

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İZMİT KÖRFEZİ ÇOK KANALLI SİSMİK YANSIMA
VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. E.Esra YÜCESOY

505921065

Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Programı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

EKİM 2006

**İZMİT KÖRFEZİ ÇOK KANALLI SİSMİK YANSIMA
VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh.E. Esra YÜCESOY
05921065**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08 Eylül 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Ekim 2006**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Hülya KURT (İ.T.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Emin DEMİRBAĞ (İ.T.Ü.)
Prof. Dr.Bedri Alpar (İ.Ü.)**

EKİM 2006

ÖNSÖZ

İzmit Körfezi çok kanallı sismik yansıma verilerinin değerlendirilmesini amaçlayan bu çalışma İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı'na Yüksek Lisans tezi olarak sunulmuştur.

Tez konusunun belirlenmesinden sonuçlanmasına kadar, çalışmalarımın her aşamasında benden yardımlarını ve özellikle bana karşı sabrını esirgemeyen Sayın Hocam ve Danışmanım Yrd.Doç.Dr. Hülya KURT'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm bölüm öğretim görevlilerinin öğrenciliğime yeniden dönüşümümde göstermiş oldukları tüm yakınlığa ve desteğe, Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına göstermiş oldukları yardım severliliğe teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında kullanılan çok kanallı sismik yansıma sismiği verileri Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'ne ait MTA Sismik-1 gemisi ile 1999 yılında toplanmıştır. Verilerin toplanmasında emeği geçen akademik personel ve MTA Sismik-1 gemisi teknik ve gemi personeline teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca batimetrik verilerini kullandığım Dz. K. K. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi (SHOD) Başkanlığı'na ve İtalyan Deniz Bilimleri Enstitüsüne (Bologna, İtalya) teşekkür ediyorum.

Hayatımın her anında benden destek şefkat ve ilgisini eksik etmeyen aileme, sevgili eşime ve biricik kızıma bu sene içinde göstermiş olduğu sabırlarından dolayı teşekkür ediyorum.

Eylül 2006

E.Esra YÜCESOY

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2 SİSMİK YÖNTEMLER	6
2.1 Verilerin Toplanması	6
2.1.1 Sismik Kaynak	10
2.1.2 Sismik Alıcılar ve Kayıtcı Sistemi	10
2.2 Sismik Veri İşlem	11
2.2.1 Sismik Verilerin Okunması	11
2.2.2 Atış - Alıcı Geometrisi	13
2.2.3 İstenmeyen Kalitedeki Sismik İzlerin Ayıklanması	14
2.2.4 Atış Düzeninden Ortak Yansıma Düzenine Geçilmesi	15
2.2.5 Genlik Kazancı Uygulaması (Gain)	17
2.2.6 Filtreleme	20
2.2.7 Hız Analizi	20
2.2.8 Normal Kayma Zamanı Düzletmesi	23
2.2.9 Normal Kayma Zamanı Düzeltmesinin Bozucu Etkilerinin Giderilmesi	25
2.2.10 Sismik Yığma	25
2.2.11 Ters Evrişim	27
2.2.12 Sismik Göç	29
2.2.13 Otomatik Genlik Kontrolü (AGC)	31
2.3 Sismik Verilerde Ayrımlılık	32
2.3.1 Düşey Ayrımlılık	32
2.3.2 Yanal Ayrımlılık	32

3. İZMİT KÖRFEZİ VE ÇEVRESİNİN GENEL JEOLJİSİ VE SİSMİK KESİTLERİN YORUMU	34
3.1 İzmit Körfezinin Oluşumu	34
3.2 İzmit Körfezi Çevresinde Jeomorfoloji	35
3.3 İzmit Körfez Çevresinin Kara Jeolojisi	37
3.3.1 Yalova Formasyonu	39
3.3.1.1 Kılınç Formasyonu	39
3.3.1.2 Yalakdere Formasyonu	40
3.3.2 Samanlıdağ Formasyonu	40
3.3.3 Marmara Formasyonu	40
3.3.4 Alüvyal Çökeller	40
3.4 Sismik Yansıma Kesitlerinin Yorumlanması	40
3.4.1 Batimetri	41
3.4.2 İzmit Körfezi Batı Basenin Sismik Yansıma Kesitlerinin Yorumlanması	43
3.4.3 İzmit Körfezi Karamürsel (Merkez) Basenin Sismik Yansıma Kesitlerinin Yorumlanması	52
3.4.4 İzmit Körfezi Doğu Basenin Sismik Yansıma Kesitlerinin Yorumlanması	60
4.SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR	65
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	72

KISALTMALAR

AGC	: Automatic Gain Correction (Genlik Kazanç Düzeltmesi)
B	: Batı
BGB	: Batı-Güneybatı
BH	: Batı Havza
BKB	: Batı-Kuzeybatı
CDP	: Common Depth Point (Ortak Derinlik Noktası)
cm	: santimetre (centimeter)
CMP	: Common Mid-Point (Ortak Orta Nokta)
D	: Doğu
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
dB	: Desibel
DECON	: Deconvolution definition (Ters Evrişim tanımlaması)
DGD	: Doğu-Güneydoğu
DGPS	: Differential Global Positioning System
DKD	: Doğu-Kuzeydoğu
Δt	: Zaman kayması düzeltme miktarı
f	: frekans
FILTER	: Filter definition (Süzgeçleme tanımlaması)
G	: Güney
GAIN	: Gain Correction definition (genlik düzeltmesi tanımlaması)
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
GGB	: Güney-Güneybatı
GGD	: Güney-Güneydoğu
GI	: Generator-Injector (Jeneratör-Enjektör)
GMT	: Generic Mapping Tools
GPS	: Global Positioning System (Küresel Yer Tayini Sistemi)
h	: Derinlik (yeryüzü ile arayüzey arası mesafe)
Hz	: Hertz
inç	: inch
inç³	: inch küp
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
2D	: iki boyutlu (two dimensional)
k	: katlama sayısı
K	: Kuzey
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KAFS	: Kuzey Anadolu Fay Sistemi
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
KKB	: Kuzey-Kuzeybatı
KKD	: Kuzey-Kuzeydoğu
km	: kilometre (kilometer)
knt	: Knots

m	: metre (meter)
m/s	: metre/saniye (meter/second)
MB	: Megabyte
MIGRATE	: Migrate definition (Göç tanımlaması)
mm	: milimetre (milimeter)
ms	: milisaniye (miliseconds)
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (Mineral
Mw	: Sismik moment büyüklüğü
My	: Milyon yıl
NMO	: Normal Move Out (Dik Yola Kaydırma)
PSI	: Pascal Square inch
R	: Alıcı Noktası Research and Exploration Directorate of Turkey)
rms	: root mean square (ağırlıklı karekök ortalama)
S	: Atış Noktası
s	: saniye (seconds)
S/G	: sinyal/gürültü (signal/noise)
SEGD	: Society of Exploration Geophysicists D format
SHOD	: T.C. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi
STACK	: Stack definition (Yığma tanımlaması)
t₀	: Dalganın arayüzeye dik geliş- gidiş zamanı
V	: Tabakanın sismik hızı
VELDEFN	: Velocity definition (hız tanımlanması)
x	: Atış–Alıcı arasındaki mesafe

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 :İzmit Körfezi çok kanallı sismik yansıma verilerinin toplandığı hatlara ait bilgiler. Hat isimleri batıdan doğuya doğru olmak üzere sıralanmıştır. Hatların konumları Şekil 1.2 (B)'de verilmiştir.

8

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Türkiye ve yakın çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası.....	2
Şekil 1.2 : (A) Çalışma Bölgesi ve Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) batıya uzanımını gösteren şekil.(B) Bu çalışmada kullanılan İzmit Körfezi sismik yansıma verilerinin toplandığı hatların konumlarını gösteren harita.....	3
Şekil 2.1 : Sismik -1 Araştırma Gemisi.....	7
Şekil 2.2 : Çok kanallı sismik yansıma verilerine uygulanan veri işlem akış diagramı.....	12
Şekil 2.3 : Bir sismik atış örneği. Dikkat edilecek olursa atışın ilk 6 kanalına ait kayıtlar alınmamıştır.	14
Şekil 2.4 : (A) Normal bir atış kaydı, (B) Bozuk iz içeren bir sismik atış kaydı, (C) tüm izleri bozuk olan bir atış kaydı ve (D) tek kanallı sismik kesitte bozuk izlerin etkisi.....	15
Şekil 2.5 : Atış-alıcı koordinatlarından orta nokta-ofset koordinatlarına dönüşümü gösteren şekil..	17
Şekil 2.6 : (A) İzmit Körfezi'nin 67 no'lu sismik hattına ait 750 nolu CDP verisinin genlik düzeltmesi uygulanmadan önceki görüntüsü. (B) Genlik düzeltmesi uygulanmadan önce zaman-desibel grafiği.....	18
Şekil 2.7 : (A) İzmit Körfezinin 67 nolu hat, 750 nolu CDP verisinin genlik düzeltmesi yapıldıktan sonraki görüntüsü (B) Genlik düzeltmesi uygulandıktan sonra zaman-desibel grafiği.	19
Şekil 2.8 : (A) İzmit Körfezi'nin 25 nolu sismik hattına ait 2200 nolu CDP verisine filtreleme uygulanmamış hali (veride yüksek frekanslı gürültü bileşenleri görülmektedir). (B)'de bu verinin genlik spektrum analizi sonucu görüntülenmiştir	21
Şekil 2.9 : (A) İzmit Körfezi'nin 25 no'lu sismik hattına ait 2200 nolu CDP verisine band geçişli filtreleme uygulandıktan sonraki görüntüsü. (B)'de ise verinin genlik spektrumu gözlenmektedir.	22
Şekil 2.10 : İzmit Körfezinde 1 nolu hattın 1550 nolu CDP verisine ait hız analizi uygulaması. (A) Model yansıma hiperboller(B) Yığma genlik haritası	24
Şekil 2.11 : Sismik ışının yatay tabakalı bir ortamda izlediği yol.....	24

Şekil 2.12 : İzmit Körfezi'nin 1 nolu hatın 1550 CDP verisine uygulanan NMO düzeltmesini gösteren şekil. (A) NMO düzeltmesi öncesi CDP verisi. (B) Normal değerinden daha düşük hız ile NMO düzeltmesi. (C) Normal değerinden dahay yüksek hız kullanılarak yapılan NMO düzeltmesi. (D) Doğru hız kullanılarak yapılan NMO düzeltmesi.....	26
Şekil 2.13 : Sismik yığma sonrası bir kesit görüntüsü	28
Şekil 2.14 : Eğimli yüzeyin göç işlemi sonrası yerleri,	30
Şekil 2.15 : Göç işlemi uygulandıktan sonra kesit görünütüsü	31
Şekil 3.1 : İzmit Körfezi ve çevresinin jeomorfolojisi	37
Şekil 3.2 : (A) İzmit Körfezi ve civarının jeoloji haritası görülmektedir. (B) İzmit Körfezi ve Doğu Marmara'nın tektonik haritası. (C) İzmit Körfezi ve çevresinin startigrafik dikme kesiti.	39
Şekil 3.3 : İzmit Körfezi Batimetri haritası;	43
Şekil 3.4: İzmit Körfezi Batı Baseni üzerindeki sismik yansıma verilerinin alındığı hatların konumlarının batimetri haritasındaki görünümü haritası.	44
Şekil 3.5 : İzmit Körfezi 1 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali (B) kesitin yorumlanmış hali.	45
Şekil 3.6: İzmit Körfezi 4 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali (B) kesitin yorumlanmış hali.	47
Şekil 3.7: İzmit Körfezi 7 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali (B) kesitin yorumlanmış hali.(C) ve (D) ise yapısal değişiklik gösteren alanlardan kesitler.	48
Şekil 3.8: İzmit Körfezi 8 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali (B) kesitin yorumlanmış hali. (C) yapısal değişiklik gösteren alanlardan batimetrideki görüntüsü.	50
Şekil 3.9: İzmit Körfezi 10 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali. (C), yapısal değişiklik gösteren alanlardan büyütülmüş kesit görünümü.....	51
Şekil 3.10 : İzmit Körfezi 11 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali.	52
Şekil 3.11 : İzmit Körfezi Karamürsel Baseni üzerindeki sismik yansıma verilerinin alındığı hatların konumlarının batimetri haritasındaki görünümü haritası.	53
Şekil 3.12 : İzmit Körfezi 23 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali. (C)'de ise seçili alanın yakından görüntüleri.....	54
Şekil 3.13 : İzmit Körfezi 25 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali. (C)'de ise kesitin yapısal görüntüsü..	55

- Şekil 3.14** : İzmit Körfezi 29 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali. (C)'de ise ilgili alandaki çökel kalınlık miktarlarını göstermektedir. 57
- Şekil 3.15** : (A) Karamürsel baseninde denizel birimlerin çökel kalınlık değerlerinin körfezdeki konumu. (B) gölsel birimlerin çökel kalınlık değerlerinin körfezdeki konumu. 59
- Şekil 3.16** : (A)Karamürsel baseninde denizel birimlerin çökel kalınlık haritası. (B) gölsel birimlerin çökel kalınlık haritası..... 59
- Şekil 3.17** : İzmit Körfezi 33 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali. (C)'de ise seçili alanın yakından görüntüsü yer almaktadır. 60
- Şekil 3.18** : İzmit Körfezi Doğu Baseni üzerindeki sismik yansıma verilerinin alındığı hatların konumlarının batimetri haritasındaki görünümü haritası r. 61
- Şekil 3.19** : İzmit Körfezi 52 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali yer almaktadır. 62
- Şekil 3.20** : (A) İzmit Körfezi 52 nolu sismik yansıma kesitine Notch filtre uygulanmamış hali. (B)'de Notch Filtre uygulanmış hali yer almaktadır. 63
- Şekil 3.21** : İzmit Körfezi 54 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali yer almaktadır.. 64
- Şekil 3.22** : (A) İzmit Körfezi yapısal haritası. (B) Batimetriden bir kesit .. 65

SEMBOL LİSTESİ

$^{\circ}$	: derece
'	: dakika
λ	: Sismik dalganın baskın dalga boyu
f	: baskın frekans
V	: P dalgası yayılım hızı
r	: Fresnel zonu yarıçapı
t_0	: Düşey geliş-gidiş zamanı
x	: Atış-Alıcı arası uzaklık
t	: dalganın ara yüzeye dik geliş-gidiş zamanı
θ	: gerçek eğim
R	: Riedel yırtılması (R shear)
Φ	: görünür eğim

İZMİT KÖRFEZİ ÇOK KANALLI SİSMİK YANSIMA VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü çok kanallı sismik yansımalar verileri kullanılarak Marmara Denizi'nin doğusunda yer alan İzmit Körfezi içinde aktif tektonik yapılar araştırılmıştır. Veriler Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA) ve İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik ve Jeoloji Mühendisliği Bölümlerinin ortak çalışmaları ile toplanmıştır. 17 Ağustos 1999 depreminin ardından Eylül 1999'da MTA Sismik-1 Araştırma gemisiyle toplam 64 hatta sismik yansımalar verileri toplanmıştır. İzmit Körfezi'nde toplanan sismik yansımalar verileri profilleri toplam 347 km uzunluğunda, çoğunlukla K-G doğrultulu ve profiller arası 1 km ve 0.5 km arasındadır. Sismik yansımalar veri toplama parametreleri sırasıyla, enerji kaynağı 1 veya 2 hava tabancası (her biri 45 inc³'lük hacime sahip), 24 kanal (18 canlı kanal), 6.25 m alıcı grup aralığı ile, 6.25 m veya 12.5 m atış aralığı, yakın ofset 12.5 m, örnekleme aralığı 1 ms ve kayıt uzunluğu 1.5 sn olarak toplanmıştır. Bu veriler doğrultusunda katlama sayısı 9 olarak hesaplanmıştır. Sismik veriler İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Nezihi Canitez Veri İşlem Laboratuvarında Disco/Focus (Versiyon 5.0) programlama paketi kullanılarak işlenmiştir. Uygulanan veri işlem basamakları şöyledir:

- Verilerin okunması
- Kötü sismik izlerin ayıklanması
- Atış düzeninden ortak yansımalar düzenine geçiş
- Genlik kazancı uygulaması
- Band geçiren süzgeçleme
- Hız analizi
- Normal kayma zamanı düzeltmesi
- Normal kayma zamanı düzeltmesinin bozucu etkilerinin giderilmesi
- Yığılma
- Band geçiren süzgeçleme
- Otomatik genlik kontrolü
- Sonlu farklar yöntemi ile zaman göçüdür.

Sismik yığılma ve göç işlemleri sonucu kesitler jeolojik yoruma hazır hale getirilmiştir. Körfeze ait batimetri haritası, sismik göç kesitleri birlikte kullanılarak startigrafik ve yapısal yorumlamaları yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan multi-beam batimetri verileri

ise İtalyan Odin Finder ve Urania araştırma gemileri ile toplanan verilerden ve ayrıca T.C. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi (SHOD)'den temin edilmiştir. Batimetri haritaları Generic Mapping Tool (GMT) programı kullanılarak hazırlanmıştır.

Sismik göç kesitleri körfez batimetri haritaları ışığında yorumlanmıştır. İzmit Körfezi'nin yapısı sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) kuzey kolu tarafından kontrol edilmektedir. KAF doğu ucundan körfeze girerek körfez içinde merkez eksen boyunca D-B doğrultusunda uzanır. KAF, sismik yığma ve göç kesitlerinde deniz tabanından itibaren düşey bir süreksizlik olarak 0.8 sn'lere kadar izlenebilmektedir. Deniz tabanı tekrarlı yansımalarının 0.8 sn'lerden sonra kesitleri örtmesi nedeniyle daha aşağılarda fayın izleri gözlenememiştir. Körfez batimetrisi üç ana basen göstermektedir: Batı, Karamürsel ve Doğu basenleri. KAF, D-B doğrultulu uzanımı ile bu basenlerin yapısını kontrol etmektedir. Batı baseninde sismik göç kesitlerinde KAF'nın izleri düşey süreksizlik olarak deniz tabanından itibaren yaklaşık 0.8 sn'lere kadar izlenmektedir. Sağ yanal atımlı KAF, deniz tabanında 30 m'lik bir düşey atım yaratarak deniz tabanını ve daha altındaki çökelleri kesmektedir. Sismik profilin kuzeyine doğru eski bir kıyı çizgisi gözlenmektedir. Bu kıyı çizgisinin son buzul döneminde Marmara Denizi'nin göl olduğu dönemlerdeki sınırlara işaret ettiği düşünülmektedir. Kuzeyde ayrıca 21°'lik açıyla güneye dalımlı bir yapı sismik kesitlerde yaklaşık 0.65 sn'lere kadar izlenmektedir. Karamürsel Baseni'nde sağ yanal atımlı fayın batimetride de izlenebilen yer yer düşey atıma sahip olduğu gözlenmektedir. Fayın kuzeyinde kıvrımlı yapılara güneyinde de paralel tabakalanmalı çökel birimlere rastlanmaktadır. Kesitin güney kesiminde yansıma karakterlerine bağlı olarak iki farklı çökel birim yer almaktadır. Üst birim Marmara Formasyonu, alt birim de Samanlıdağ Formasyonu ile ilişkilendirilebilir. Sediman kalınlıkları KAF'nın hemen güneyinde ve çökellerin güneye doğru uzanan ucunda ayrı ayrı ölçülmüştür. Kuzeyden güneye gidildikçe çökel kalınlıklarındaki incelmeye oranları üstteki birimde 2.88, alttaki birimde 2.61 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler her iki tabaka için, fayın hemen güneyindeki kalınlıkların en güney uçtaki kalınlıklara oranı ile hesaplanmıştır. Buna göre denizel tabakadaki (Pleyistosen) çökelme/faylanma hızı gölsel tabakada (Geç Pliyosen-Pleyistosen) olduğundan 1.08 ($=2.88/2.61$) kat daha fazla olduğu söylenebilir.

INTERPRETATIONS OF THE MULTI-CHANNEL SEISMIC REFLECTION DATA IN THE GULF OF İZMİT

SUMMARY

Active submarine tectonics in the Gulf of İzmit, eastern Marmara Sea, was investigated by high resolution multi-channel seismic reflection data. The data were collected in cooperation with Mineral Research and Exploration (MTA) and İstanbul Technical University (İTÜ), Departments of Geophysics and Geology. The seismic data were collected along 64 lines by R/V MTA Seismic-1 in September 1999 just after the 17th August 1999 Kocaeli earthquake. Seismic reflection profiles collected in the Gulf of İzmit are mainly in N-S direction with 1 and 0.5 km intervals with total of 347 km length. Seismic data collection parameters are as follows: 1 or 2 generator-injector (GI) airgun (each with 45 cubic inch volume) energy source, 24-channel streamer (18 live channels) with 6.25 receiver group interval, 6.25 or 12.5 m shot interval, 12.5 m near offset, 1 ms sampling interval, 1.5 s record length. These parameters provided 9 fold common-depth-point (CDP) data for stacking. The data were processed in the Nezihi Canitez Data Processing Laboratory of Department of Geophysics, İstanbul Technical University (İTÜ). Disco/Focus (Ver. 5.0) software programming is used for seismic data processing. A conventional data processing stream was applied as follows:

- Data transcribing
- In-line geometry definition
- Editing
- CDP sorting
- Gain correction
- Band-pass filtering
- Velocity analysis
- Normal-move-out (NMO) correction
- Muting
- Stacking
- Band-pass filtering
- Automatic gain control
- Post-stack finite-difference time migration.

Finally, stacked and migrated seismic sections are obtained for geological interpretation. Seismic structural and stratigraphic interpretations of migrated sections have been done with the help of bathymetric map of the gulf. Multibeam bathymetric data were provided from Department of Navigation, Hydrography and Oceanography of the Turkish Navy

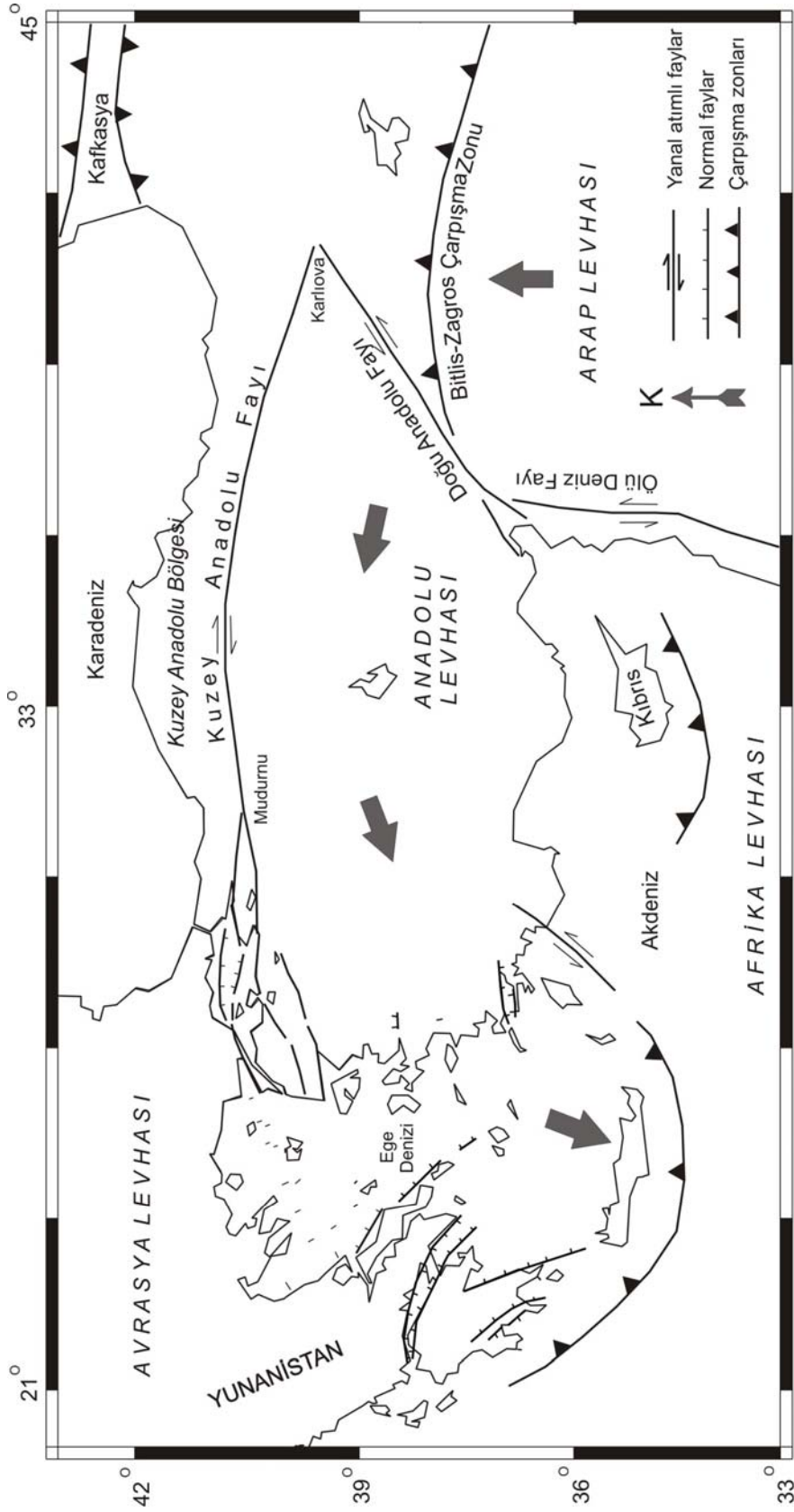
(SHOD) and Institute of Marine Sciences in Bologna, Italy. Bathymetric maps are produced by Generic Mapping Tool (GMT) software package.

Seismic migration sections of the Gulf of İzmit were interpreted with the light of the bathymetric map of the gulf. The northern branch of the right-lateral North Anatolian Fault (NAF) controls the structure of the Gulf of İzmit. It enters the gulf from the easternmost tip and follows the central axis mainly in E-W direction. The fault is traced in the stacked and migrated sections as a vertical discontinuity from the sea bottom to the 0.5 seconds. Below 0.5 seconds the trace of the fault is hardly followed under the strong sea bottom multiples. Bathymetric image map shows 3 basins in the gulf from east to west: Eastern, Central (Karamürsel) and Western basins. These three basins are controlled by the NAF, followed mainly in E-W direction in the bathymetric map of the gulf. In the western part of the gulf, NAF is traced in the migrated seismic sections as a vertical discontinuity from the sea bottom to the 0.8 seconds. The dextral fault cut sea bottom causing more than 30 m vertical through and lower sediments of the sea bottom. To the north of the seismic profile the sign of the paleoshoreline which is a reference for the level of the Marmara paleolake during Last Glacial Maximum. In the northern side of the seismic section, a south dipping, reflector is observed from the sea bottom to the 0.65 seconds and is followed just front of the northern shoreline with a maximum slope of 21°. General seismic character in the Karamürsel Basin displays that the dextral fault has a dip slip in places which is correlated to the bathymetry and around parallel to sub-parallel sediments to the south and folded strata to the north. In the southern part, two stratigraphic syntectonic layers are separated considering seismic reflection characters. Upper one must be related to the Marmara Formations while lower one must be related to the Samanlıdağ Formation. Sediment thicknesses at just front of the NAF and at the end of the southern elongation of the sediments are measured. The thinning degrees which calculated by taking ratio values of the northern to southern thickness are 2.88 for the upper and 2.61 for the lower units. Therefore, sedimentation/faulting rate in the upper marine strata (late Pliocene-Pleistocene) must be 1.08 ($=2.88/2.61$) times higher than that of lower lacustrine/fluvial one (early Pliocene/Miocene).

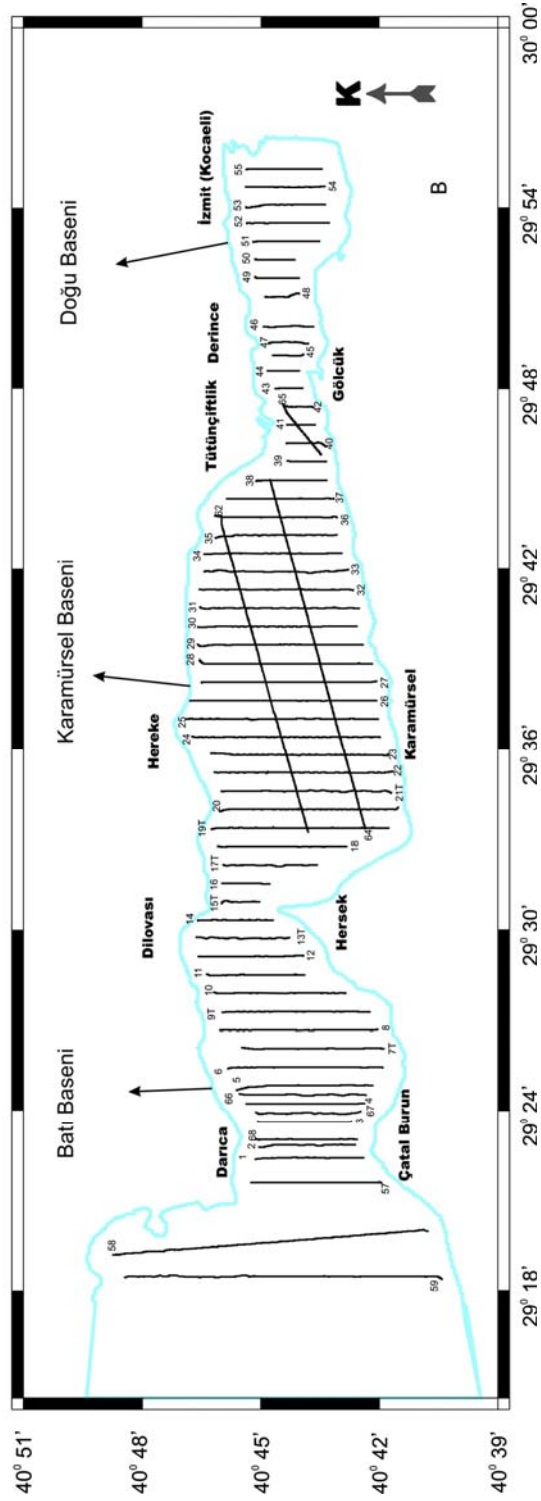
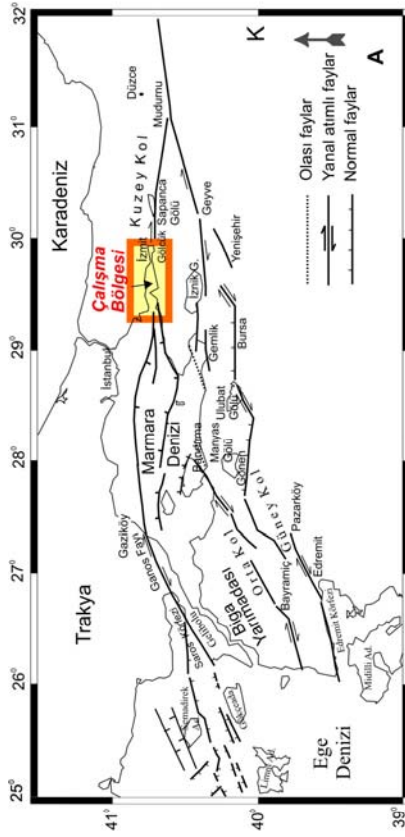
1. GİRİŞ

İzmit Körfezi, uzunluğu yaklaşık 50 km , genişliği ise yerden yere değişen en geniş yeri yaklaşık 10 km, en dar yeri 2 km, uzun eksenini Doğu–Batı doğrultulu olan bir elips şeklindedir. Bölge 40° 41' ve 40° 48' enlemleri ve 29° 20' ve 29° 57' boylamları arasında yer alır. 17 Ağustos 1999 Kocaeli (Mw = 7.4) depreminin ardından çalışma bölgesi önemli hale gelmiştir. İzmit Körfezi çevresinde ekonomik açıdan ülkemiz için önemli olan sanayi kuruluşlarının yer alması sebebiyle bölgenin yapısal jeolojisi ve tektonik yapısının iyi bilinmesi daha da önem kazanmaktadır.

Bilindiği üzere ülkemiz önemli bir deprem kuşağı (Alp-Himalaya) içinde yer almakta ve bu kuşağın karakteristik tektonik özelliklerini de bünyesinde taşımaktadır. Arap–Afrika ve Avrasya levhaları arasında gerçekleşen kıta kıta çarpışması sonucu ortaya çıkan transform yapılar boyunca Anadolu levhası batıya kaçmaktadır (McKenzie, 1972, 1978a; Şengör, 1980; Jakson ve McKenzie, 1984; Şengör ve diğerleri, 1985). Şekil 1.1’de sözü geçen levhalar hareket yönleri ile gösterilmiştir. Bu hareket esnasında Anadolu levhası içerisinde kırılma ve faylanmalar gelişmiştir. Ülkemizdeki en önemli faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fayı’nın (KAF) oluşumu neotektonik döneme rastlamaktadır. Kuzey Anadolu Fayı yaklaşık 1500 km uzunlukta sağ yönlü doğrultu atımlı transform nitelikli aktif bir levha sınırındadır (Ketin, 1948; Pavoni, 1961; Ambraseys, 1970; McKenzie, 1972; Şengör, 1979; Woodcock, 1986; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1992). D-B yönünde Anadolu’yu boydan boya kat eden bu fay sistemi, Anadolu’nun neotektonik dönem yapısal evrimi ve güncel deformasyonunda rol oynayan önemli bir yapısal unsurdur (Şengör, 1979). Mudurnu–Karlıova arasında göreceli olarak, genellikle dar bir alanda izlenen Kuzey Anadolu Fayı, Mudurnu’dan itibaren batıya doğru zonal bir yapı kazanır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1992; 1997; Armijo ve diğerleri, 1999). KAF’nın kuzey kolu Mudurnu’dan Sapanca ve İzmit Körfezi’ne yönelmekte (Şengör, 1979; Bozkurt, 2001) ve oradan Marmara Çukurluğu’nu geçerek Gaziköy ve Saros Körfezi üzerinden Kuzey Ege Denizi’ne bağlanmaktadır (Şekil 1.2 A). Orta kol ise Mudurnu’nun güneyinden devam ederken 30° boylamındaki Yenişehir



Şekil 1.1 Türkiye ve yakın çevresinin basitleştirilmiş tektonik haritası. Arap ve Anadolu levhalarının Afrika levhasına göre göreceli hareket doğrultuları siyah renkli büyük oklarla verilmiştir (Haritadaki fayların aldığı kaynaklar: Lybénis, 1984; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Suzanne ve diğ., 1990; Barka, 1992; Jackson, 1994; Reilinger ve diğ., 1997; Barka ve Reilinger, 1997; Okay ve diğ., 1999-2000; Kurt ve diğ., 1999-2000), Harita Kurt, (2000)'den alınmıştır.



Şekil 1.2 (A) Çalışma Bölgesi ve Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) batıya uzanımını gösteren harita (Lybérís, 1984; Barka ve Kandisky-Cade, 1988; Taymaz, 1999; Smith ve diğ., 1999-2000; Kurt ve diğ., 2000). Harita Kurt, (2000)'den değiştirilerek alınmıştır. (B) Bu çalışmada kullanılan İzmit Körfezi sismik yansıma verilerinin toplandığı hatların konumlarını gösteren harita.

ve Geyve'den itibaren daha geniş bir alana yayılarak pek çok fay hattına ayrılmaktadır (Koçyiğit, 1988) (Şekil 1.2 (A)). Bu fay hatlarının kuzey uzantısı, İznik Gölü'nün güneyinden Gemlik Körfezi'ne ve oradan Bandırma'ya doğru uzanır. Buradan da güneybatı yönünde yön değiştirerek Biga Yarımadası'na ulaşır ve birçok fayın oluşturduğu bir fay alanı boyunca Bayramiç üzerinden Ege Denizi'ne devam eder. Güneydeki devamı ise, GB yönünde Yenişehir, Bursa üzerinden Ulubat Gölü'nün güneyine, oradan da yön değiştirerek Batı-Kuzeybatı yönünde Manyas Gölü'nün güneyine uzanır. Bu alanda hakim yönünü tekrar GB'ya değiştirerek Edremit Körfezi'ne doğru bir seri süreksiz küçük fay dizileri şeklinde ilerler (Şekil 1.2 (A)). Global Positioning System (GPS) ölçümleri, güncel ve tarihsel deprem faaliyetleri, KAF'nın kuzey kolunun diğerlerine göre daha aktif olduğunu göstermektedir (Oral ve diğ., 1995; Straub ve Kahle, 1995; Ambraseys ve Finkel, 1991). Marmara Denizi ve körfezin biçimlenmiş olduğu alanın konumlandığı İntra-Pontid kenet kuşağı olasılıkla Erken Eosen'de oluşmuş ve izleyen yükselme ve aşınma süreçleri bu alanları üretmiştir. Plaka hareketlerinin tektonik rejimleri ise orta ya da geç Miyosen'de biçimlenmiştir (Okay, 1997). Plaka hareketine bağlı olarak Kuzey Anadolu Fay'ı tüm alanda bir çizgisellik izleyerek, değişik boyutlarda, çok sayıda D-B ya da KD-GB uzanımlı havzalar ile birlikte aktif olmuştur. Genellikle kabul gören bu düşünüş, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun sıkışma rejimi altında biçimlenmiş olduğudur. Eski yapılar bir yırtılma olgusu ile ayrılaşmış ve böylece grabenler oluşmuştur. Körfezdeki graben alanlar D-B uzanımlıdır. Körfezin sonraki gelişimi ise Kuzey Anadolu Fayı'nın Orta/Geç Miyosen ile günümüz arasındaki aktivasyonlarınca belirlenmiştir (Wong ve diğ.,1995; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). Geç Miyosen evresindeki ve Miosen sonrası zaman dilimlerindeki deniz yayılımı ve çekilmeleri güncel morfolojiyi büyük ölçüde etkilemiştir. Kuvaterner'de körfez, buzullaşmalara ve buzullaşmalar arası evrelere bağlı olarak, tekrarlanan akarsu süreçleri etkisi altında kalmıştır (Görür ve diğ., 1997). Körfezin kara bölgelerinde yapısal jeoloji ve stratigrafi çalışmaları yapılmıştır (Barka ve Cadinsky, 1988; Suzanne ve diğ., 1990); 17 Ağustos 1999 Gölcük depreminden sonra körfezde deniz sismiği verileri kullanılarak tektonik yapıların incelenmesi için yapılan araştırmalar artmıştır. Yapılmış olan çalışmalarda yüksek ayırım gücüne sahip sığ sismik veriler kullanılarak incelemeler yapılmıştır.

Gökaşan ve diğ. (2001), İzmit Körfezi içerisinde toplanmış olan yüksek ayırım gücüne sahip sığ sismik ve batimetri verilerinden yararlanarak D-B uzanımlı üç adet doğrultu atımlı fay belirlemiştir. Yazarlar, bunlardan körfezin orta eksenini boyunca uzanan fayın, körfezin oluşumundan daha sonra geliştiğini ve bu nedenle körfezi uyumsuzca kesen bir karaktere sahip olduğunu ve bunun Kuzey Anadolu Fay Zonu'na ait yeni bir kırık olduğunu belirtmişlerdir. Buna ek olarak sismik kesitlerde bu yeni fay boyunca izlenen sıkışmalı ve gerilmeli yapıların da, fayın doğrultusunda meydana gelen değişikliklere bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Alpar ve Yaltırak (2002), yüksek ayırım gücüne sahip sığ sismik yansıma verilerini yorumlayarak İzmit Körfezi'nin tektonik yapısının D-B uzanımlı tek bir fay tarafından kontrol edildiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada İzmit Körfezi'nin batı baseninin negatif çiçek yapısı tarafından kontrol edildiği düşünülmektedir.

Kuşçu ve diğ. (2002), körfezde iki fay grubu olduğunu belirtmişlerdir: Bunlardan ilki şu an aktif olmayan fakat körfezin havzalarını bir çek-ayır (pull apart) sistemi ile geliştirmiş olan faylardır. Bu sistem, daha sonra D-B yönünde gelişmiş olan bir diğer fay tarafından kesilerek körfeze günümüzdeki tektonik yapısını kazandırmıştır.

İzmit Körfezi'nin aktif tektonik yapısının incelenmesi ve özellikle KAF zonunun devamının izlenebilirliğinin belirlenebilmesi için Eylül 1999'da MTA (Maden Tetkik Arama) Sismik-1 araştırma gemisi tarafından yaklaşık 347 km uzunluğunda toplam 64 hat olarak çok kanallı sismik yansıma verileri toplanmıştır (Şekil 1.2 B). Bu hatlardan 61 tanesi K-G doğrultulu, diğer 3 hat ise KD-GB doğrultuludur. Hatlar arası 1 km, fakat detay çalışma yapılacak bölgelerde 0.5 km olarak seçilmiştir. Veri toplanırken alıcı kanallar arası 6.25 m, ofset 12.5 m, örnekleme aralığı 1 msn, atış aralığı 6.25 m, kayıt uzunluğu 1536 msn, alıcı kanal sayısı 18 seçilmiş ve bu parametreler doğrultusunda katlama sayısı 9 olan ortak yansıma noktası grupları oluşturulmuştur. Sismik veriler iki boyutlu sismik veri işlem paketi olan Disco/Focus (Versiyon 5.0) yazılım programı kullanılarak İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Prof. Dr. Nezihi Canitez Veri İşlem Laboratuvarı'nda işlenmiştir. Bu çalışmada oluşturulan haritalar Generic Mapping Tools (GMT) ve Golden Software (Versiyon 8.0) programları ile hazırlanmış sismik kesitler ise Corel Draw (Versiyon 12.0) kullanılarak düzenlenmiştir.

2 SİSMİK YÖNTEMLER

Sismik yöntemlerde bir kaynaktan oluşturulan elastik dalgaların yerin farklı özelliklerdeki katmanları içinde kırılarak veya yansımaya uğrayarak yayılmalarına ilişkin yol alış (seyahat) zamanları ölçülür. Zaman uzaklık kayıtları daha sonra uygun yöntemler ile işlenerek tabakalı ortamların kalınlık ve sismik dalga hızlarını belirleyen yeraltı modelleri oluşturulur. Bu yöntemde sismik dalgaları üreten bir enerji kaynağına, yeryüzüne bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya ve bu alıcılara gelen dalgaları kaydeden ölçüm aletine gerek vardır.

Sismik yöntemler, kaynaktan yayılan sismik dalgaların takip ettiği ışın yollarına göre sismik yansıma (reflection), sismik kırılma (refraction) olmak üzere iki genel bölüme ayrılır. Bunlardan sismik yansıma yöntemi yeraltının iki veya üç boyutlu, ayrıntılı yapısal ve stratigrafik kesitinin elde edilmesinde kullanılır. Sismik yansıma yöntemi çalışmalarını üç aşamada toplamak mümkündür:

Arazide sismik verilerin toplanması

Verilerin işlenmesi (veri işlem)

Verilerin değerlendirilmesidir.

Deniz sismiği yansıma yöntemi son dönemlerde özellikle deniz altındaki aktif faylar, kıvrımlı yapılar ve tabakalanma özellikleri gibi yapısal unsurların haritalanmasında kullanılır. Bunların yanı sıra ekonomik değeri olan yeraltı kaynaklarının araştırılmasında liman, karayolu, baraj ve büyük yapıların inşası ile ilgili zemin problemlerinin çözümünde, arkeo-jeofizik çalışmalarda bilimsel amaçlı olarak, kara ve denizde yerkağı araştırmasında kullanılmaktadır.

2.1 Sismik Verilerin Toplanması

Bu çalışmada kullanılan çok kanallı sismik yansıma verileri, İzmit Körfezi'nin aktif tektonik yapısının incelenmesi için MTA Genel Müdürlüğü'ne bağlı MTA Sismik-1 Araştırma gemisi ile Eylül 1999 da toplanmıştır.

Şekil 2.1’de MTA Sismik-1 araştırma gemisi görülmektedir. Gemi ile sığ ve derin sismik veri toplama, manyetik, gravite, batimetri, ölçümü ve jeolojik örnekleme çalışmaları yapılabilmektedir. Gemiye ait bazı özellikler aşağıdaki gibidir;

Genişlik : 8.87 m

Uzunluğu : 55.75 m

Ağırlık :750.44 ton (gross)

Ortalama sismik ölçüm hızı :4.5 knots (knt)

ve yaklaşık 20-25 gün arası denizde kalabilecek donanıma sahiptir. Ancak MTA Sismik-1 araştırma gemisi 2001 yılından bu yana jeofizik ölçü toplamak amaçlı kullanılmamaktadır.



Şekil 2.1 Sismik -1 Araştırma Gemisi

Gemide sismik veriler “Syntrak-480 Marine System” isimli sistem ile Society of Exploration Geophysicists–D (SEGD) formatında toplanır. Gemi pozisyonunu belirlemede GPS ve DGPS (Differential Global Positioning System) kullanılır. İzmit Körfezi’nde 64 hat üzerinde toplanan sismik yansıma verilerine ait bilgiler Tablo 2.1 de verilmiştir. Tabloda hat adları İzmit Körfezi’nin batısından doğuya olmak üzere sıralanmıştır. Doğrultularda ise geminin ilk atış yaptığı konumu ve bitiş konumu belirtilmektedir. İlgili hatta toplam atış sayısı, atış aralıklarının mesafesi ve toplam hat uzunluğu bilgileri verilmiştir. Veri toplama parametreleri aşağıda sıralanmıştır:

Kanal sayısı : 24 (18 adet canlı)

Kayıt uzunluğu : 1536 ms

Örnekleme aralığı : 1 ms

Atış aralığı : 6.25/12.5 m

Ofset : 12.5 m

Tablo 2-1 İzmit Körfezi çok kanallı sismik yansıma verilerinin toplandığı hatlara ait bilgiler. Hat adları batıdan doğuya doğru olmak üzere sıralanmıştır. Hatların konumları Şekil 1.2 (B)’de verilmiştir.

Hat No	Doğrultusu	Atış Sayısı	Atış Aralığı (m)	Hat Uzunluğu (~ km)
59	G - K	2207	6.25	13.8
58	K - G	2130	6.25	13.3
57	G - K	902	6.25	5.6
01	K – G	805	6.25	5
02	K – G	760	6.25	4.7
68	K - G	357	12.5	4.5
03	G - K	675	6.25	4.2
67	G - K	389	12.5	4.8
04	G - K	869	6.25	5.5
66	K - G	467	12.5	5.8
05	K –G	1002	6.25	6.3
06	K - G	1143	6.25	7.1
07t	G – K	1051	6.25	6.6
08	G – K	1156	6.25	7.2
09t	K – G	1067	6.25	6.7
10	K – G	870	6.25	5.4
11	K – G	720	6.25	4.5
12	G – K	764	6.25	4.8
13t	G – K	347	12.5	4.3
14	K – G	526	6.25	3.3
15t	K – G	145	12.5	1.8
16	K - G	358	6.25	2.2
17t	K - G	347	12.5	4.3
18	G - K	935	6.25	5.8
19t	K - G	1297	6.25	8.1
20	K - G	1211	6.25	7.6
21t	G - K	1241	6.25	7.8
22	G - K	1272	6.25	7.9
23	G - K	1325	6.25	8.2
24	K - G	1375	6.25	8.6

Tablo 2.1

(devamı)

25	K - G	1305	6.25	8.1
26	G - K	1368	6.25	8.5
27	G -K	1255	6.25	7.8
28	K - G	1270	6.25	7.9
29	K - G	1186	6.25	7.4
30	K - G	1164	6.25	7.2
31	K - G	1150	6.25	7.2
32	G - K	1129	6.25	7.0
33	G - K	1055	6.25	6.6
34	K - G	1014	6.25	6.3
35	K - G	835	6.25	5.2
36	G - K	899	6.25	5.6
37	G - K	791	6.25	4.9
38	K - G	531	6.25	3.3
39	K - G	299	6.25	1.8
40	G - K	282	6.25	1.7
41	K - G	217	6.25	1.3
42	G – K	229	6.25	1.4
43	K - G	210	6.25	1.3
44	K - G	243	6.25	1.5
45	G – K	233	6.25	1.4
47	K - G	299	6.25	1.8
46	K - G	376	6.25	2.3
48	G - K	260	6.25	1.6
49	K - G	332	6.25	2.0
50	K - G	266	6.25	1.6
51	K - G	493	6.25	3.1
52	K - G	612	6.25	3.8
53	K - G	590	6.25	3.7
54	G - K	583	6.25	3.6
55	K – G	567	6.25	3.5
62	KD - GB	2083	6.25	13.0
64	KD - GB	2627	6.25	16.4
65	KD - GB	202	6.25	1.2

2.1.1 Sismik Kaynak

Sismik yansıma yönteminde enerji üreten kaynak çeşitleri oldukça fazladır. Kara sismiğinde kullanılan enerji kaynakları; patlayıcı (dinamit), ağırlık düşürme, titreşim üreten aletler (vibroiseis) ve geoflekslerdir. Deniz sismiğinde kullanılan enerji kaynakları en yaygın olarak hava tabancası (air gun), ateşleyici (sparker), buhar şoku (vaporhoc), su tabancasıdır (water gun). Bu çalışmada hava tabancası kullanılmıştır. Hava tabancası kullanılırken enerji, çok yüksek bir basınç altındaki havanın su içine bırakılmasıyla meydana gelir. Deniz yüzeyinin bir miktar altında çekilen hava tabancasında patlama zamanı kontrollüdür. Birden fazla hava tabancasının aynı anda kullanılmasıyla oluşturulan enerji miktarı ve kaynak dalgacığının şekli kontrol edilir. Suda oluşturulan hava balonunun sıkışma ve genişleme hareketine istenmeyen biçimde devam etmesi bu kaynağın kullanımında bir dezavantajdır. Ancak hava tabancasının uygun serim ve derinliklerde yerleştirilmesi sonucu bu etkiden kurtulmak mümkündür. MTA Sismik-1 gemisinde GI (Generator–Injector) tipinde toplam 12 adet hava tabancasına sahiptir, ancak veri toplama çalışmaları sırasında çeşitli arızalanmalar sebebiyle genellikle daha az sayıda hava tabancası kullanılarak veri toplanmaktadır. İzmit Körfezi’nde çok kanallı sismik yansıma verileri toplanırken kullanılan hava tabancalarına ait özellikler aşağıda verilmiştir:

Hava tabancası sayısı : 1 veya 2

Basınç : 1600 PSI (Pascal Square inch ²)

Toplam Büyüklük : 49 / 90 inch³

Derinlik : 7 m

2.1.2 Sismik Alıcılar ve Kayıtcı Sistemi

Yeryüzüne ulaşan sismik enerji alıcılarla algılanır ve enerji kaynakları ile oluşan yer hareketi elektrik sinyalleri haline dönüşür. Sismik alıcı olarak karada jeofon, denizde de basınç ölçen hidrofon kullanılır. Sudan korunmalı olarak yapılmış olan hidrofon da basınç hassasiyeti için piezoelektrik kristaller veya seramik elementler kullanılır. Bunlar sismik sinyalle ilgili olarak ani su basıncı ile orantılı bir voltaj meydana getiriler. Bu voltaj kayıtcıda çeşitli işlemlerden geçirilerek kayıt edilir. Hidrofonlar streamer denilen bir hortum içinde belli sayılarda bir araya gelip hidrofon grupları oluşturarak belirli aralıklarda sıralanırlar. Geminin arkasından ofset uzaklığı kadar bir mesafeden çekilirler. Streamerin boyu çalışmaya bağlı olarak değişebilir. İçine

doldurulan kerosen maddesi sayesinde batmazlar ve su geçirmez bir malzemeden yapılmışlardır. Hidrofon aralarına yerleştirilen sismik sinyal güçlendiriciler (amplifier), anti-alias süzgeci ve diğer süzgeçlerden geçirilerek hangi kanaldan hangi sinyalin geldiğini ayıran çoklu üniteye (multiplexer) gelir. İzmit Körfezi çalışmasında kullanılan streamera ait özellikler aşağıda sıralanmıştır:

Streamer boyu : 106.25/212.5 m

Alıcı Grup aralığı : 6.25/12.5 m

Hidrofon / Grup : 8/16

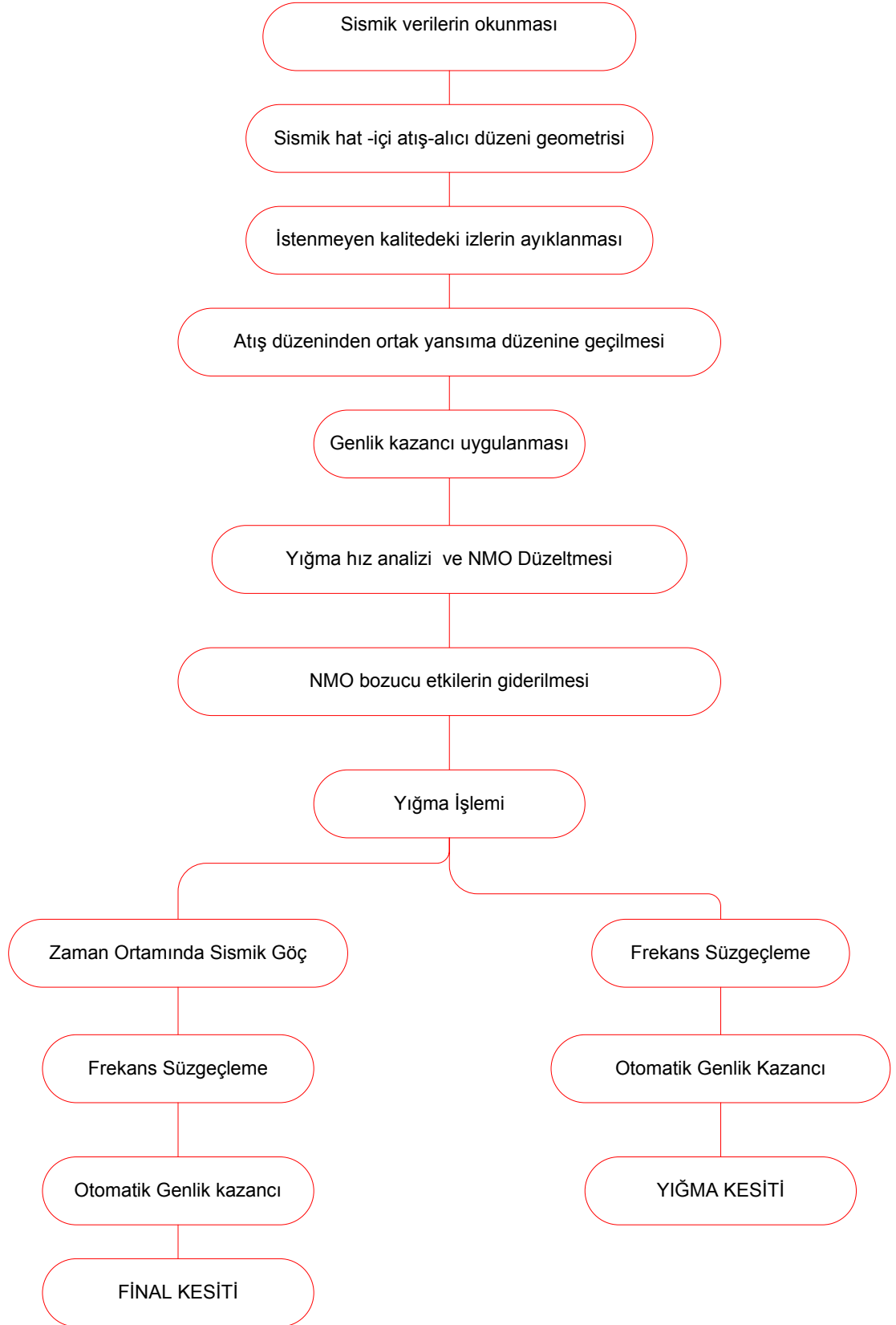
Çoklu ünitelerden kanallara ayrılmış olarak çıkan sayısal olmayan veri sayısal sinyale dönüştürülür. Sayısallaştırılmış sinyal ikili düzende manyetik bantlara kayıt edilir. Arazide manyetik bantlara kayıt edilen sismik veri çoklu (multiplexed) şekilde toplanır ve matris transpozisini gerçekleştiren demultiplexed işlemi ile veri ayrık kanallar halinde yazılır. Demultiplexed işleminden sonra sismik veri işleme hazır hale gelir.

2.2 Sismik Veri İşlem

Sinyal/gürültü oranının artırılması sismik veri işlemin temelini oluşturur. Sinyal, görmek istediğimiz veri elemanı, gürültü ise bunun haricindeki her şeydir. Burada amaç, veri işlem uygulandıktan sonra jeolojik yorum yapılacak sismik kesitler elde edilmesidir. Sismik verilerin işlenmesinde Disco/Focus (Versiyon 5.0) yazılım programı kullanılmıştır. Şekil 2.2’de bu çalışmada uygulanan çok kanallı sismik yansıma verileri için kullanılan veri işlem akış şeması verilmektedir.

2.2.1 Sismik Verilerin Okunması

Toplanan sismik yansıma verileri, gemide SEG-D formatında manyetik teyplere yazdırılır. SEG-D formatı ‘8015’ demultiplex formatıdır. Bu formatta her atışın farklı t zamanlarına ait örnekleri ait oldukları kanallara yerleştirilerek kanallara gelen sismik izler yanyana dizilir. Veri işlemin uygulanabilmesi için sismik verilerin ilk olarak SEG-D formatından Disco/Focus’un dahili formatına dönüştürülmesi gerekir. Bunun için programda kullanılan modüller vardır. Programda dahili formata dönüştürecek olan SEG-D modülünün çalışabilmesi için gerekli parametreler girilir



Şekil 2.2 Çok kanallı sismik yansıma verilerine uygulanan veri işlem akış diagramı .

ve oluşturulan “dat” uzantılı dosya Disco’nun komutu ile koşturulur. Verinin format transferinden final kesitine kadar oluşturulacak bu “dat” uzantılı iş dosyalarının ilk satırlarında proje ismi, hat adı ve yapılacak iş tanımlanır. Her iş dosyası koşturulduğunda ilk satırda tanımlanmış olunan bu bilgilere göre veri bankasında bu bilgiler saklanmış olur. Disco/Focus programında bütün iş dosyaları “dat” uzantılı, bu iş dosyalarına girdi ve çıktı yapan veriler ise “dsk” uzantılıdır. Bu yazılımda ayrıca Focus penceresinden de etkileşimli (interaktif) olarak veriler değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada çok kanallı sismik yansıma verileri bir aşamadan sonra etkileşimli ortamda incelenmiş, gerekli parametreler tayin edilerek hazırlanan iş dosyalarında ilgili modülleri kullanarak koşturulmuştur.

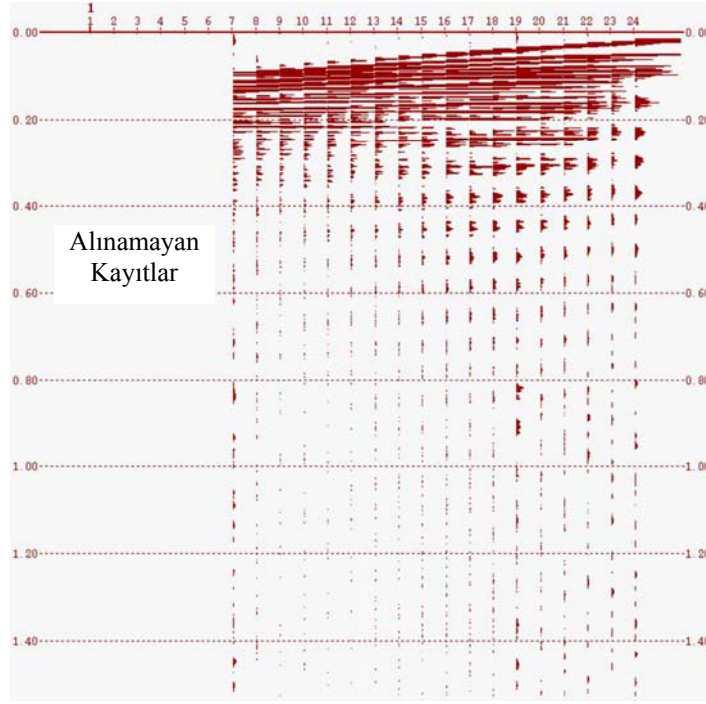
2.2.2 Atış - Alıcı Geometrisi

Veri işlem basamaklarının temel adımlarından biri atış-alıcı geometrisinin tanımlanmasıdır. Bir bölgenin sismik veri işlem çalışmalarına başlarken o bölgeye ait bilgilerin depolanacağı modelleri veri tabanında tanımlamak gerekir. Hattın sismik veri işlem basamakları süresince bir takım programlar bu bilgilere erişir ve yeni bilgiler yazılır.

Bu çalışmada MTA Sismik-1 gemisinde koordinatların belirlendiği DGPS sisteminde zaman zaman problemler yaşandığı için atış ve alıcıların tümünün gerçek koordinat bilgisini kullanmak yerine hatta giriş-çıkış koordinatlarını doğru olarak belirleyip atış aralığı, alıcı grup aralığı ve ofset değerlerini hesaba katarak bağıl bir koordinat sistemi oluşturulmuştur.

Atış ve kayıtçı çizelgelerinde atış kaçıp kaçmadığına dair bilgiler dikkatle gözden geçirilmiş, en sık karşılaşılan problemlerden biri olan atış yapıldığı halde kayıtçı tarafından yazılamama durumu ve atış yapılması gereken yerde atış yapılmamış olması istasyon numaralandırmasında göz önüne alınmıştır. Bu çalışmada alıcı kanal sayısı 24 olarak seçilmesine rağmen ilk 6 kanalda atış kaydedilememiştir (Şekil 2.3). Disco/Focus programının Edit modülünde Sel komutu kullanılarak veride kayıt edilemeyen ilk 6 kanalın sıfırlanması gerçekleştirilmiştir. Verileri 18 kanallı olarak yeniden tanımlamak için If, Headput modülü ile birlikte input komutu yardımıyla verinin 7. izden başlayan kaydı 1’e ve 24. izdeki kaydı da 18 nolu ize atanmıştır. Kayıtlardaki eksik atışlar kontrol edilip Disco/Focus’un formatına uygun hale getirildikten sonra atış alıcı geometrisini düzenleme aşamasına gelinir. Disco/Focus’un iş dosyasında genelde denizde yapılan çalışmalar için kullanılan

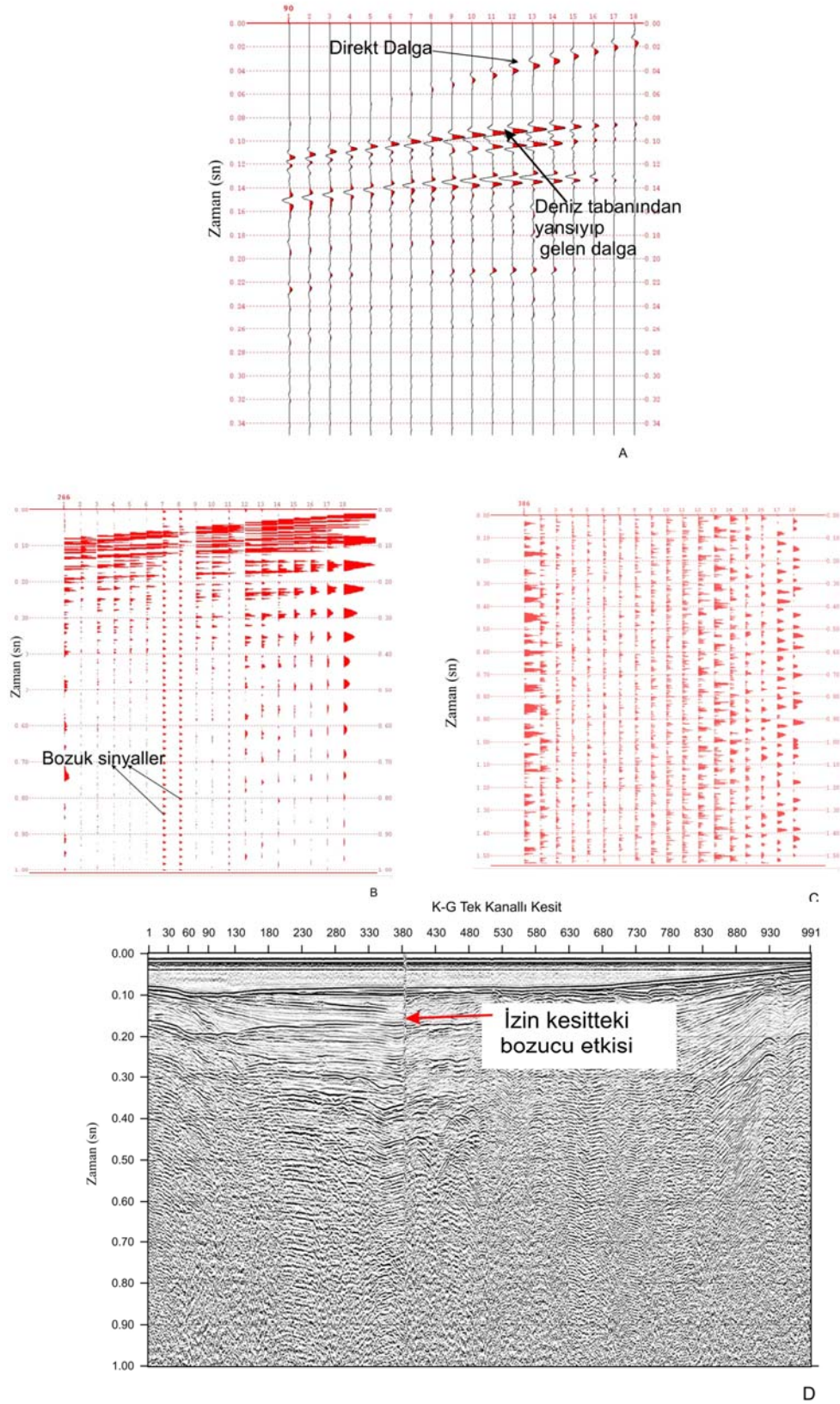
Marine modülü ile hattın geometrisi oluşturulur. *Marine* modülünde sismik hatta kaç atış yapıldığı, kaç kanallı olduğu, kayıda en yakın kanal numarası, ofset aralığı, alıcı aralığı, atış aralığı ve ilk atış başlangıç numarası bilgileri verilerek tanımlama yapılır. *Profile* modülü ise sismik veri tabanına yazılan hattın geometrisine ait bilgileri sismik iz başlıklarına aktarır. Her hat için farklı olan bu bilgiler iş dosyasına girilir, Disco ile koşturulur. Böylece tüm hatlar için geometri düzenlenir.



Şekil 2.3 Bir sismik atış örneği. Dikkat edilecek olursa atışın ilk 6 kanalına ait kayıtlar alınmamıştır.

2.2.3 İstenmeyen Kalitedeki Sismik İzlerin Ayıklanması

Elde edilen kayıtlardaki tüm sismik izler istenilen koşulları taşımayabilir ve bir ayıklama işlemine gerek duyulur. Ayıklama işi bir atışın tümü veya izlerin bir kısmının sıfır genlikli alınması şeklinde olabilir. Yapılan bu işleme sismik izlerin ayıklanması adı verilir. Kullanılan Disco/Focus programı ile hatlardaki tüm atışlar ekranda incelenir ve istenmeyen kalitedeki izler tesbit edilir. Edit modülünün *All* komutu yardımıyla tespit olunan izlerin tamamıyla kaldırılması yada sıfırlanması sağlanır. Şekil 2.4 (A)'da istenilen kalitede bir sismik atış kaydı yer almaktadır. Şekil 2.4 (B)'de bozuk atış içeren bir sismik atış kaydı yer almaktadır. Şekil 2.4 (C)'de tüm izleri bozuk olan bir sismik atış kaydı, Şekil 2.4 (D)'de bozuk olan izlerin tek kanallı sismik kesitlerdeki bozucu etkisi görülmektedir.



Şekil 2.4 (A) Normal bir atış kaydı, **(B)** Bozuk iz içeren bir sismik atış kaydı, **(C)** tüm izleri bozuk olan bir atış kaydı ve **(D)** tek kanallı sismik kesitte bozuk izlerin etkisi

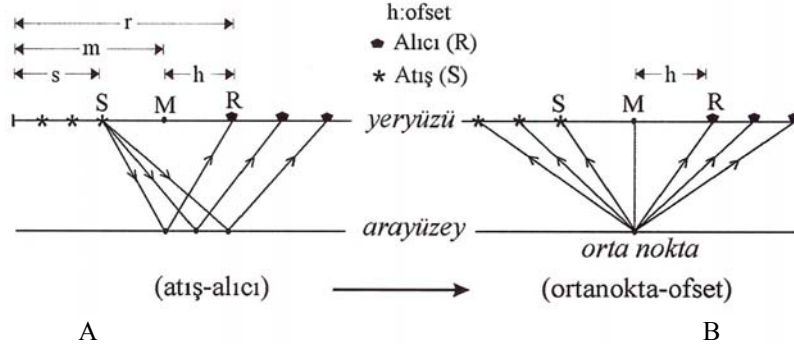
2.2.4 Atış düzeninden ortak yansıma düzenine geçilmesi

Atış düzeninden ortak yansıma düzenine geçişin (CMP) ilk temelleri 1957 yılında ortaya konmuştur. Yüksek genlikli ve düzenli gürültülerin sönümlenmesi, çok noktalı kaynak ve alıcı düzenleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Alıcılara gelen yansıma sinyalleri genellikle zayıf olduklarından, hem bu sinyalleri kuvvetlendirmek hem de kaynak-alıcı düzenlerinin bastıramadığı ardışık yansımaları (multiples) sönümlemek için “ortak yansıma noktası atış (common midpoint shooting) tekniği” veya çok katlamalı sismik kullanılır. Şekil 2.5 (A)’da farklı atış-alıcı çiftlerinden oluşan atış verisi, Şekil 2.5 (B)’de ise yeraltında aynı noktadan gelen sinyaller CMP veri grubunu oluşturur.

CMP tekniğinde atış-alıcı düzeninin her atış için kaydırılmasıyla aynı yansıma noktası belirli sıklıkla taranmış olur. Bu taranma sonucu aynı litolojik yapıya sahip olan ara yüzeyin yansıma noktalarından olan izler kayıt edilir. Bu yansıma noktalarına ortak derinlik noktası (common depth point–CDP) denir. Atış düzenindeki veriden aynı yansıma noktalarından olan izleri alıp derleme ve yansıma noktalarına ortak bir derinlik noktası verme işlemine sınıflama (sort) denir. Daha açık bir deyişle sort işleminde ortak atış düzeninden ortak derinlik noktası düzenine geçiş sağlanır. Aynı ortak derinlik noktasından kaç ışın yansımış ise bu sayıya katlanma (fold) denir, k ile ifade edilir aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır:

$$k = (\text{grup aralığı} \times \text{kanal sayısı}) / (2 \times \text{atış aralığı}) \quad (2.1)$$

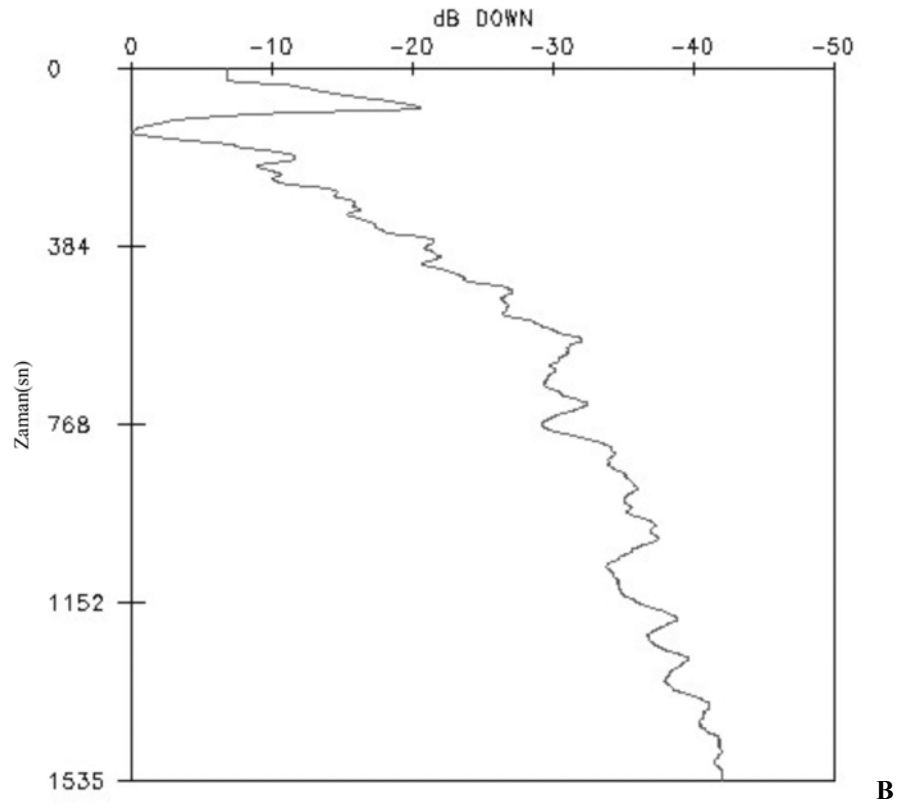
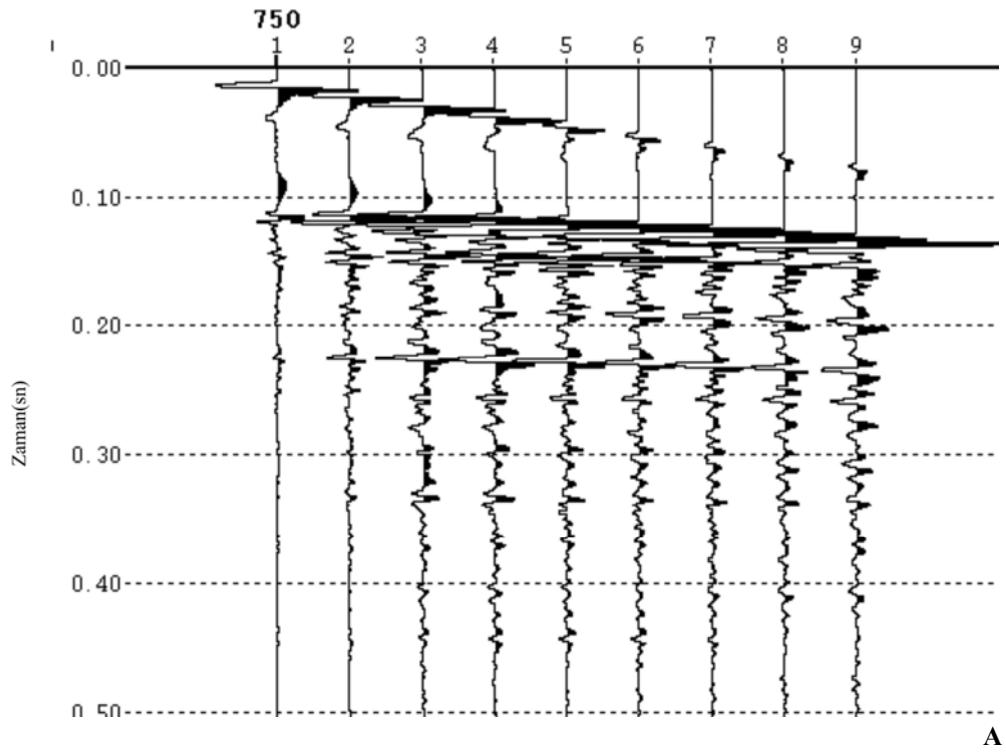
Bu çalışmada katlama sayısı 9 dur. Fakat bazı hatlardaki atış aralığı 12.5 m olduğundan katlama sayısı 5’e düşmektedir. Buradan çıkan sonuç şudur ki, katlama sayısı sistemin kanal sayısına, grup aralığına ve atış aralığına bağlıdır (Denklem 2.1). CDP’leri oluşturmak için Disco/Focus programının *Sort* modülüne katlama sayısı ve pencere (katlama sayısının kanal sayısı ile çarpımından oluşan değere 1 eklenmesi ile elde edilir) bilgileri girilir ve program dosyasının koşturulmasıyla hat boyunca oluşan tüm CDP veri grupları yanyana dizilir. Bu aşamadan sonra veri hız analizi, NMO düzeltmeleri, migrasyon ve diğer işlemler için hazır hale gelir.



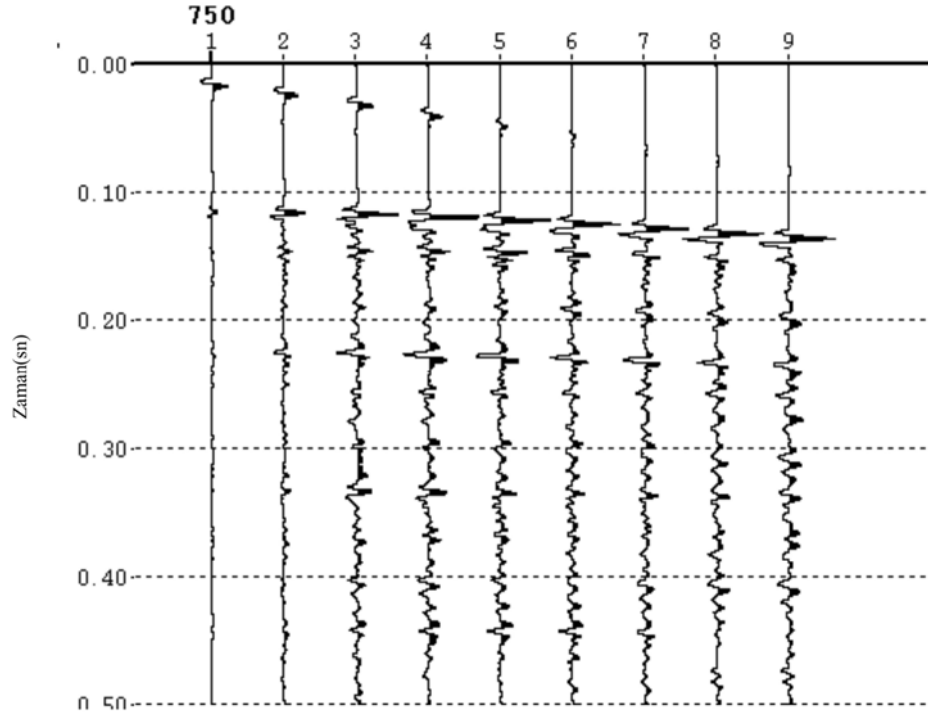
Şekil 2.5 Atış-alıcı koordinatlarından orta nokta-ofset koordinatlarına dönüşümü gösteren şekil. Bu dönüşüm sonucu her sismik iz bu ize eşlik eden atış ve alıcının orta noktasındaki koordinatlara atanır. Aynı orta noktaya sahip izler birlikte gruplanarak bir CMP topluluğu oluştururlar. Şekilde s, m ve r sırasıyla atış, orta nokta ve alıcının referans seviyesine olan uzaklığını verir (Kurt, 2000).

2.2.5 Genlik Kazancı Uygulaması (Gain)

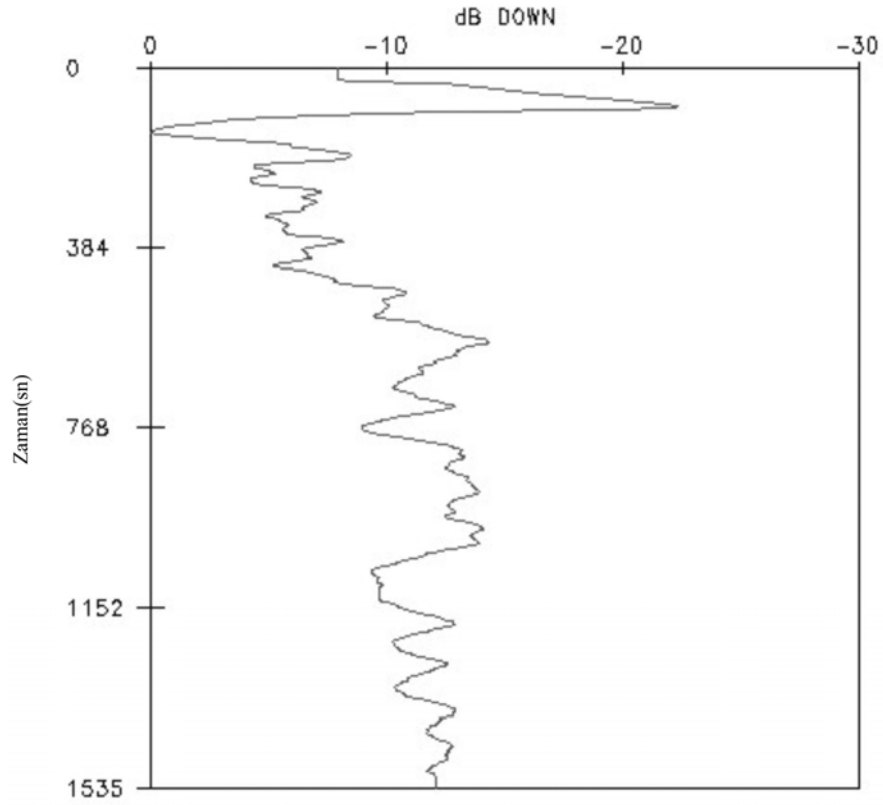
Bir sismik kaynaktan çıkan elastik dalgalar yer içerisinde dalga cepheleri oluşturacak biçimde yayılırlar. Bu geometrik açılamdan kaynaklanan genlik dalganın yayıldığı uzaklığın karesi (r^2) ile doğru orantılı olarak azalır. Ayrıca dalganın frekans içeriği derinlere doğru soğrulmaya bağlı değişimlerden etkilenir. Çalışmada CDP verilerine küresel saçılıma bağlı olarak üstel bir genlik kurtarımı uygulanmıştır. Tek kanallı sismik kesitlerdeki yapılar incelenerek değişim gösteren alanlar belirlenmiş ve ilgili CDP aralıklarına Focus'un interaktif bölümünde üstel genlik azalımını kurtarmak için belirli zaman pencereleri ile uygulanacak genlik değerleri seçilir. İş dosyasında *Gain* modülü genlik değerleri arasında üstel interpolasyon yaparak zamana göre değişen bir genlik ölçekleme fonksiyonu oluşturur. Bu fonksiyon CDP kaydındaki tüm sismik izlerin örnekleri ile çarparak genliklerde ölçekleme işlemi yapar. Şekil 2.6 (A)'da verinin genlik değişimi uygulanmadan önceki görüntüsü ve Şekil 2.6 (B)'de zaman-desibel grafiği görülmektedir. Genlik analizi incelendiğinde zaman içinde üstel bir azalım gözlenir. Şekil 2.7 (A)'da genlik değişimi uygulanmış verinin görüntüsü 2.7 (B)'de ise genlik değişimi uygulanmış verinin zaman-desibel grafiği yer almaktadır. Genlik yaklaşık (-10) db civarında dengelenerek düzenlenmiştir.



Şekil 2-6 (A) İzmit Körfezi'nin 67 no'lu sismik hattına ait 750 nolu CDP verisinin genlik düzeltmesi uygulanmadan önceki görüntüsü. **(B)** Genlik düzeltmesi uygulanmadan önce zaman-desibel grafiği.



A



B

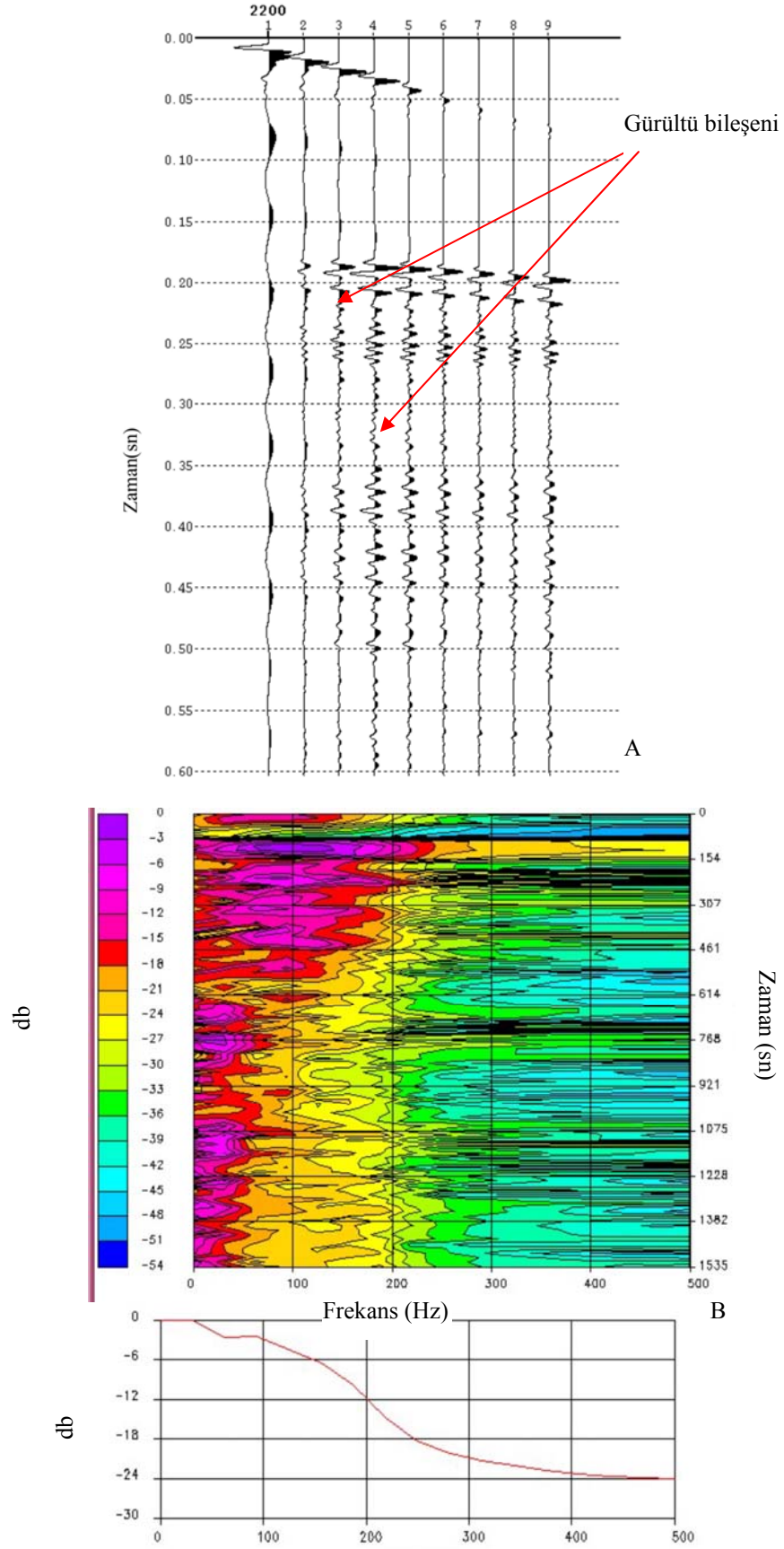
Şekil 2-7 (A) İzmit Körfezinin 67 nolu hat, 750 nolu CDP verisinin genlik düzeltmesi yapıldıktan sonraki görüntüsü **(B)** Genlik düzeltmesi uygulandıktan sonra zaman-desibel grafiği. Dikkat edilirse genlikler yaklaşık (-10) dB civarında dengelenerek düzenlenmiştir.

2.2.6 Filtreleme

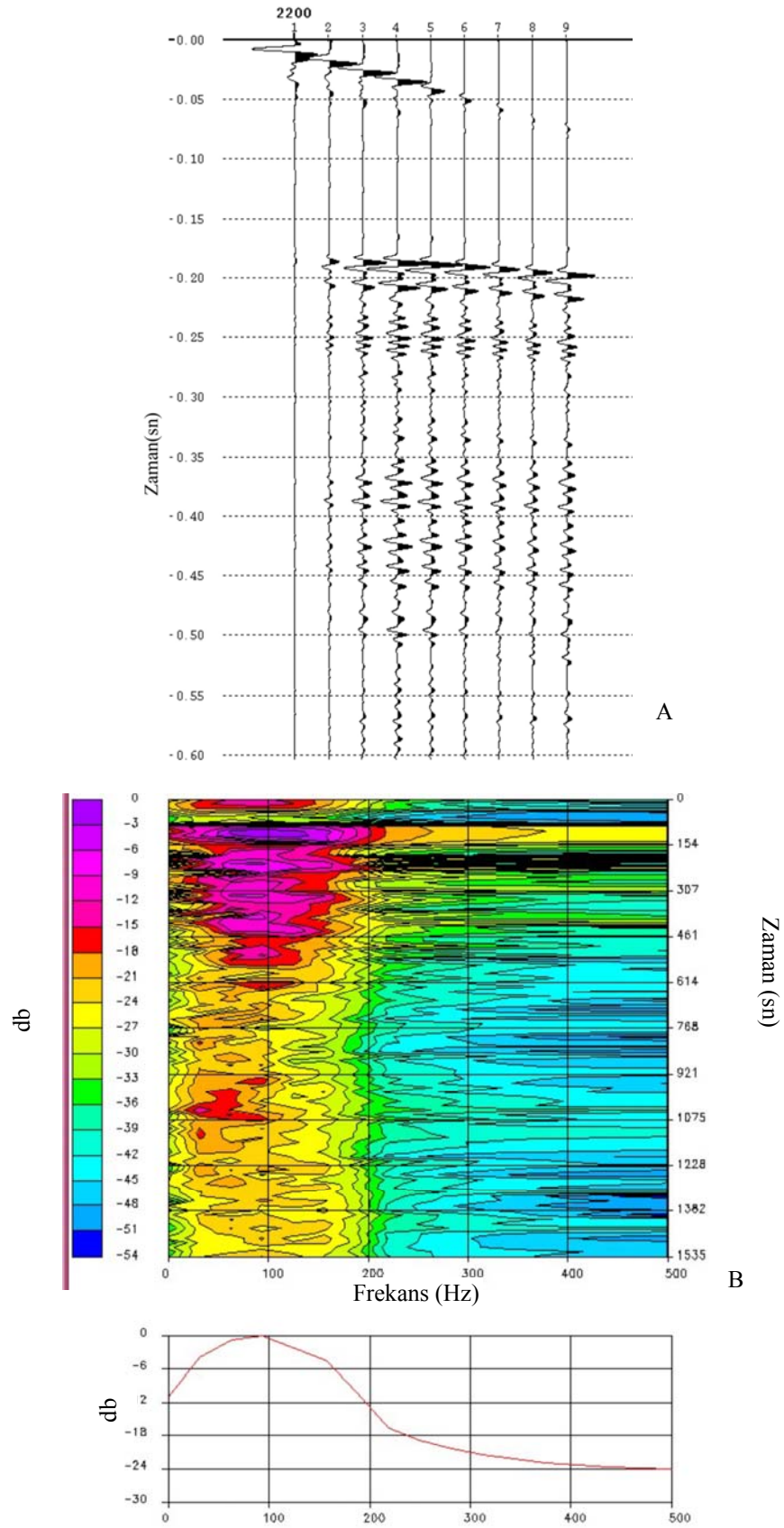
Filtrelemede amaç kaynak dalgacığının içerdiği frekansların dışında kalan ve çoğunlukla istenmeyen frekans bileşenlerini sönmölemektedir. Filtreleme ile veri niteliğı düzeltilmiş, gürültüler içine gizlenmiş sinyal açığa çıkmış, yani sinyal/gürültü oranının artırılması sağlanmış olur. Verideki yüksek ve düşük frekanslardaki gürültüleri azaltmak için band geçişli filtreleme yapılmıştır. Bunu belirlemek için Disco/Focus interaktif ekranında verilerin frekans analizleri incelenerek baskın frekans, gürültü frekans bandları etkileşimli olarak belirlenir. Bu analizden F1, F2, F3 ve F4 olmak üzere dört tane frekans değeri belirlenir. Uygulamada bir cosinüs penceresi yardımıyla yumuşatılarak uygun bir filtreleme yapılmıştır. Filtreleme sonucunda seçilen aralıktaki tüm frekanslar veriden süzölür bunun dışında kalan tüm frekanslar atılır. Disco'daki *Filter* modölü yardımıyla önce uygulanan sınırlı geçişli (band pass) filtre ve daha yumuşak geçişli sağlamak içinde cosinüs pencere seçimi belirlenir. Daha sonra ise uygulanan filtre katsayı bilgileri verilir. Bu çalışmada 40-50 Hz ve 150-200 Hz değeri seçilmiştir. Şekil 2.8 (A)'da İzmit Körfezi'nin 25 nolu sismik hattına ait 2200 nolu CDP verisine filtreleme uygulananmamış hali yer almaktadır. Veride yüksek frekanslı gürültü bileşenleri görölmektedir. Şekil 2.8 (B)'de bu verinin genlik spektrum grafiğı görönlönmektedir. Şekil 2.9 (A)'da İzmit Körfezi'nin 25 no'lu sismik hattına ait 2200 nolu CDP verisine band geçişli filtreleme ile cosinüs pencerelemesi uygulandıktan sonraki görönlüsü yer almaktadır. Şekil 2.9 (B)'de ise verinin genlik spektrumu grafiğı görölmektedir.

2.2.7 Hız Analizi

Tabakanının doğru hızını bulmak, gerek kaliteli kesit elde etmek gerekse doğru derinlik ve zaman tahmini açısından önemlidir. Joefizik'te kullanılan hız kavramları birbirine bağılı olmakla birlikte, hesap şekilleri farklı olup işlemlerde de farklı uygulama alanı bulurlar. Açılım kayma düzeltmesi (NMO), migrasyon, derinlik dönüşümü yapabilmek için doğru hız bilgilerine ihtiyaç vardır. Bunun için Disco/Focus programında interaktif bölümünde belirlenmiş olan CDP aralıklarında hız analizi incelemesi yapılır. İzlere uygun hiperbol modelleri belirlenerek o katman için uygun hız değeri tayin edilir. Bu tayin edilen hız değeri *VELDEFN* dosyası olarak kayıt edilir, ileri aşamalarda çağrılarak kullanılır. Burada tabaka serilerinin zaman ağırlıklı karakök hızı olan RMS hızları kullanılır.



Şekil 2-8 (A) İzmit Körfezi'nin 25 nolu sismik hattına ait 2200 nolu CDP verisine filtreleme uygulanmamış hali (veride yüksek frekanslı gürültü bileşenleri görülmektedir). **(B)**'de bu verinin genlik spektrum analizi sonucu görüntülenmiştir.



Şekil 2-9 A İzmit Körfezi'nin 25 no'lu sismik hattına ait 2200 nolu CDP verisine band geçişli filtreleme ile cosinüs pencerelememesi uygulandıktan sonraki görüntüsü. (B)'de ise verinin genlik spektrumu gözlenmektedir.

Bir anlamda NMO hızının özel bir şeklidir. Kaynak ve alıcı arasındaki mesafe (offset) küçük ise hesaplanan NMO hızı RMS hızına yaklaşır. Bu nedenle çok sık olarak RMS hızı NMO hızı ile eş anlamlı kullanılmaktadır. Ayrıca yığma genliği kesitlerinden de yararlanılmıştır. Yığılmış genlik hesabı (2.2) denkleminde verilmiştir.

$$S_t = \sum_{i=1}^N f_{i,t(i)} \quad (2.2)$$

N, CDP topluluğundaki iz sayısı; $f_{i,t(i)}$, i. izdeki ve t(i) gidiş-geliş zamanındaki genlik değeridir. Dalgacığın gidiş geliş zamanı olan t(i), formül (2.3) deki denklemden hesaplanır.

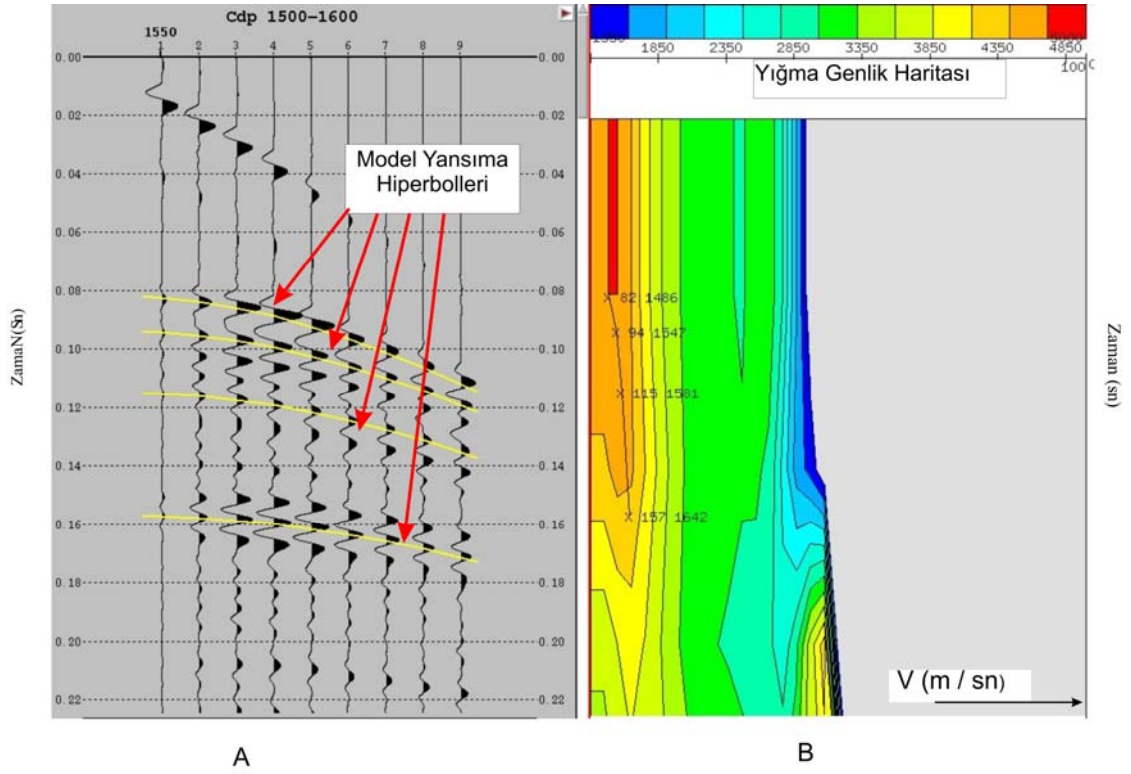
$$t^2(i) = t_0^2 + \frac{x^2}{v^2} \quad (2.3)$$

Yığma genlik değerleri uygun sismik hız ile oluşturulan hiperbol boyunca $f_{i,t(i)}$ genlikleri toplanarak bulunur. Yığma genlik değerleri hız ve zamanın fonksiyonu olarak konturlanır. Şekil 2.10 A’da CDP verilerinde yatay eksen ofset, düşey eksen zaman olmak üzere bir çok arayüzeyden gelen yansımalarla ait hiperboller vardır. Derin zamanlarda ise CDP verisinde hiperboller yataya yakın hal almaktadır. **B** de ise yığma genlik değerlerinin hız ve zamanın fonksiyonu olarak konturlanmış hali gösterilmiştir.

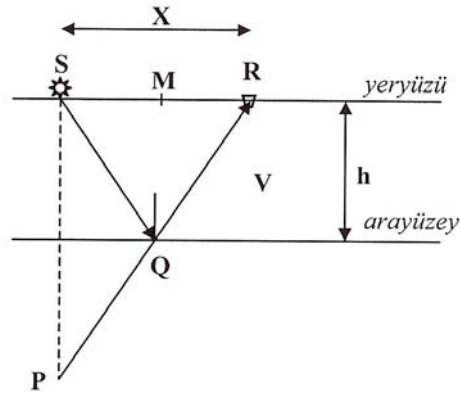
2.2.8 Normal Kayma Zamanı Düzeltmesi

NMO düzeltmesinin amacı, geometrik yerleri bir hiperbol olan sismik yansımaların, gecikme zamanlarının giderilip, geometrik yerlerinin bir doğru boyunca tanımlanması ve böylece ofset kaynaklı zaman gecikmesinin giderilmesidir. Tekrarlı yansımaların ve yansıma sinyallerinin zaman-uzaklık eğrilerinin birbirinden farklı olmasından yararlanılarak gürültülerin bastırılması ve sinyal/gürültü oranının artırılması normal kayma zamanı düzeltmesi ile olur.

Şekil 2.11’de sismik ışının yatay tabakalı bir ortamda izlediği yolun geometrisi görülmektedir. PQ, RQ ve SQ yolları birbirine eşittir ve M orta nokta koordinatını göstermektedir (McQuillin ve diğ., 1984). Atış noktasından alıcıya geliş zamanı x uzaklığının fonksiyonu 2.4 denkleminde görüldüğü gibi ifade edilir.



Şekil 2-10 İzmit Körfezi'nde 1 nolu hattın 1550 nolu CDP verisine ait Disco/Focus'un interaktif ortamından yaralanarak belirlenmiş hız analizi uygulaması. (A) Hız analizi yapılacak CDP verisinde tabaka hızları için seçilmiş model yansıma hiperbollerini sarı renkte seçilmiştir. (B) Yatay eksen hız, düşey eksen zamanı gösterirken yığma genlik değerleri konturlanır.



Şekil 2-11 Sismik ışının yatay tabakalı bir ortamda izlediği yol (McQuillin ve diğ., 1984'den değiştirilerek alınmıştır).

2.3 nolu denklem sistemi geometrik anlamda bir hiperbolu temsil etmektedir. 2.3 nolu denkleminde t_0 dalganın arayüze dik geliş- gidiş zamanını, x atış-alıcı arasındaki uzaklığı, V ise tabakanın sismik hızını göstermektedir. Ofset etkisinin giderilerek, sismik izlerin tümünün sıfır açılıma düzeltilebilmesi için gerekli NMO düzeltme miktarını gösteren bağıntı (2.4) te verilmiştir. Bu düzeltmenin en iyi şekilde

yapılabilmesi için tabaka ait sismik hızın doğru olarak Disco/Focus'un interaktif ortamında belirlenmesi gerekmektedir.

$$\Delta t_{NMO} = \frac{x^2}{2V^2t_0} \quad (2.4)$$

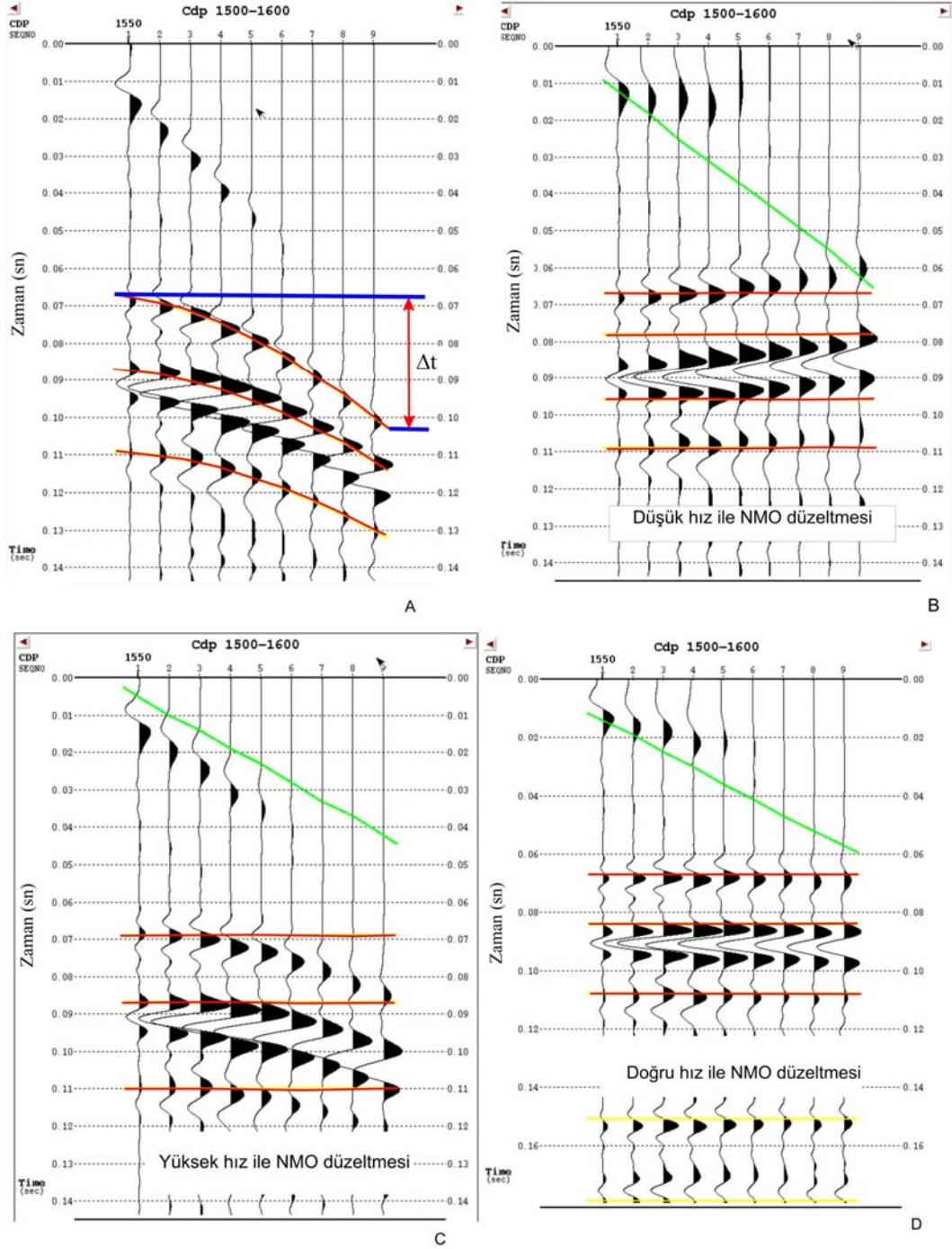
Focus'un interaktif ekranında Normal Kayma Zamanı (NMO) komutu ile bu düzeltme sağlanır. Seçilen hız değerleri doğru ise eldeki CDP grup verisi sıfır ofsetli veri grubuna dönüşür. Eğer hız olması gereken değerden küçük ise fazla düzeltme, hız olması gereken değerden büyük ise az düzeltme gerçekleşir. Bu nedenle NMO sonrasında bu hiperbollere bakılarak yanlış olan bölümler tekrar incelenir ve doğru NMO düzeltmesi bulunmaya çalışılır. Daha sonra iş dosyasında NMO modülü ilgili hız dosyası olan *VELDEFN* ile birlikte çağrılır. Şekil 2.12 (A)'da verinin NMO düzeltmesi uygulanmadan önceki görüntüsü, Şekil 2.12 (B)'de hız analizinde gereğinden düşük hızlar verildiğinde NMO sonrası veri topluğunun görüntüsü, Şekil 2.12 (C)'de hız analizinde gereğinden yüksek hızlar verildiğinde NMO sonrası veri topluğunun görüntüsü, Şekil 2.12 (D) de hız analizinde gerçek hızlar kullanıldığında NMO sonrası veri topluğunun görüntüsü verilmektedir.

2.2.9 Normal Kayma Zamanı Düzeltmesinin Bozucu Etkilerinin Giderilmesi

Sismik hızı sıfır açılım noktasına taşırken özellikle izlerin yüzeye yakın bölümlerinde NMO dan dolayı alçak frekanslarda kayma ve bozulma görülür. Uzak açılımlarda bu daha da büyüktür. Başka bir deyişle uzak ve sığ ofsetlerdeki verilerde bir genişleme olur. Birleşimi bozan başka bir engel de doğrudan alıcıya gelen sinyallerdir. Bu nedenle yığma işlemine bu tür olayları sokmak yanlış olacaktır. Bu yüzden NMO düzeltmesinden sonra Mute veri işlem adımı uygulanır. Bu çalışmada Focus'un interaktif ekranında CDP verileri incelendiğinde doğrudan gelen sinyaller bileşimi bozan etki yapmadığından bu düzeltmenin yapılmasına gerek duyulmamıştır.

2.2.10 Sismik Yığma

CDP yansıma noktası izlerinin NMO düzeltmesinden sonra toplanarak tek iz haline getirilmesine yığma (stack) işlemi denir. Yığma kesitleri sinyal/gürültü oranının



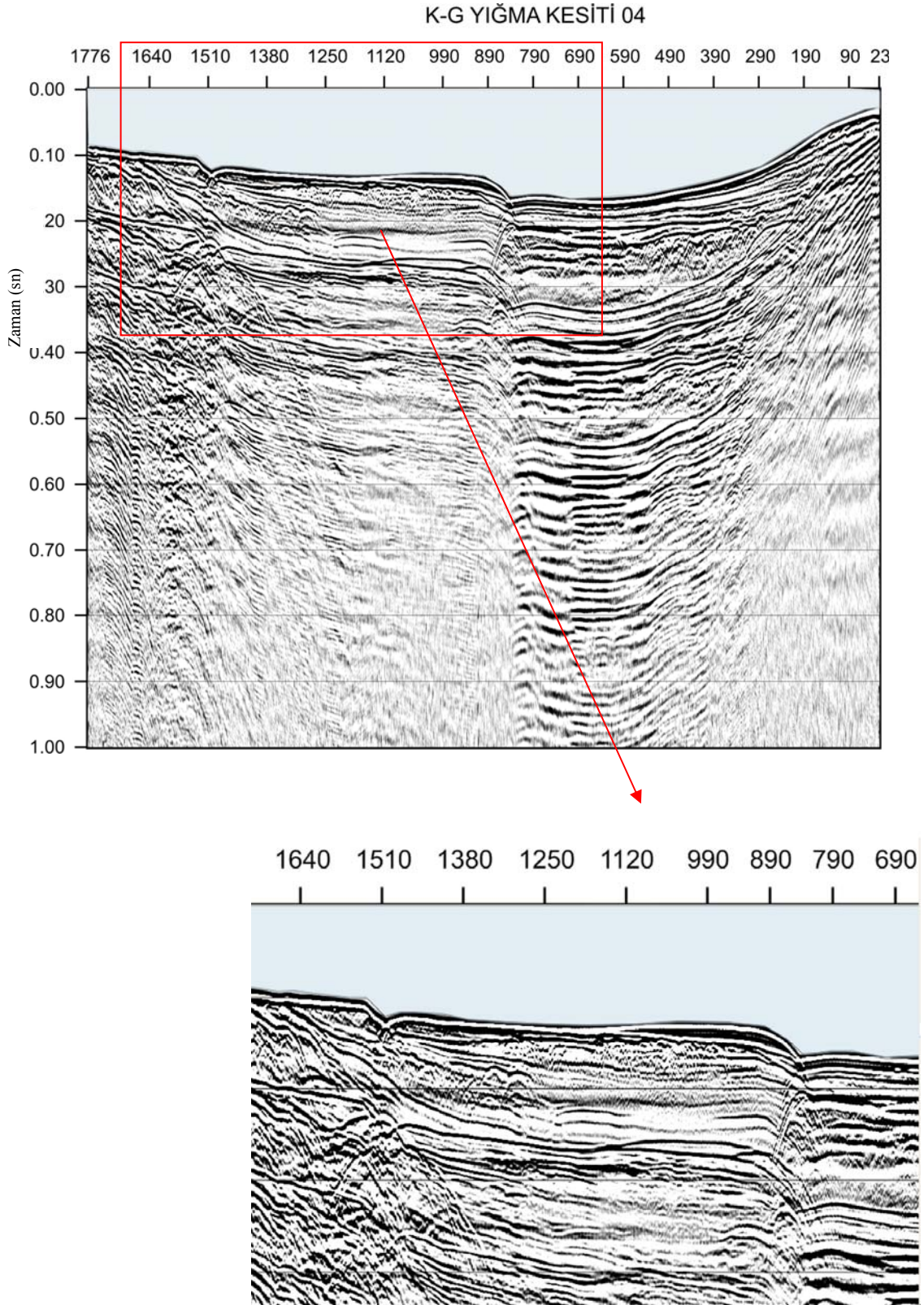
Şekil 2-12 İzmit Körfezi'nin 1 nolu hatın 1550 CDP verisine uygulanan NMO düzeltmesini gösteren şekil. (A) NMO düzeltmesi öncesi CDP verisi. (B) Normal değerinden daha düşük hız ile NMO düzeltmesi. (C) Normal değerinden dahay yüksek hız kullanılarak yapılan NMO düzeltmesi. (D) Doğru hız kullanılarak yapılan NMO düzeltmesi.

artırılması ve yanal sürekliliğin belirginleşmesi açısından büyük önem taşır. Yığma işlemiyle yapılmak istenen kaynak alıcı uzaklıklarını sıfıra götürecek bir işlemle tüm kaynak ve alıcıları sıfır noktasına toplamaktır. Bu nedenle NMO düzeltmesi yapılarak bütün izler sıfır ofsetli bir şekle getirilerek bir düşey T zamanına indirgenir. Daha sonra aynı zamanlı genlikleri toplanarak yığılmış izler elde edilir. Açılan iş dosyasında STACK modülü ile birlikte katlama sayısı girilir. Sismik hat üzerindeki her CDP kaydındaki sismik izler kendi içinde yanyana getirilerek toplanır. Her bir CDP noktasına ait birer sismik iz elde edilir. Yığma sonrası her izde sinyal aynı fakat gelişi güzel gürültü olduğundan toplama sonucu sinyal/gürültü oranı artacaktır. Yığma kesitlerinde tekrarlı yansımaları azaltması açısından yararlı olacaktır. Tekrarlı yansımalar NMO düzeltmesi için daha düşük hız gerektirdiğinden bu işlem sonucunda tekrarlı yansımalar aynı hizaya dizilmez ve toplama (stack) sonucu azalır. Yığma sonrası bilindiği üzere jeolojik yapı ile ilişkili sismik yapı ortaya çıkar. Yığma kesitlerinde eğimli tabakalar olduğundan daha az eğimli gözükürler. Şekil 2.13'te yığma sonrası sismik kesit görülmektedir. Kesitte yeraltındaki süreksizlikler ve devamlılıkları, yapısal unsurlar (faylar, kıvrımlanmalar v.b.), yansıma sinyallerinin oluşturduğu tüm seviyeler izlenebilmektedir. Verinin toplandığı hat boyunca yer altındaki yapının iki boyutlu görüntüsünü tanımlayan bu kesitte derinlik eksenini zaman cinsindendir.

2.2.11 Ters Evrişim

Tekrarlı yansımaları gidermek için ters evrişim işlemi (deconvolution) uygulanır. Temel amaç sismik sinyali bileşenlerine ayırıp yer içini temsil eden yansıma katsayılarını elde etmektir. Ters evrişim işlemi sismik dalgacığı daha kısa ve tercihen sıfır fazlı bir dalgacık şekline dönüştürmek, dolayısıyla düşey çözünürlüğü arttırmak, ve/veya uzun periyotlu istenmeyen dalgaları yok etmek amacı ile uygulanır.

Bir sismik iz incelendiğinde yerin sığ bölgelerinin filtreleme özelliğinden dolayı kendini tekrarlayan veya rezonans özelliği taşıyan olaylar gözlemlenir. Tekrarlamanın periyodu küçüldükçe sismik iz tek frekanslı sinüsoide yaklaşır. Böyle bir izde geçmişteki değerlere bakılacak olursa gelecekteki değerlerin ne olacağını kestirebilmek kolay olacaktır. Sismik izde geçmiş ve gelecek değerleri arasındaki ilişkiyi verecek bir fonksiyon olduğu görülür. Gelecek bilgiler daha sığdaki



Şekil 2.13 Sismik yığma sonrası bir kesit görüntüsü

tabakalardan kaynaklanmaktadır. Yani sismik izin tahmin edilebilir kısmı istenmeyen bir olaydır. Ortadan kaldırıldığında faydalı bilgiye ulaşılır. Bunun için “önkestirme ters evrişim” uygulanır. Bu bir filtreleme işlemidir. Filtreleme ile istenen çıkışa yakın

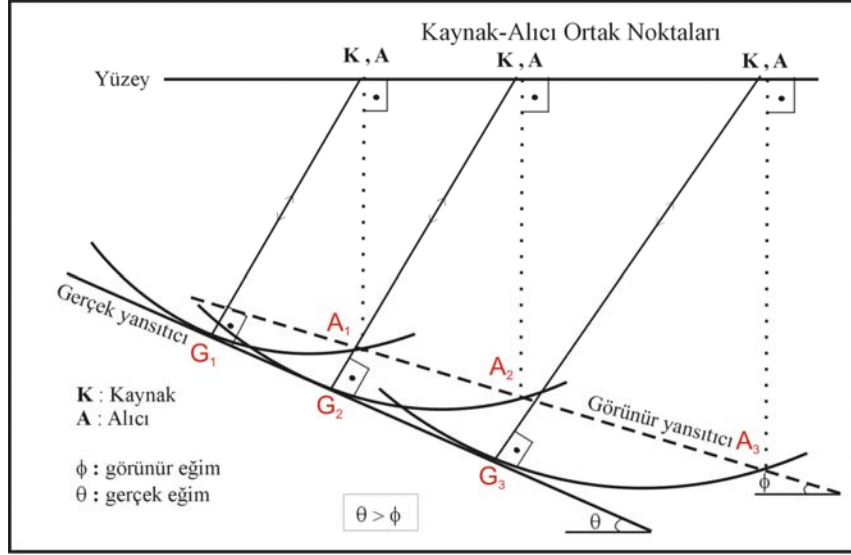
çıkış elde edilir. Özellikle sığ derinliklerde ve yapının eğimli olduğu yerlerde tekrarlı yansımalar giderilememektedir. İş dosyasında DECON modülü ve spike parametresi yardımıyla iğnecikleştirme işlemi gerçekleştirilmeye çalışılmış, ancak tekrarlı yansımalar giderilememiştir.

2.2.12 Sismik Göç

Veri işlemde sismik olayların gerçek yerine taşınması olayına göç (migrasyon) denir. Yansıma yüzeyi yatay ise yığma kesiti gerçek yapıyı yansıtır ancak yüzey eğimli veya öndüasyonlu ise sismik kesitlerde görülen jeolojik olaylar farklı koordinatlardadırlar. Yığma kesitinde yükselim gösteren yapılar daha geniş görünürler.

Sismik kesitlerde bütün olgular düşey geliş-gidiş düzlemi üzerinde tanımlanırlar (Şekil 2.14) Bu olguların gerçek izleri yansıtıcı yüzey üzerinde gelişen dalga cephesine diktir. Bu sebeple dalga cephelerinin zarfı, bu yansıtıcı yüzeyin kendisini, başka bir ifade ile gerçek yerini verecektir. Şekil 2.14'te bu basit teori şekil yardımıyla açıklanmaktadır. Migrasyon kaydedilmiş olan enerjileri eğim yukarı kaydırır ve dikleştirir. Antiklinalleri olduğundan daha dar ve de senklinalleri daha geniş gösterir. Bu özellik eğimli yüzeylerden (flanklar) yansıyan enerjilerin migrasyon işlemi sebebi ile hiperbollerin tepe noktalarında toplanmasından kaynaklanır. Bu da sismik kesitlerde yanal çözüm gücünü artırır. Eğimleri belirlerken seçilen yöntemlere ve sınır değerlere dikkat edilmelidir.

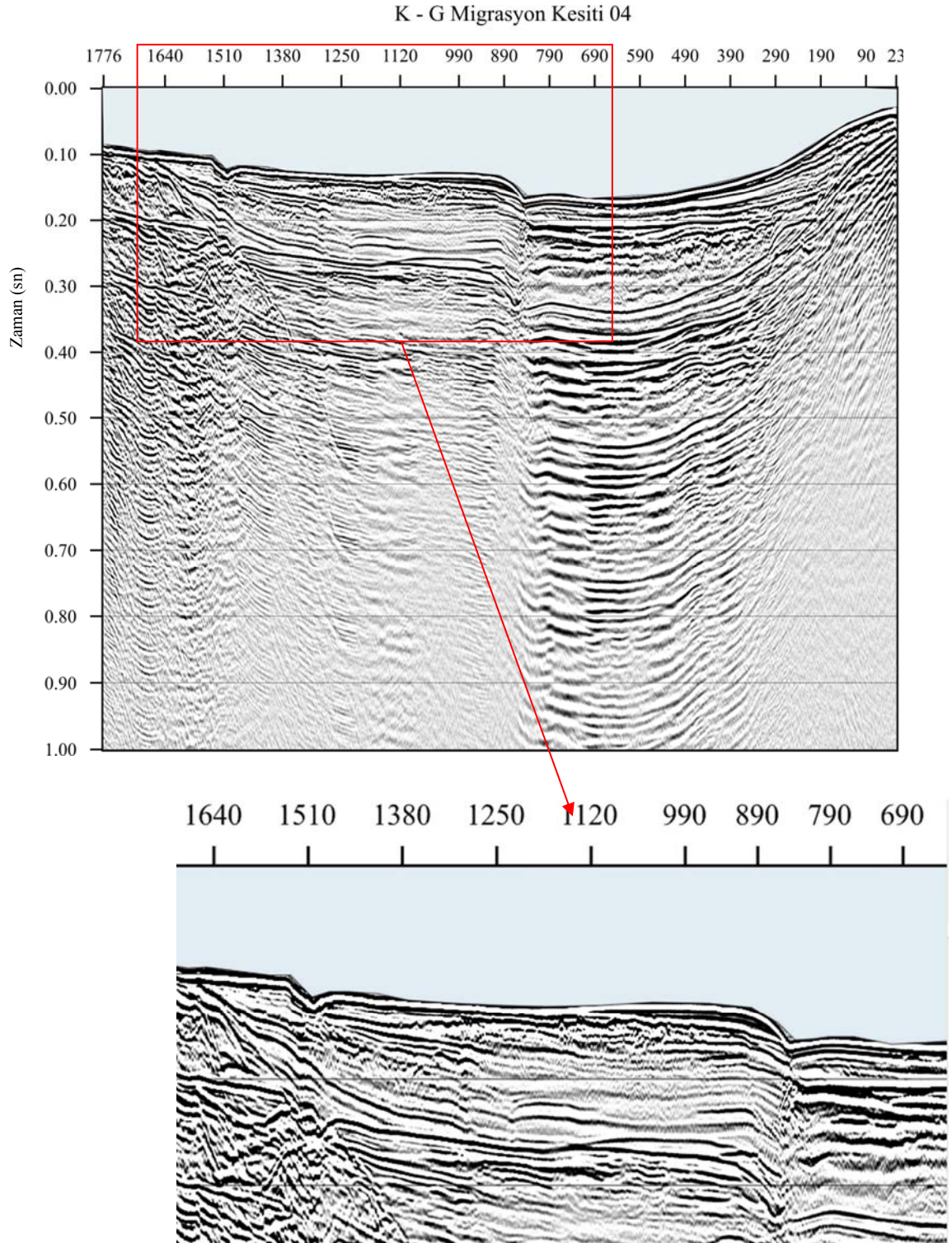
Yığma kesitinde görülen birbirine girişim yapan hiperboller birbirinden ayrılmakta ayrıca yansıtıcının geometrisinden dolayı sismik kesitte genlik azalmaları veya çoğalmaları düzelmekte ve diğer taraftan dalgacığın genlik, frekans ve faz bilgisi korunmaktadır. Sismik kesitlere zaman ve derinlik ortamında olmak üzere iki farklı göç işlemi uygulanabilir. Zaman göçünde düşey eksen zamanı, derinlik göçünde ise derinliği ifade eder. Sismik göçü doğru bir şekilde uygulayabilmek için hız değerlerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir.



Şekil 2.14 Eğimli yüzeyin göç işlemi sonrası yerleri, A1, A2, A3 noktaları göç öncesi görünen yerleri, G1, G2, G3 göç sonrası taşınan yerleridir (İmren, 2003'ten değiştirilerek alınmıştır).

Şekil 2.15 te ki örnek sismik kesitlerde görüldüğü üzere genellikle yatay ve yataya yakın deniz tabanı morfolojisi ve tabakalanmalar, eğimli yapılarda düşük yapılı yumuşak eğimler ve bunlara bağlı daha az saçılma gözlemlenmiştir. Fayların dik veya dike yakın olması durumunda en iyi göç yöntemi sonlu farklar yöntemidir. Sonlu farklar yönteminin yatay ve düşey hız değişimlerinde diğer yöntemlere nazaran daha başarılı olduğu söylenebilir. Yöntem daha az gürültüye sebep olmaktadır. Teknik temel olarak skalar dalga denklemine sonlu farklar yöntemiyle bir yaklaşımdır. Deniz tabanının belli bir mesafesinde kaydedilmiş hiperbol eğrisi, deniz yüzeyindeki alıcıya yaklaştırılarak saçılmaların hiperbolun tepe noktasına toplanabilmesini sağlar (Yılmaz, 1987).

Kullanılan sismik veri işlem programı olan Disco/Focus'da her bir sismik hat için açılan iş dosyalarında Migrate modülü çağırılmıştır. Bu modülde her hatta ait yığma hız bilgileri dosyası, CDP aralığı, sismik hattaki en yüksek eğim (msn/iz değeri) girilmiştir. Migrate modülünün en önemli parametrelerinden biri yığma hız bilgileridir. Hızlar olması gerekenden çok yüksek verilmişse yansıma hiperbollerinde ters dönmeler ve yansımaların birbirinin içine geçme durumu olmaktadır. Bu durum genelde sismik kesitlerin derin bölgesinde kendini göstermektedir. Eğim ise sismik yığma kesitteki maksimum eğimli yapıya ait iki noktanın, milisaniye cinsinden zaman aralığının, CDP iz aralığına bölünmesi ile elde edilmiştir. Bu çalışmada eğim değeri 0.5- 4 msn/ iz arasında değişmektedir



Şekil 2.15 Göç işlemi uygulandıktan sonra kesit görüntüsü

2.2.13 Otomatik Genlik Kontrolü (AGC)

Sismik veriler, zaman eksenini boyunca dengeli bir genlik sönümü vermeyebilirler. Bu durumda genlikler zamana bağlı olarak dengelenebilirler. Bu dengeleme işlemi enerji hesabı esas alınarak yapılır. İzin bir aralıktaki ortalama genliği hesaplanır. Bu

yöntemler genellikle çok küçük pencereler içinde otomatik genlik kazancı uygulanarak yapılır. AGC yapılabilmesi için bir pencere boyunun belirlenmesi gerekir. Bu pencere uzunluğu içindeki örnekleme değerlerinin mutlak ortalaması alınarak izin belli bir seviyeye çıkartılmasını sağlayacak katsayı hesaplanır. Hesaplanan katsayı pencere uzunluğunun ortasına rastlayan değer ile çarpılır. Bu işlem bir örnek aralığı kaydırılarak yapılır. Bütün izlere uygulandığında enerji seviyelerinde homojen bir dağılım gösterir.

2.3 Sismik Verilerde Ayrımlılık

Yeraltı ile ilgili doğru bilgi edinebilmek ve yorum yapabilmek için verinin sahip olduğu ayrımlılık özelliği kullanılır. Sismik verilerde ayrımlılık düşey ve yanal ayrımlılık olmak üzere ikiye ayrılır. Bu iki ayrımlılık frekans band genişliğine bağlıdır ve yer altında iki noktanın birbirinden nasıl ayırt edilebileceğinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır.

2.3.1 Düşey Ayrımlılık

Sismik kesitlerde ayırd edilebilecek en ince tabaka kalınlığı düşey ayrımlık ile hesaplanabilir. Düşey ayrımlılık tabaka kalınlığı ve sismik dalgacığın dalga boyu ile ilişkili olarak tanımlanır. Sismik dalganın baskın dalga boyu λ , ortamın P dalgası yayılım hızı V ve baskın frekans f olmak üzere,

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (2.5)$$

şeklinde hesaplanır (Yılmaz, 1987).

Derinlere inildikçe düşey ayrımlılık azalacağından dalga boyu $\lambda/4$ 'den daha ince tabakaların ayrımlığı güçleşmektedir. Düşey ayrımlılığın arttırılması, yığma kesitindeki baskın frekansın artırılmasıyla ve frekans bandının genişlemesiyle olabilir. Ayrıca ters evrişim uygulaması ile de ayrımlılık artırması sağlanabilir.

Buna göre, İzmit Körfezi'nde deniz tabanına yakın bölgelerde düşey ayrımlılık değeri 7.5 m, 1sn'lerde ise 15m olarak belirlenmektedir.

2.3.2 Yanal Ayrımlılık

Yeraltında yatay konumda yanyana durmakta olan iki noktanın, birbirlerinden ayırt edilebilme ölçüsüdür. Küresel dalga cephesinin yatay bir düzleme çarpması sonucu

kapladığı dairesel alanın yarıçapı ile ilişkili olan Fresnel Zonu, yatay ayrımlılığın bir ölçütüdür. Fresnel Zonu'nun yarıçapı “r” , aşağıda verilen 2.6 nolu denklemiyle hesaplanabilir (Yılmaz, 1987). Denklemden V ara yüzeye kadar olan P dalgası yayılım hızını, f baskın frekansı ve t₀'da sismik dalganın düşey gidiş-geliş zamanını göstermektedir.

$$r = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{t_0}{f}} \quad (2.6)$$

Fresnel Zonu'nun yarıçapı, tabakadaki dalga yayılım hızı ve düşey gidiş geliş zamanının karekökü ile doğru orantılı iken, baskın frekansın karekökü ile ters orantılıdır. Üretilen sinyalin baskın frekans değeri arttıkça Fresnel Zonu'nun yarıçapı azalacak ve bu sayede yatay ayrımlılık artmış olacaktır.

İzmit Körfezi'nde yanal ayrımlılık deniz tabanı civarında 41 m, 1 sn'lerde ise 164 m olarak hesaplanmıştır.

3. İZMİT KÖRFEZİ VE ÇEVRESİNİN GENEL JEOLJİSİ VE SİSMİK KESİTLERİN YORUMU

3.1 İzmit Körfezinin Oluşumu

İzmit Körfezi'nin oluşumu ile ilgili ilerleyen paragraflarda verilen bilgiler Hoşgören (1995)'den alınmıştır. İzmit Körfezi çukurluğu Neojen'de oluşmaya başlamış ve Kuvaterner'deki önemli faylanmalarla son şeklini almıştır. Bugün körfezin her iki yanında nispeten daha yüksek sahalarda yer alan Miyosen yaşlı formasyonların kıvrılmış bulunmaları onların Alp orojenik hareketlere maruz kaldığını gösterir.

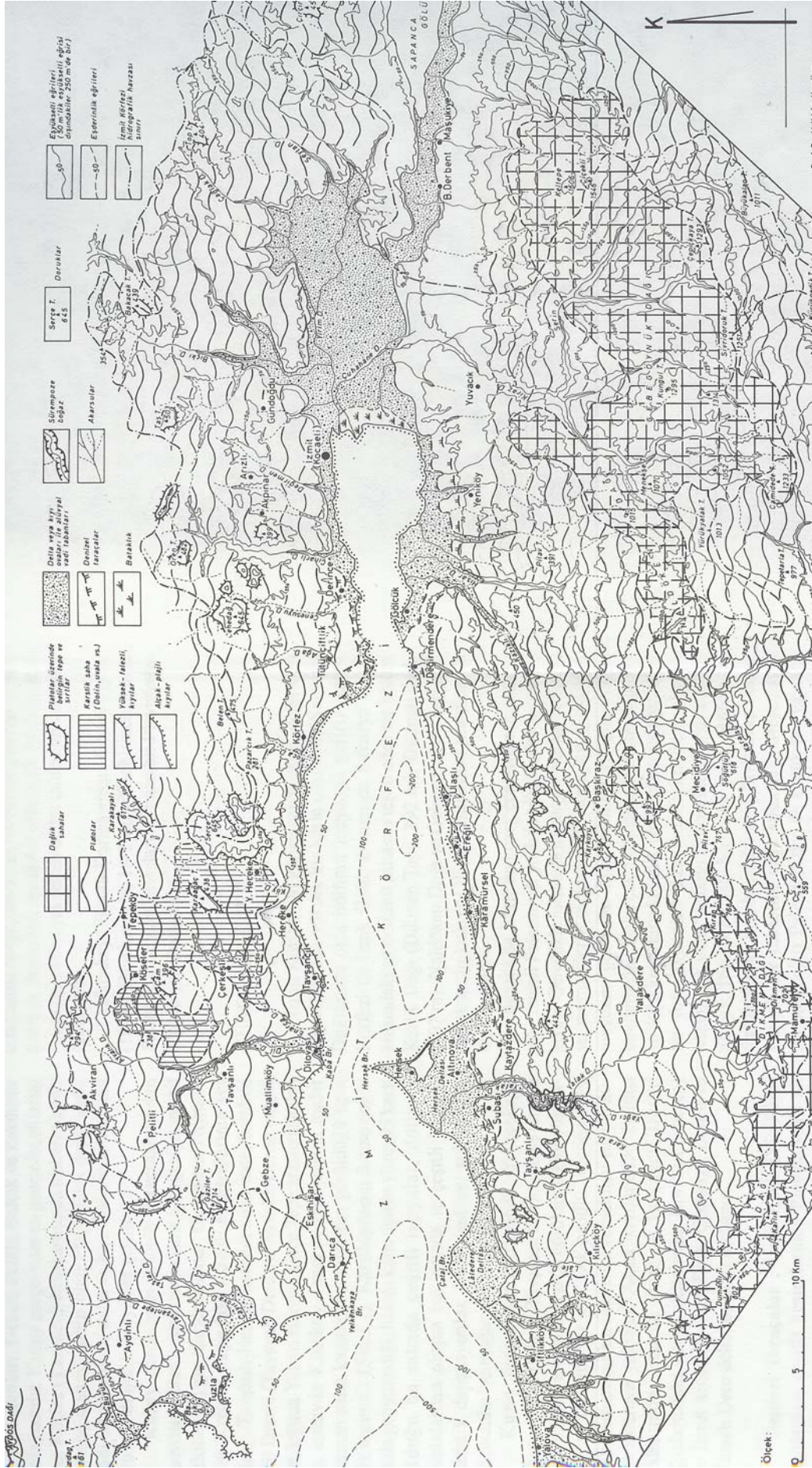
Bölge Pliyosen sonlarında aşınım sürecine girmiştir. Bu sırada nispeten yüksek kısımlar aşınım sonucu alçaltılıp düzleştirilerek yumuşak engebeli yer (peneplen) haline dönüştürülmüştür (Üst Pliyosen Penepleni). Bugün bu yapı Kocaeli Yarımadası'nda geniş bir yayılıma sahiptir. Bu peneplenin bağlanımı olan Pliyosen tabakaları ise çevresinde birikmişlerdir. Bu katmanlarda kıvrımlı yapı görülmemektedir. Tabakalar meyillenmiş ve yer yer de kırılmış olarak bulunurlar. Pliyosen katmanlarının bu özelliklerinden de anlaşılacağı gibi bölge daha sonra Post Alpin tektonik hareketlerin etkisine girmiş ve bu sırada faylanmalara maruz kalmıştır. Bunun sonucunda bugün İzmit Körfezi'nin bulunduğu kesim ile onun doğu ve batı uzantıları kuzey ve güney kenarlarındaki faylara (Kuzey Anadolu Fay Zonu'na ait faylar) bağlı olarak çökerken, her iki taraftaki Kocaeli Yarımadası ve Samanlı dağları kütlesi yükselmiştir. Böylece dar, uzun ve derin bir çöküntü hendeği (graben) olan İzmit Körfezi çukurluğu oluşmuştur. İzmit Körfezi çukurluğunun (ve Marmara Denizi çukurluğu) oluşumuna yol açan faylanmalar Hellen yitimi ile Kafkasya-Kırım yitimi arasındaki KKD–GGB yönlü bir genişleme rejimi sonucu meydana gelmişlerdir (Bargu ve Sakıncı, 1989). Genişleme değeri Kuzey Anadolu Fayı'nın çatallandığı İzmit Körfezi'nin doğusunda batıya doğru giderek artan bir özellik sunar.

Genç Pleyistosen'de bölge Akdeniz transgresyonlarına maruz kalmış; Marmara Denizi ve dolayısıyla İzmit Körfezi çukurlukları Akdeniz suları ile işgal edilerek

İzmit Körfezi meydana gelmiştir. Bugün İzmit Körfezi'nin kuzey ve güney çerçevesini oluşturan nispeten yüksek kütlelerin kenarlarında bu transgresyonlara ait denizsel depo ve taraçalar bulunmaktadır. Son olarak Flandrien transgresyonuna maruz kalan İzmit Körfezi, çevresindeki nispeten yüksek sahalardan akarsularla getirilen aşınım malzemesinin kıyılarda birikimiyle oluşan delta ve kıyı ovaları ile gittikçe daralmaktadır (Bargu ve Sakıncı, 1989).

3.2 İzmit Körfezi Çevresinde Jeomorfoloji

İzmit Körfezinin morfolojisi ile ilgili ilerleyen paragraflarda verilen bilgiler Hoşgören, (1995), Özhan ve Bayrak (1998)'den alınmıştır. Marmara Denizi'nin, kara içine doğru sokulmuş doğu-batı doğrultulu iki önemli kolundan kuzeydekini teşkil eden İzmit Körfezi morfolojik olarak incelendiğinde doğu-batı doğrultusunda üç bölüm halinde bulunduğu söylenebilir. Batıdaki yığılma konileri, iki bölüm için ayırtlayıcı unsur olan Yelkenkaya ve Çatal burnudur (Şekil 3.1). Doğudaki yükselme ise Gölcük ile Tütünçiftlik arasında konumlanır. Çöküntü alanlarına gelince; Marmara Denizi'ne geçiş oluşturan en derini Körfezin batı bölümünü oluşturur. Ortada Karamürsel çukuru olarak adlandırılan bölüm batı çukurluğuna oranla daha az derin olanıdır. Çukurluklar Miyosen sonrası faylarla biçimlenmiş tek bir çukurluk olarak alınabilir. Bu çukurluk, Dil burnu yükseltisi dışta kalmak kaydı ile, Marmara denizi yönünde eğimlidir. Graben, Gölcük ve Dil Burnu arasındaki orta bölümün güney yamacı ile Dil İskeleyi'nden Marmara Denizi'ne dek uzanan dış bölümlerin kuzey yamacı, kıyı boyu yada kıyı ötesi faylanmalar sonucunda geride kalanlara göre daha diktir. Batı bölümü güney yamacındaki düşük eğim delta ilerlemesinin ve tilting olgusunun bir sonucudur. Körfezin doğu bölümündeki kıyı kuşağında yamaç eğimi önemsenir ölçüde düşüktür. Körfez tabanı boyunca güney yamaçlar genelde kuzey yamaçlardan daha diktir. Körfez kuzeyinden Kocaeli Yarımadası, güneyinden ise Samanlı dağları ile sınırlıdır. Kuzey ve güneyde yeralan nispeten yüksek kütlelerden doğup gelen çeşitli akarsular sularını İzmit Körfezi'ne boşaltır. Kuzeyden gelen akarsular batıdan doğuya doğru, Dil Deresi (Tavşanlı Deresi), Ağa Dere, Çenesuyu Deresi, Çınarlı Dere ve Değirmendere'dir. Samanlı dağlarından batıdan doğuya doğru, Lale Dere, Yalakdere, Kızıklı Dere ve Hisar Dere gibi akarsular gelir. Körfeze dökülen akarsuların nispeten büyük olanların ağız kısımlarında kıyı ovaları ve deltalar meydana gelmiştir. Bunların en önemlileri Yalakdere ağızındaki Hersek



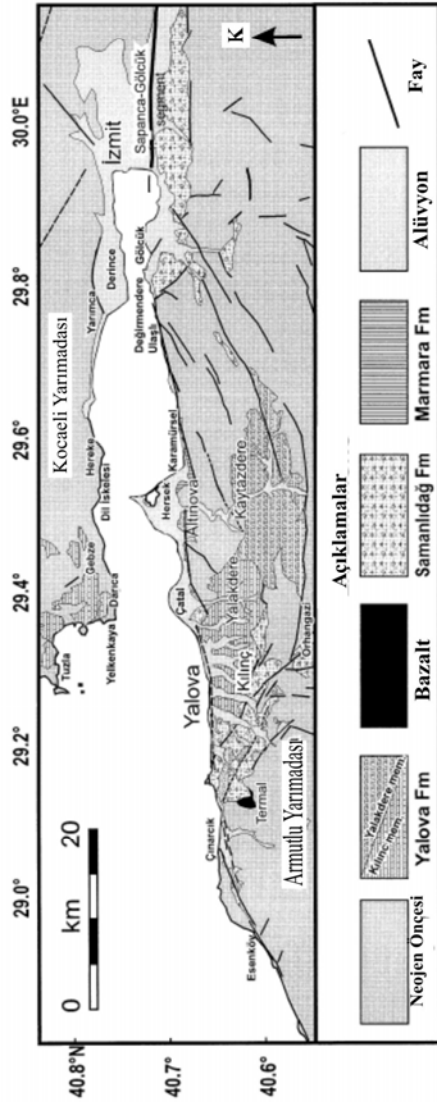
Deltası, Lale Dere ağzındaki Lale Dere Deltası ile Hisar Dere, Çınarlı Dere, Ağa Dere ve Dil Dere ağzındaki deltalar oluşturur.

Kuzey ve kuzey kıyıları kıyı çizgisine paralel uzanımlı ve hemen kıyıdan yükselen yükseltiler ile karakterize edilirken, doğu kıyısı, Sapanca Gölü'ne değin geniş bir kıyı ovası ve bataklıkla kaplanmıştır. Körfez batı ucundan İzmit'e değin kuzey kıyıları genelde yüksek morfoloji sergilerler. Sadece alüvyon yığıştırmakta olan dar alanlarda alüviyal yığışım birikimleri olduğu gözlemlenir. Kıyı ovaları kuzey yönde yükselir ve sıra dağların eteklerindeki bölge piedmont benzeri bir görünüm sergiler. Körfez yönündeki yamaçları az dalımlıdır.

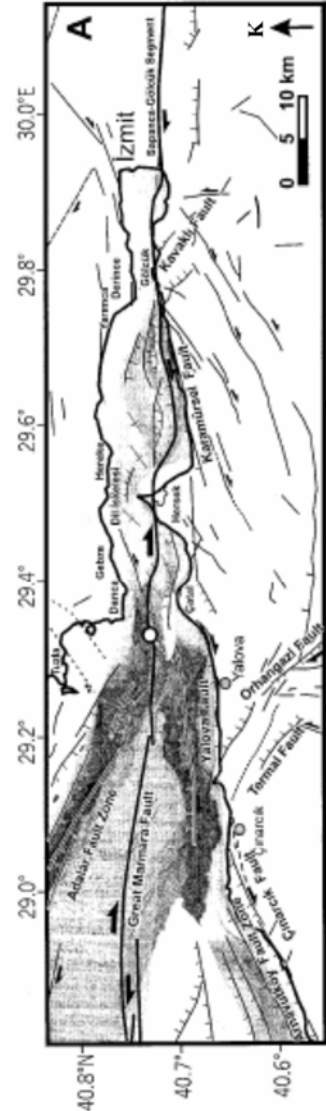
Güney kıyıları ise yelpaze–deltalarınca karakterize edilir. En belirgin olanı Yalakdere–Laledere bileşik delta birikimidir. Diğer alüvyon yelpazesi Lale deresidir ve ilkinde oranla daha batıda konumlanır. Güney kıyı kuşağı özellikle Karamürsel dolayında ileri derecede diklik sergiler. Bu kayalık kıyı çizgisi doğu uç yönde bir eğim azalımı gösterir. Karamürsel'den Gölcüğe değin yamaçlar diktir, kıyı ovası gelişmemiştir ve aşınma egemen bir süreçtir. Yersel olarak kayalık kıyıları–falezler gözlenir.

3.3 İzmit Körfezi Çevresinin Kara Jeolojisi

Yapılan çalışmalar KAF'nın Doğu Marmara denizinde oluşumu yaklaşık 3.5 milyon yıl önce başladığını göstermiştir(Yaltırak ve diğ., 2000, Alpar ve Yaltırak, 2000, Yaltırak, 2002). Yapısal değişiklikler ise en iyi Neojenden daha genç birimlerde izlenmektedir. Alpar ve Yaltırak (2000)'nin çalışmasına göre Neojenden daha yaşlı olan metamorfik, volkanik ve çökeller temel kaya olarak adlandırılmıştır. Armutlu Yarımadası Triyas yaşlı metamorfik birimlerden oluşurken Kocaeli yarımadası ise Paleozoik çökellerden oluşmuştur. Şekil 3.2 (A)'da İzmit Körfezi ve çevresinin jeoloji haritası görülmektedir (Alpar ve Yaltırak, 2002'den değiştirilerek alınmıştır). Kuzeyde ve güneyde Neojen öncesi birimler daha yaygın olarak gözlenmektedir. Yalova Formasyonu bölgenin güneyinde dağılım göstermektedir. Bazaltik kayalar ise sadece Termal civarında gözlemlenmiştir. Samanlıdağ Formasyonu ise Gölcük, Değirmendere ve İzmit'in güneyinde yer almakta, bunun üst kısmında alüvyon çökelleri yer almaktadır. Marmara Formasyonuna bölgede çok az noktada rastlanmaktadır. Kocaeli yarımadasının temel jeolojisi paleotektonik dönem yapısı olan İstanbul zonuna denk gelmektedir (Okay ve Görür, 1995).



A



B

Kronoloji	İzmit Körfezi	
Evrer	Formasyon	Litoloji
Holosen		Denizsel / gösel çökeller
Pleistosen	Marmara	Kıyı Zonu
		Denizsel Çökeller
Geç Pliosen	Samanlıdağ	Alüvyal Fan
Erken Pliosen	Yalova	Gösel Birimler
Miosen	Kilinc	Gösel Birimler
Neojen Öncesi		

C

Şekil 3-2 (A) da İzmit Körfezi ve civarının jeolojisi haritası görülmektedir. (B) İzmit Körfezi ve Doğu Marmara'nın tektonik haritası. (C) İzmit Körfezi ve çevresinin ait genelştirilmiş startigrafik dikme kesiti (ölçeksiz, Alpar ve Yaltrak, 2002'den değiştirilerek alınmıştır).

İstanbul zonu kıvrım ve bindirmelerin yer aldığı yüksek dağ morfolojisini sunar.

Koceli yarımadasının güney sınırı ise aynı zamanda paleotektonizmada İntra–Pontid kenet zonuna karşılık gelen KAF zonu tarafından belirlenmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981, Okay ve Görür, 1995).

Armutlu Yarımadası’nda Yalova güneyindeki bazı yükseltiler dışında Samanlı dağları kütleli bir yükselme sunar. Yüksek bölgeler Neojen öncesi temel kayalardan oluşmaktadır (Akartuna, 1968, Bargon ve Sakıncı, 1989, Erendil ve diğerleri, 1991, Yılmaz ve diğerleri, 1995). Orta batı kesimine rastlayan Yalova–Yalakdere yöresinde Geç Miyosen–Erken Pliyosen yaşlı çökeller Yalova Formasyonuna rastlanmaktadır (Şekil 3.2 (C)). Üzerindeki eski vadi tabanlarında ise Geç Pliyosen yaşlı flüviyal çökeller (Samanlıdağ formasyonu) yer alır.

İzmit Körfezi çevresinin kara jeolojisi ile ilgili ilerleyen paragraflarda verilen bilgiler Alpar ve Yaltırak, (2000)’den alınmıştır Karadaki yapısal birimler Şekil 3.2 (B)’de görülmektedir. KAF D-B uzanımlı olarak körfezin içinden geçmektedir. Körfezin kuzeyinde sağ yönlü doğrultu atımlı ana faya göre KB-GD ve KD-GB olacak şekilde faylanmalara rastlanmaktadır. Güney batısında ise genelde normal faylanma ve düşey atımlı normal faylanmalar gözlemlenmektedir. Buradaki faylanmalarda yine KB-GD ve KD-GB yönelimli faylanmalardır. Körfezin güneyinde ise genel olarak KD-GB yönelimli sağ yönlü doğrultu atımlı faylar gözlemlenir.

3.3.1 Yalova Formasyonu

Körfezin güneyinde geniş yayılımı olan ve farklı alanlarda acı su–tatlı su, acı su ve açık deniz fasiyeslerinde gelişmiş olan Yalova Formasyonu yer almakta Kılıncı ve Yalakdere olmak üzere iki ana birimden oluşmaktadır (Emre ve diğerleri, 1998; Bargon ve Sakıncı, 1989). Şekil 3.2 (C)’de bölgenin genel stratigrafisinin dikme kesitini göstermektedir.

3.3.1.1 Kılıncı Formasyonu

Yaklaşık 200m kalınlığında, Geç Miyosen–Erken Pliyosen (Akartuna, 1968, Emre ve diğerleri, 1998) yaşlı olan birim (Şekil 3.2 (C)). Kilitaşı, silt, kum, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşıdan oluşmaktadır. Kılıncı Formasyonu Yalova’nın güneyinde ve kuzeyde Darıca, Yelkenkaya, Gebze civarında Neojen öncesi temel kayalar üzerine aşıl

uyumsuzlukla gelir. Burada ayrıca ince kömür bantları içeren killeri gözlenmektedir. İnce deltaik çökeller üzerinde uyumlu olarak yer almaktadır.

3.3.1.2 Yalakdere Formasyonu

Yaklaşık 200 m kalınlığında ve içerdığı birimlerden dolayı yaşı Erken Pliyosendir (Emre ve diğ., 1998), (Şekil 3.2 (C)). Kum, silt ardalımalı kilaşı ile kireçtaşı ve karbonatlı kumtaşlarından oluşur. Açısal uyumsuzluk ile Kılınç Formasyonu üzerinde yer almaktadır. Yalakdere civarında dağılım göstermektedir (Şekil 3.2 (A)).

3.3.2 Samanlıdağ Formasyonu

Bu formasyon morfolojik olarak kuzeyden ve güneyden KAF tarafından sınırlanmış olan Samanlıdağları (Armutlu Yarımadası) üzerindeki eski alüvyonlardan oluşur. Çakıllı çamurtaşı, silt ve kumdur. Yaklaşık kalınlığı 20-50 m arasındadır (Emre ve diğ., 1998). Formasyonun geç Pliyosenden yaşlı olduğu kabul edilmektedir (Şekil 3.2 (C)). Özellikle Esenköy, Termal, Orhangazi ve Yalakderenin güneyindeki yüksekliklerde gözlenmektedir. Bu birimler akarsu ve alüvyal fan birikimleridir .

3.3.3 Marmara Formasyonu

Marmara Formasyonu Altınova Formasyonu olarak da adlandırılmaktadır (Sakıncı ve Bargu,1989). Samanlıdağ formasyonu üzerine uyumlu bir şekilde uzanmaktadır. Marmara Formasyonu Kaytazdere, Altınova ve Hersek civarında gözlenmekte (Şekil 3.2 (A)) ve yaklaşık 2-80 m kalınlığa sahiptir. Kum, silt ve çakıl birimlerinden oluşmakta ve Geç Pliyosenden yaşlıdır (Şekil 3.2 (C)).

3.3.4 Alüvyal Çökeller

Hersek, Çatal ve Gölcük kıyı şeridini örten en önemli alüvyal yelpazeledir. Silt ve kilden oluşmuştur. Kocaeli yarımadasında İzmit ve Derince arasında geniş bir yayılım göstermektedir (Şekil 3.2 (C)).

3.4 Sismik Yansıma Kesitlerinin Yorumlanması

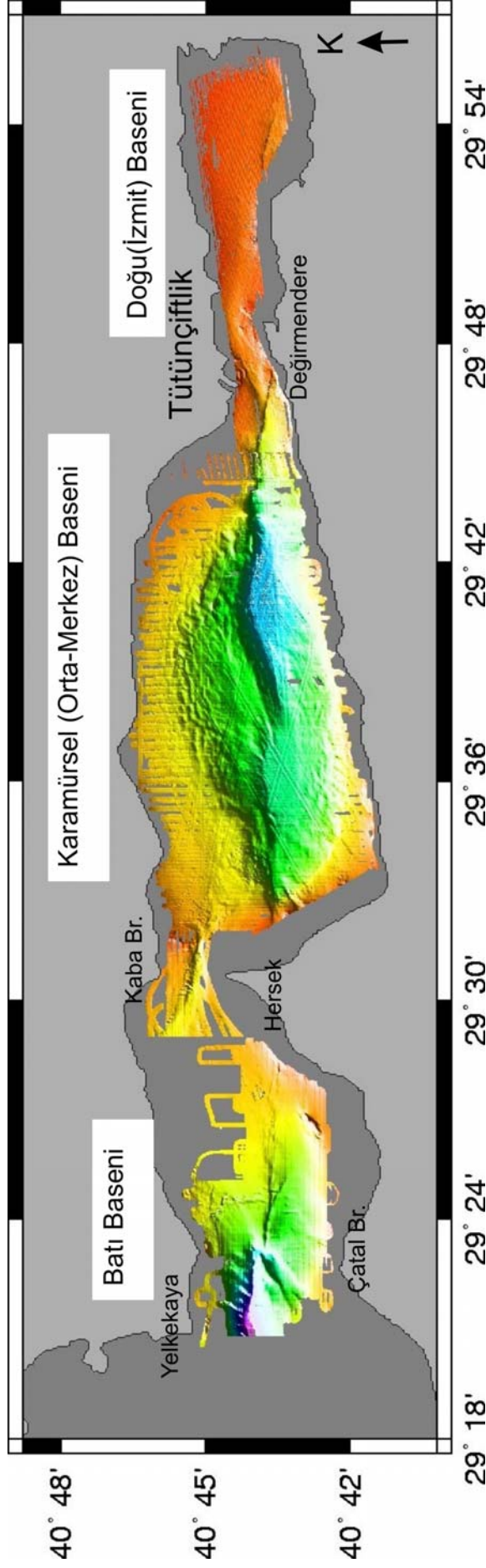
Bu bölümde veri-işlem yöntemlerinin ardından yorumlamaya hazır hale gelen çok kanallı sismik yansıma kesitleri üzerinde yapılan gözlemler ve yorumlar aktarılacaktır. Tez kapsamında yorumlanan kesitlerden, genel sonuçları etkileyecek

şekilde önemli karakteristik yapıları gösteren kesitler jeolojik yorumları ile birlikte verilmeye çalışılacaktır.

Sismik kesitlerde yapıların doğru biçimde değerlendirilip yorumlanabilmesi için kesitlerdeki düşey abartma değerinden bahsetmek gerekir. Tez kapsamındaki tüm kesitler için düşey abartma değeri 4.6 olarak sabit tutulmuştur.

3.4.1 Batimetri

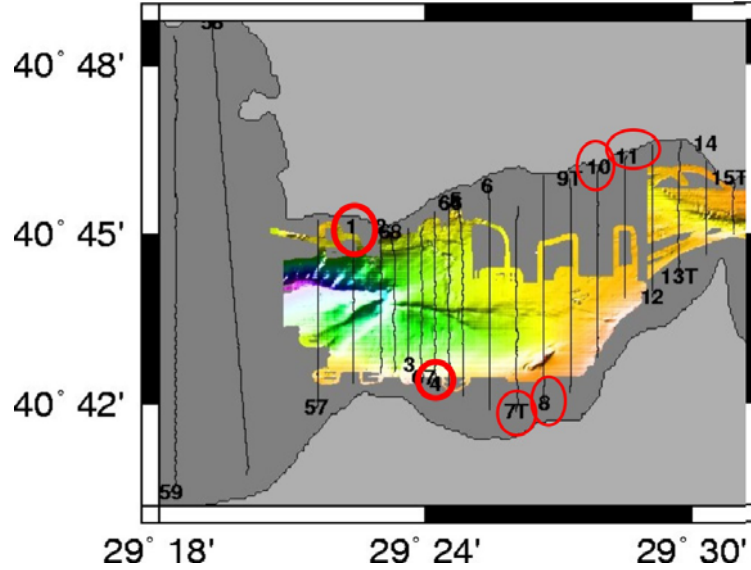
Bu çalışmada kullanılan multi-beam batimetri verileri MARMARA 2000/MARMARA2001 projeleri kapsamında İtalyan Odin Finder ve Urania gemileri ile ayrıca T.C. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi (SHOD) tarafından 1999 yılında toplanmıştır. Batimetri haritası Generic Mapping Tools (GMT) kullanılarak hazırlanmıştır. Batimetri haritasına göre İzmit Körfezi üç basenden oluşur (Şekil 3.3). Birinci bölüm Marmara Denizi ile İzmit Körfezi'nin birleştiği Yelkenkaya–Çatal burun hatı ile Kaba Burun–Hersek arasında kalan bölgedir. Bu bölge Çınarçık Çukurluğuna (Marmara Denizi) doğru devam ettiğinden derinlik 1200 m'ye kadar devam etmekte ve Batı baseni olarak adlandırılmaktadır. İkinci bölüm Kaba Burun–Hersek Burnu hattı ile Değirmendere-Tütünçiftlik hattı arasında kalan en geniş alandır. Derinliği 200 m civarında en derin çukurluk olup ve Karamürsel (Merkez–Orta) baseni olarak bilinir. Üçüncü ve son basen Değirmendere-Tütünçiftlik hattının doğusunda ve en sığ bölge olan Doğu basenidir. Derinlik batıdan doğuya doğru giderek sığlaşır. İzmit'in güneyinde ise bataklıklarla sona erer.



Şekil 3-3 İzmit Körfezi Batimetri haritası. Batı ve Karamürsel basenine ait veriler 2000 ve 2001 yıllarında MARMARA2000 ve MARMARA2001 projesi olarak İtalyan Odin Finder ve Urania araştırma gemileri ile toplanan verilerden, Doğu basenine ait veriler 1999 yılında ise T.C Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir Hidrografi Dairesi (SHOD) tarafından toplanan batimetri verilerinden alınarak hazırlanmıştır

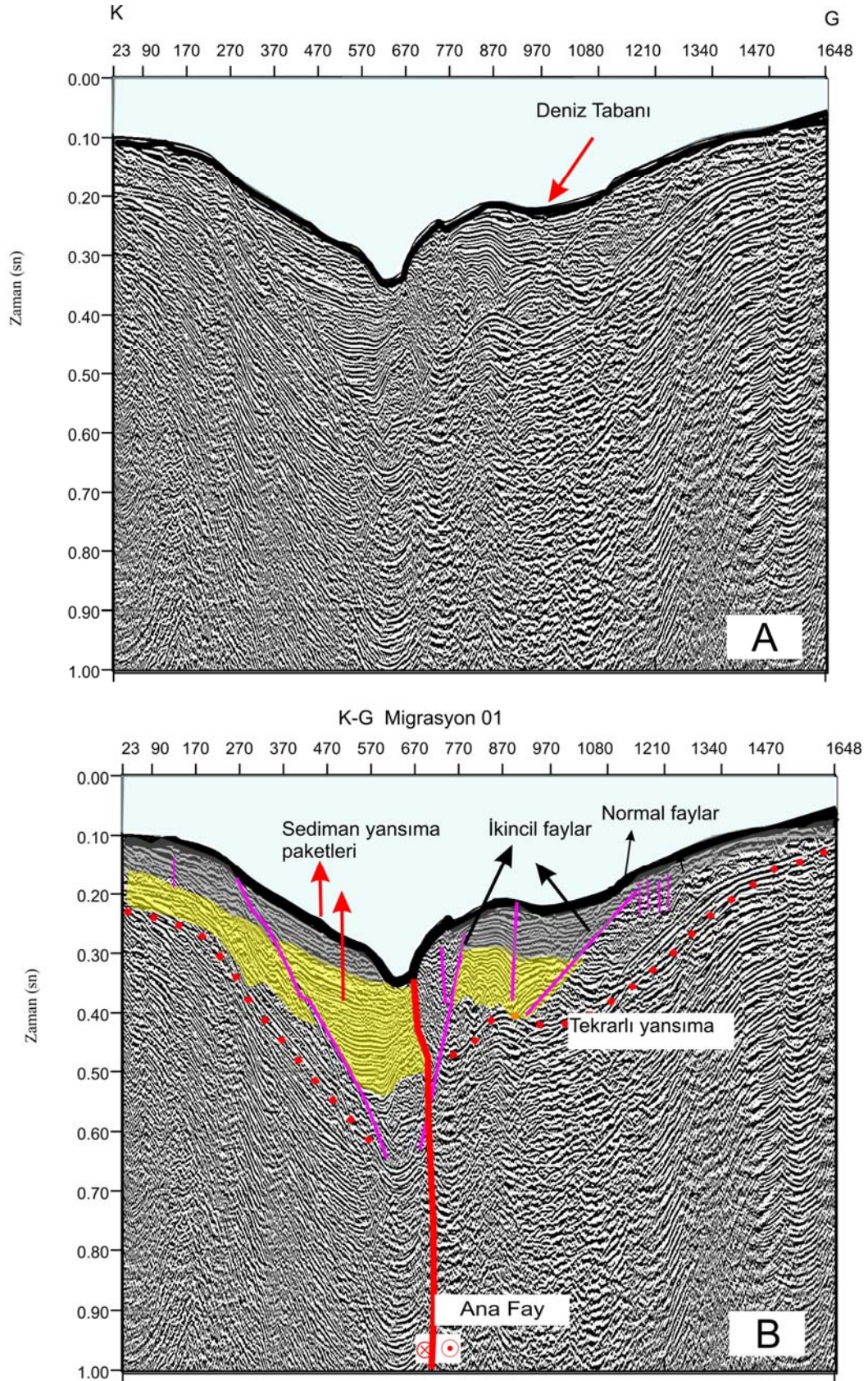
3.4.2 İzmit Körfezi Batı Basenin Sismik Yansıma Kesitlerinin Yorumlanması

İzmit Körfezi'nin Batı baseni 21 hattan elde edilen verilerle incelenmiştir. Şekil 3.4'te kırmızı daire ile işaretli olan hatların sismik yansıma kesitleri tezde verilmiştir.



Şekil 3.4 İzmit Körfezi Batı Baseni üzerindeki yansıma verilerinin alındığı hatların konumlarının batimetri haritası üzerinde gösterimi. Kırmızı daire ile işaretli olanlar tez içinde yorumlanmış olan hatlardır.

21 hat K–G doğrultuludur. Şekil 3.5 (A) 1 nolu kesitin yorumlanmamış gösterimidir. Kesitlerde sol taraf kuzeyi, sağ taraf güneyi göstermektedir. Bölgede doğrultu atımlı fayın izleri 1 nolu kesitten itibaren gözlemlenmeye başlanmıştır. Fay kesitte düşey olarak gözükmekte, batimetri haritasında çizgisellik olarak net izlendiği söylenebilir. Kesit kuzeyden itibaren incelenecek olursa kuzeyde takip edilebilen çökel birimler fayın güneyinden itibaren takip edilememektedir. Güneyinde sıkışmaya maruz kalan ortam kıvrımlanma kırılma yapıları göstermektedir (Şekil 3.5 B). Kesitte görüldüğü gibi doğrultu atımlı faya eşlik eden ikincil faylanmalara rastlanmaktadır. Kesitin kuzey ve güneyinde yer alan ve ana havzayı sınırlayan fayların bu havzanın oluşumundan sorumlu olabileceği düşünülmektedir. Bu yapı incelendiğinde bölgenin oluşumunda negatif çiçek yapısının etkili olduğu söylenebilir. Alpar ve Yaltırak (2002) da benzer sonuçları söylemişlerdir. Şekil 3.5 te kırmızı ile işaretli yer doğrultu atımlı fayı, pembe ile işaretli olanlar ise ikincil faylanmaları göstermektedir. İkincil fayın ektisi 0.5 sn'lere kadar net izlenebilmektedir fakat daha derinlere inildikçe (0.5 sn. sonra) tekrarlı yansımalar daha net bilgi alımına engel olmaktadır.

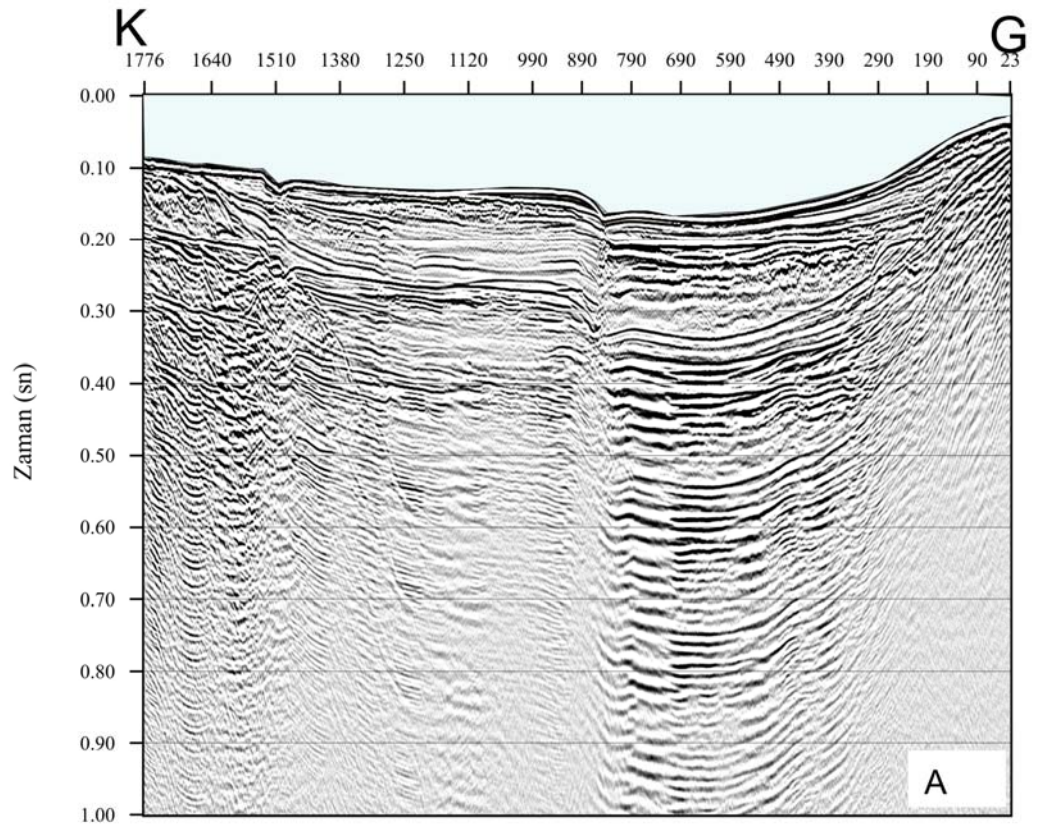


Şekil 3.5 İzmit Körfezi 1 nolu sismik yansima kesiti (A) yorumlanmamış hali (B) kesitin yorumlanmış hali. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır.

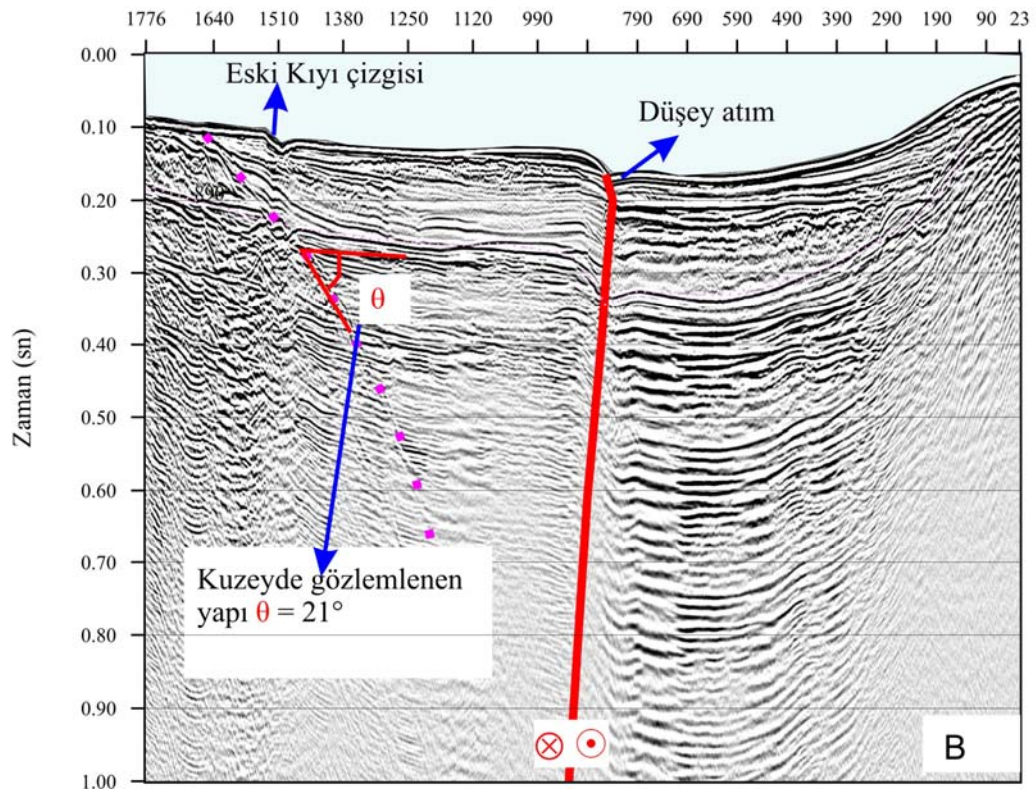
Yansıma paketlerinin farklılığına göre ayrılan tabakalar farklı renklerle boyanmıştır. 4 nolu sismik yansıma kesitinin yorumlanmamış hali Şekil 3.6 (A) görülmektedir. Batıya doğru ilerledikçe ana fayın yapısı ve düşey atımı daha net 4 nolu hattın migrasyon kesitinde gözlemlenmiştir. Bu kesitte ayrıca kuzeyden güneye doğru 21° lik bir açıyla dalım yapan bir yapı izlenmiştir (Şekil 3.6 (B)). Bu yapının devamlılığı 0.6–0.7sn.'ye kadar izlenebilmektedir. Diğer kesitlerde de bu yapı devam etmektedir. Bu yapının İstanbul Palezoğinin bir dokanağı olduğu düşünülmektedir (Okan Tüysüz sözlü olarak). Bu yapı diğer kesitlerde de incelendikten sonra yapısal haritaya taşındığında körfezin kuzey çizgisine paralel uzandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca hattın kuzeyinden güneyine doğru yaklaşık 1700 m gidildiğinde eski kıyı çizgisine (paleoshorline) rastlanmaktadır (Polonia ve diğ., 2002; Çağatay ve diğ., 2003). Şekil 3.6 (B) kesitten gözlemlenen kıyı çizgisi yapısı batimetri haritasında da gözlemlenmektedir. Bu bölgede yapılarda kıvrımlanmaya rastlanmamaktadır. Bunun sonucu olarak bu bölgede serbestleştiren bir yapıdan bahsedilebilir. Bu tür yapılar doğrultu atımlı fayların kontrolünde gelişmektedir. Ayrıca daha batıda ikincil faylanmalara rastlanmamaktadır. Burada ana fay batimetri haritasında da izlenebilmektedir.

Doğuya doğru gidildiğinde 7 nolu kesitte doğrultu atımlı fay bir önceki kesitlere göre net izlenmemektedir. Şekil 3.7 (A) da yorumlanmamış sismik kesit yer almaktadır. Şekil 3.7 (B)'de fayların bir kısmı deniz tabanını etkilemiştir. Fakat bazı alanlarda sismik yansıma paketleri net olarak izlenmemektedir. Bazı alanlarda kaotik bir yapı izlenmektedir. Bu nedenle burada gaz içeren bir alan olduğu düşünülmektedir. Ayrıca güneyden bölge yavaş yavaş sıkışmaya maruz kalmaktadır. Kesitin güney kısmında kendilerini kıvrımlı yapılar şeklinde gösteren yükselimler gözlenmektedir. Bu yükselmenin olduğu güney bölgesinde yansımasız alanlar gözlenmektedir.

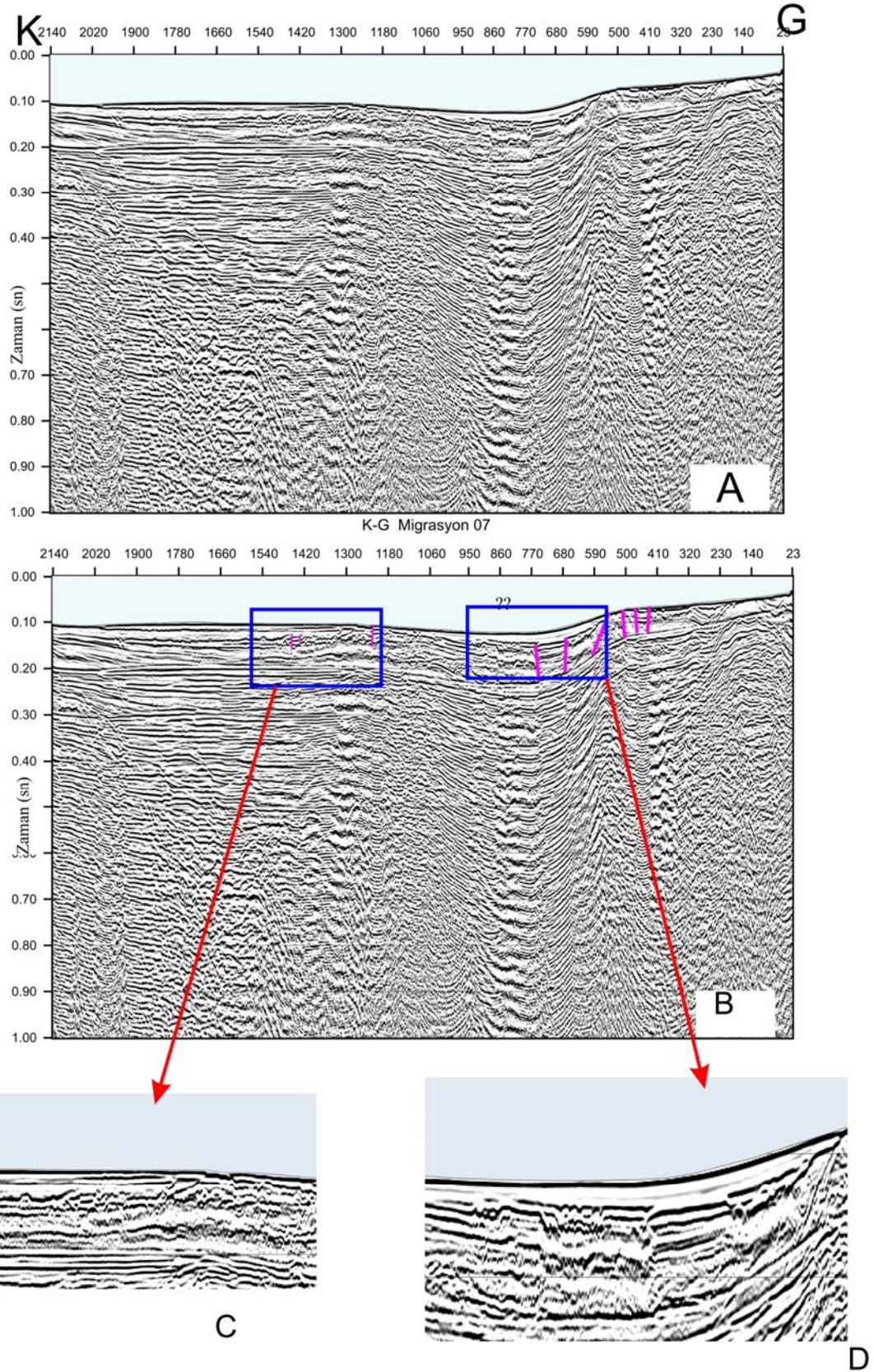
Bölgede doğuya gidildikçe farklı yapısal unsurlara rastlanmaktadır. Şekil 3.8 (A)'da 8 nolu hattın yorumsuz şekli gösterilmektedir. Şekil 3.8 (B)'de rastlanan yükselim çamur volkanın karaktersitik bir yapısı olarak tanımlanmaktadır (Ben-Avraham ve diğerleri, 2003, Kuşçu ve diğ., 2002; Polonia ve diğ., 2002). Sadece bu özellik alanın çamur volkanı olduğu tanımlamak için yeterli değildir. Buna ek olarak bölgede gaz çıkışı, gaz birikimleri ve killi şist tabakalanmaları olması beklenmektedir. Bu yapının ortalama yarı çapı birkaç yüz metre ve yaşlaştık yüksekliği 10-50 m arasında değişmektedir. Çamur volkanları bir kaç farklı sebepten



K - G Migrasyon Kesiti 04



Şekil 3.6 İzmit Körfezi 4 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali (B) kesitin yorumlanmış hali. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır.

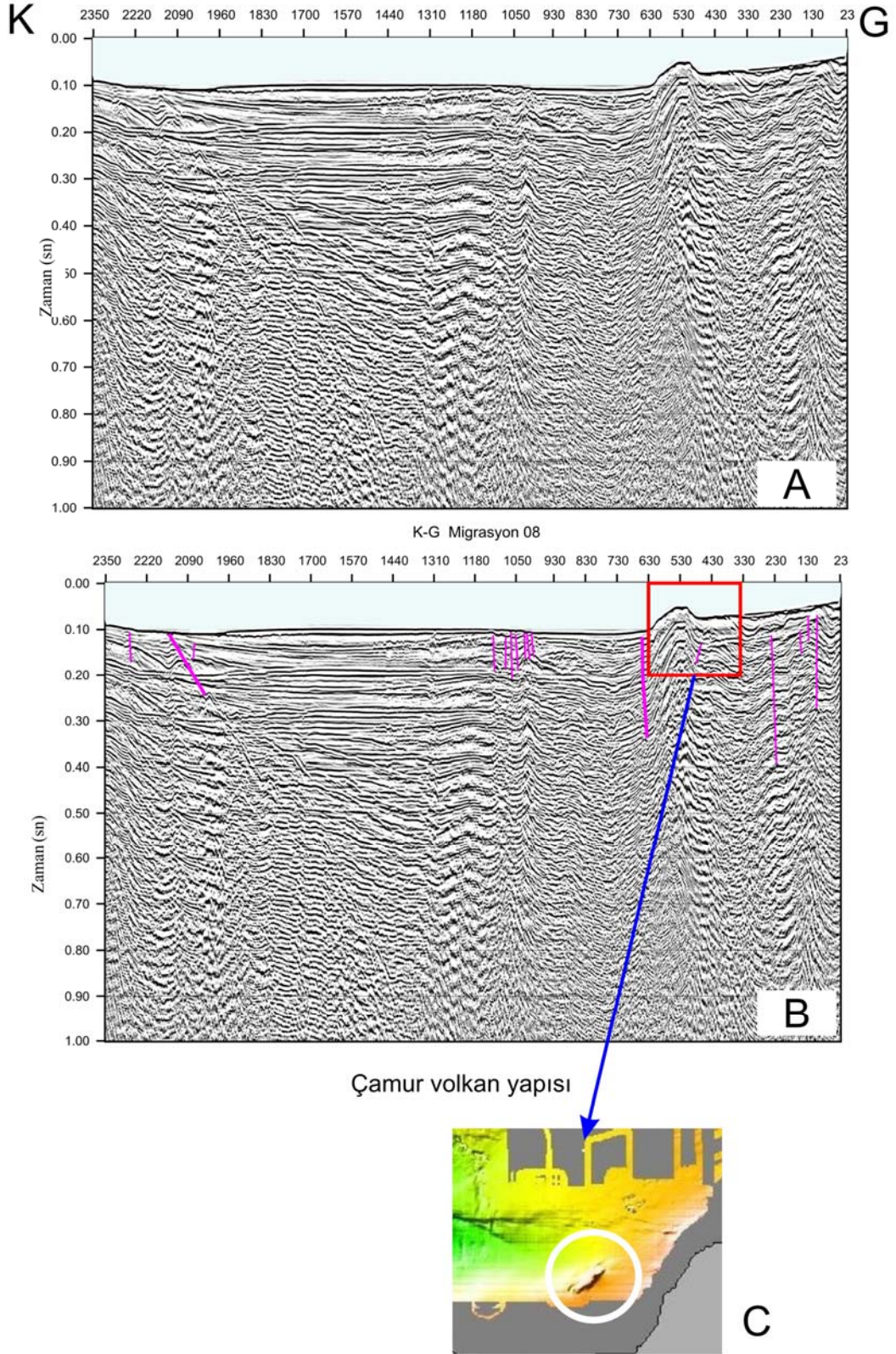


Şekil 3.7 İzmit Körfezi 7 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali (B) kesitin yorumlanmış hali.(C) ve (D) ise yapısal değişiklik gösteren alanlardan büyütülmüş kesitler göstermektedir. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır

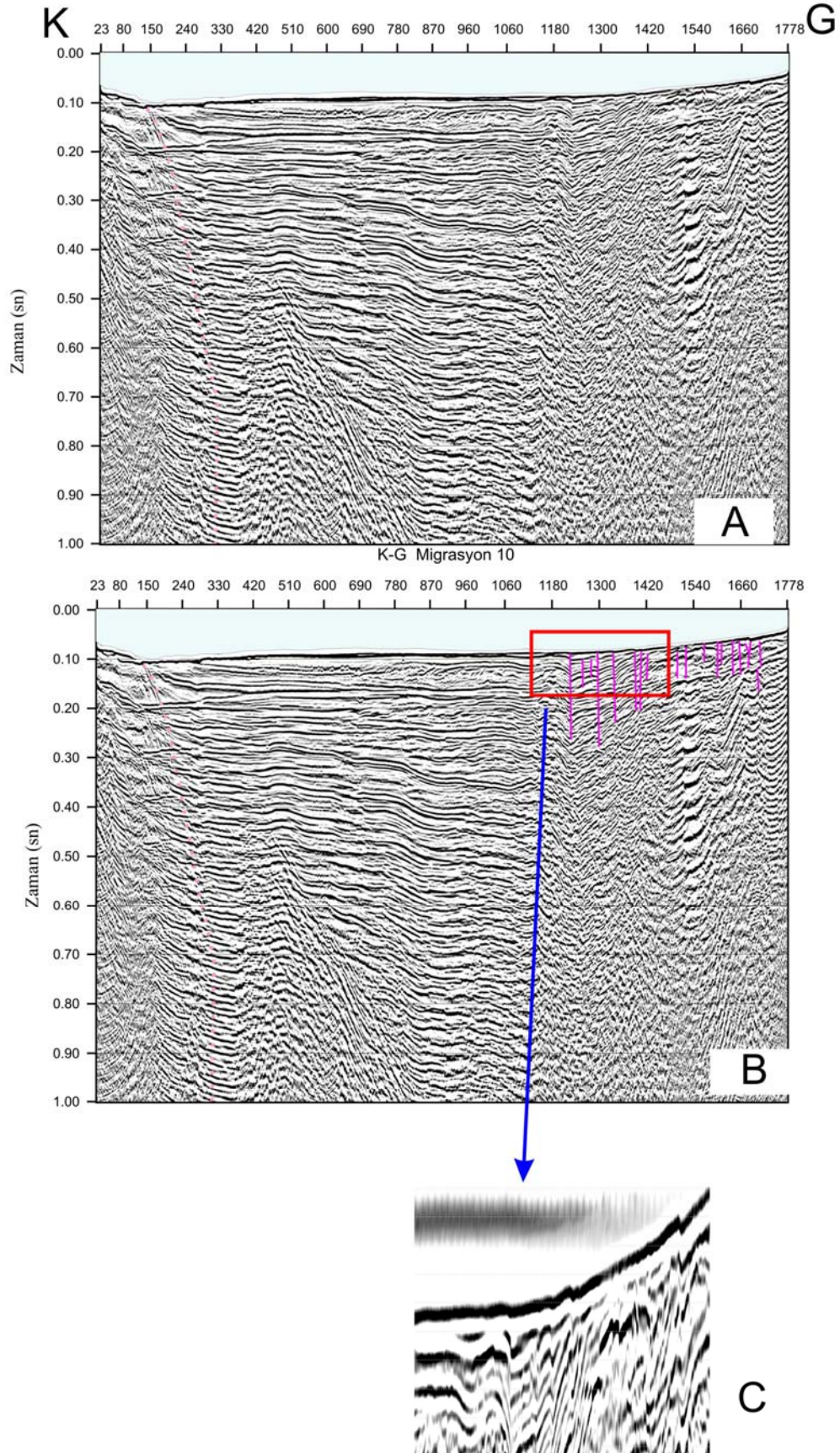
dolayı oluşabilir. Bunlar faylanma, hızlı çökelme veya tektonik bir sıkışmanın sonucu olması gerekmektedir (Milkov, 2000). Sismik kesitler incelendiğinde gaz birikimleri ve faylanmalar gözlenmiştir. Bu bilgiler göz önüne alınarak buradaki yapının bir çamur volkanı yapısı olduğu söylenebilir.

Doğrultu atımlı fay zonlarında sıklıkla rastlanan önemli yapısal değişikliklerden biri olan kademeli fayların varlığı Hersek Deltası'na doğru gözlenmektedir. Şekil 3.9 (A)'da 10 nolu hattın yorumlanmamış hali yer almaktadır. Şekil 3.9 (B)'de ise kesidin güneyine gidildikçe kademeli şekilde faylanmaların yer aldığı gözlemlenmektedir. Bu kademeli fayların güncel olup olmadıklarını anlamak için kesitler dikkatlice incelenmelidir. Kesitlerde kademeli fayların deniz tabanını etkilemiş olduğu Şekil 3.9 (C)'de gözlemlenmektedir. Deniz tabanını etkilemesinden dolayı kademeli fayların aktif güncel faylar olduğu söylenebilir. Bu yapıların ana fay doğrultusuna az-çok aynı yönlü olan ve aynı yönde atım gösteren faylar olduğu gözlemlenmiştir (yapısal harita, ileriki bölümde değinilecektir). Bu yapılar batimetri haritasında da izlenmiştir.

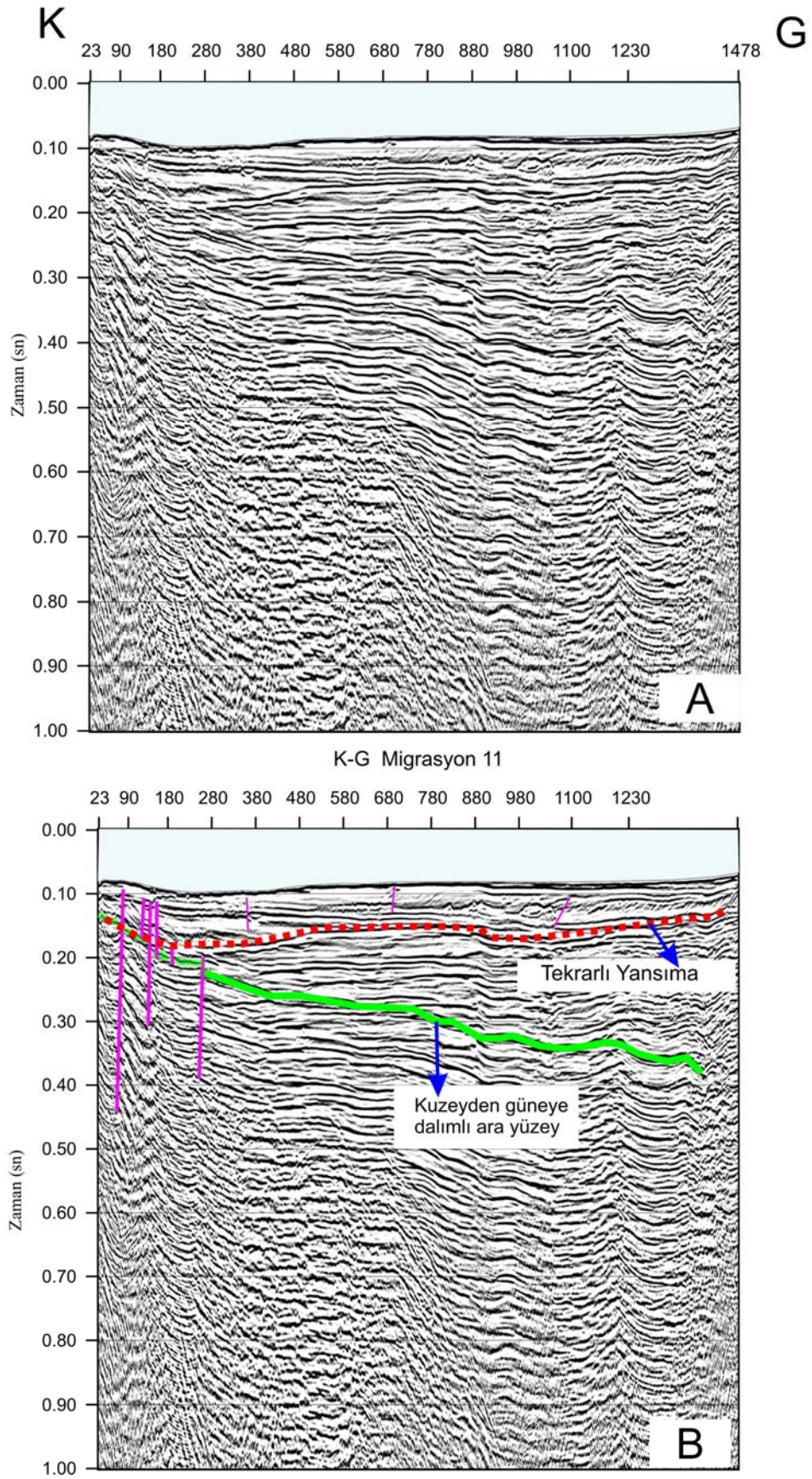
Batı baseninde yorumu verilecek olan en son hat 11 nolu kesittir . Şekil 3.10 (A)'da 11 nolu hattın yorumlanmamış kesiti yer almaktadır. Şekil 3.10 (B)'de ki kesitte kuzeyden güneye doğru devam eden bir yeni yapı gözlemlenmektedir. Kırmızı noktalı olarak işaretli olan alan tekrarlı yansımadır. Yeşil ile işaretli olan bölge ise tekrarlı yansıma olmayıp kuzeyden güneye dalımlı bir ara yüzey olup, buradaki yapı hakkında net bir şey söylemek mümkün değildir.



Şekil 3.8 İzmit Körfezi 8 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali (B) kesitin yorumlanmış hali. (C) yapısal değişiklik gösteren alanlardan batimetri deki görüntüsü. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır

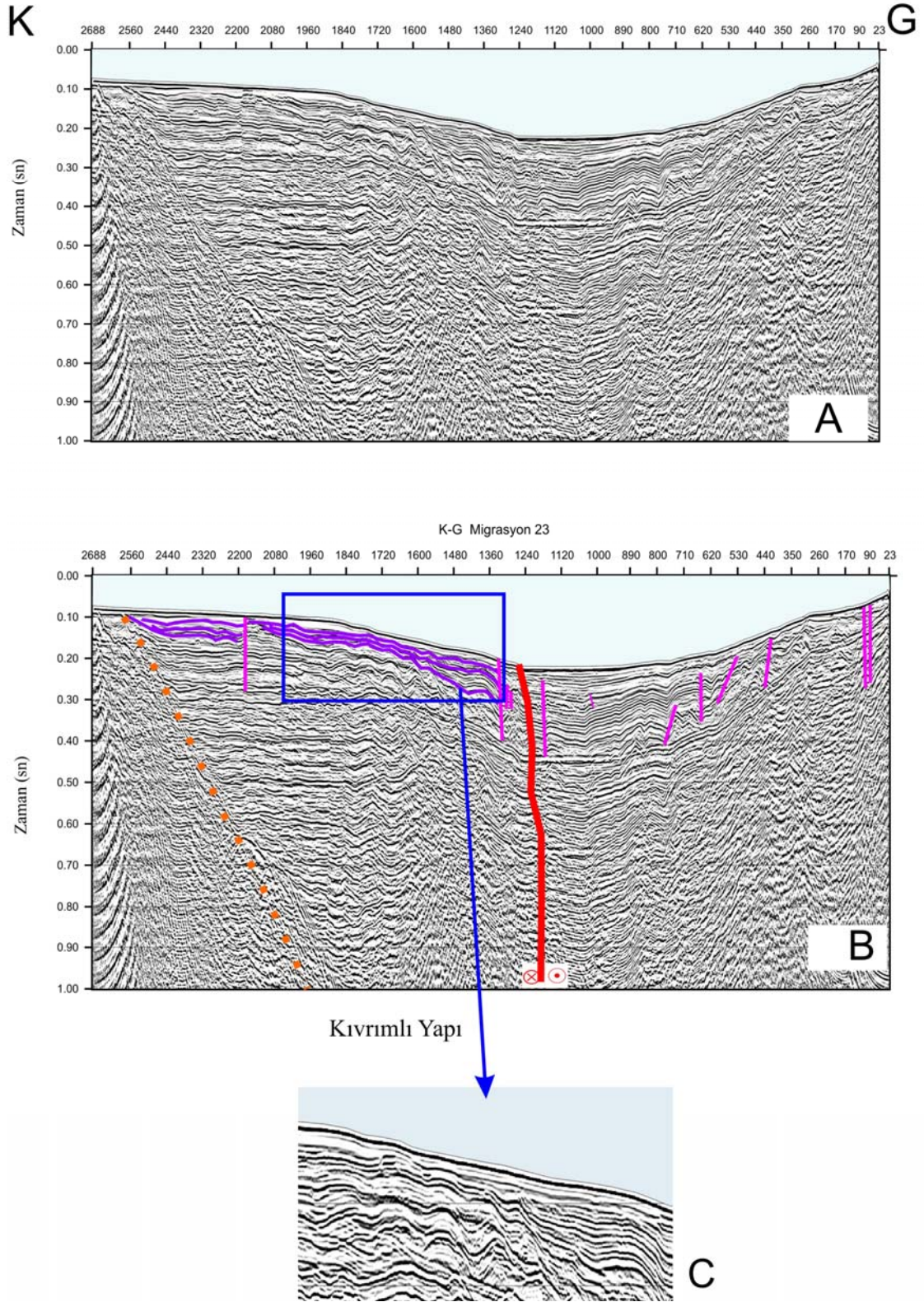


Şekil 3.9 İzmit Körfezi 10 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali. (C) yapısal değişiklik gösteren alanlardan büyütülmüş kesitler göstermektedir. Düşey abartma 4.6 dır.

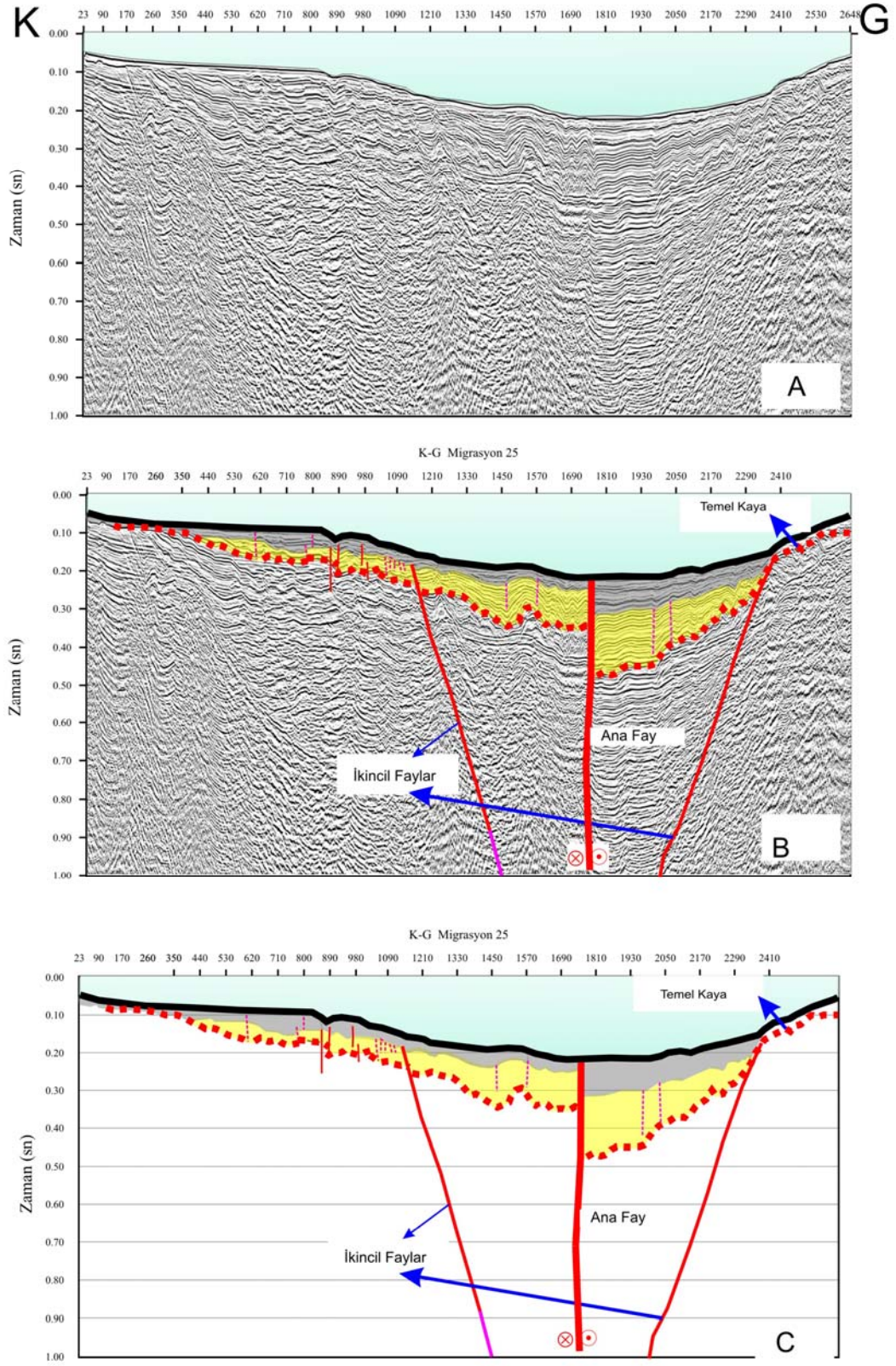


Şekil 3.10 İzmit Körfezi 11 nolu sismik yansımalar kesiti (A) yorumlanmamış hali (B) kesitin yorumlanmış hali. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır.

kesit yer almaktadır. Şekil 3.13 (B)'de görüleceği gibi çökel birimlerdeki kalınlaşma ana fayın hemen güneyinde en fazla olmaktadır.



Şekil 3.12 İzmit Körfezi 23 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali. (C)'de ise seçili alanın yakından görüntüleri. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.13 İzmit Körfezi 25 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B)

kesitin yorumlanmış hali. (C)'de ise kesitin yapısal görüntüsü. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır.

Doğu-Batı yönlü olan faylar bölge içinde çökmelere sebebiyet vermiştir (Özhan ve diğ., 1985) Faydan güneye doğru gidildikçe bu çökel birimlerdeki kalınlaşma azalmaktadır. Batı baseninde gözlemlenen kuzeydeki 21° lik açı yapan yapı bu basende de bazı kesitlerde izlenebilmektedir. Ana fayın kuzeyindeki ve güneyindeki faylanmaların yapısı incelendiğinde, bölgenin oluşumundan negatif çiçek yapısının sorumlu olduğu söylenebilir.

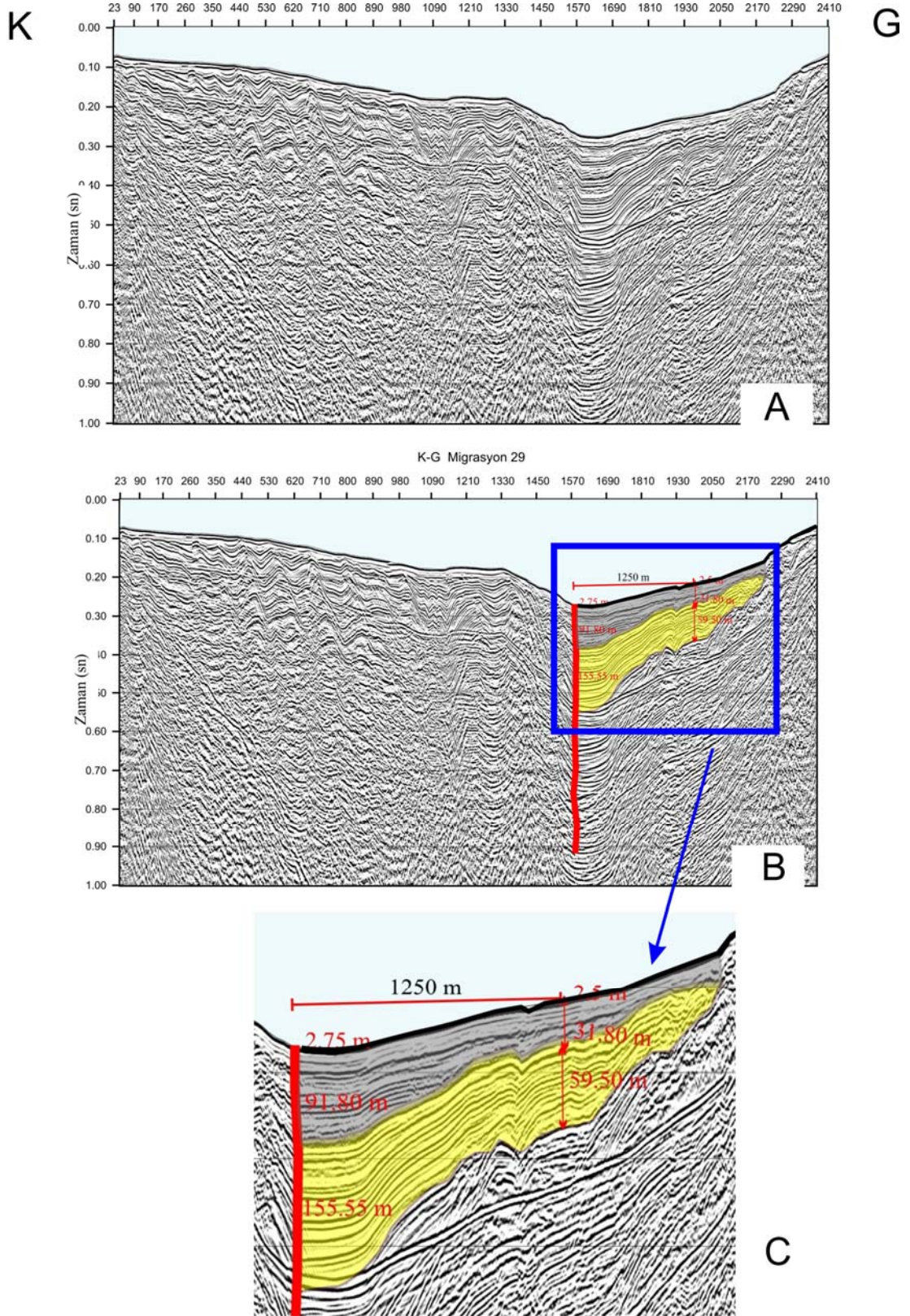
Şekil 3.14 (A)'da 29 nolu hattın yorumlanmamış hali gösterilmektedir. Karamürsel baseninde genel olarak gözlemlenen yapı basenin tipik yapısını yansıtmaktadır. Kesitte ortadaki düşey süreksizliğin doğrultu atımlı fayı karakterize ettiği söylenebilir. Fayın kuzey yanındaki tabaklanmalar paralel olup kıvrımlanmanın etkisinde, güneyinde ise paralel ve paralele yakın tabakalanmalar gözlenmektedir. Fayın güneyindeki bu tabakalar sismik yansıma karakterlerine göre (farklı sismik yansıma paketleri) ayrılmaktadır. Şekil 3.14 (B) de yansıma karakterlerine göre ayrılmış çökel birimler gösterilmiştir. Karamürsel baseninin orta kesimindeki 11 hattaki kesitlerde ana fayın yeri tespit edildikten sonra bu noktada ve bu noktadan 1250 m güneye doğru çökel birimlerin zamansal kalınlıkları Disco/Focus programının ekranından okunmuştur. Bu değerler sismik hız bilgileri kullanılarak derinlik değerlerine dönüştürülmüş ve gerçek kalınlıkları hesaplanmıştır. Şekil 3.14 (C) de 29. hatta ait çökel kalınlık miktarları verilmiştir. Deniz tabanının hemen altındaki çökel birim genelde yatay olarak ve sabit bir kalınlık seyri gösterdiğinden aşağıda bahsedilecek oranlamalarda hesaba katılmamıştır. Bu çökel birimin altındaki birim denizel çökel, bunun altındaki birim ise gölsel çökel birimleri olarak adlandırılmıştır. Bu hesaplamalarla ana faydan güneye gidildikçe çökel birimlerde olan incelme oranı aşağıdaki gibidir:

$$\text{Denizel çökel} : 91.80 / 31.80 = 2.88$$

$$\text{Gölsel çökel} : 155.55 / 59.50 = 2.61$$

Buradan şu sonuca varılabilir: ana faydan güneye doğru uzaklaştıkça denizel çökel 2.88 kez, gölsel çökelde ise 2.61 kez incelmektedir. Bu iki değer kendi aralarında oranlandığında ise çökelme hızının hangi birimde daha fazla olduğu hesaplanabilir.

$$\text{Denizel çökel / gölsel çökel} : 2.88 / 2.61 = 1.08$$



Şekil 3.14 İzmit Körfezi 29 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali. (C)'de ise ilgili alandaki çökel kalınlık miktarlarını göstermektedir. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır.

Denizel çökel gölsel olana göre 1.08 kat daha hızlı çökelmiştir. Faylanmanın yaşının çökel birimlerle eş zamanlı olduğu düşünülecek olursa gölsel birimler oluşurken faydaki hareket denizel birikimlerdeki harekete oranla 1.08 kat yavaş olmuştur. Fayın denizsel birimler oluşurken daha aktif olduğu düşünülebilir.

11 hatta incelenen bu çökel birimlerin kalınlıkları haritalanmıştır. İlk olarak bu hatların körfezdeki konumları ile ifade edilmiştir. Şekil 3.15 (A)'da denizel çökellerin haritadaki yeri, Şekil 3.15 (B)'de ise gölsel çökellerin haritadaki yeri gösterilmiştir. Şekil 3.16 (A)'da ise denizel birimlerin kalınlık dağılım haritası, Şekil 3.16 (B)'de ise gölsel birimlerin kalınlık dağılım haritası yer almaktadır. Denizel ve gölsel çökel birimlerin kalınlıkları haritalanarak batimetri haritasıyla karşılaştırılmıştır. Bu birimlerin en kalın olduğu alanlar batimetrideki en derin alana eş gelmektedir. Buradan da fayın eş zamanlı olduğu hatırlanırsa körfezin yapısının batimetri tarafından kontrol edildiği söylenebilir.

İzmit Körfezi çökel dağılımı pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Meriç, 1995, Ergin ve Yörük, 1990). Güncel birimlerin yıllık çökme hızı 0.25 mm'dir (Ergin ve Yörük, 1990). Çökel birimlerin zamansal kalınlıkları Focus'un interaktif ekranından okunur. Bu değerler kalınlık değerlerine dönüştürülür ve yıllık çökme hızı yardımıyla bir oranlama yapılarak çökel birimlerin yaşları kestirilir. Çökel birimler faylanma ile aynı yaşta olduğundan burada hesaplanacak olan yaşlar yardımıyla KAF'ın ilgili dönemlere ait zamanlardaki hareketi hakkında da bilgi sahibi olunur. Deniz tabanının hemen altındaki birimlerin yaşları sırasıyla;

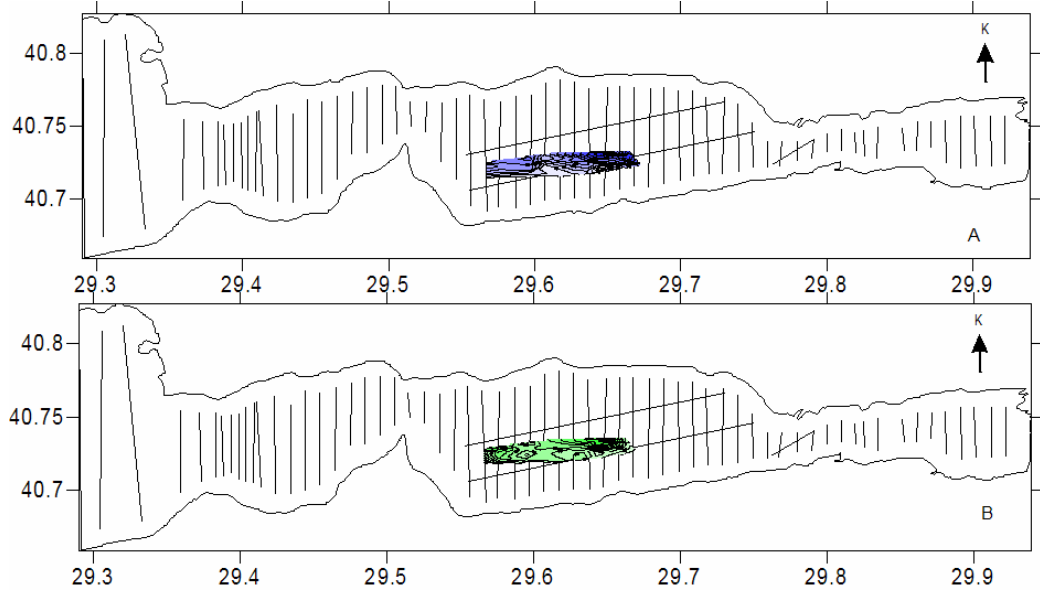
deniz tabanının hemen altındaki birim : ~11.000 yıl

Denizel çökel : ~ 367.200 yıl

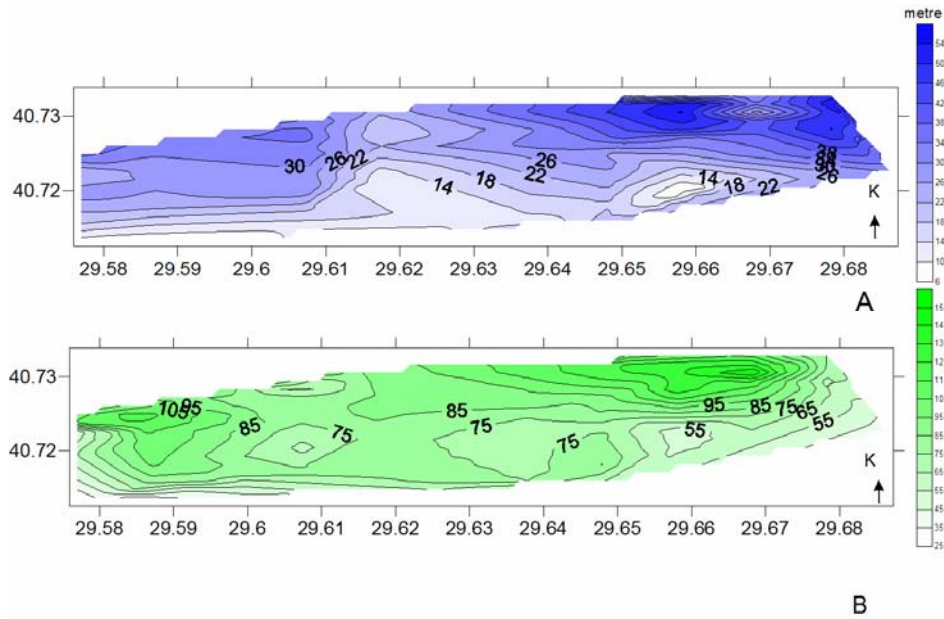
Gölsel birim : ~ 622.200 yıl

Deniz tabanının hemen altındaki birim çok ince olup yaklaşık yaşı 11.000 yıl olarak hesaplanmıştır. Jeolojik zaman cetvelinde bu değer Holosen devrini ifade etmektedir. Denizel çökellerin yaşı hesaplanıp incelendiğinde zaman cetveline bakıldığında Pleyistosen devrini ifade etmektedir. Şekil 3.2 (C)'deki düşey stratigrafi kesiti ile karşılaştırıldığında Pleyistosen birimi Marmara Formasyonuna denk gelmektedir. Gölsel çökellerin yaşı hesaplanıp incelenip zaman cetveline bakıldığında ise Pleyistosen döneminin başlangıç zamanını (Erken Pleyistosen) ifade etmektedir. Şekil 3.2 (C)'deki düşey stratigrafi kesiti ile karşılaştırıldığında bu birim Samanlıdağ

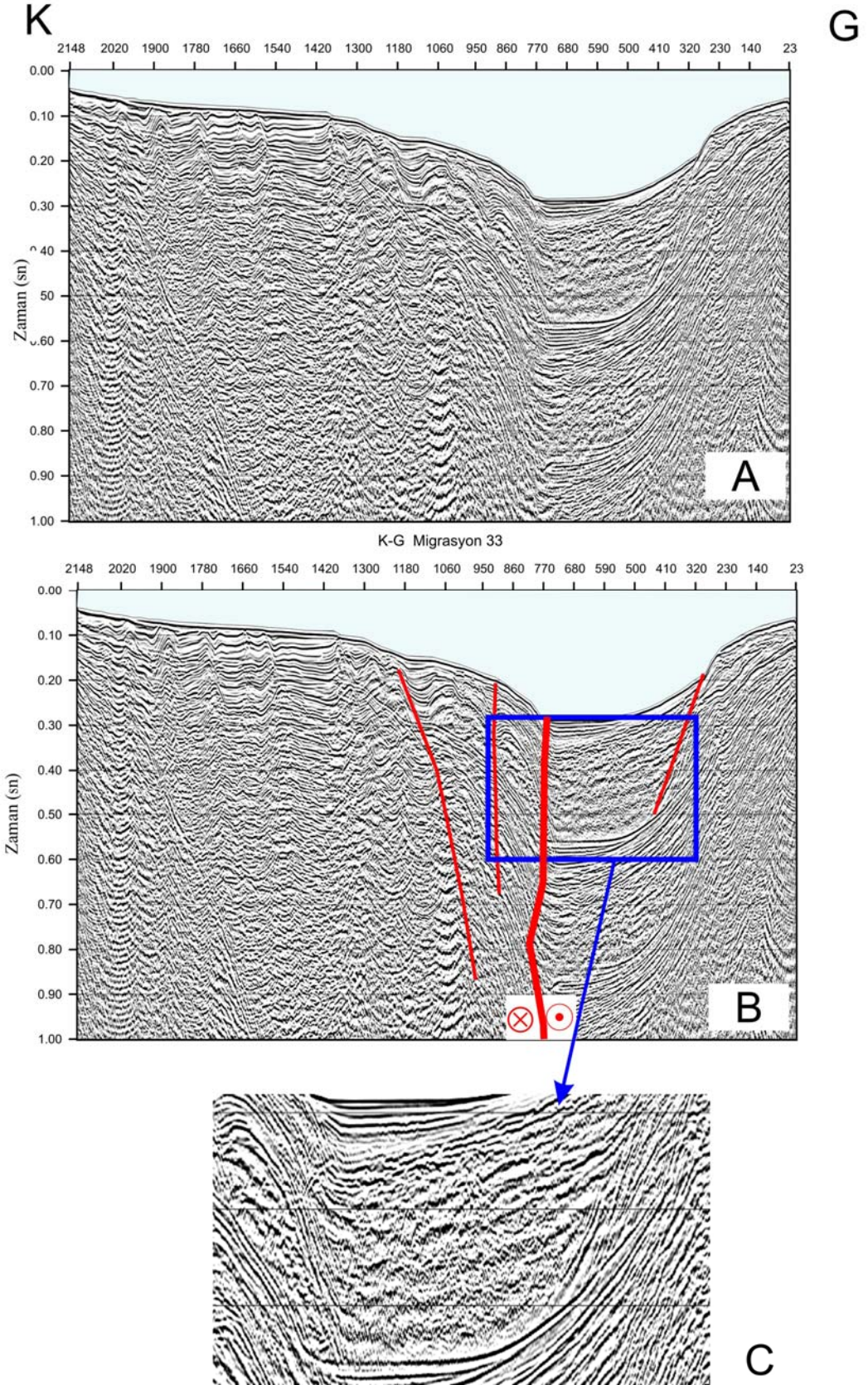
formasyonuna denk gelmektedir. Tüm bu bilgiler ışığı altında KAF Pleyistosen (Geç-Orta)'de daha hızlı çalışmıştır denilebilir. Bu bölgenin doğusuna gidildikçe batı basende gözlemlenmiş olan gazlı yapıya rastlanmaktadır. Şekil 3.17 (A) 33 nolu kesitin yorumlanmamış gösterimidir.



Şekil 3.15 (A) Karamürsel baseninde denizel birimlerin çökel kalınlık değerlerinin körfezdeki konumu. (B) gölsel birimlerin çökel kalınlık değerlerinin körfezdeki konumu



Şekil 3.16 (A)Karamürsel baseninde denizel birimlerin çökel kalınlık değerleri haritası. (B) gölsel birimlerin çökel kalınlık değerleri haritası



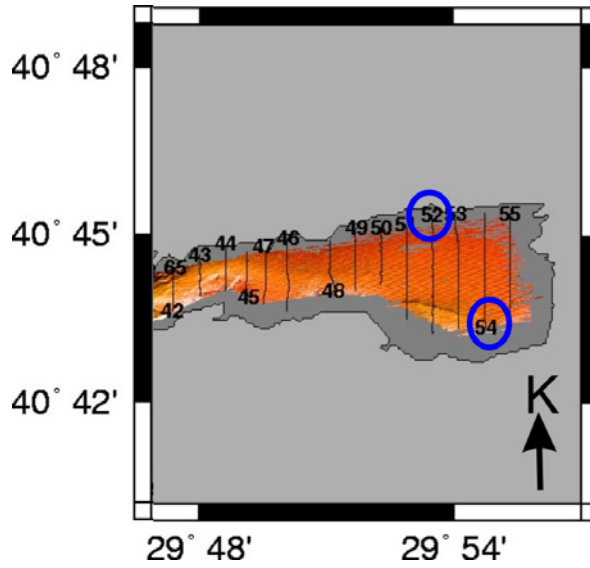
Şekil 3.17 İzmit Körfezi 33 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali. (C)'de ise seçili alanın yakından görüntüsü yer almaktadır. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır.

Şekil

Şekil 3.17 (B)'de fayın güneyindeki yansıma paketlerini örten kaotik bir yapının gaz içeren birimler olduğu düşünülmektedir. Şekil 3.17 (C)'de bu gaz yapısı daha detaylı olarak gösterilmektedir.

3.4.4 İzmit Körfezi Doğu Basenin Sismik Yansıma Kesitlerinin Yorumlanması

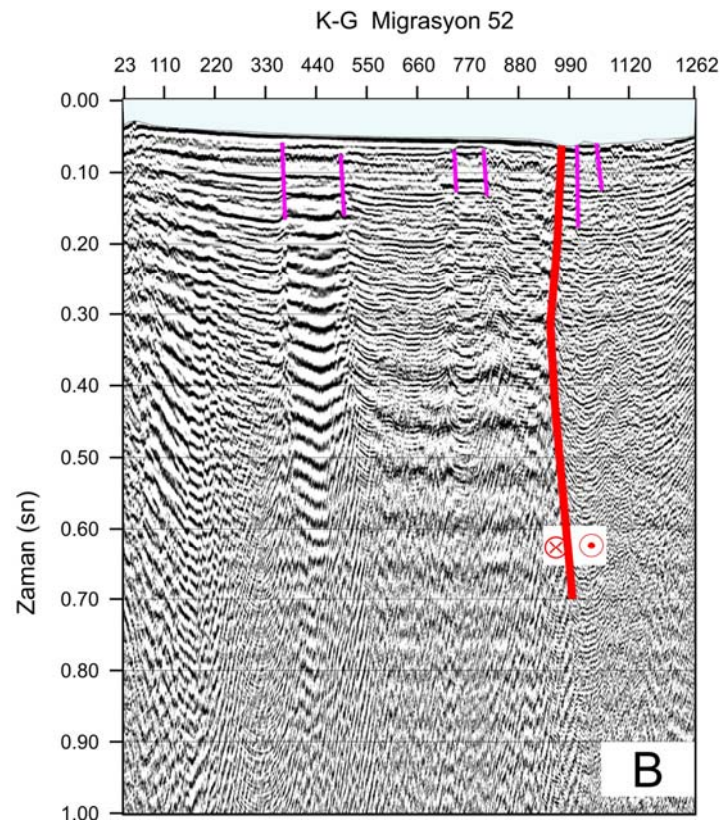
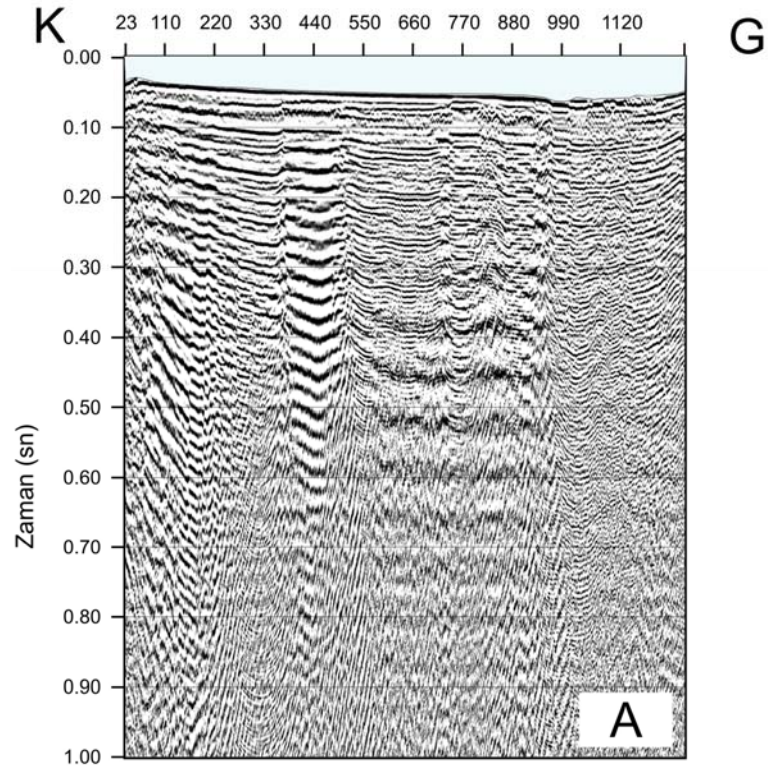
İzmit Körfezi Doğu baseni toplam 13 hattan elde edilen verilerle incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Hatların hepsi K –G yönlüdür. Şekil 3.18'de batimetri haritasında mavi daire içinde olan hatlar tez kapsamında yorumlanmıştır.



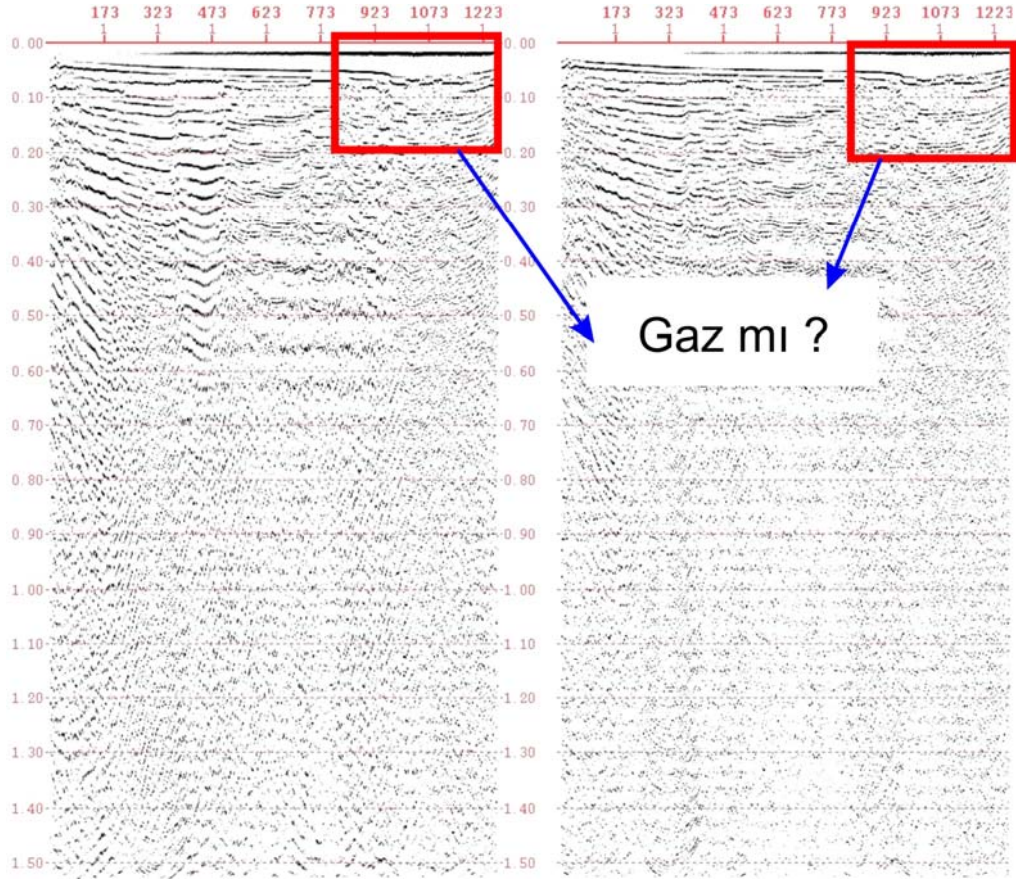
Şekil 3.18 İzmit Körfezi Doğu Baseni üzerindeki yansıma verilerinin alındığı hatların konumlarının batimetri haritası üzerinde gösterimi. Mavi daire ile işaretli olanlar tez içinde yorumlanmış olan hatlardır.

Doğu baseni diğer tüm basenlere oranla yapısal anlamda en az değişim gösteren bölgedir. Batimetri haritasında görüldüğü gibi derinlik sabit bir değer civarında izlenmektedir. Doğuya doğru gidildikçe bölge bataklıkla sona erer.

İlk olarak bu basende 52 nolu hattın sismik kesiti yorumlanmıştır. Şekil 3.19 (A)'da kesitin yorumlanmamış hali yer almaktadır. Ana fayın hattın güneyinden geçtiği gözlemlenmiştir (Şekil 3.19 (B)). Diğer basenlerde olduğu gibi bu bölgede yansıma paketleri izlenememektedir. Kesitte ana fayın dışında gözlemlenen diğer faylar pembe olarak işaretlenmiştir. Sismik hattın güneyinde fayın kuzeyinde ve güneyinde kaotik yansımalar göze çarpmaktadır. Bu yansımaların deniz tabanına değen noktasında faylanma mı yoksa gaz çıkışı mı olduğu belirlenememiştir. Yapının açığa kavuşması için bu alanlarda düzeltme yapmak gerekmiştir. Bunun için Notch filtre uygulanmıştır. Şekil 3.20 (A)'da Notch filtre uygulanmamış veri, Şekil 3.20 (B)'de ise Notch filtre uygulandıktan sonra yapıda ki gürültü bileşenleri ortadan kalkmıştır



Şekil 3.19 İzmit Körfezi 52 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali yer almaktadır. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.20 (A) İzmit Körfezi 52 nolu sismik yansıma kesitine Notch filtreye uygulanmamış hali. (B)'de Notch Filtre uygulanmış hali.

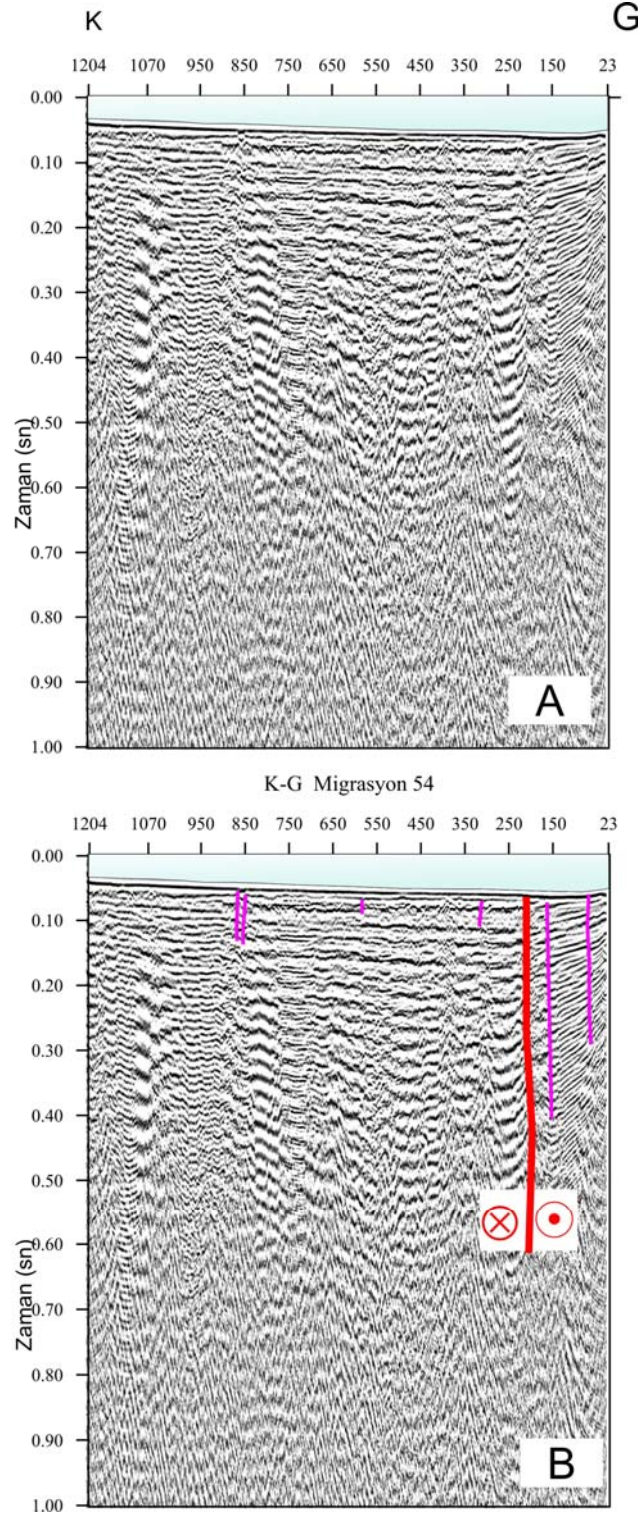
Gaz çıkışı veya fayların deniz tabanındaki yapıları kesmesi sonucu oluşan karmaşık bir yapıyı mı gösterdiği net olarak gözlenememektedir .

Bu bölümde en son sunulacak olan sismik kesit 54 numaralı hatta aittir. Şekil 3.21 (A) yorumlanmamış kesit yer almaktadır. Şekil 3.21 (B)'de fay daha güneye ötelenmiştir. Yansımalar diğer kesite oranla daha belirgin gözlemlenmiştir.

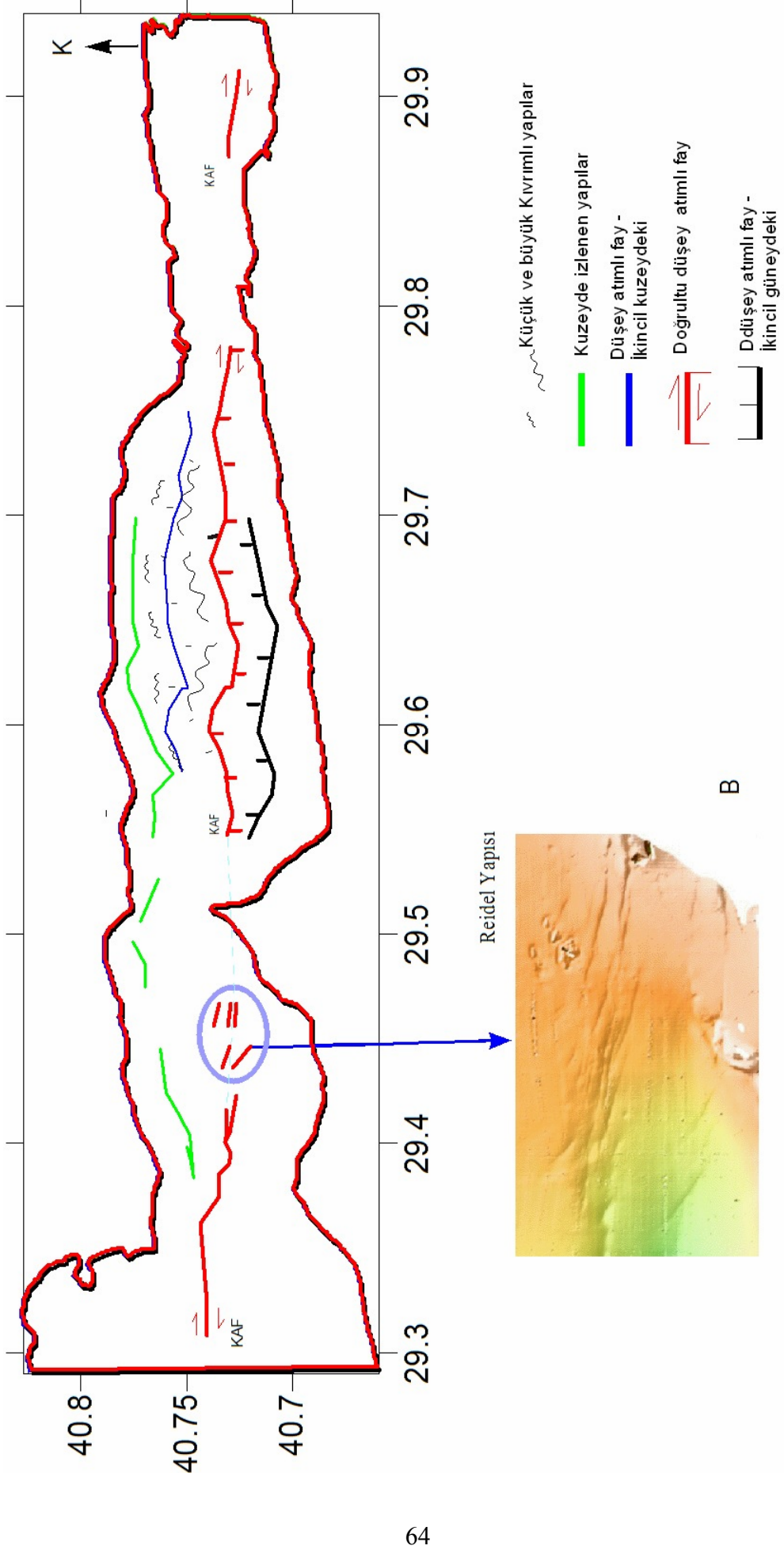
Doğu baseninde sismik kesitlerden de görüldüğü üzere yapılar çok iyi gözlenemezken batimetrideki çizgiselliğin yardımıyla fayın kesitteki yerleri gösterilebilmiştir.

Sismik yansıma kesitlerinin değerlendirilmesinden sonra bu bilgiler yapısal haritaya işlenmiştir. Şekil 3.22 (A)'da doğrultu atımlı ana fay (kırmızı renkli) körfezin tüm basenlerinde gözlemlenmiştir. Batı ve Karamürsel baseninin kuzeyinde gözlemlenen 21°'lik yapının deniz tabanındaki doğrultusunun kuzeydeki kıyı şeridine paralel olduğu gözlemlenmiştir. Hersek deltasının batısında yer alan yapıların da batmetri haritası ile karşılaştırıldığında Reidel yapısını oluşturduğu söylenebilir (Şekil 3.22 (B)). Karamürsel Baseninde ana fayın kuzeyinde ve güneyinde düşey atımlı faylar

izlenmiştir. Ana fay ile birleştiklerinde basenin negatif çiçek yapısıyla oluştuğu söylenebilir.



Şekil 3.21 İzmit Körfezi 54 nolu sismik yansıma kesiti (A) yorumlanmamış hali. (B) kesitin yorumlanmış hali yer almaktadır. Düşey abartma 4.6 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.22 (A) İzmit Körfezi yapısal haritası. (B) Batimetriden bir kesit

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nın İzmit Körfezi içinde devamlılığı araştırılmıştır. İzmit Körfezi çok-kanallı sismik yansıma verileri işlenmiş ve batimetri haritası ile birlikte yorumlanmıştır. Yorumlanmış kesitlerde izlenen yapısal unsurlar harita düzlemine işlenmiştir.

Batimetri haritasında deniz tabanının görüntüsünden takip edilebilen basamaklanmalara neden olan faylar ile çok kanallı kesitlerin yorumlanması sonucu oluşturulan yapısal haritadaki faylar birbirleriyle ilişkilidir. KAF olarak düşünülmekte olan doğrultu atımlı ana fay kırmızı çizgi ile gösterilmiştir (Şekil 3.21 (A)). KAF, İzmit Körfezi'nin doğu ucundan körfeze girmekte ve körfezin orta eksenı boyunca D-B doğrultusunda uzanıp Marmara Denizi'ne devam etmektedir.

Basenlerin, özellikle Batı ve Karamürsel baseninin, kuzey bölgelerinde gözlemlenen yapı ise yapısal haritada yeşil renkte gösterilmiştir (Şekil 3.21 (A)). Bu yapı 21° lik bir açıyla güneye doğru dalmakta ve sismik kesitlerde deniz tabanından itibaren yaklaşık 1 sn.'lere kadar izlenmektedir. Bu yapının İstanbul Paleozoğının bir dokanağı olduğu düşünülmektedir.

Batı baseninin güney doğu yönünde aşamalı faylara rastlanmıştır. Bu yapılar sismik kesitlerde ve batimetri haritasında (Şekil 3.21 (B)) izlenmektedir. Deniz tabanında izlenen sıralanmalarına ve açılara bakılarak bu aşamalı fay gruplarının doğrultu atımlı fayın Riedel (Reidel, 1929) yapıları olduğu söylenebilir. Mevcut tektonik yapının devam etmesi halinde, zaman içinde yüzeydeki aşamalı faylar birleşerek ana faya benzer şekilde tek bir fay olarak deniz tabanını kesecektir. Bu öngöründen hareketle, doğrultu atımlı faylanmaların görüldüğü alanlar boyunca, kademeli fayların aşama aşama oluşması ve farklı evrelere ait olması beklenir (Tchalenko, 1970; Sylvester, 1988). Sismik kesitlerde KAF düşey bir süreksizlik olarak izlenmekte, bu süreksizliğin her iki yanındaki tabaka yapıları birbirinden farklılık göstermektedir. Tüm bu güncel sistem içerisinde çalışan yapılar değerlendirildiğinde, havzanın merkezinde yer alan çöküntü alanı, doğrultu atımlı fay zonunun

morfolojideki izidir. Havza içinde aktif olarak gözlemlenen fayların tamamı, doğrultu atımlı sistemlerde izlenen faylarla uyum içerisindedir. Ana havzayı sınırladığı görülen ikincil faylar da havzanın oluşumu ile ilgili olmalıdır. Bu faylar şu an etkin olan doğrultu atımlı sistemin bir parçası olarak düşünülmektedir. Güneyde havzayı sınırlayan ana faydan daha eğimli olan ikincil faylar Karamürsel baseninde büyük ölçüde takip edilmiştir.

Kesitler genel olarak incelendiğinde Karamürsel baseninde fayın kuzey kesimlerinde kıvrımlı yapılar gözlemlenmiştir (Şekil 3.12 (B)). KAF'ın güneyinde biriken çökeller denizel ve gölsel olarak ayırt edilmiştir. Bu birimlerin zamansal kalınlık değerleri yardımıyla çökel birimlerin kalınlıkları hesaplanmış, yıllık çökelme hız değeri ile oranlanarak bu tabakaların yaşları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler yardımıyla birimlerin yaşları ilgili formasyonlarla eşleştirilmeye çalışılmıştır. Bu eşleştirmeler yapılarak deniz tabanının hemen altındaki birimin güncel çökeller olan Holosen yaşlı birim olduğu söylenebilir. Holosen yaşlı birimin altındaki denizel olarak adlandırılan birim ise Marmara Formasyonu Geç Pleistosen yaşlı birim ile eşleştirilebilir. Marmara formasyonunun altındaki birim Samanlıdağ formasyonu olan erken Pleistosenle eşleştirilebilir. Bunların kalınlık değişimleri kıyaslanarak KAF'nın Geç Pleistosen'de daha hızlı çalıştığı sonucuna varılabilir.

KAYNAKLAR

- Akartuna, M.**, 1968. Armutlu Yarımadası'nın Jeolojisi, *İÜ Fen Fak. Monografileri*, 20, İstanbul, 120 pp
- Alpar , B. Ve Yaltırak, C.**, 2000. Anatomy the North Anatolian fault in the İzmit Bay related effect of 17 August 1999 Earthquake. In Tatar, O., Kavak, K.,Ş., Özden, S.(eds.), Articles of the tectonic research group III workshop, pp. 51-58
- Alpar, B. ve Yaltırak, C.**, 2002. Characteristic features of the North Anatolian Fault in the eastern Marmara region and its tectonic evolution, *Marine Geology*, 190, s. 329-350.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F.**, 1991. Long-term seismicity of İstanbul and of the Marmara Sea region, *Terra Nova*, 3, pp. 527-539.
- Ambraseys, N.N.**, 1970. Some characteristic features of the North Anatolian Fault, *Tectonophysics*, 9, pp. 143-165.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert, A. ve Barka, A.A.**, 1999. Westward propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: Timing and kinematics, *Geology*, 27/3, pp. 267-270.
- Bargu, S., ve Sakıncı, M.**, 1989. İzmit Körfezi ve İzmit gölü arasında kalan bölgenin jeolojisi ve yapısal özellikleri, *İ.Ü. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi.*, 7, 1 -2, 45-46
- Barka, A.A. ve Kadinsky-Cade, K.**, 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, *Tectonics*, 7/3, pp. 663-684.
- Barka, A.A. ve Reilinger, R.**, 1997. Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, *Annali Di Geofisica*, XL, pp. 587-610.
- Barka, A.A.**, 1992. The North Anatolian Fault Zone, *Ann. Tecton.*, 6, pp. 164-195.
- Barka, A.A.**, 1997. Neotectonics of the Marmara region. Active tectonics of Northwestern Anatolia –The Marmara Poly – Projet (Eds: C. Schindler and M. Pfister), 55 - 87.
- Ben-Avraham, Z., Reshef, M. and Smith, G.**, 2003. Seismic signature of gas hydrate and mud volcanoes of the south African continental margin, *Mud volcanoes , Geodynamics and Seismicity*, pp. 17-27
- Bozkurt, E.**, 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis, *Geodinamica Acta*, 14, pp. 3-30.

- Çağatay, M.N., Görür, N., Polonia, A., Demirbağ, E., Sakıncı, M., Cormier, M.H., Capotondi, L., McHugh, C.M.G., Emre, Ö. and Eriş, İK,** 2003. Sea-Level changes and depositional environments in the İzmit Gulf, Eastern Marmara Sea, during late glacial-Holocene period, *Marine Geology*, **202**, pp. 159-173
- Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M. ve Ünay, E.,** 1998. Doğu Marmara bölgesinin Neojen-Kuaternerdeki evrimi, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, **120**, pp. 289-314.
- Erendil, M., Göcüoğlu, M.C., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, İ., Ürgün, B.M., Tunay, G. ve Temren, A.,** 1991. Armutlu Yarımadası Jeolojisi, *MTA Raporu*, 9165
- Ergin, M. ve Yörük, R.,** 1990. Distribution and texture of bottom sediments in a semi-enclosed coastal inlets of the Northeastern sea of Marmara, *Chemical Geology*, **91**, pp. 269-285.
- Göktaşan, E., Alpar, B., Gazioğlu, C., Yücel, Z.Y., Tok, B., Doğan, E., ve Güneysu, C.,** 2001. Active tectonics of the İzmit Gulf (NE Marmara Sea): from high resolution seismic and multi-beam bathymetry data, *Marine Geology*, **175**, s. 273-288.
- Görür, N., Çağatay, M.N., Sakıncı, M., Sümengen, M., Şentürk, K., Yaltırak, C. ve Tchepalyga, A.,** 1997. Origin of the Sea of Marmara as deduced from neogene to quaternary paleogeographic evolution of its frame, *International Geology Review*, **39**, pp. 342-352.
- Hoşgören, M.Y.,** 1995. İzmit körfezi Havzası'nın Jeomorfolojisi, *İzmit Körfezi Kuaterner istifi*, **B**, pp 343-348.
- İmren, C.,** 2003. Marmara Denizi faal tektonizmasının sismik yansıma ve derinlik verileri ile incelenmesi, *Doktora Tezi*, İstanbul teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Jackson, J.A. ve McKenzie, D.P.,** 1984. Active tectonics of the Alpine Himalayan belt between western Turkey and Pakistan, *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, **77**, pp. 185-264
- Jackson, J.A.,** 1994. Active tectonics of the Aegean region, *Annual Reviews of Earth Planetary Science*, **22**, pp. 239-271.
- Ketin, İ.,** 1948. Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den großen Anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums, *Geol. Rundschau*, **36**, pp. 77-83.
- Koçyiğit, A.,** 1988. Tectonic setting of the Geyve basin: age and total displacement of Geyve fault zone, *METU Pure Appl. Sci.*, **21**, pp. 81-104.
- Kurt, H.,** 2000. Gökova ve Saros Körfezlerinin aktif tektonizmalarının sismik yansıma verileri ile incelenmesi, *Doktora Tezi*, İstanbul teknik Üniversitesi, İstanbul.

- Kurt, H., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ.,** 1999. Investigation of submarine active tectonism in the Gulf of Gökova, southwest Anatolia-southeast Aegean Sea, by multi-channel seismic reflection data , *Tectonophysics*, **305**, pp. 477-496.
- Kurt, H., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ.,** 2000. Active submarine tectonism and formation of the Gulf of Saros, Northeast Aegean Sea, inferred from multi-channel seismic reflection data, *Marine Geology*, **165**, pp. 13-26.
- Kuşçu, İ., Okamura, M., Matsuoka, H., ve Awata, Y.,** 2002. Active faults in the Gulf of İzmit on the North Anatolian Fault, NW Turkey: a high-resolution shallow seismic study, *Marine Geology*, 190, s. 421-443
- Lybérís, N.,** 1984. Tectonic evolution of the North Aegean Trough, in *Geological Evolution of Eastern Mediterranean*, Special Publication, **17**, pp. 709-725, Eds. Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F., Geological Society of London, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- McKenzie, D.,** 1972. Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, **30**, pp. 109-185.
- McKenzie, D.,** 1978a. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions, *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, **55**, pp. 217-254.
- McKenzie, D.,** 1978b. Some remarks on the development of sedimentary basins, *Earth and Planetary Science Letters*, **40/1**, pp. 25-32.
- McQuillin, R., Bacon, M., Barclay, W.,** 1984. An introduction to seismic interpretation, *Gulf Publishing Company*, Huston
- Meriç, E.,** 1995. İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi, *İstanbul*, 354 .
- Milkov, A.V.,** 2000. Worldwide distribution of submarine mud volcanoes and associated gas hydrates, *Marine Geology*, **167**, pp. 29-42
- Okay, A.İ. ve Görür, N.,** 1995, Batı Karadeniz ve trakya Havzalarının kökenleri arasında zaman ve mekan ilişkisi, *Sym. Geol. Thrace Basin*, 9-11.
- Okay, A.İ.,** 1997, Tectonic framework of the Marmara Sea and surrounding regions; *Proceeding of Colloquim on the Geology of Northern Aegean , the Sea of Marmara surrounding region*: 1-6.
- Okay, A.İ., Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N. ve Kuşçu, İ.,** 1999. An active, deep marine strike-slip basin along the North Anatolian Fault in Turkey, *Tectonics*, **18/1**, pp. 129-147.
- Okay, A.İ., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ.,** 2000. Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: A multichannel seismic reflection study, *Tectonophysics*, **321**, pp. 189-218.
- Oral, B., Reilinger, R., Toksöz, N., King, R., Barka, A. ve Kınık, İ.,** 1995. Coherent plate motions in the eastern Mediterranean continental collision zone, *EOS Trans.*, **76**, pp. 9-11.

- Özhan, G., Bayrak, D.,** 1998. İzmit Körfezi Plio-Kuaterner çökellerinin sismik irdelenmesi *Türkiye Jeoloji Kurultayı, Türkiye*, **41**, pp. 151-164.
- Özhan, G., Kavukçu, S., Çete, M. ve Kurtuluş, C.,** 1985. Marmara Denizi-İzmit Körfezi yüksek ayrımlı sığ sismik etüdü raporu, *MTA Jeofizik Etüdleri Daire Başkanlığı*
- Pavoni, X.,** 1961. Die nordanatolische Horizontalverschiebung, *Geologischen Rundschau*, **51**, pp. 122-139.
- Polonia, A., et al,** 2002. Exploring submarine earthquake geology in the Marmara Sea, *EOS*, **83/21**, pp. 229-236.
- Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, R.W., Toksöz, M.N., Barka, A.A., Kınık, İ., Lenk, O. ve Şanlı, İ.,** 1997. Global positioning system measurements of present day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone, *Journal of Geophysical Research*, **102/B5**, pp. 9983-9999.
- Riedel, W.,** 1929. Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen, *Centralbl. F. Mineral. Geol. Pal.*, **B**, pp. 354-368.
- Smith, A.D., Taymaz, T., Oktay, F.Y., Yüce, H., Alpar, B., Başaran, H., Jackson, J.A., Kara, S. ve Şimşek, M.,** 1995. High-resolution seismic profiling in the Sea of Marmara (NW Turkey): Late Quaternary sedimentation and sea level changes, *GSA Bulletin*, **107/8**, pp. 923-936.
- Straub, C. ve Kahle, H.G.,** 1995. Active crustal deformation in the Marmara Sea region, NW Anatolia, inferred from GPS measurements, *Geophysical Research Letters*, **22/18**, pp. 2533-2536.
- Suzanne, P.P., Lybérís, N., Chorowicz, J., Nurlu, M., Yürür, T. and Kasapoğlu, E.,**1990. La géométrie de la faille Nord Anatolienne à partir d'images Landsat – MSS , *Bull. Soc. Géol. France*, **4**, 589-599 (in French).
- Sylvester, A.G.,** 1988. Strike-Slip faults, *Geol. Soc. Am. Bull.*, **100**, pp. 1666-1703
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y.,** 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, **75**, pp. 181-241.
- Şengör, A.M.C.,** 1979. The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance, *Journal of the Geological Society of London*, **136**, pp. 269-282.
- Şengör, A.M.C.,** 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları, *Türk. Jeol. Kur. Konferanslar Serisi*, **2**, 1-40 sayfa.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F.,** 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in *Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation*, Special Publication, **37**, pp. 227-264, Eds. Biddle, K.T. and Christie-Blick, N., Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Tüysüz, O., Kurt, H., Görür, N. ve Kuşçu, İ.,** 1999. A preliminary note on the structure of the Gulf of İzmit: implications for

- the westerly prolongation of the North Anatolian Fault. In: Karaca, M., Ural, D.N.(Eds.), ITU-IAHS International Conference on the 17 August 1999 Earthquake, Proceedings, ITU, pp. 25-37
- Taymaz, T.,** 1999. Seismotectonics of the Marmara region: Source characteristics of 1999 Gölcük-Sapanca-Düzce earthquakes, in *İTÜ-IAHS International Conference on the Kocaeli Earthquake 17 August 1999: A scientific assessment and recommendations for re-building*, pp. 55-78, Eds. Karaca, M. and Ural, D.N., Istanbul Technical University, Turkey.
- Tchalenko, J.,** 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes, *Geol. Soc. Am. Bull.*, **81**, pp. 1625-1640
- 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**, pp. 231-250.
- Woodcock, N.H.,** 1986. The role of strike-slip fault systems at plate boundaries, *Philos. Trans., R. Soc. London*, **A-317**, pp. 13-29.
- Yaltırak, C. ve Alpar, B.,** 2002. Kinematics and evolution of the northern branch of the North Anatolian Fault (Ganos Fault) between the Sea of Marmara and the Gulf of Saros, *Marine Geology*, **190**, pp. 351-366.
- Yaltırak, C.,** 2002. Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings, *Marine Geology*, **190**, pp. 493-529.
- Yaltırak, C., Sakıncı, M., Oktay, F.Y.,** 2000. Westward propagation of the North Anatolian fault into the northern aegean; timing and kinematics, Comment, *Geology*, **28**, pp. 187-188.
- Yılmaz, Ö.,** 1987. Seismic data processing, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, OK, 526 pp.
- Yılmaz, Y., Genç, S.C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M. ve Yılmaz, K.,** 1995. Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia, *Tectonophysics*, **243**, pp. 155-171.

ÖZGEÇMİŞ

E.Esra Yücesoy, 1970 yılında İstanbul’da doğdu. İlkokulu Zihni Paşa İlkokulu, orta eğitimi Göztepe Orta Okulu ve lise eğitimini Kadıköy Kız Meslek Lisesi El Sanatları ve çiçek bölümünde tamamladıktan sonra 1988 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitime başladı. 1992 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra aynı yıl aynı üniversitede ve bölümde Yüksek Lisans eğitime başlamıştır. 1995 yılından 2000 yılına kadar özel sektörde çeşitli firmalarda sistem destek uzmanı olarak görev almıştır. Şu anda özel sektör de bir firmada sistem destek uzmanı olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir kız çocuk annesidir.