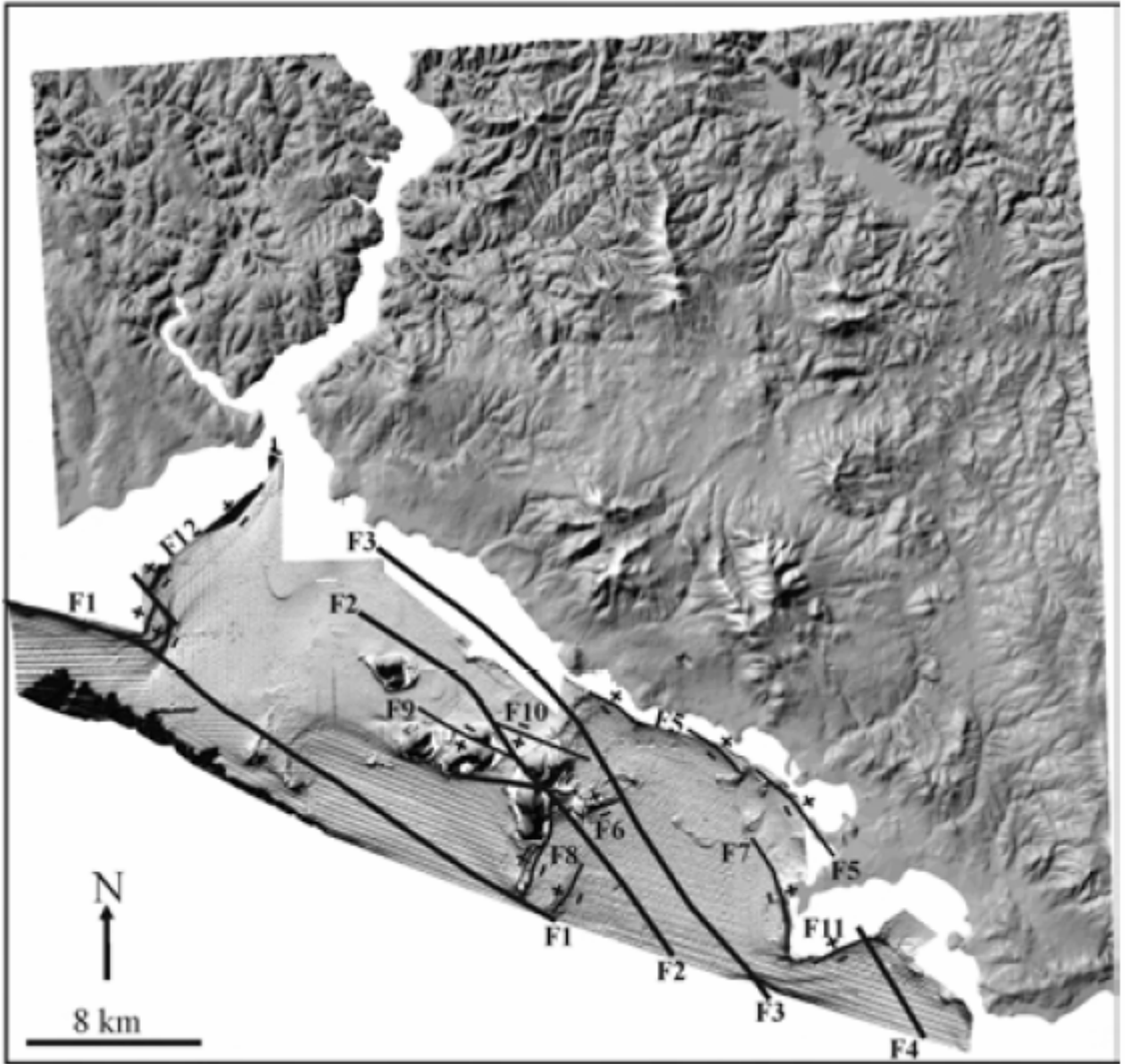
Şekil 3.15. Marmara Denizi morfolojik yapılarını gösteren bir çalışma (Gazioğlu vd., 2002).

Şekil 3.15. in açıklaması: İB, ÇB=İstanbul ve Çanakkale Boğazları, BL, KL=Büyükçekmece ve Küçükçekmece Lagünleri PA=Prens Adaları, İA, MA =İmralı ve Marmara Adaları, KŞ, GŞ =Kuzey Güney Şelfler, İK, GK =İzmit ve Gemlik Körfezleri, KY, AY, BY=Kapıdağ, Armutlu ve Biga Yarımadaı, AD=Armutlu Düzlüğü, TH, MH, SH, ÇH =Tekirdağ, Merkez, Silivri ve Çınarcık Havzaları, BS, DS =Batı ve Doğu Sırtları, İG=İznik Gölü.

Marmara Denizi boyunca Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile ilgili olarak yapılan çalışmalara genel olarak bakıldığında; bu alanda elde edilen sismik, morfolojik ve sismolojik veriler, Marmara Denizi Batı parçası boyunca fayın, Ganos fayı olarak bilinen tek bir ana kırıkta oluştuğunu işaret etmektedir. Bu sonuç günümüzde hemen tüm bilim adamları tarafından da kabul görmektedir. Benzer veriler KAFZ'nun İzmit Körfezi içerisinde de, körfezin yaklaşık orta eksenini boyunca kesen ve İzmit Fayı olarak adlandırılan tek bir fay zonu olarak Çınarcık Havzası'na kadar devam ediyor olduğunu göstermekte ve bu fay ile ilgili yine hemen tüm araştırmacılar benzer görüşler öne sürmektedirler (Gülbüz vd., 2000; Okay vd., 2000; İmren vd., 2001; Gökaşan vd., 2001; 2003; Le Pichon vd., 2001; Gazioğlu vd., 2002; Kuşçu vd., 2002; Şekil 6, 9). Ancak, fayın Çınarcık Havzası içerisindeki geometrisi, bu havza boyunca kaç kola ayrıldığı, ana fayın havzanın yamaçları boyunca izlenen çizgiselliklerden hangisini izlediği ve hangi kolun Ganos ile Büyükçekmece arasında uzanan fayın batıdaki uzantısı ile birleştiği soruları ise, bilim adamları tarafından halen tartışılmakta olan ve birbirleri ile önemli derecede farklılığa sahip çözümlerin önerildiği problemlerdir.

Marmara Denizi tabanının, SHODB tarafından toplanan çokyönlü sonar ile toplanan batimetrik verinin morfo-tektonik açıdan ayrıntılı değerlendirilmesi sonucunda, derin çanağın kuzey ve güney yamaçları arasındaki önemli farklılıklar belirlenmiştir (Gazioğlu vd. 2002).

Yamaçlar arasında morfolojik açıdan ilk göze çarpan farklılık, kuzey yamacın güneye göre çok daha yüksek eğim değerlerine sahip oluşudur. Kuzey yamacın da kendi içerisinde yüksek eğimli ve doğrusal yamaçlar ve göreceli daha düşük eğimli ve içbükey yamaçlar olmak üzere iki farklı morfolojik guruba ayrıldığı yine bu inceleme ile ortaya çıkarılmıştır. Bu durumda morfolojik açıdan daha genç şekillenmelere sahip olduğundan dolayı, Çınarcık Havzası'nın kuzeyindeki dik ve doğrusal yamacın diğer içbükey yamaçlara oranla yeniden işlenmiş bir yüzeye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Söz konusu doğrusal morfoloji bu yamacın bir doğrultu atımlı fay tarafından kontrol ediliyor olmasının gerektiği düşündürmektedir. Bu yamaç üzerinde 17 Ağustos Depremi ardından oluşan üç artçı depremin doğrultu atımlı fay çözümü vermesi bu morfolojik yorumu desteklemektedir (Örgülü ve Aktar, 2001).



Şekil 3.16. Çalışma alanındaki fay kırıkları. (Tur, 2007)

Şekil 3.16’da F1-F4 Yanal atılımlı faylar diğerleri normal fayları gösterir. “+” ve “-“ normal fayların tavan ve taban bölgelerini gösterir

4. Sonuçlar

Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde deniz tabanının incelenmesi önemli bir konudur. Deniz tabanı ile ilgili veri toplanması işlenmesi ortam şartlarına bağlı olarak özel çalışma gerektirir. Çalışma alanın su altında olması nedeniyle ölçüm aletleri, yöntemleri buna göre tasarlanmıştır. Su altı derinlik ölçümleri için ses dalgalarını kullanılması en yaygın ve güvenilir yöntemdir.

17 Ağustos 1999 Marmara Depremi ardından yapılan çalışmalar ile Marmara Denizi'nde veri yoğunluğu ve kalitesi önemli bir biçimde arttırılmıştır. Yer yer alınan sismik kesitlerle deniztabanı hakkında kestirimler yapılmaya çalışılırken depremin hemen ardından Dz.K.K. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi tarafından Marmara Denizi Derin çanağı boyunca toplanan çok yönlü sonar verisi sayesinde devamlılık gösteren SDM'ler ile daha gerçekçi kestirimler yapılabilmeye başlanmıştır.

Bu çalışmada çok yönlü sonar ile toplanmış derinlik verileri kullanılarak çalışma alanının sayısal derinlik modelini oluşturmak, gözle tespit edilebilecek çizgisellikler ve morfolojik yapıların ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için, benzer çalışmalar incelenmiş bunlar göz önüne alınarak CBS ortamında yapılacak işlemlere karar verilmiştir. SHODB tarafından toplanmış derinlik verilerinin toplanma koşullarından kaynaklanacak hataları ön işleme aşamasında giderilmiştir. n işleme aşaması için veri toplama sırasında gemide bulunmak ve deneyim sahibi olmak hata yapmamak için önemlidir, aksi halde gerekli bir verinin kaybedilmesine neden olunabilir. Veriler CBS ortamında işlenmiş ve SDM oluşturulmuştur. Elde edilen sonuç ürünlerdeki morfolojik yapı ve çizgisellikler ilgili disiplinlerdeki akademisyenlerin yardımıyla yorumlanmıştır.

Deniz tabanı hakkında doğru yorumlar yapabilmek için karadaki oluşumlar da bilinmelidir. Bu konuda SRTM görüntülerinden faydalanılmıştır. Kara topoğrafyasında dağlar, tepeler, dereler, gller bunların deniz altında devam etmesi ya da taşıdıklarıyla yeni oluşumlar meydana getirmesi durumları da dikkate alınmalıdır.

Çalışma alanını Büyükçekmece, Küçükçekmece lagünleri ve Prens adaları morfolojik yapılarını kapsamaktadır.

Çalışma alanında görülen bazı çizgiselliklerin karada da devam ettiği görülmektedir. Bu durumda yeni faylar ya da faydaki bir yön değişikliği şeklinde yorumlanabilir.

Verilerin CBS ortamında işlenmesi derinlik verileri ile SRTM görüntüleri, dereleri gösteren

vektör verilerin entegrasyonunda kolaylık sağlamıştır. Ayrıca sunum aşaması içinde etkili sonuçlar oluşturulmasını olanak vermiştir.

KAYNAKLAR

- Alporal, Ö., (2005), “Deniz Ölçmeleri”, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23 – 25 Kasım, İTÜ, İstanbul.
- Aydın, Ö., Erkaya, H., Hoşbaş, G., Aykut, N. O., (2005),”Hidrografik Ölçmelerde Standartların Önemi”, 10. Türkiye Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart – 1 Nisan, Ankara.
- Ayhan, E., Erden, Ö., Atay, G., (2007), “Sayısal Yükseklik Modelinin Ortofoto Üretimine Etkisi”, 11. Türkiye Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2 – 6 Nisan, Ankara.
- Andrusov, N., (1890) “Die Schichten von Cap Tschauda”, Ann. der K.K. Naturhistor. Hofmuseums, 5 (1), 66-76.
- Ardel, A., (1958),”Trakya’nın Jeomorfolojisi”, İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Türk Coğrafya Dergisi 17, 152-158.
- Ardel, A., (1975), “Hidrografya-Okyanuslar ve Denizler”, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 720, 276 pp.
- Ardel, A., Kurter, A., (1971),”La topographie sous-marine de la Mer de Marmara”, Rev. Geogr. Inst. Univ. Istanbul 13, 41-52.
- Dhandschutter, B. (2001) “Study of the structural evolution of continental basins in Altai, Central Asia”, doctorate thesis, International Bureau for Environmental Studies (IBES), Belgium.
- Erkaya, H. (2007), “İleri Hidrografik Ölçmeler”, Yüksek Lisans Ders Notu, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Gazioğlu, C., E. Gökaşan, O. Algan, Z. Y. Yücel, B. Tok, and E. Doğan, (2002), “Morphologic features of the Marmara Sea from multi-beam data”, Mar. Geol., 190(1-2), 333-356.
- Gürbüz, C., M. Aktar, H. Eyidoğan, A. Cisternas, H. Haessler, A. Barka, M. Ergin, N. Türkelli, O. Polat, S. B. Ucer, S. Kuleli, S. Baris., B. Kaypak, T. Bekler, E. Zor, F. Bıçmen, and A. Yörük, (2000), “The seismotectonics of the Marmara Region (Turkey): results from a microseismic experiment”, Tectonophysics, 316, 1-17, 2000.
- Gökaşan, E., B. Alpar, C. Gazioğlu, Z. Y. Yücel, B. Tok, E. Doğan, and C. Güneysu, (2001), “Active tectonics of the Izmit Gulf (NE Marmara Sea): from high resolution seismic and multi-beam bathymetry data”, Mar. Geol., 175(1-4), 271-294.
- Gökaşan, E., T. Usta Ömer, C. Gazioğlu, Z. Y. Yücel, K. Öztürk, H. Tur, B. Ecevitoglu, ve B. Tok, (2003), “Morpho-tectonic evolution of the Marmara Sea inferred from multi-beam bathymetric and seismic data”, Geo-Mar. Lett. 23/1, 19-33.
- Imren, C., X. Le Pichon, C. Rangin, E. Demirbağ, B. Ecevitoglu, and N. Görür, (2001),”The North Anatolian Fault within the Sea of Marmara: a new evaluation based on multichannel seismic and multi-beam data”, Earth Planet Sci. Lett., 186, 143-158.
- IHO, (1998), “Hidrografik Mesahalar için IHO Standartları”, 4. Baskı, Özel Yayın No:44.
- International Oceanic Commission, (1981). “International bathymetric chart of Mediterranean (1:1 000 000 scale)”. Head Department of Navigation and Oceanography, Leningrad.
- Kalkan, Y., Alkan, R. M., (2005), “Sularla Kaplı Alanlarımız ve Hidrografik Ölçmeler”, 10.

Türkiye Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart – 1 Nisan, Ankara.

Kuşçu, Y., M. Okamura, H. Matsuoka, and Y. Awata, (2002), “Active faults in the Gulf of Izmit on the North Anatolian Fault, NW Turkey: a high resolution shallow seismic study”, *Mar. Geol.*, 190(1–2), 421–433.

Le Pichon, X., A. M. C. Şengör, E. Demirbağ, C. Rangin, C. İmren, R. Armijo, N. Görür, N. Çağatay, B. Mercier de Lepinay, B. Meyer, R. Saatçılar, ve B. Tok, (2001), “The active main Marmara Fault”, *Earth Planet Sci. Lett.*, 192, 595–616.

Longstreet, J., (2000), “The Massachusetts Coastal Zone Management Plan”, American Underwater Search and Survey for the Massachusetts Board of Underwater Archaeological Resources

Lurton, X., (2002), “An Introduction to Underwater Acoustics: Principles and Applications”, Springerlink.

Okay, A. I., A. Kaşlılar-Özcan, C. İmren, A. Boztepe-Güney, E. Demirbağ, ve I. Kuşcu, (2000), “Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: a multichannel seismic reflection study”, *Tectonophysics*, 321, 189–218.

Orgülü, G. and M. Aktar, (2001), “Regional moment tensor inversion for strong aftershocks of the August 17, 1999, Izmit Earthquake (Mw=7.4)”, *Geophys. Res. Lett.*, 28(2), 371–374.

Ploix, C.H., Manen, (1854) “The Bosphorus”, The Admiralty, London.

Seabeam (2000), “Multibeam Sonar Theory of Operation”, L-3 Communications SeaBeam Instruments 141 Washington Street East Walpole, MA 02032-1155.

Smith, A.D., Taymaz, T., Oktay, F., Yüce, H., Alpar, B., Basaran, H., Jackson, J.A., Kara, S., Şimşek, M., (1995), “High-resolution seismic profiling in the Sea of Marmara (Northwest Turkey): Late Quaternary sedimentation and sea-level changes”, *Geol. Soc. Am. Bull.* 107, 923-936.

USACE, The United States Army Corps of Engineers (2002a), “Single Beam Acoustic Depth Measurement Techniques”, Technical Report.

USACE, The United States Army Corps of Engineers (2002b), “Acoustic Multibeam Survey Systems for Deep –Draft Navigation Projects”, Technical Report.

Tur, H. (2007), “An example of secondary fault activity along the North Anatolian Fault on the NE Marmara Sea Shelf, NW Turkey”, *Earth Planets Space*, 59: 541 – 552.

Wharton, W.J.L., (1887) “Western Part of Sea of Marmara with a Portion of the Gulf of Xeros”, The Admiralty, London.

Wong, H.K., Lüdmann, T., Uluğ, A., Görür, N., (1995), “The Sea of Marmara: a plate boundary sea in an escape tectonic regime”, *Tectonophysics* 244, 231-250.

İnternet Kaynakları

[1] www.noaa.gov

[2] Simrad Kullanım Klavuzu

[3] www.km.kongsberg.com

EKLER

Ek 1 SeaBeam 1180 Çok Yönlü Ekosounder Özellikleri

Ek 1 SeaBeam 1180 Çok Yönlü Sonar Özellikleri

SeaBeam 1180 çok yönlü ekosounder 150°'den daha geniş süpürme genişliğiyle sığ sularda derinlik ve yandan tarama verisi toplar.

Saniyede 25 atıştan daha fazlasıyla yüksek çözünürlükte ve 900 metreden daha geniş süpürme genişliğinde kayıt yapılır.

600 metre yüksek dereceli su derinlik performansı Windows NT sisteminin yüksek doğruluklu standartları oluşturularak elde edilebilir.

SeaBeam 1180 yüksek endüstri standartlarında yüksek duyarlılıklı ölçümler için yapılmıştır. Lider ticari şirketler, araştırma enstitüleri ve donanma tercih etmektedir.

- 180 kHz
- 126 ayrı ışın
- 153° süpürme genişliği
- 600 m derinlik performansı
- 1.5° çözünürlük
- IHO standartlarını sağlar
- yandan tarama görüntüleme eklenebilir
- gerçek zamanlı hareket telafisi
- Windows NT ve ya UNIX
- kolay ve taşınabilir kurulum
- çift frekans seçeneği

Teknik Veri

Frekans: 180 kHz

Işın sayısı: 126 (fewer selectable)

Band Genişliği: 153°

Güç Kaynağı: 115 / 230 V AC, kullanıcı seçer

Maksimum sinyal gücü: 500 W her transdüser matrisi için

Maksimum kaynak seviyesi: 220 dB 1 μ Pa/1 m

Sinyal uzunluğu: 0.15 ms; 0.3 ms; 1, 3 ms ; seçilebilir

Band genişliği: 12 kHz, 3 kHz, 1 kHz seçilebilir

Yankulak önleme (Sidelobe Suppression): 36 dB (gönderilen ve yansıyan)

Ölçüm hızı : Sürekli deniz kaplaması için 16 kn hıza kadar

Boyutlar

Sonar İşleme ünitesi (SEE 30-1180)

Boyutlar: 480 x 540 x 360 mm

Ağırlık : yaklaşık 33 kg

Transdüser (LSE 307)

Boyutlar: 390 x 280 mm her biri

Ağırlık w/o cable: 17 kg

Arayüzler ve Algılayıcılar

Hareket

DMS-2, Octans, POS M/V, MRU 5

Heading (azimut sapması)

NMEA 0183 Standard, sentence HDT

Konum

NMEA 0183 standard, sentence GGA or VTG

Ses Hızı

Veri giriş yoluyla RS 232

Yazılım

ELAC HDP 4061, CARIS, COASTAL OCEANOGRAPHICS, EIVA, QPS, ROXAR

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 09.12.1980

Doğum yeri İstanbul

Lise 1995-1998 Arnavutköy Korkmaz Yiğit Lisesi

Lisans 1999-2004 Yıldız Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve. Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004- Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Anabilim Dalı, CBS ve Uzaktan Algılama Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2006-Devam ediyor Himtek Mühendislik Şirketi