

**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ**

**ZONGULDAK-KOZLU KIYIÖTESİ SAHASININ SİĞ  
SİSMİK VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Veysel PİŞKİN  
Deniz Jeolojisi Ve Jeofiziğı Anabilim Dalı**

**Danışman  
Prof. Dr. Bedri ALPAR**

**EYLÜL, 2006**

**T.C.**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**  
**DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ**

VEYSEL PİŞKİN tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “ZONGULDAK - KOZLU KIYIÖTESİ SAHASININ SIĞ SİSMİK VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez DENİZ JEOFİZİĞİ Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Bedri ALPAR

**Jüri Üyesi**

Prof. Dr. Kurultay ÖZTÜRK

**Jüri Üyesi**

Prof. Dr. Demir KOLÇAK

**Jüri Üyesi**

Prof. Dr. Yıldız ALTINOK

**Jüri Üyesi**

Yard. Doç. Dr. Naşide ÖZER

**Tez Savunma Tarihi: 26.09.2006**

## ÖNSÖZ

“Zonguldak-Kozlu Kıyıötesi Sahasının Sığ Sismik Verilerinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Anabilim Dalı tarafından desteklenen ve yönetilen bir yüksek lisans tezidir. Bu çalışmada öncelikle MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1986 ve 1988 yıllarında toplanan sığ sismik veriler değerlendirilmiştir. Ayrıca 1981 yılında toplanan derin sismik yansıma kesitlerinden zemin yapısına ait hız bilgileri çıkartılarak yorumlamada kullanılmıştır.

Elde edilen verilerin ışığında Karadeniz Pliyo-Kuvaterner evriminin güncel çökeller üzerindeki etkileri, çalışma sahamızın batısında Anadolu ve Trakya şelf alanlarında yapılmış olan diğer sismik çalışmalar ile karşılaştırılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Zonguldak-Kozlu bölgesi kıyı ötesinde kalan 2-3 km genişliğindeki yüksek sismik hızlı şelf alanları sismik dalgaların derine penetrasyonu bakımından sorunlu yerler olduğundan, bu alandaki sığ sismik verilerin anlaşılması ayrı bir önem taşımaktadır. Bu çalışmada yorumlanan sismik kayıtlar bölgenin kıyı tektonik yapısına yeni veriler sağlayacağı gibi, Karadeniz evriminin son dönemine ışık tutacak stratigrafik bilgiler sağlayacak niteliktedir.

Tez çalışmasında değerlendirilen verileri sağlayan Maden Tetkik ve Araştırma Enstitüsü ve Türkiye Taşkömürü Kurumu yetkililerine ve bu çalışmalarda emeği geçen bilim adamlarına, gemicilerine ve teknisyenlerine teşekkürü borç bilirim. Bu çalışmalarda emeği geçen ve tez çalışmam sırasında danışmanlığımı sürdüren Prof. Dr. Bedri Alpar'a; tezin her safhasında fikir ve teknik yardımlarını esirgemeyen Jeof. Müh. Taner Yılmaz, Jeof. Müh. Haldun Bingöl, İlhan Türen ve Dr. Oğuz Gündoğdu'ya teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

### ZONGULDAK-KOZLU KIYIÖTESİ SAHASININ SIĞ SİSMİK VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

#### VEYSEL PİŞKİN

Avrupa'nın yarısının ve Asya'nın bir kısmının su toplama alanı olan Karadeniz bölgesel jeoloji ve küresel olayların bir kayıtçısıdır. Karadeniz çökelleri değişik su toplama ortamlarından taşınmış olduklarından bünyelerinde bu havzaların yüksek ayrımlı iklimsel kayıtlarını da barındırırlar. Nehirler tarafından taşınan yerel depoları oluşturan deltaik çökeller bu nehirlerin girişlerinin incelenmesine olanak sağlarlar. Buzul dönemlerinde Akdeniz su seviyesi Türk Boğazlar sisteminin altına inince dünya okyanuslarıyla bağını kopartan Karadeniz bir göl halini almakta ve göl seviyesi Avrasya'nın nemli-kuru iklimleri ile salınımlar göstermektedir. Değişen su seviyeleri denizaltındaki delta aktivitesini etkiler ve çökellerde paleoşinografik şartların parmak izleri kaydedilir. Deniz seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde Karadeniz'e tuzlu su girer ve bu şekilde oluşan yoğunluk tabakalanması oksijensiz dip sularının oluşmasına neden olur. Son çalışmalarda Karadeniz'in son buzul çağı sonunda çevresinde yaşayan insanlara ölümcül olacak kadar hızlı bir biçimde dolduğu önerilmiştir. Sismik stratigrafi prensiplerine göre delta aktivitesinde ani sonlanmalar yaratan bu tip hadiseler yansıma kesitlerinde kendilerine has biçimlenmeler yaratırlar. Dolayısıyla içlerindeki fauna içerikleri yanında Karadeniz güncel çökellerinin sismik özellikleri de, Akdeniz-Karadeniz bağlantılarının kanıtlarını yansıtabilecektir. Türkiye'nin Karadeniz sahillerinde bu amaçla yapılmış sismik çalışmalara Batı Karadeniz'de ve Sakarya deltasında rastlanmaktadır. Bu çalışmada ilgili problemlere ışık tutulması amacıyla, daha önce bu amaçla incelenmemiş bir bölge olan Zonguldak-Kozlu bölgesinde şelf alanı üzerinde MTA tarafından 1986 ve 1988 yıllarında alınmış olan sığ sismik kesitler değerlendirilmiş, bölgenin yapısal unsurları ve sismik stratigrafik özellikleri incelenmiştir. Belirlenen 4 sismik birim üst Tersiyer bir temel, bunun üzerinde deniz düzeyi değişimlerinin etkisi altında yakın kıyı ve şelf kenarında gelişen deltaik sistemler ve ince Holosen örtü tabakası şeklindedir. Bölgesel tektonik kuvvetlerin etkisi de gözlenmektedir.

## **ABSTRACT**

### **INTERPRETATION OF SHALLOW SEISMIC DATA ACQUIRED FROM OFFSHORE ZONGULDAK-KOZLU**

**VEYSEL PİŞKİN**

The Black Sea, the catch basin for river discharge of half of Europe and part of Asia, is an environmental amplifier and a recorder of events of global as well as regional significance. The sediments of the Black Sea include materials brought from a variety of watersheds, and the sediments contain high-resolution records of climate in those watersheds. Fan deposits contain localized deposits of river-borne sediment, allowing the input of different rivers to be studied. The Black Sea is isolated from the world ocean when the Mediterranean falls below the Bosphorus during glacial periods, and lake levels then oscillate as a function of wet-dry cycles in Eurasia. Changing sea level affects submarine fan activity, providing an independent record of sea-level change in the Black Sea. Salt water enters the Black Sea during times of high sea level, and the resulting density stratification results in anoxic bottom waters. Recent studies have suggested that the Black Sea may have filled rapidly at the end of the last glacial period, resulting in a catastrophic filling event. Such events should be recorded in fan sediments as an abrupt termination of fan activity. Even it is well-known that the modern Black Sea, which was a paleo-lake during the last glacial age, gained its present condition following the post-glacial sea level rises, the Late-Quaternary evolution of this huge intermountain basin is still under debate. Some previous seismic stratigraphic applications for Turkish shelves are known from Trace shelf and Sakarya river delta. In this thesis, in order to clarify similar problems, shallow seismic reflection data acquired from the Zonguldak-Kozlu offshore area by MTA in 1986-1988 cruises was interpreted. Two deltaic systems overlying upper Tertiary basement and developed under the control of global sea level were defined along the near shore and shelf break, respectively; both were overlain by a thin Holocene blanket. Regional vertical movements are also responsible in this evolution.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	vi
I. GİRİŞ.....	1
II. MATERYAL VE METOT.....	6
2.1. KULLANILAN ALET VE KAYIT PARAMETRELERİ.....	6
2.2. SİSMİK STRATİGRAFİK İLKELER.....	8
2.2.1. Yansıtıcı Şekiller.....	9
2.2.2. Uyumsuzluk Yüzeyleri.....	10
2.2.3. Kesilme (Lapout) Şekilleri.....	12
2.2.4. Sismik Fasiyes Tipleri.....	14
III. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ.....	15
3.1. KARADENİZ’İN OLUŞUMU İLE İLGİLİ YAKLAŞIMLAR.....	15
3.2. ÇALIŞMA ALANI KIYI VE GERİSİNİN GENEL JEOLJİK ÖZELLİKLERİ.....	18
3.2.1. Batı Taşkömür Havzası.....	19
3.2.2. Paleocoğrafya.....	20
3.2.3. Batı Taşkömür Havzasının Genel Stratigrafisi.....	23
IV. SİSMİK BULGULAR.....	27
4.1. BATİMETRİ.....	27
4.2. DİP YAPISI.....	28
4.3. TEKTONİK HATLAR.....	29
4.4. STRATİGRAFİK YORUM.....	33
V. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	38
5.1. SAKARYA KANYONUNDAKİ SİSMİK DURUM.....	38
5.2. TRAKYA KARADENİZ ŞELFİNDEKİ SİSMİK DURUM.....	40
5.3. ÇALIŞMA SAHASINDAN ÇIKAN SONUÇLAR.....	42
VI. KAYNAKLAR.....	477
EK-1. YORUMLANMIŞ SİSMİK KESİTLER.....	533

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.	Son buzul dönemi sonunda Karadeniz'in olası şekli (Hamori, 2004) ..... 1
Şekil 2.	Zonguldak-Kozlu Bölgesi çalışma sahasının bulduru haritası ..... 5
Şekil 3.	Açısal uyumsuzluk çeşitleri ..... 11
Şekil 4.	Lapout ve uyumlu yansıma şekilleri ..... 12
Şekil 5.	Bir sismik birim içerisinde kalan uçlanmalı yansımalar ..... 13
Şekil 6.	Sismik kesitlerde sık karşılaşılan fasiyeslerden örnekler ..... 14
Şekil 7.	Karadeniz tektonik elemanları ..... 16
Şekil 8.	Karadeniz'in morfolojik bölgelendirmesi ..... 17
Şekil 9.	Karadenizin ana tektonik yapıları üzerine bindirilmiş güncel Karadeniz batimetrisi .....18
Şekil 10.	Zonguldak-Kozlu bölgesinin jeoloji haritası .....19
Şekil 11.	Çalışma sahasının batimetrisi .....28
Şekil 12.	1981 yılında kaydedilen derin sismik kesitin yeniden yorumu ..... 30
Şekil 13.	Deniz tabanı hız hesaplamasında karşılıklı atış yöntemine göre ilk varışlar (direk dalga ve kırılma) sismik saha kayıtlarından okunmuştur... 31
Şekil 14.	Yansıma kayıtlarının ilk varışları kullanılarak hesaplanan zemin hızlarının dağılımı ..... 32
Şekil 15.	Zonguldak limanı önünden geçen ZK-17 nolu hatta gözlenen fay ..... 35
Şekil 16.	Karadeniz şelfinde temel oluşturan stratigrafik birimler ..... 35
Şekil 17.	Sakarya kanyonunda alınmış sismik kesitin yeniden yapılan yorumu ..... 40
Şekil 18.	Demirbağ ve diğ. (1999) tarafından İstanbul Karadeniz şelfinde rastlanan sismik stratigrafik birimler..... 41
Şekil 19.	Trakya Karadeniz şelf ve yamaç kesitlerinden örnekler ..... 42
Şekil 20.	Çalışma alanında belirlenen sismik fasiyesler ve bunların olası depolanma alanları ..... 44
Şekil 21.	Zonguldak-Kozlu sahası şelf ve şelf kenarında gözlediğimiz sismik birimlerin östatik ve tektonik kuvvetler altında muhtemel gelişimleri ..... 45

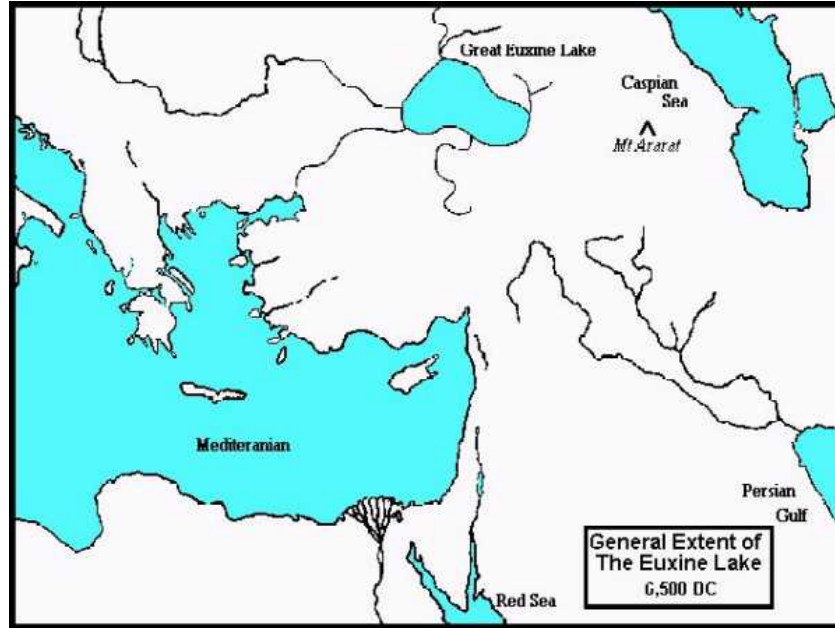
## TABLO LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1. Sismik stratigrafide kullanılan yansıma parametrelerinin jeolojik anlamları (Mitchum ve diğ., 1977 den) .....	9
Tablo 2. Batı taş kömür havzasının stratigrafik dizilimi .....	23



## I. GİRİŞ

Dünyanın en büyük kapalı havzalarından biri olan Karadeniz'in (432,000 km<sup>2</sup>) Geç dönemde gerçekleşen Akdeniz-Karadeniz su bağlantısı sırasındaki evriminin nasıl gerçekleşmiş olduğu, konu hakkında yapılan çalışmalar Milattan Öncesine kadar dayanmakla birlikte, günümüzde hala tartışmalıdır. İlk dönemlerde Strabo tarafından yapılan tanımlamalar yükselen Karadeniz sularının Marmara Denizi'ne boşaldığı şeklinde yorumlanmıştır. Benzeri yorumlar tarih boyunca sürmüştür, Karadeniz'in boğaz yolu ile Akdeniz suları ile nasıl birleşmiş olduğu bilimsel önemini daima korumuştur (Şekil 1). Son buzul dönemi sonunda Karadeniz'in olası şeklini gösteren görüşlerden birinde (Hamori, 2004) daha sonra günümüz Niagara şelalesinden 200 kat daha güçlü akan sularla 40 gün içinde dolacak olan (!) Karadeniz yerinde abartılmış bir biçimde küçük gösterilen Büyük Öksin Gölü yer almaktadır.



Şekil 1. Son buzul dönemi sonunda Karadeniz'in olası şekli (Hamori, 2004).

Genellikle dini kayıtlara göre yorumlanan bu görüşleri değerlendirmek ve Karadeniz'in son 25,000 yıllık dönemini aydınlatmak için yapılan çalışmalarda bu denizin son buzul dönemi sırasında evrimini bir göl olarak sürdürdüğü (Federov, 1971) ve yaklaşık 9400 yıl önce başlayan bir dönemden itibaren ise, Akdeniz sularının istilasına uğrayarak günümüzdeki ortamına kavuştuğu belirlenmiştir (Ross ve Degens, 1974). Karadeniz'de yapılan bu ilk bilimsel çalışmaları izleyen dönemde, son Akdeniz-Karadeniz su bağlantısı ile ilgili günümüzde sadece bilimsel açıdan değil mitolojik ve din tarihi açısından da en çok değinilen ve tartışılan iddialardan biri ortaya atılmıştır (Ryan ve diğ., 1997; Ryan ve Pitman, 1999). Bu iddialarında Ryan ve diğ. (1997) son buzul dönemi sırasında günümüzde derinliği 2 km kadar olan Karadeniz su seviyesinin günümüz su düzeyinden 100 m daha derin olduğunu, Karadeniz'deki son deniz düzeyi yükseliminin ise yaklaşık 7200 yıl önce kara olan günümüz Karadeniz şelfinin Akdeniz suları tarafından çok ani ve hızlı bir şekilde kaplanmış olması ile gerçekleştiğini iddia etmişlerdir. Çalışmacılar tarafından 7200 yıl önce olarak verilen bu zaman, İstanbul Boğazı kanalı ile giren ilk Akdeniz suyunun giriş tarihi olmayıp, Karadeniz suyunun yeterince tuzlanmaya başladığı zamandır (Major ve diğ., 2006). Ryan ve Pitman (1999) daha sonra Karadeniz şelfinde meydana gelen bu ani su yükseliminin, şelf üzerinde o dönemde yaşayan insanların bu alanı terk etmesine neden olduğunu ve bu durumun mitolojide ve din kitaplarında değinilen "Nuh Tufanı" efsanesi ile ilişkisinin olabileceği sonucuna varmışlardır. Amerikalı iki ünlü yerbilimci Walter Pitman ile William Ryan tarafından 1997 de ortaya atılan Karadeniz şelfinin son buzul arası dönemi takiben ani ve hızla dolmuş olduğu fikri, GB Karadeniz Şelfi İstanbul Boğazı açıkları ve Sakarya Nehri ağzında yapılmış olan çalışmalarla da desteklenmiştir (Demirbağ ve diğ., 1999; Algan ve diğ., 2002). Yine benzer şekilde Sinop açıklarında yapılmış olan bir araştırmada deniz altında belirlenen medeniyet kalıntıları (Ballard ve diğ., 2000), "Nuh Tufanı" efsanesi ile ilgili Ryan ve Pitman (1999) tarafından iddia edilen tezi destekler niteliktedir.

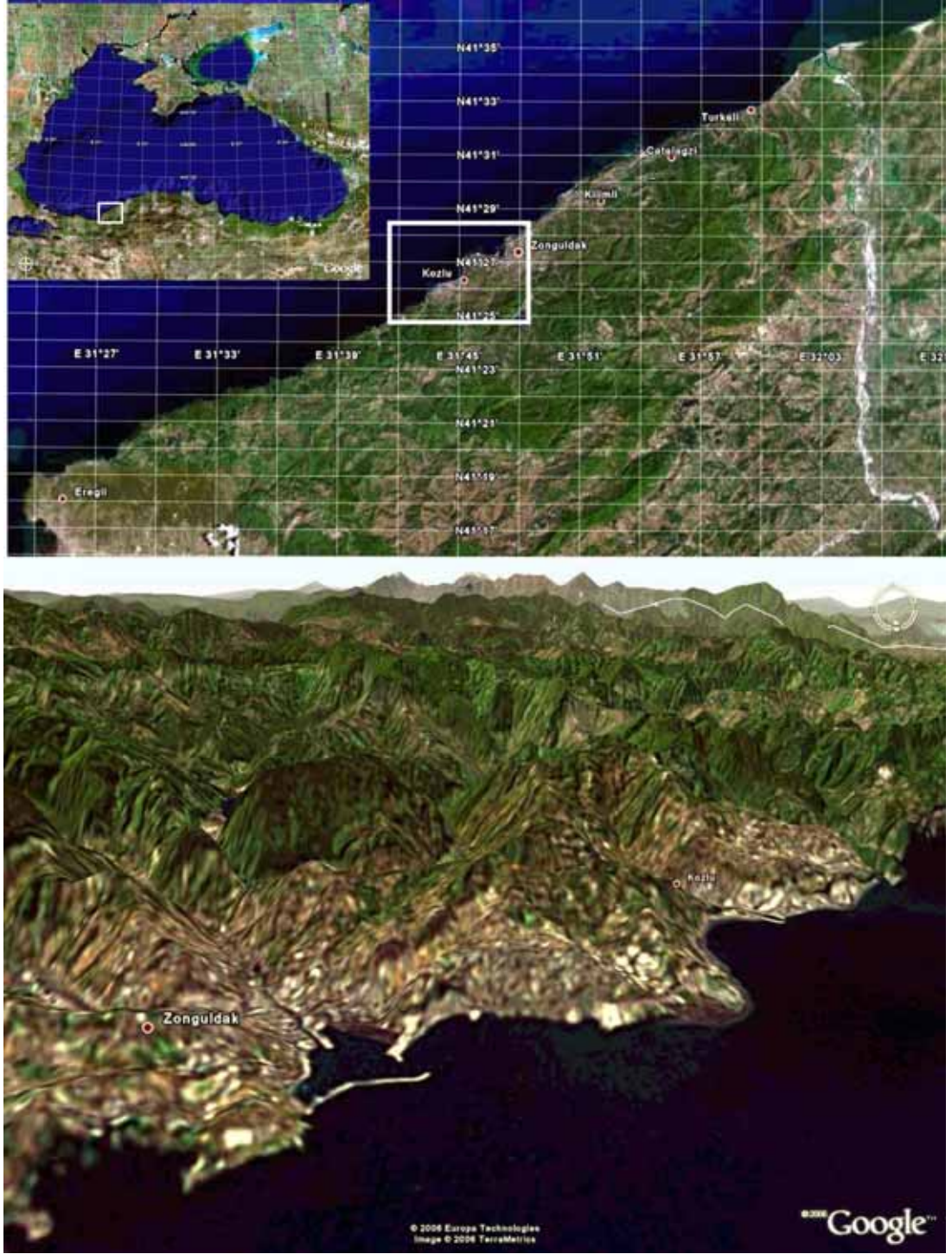
Öte yandan söz konusu çalışmayı izleyen dönemlerde Karadeniz, İstanbul Boğazı Marmara Denizi çıkışı ve Marmara denizi içerisinde yapılmış olan çalışmalardan bazılarının sonuçları ise, Ryan ve diğ. (1997) tarafından önderlik edilen teori ile çelişmektedir. Örneğin Kerey ve diğ. (2004) Akdeniz Karadeniz birleşmesinde İstanbul Boğazı kuzey kesiminin rolünün ancak 5300 yıl önce başladığını öne sürerek bu bağlantının Ryan ve diğ. (1997)

tarafından öne sürülen tarihte yani daha erken olabilmesi için boğazlar dışında başka su yollarının da dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir. Yine Sakarya Nehri deltası üzerinde DSİ tarafından yapılmış olan sondajların yorumlanması sonucu, çalışmacılar sondaj örneklerinde -18 m'de belirlenen plaj ortamının Karadeniz'in son deniz yükselmesini temsil ediyor olduğu ve bu yükselime ait plaj çökellerinin günümüzden yaklaşık 8500 yıl önce Sakarya ağzında çökelmiş oldukları sonucuna ulaşmışlardır (Görür ve diğ., 2001). Yazarlar, bu veriden yola çıkarak Ryan ve diğ. (1997) tarafından önerilen dönemden daha önce Karadeniz sularının zaten -18 m'ye kadar yükselmiş olduğunu iddia etmektedirler. Bu nedenle önerilen katastrofik teori doğru olmamalıdır (Görür ve diğ., 2001). Benzer şekilde yine yakın dönemde yapılan başka çalışmaların sonuçları da, Ryan ve diğ. (1997)'nin sonuçları ile tezat teşkil edecek şekildedir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, son buzul döneminin ardından yükselen Karadeniz sularının güçlü ve devamlı bir biçimde Marmara Denizi'ne boşalmış olduğu yönündedir (Aksu ve diğ., 1999; 2002; Hiscott ve diğ., 2002). Bu çalışmalardan biri (Hiscott ve diğ., 2002), İstanbul Boğazı güney çıkışında yer alan delta biçimli bir sediment istifini, günümüzden 9 ile 10 bin yıl önceki zaman aralığında Karadeniz'den İstanbul Boğazı yolu ile Marmara Denizi'ne akmış olan suların getirmiş olduğu çökel birikimi olarak yorumlamıştır. Bununla birlikte Alavi ve diğ. (1989), Oktay ve diğ. (2002) ve Gökaşan ve diğ. (2005) ise, söz konusu deltanın Kurbağalıdere tarafından son buzul dönemi sırasında oluşturulmuş olduğunu iddia etmektedirler. Yapılan bu farklı sonuçlara sahip incelemelerin ardından Karadeniz'in hızla dolmuş olduğunu iddia eden araştırmacılar teorilerini geliştirmişlerdir. Son buzul dönemini izleyen global ısınmadaki kısa bir soğuma dönemine bağlı olarak (Younger Dryas), küresel deniz düzeyinde kısa süreli bir düşme meydana gelirken, bu dönemde Karadeniz su seviyesinin yükselerek Marmara Denizi'ne doğru taşmış olabileceği de belirtilmiştir (Major ve diğ., 2006)

Bütün bu tartışmalarda kullanılan çok disiplinli bilimsel verilerin başında deniz tabanından toplanan karot örnekleri ve sismik yansıma kesitleri gelmektedir. Tartışmaların ilk başlamasına neden olan Ryan'ın da 1997 makalesinde kullandığı verilerden biri Çanakkale Boğazı içinde alınmış bir sismik kesit idi. Daha sonraki yıllarda benzeri sismik çalışmalara İstanbul Boğazında (Gökaşan, 2005), Trakya'nın Karadeniz şelfi üzerinde (Aksu ve diğ., 1999, 2002; Alpar ve Gainanov, 2002; Alpar ve diğ., 2002; Ergin ve diğ., 2003; Algan ve

diğ., 2006) ve Sakarya nehri kanyonunda (Görür ve diğ., 2001; Algan ve diğ., 2002) rastlamaktayız.

Bu tez çalışmasında, yukarıda tanıtılan son Akdeniz-Karadeniz su bağlantısının oluşumu ile ilgili probleme ışık tutulması amacıyla, daha önce bu amaçla incelenmemiş bir bölge olan Zonguldak-Kozlu bölgesinde (Şekil 2) şelf alanı üzerinde alınmış sığ sismik yansıma kesitleri incelenmiştir. Tezin esas amacı Akdeniz-Karadeniz bağlantılarının oluşumu ve zamanı konusunda yorum yapmak değildir. Fakat tezde, Karadeniz'in İstanbul Boğazı çıkışında ve kuzey kıyılarında yapılan ve yukarıda tanıtılmış olan çalışmalardan elde edilen sonuçların, Karadeniz'in bir başka alanındaki sismik kesitler kullanılarak test edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan sismik veri, MTA tarafından 1981 yılında yapılan konvansiyonel çok kanallı sismik verilerin (Alpar, 1982) sert zemin yapısı nedeniyle başarılı olmamasının ardından, yine aynı kurum tarafından 1986-1988 dönemlerinde toplanmış sığ sismik verilerdir. Bu deniz araştırmasının başlangıçtaki ana hedefi Zonguldak-Kozlu ve civarında yeraltında mevcut ve işletilmekte olan kömür galerinin deniz içindeki devamlarının araştırılması olmuştur. Söz konusu bu veriler akademik amaçla ve yukarıda tarif edilen probleme yönelik olarak literatürden bilindiği kadarıyla ilk kez bu tez çalışması kapsamında değerlendirilecektir. Bu amaçla mevcut yansıma kesitlerindeki sismik stratigrafik birimler belirlenecek, bu birimlerin birbirleri ve Türkiye Karadeniz şelfinde yapılmış diğer çalışmalarda elde edilmiş olan birimlerle olan ilişkileri incelenecek ve bu birimlerin Pliyo-Kuvaterner içindeki olası Karadeniz deniz düzeyi değişimleri ile olan ilişkisi değerlendirilecektir.



Şekil 2. Zonguldak-Kozlu Bölgesi çalışma sahasının bulduru haritası (Goggle Earth).

## II. MATERYAL VE METOT

Sismik yöntemler yer altındaki jeolojik tabakaların durumlarını saptamada elastik dalgaların, arz içerisinde yayılması ile ilgili fizik prensiplerine dayanır. Uygulamalı sismikte, dalgaları üreten bir enerji kaynağı, yeryüzüne bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya ve bu alıcılara gelen dalgaları kaydeden ölçüm aletine gerek vardır. Bu düzen içinde temel prensip, enerji kaynağından yayılan ve alıcılara gelen dalgaların zamana karşı genliklerinin kaydedilmesidir. Sismik yöntemler, kaynaktan yayılan sismik dalgaların takip ettiği ışın yollarına göre yansıma (reflection), kırılma (refraction) olmak üzere iki genel bölüme ayrılır.

Kırılma yöntemi genellikle yatay ve düşey yönde her bir katman için sismik hızların belirlenmesi ve gerçek tabaka kalınlıkları ve bunların dinamik özelliklerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. En önemli özelliği dalga yayılım hızının derinlikle arttığı tabakalı ortamlarda, tabakaların hızlarının ve derinliklerinin yeterli bir doğrulukla bulunmasını sağlamasıdır. Bu tez çalışmasında, 1981 yılında toplanan 48 kanallı yansıma verilerindeki atışlardan ilk varış (first break) zamanları çıkartılarak, bu verilere kırılma yönteminde uygulanan ters atış gibi muamele edilmiş ve dip altındaki sismik hızlar hesaplanmıştır.

Yansıma yöntemi ise yeraltının 2 veya 3 boyutlu, ayrıntılı yapısal ve stratigrafik kesitinin elde edilmesinde kullanılır. Yansıma yöntemi çalışmaları üç aşamada yapılır; verilerin toplanması, veri işlem ve yorum. Yöntem petrol ve doğal gaz, kömür yatağı araştırmalarında, mühendislik amaçlı temel kaya problemlerinin çözümünde ve kültürel olarak arkeojeofizik çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında, 1986 ve 1988 yıllarında toplanan sığ yansıma sismik verileri yapısal ve özellikle stratigrafik olarak değerlendirilmiştir.

### 2.1. Kullanılan Alet ve Kayıt Parametreleri

Bu tez çalışmasında değerlendirmeye alınan sismik kesitler 3 ayrı deniz seferinde toplanmıştır. 1981 yılında gerçekleştirilen birinci araştırma seferinde MTA Sismik-1 gemisi tarafından derin yansıma kayıtları elde edilmiştir. Diğer seferler ise 1986 ve 1988 yıllarında

yine MTA tarafından yapılmıştır. Bu seferlerde sismik çalışmada kullanılan ekipmanların teknik özellikleri ve kayıt parametreleri aşağıda verilmektedir.

#### 1981 Etüdü parametreleri:

Bu çalışmada Texas Instrument (USA) firmasına ait DFS IV (digital field system) kullanılmıştır. Kanal sayısı 48 atış aralığı ise 25 metredir. Örnekleme aralığı 2 ms dir. Kayıt uzunluğu veri toplama safhasında 3 s ise de, alt kesimlerde yansıma alınamaması nedeniyle veri işlem çalışmalarında 2.5 saniyelik kesim değerlendirilmiştir. SEG-B formatında alınan kayıtlarda veri yoğunluğu 1600 bpi (inç başına bit) dir. Çalışmada elde edilen toplam hat uzunluğu 560 km ise de bu hatların birçoğu bu tez kapsamında değerlendirmeye alınan sahanın dışında (hem doğu-batı yönünde hem de açığa doğru) kalmaktadır. Verilere spiking ve predictif dekonvolüsyon işlemleri uygulanmıştır. Yatay yönde ufak değişimler gösterse de frekans bandı sınırları 6-9-45-90 Hz olan bant geçirimli filtre ile en iyi süzgeç neticeleri elde edilmiştir. Mute işlemi 332 metre ofset mesafesine kadar kayıpsız olup daha sonra 1232 metrede 1.6 saniyeye ulaşacak şekilde eğimlidir.

#### 1986 Etüdü parametreleri:

Bu çalışmada MTA Simsi-2 botu ile 60 km toplam uzunluklu sismik veri toplanmıştır (Kavukçu, 1987a,b). Hat isimleri ZK olarak adlandırılmıştır. Sparker sismik kaynağının enerji miktarı 100 Joule seçilmiştir. Atış aralığı ise 0.75 saniyedir. Kesitler kağıt ortamda olup üzerlerinde veri işlem uygulanmamıştır.

Sismik kesitler incelendiğinde 1986 verilerinde sismik enerjinin deniz tabanı altına yeteri kadar nüfuz edemediği görülmüştür. Bu nedenle kayıt parametreleri değiştirilerek 1988 yılında yeni bir çalışma daha yapılmıştır. Elde edilen sismik kesitlerden bazıları tez sonunda Ek-1 olarak verilmiştir.

#### 1988 Etüdü parametreleri:

Bu çalışmada MTA Simsi-2 botu ile 30 km toplam uzunluklu sismik veri toplanmıştır (Kavukçu, 1988). Hat isimleri D88 olarak adlandırılmıştır. Enerji miktarı artırılarak 300

Joulle seçilmiştir. Atış aralığı eskisi gibi 0.75 saniyedir. Alçak kesim filtresi 27 Hz (18 dB/oktav), yüksek kesim filtresi 512 Hz seçilmiştir.

Kesitler kağıt ortamda olup üzerlerinde veri işlem uygulanmamıştır. Bölgedeki bu son çalışmaya ait sismik kesitler incelendiğinde, sismik enerjinin bir önceki çalışmaya nazaran deniz tabanı altına çok daha iyi nüfuz ettiği, delta yapılarının ve altındaki yansımaların çok daha iyi ayırt edilebildiği görülmüştür. Elde edilen sismik kesitlerden bazıları tez sonunda Ek-1 olarak verilmiştir.

## **2.2. Sismik Stratigrafik İlkeler**

Sismik veriler Mitchum ve diğ. (1977), Vail ve diğ. (1997), Tardu ve Baysal (1995), Us (1998) tarafından verilen ilkeler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Temel bazı ilkeler aşağıda verilecektir.

Sismik kesitlerin pek çoğu jeolojik kesitlere benzerler. Sismik kesitlere ön yargı ile bakıldığında sadece akustik empedans sınırlarının görüleceği düşünülmelidir. Eğer akustik empedans farklılığı olmayan litolojik değişiklikler olsa bile, bunlar sismikte görülmezler. Yani sismik sistem, sadece yer altındaki akustik empedansa sahip sınırları gösterecektir.

“Sismik verilerin yorum işi gerçek bir sanat olayıdır” sözü ise, sismik kesit yorumunun sağlıklı yapılabilmesi için; fizik ve matematik bilgisinin yanında yapısal jeoloji, stratigrafi ve levha tektoniği gibi bilgilerin gerekliliğini gösterir. Yorumcu bu bilgilerle model kurar ve doğru sonuca yaklaşır. Jeolojik oluşumlar çok çeşitli olabilseler de genel anlamda belli fiziksel olayların ürünüdür. Örneğin ilerleyen delta sistemleri sediment girişi ve deniz düzeyi değişimlerinin bir fonksiyonu olarak çok çeşitli oluşabilseler de, görünüşleri genel anlamda birbirlerini andırır. Farklılıkları bölgesel ve ortam koşulları belirler.

Sadece kesit üzerindeki yansımaları takip ederek sağlıklı bir yorum yapılamaz. Yapısal jeolojik geçmiş, çökeltme, fasiyes modelleri, gömülme tarihi gibi bilgiler yoruma katılmalıdır. Bu bölümde sağlıklı bir yorum yapabilmek için gerekli temel bilgiler kısaca gözden geçirilecektir.



### 2.2.1. Yansıtıcı Şekiller

Yansıtıcıların beş temel özelliği bulunur. Bunlar yansıma kuvveti, polaritesi, karakteri, sürekliliği ve diğer yansımalarla olan ilişkisidir. Bunlardan ilk ikisi kayaçların doğal yapısı ile ilgilidir. Diğer üçü ise yansıtıcıların durumları, yayılma alanları, diğer bir deyişle stratigrafisine ait bilgiler taşırlar.

Gaz veya sıvı hidrokarbonların ara yüzlerinden kaydettiğimiz yansımalar dışında, diğer tüm yansımalar litolojik değişimlerin neden olduğu akustik empedans farklılaşmaları ile ortaya çıkarlar. Yansıtıcıların temel özelliklerinden hiç birisi tek başına bir litolojiyi tanımamıza yetmez. Yorumlamada bu özelliklerin bir arada değerlendirilmesi gereklidir.

Yansıma özelliklerinin iyi bir tanımı litolojinin yanı sıra birimlerin gözeneklilik gibi fiziksel özelliklerinin de belirlenmesine yardımcı olur. Bu bilim dalı “sismik stratigrafi” olarak bilinir. Yorumcu yansıma şekillerini kullanarak litofasiyes ve çökelim modellerini kurar ve bunların stratigrafik ilişkilerini düzenler (Tablo 1).

Tablo 1. Sismik stratigrafide kullanılan yansıma parametrelerinin jeolojik anlamları (Mitchum ve diğ., 1977 )

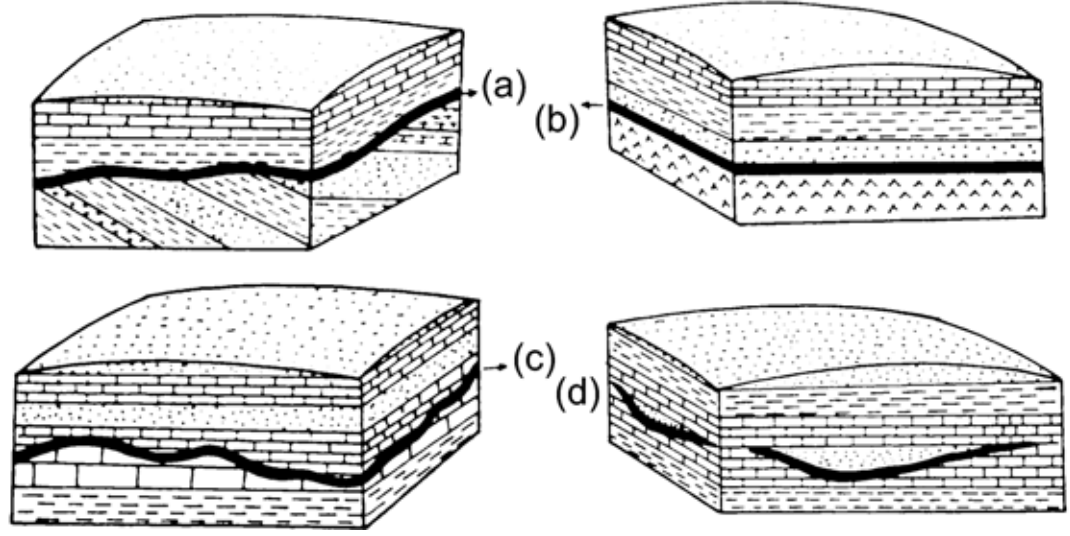
SİSMİK FASİYES PARAMETRELERİ	JEOLJİK YORUM
YANSIMA ŞEKİLLERİ	Tabakalanma desenleri Çökelme işlevleri Aşınma ve Eski topoğrafya Akışkan Dokanıkları
YANSIMA SÜREKLİLİĞİ	Tabaka devamlılığı Çökelme işlevleri
YANSIMA GENLİĞİ	Hız-yoğunluk kontrastı Katman aralığı Akışkan içeriği
YANSIMA FREKANSI	Katman kalınlığı Akışkan içeriği
ARA HIZ	Litolojinin tahmini Gözeneklilik tahmini Akışkan içeriği
BİRİMLERİN DIŞ ŞEKİLLERİ	Çökel kaynağı Çökelme ortamının konumu Jeolojik Model

### 2.2.2. Uyumsuzluk Yüzeyleri

Sismik yansımaların çoğu yeterli akustik empedansa sahip tabaka yüzeyleri veya uyumsuzluk yüzeylerinden gelir. Tabaka yüzeyleri çökeltme sırasındaki depolanma yüzeylerini temsil eder. Ortam içerisindeki çökeltme şekillerinin değişimi, ortama gelen malzeme miktarındaki değişim, malzeme geliş zamanlarındaki değişimler ve ortamdaki değişimler nedeniyle bu yüzeyler ortamda oluşan olaylara bağlı olarak zaman içerisinde değişir. Bu yüzeyler belli bir zamana ait olduklarından sismik kesitlerde ve sismik stratigrafide o zamanı temsil ederler. Bunlar eş-zaman stratigrafisi (kronostratigrafik) yüzeylerini gösterir.

Tabaka yüzeyleri her zaman basit bir yansıma ile temsil edilemezler veya yansımalar bir kaç tabaka yüzeyinden olan bilgileri tek başlarına taşıyabilir. Sismik kaynak frekanslarının çözümü limitleri ve diğer tabaka yüzeylerinin girişim etkisi buna engel olur.

Uyumsuzluk yüzeyleri çökeltme yüzeyleri olmayıp, jeolojik zamanda bir boşluğu belirten aşınma yüzeyleri veya çökeltmemelik (hiatus) yüzeyleridir. Uyumsuzluk yüzeyleri, bu yüzeyin altındaki ve üstündeki birimlerin durumlarına ve litolojilerine göre farklı isimler alırlar. Bir uyumsuzluk yüzeyinde yaşlı birimlerin daha genç birimlere farklı açılar ile gelmesi açısal uyumsuzluk olarak adlandırılır (Şekil 3a). Genellikle alttaki birimler daha fazla eğime sahiptirler. Bu yapı eski tabakaların aşındıkları ve üzerlerine yeni birimlerin geldiğini gösterir. Alt birim granitik veya metamorfik ise uyumsuzluk yüzeyine “nonkonformite” denir (Şekil 3b). Aşınım yüzeyinin altındaki ve üstündeki tabakalar birbirlerine paralel ve bu olay bölgesel olarak devam ediyorsa uyumsuzluk yüzeyi “diskonformite” adını alır (Şekil 3c). Üstteki ve alttaki tabakalar birbirine paralel fakat olay küçük bir alanda oluşmuş ise uyumsuzluk yüzeyleri “yerel uyumsuzluk yüzeyi” adını alır (Şekil 3d).



Şekil 3. Açısal uyumsuzluk çeşitleri

Böyle uyumsuzluk yüzeyleri genellikle akustik empedansları farklı tabakaları ayırdıklarından sismik kesitler boyunca kolaylıkla izlenebilen kuvvetli yansımalar oluştururlar. Uyumsuzluk yüzeyi sadece çökelmemelik nedeniyle oluştuysa yeterli kuvvette yansıma alabilmek için arada geçen jeolojik zamanın yeterince büyük olması gerekir.

Uyumsuzluk yüzeyi üzerine paralel (concordan) veya küçük açılarla gelen üst tabakalar arada geçen önemli zaman boşluklarını gösterir. Bu nedenle uyumsuzluk düzlemleri (diskordanslar) bir stratigrafik istifi zaman-stratigrafik birimlerine ayırmak için kullanılır.

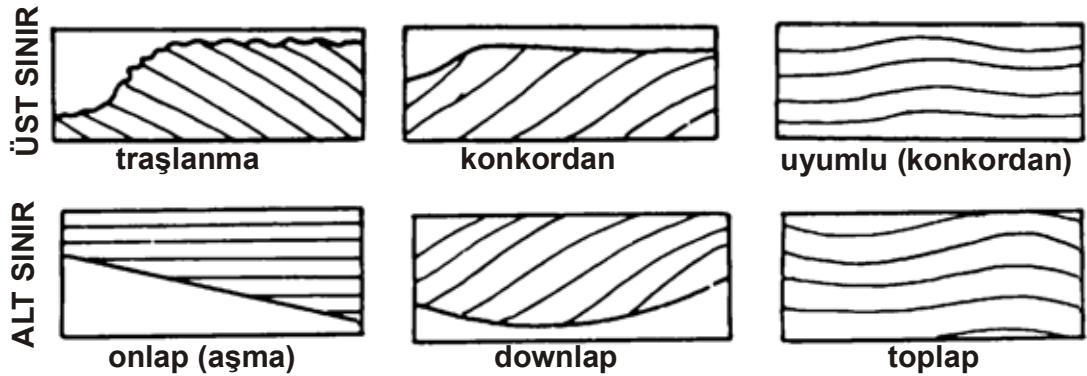
Yanal yönde farklı litolojileri yansıtan sismik yansıma yüzeyleri eş-zaman stratigrafi yüzeyleri olarak zaman çizelgeleri ile gösterilmeye başlandığından beri jeolojik yaşlandırma konusunda önem kazanmışlardır. Yanal yönde yansıma sürekliliği devamlı olsa da yansıma kuvveti ve karakteri değişebilir. Çünkü eşzaman (izokron) yansımaları genlik ve frekanslarının değişmesiyle etkilenir ve fasiyes sınırları sismik yansıma dalga şeklinin değişimi ile belirlenebilir.

Sismik çözülemeye de bağlı olarak bir çalışma sahasındaki sismik yansımalar üstten ve alttan uyumsuzluk yüzeyleri ile sınırlanmış gruplara (sequence) ayrılabilirler. Bu genel bir çökelim modeli kurmak için gereklidir. Böylece belli zaman sürelerinde oluşan çökeller

belirlenir. Bu şekilde analiz yapma işlemi “sismik sekans stratigrafisi” (seismic sequence stratigraphy) olarak bilinir.

### 2.2.3. Kesilme (Lapout) Şekilleri

Yerel aşınmalar denizaltı akıntıları ile oluşan vadi ve kanyonları gösterirler. Uyumsuzluk yüzeyinin şekli, bunun bir aşınma sonucunda mı yoksa çökeltme ile mi oluştuğu bilgisini de vermektedir. Yansıma kesilmeleri (lapout), orijinal çökeltme sınırları içerisinde çökeltim şekline bağlı olarak gelişen yanal yöndeki tabakalanma kesilmeleridir. Traşlanma (truncation) ise, çökeltmeden sonra oluşan aşınmalar (erozyon) nedeniyle olan tabakalanma kesilmeleridir. Daha kolay tanımlamak için değişik terminolojiler ile ifade edilirler. Onlap (aşma), downlap (aşağı uçlanma) ve toplap (yukarı uçlanma) olarak adlandırılan şekiller çökeltme sonucu oluşan uyumsuzlukları gösterirler (Şekil 4).



Şekil 4. Lapout ve uyumlu yansıma şekilleri.

#### A. Baselap (Onlap, Downlap)

Bir çökel istifin alt sınırı için kullanılan genel terim olan “baselap” iki şekilde tanınır. Onlap yatay tabakaların yukarı doğru eğimli bir tabaka yada bir uyumsuzluk yüzeyi üzerinde uçlanması olarak tanımlanabilir. Downlap ise aşağı doğru uzanan tabakaların yatay yada kıvrımlı yüzeyler üzerinde uçlanmasıdır (Şekil 4).

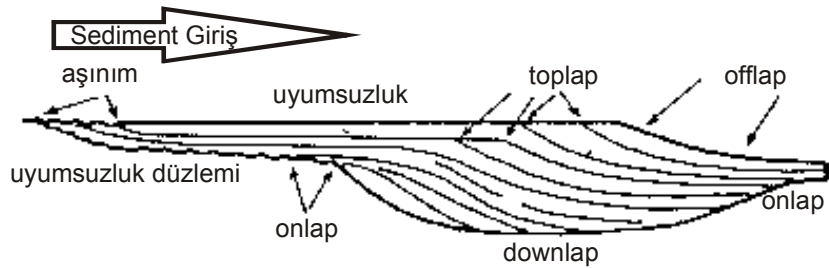
## B. Toplap

Toplap bir çökel istifin üst sınırında olan kesilmelere (lapout) denilir (Şekil 4). Yukarı doğru uzanan tabakaların herhangi bir aşınma nedeniyle değil ama genellikle çökelmemezlik ile oluşan ve yatay uzanan tabakanın tabanı ile kesilmiş görünen şekline toplap adı verilir. Burada yukarı uzanan tabakalar yanal yönde incelerek uçlanırlar. Çok ince olduklarında sismik çözünürlüğün dışında kalabilirler ki bu durumda aniden kesiliyormuş izlenimi verebilirler.

## C. Traşlanma (Truncation) ve Aşınma (Erozyon)

Aşınım nedeniyle tabakaların yanal yönde kesikliğe uğramaları “aşınım traşlanması” (erosional truncation) olarak adlandırılır (Şekil 4). Çökel istiflerinin üst sınırlarında oluşurlar. Traşlanma, aşınma nedeni ile oluşan bir zaman boşluğunun önemli göstergesidir. Bazen sismik çözünürlük sınırları nedeniyle traşlanma ile toplap geometrisi birbirleriyle karıştırılabilir. Toplap geometrisinde tabaka kesilmeleri ani olmaz ve tabakalar uyumsuzluk yüzeyine koşut olacak şekilde kıvrılırlar ve incelerek biterler. Bu kurallara dikkat edilmezse jeolojik anlamları çok farklı olan bu benzer şekiller yanlış yoruma neden olabilir. Traşlanma, faylanma, kayma (slump), tuz akması (salt intrusion), manyetik kayaç intrüzyonu gibi jeolojik olaylar nedeniyle de olabilir.

Sismik birim yüzeylerinin (sequence boundary) ve bunların arasında kalan uçlanmalı yansımaların (Şekil 5) doğru bir biçimde belirlenmesi özellikle çökelmemezlik veya uyumsuzluğun olduğu zamanın süresi hakkında yorum yapabilme olanakları sağlayabilmektedir.

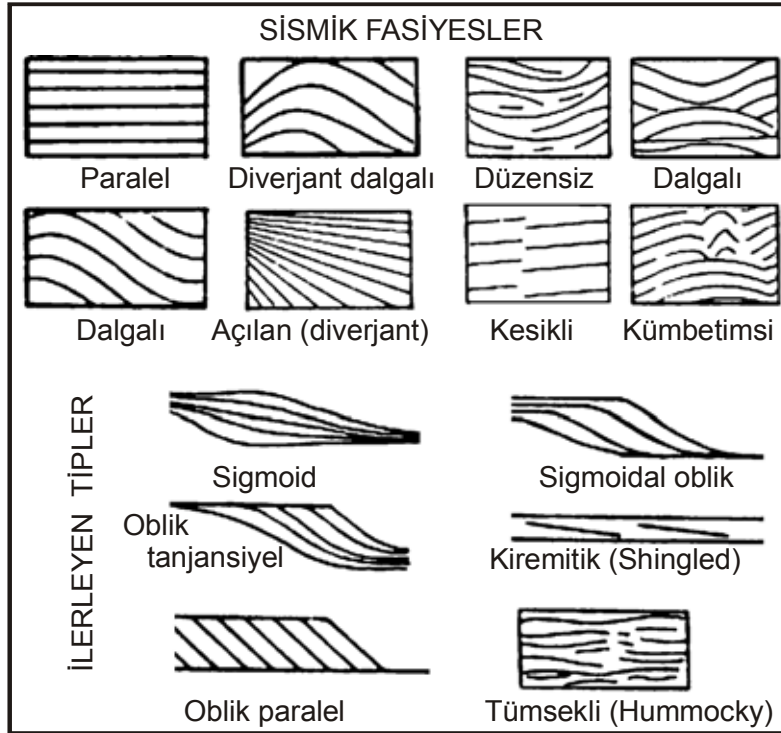


Şekil 5. Bir sismik birim içerisinde kalan uçlanmalı yansımalar

#### 2.2.4. Sismik Fasiyes Tipleri

Sismik fasiyesden, litofasiyes (litoloji) yorumunun yapılabilmesi için yansıma guruplarının iç ve dış şekilleri ile sınır ilişkilerinin yanı sıra yanal yönde fasiyes değişimleri değerlendirilir.

Yansıma şekilleri, sınır ilişkileri ve diğer yapılar sismik kesitlerde kolaylıkla belirlenebilir. Daha fazla deneyime sahip yorumcu, sismik fasiyes ile basen oluşumu hakkında pek çok bilgi elde edebilir. Yansımalar, paralel/diverjant, progradasyonal (hem yukarı hem de basen yönünde ilerleyen), yığışım (mound) ve onlap (dolgu) olarak dört ana grupta toplanabilir (Şekil 6). Genlik ve süreklilik özellikleri kullanılarak yorumlanan paralel yansımalar havzalarda yaygın olarak gözlenir. Belirli bir çökeltme ortamını karakterize etmedikleri için paralel/diverjant yansımaların değerlendirilmeleri zordur. Bundan nedenle stratigrafik yorumda diğer yer altı verileriyle birlikte dikkate alınmalıdırlar.



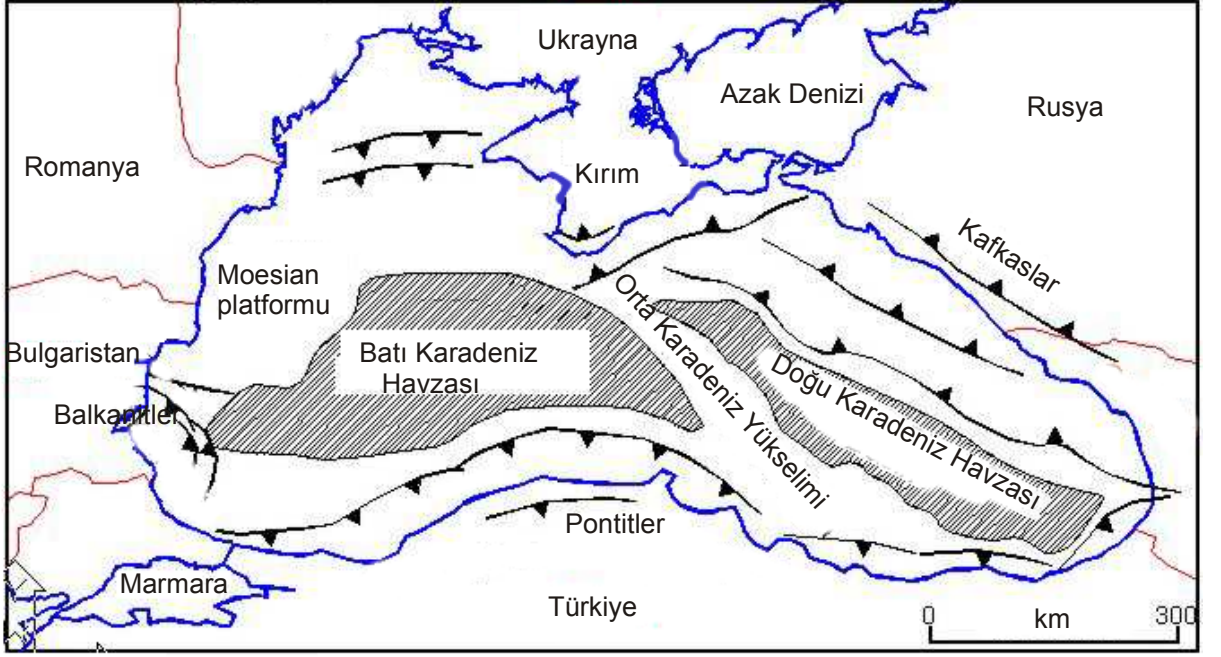
Şekil 6. Sismik kesitlerde sık karşılaşılan fasiyeslerden örnekler

### **III. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ**

Zonguldak Batı Karadeniz Bölgesindeki illerden biridir. Doğuda Bartın ve Kastamonu, güneyde Düzce ve Karabük ile çevrilidir. İl alanının %49'u güneyinde bulunan ve kıyıya paralel üç sıra halinde uzanan dağlarla, %34'ü platolarla, % 15'i ovalarla kaplıdır. Büyük ovalar ve yaylalar olmasa da her mevsim olan yağış ve fazla eğimli araziler nedeniyle sellere elverişli bulunan alanlarda küçük ovalar oluşmuştur. Topraklarının sadece %29'u %20'den az eğimlidir. Zonguldak batı ve kuzeyden dünyanın en büyük kapalı havzalarından biri olan Karadeniz ile çevrilidir. Karadeniz boyunca uzanan kıyı şeridinin tek önemli girintisi Karadeniz Ereğlisi yakınlarındaki Baba Burnu'dur. Toplam 80 kilometrelik kıyı bandında yer alan pek çok doğal plaj (koy) ve kumsal alanlar yer almaktadır.

#### **3.1. Karadeniz'in Oluşumu ile İlgili Yaklaşımlar**

Karadeniz, kıtasal bir temel ve onun üzerinde yer alan Jura ve daha yaşlı çökellerin Kretase'de gerilmeli bir tektonik rejim sonucu riftleşmeleri yolu ile oluşmuştur (Okay ve diğ., 1994). Karadeniz'in Kuzey Tetis'in evriminin bir parçası olduğu ve bu sistem içerisinde bir yayardı havza olarak açıldığı birçok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir (Tüysüz, 1999). Karadeniz'in evrimi hakkındaki güncel tartışmaların odak noktası, birbirinden farklı oldukları jeolojik ve jeofizik verilerle ortaya konmuş olan Batı ve Doğu Karadeniz havzalarının (Şekil 7) hangi mekanizma ile açıldıkları, bunların zamansal ilişkileri ve Karadeniz'in Neojen ve Kuvaterner'de Paratetis sistemi içerisindeki yeri ve ne tür bir evrim geçirdiğidir.



Şekil 7. Karadeniz tektonik elemanları (Rangin ve diğ., 2002 ve Starostenko ve diğ., 2004 den değiştirilerek alınmıştır).

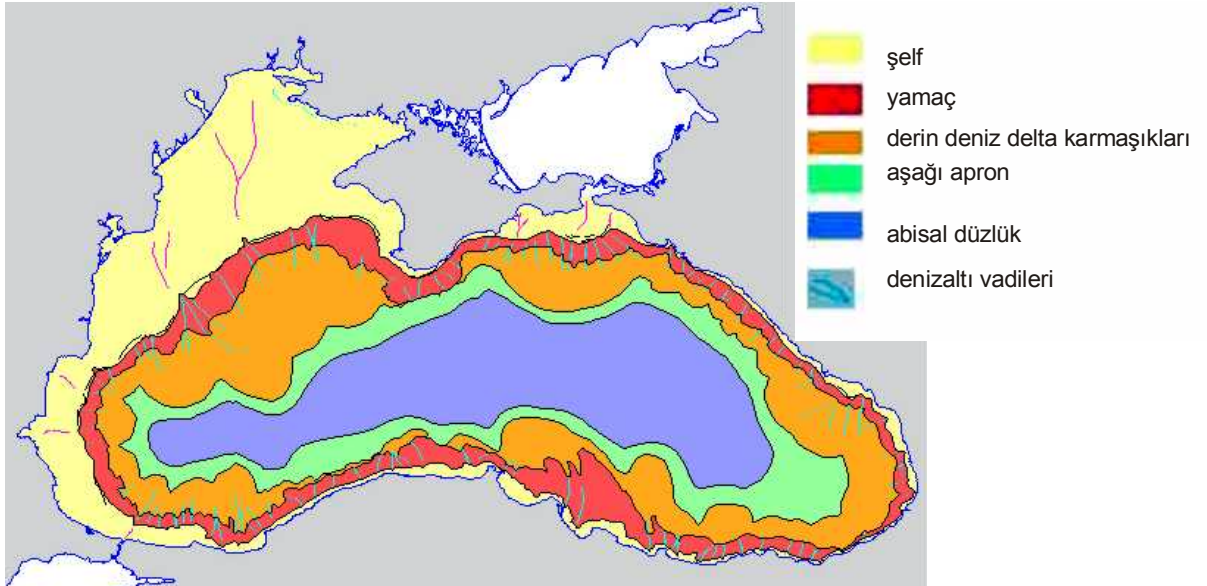
Okay ve diğ. (1994) İstanbul kuşağının Odessa şelfindeki yerinden Üst Barremiyen-Apsiyen'den itibaren koparak iki transform fay boyunca güneye kayarak pelajik mikritlerin çökeliminden önce yani Santoniyen'de bugünkü konumuna yerleştiğini, Batı Karadeniz Havzası'nın ise bunun arkasında açıldığını ileri sürmüşlerdir. Batı Karadeniz Havzası'nda okyanusal kabuk üzerinde Kretase'den itibaren deforme olmamış çökel istif bu görüşü destekler. Fakat havza kenarlarına doğru havza tabanının çökmesi sonucu yeniden aktive olan faylarla bu istif biçilmektedir.

Miyosen, Karadeniz evriminde bir dönüm noktasıdır. Tetis okyanusunun kapanması ile Karadeniz'in de içerisinde bulunduğu büyük bir kuşağın dünya denizleri ile bağlantısı kesilmiş, bu alan doğuda Hazar denizi batıda ise Panoniyen Havzası'na kadar uzanan sığ ve kapalı bir deniz haline gelmiştir. Paratetis adı ile bilinen bu kuşak da birbirinden kara parçaları ile ayrılan, yada birbirine dar su yolları ile bağlanan havzalara ayrılmıştır. Havza stratigrafisini doğrudan etkileyen bu bağlantılar ise tektonik etkilerin yanı sıra deniz seviyesindeki değişimlerle, dolayısı ile iklimle doğrudan ilişkilidir. Özellikle Karadeniz'in yakın evrimi büyük ölçüde küresel deniz seviyesi değişimleri ile kontrol edilmiş, glasiyel

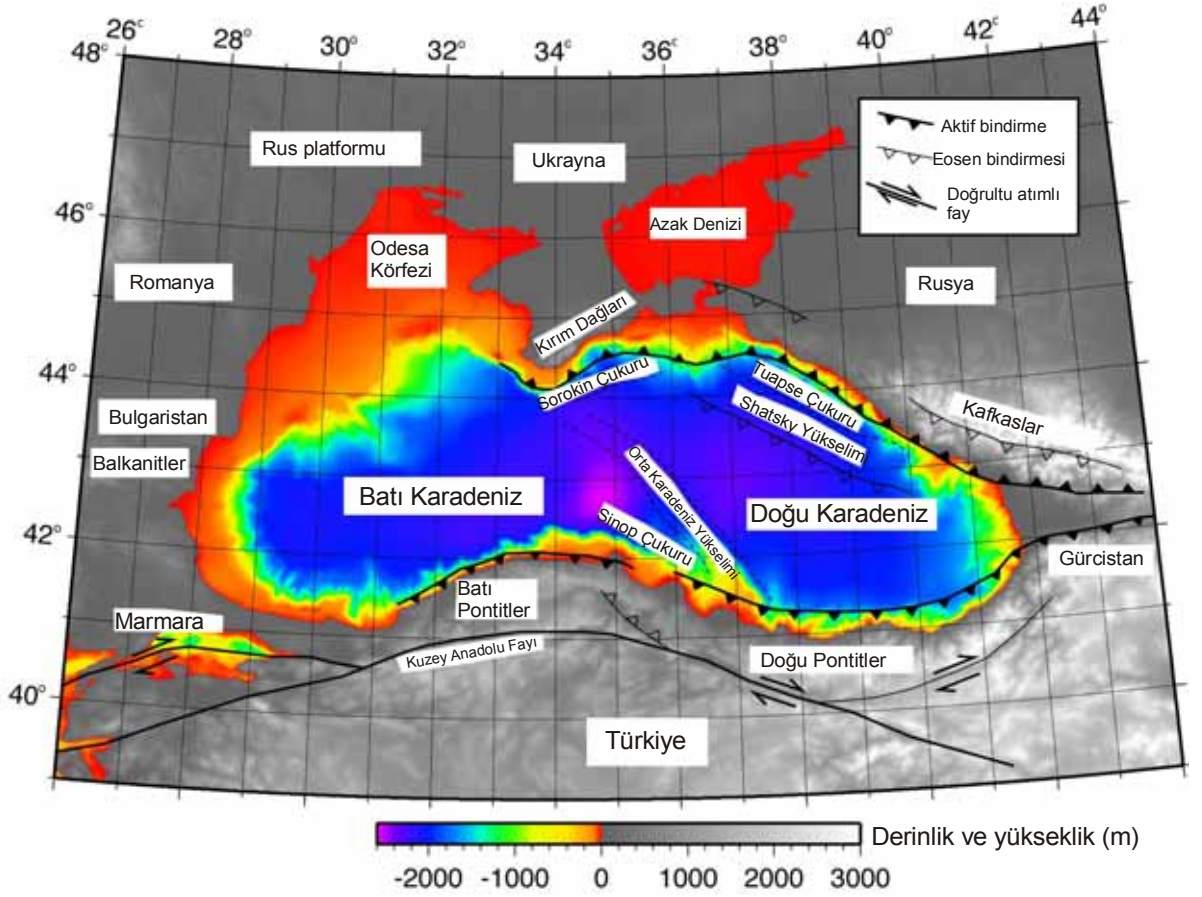


dönemlerde buzullarda su tutulması sonucu regresyon gelişince Karadeniz kapalı bir ortam haline gelmiş, buzul arası dönemlerde ise deniz seviyesi yükselince Akdeniz suları Karadeniz'e girmiş, aşırı tuzlu bu sular yoğunluk farkı nedeniyle dibe çökerek giderek yükselen anoksik bir ortamın gelişimine yol açmışlardır (Okay ve diğ., 1994).

Günümüzde içinde 15 km den daha fazla kalınlıkta çökel barındıran Karadeniz'in morfolojisi kıta şelfi, kıta yamacı, apron ve abisal düzlükten oluşmaktadır (Şekil 8). Şelf alanları kuzeyde geniş iken çalışma sahasının bulunduğu Anadolu kıyıları boyunca oldukça dardır. Şekilden de görüldüğü gibi şelf alanları ve yamaçlar denizaltı vadileri ile dikine yarılmıştır. Çalışma sahası Batı Pontitler ile kıyı önündeki aktif bindirme arasında kalmaktadır (Şekil 9).



Şekil 8. Karadeniz'in morfolojik bölgelendirmesi (Starostenko ve diğ., 2004 ).



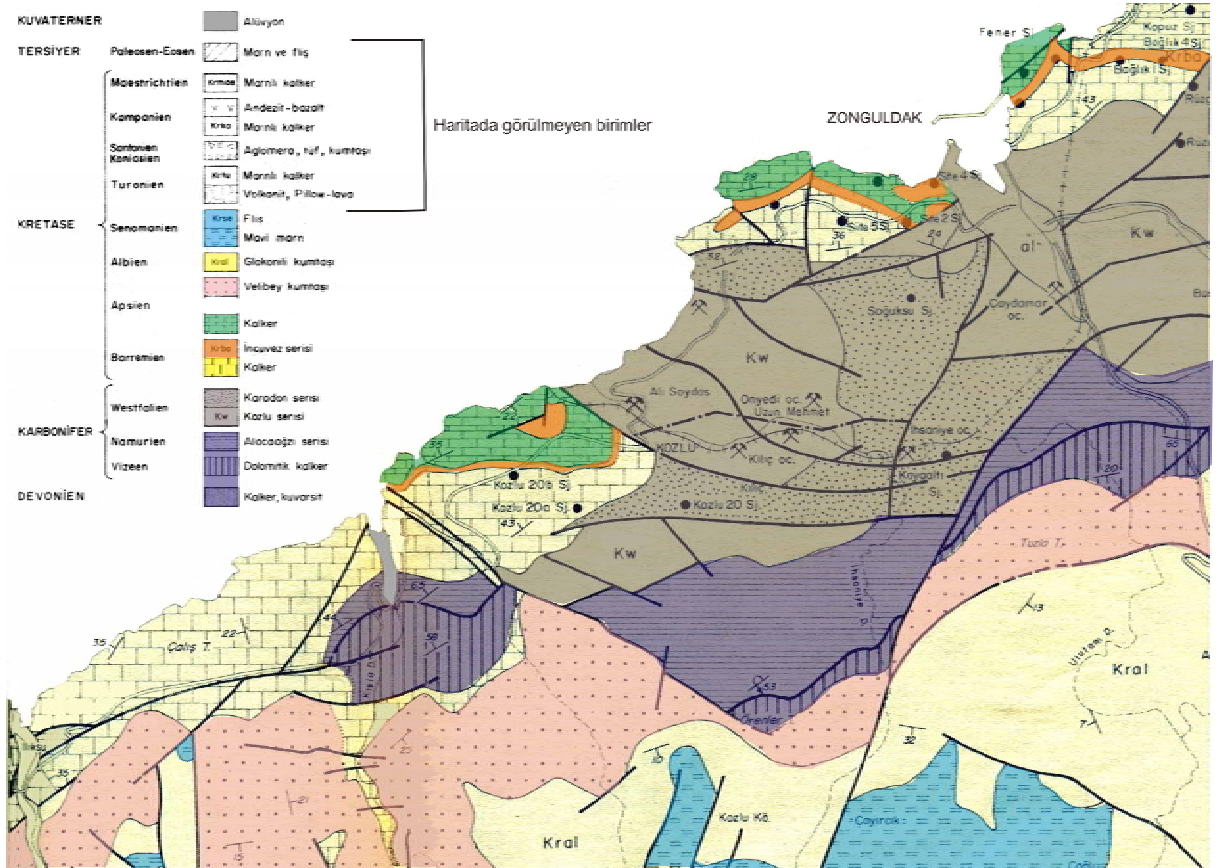
Şekil 9. Karadeniz'in ana tektonik yapıları üzerine bindirilmiş güncel Karadeniz batimetrisi (Rangin ve diğ., 2002 ve Starostenko ve diğ., 2004 den değiştirilerek alınmıştır).

### 3.2. Çalışma Alanı Kıyı ve Gerisinin Genel Jeolojik Özellikleri

Bir bütün olarak ele alındığında, Ereğli'den Küre'ye kadar uzanan bu havza Amasra'dan geçen K-G yönlü bir hat ile ikiye ayrılır. Batıda Silüriyen, Devoniyen, Karbonifer, Kretase ve Eosen yaşlı formasyonların birbirleri ile olan ilişkilerinin normal olarak görüldüğü kısım "Batı Taşkömür Havzası" ve doğuda Permiyen, Jura ve Fliş fasiyesindeki (Kretase) formasyonların gelişme gösterdiği kısım ise "Doğu Taşkömür Havzası" olarak adlandırılır. Bu tez kapsamında sismik kesitlerin değerlendirildiği çalışma sahamız Batı Taşkömür havzasının deniz uzantısında yer almaktadır (Yergök ve diğ., 1987a,b; Duman ve diğ., 2005).

### 3.2.1. Batı Taşkömür Havzası

Hersinyen tektonizması Paleozoik yaşlı serilerin kıvrılarak su yüzüne çıkmasına neden olmuştur (Şengör ve diğ. 1981). Kömürlü üst Karbonifer serilerinin bir kısmı kıvrım eksenleri içinde kalarak, Barremiyen'e kadar süren erozyondan kurtulmuşlar, daha sonra transgresif gelişen Kretase formasyonları ile örtülmüş, Alpin orojenik hareketleri ile de geniş dalga boylu ondülasyonlar oluşturmuşlardır. Paleozoik'e oranla daha az kıvrımlı oldukları halde Kretase formasyonları çeşitli karakterde fakat bölgenin ana yapısını etkilemeyen faylarla kesilmişlerdir. Temel yapı D-B ve KDD-GBB yönünde kıvrımlı olup, yer yer ters dönmüş kıvrılmalar ve faylarla bölünmüş kompartımanlarda horst ve graben dizileri gözlenmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Zonguldak-Kozlu bölgesinin jeoloji haritası (Zonguldak Jeoloji Haritası, 1970, MTA Arşiv No: 30923 den değiştirilerek alınmıştır).

Yayıma alanı en geniş ve ekonomik yönden en önemli olan Zonguldak havzaları (örneğin Ilıksu, Çataldere, Kandilli) bu bölümde bulunmaktadır. Hersinyen yaşlı senklinaller içinde saklı kalan kömür havzaları, Alpin orojenezi ile meydana gelen antiklinalin ekseninin yırtılması ile açığa çıkmışlardır (Alpar, 1982).

Ilıksu'dan Göldağ'a kadar uzanan ve Zonguldak kömür havzasının güney sınırını çizen Vizeen kalker şeritinin kuzeyinde kalan kömürlü serinin tabanındaki Alacağzı serisi kuzey yönde 60-80° eğimlidir. Bunun üzerine uyumsuz gelen Kozlu-Karadon formasyonlarında eğim 40-45° ye düşmektedir. Kozlu'da mostra veren Alacağzı domlarının kuzeyinde tabakalar devamlı olarak kuzeye dalarak örtü tabakalarının altında uzanmaktadır. Barremiyen kireçtaşları havzanın kıyıya yakın yerlerinde, buna karşılık Üst Apsiyen Velibey kumtaşları da havzanın güneyinde Paleozoik yaşlı kayaları doğrudan örterler (Duman ve diğ., 2005).

### **3.2.2. Paleocoğrafya**

Bölgede yapılan derin sismik yansıma verilerinde ve bu tez kapsamında değerlendirilen sığ sismik verilerinde akustik temel olarak belirlenen stratigrafik birimlerin kara jeolojisindeki karşılığını belirleyebilmek için bölgenin paleocoğrafyasının da bilinmesi gereklidir. Bu amaçla Paleozoikten günümüze kadar geliştiği düşünülen ve çeşitli çalışmalardan derlenen (Şengör ve diğ., 1981; Alpar, 1982; Yergök ve diğ., 1987a,b; Erduran ve diğ., 2003; Duman ve diğ., 2005) paleocoğrafik evrim Paleozoik, Mesozoik ve Senozoik bölümleri altında aşağıda kısaca özetlenecektir.

#### **I- Paleozoik**

Kambriyen'den Devonyen sonuna kadar kuzeyde İstanbul'dan Sinop'a uzanan bir deniz (Rusya Denizi) ile güneyde Muğla'dan başlayıp Toros'ları takip ederek Ağrı'ya kadar uzanan diğer bir deniz (Thetis) yer almaktaydı. Bu iki denizin ortasında ise bir kara parçası mevcut idi. Kuzeyde, bugünkü Anadolu'nun da kuzeyinde Karbonifer'de Avrupa'da yer alan Pontik yarımadasının uzantısı bugünkü Karadeniz'i işgal etmekte idi. Bununda kuzeyinde tabanı son yıllarda okyanus karakterli olduğu anlaşılan ve üst Jura'da derinleşmeye başlayıp üst Kretase'de bugünkü Karadeniz'i meydana getiren bir deniz yer alıyordu.

*Silüriyen:* Zonguldak batısındaki yer alan kırıntılı istifler Ordovisiyen yaşlıdır. Karadeniz Ereğlisi'ndeki mor kumtaşları ile kuvarsitler yer yer çapraz katmanlıdır.

*Devoniyen:* Zonguldak'ta alt (çok dolomitli kireçtaşı ile şeyl), orta (kahverengi ve kumlu şeyl, kumtaşı ve fosilli kireçtaşı) ve üst (kalın kireçtaşı istifi) Devoniyen bulunur.

*Karbonifer:* Karbonifer'de bugünkü Karadeniz'in yerinde yer alan Pontik Yarımadasının sahillerindeki geniş bataklık ve turbalıklar işgal etmektedir. Bunlardan kuzeyde, Donetz ve güneyde Ereğli-Zonguldak havzalarının kömürleri oluşmuştur. Bugünkü sahillerden içlere gidildikçe, yani eski Pontik Yarımadası kıyılarından uzaklaştıkça kömürlerdeki kül oranı düşmektedir. Bazı ocaklardaki yabancı maddelerin fazlalığı, bu ocakların Pontik yarımadasından uzakta olmadığını gösterir. Havzadaki flora içinde en nazik bitki organlarının çok iyi korunmuş olarak bulunması Zonguldak havzası kömürlerinin paralik otokton kömürler olduğunu göstermektedir. Üst Karbonifer sahaları Alt Karbonifer'den daha geniş alanları kaplamaktadır.

a. *Vizeen:* Alt Karbonifer'in denizel katı olan Vizen, önce karbonatlı sonra da kırıntılıdır. Üstteki yumrulu şeyl Gonistites'lidir, daha üstteki şeyl bitki kalıntılıdır. Bu devirde yavaş yavaş resifal ve oldukça sığ bir deniz ortamı başlamıştır. Deniz zaman zaman derinleşmiş, Vizeen sonuna doğru karasal fasiyese geçilmiştir.

b. *Namüriyen:* Vizeen ile araları faylı olduğundan geçiş fazları bilinmemektedir. Ancak alt seviyelerde denizel Karbonifer'in son izleri olan Goniatites'lere rastlanır. Başlangıçtaki sığ deniz zaman zaman çekilerek yerini sakin bataklıklara bırakmıştır. Karasal ortamda çökeller oluşurken, arada sırada ilerleyen denizle kireçtaşları çökelmiştir. Bataklık ve turbalıklarda Alacağzı kömürleri oluşmuştur.

c. *Westfaliyen:* Üst Karbonifer karasaldır ve kırıntılar 700 m kalındır. Başlangıçta deniz tamamen çekilmiş, Midi fayının kuzeyi alçalarak çökme havzası oluşturmuştur. Güneyde su üstünde kalan kesimden aşınan çökeller Kozlu ve Karadon formasyonlarını oluşturmuştur.

Westfaliyen ile Barremiyen arasındaki paleocoğrafya için iki görüş vardır. Bunlara göre ya bu zaman aralığında havza devamlı su üstünde kalmıştır veya çökelen birimler Barremiyen'den önce aşınmıştır. Doğu taş kömür havzası verilerine göre birinci görüş daha ağırlıklıdır.

## II- Mesozoik

Çalışma sahasında alt Kretase taban konglomerası ile başlar ve kireçtaşından sonra kumtaşı ile şeyl sıralanması halindedir. Alt ve Orta Kretase istifi Brachiopod'lu kireçtaşı ile son bulur. Transgresif aşmalı üst Kretase serileri bol fosillidir.

- a. *Barremiyen:* Genellikle resifal karakterli bir denizel ortamın izlerini taşımaktadır.
- b. *Alt Apsiyen:* Kretase denizinin çekilmeye başladığı bu dönemde kıyı şeridi boyunca hareketli bir deniz ortamında regresif kıta sahanlığı çökelleri (İncüvez serisi) çökelmiştir. Denizin giderek derinleşen kesimlerinde ise Bozburun formasyonunun üst kalkerleri, daha sonrada hareketli bir deniz ortamında Kırimsa formasyonu çökelmiştir.
- c. *Üst Apsiyen:* Bu dönemde hareketli bir yapıda olan sığ deniz daha güneye ilerleyince Velibey kumtaşları çökelmiştir. Alacağzı ve Kozlu formasyonları arasındaki fay hattının kuzeyindeki alanlar Barremiyen ile beraber su altında kalmaya başlarken, bu hattın güneyindeki alanlar Apsiyen Albiyen zamanında su altında kalmaya başlamıştır.
- d. *Albiyen:* Sığ ve ılık bir denizde Köroğlu formasyonu çökelmiştir.
- e. *Senomaniyen:* Derinleşen denizde Emirler formasyonunun mavi marnları çökelmiştir. Bu formasyonun bazı yerlerindeki kumtaşı bantları denizin zaman zaman sığlaştığını göstermektedir.
- f. *Türoniyen:* Tabanındaki konglomeralar, denizin iyice sığlaştığının belirtisidir. Tüf ve aglomeralı seviyeler sığ deniz çökelleridir. Daha sonra derinleşen denizde marnlı kireçtaşları çökelmiştir.

### III- Senozoyik

Mesozoik ile dereceli geçişlidir.

*Paleosen:* Çalışma sahasında Kretase'den Paleosen'e geçişte çökelme kesikliği yok gibidir. Bu seri önce foraminiferli marn, sonra kireçtaşı ile kırıntılı ve üstte karasal nitelikli kırmızı marn, kumtaşı ve kireçtaşıdır.

*Eosen:* Çalışma sahası sığ bir Eosen denizinin özelliklerini taşımaktadır.

*Pliyosen:* Karadeniz Pontid ada yayı üzerinde bugünkü konumunu almıştır.

*Pleistosen:* Deniz ve kara dağılımı bugünküne benzerdir.

#### 3.2.3. Batı Taşkömür Havzasının Genel Stratigrafisi

Bu tez kapsamında sığ sismik verilerinin değerlendirildiği deniz çalışma alanımız Batı taş kömür havzasının önünde kalmaktadır. Bu nedenle kısaca incelenmesinin faydalı olacağı düşünülen Batı taş kömür havzasının stratigrafik dizilimi alttan üste doğru temel, kömürlü ve örtü birimlerinden oluşmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Batı taş kömür havzasının stratigrafik dizilimi (Yergök ve diğ., 1987a,b; Özler ve diğ., 1992; Erduran ve diğ., 2003; Duman ve diğ., 2005 den alınmıştır).

FORMASYON	Yaş	Seri
ÖRTÜ FORMASYONLARI	Kuvaterner	
	Tersiyer (Paleosen-Eosen)	
	Kretase	Maestrichtiyen Kampaniyen Santoniyen, Koniasiyen Turoniyen (Göbü fm) Senomaniyen (Emirler fm) Albiyen (Koroğlu fm) Apsiyen (Velibey kumtaşı, Kırımsa fm) Barremiyen (Bozburun fm)
KÖMÜRLÜ FORMASYONLAR	Üst Karbonifer	Westfaliyen (Kılıç, Kozlu, Karadon fm) Namuriyen (Alacaagzı fm)
TEMEL FORMASYONLARI	Alt Karbonifer	
	Devoniyen	

Temel formasyonlar Devoniyen ve Alt Karbonifer yaşlıdır (Yergök ve diğ., 1987a,b; Duman ve diğ., 2005). Sahanın ortasında görülen şist ve kristalize kalkerlerden oluşan Devoniyen havzanın temelini teşkil eder (Şekil 10). Zonguldak'ın güneydoğusundaki Devoniyen Ereğli'nin güneyindekinden daha gençtir. Devoniyen üzerine uyumlu gelen Dinaziyen (Turesziyen ve Vizen) yaşlı, koyu gri mavimsi renkli, dolomitik kalkerler olup çok iyi tabakalı, 60-70° eğimli ve kalınlıkları 1000-1200 m kadardır. Birkaç metre kalınlıklı titanit ve siyah şistlerle son bulurken, üretken Karbonifer'in tabanını oluştururlar. Namuriyen ile dereceli geçişli olan bu kireçtaşları derin denizden sığ denize geçişim izlerini taşır. Değirmenağzı güneyinde mostra veren Vizeen D-B yönünde bir kuşak halinde Zonguldak'ın güney doğusuna kadar uzanmaktadır (Duman ve diğ., 2005).

Kömürlü formasyonlar Üst Karbonifer yaşlıdır. Taşkömürü ve linyit bataklıklarının birçoğu sahile yakın olduklarından, bazen deniz basması ve ormanlık turbalıkların geçici olarak deniz çökelleri ile örtülmesi doğaldır. Havzadaki kömürlü seriler arasında fosilli deniz çökellerinin bulunması bu yolla izah edilebilir. Zonguldak'ta kömür damarlarının tabanı (mur) genellikle şistli, çatlaklı, dağınık, bozuk tabakalanmalı; tavanları (toit) ise genellikle gre ve kumlu konglomeralardan oluşan düzenli tabakalanmalıdır. Kömürlü formasyonlar çalışma sahasında 4 seri halindedir (Duman ve diğ., 2005).

a. Alacaağzı Serisi (Namuriyen): Zonguldak ve Kozlu güneyinde gözlenen serinin kalınlığı yer yer 500 m olup, kumtaşı ara katlı killi şistten oluşur. Vizeen kantağı genellikle faylıdır. Üst seviyelerde kalınlığı değişken ve devamsız, toplam kalınlığı 16 metreyi bulan çok sayıda kömür damarları vardır. Eğimler yüksektir (30-70°).

b. Kılıç, Kozlu ve Karadon Serileri (Westfaliyen): Kozlu'da görülen Kılıç serisi çok yüksek eğimli 350-400 m kalındır. Tabanında ince denizel kalker serileri, konglomera, kumtaşı ve şistten oluşan serinin 4 ekonomik damarı vardır. Kalınlığı ortalama 800 m olan havzanın en üretken Kozlu Serisi içinde toplam kalınlığı 35 m olan 22 ana kömür damarı vardır. Kumtaşı, konglomera, konglomeratik kumtaşları ve çok az killi şistten oluşmuştur. Ortalama kalınlığı 500 m olan ve daha çok metamorfik kayalar ve şistler içeren Karadon serisinin içinde en az 8 ekonomik damar vardır.



Örtü formasyonları ise kalınlığı 10-50 m olabilen bir temel konglomerası ile başlar. Permiyen ve Jura, Amasra'nın batısında teşekkül etmemiş veya erozyonla silinmiştir.

*Kretase*: Üst formasyonları heyelan açısından problemlili olan Kretase ise şu birimlerden oluşmaktadır:

- a. *Barremiyen Kalkerleri*: Westfaliyen ile sona eren Karbonifer serilerini transgresif olarak örterler. Ortalama kalınlığı 250 m olan seri bazen ince bazen hiç oluşmamıştır.
- b. *İncüvez Serisi*: Kıta sahanlığı çökeli olup, Barremiyen-Apsiyen arasındaki kısa süreli bir regresyonu gösterir. Ortalama kalınlığı 75 m kadardır. Kumtaşı, marn, kiltası ve killi kireçtaşı ile az oranda konglomera tabakalıdır.
- c. *Apsiyen Kalkerleri*: İncüvez serisi üzerinde iyi tabaklı, az dolomitik ve kristalize masif görünümlüdür. Ortalama kalınlıkları 350-400 metredir.
- d. *Orta Apsiyen (Kırimsa formasyonu)*: Ortalama kalınlıkları 700 m olup dereceli geçişle Apsiyen kalkerlerini örter. Denizel havzanın kapanış dönemini temsil eder. Marn, kiltası, kireçli killi kumtaşı aralanmalıdır.
- e. *Üst Apsiyen (Velibey kumtaşları)*: Çok büyük bir transgresyon ile güneyde Vizeen kireçtaşlarını açısız uyumsuz örter. Ortalama kalınlığı 300 m olup Vizeen paleocoğrafyasına bağlı değişir.
- f. *Albiyen (Koroğlu formasyonu)*: Velibey formasyonu üzerine dereceli geçişle gelip glokonili ve kireçli kumtaşlarından oluşmuştur. Çökme ortamı sığ denizdir.
- g. *Senomaniyen (Emirler formasyonu)*: Albiyen üzerine uyumlu, ortalama 350 m kalın mavi marnlardan oluşmuştur.
- h. *Türoniyen (Göbü formasyonu)*: Tüf, kumtaşı ve marnlardan oluşan seri Emirler formasyonu üzerinde uyumsuzdur. Üst kesimlerinde kalınlığı 200 metreyi bulan ve soğan kabuğu gibi ayrışım gösteren yastık (pillow) lavlar vardır. Volkanik elemanlı

tortul seviyenin üzerinde marnlı kalkerler bulunur. Bu seri çalışma sahamızın içinde rastlanmayıp, güneyinde kalmaktadır.

i. *Santoniyen–Koniasiyen*: Andezitik aglomera serisi olup çalışma sahamızın içinde rastlanmaz. Kandilli güneyinde 2000 m kalınlıkta yer alır.

j. *Kampaniyen*: Tabanda marn, kalker, tüfit ardalanmalı marnlı seri çalışma sahasının güneyinde 50 m kalınlıklıdır. Bunun üzerinde yer alan andezit ve bazalt, Türoniyen’de başlayan volkanik faaliyetlerin son fazını teşkil ederler.

k. *Meastrichtiyen*: Marnlı kalkerlerden oluşan seri sahanın güneyinde kalır. En fazla 500 m kalındırlar. Kampaniyen volkanik kayaçlarını uyumsuz örtmektedirler.

*Tersiyer (Paleosen, Eosen)*: Kretase üzerinde uyumlu gelen Paleosen havzanın güneydoğusunda geniş yayılımlar gösterir. Zonguldak – Kozlu kıyı alanlarında depolanmamıştır. Kumtaşı, çamurtaşı ve marn gibi kayaçlardan oluşan fliş fasiyesleri hakim olup, kalınlığı 500-1000 m arasındadır.

*Kuvaterner*: Havzanın özelliği bugünküne benzerdir. Kıyı şeridi boyunca görülen Kuvaterner sistemleri genel olarak kum, kil ve çakıl içeren alüvyonlardan oluşmuştur. Dere yataklarının olduğu yerler, alüvyon zeminler ve heyelanlı Kuvaternar alanları yerleşime sakıncalı yerlerdir.

## IV. SİSMİK BULGULAR

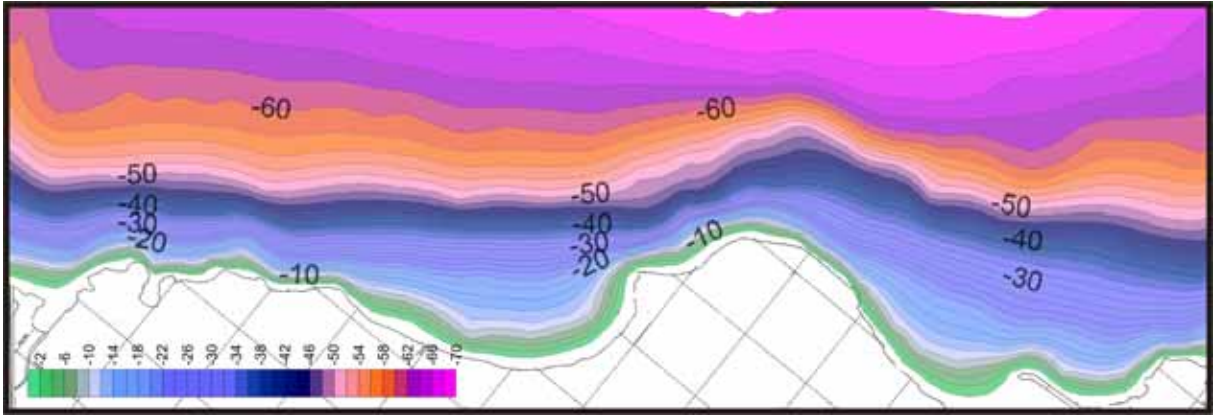
Zonguldak–Kozlu yakın kıyı şelf alanları sismik uygulamalar bakımından sorunlu bölgelerdir. Bunun nedeni deniz tabanındaki yüksek sismik hızlı birimlerdir. Tezin ileriki bölümlerinde gösterileceği gibi kırılma yöntemleri ile yapılmış çalışmalar deniz tabanındaki sismik hızların hem yüksek hem de yanal yönde çabuk değişken olduğunu göstermiştir. Deniz tabanına gönderilen sinyallerin %55 kadarı yer altına inmeden geri yansımaktadır. Bu nedenle derin tabakalara veya uyumsuzluk düzlemlerine ait sinyaller silik olmaktadır. Derin sismik sinyallerinin zayıf olması, hız analizinde gözlenen dalga sıralanmasındaki iz sayısının azlığı ve ardışık yansımaların maskeleyen etkileri gibi nedenlerden bölgedeki sismik hızlar zamana göre çizildiğinde büyük saçılmalar gözlenmiştir (Prof. Dr. Bedri Alpar şahsi görüşme). Bu nedenle bölgede daha yüksek frekanslı sığ sismik uygulamaların yapılması gerektiği kararlaştırılmış ve bu işlem 1986-1988 yıllarında iki ayrı sefer ile gerçekleştirilmiştir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmada belirtilen bu sismik yansıma setleri kullanılarak bölgenin deniz taban morfolojik yapısı, yapısal ve stratigrafik özellikleri değerlendirilecektir.

### 4.1. Batimetri

1981 deniz çalışmasında toplam hacmi 70 inç<sup>3</sup> olan 3 Bolt airgun kullanarak toplanan 48 kanal derin sismik verisi de dahil olmak üzere bu çalışma kapsamında değerlendirilen sismik verilerden elde edilen batimetrik haritada, kıta sahanlığının 2-3 km kadar geniş olduğu görülmektedir. Doğuya doğru kıyı ile şelf kenarı arasındaki alanın genişliği artmaktadır.

Kıydan itibaren 1 km açığa doğru yaklaşık 2-3° olan deniz tabanı eğimleri daha sonra azalarak kıta sahanlığı kenarına kadar 1° civarında kalmaktadır. Yamaç boyunca kuzeye doğru uzanan eski çok kanallı sismik verilerden eğimlerin kıta sahanlığı kenarından sonra K ve KB ya doğru ani artışlar yaptığı belirlenmiştir. Eğimler 300 m derinde 15-20° ye kadar çıkmaktadır. Daha açıklarda ise deniz dibi topoğrafyasında çeşitli düzensizlikler ve sualtı heyelan ve kayma yapıları gözlenmektedir.

Sismik verilerden 1500 m/s su hızına göre hesaplanan deniz tabanı derinliklerinden 2 metre kontur aralıklarıyla çizdiğimiz haritada derinlik konturlarının kıyıya paralel olduğu görülmektedir (Şekil 11). Konturlar 22 ile 48 metreler arasında sıkışmaktadır ki bu bölge kıyı kesiminde delta çökelleri olarak yorumladığımız sismik birimin deniz tarafındaki eğimli cephelerini temsil etmektedir. Daha sonra ince örtü tabakasının akustik temel üzerine oturduğu alanlarda deniz tabanı eğimi azaldığı için kontur aralıkları artmaktadır. Konturlarda önemli dalgalanmalar olmaması şelf üzerinde herhangi bir yükselim yada derin bir kanyon gibi morfolojinin bulunmadığını göstermektedir. Çalışma sahasında muhtemel kara girdilerinin etkileri uzun mesafelere kadar taşınmamaktadır.



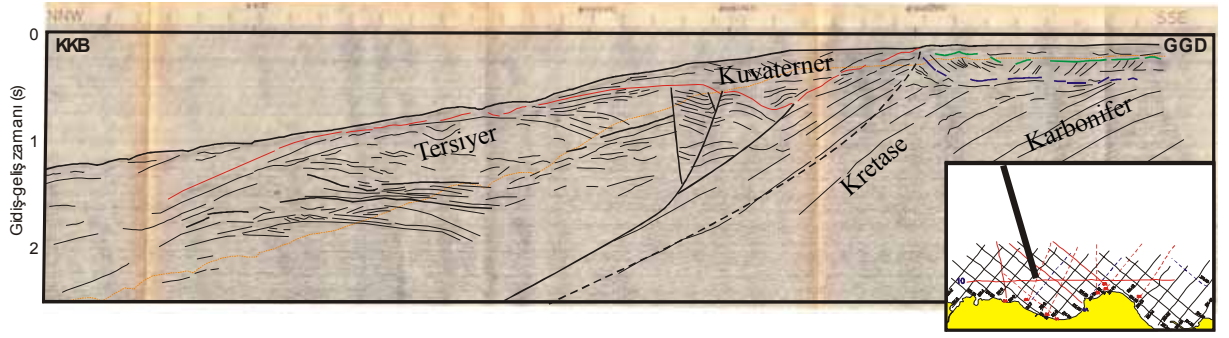
Şekil 11. Çalışma sahasının batimetrisi. Derinlikler metre cinsindedir.

#### 4.2. Dip Yapısı

Karadeniz şelfinde normal şartlarda kumlu ve çamurlu çökeller birikir. Karadeniz’de çökme hızı 1000 yılda yaklaşık 10 cm gibi yüksek bir değerdedir. 150-200 metre derinlikten sonra hiç hayat eseri olmayan ve derin sulara geçit teşkil eden bir kuşaktan sonra ise demir sülfürler ile gri ve siyah renkli killi, kireçli sapropel çamurları çökelmiştir. Deniz diplerinde yarı ayrılmış ve çürümemiş organik madde miktarı artar. Ayrıca nitrat ve sülfatları kısmen indirgeyen bakteriler ve anorganik yollarla çökelmiş kalker bulunur.

### 4.3. Tektonik Hatlar

Daha önce 1981 yılında toplanan derin sismik verilerden Kozlu açıklarından başlayarak 125 m derinde yer alan kıta kenarını keserek KKB yönünde 935 m derinliğe kadar kaydedilen çok kanallı sismik yansıma kesitinde yapılan yeniden değerlendirme sonucu neotektonik ve paleotektonik döneme ait izler belirlenmiştir (Şekil 12). Bu kesit deniz tabanı sismik hızlarının nispeten daha düşük olduğu bölgeden geçtiğinden kesikli de olsa 1.5 -2 saniye gidiş-geliş zamanı kadar penetrasyon sağlanabilmiştir. Kesitte bozuk bir deniz tabanı morfolojisinden dolayı oluşan yan gürültüler ve bunların hiperboller (side-effects) zaman zaman gerçek yansımaları örtük olarak aldatıcı görüntülere neden olmaktadır. Bütün bu olumsuzluklara rağmen değerlendirilen kesitte kuzeye eğimli Karbonifer ve Kretase birimleri, bunları üzerleyen kalınca bir Tersiyer örtü ve en üstte ince bir Pliyo-Kuvaterner örtü gözlenmektedir. Kretase birimleri ile örtülü DKD-BGB yönlü üst Paleozoik yaşlı antiklinal yapının kuzey kanadı sahil şeridinin hemen yanında günümüz deniz düzeyinin en az 200 m altında kuzeybatı yönünde dalmaktadır. Paleotektonik dönem içinde etkin olmuş ama Neotektonik birimler içinde yukarı doğru devam etmeyen bir kırık sistemi de belirgindir. Neotektonik, geçmişte herhangi bir jeolojik zamanda başlayıp, etkinliğini günümüzde de sürdürmekte olan tektonik rejimdir. Diri faylar, diri fayların denetiminde gelişimini sürdüren çeşitli havzalar ve havzalar içinde çöklimini sürdüren yeterince pekişmemiş havza dolguları (özellikle Kuvaterner yaşlı çökeller) bu dönemin en önemli öğeleridir. Neotektonik, diri fayların bölgesel dağılımları, kinematik özellikleri ve bu fayların denetimindeki havzaların jeolojik süreçte geçirdikleri değişimlerin belirlenmesi için, başta sismik yansıma yöntemi olmak üzere birçok jeofizik uygulamalardan yararlanır.



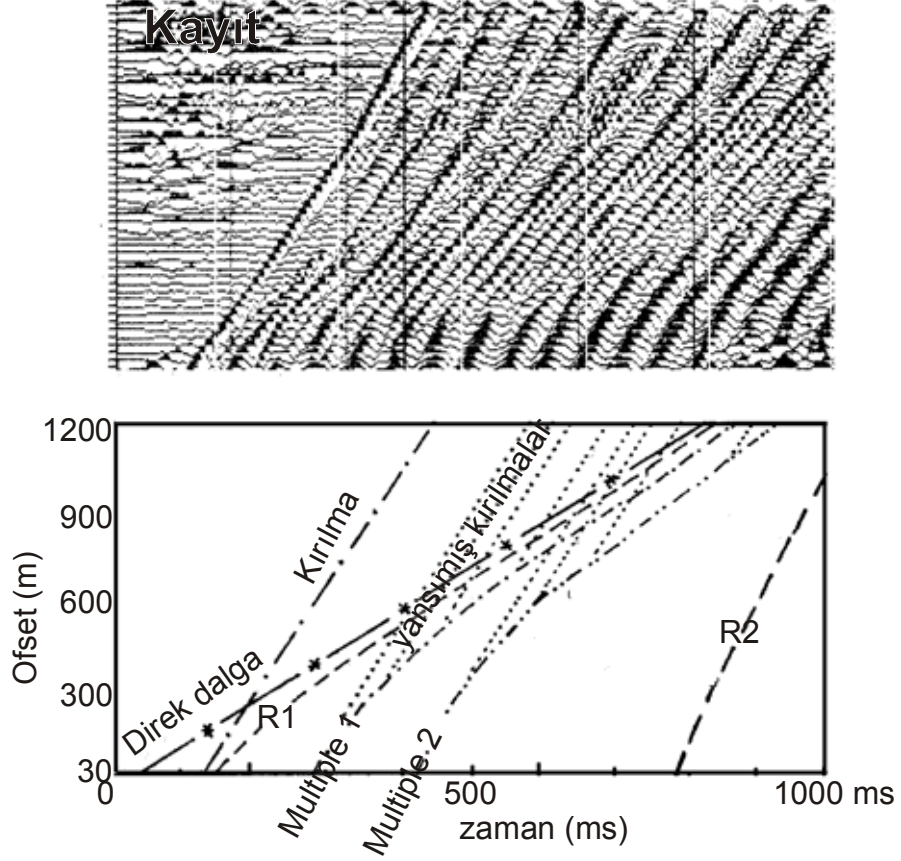
Şekil 12. 1981 yılında kaydedilen derin bir sismik kesitin yeniden yorumu. Hat lokasyonu şekil içinde verilmiştir.

Çok kanallı derin (2.5 s) yansıma kesitlerinde neotektonik çökeller ve içlerindeki yapısal elemanlar özellikle sahil kesimlerinde yeterince belli değildir. Bunun nedeni hem işin doğası gereği kullanılan kaynak (airgun pateni) frekansının düşük olması nedeniyle tabaka çözünürlüğünün yeterli olmaması, hem de şelf alanlarında dağılım gösteren deniz tabanındaki yüksek hızlı kireçtaşlarının sismik enerjinin aşağı tabakalara geçmesine engel olmasıdır. İşte bu nedenlerle 1996 ve 1998 yıllarında alınan sığ sismik yansıma kesitleri Neotektonik yapının daha iyi anlaşılması için değerlendirmeye alınmıştır.

Tez kapsamında değerlendirilen sığ sismik yansıma kesitleri (Ek-1) tamamen Neotektonik dönemin izlerini taşımaktadır. Ancak bu kesitlerde bütün çökelleri belirgin biçimde kesen aktif faylara Zonguldak doğusunda yer alan ZK-17 numaralı hat dışında rastlanmamıştır. Bunun bir nedeni 1981 çalışmasına göre çok daha yüksek frekansta olan sismik enerjinin yeteri kadar deniz tabanı altına inmemesi olabilir. Kıyıdaki paleotektonik dönem çökelleri içinde kalan yaşlı fayların, deniz içine doğru yeterince uzun mesafelerde uzanmadığı yada uzanıyorlarsa bile bunların derinleşen deniz tabanı ile derine (>100 m) doğru daldıkları düşünülmektedir. Bu düşüncüyü destekleyen bir bulgu 1981 seferinde toplanan derin sismik kesitlerde deniz alanlarında rastladığımız DKD-BGB yönlü bazı süreksizlik alanları olabilir (Alpar, 1982).

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen sismik kesitlerde belirgin yapısal süreksizliklere rastlanamamasının diğer bir nedeni ise, fayların sismik çözümleme sınırları içinde münferit faylar şeklinde olmayıp birer ezik kuşağı şeklinde gelişmiş olabilmeleridir. Bu düşüncüyü test

edebilmek için 1981 yılında toplanmış olan çok kanallı deniz sismik kesitlerini oluşturan 48 kanallı atış kayıtlarının ilk varışları (Şekil 13) karşılıklı atış konfigürasyonu içinde değerlendirilerek deniz tabanının hemen altındaki tabakanın sismik hızları hesaplanmıştır.

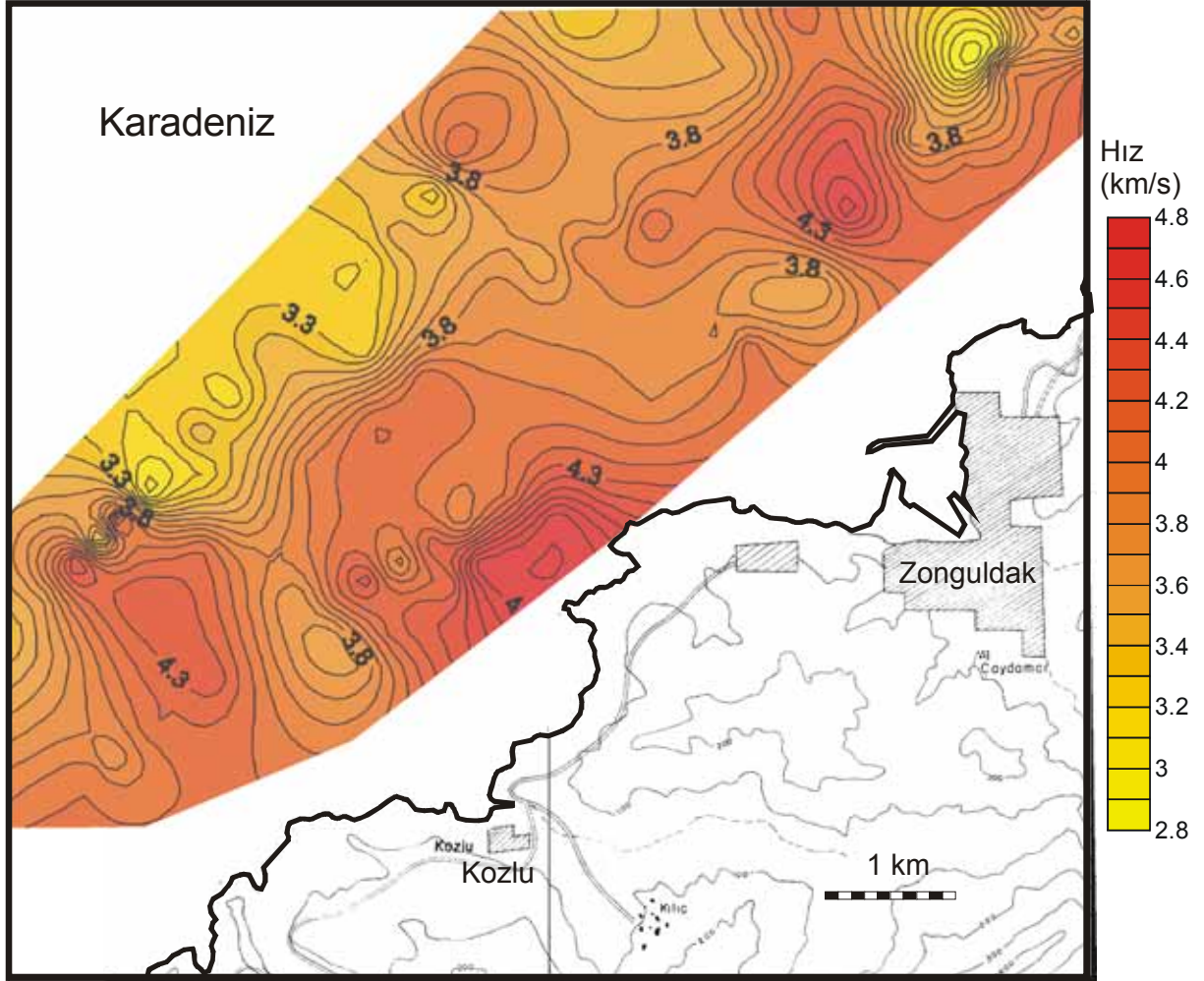


Şekil 13. Deniz tabanı hız hesaplamasında karşılıklı atış yöntemine göre ilk varışlar (direk dalga ve kırılma) sismik saha kayıtlarından (record) okunmuştur.

Bu değerlendirme sonucu ortaya çıkan hız yapısı değerlendirildiğinde çalışma sahasında yüzey hızlarının 2800 ile 4800 m/s arasında olduğu görülmüştür (Şekil 14). Sert tabakalar arasında kalan ve sismik hızların 3 km/s altına indiği sarı renkli yerler fay veya ezik zonu olarak değerlendirilmiştir. Bu gibi ezik zonu olduğu düşünülen yerlerin karadaki fayların uzantısında yer almaları ezik zonlarının deniz içinde de devam ettiğini göstermektedir. Kıyıya yaklaştıkça daha sonraki bölümde detaylı olarak anlatılacak olan güncel kıyı delta çökelleri yer aldığından sismik hızların kıyıya doğru bir miktar azalacağı düşünülmektedir. Ancak



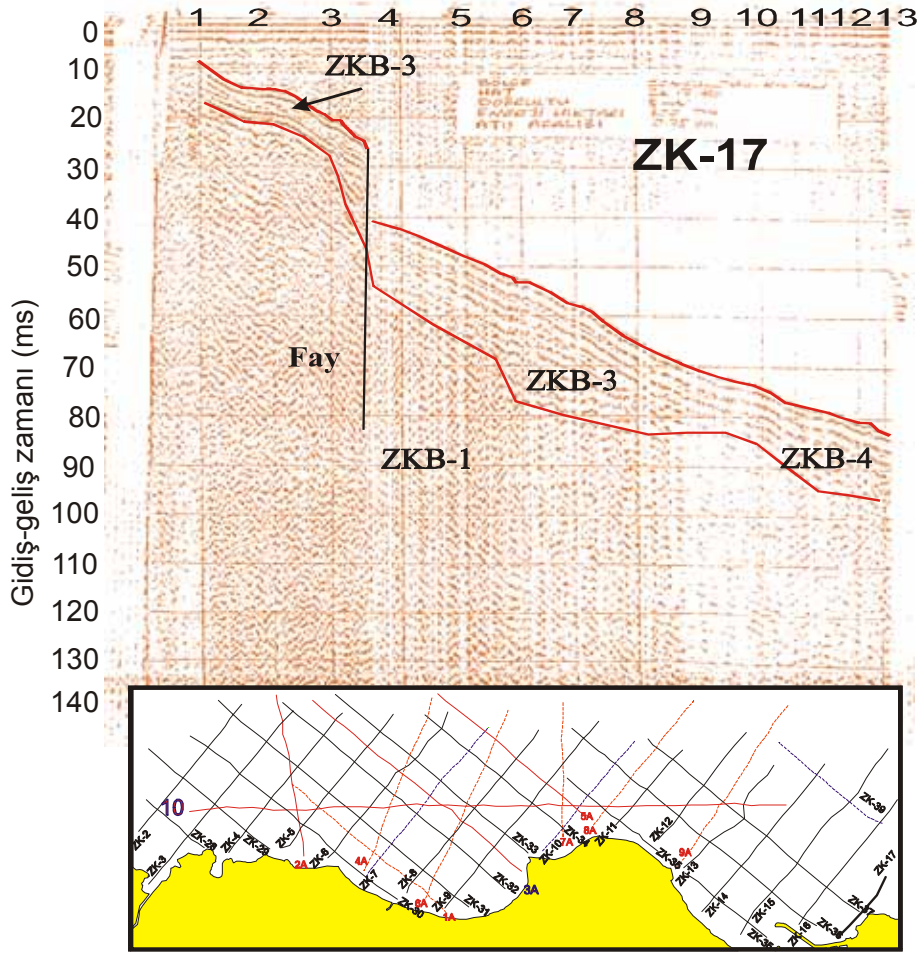
maalesef çok kanallı sismik çalışmalarında kıyıya bu kadar yaklaşmak mümkün olmadığından bu kesimlere ait hız bilgimiz yoktur.



Şekil 14. Yansıma kayıtlarının ilk varışları kullanılarak hesaplanan zemin hızlarının dağılımı. Şekilde ayrıca topografik yükselti gösterilmektedir.

Zonguldak limanı önünden geçen ZK-17 numaralı hatta, 3 ve 4 numaralı fikslerin ortasında, 20 ile 30 metre derinlikler arasındaki ani eğim değişmesi karada jeoloji haritasında da görülen Fener burnunu DKD-BGB doğrultusunda kesen fayın (Şekil 10) deniz içindeki devamı olarak yorumlanmıştır (Şekil 15).





Şekil 15. Zonguldak limanı önünden geçen ZK-17 numaralı hatta gözlenen fay.

#### 4.4. Stratigrafik Yorum

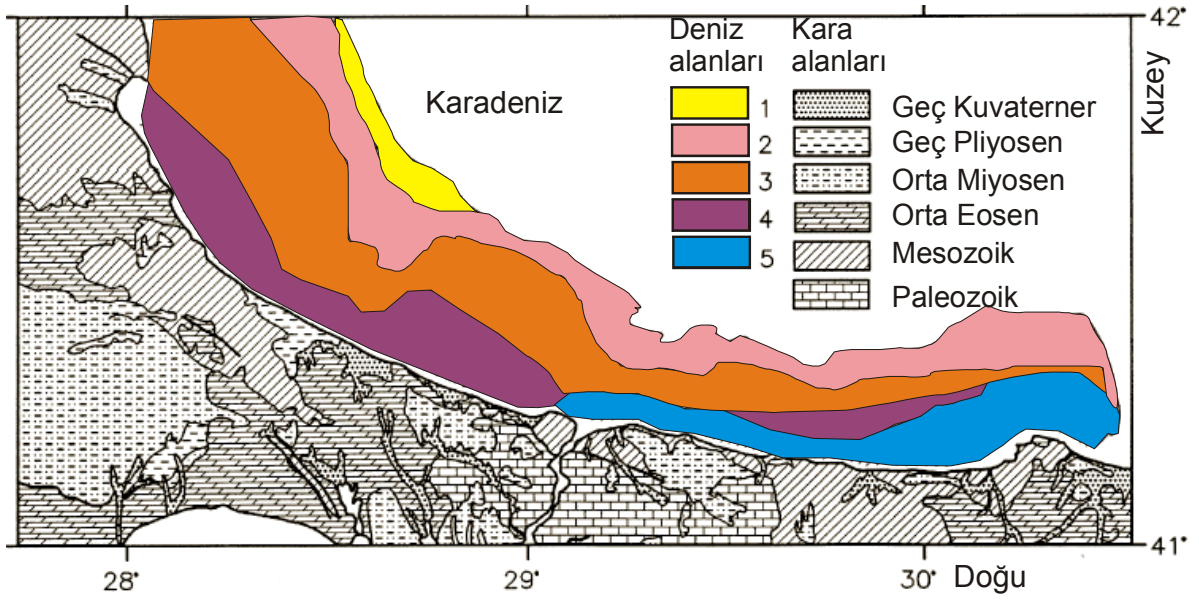
Çalışma alanında yer alan sığ yansıma kesitleri üzerinde yapılan stratigrafik yorumlamada deniz tabanında genel olarak kıyı yakınında delta çökelleri yer almaktadır. Ani bir eğim değişiminden sonra tekrar daha tatlı bir eğimle uzanan deniz tabanı çökelleri şelf kenarına kadar devam etmektedir. Buradan sonra yamaç çökelleri ve bunların üzerinde gelişen eski kıyı çökelleri yer almaktadır.

Bu kapsamda aşağıda detaylı olarak incelenecek olan 4 adet sismik birimin varlığı göze çarpmaktadır. Bunlar aşağıdan yukarı doğru, yani yaşlıdan gence doğru incelenecektir.

### **ZKB-1 (Temel):**

Bu birim sığ sismik kesitlerde en altta yer alan ve “akustik temel” olarak tarif edilen istiftir. Diğer eski çalışmalarda belirlenen birimler ile isimlendirme karışması yaşamamak için Zonguldak-Kozlu Birim -1 (ZKB-1) olarak isimlendirilmiştir. Sığ sismik yansıma kesitlerinde belirgin bir kaotik iç yansıma şekillenmesi gösterir. Bu şekillenmede, birim içerisinde yoğun bir biçimde izlenen saçılmaların önemli bir katkısı bulunmaktadır. Söz konusu saçılmalar, birimi oluşturan malzemenin türünden veya bünyesinde yer alan süreksizliklerden kaynaklanabilir. Batı Karadeniz kıyılarının önemli bir bölümünde Paleozoyik yaşlı ve bünyesinde pek çok süreksizlik barındıran İstanbul Zonu’nun veya Üst Kretase yaşlı volkaniklerin yüzeylenmesi her iki olasılık durumunda da temeli oluşturan kayaların oldukça yaşlı birimler olmasını gerektirmektedir. Sismik açıdan bakıldığında Birim 1’in üzerindeki örtü birimleri ile olan sınırının yüksek genlikli bir yansıma yüzeyi tarafından belirlenmiş olduğu görülmektedir. Bu durum, ZKB-1 ile üzerinde yer alan birimlerin arasındaki akustik empedans farkının oldukça yüksek olması gerektiğini göstermektedir. Batı Karadeniz’de daha önce yapılmış olan benzer çalışmalarda da deniz tabanının hemen altında, ince bir çökel tarafından örtülmüş olarak izlenen bu birimin (Demirbağ ve diğ., 1999; Algan ve diğ., 2002; Aksu ve diğ., 2002), söz konusu alanlardaki Paleozoik veya Üst Kretase yaşlı temel olduğu sonucuna varılmıştır. Aksu ve diğ. (2002) böyle bir sınıflandırmayı batıda Bulgar sınırındaki İğneada ile doğuda Sakarya il sınırı arasında kalan alanlarda bütün şelf boyunca gözlenen uyumsuzluk düzlemi altında kalan sismik stratigrafik birimler için yapmıştır (Şekil 16). Deniz alanlarındaki birimler renkli bunların karşılıkları olan kara alanlarındaki birimler ise taramalı olarak gösterilmiştir. Bütün gösterilen birimler tortul olup, sadece Mesozoik kayalar volkanik tortullardır.

Görüldüğü gibi temel kayanın yaşı kıyıda açığa doğru Mesozoikten geç Kuvaterner’e kadar azalabilmektedir. Doğuya doğru temel kayanın yaşı batıya nazaran daha fazlalaşmaktadır. ZKB-1 olarak adlandırdığımız temelin üst yüzeyi özellikle Trakya, İstanbul ve Kocaeli sahasında şelf boyunca yataya yakın bir düzlem arz eder. Sakarya nehrinin kıyı ötesi alanlarında ise temel kaya nispeten düz olup açığa doğru derinleşmekte ve üzerindeki çökeller de açığa doğru incelmektedir (Görür ve diğ., 2001; Algan ve diğ., 2002).



Şekil 16. Bütün şelf boyunca gözlenen uyumsuzluk düzlemi altında kalan ve Aksu ve diğ. (2002) tarafından yaşlandırılması yapılan sismik stratigrafik birimlerin (1-5) GB Karadeniz şelfindeki dağılımı. Kara alanlarının jeolojisi Sakıncı ve diğ. (1999) dan alınmıştır.

Aralarında 200 km den fazla mesafe yer alsa da çalışma sahasındaki durum da Trakya şelfine benzerdir. Günümüz kıyısına yakın olan delta çökelleri kısa bir mesafe içinde incelenmektedir. Bu delta birimlerinin uzantıları ince bir örtü halinde ZKB-1 temel kayasını açısal uyumsuzlukla örtmektedir. Temel kayanın üstündeki aşınım düzleminin eğimi, şelfin dış kenarında ve kıyıda artarak, biri derine abisal düzlüğe, diğeri ise karaya uzanan iki yamacın oluşmasını sağlar. Diğeri bir deyişle, ZKB-1'in üst yüzey morfolojisi çalışma alanındaki şelf parçasının morfolojisini genel hatlarıyla belirlemektedir. Sismik kayıt kalitesinin elverdiği ölçüde görülebildiği kadarıyla aşınım düzlemi üzerinde kalan örtü istifler temel üzerinde onlap veya downlap yaparak sonlanmaktadır. Bu durum, ZKB-1'in üzerindeki çökeller açısından bir temel niteliğinde olduğu yaklaşımını destekler. Eldeki bu veriler sismik kesitlerde en altta yer alan ZKB-1'in, bölgede karada yer alan üst Tersiyer yaşlı birimlerin denizdeki devamı olduğu fikrini yürütmemize olanak sağlamaktadır. Yine de bu görüş ilerdeki çalışmalarda test edilmeye muhtaçtır.

Sığ deniz sismiği araştırmamızda üzerindeki çökeller açısından akustik temel niteliği taşıyan ZKB-1 üzerine üç sismik stratigrafik birim farklı lokasyonlarda uyumsuz gelmektedir.

Bunlar eski kıyı çökelleri (ZKB-2), yeni kıyı çökelleri (ZKB-3) ve bunları da örten güncel şelf örtüsü (ZKB-4) olarak değerlendirilmektedir.

### **ZKB-2 (Eski Kıyı Çökelleri-Deltaları):**

ZKB-2 olarak isimlendirdiğimiz bu çökeller şelfin dış kenarında yer almaktadırlar. Sismik hatlar açığa fazla uzanmadıklarından en iyi olarak sadece D88-11 isimli hatta gözlenmişlerdir. Ancak derin sismik kesitlerden dış görüntüleri mercek şekilli olan bu tip delta oluşumlarının sahanın her yerinde olduğunu bilmekteyiz (Alpar, 1982). İç geometrileri çok farklı şekillerde gelişebilen bu birim, temel kaya üzerinde yer alır. En az dört ilerleyen deltadan oluşan bir delta kompleksi (stacked deltas) şeklindedir. Üzerlerinde ise çok ince güncel çökeller vardır. Sigmoidal-oblik ilerleyen tip iç yansıma şekillenmesi bu birimin kıyı ortamında gelişmiş delta çökelleri olduğunu göstermektedir. Bu çökel istife ait en son topset-foreset geçişleri yaklaşık 120 m (160 ms gidiş-geliş zamanı) olarak belirlenmiştir. Bu bize birimin Karadeniz'in su düzeyinin günümüzdekinden 120 m daha aşağıda iken var olan kıyı ortamında geliştiğini (low-stand deposits) gösterir. Bu durum, yukarıda da tartışıldığı gibi Karadeniz'in son buzul dönemi içerisinde sahip olduğu deniz düzeyi ile uyumludur. Bu nedenle ZKB-2'nin son buzul dönemi sırasında Karadeniz'in deniz düzeyi, günümüz deniz düzeyinden 120 m daha aşağıda iken bu derinlikte gelişen kıyıda biriken Geç Kuvaterner çökeller olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

### **ZKB-3 (Güncel Kıyı Çökelleri-Deltaları):**

Bu birim şelf düzlüğünün kara kesiminde ve ZKB-1 biriminin üzerinde yer alır. Birimin güncel şelf örtüsü ile ilişkisi sismik kesitlerde açık ve belirgin değildir. Birimin gözlendiği sismik kesitlerde kalınlığının kıyıdan açığa doğru giderek incilmesi ve bu birime ait yansıma yüzeylerinin açığa doğru downlap ile sonlanması, bu birimin kıyıda beslenen bir çökel istifi olması gerektiğini gösterir. Buna göre, güncel yakın kıyı hattı boyunca izlenen bu birimin günümüzde karadan taşınan ve kıyıya yığılan yarı pekişmiş çökeller tarafından geliştirilmiş olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle söz konusu birim olasılı olarak kıyıda biriken güncel kıyı deltaları olarak yorumlanmıştır.

Bu çökeller kıyı çizgisinden başlayarak bölgede 55 m derinlik konturuna kadar uzanmaktadır. Bu derinlik Sakarya'daki karşılık gelen derinlikten daha sığdır. Bunun nedeni Sakarya nehrinin daha bol malzeme vermesi olarak değerlendirilebilir. Bu birimin iç yapısı D-B kıyı şeridi boyunca aynı değildir. Bazı yerlerde denize doğru ilerleyen sigmoidal yansımalar (örneğin ZK-14 kesitinde birimin ortasındaki yapılar) ile temsil edilen bu birim bazı yerlerde derin kesimleri (base fan) kaotik yansımalar veren ve üst kesimleri (top fan) ise paralel-yarı paralel yansımalarla örtülen tabakalarla temsil edilmektedirler (örneğin D88-2 kesiti). Bu durum çalışma sahası boyunca bazı kesimlerin daha enerjik depolanma ürünleri yaratırken bazı kesimlerde ise depolanmanın daha düzenli oluştuğunu göstermektedir. Bölgede sıkışma rejimi altında gelişen tektonik yükselme de bu birimin gelişimi üzerinde etkili olmalıdır. Sismik hatların kıyı şeridine kadar tam olarak sokulamamaları bu birim hakkında iç kesimlere kadar yorum yapmayı engellemektedir.

#### **ZKB-4 (Güncel Şelf Örtüsü):**

Bu birim temel üzerine uyumsuz gelmektedir. Şelf sahasında yataya yakın paralel bir iç yansıma şekillenmesine sahiptir. Çalışma alanının son buzul döneminden günümüze yaklaşık 10 bin yıldır bir şelf ortamı olarak gelişimini sürdürüyor olması, ZKB-4'ün bu ortamın ürünü olabileceğini düşündürür. Çalışma alanının son buzul dönemi sırasında Karadeniz sularının yaklaşık 105 m (Demirbağ ve diğ., 1999; Algan ve diğ., 2002) veya daha fazla (Ryan ve diğ., 1997) düşmesine bağlı olarak bir karasal ortam haline gelmesi ve buna bağlı olarak aşınım işlemine uğramasına karşın, ZKB-4'ün bünyesinde bir aşınım yüzeyine rastlanılmamış olması ve bu birime ait paralel yansımaların en üstte yer alanının, günümüz deniz tabanını oluşturuyor olması, ZKB-4'ün son buzul döneminden günümüze deniz tabanında biriken sığ deniz çökelleri olması gerektiğini gösterir. Bu durumda ZKB-1 temeli ile ZKB-4 örtü birimi arasında yer alan yüksek genlikli yansıma yüzeyinin de, son buzul dönemi sırasında aşınan, olgun aşınım yüzeyi olması gerekir. ZKB-4 örtüsü, şelfin dış kenarındaki ZKB-2 birimi ile kıyı kesimindeki ZKB-3 birimi ile yanal geçişler de gösterir. Bu birim diğer bütün Karadeniz'de belirlendiği gibi üst Pleistosen (Yeni Öksin) ve Holosen yaşlıdır.

## V. TARTIŞMA VE SONUÇ

Doğu Avrupa'nın kıtalararası yerleşimi içinde yaşanan Holosen iklim değişimleri Karadeniz'in deniz düzeyi değişimleri ve bu değişimlerin çevreye olan davranışları üzerinde çok önemli etkiler yaratmıştır. Çalışma sahasında incelediğimiz sismik yansıma kesitlerinde eski kıyı hattı çizgisi, dalga terasları ve gerek yakın kıyı hattında gerekse şelf kenarında deltaik sistemler gözlenmektedir. Bu gibi jeolojik oluşumların Karadeniz kıyıları boyunca birbirleri ile karşılaştırılması, bölgesel ve yerel tektonik araştırmalara ışık tutabileceği gibi bunların yaşlarının ölçülmesi de Karadeniz deniz düzeyi değişimlerinin anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Bu amaçla sismik sonuçlarımız hakkında birtakım yorumlar yapmadan önce Trakya Karadeniz şelfindeki, İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışındaki ve Sakarya Kanyonundaki eski çalışmalara ait bulgular bu tez kapsamında yeniden yorumlanarak kısaca incelenecektir.

### 5.1. Sakarya Kanyonundaki Sismik Durum

Sakarya deniz sismiği çalışmasında temel kaya ve onun üzerinde genç birimler belirlenmiştir (Algan ve diğ., 2002). Kıyıdaki sediment kamalanması kıyı ötesinde -120 m derine kadar devam etmektedir. Temel üzerine ilk gelen çökeller genelde 5-30 m kalındır ve deniz seviyesinden 100-110 m derinde yer alan aşınım (traşlama) düzleminin üzerini örtmektedir. Bu birim şelf üzerinde zaman zaman dalgalı zaman zaman da paralel, şelf kenarında ise sigmoid yansımalar vermektedir. Temel üzerine ilk gelen bu birim 5-18 m kalınlıkta daha genç bir birim tarafından örtülmektedir. Bu genç birim sismik kesitlerde belirgin bir biçimde birbirlerinden ayırt edilemeyen iki alt birim halindedir. Bu birimler iç şelfte kıvrımlı dış şelfte ise paralel yansımalar vermektedirler (Görür ve diğ., 2001).

Bu tez çalışması kapsamında Sakarya kanyonundaki sismik kesitler kendi kesitlerimizle mukayese yapabilmek için yeniden değerlendirilmiş, yansıma karakterlerine göre belirlenen 4 ayrı sismik birim ayırt edilmiş (Şekil 17) ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

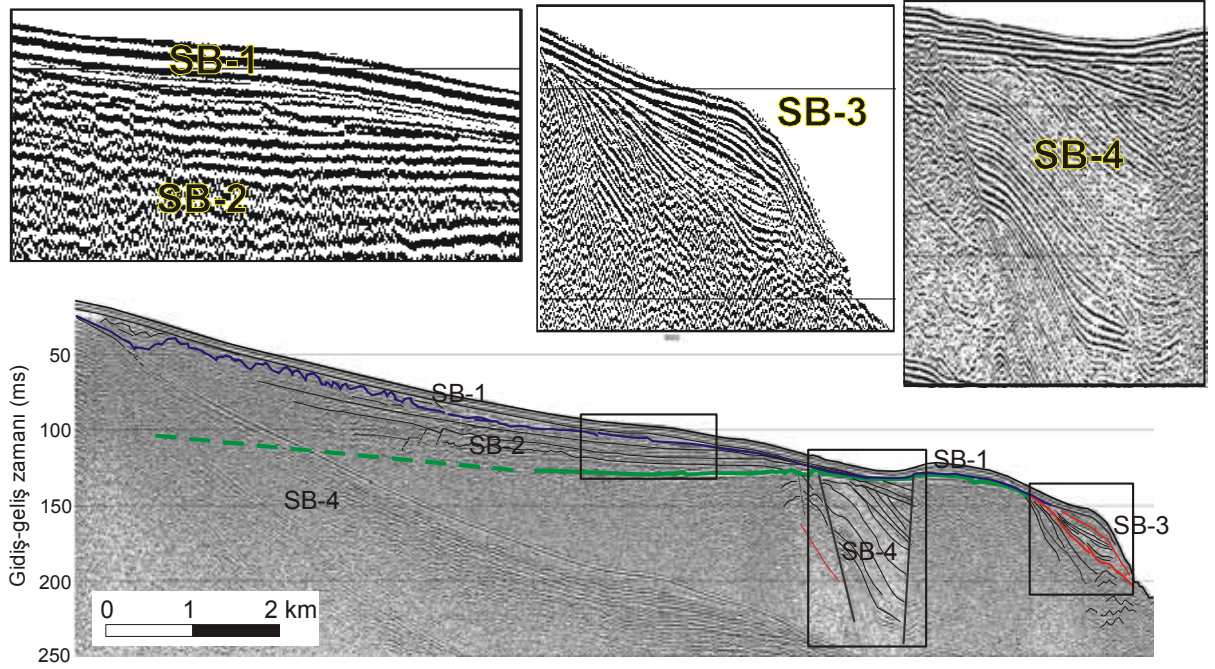
SB-1 (Sakarya Birim 1): Güncel Sakarya nehrinin deniz içindeki uzantısını ve güncel şelf çökellerini oluşturur. Altındaki SB-2 ile uyumsuzdur. Üst yüzeyi güncel deniz tabanını oluşturmaktadır. Açıklara doğru SB-4 ve SB-3 birimlerini uyumsuz örtmektedir.

SB-2 (Sakarya Birim 2): Sakarya nehrinin ilerleyen eski bölümünü oluşturan delta kompleksidir. Üstteki güncel birimden daha kalın olan birim içindeki iç tabakalar denize doğru eğimlidir. İç yansımalar kıyıya doğru paralel olmasına rağmen açığa doğru uçlanmalar göstermektedir. Bu uçlanmalar tabakaların depolanmaları sırasında deniz akıntıları nedeniyle açığa doğru yayılarak taşınmaları nedeniyle oluşmuş olmalıdır. Üst yüzeyindeki kıvrımlar dalga şekillenmesine bağlı olarak gelişmiş olabilir. Bu birim 90-95 m derinlerde sonlanmaktadır.

SB-3 (Sakarya Birim 3): Şelf kenarındaki deniz düzeyinin düşük olduğu zamanda çökelen “lowstand” depolarıdır. Bu nedenle SB-4 temeli ile olan erozyonal görüntülü alt sınırları, Karadeniz’in eski kıyı çizgisini göstermektedir. Bu sınır yaklaşık olarak günümüz deniz düzeyinin yaklaşık 105 m altındadır. Deniz tabanı morfolojisine bağlı olarak dağılım gösterir. Genel olarak oblik-paralel iç yansımalar göstermektedir.

SB-4 (Sakarya Birim 4, temel): Şelf altında kalan ve muhtemelen karadaki Pliyosen yaşlı aşıl uyumsuzluk düzleminin deniz içindeki devamı ile sınırlandırılmış, sismik kesitlerde yüksek yansımalar gösteren en eski birimdir. Yerel olarak özellikle fay kenarlarında kıvrımlıdır. Şelf alanlarında aşınım düzlemi altında yer alır. Şelf kenarına doğru ise SB-3 altında yer alır. Yaş olarak Yılmaz ve diğ. (1997) tarafından karadaki üst Kretase ve alt Miyosen yaşlı olarak verilen volkanik ve tortul çökellerle eşlendirilebilir.





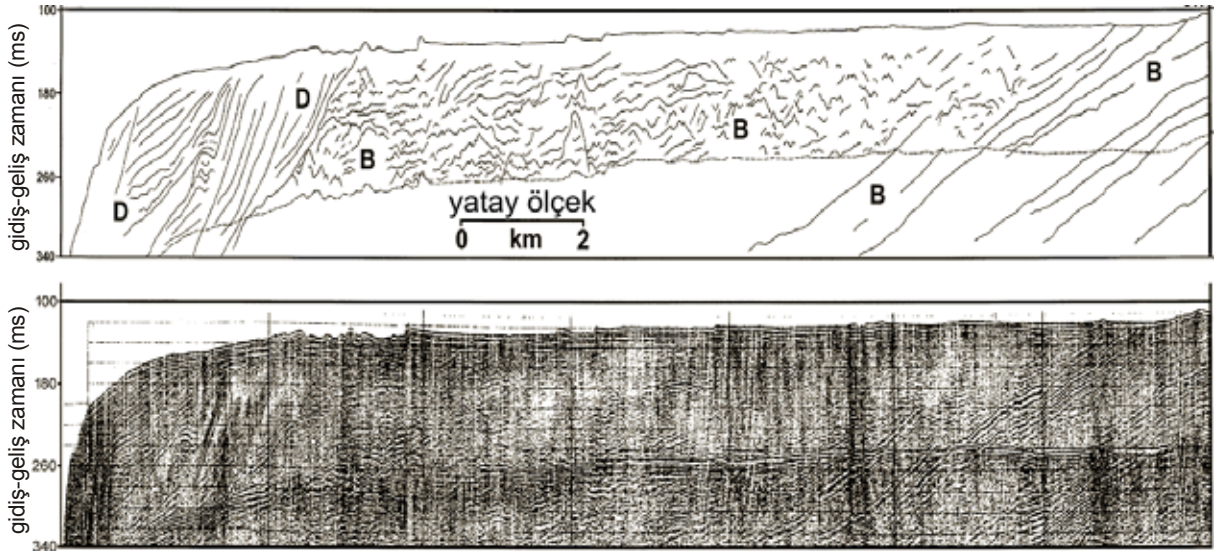
Şekil 17. Sakarya kanyonunda alınmış sismik kesitin yeniden yapılan yorumu

## 5.2. Trakya Karadeniz Şelfindeki Sismik Durum

Çalışma sahamızın batısında, Trakya Karadeniz şelfinde de değişik gruplar tarafından sığ sismik çalışmalar yapılmıştır. Demirbağ ve diğ. (1999) da İstanbul Boğazı çıkışına doğru yansıma karakterlerine göre 5 ayrı sismik stratigrafik birim belirlemiştir. Bunlardan A, B ve C birimleri Kuvaterner çökellerinin tabanını oluşturmaktadır. A birimi temele karşılık gelmektedir ve Çatalca ve Kocaeli yarımadalarındaki kireçtaşları (Oktay and Eren, 1995) ile ara tabakalı olmak üzere üst Kretase–Eosen volkanik ve volkanoklastikleri ile eşlenmiştir.

Açık denize doğru tatlı bir eğim gösteren ve paralel yansımali B birimini ise karadaki Oligosen–alt Miyosen yaşlı Karaburun formasyonu ile eşlemiştir. Düşük enerji ortamında depolanan ve bu yüzden düzgün yansımalar gösteren C birimine ise sadece İstanbul Boğazı çıkışında dış şelfte rastlamışlardır. Her yerde yoktur. Demirbağ ve diğ. (1999) tarafından ayrılan bütün birimler aralarında açısız uyumsuzdur (Şekil 18).



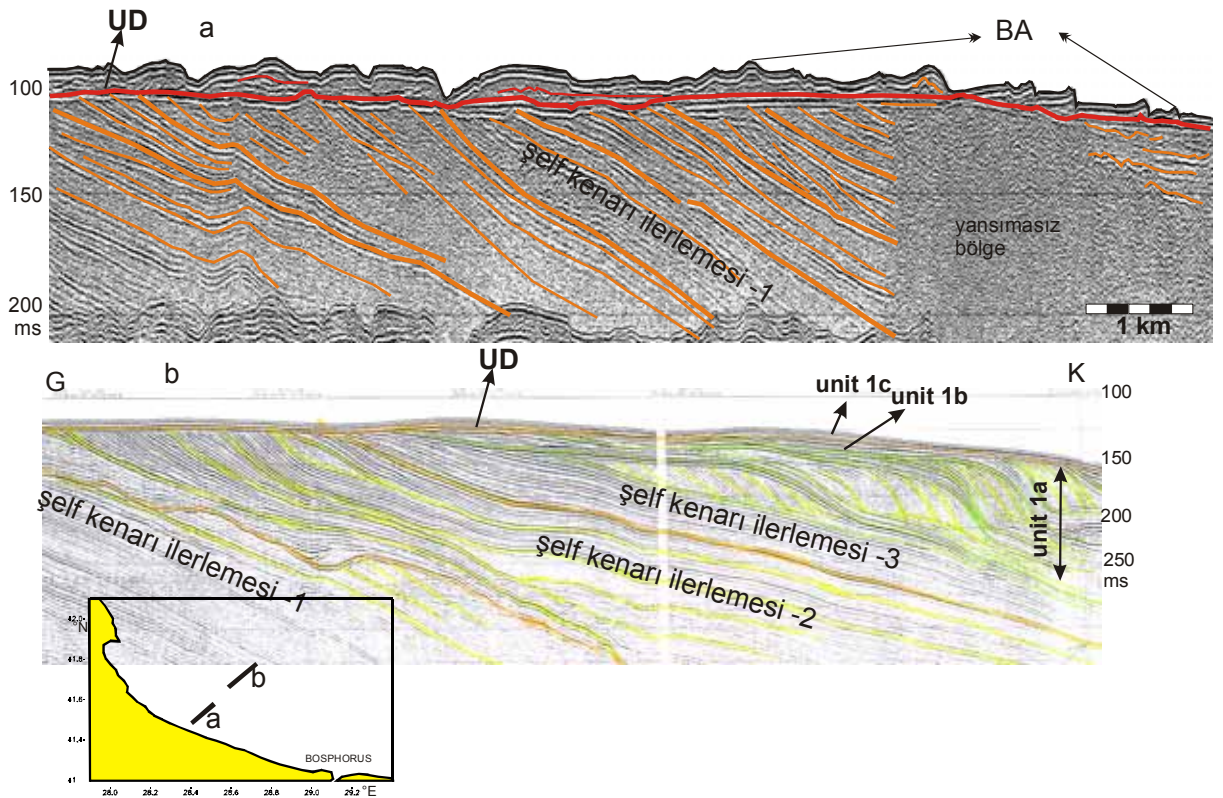


Şekil 18. Demirbağ ve diğ. (1999) tarafından İstanbul Karadeniz şelfinde rastlanan sismik stratigrafik birimler. C birimi her yerde gözlenmemektedir. En üstte yer alan ve bütün sahada bir örtü tabakası teşkil eden E birimi ise sismik çözünürlük sınırları altında kaldığından kesitlerde belirgin değildir.

Temel birimlerin üzerinde D ve E birimleri vardır. D birimi şelf kenarında eski kıyı alanları boyunca gözlenir. E birimi ise çok ince bir örtü tabakası halinde olup sismik kesitlerde ilk yansımalar içinde kaldığından gözlenememekte sadece karot numunelerine göre konulmaktadır. Fakat bu E birimi daha önceki bir çalışmada oldukça yüksek frekans kullanılarak kısmen gözlenebilmiştir (Alpar ve diğ., 1997).

Trakya Karadeniz şelfindeki çalışmalardan diğer birisi TÜBİTAK Projesi 198Y083 kapsamında 1999 yılında yapılmıştır (Ergin ve diğ., 2003). Bu çalışmada üst ve alt temel birimler içerisindeki kısa süreli deniz seviyesi değişimlerini gösteren sismik birimler ayırt edilmiştir (Şekil 19).

Şelf kenarında denize doğru ilerleyen klinoformlar ve Zonguldak-Kozlu çalışma sahasında da görülen lowstand şelf kenarı delta loplarının karşılıkları görülmektedir. En üstte bütün şelf boyunca gözlenebilen ve üzerinde ince bir çamur tabakasının yer aldığı bir uyumsuzluk düzlemi (UD) tüm sismik kesitlerde vardır.



Şekil 19. Trakya Karadeniz şelf ve yamaç kesitlerinden örnekler (Alpar ve Gainanov 2002’den yeniden alınarak yeniden yorumlanmıştır).

Şekil 19 da üstteki şekilde de orta şelf alanında karaya doğru göç eden bariyer adalarının (BA) deniz tabanında yarattığı ilerleyen yapılar göze çarpmaktadır. Orta şelf alanlarında ise kum dalgası, bariyer adaları ve plaj depoları gibi “transgressif system track” çökelleri hakimdir. Bu tip yapılar buzul çağı sonunda Karadeniz’de oluşan tatlı su gölü içindeki su düzeyindeki yükselme ve buna bağlı olarak gelişen transgresyon sırasında (11-12 bin yıl önce) oluşmuştur. Sonuçlar Aksu ve arkadaşları tarafından öne sürülen ve tüm şelf alanını kapsayan depolanma sistemlerini desteklemektedir (Alpar ve Gainanov, 2002).

### 5.3. Çalışma Sahasından Çıkan Sonuçlar

Kutuplardaki buzulların gelişmelerine bağlı olarak yerküre üzerinde deniz düzeyi değişimleri Kuvaterner içinde -125 m ile +10 m arasında değişimler göstermiştir. Deniz düzeyindeki bu değişimler dünya denizleri ile dar ve sık Türk boğazları ile ilişkisini sürdüren

ve dünya denizlerindeki deniz düzeyi İstanbul Boğazı eşiğinden daha derine (>32 m) düştüğünde bu denizlerle ilişkisini kopartan Karadeniz için doğrudan kullanılamaz. Karadeniz'in deniz düzeyi değişimlerini anlamak için çok uluslu birçok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların güneybatı Karadeniz şelf ve şelf kenarı alanları için ortak bulguları vardır. Buna göre birbirlerinden uyumsuzluk düzlemleriyle ayrılmış en az 5 delta oluşumun üst üste yığılmış olduğu belirlenmiştir. Bu deltaların topset-foreset geçişlerinden, deltanın oluştuğu devirdeki deniz düzeyleri kalibre edilmek suretiyle saptanabilmektedir. Buna göre bahse konu delta oluşumlarının nedeni, Karadeniz su seviyesinin düşük olduğu devirlerde dördüncü dereceden deniz düzeyi değişimleridir. Sonuç olarak özellikle Trakya Karadeniz şelfinde şelf kenarında rastladığımız deltalar Karadeniz deniz seviyesinin Kuvaterner döneminde birkaç kez 100 metrenin altına düştüğünü göstermektedir. Bu deltalara Sakarya kanyonunda rastlanılmaması erozyonla ilgili olmalıdır. Deniz düzeyinin bu kadar düştüğü dönemlerde bütün şelf alanları su yüzüne çıkmış ve bazı eski çökeller aşınmıştır.

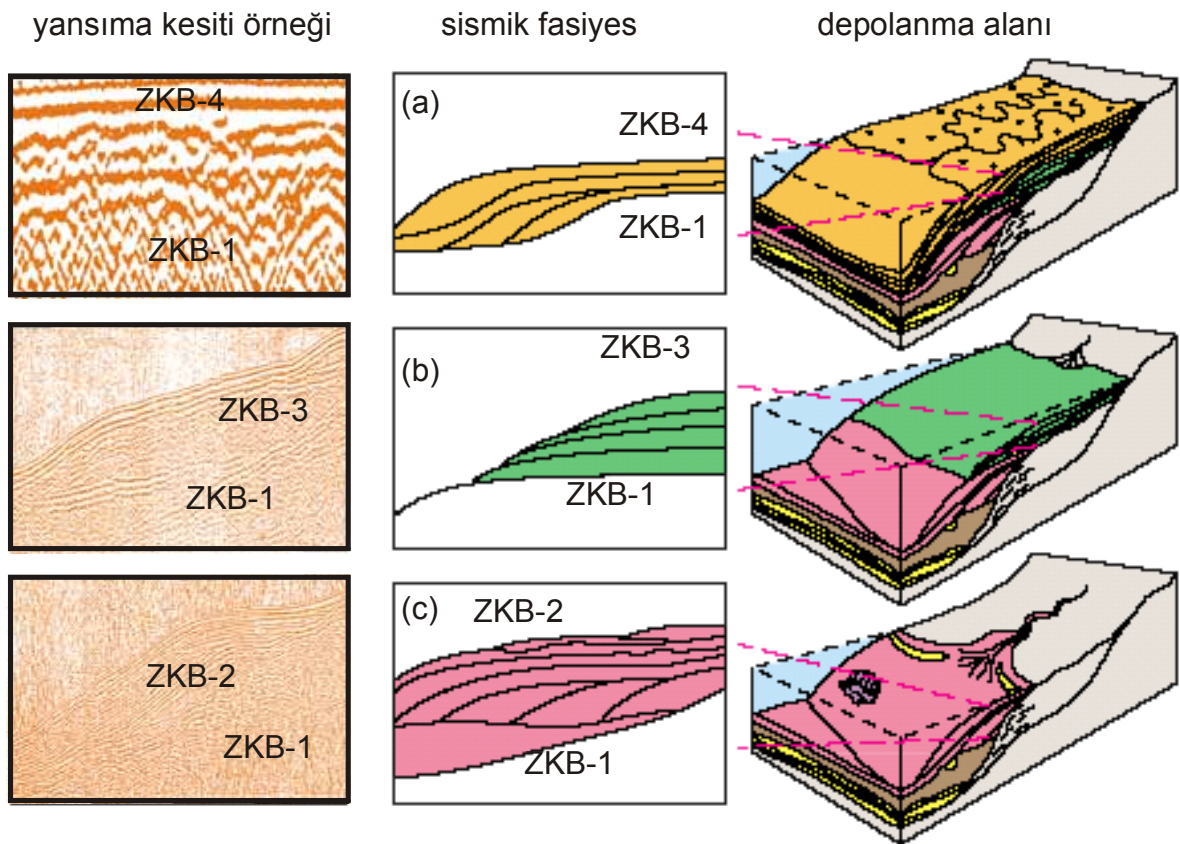
Çalışma sahasında şelf kenarında yer alan delta çökel istife ait en son topset-foreset geçişleri yaklaşık 120 m derinde belirlenmiştir. Bu değer Batı Karadeniz'de ölçülen değerlerden 10-15 m daha derindir. Bunun nedenlerinden biri tektonik sıkışma nedeniyle kara alanlarındaki yükselmeye karşılık şelf alanlarında oluşabilecek tektonik çökmeler olabilir.

Sonuç olarak çalışma sahasında belirlediğimiz 4 sismik birimin depolanmaları hem tektonik hem de deniz düzeyi kontrollüdür. Belirlediğimiz sismik fasiyeslerin olası depolanma alanları delta sistemlerinin içindedir (Şekil 20). Bu birimlerin Karadeniz kıyılarımız boyunca karşılıkları olduğu düşünülmektedir. Örneğin en üstteki örtü birimler üst Pleistosen (Yeni Öksin) ve Holosen yaşlıdır. Kalınlıkları benzerdir fakat bazen İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışında olduğu gibi sismik çözünürlük limitleri altına düştüğünden gözlenememektedir.

ZKB-2 olarak isimlendirdiğimiz ve denizel depolanma istiflerinin büyük bir bölümünü oluşturan yamaç sistemleri (lowstand depolar), Sakarya kanyonundaki SB-3, İstanbul Boğazı çıkışında Birim-D ve Trakya Karadeniz şelfinde Unit-1a birimlerinin karşılığıdır. Bu birimler Karadeniz su düzeyinin en alçak olduğu ve küçük salınımlarla beklediği dönemlerde çökelmiş olmalıdır. Yerel değişimler kara girdileri ile ilgili olarak değerlendirilebilir. Örneğin ZKB-2

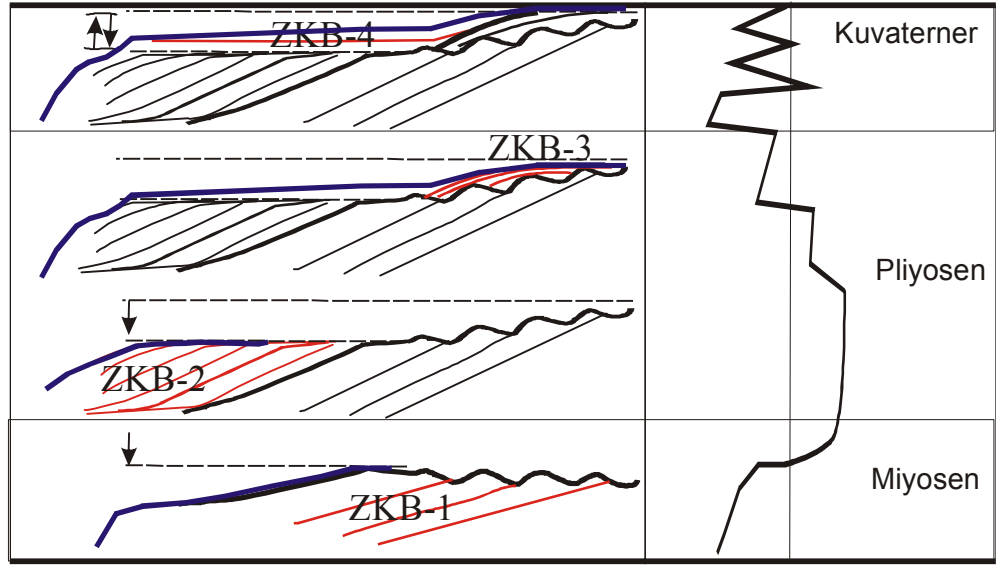
birimine Trakya Karadeniz şelfindeki karşılık gelen deltalar bu birimin tek bir delta şeklinde değil, fakat dördüncü dereceden deniz düzeyi salınımlarının eseri bir delta kompleksi şeklinde olduğunu göstermektedir. Daha derin fasiyesler ise çalışma kapsamında değerlendirdiğimiz sığ sismik kesitlerde penetrasyon problemi yüzünden görülmemektedir ve bunlar olasılıkla daha derinlerde oluşmuşlardır.

Belirlediğimiz sismik fasiyeslerin jeolojik evrimi yerel ve bölgesel tektonik kuvvetlerin de etkisi altında gelişmiştir (Şekil 21).



Şekil 20. Çalışma alanında belirlenen sismik fasiyesler ve bunların olası depolanma alanları.

Karadeniz evriminde bir dönüm noktası olan Miyosen'de Tetis okyanusunun kapanması ile Karadeniz'in de içerisinde bulunduğu büyük bir kuşağın dünya denizleri ile bağlantısı kesilmiş, çalışma sahası sığ ve kapalı bir deniz haline gelmiştir. Şelf alanları su üzerindedir.



Şekil 21. Zonguldak-Kozlu sahası şelf ve şelf kenarında gözlediğimiz sismik birimlerin östatik ve tektonik kuvvetler altında muhtemel gelişimleri (ölçeksiz).

Karadeniz'in daha sonraki evrimi büyük ölçüde deniz düzeyi değişimleri ile kontrol edilmiş, glasiyel dönemlerde buzullarda su tutulması sonucu regresyon gelişince delta çökelleri oluşmuş, buzul arası dönemlerde ise deniz seviyesi yükselince Akdeniz suları Karadeniz'e girmiş transgressif birimler çökelmiştir.

Son söz olarak, çalışma bölgesinden çıkarttığımız sonuçların Ryan ve arkadaşları tarafından öne sürülen ani içe akış veya jeokatastrofi olarak bilinen kuramına göre, Aksu ve arkadaşları tarafından öne sürülen dışa akış (outflow) kuramına daha yakın olduğu söylenebilir.

Çalışma sahasında deniz tabanında ve şelf alanlarında İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışındaki gibi bazı morfolojik bozukluklara, kum dalgası, bariyer adaları ve plaj depoları gibi "transgressif system tracks" çökellerine rastlanmaması, bölgenin tektonik olarak daha aktif olmasına rağmen, eğer olduysa bile ani deniz düzeyi değişimlerinden etkilenmediğini göstermektedir.

Ayrıca ZKB-4 birimi tarafından ani olarak örtülmüş lokal göl çökellerine sismik çözünürlük sınırları içinde rastlanmamıştır. İnce ZKB-4 örtü birimi içinde transgressif izlere sismik çözünürlük sınırlarımız içinde rastlanmaması, içe akıştan sonra oluşan bir



depolanmadan ziyade, dışa akış ncesi Karadeniz su seviyesinin hızla yükselmiş olmasından kaynaklanabilir.

Bu gibi halen çözüm bekleyen stratigrafik sorunların çözümü için çalışma sahasında jeofizik yöntemlerden yüksek özünürlüklü MCS yansıma, chirp kaynaklı sismik yansıma ve yandan taramalı sonar çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Chirp işlemcilerinin yüksek frekans bandı (2-7 kHz) sayesinde yüksek çözünürlükte elde edilecek sayısal sığ yansıma verileri sahada belirlediğimiz birimlerin daha detaylı görüntülerini sağlayacaktır.

## VI. KAYNAKLAR

AKSU, A.E., HISCOTT, R.N., YAŞAR, D. (1999): Oscillating Quaternary water levels of the Marmara Sea and vigorous outflow into the Aegean Sea from the Marmara Sea-Black Sea drainage corridor. *Marine Geology*, 153, 275-302.

AKSU, A.E., HISCOTT, R.N., YAŞAR, D., İŞLER, F.I., MARSH, S. (2002): Seismic stratigraphy of Late Quaternary deposits from the southwestern Black Sea shelf: evidence for non-catastrophic variations in sea-level during the last about 10,000 years. *Marine Geology*, 190, 61-94.

ALAVİ, S.N., OKYAR, M., TİMUR, K. (1989). Late Quaternary sedimentation in the Strait of Bosphorus: High Resolution seismic profiling. *Marine Geology*, 89, 185-205.

ALGAN, O., GÖKAŞAN, E., GAZİOĞLU, C., YÜCEL, Z., ALPAR, B., GÜNEYSU, C., KIRCI, E., DEMİREL, S., SARI, E., ONGAN, D. (2002): A high resolution seismic study in Sakarya Delta and submarine canyon, southern Black Sea, *Continental Shelf Research*, ISSN: 0278-4343, 22(10), 1511-1527.

ALGAN, O., ERGİN, N., KESKİN, Ş, GÖKAŞAN, E., ALPAR, B., ONGAN, D., KIRCI-ELMAS, E. (2006): Sea-level changes during the late Pleistocene-Holocene on the southern shelves of the Black Sea. In: "The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate, and Human Settlement", V. Yanko-Hombach, A.S. Gilbert, N. Panin, P.M. Dolukhanov, (Eds), Springer, Dordrecht, The Netherlands, ISBN 1-4020-4774-6, pp. 603-631.

ALPAR, B. (1982): Kuzeybatı Anadolu Taşkömür Havzası ve Kıyıötesi İntegre Raporu, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 30s, Teknik Rapor, Derleme No: 7257, Ankara.

ALPAR, B., DANIŞMAN, M.A., GÖKAŞAN, E., DOĞAN, E., GAINANOV, V., ZIVEREV, A., 1997. Design of a single channel high resolution digital seismic system and some geological results. *Turkish Journal. Marine Science* 3(2), 49-63.

ALPAR, B., GAINANOV, V. (2002): New shallow seismic data from the southwestern Black Sea shelf; implications for recent sea level fluctuations, *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 10(1), 5-20.

ALPAR, B., YALTIRAK, C., GAINANOV, V. (2002): Seismic mapping on the Thrace shelf (SW Black Sea); implications for recent sea-level fluctuations, 3rd Balkan Geophysical Congress and Exhibition, 24-28 June 2002, Sofia, Bulgaria, Book of Abstracts, pp. 279-280.

BALLARD, R.D., COLEMAN, D.F., ROSENBERG, G.D. (2000): Further evidence of abrupt Holocene drowning of Black Sea shelf, *Marine Geology* 170, 253–261.

DEMİRBAĞ, E., GÖKAŞAN, E., OKTAY, F. Y., ŞİMŞEK, M., YÜCE, H. (1999): The last sea level changes in the Black Sea: evidence from the seismic data. *Marine Geology* 157, 249-265.

DUMAN, T.Y., EMRE, Ö., ÇAN, T., NEFESLİOĞLU, H.A., KEÇER, M., DOĞAN, A., DURMAZ, S., ATEŞ, Ş. (2005): 1/500,000 ölçekli Türkiye heyelan envanteri haritası-Zonguldak paftası (kitap+harita), Özel Yayın Serisi-4, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

ERDURAN, B., TÖRK, K., ÖKTÜ, G. (2003): Zonguldak ve Çevresindeki Yeraltısularının İzotop Hidrolojisi İncelemesi (Isotop Hydrology Investigation of Zonguldak and Province Grovndwaters), *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 27(2), 35-46.

ERGİN, M., KESKİN, Ş., ALGAN, O., ALPAR, B., ONGAN, D., KIRCI, E., BAYHAN, E. AND TEMEL, A. (2003): Güneybatı Karadeniz Kıta Sahaneliğinin Geç Kuvaterner Jeolojisi: Sedimantolojik, Sığ-Sismik Stratigrafik, Minerolojik ve Jeokimyasal Araştırmalar, Technical Report, TÜBİTAK Project 198Y083, 175p.

FEDEROV, P.V. (1971): Postglacial transgression of the Black Sea. *International Geology Reviews* 14, 160-164.



GÖKAŞAN, E., ALGAN, O., TUR, H., MERİÇ, E., TÜRKER, A., ŞİMŞEK, M. (2005): Delta formation at the southern entrance of Istanbul Strait (Marmara Sea, Turkey): a new interpretation based on high-resolution seismic stratigraphy, DOI 10.1007/s00367-005-0215-4, *Geo-Mar Letters* 25, 370–377.

GÖRÜR, N. ÇAĞATAY, M.N., EMRE, Ö., ALPAR, B., SAKINÇ, M., İSLAMOĞLU, Y., ALGAN, O., ERKAL, T., KEÇER, M., AKKÖK, R., KARLIK, G. (2001): Is the abrupt drowning of the Black Sea shelf at 7150 yr BP a myth? *Marine Geology*, 176, 65-73.

HAMORI, A. (2004): The origin of the Sumerians and the great flood, <http://users.cwnet.com/millenia/Sumer-origins.htm>

HISCOTT, R.N., AKSU, A.E., YAŞAR, D., KAMINSKI, M.A., MUDIE, P.J., KOSTYLEV, V.E., MACDONALD, J.C., İŞLER, F.I., LORD, A.R. (2002): Deltas south of the Bosphorus Strait record persistent Black Sea outflow to the Marmara Sea since ~10 ka. *Marine Geology*, 190, 95-118.

KAVUKÇU, S. (1988): Batı Karadeniz Sahası Kozlu Zonguldak Bölgesi Kıyı Ötesi Yüksek Ayrımlı Sığ Sismik Detaylandırma Etüdü, Derleme No:8525, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

KAVUKÇU, S. (1987a): Batı Karadeniz Sahası Kilimli Değirmenağzı Bölgesi Kıyı Ötesi Yüksek Ayrımlı Sığ Sismik Etüdü, Derleme No: 8260, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

KAVUKÇU, S. (1987b): Batı Karadeniz Sahası Zonguldak Armutçuk Bölgesi Kıyı Ötesi Yüksek Ayrımlı Sığ Sismik Etüdü Raporu, Derleme No: 8495, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

KEREY, I.E., MERİÇ, E., TUNOĞLU, C., KELLING, G., BRENNER, R.L., DOĞAN, A.U. (2004): Black Sea-Marmara Sea Quaternary connections: new data from the Bosphorus, Istanbul, Turkey, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 204, 277-295.

MAJOR, C.O., GOLDSTEIN, S.L., RYAN, W.B.F., LERICOLAIS, G., PIOTROWSKI, A.M., HAJDAS, I. (2006): The co-evolution of Black Sea level and composition through the last deglaciation and its paleoclimatic significance. *Quaternary Science Reviews*, (baskıda).

MITCHUM, R.M., VAIL, P.R., SANGREE, J.B. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 6. Stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. In: Payton, C.E. (Ed.), *Seismic Stratigraphy; Application to Hydrocarbon Exploration*, Memoir 26. Am. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, 117-134.

OKAY, A.I., ŞENGÖR, A.M.C., GÖRÜR, N. (1994): Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effects on the surrounding regions. *Geology* 22, 267-270.

OKTAY, F.Y., EREN, R.H. (1995): İstanbul Metropolitan Alanının 1:50,000 Ölçekli Jeoloji Haritası. İstanbul Belediyesi, İstanbul.

OKTAY, F.Y., GÖKAŞAN, E., SAKINÇ, M., YALTIRAK, C., İMREN, C., DEMİRBAĞ, E. (2002): The effects of the North Anatolian Fault zone on the latest connection between Black Sea and Sea of Marmara, *Marine Geology* 190(1-2), 367-382.

ÖZLER, T., YAVER, Y., KIR, N., CANCA, N., TONGA, O., BAKAN, Z. (1992): Değirmenağzı ile Göbü Arasında Kalan Alanın Jeolojisi ve Kömür Varlığı, MTA, Derleme No:9599, Ankara (Yayınlanmamış).

RANGIN, C., BADER, A.G., PASCAL, G., ECEVİTOĞLU, B., GÖRÜR, N. (2002): Deep structure of the Mid Black Sea High (offshore Turkey) imaged by multi-channel seismic survey (BLACKSIS cruise),. *Marine Geology* 182, 265-278.

ROSS, D.A., DEGENS, E.T. (1974): Recent sediments of the Black Sea. In: E. T. Degens and D. A. Ross (Eds.), *The Black Sea - Geology, Chemistry, and Biology*. The American Association of Petroleum Geologists, Memoir 20, Tulsa, Oklahoma, pp. 183-189.

RYAN, W.B.F., PITMAN, W.C., III, MAJOR, C.O., SHIMKUS, K., MASKALENKO, V., JONES, G.A., DIMITROV, P., GÖRÜR, N., SAKINÇ, M., YÜCE, H. (1997). An abrupt drowning of the Black Sea shelf. *Marine Geology* 138, 119-126.

RYAN, W.B.F., PITMAN III, W.C. (1999): Noah's Flood: the New Scientific Discoveries about Events that Changed History. Simon and Schuster, New York, 319 pp.

SAKINÇ, M., YALTIRAK, C., OKTAY, F.Y. (1999): Paleogeographical evolution of the Thrace Neogene Basin and the Tethys-Para-Tethys relations at northwestern Turkey (Thrace). *Palaeogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.* 153, 17-40.

STAROSTENKO, V.; BURYANOV, V.; MAKARENKO, I.; RUSAKOV, O.; STEPHENSON, R.; NIKISHIN, A.; GEORGIEV, G.; GERASIMOV, M.; DIMITRIU, R.; LEGOSTAEVA, O.; PCHELAROV, V.; SAVA, C. (2004): Topography of the crust-mantle boundary beneath the Black Sea Basin. *Tectonophysics* 381, 211-233.

ŞENGÖR, A.M.C., YILMAZ, Y., KETİN, T. (1981): Remnants of a pre-Late Jurassic Ocean in Northern Turkey: fragments of Permian-Triassic Paleo-Thetys, *Geological Society of American Bulletin, Part I*, 99, 599-609.

TARDU T., BAYSAL E. (1995): "Sequence" Stratigrafi Prensipleri, Ozan Sungurlu Bilim, Eğitim ve Yardım Vakfi, Eğitim Yayınları No: 1367 s, Ankara.

TÜYSÜZ, O. (1999): Geology of the Cretaceous sedimentary basins of the Western Pontides, *Geological Journal* 34, 75-93.

US, E. (1998): Sismik Yöntemler ve Yorumlamaya Giriş, TMMOB, Jeofizik Mühendisleri Odası Yayınları, No:2, Ankara.

VAIL, P.R., MITCHUM, JR. R.M., TODD, R.G., WIDMIER, J.M., THOMPSON, III. S., SANGREE, J.B., BUBB, J.N., AND HATLELID, W.G. (1977): Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. In: C. E. Payton (ed.), *Seismic Stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. The American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26, pp. 49-204.

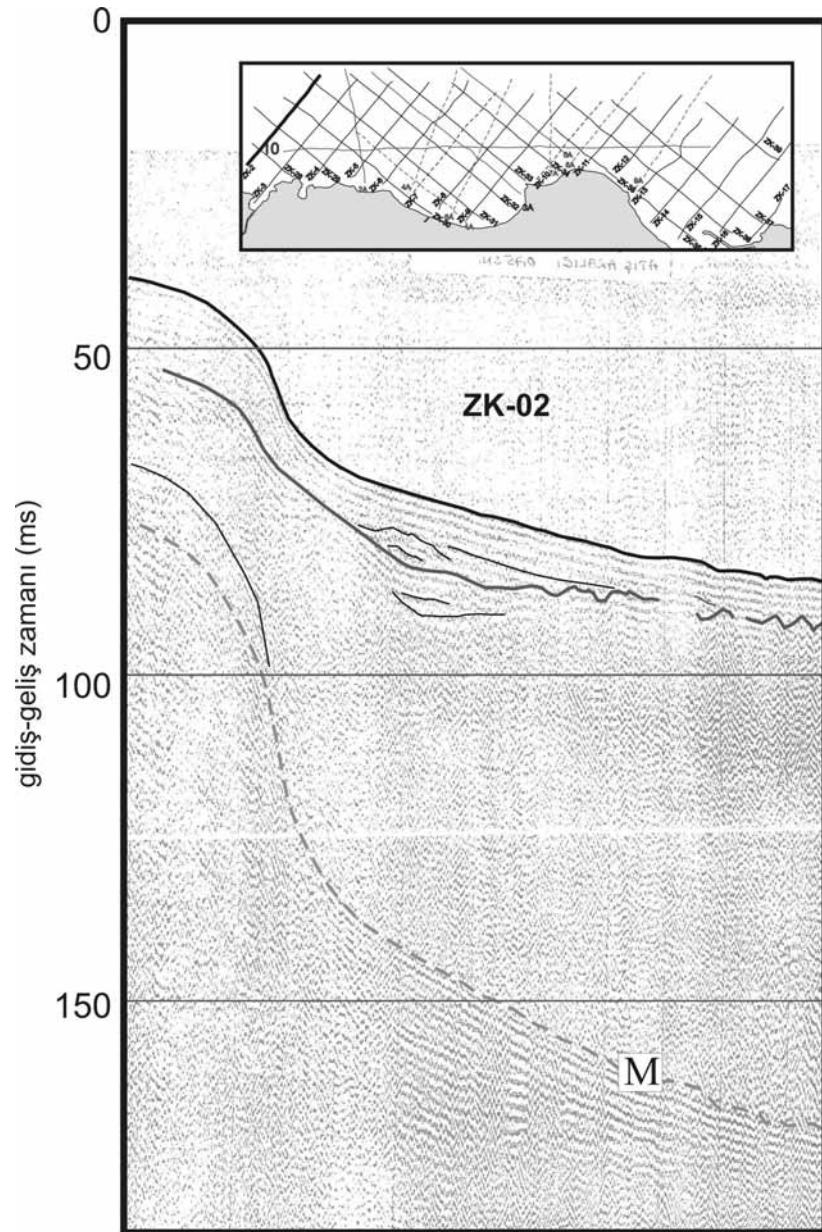
YERGÖK, A.F., AKMAN, Ü., İPLİKÇİ, E., KARABALIK, N., KESKİN, I., MENGİ, H., UMUT, M, ARMAĞAN, F., ERDOĞAN, K., KAYMAKÇI, M., ÇETİNKAYA, A. (1987a): Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi 1, MTA, Derleme No:8273, Ankara (Yayınlanmamış).

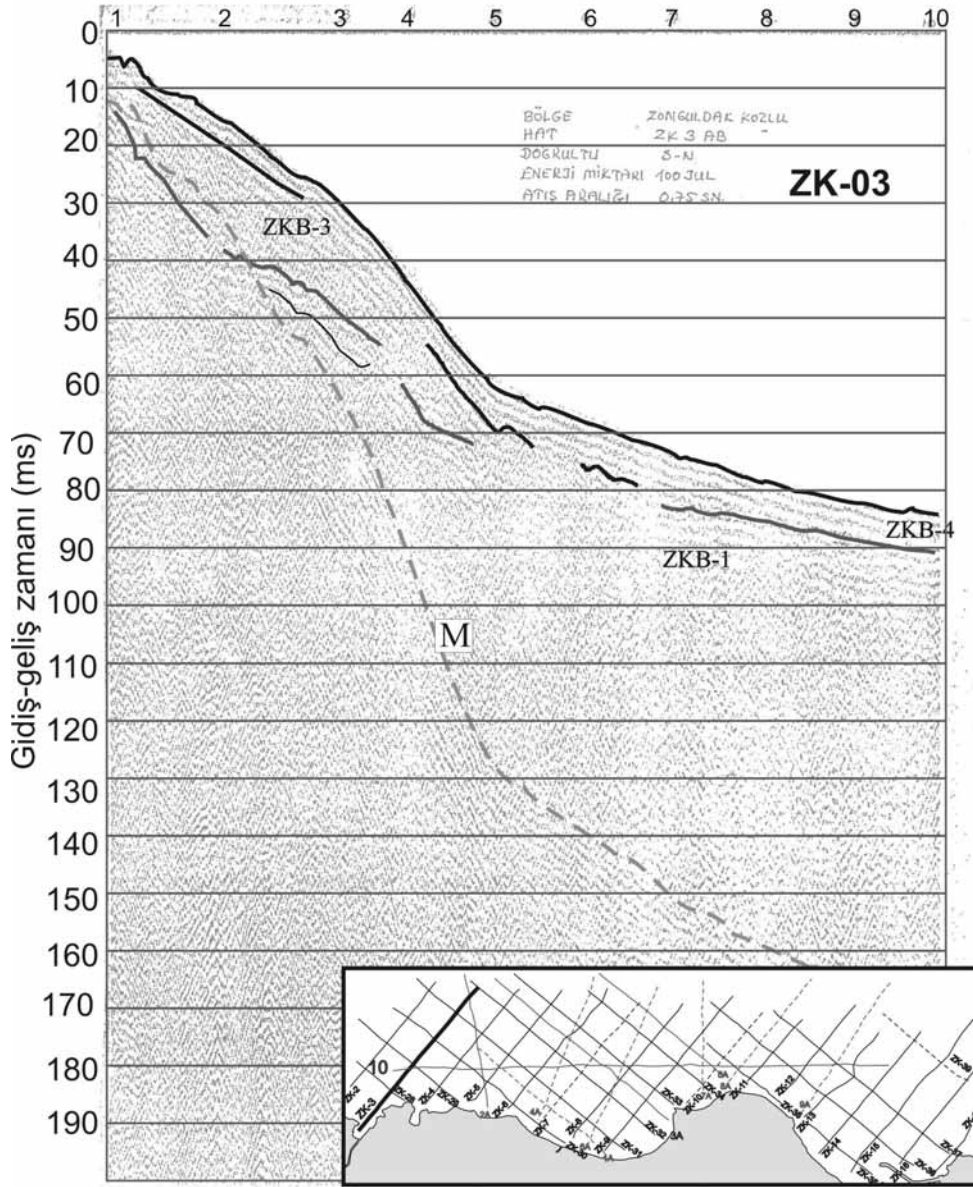
YERGÖK, A.F., AKMAN, Ü., TEKİN, F., KARABALIK, M, ARBAŞ, A., AKAT, U., ARMAĞAN, F., ERDOĞAN, K., KAYMAKÇI, H. (1987a): Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi II, MTA, Derleme No:8848, Ankara (Yayınlanmamış).

YILMAZ, Y., TÜYSÜZ, O., YİĞİTBAŞ, E., GENÇ, Ş.C., ŞENGÖR, A.M.C. (1997): Geology and tectonic evolution of the Pontides. Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region: AAPG Memoir 68 (Robinson, A.G., Editor), pp. 183-226.

ZONGULDAK JEOLJİ HARİTASI (1970): Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, E29abcd, E-30ab Trk.-Eng. 1.500.000 ölçekli. Karbonifer sahası P. Arni ve R.S.H. Patlin çalışmalarından yapılan T.K.İ haritalarından alınarak B. Ağralı, M. Balcı, B. Gündoğdu, Y. Konyalı, H. Özaslan ve İ. Şentürk tarafından derlenmiştir.

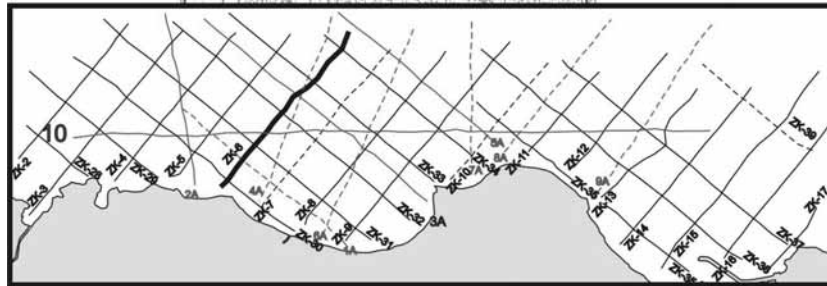
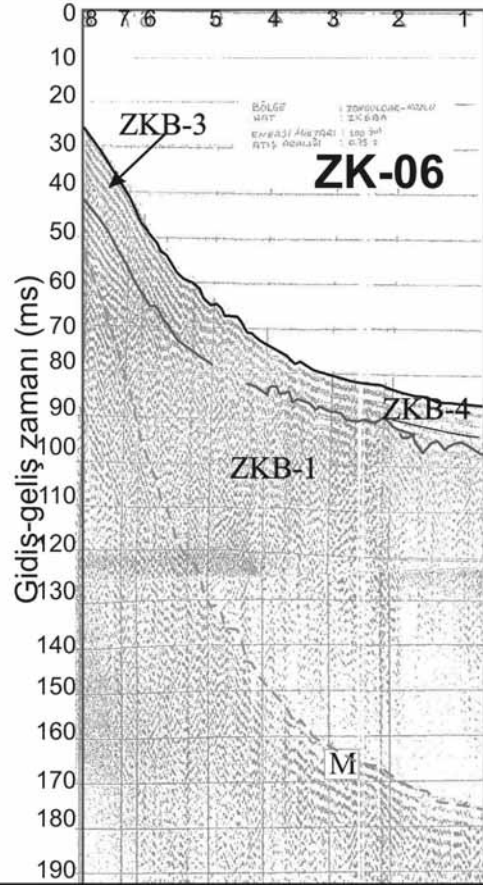
## **EK-1. YORUMLANMIŞ SİSMİK KESİTLER**

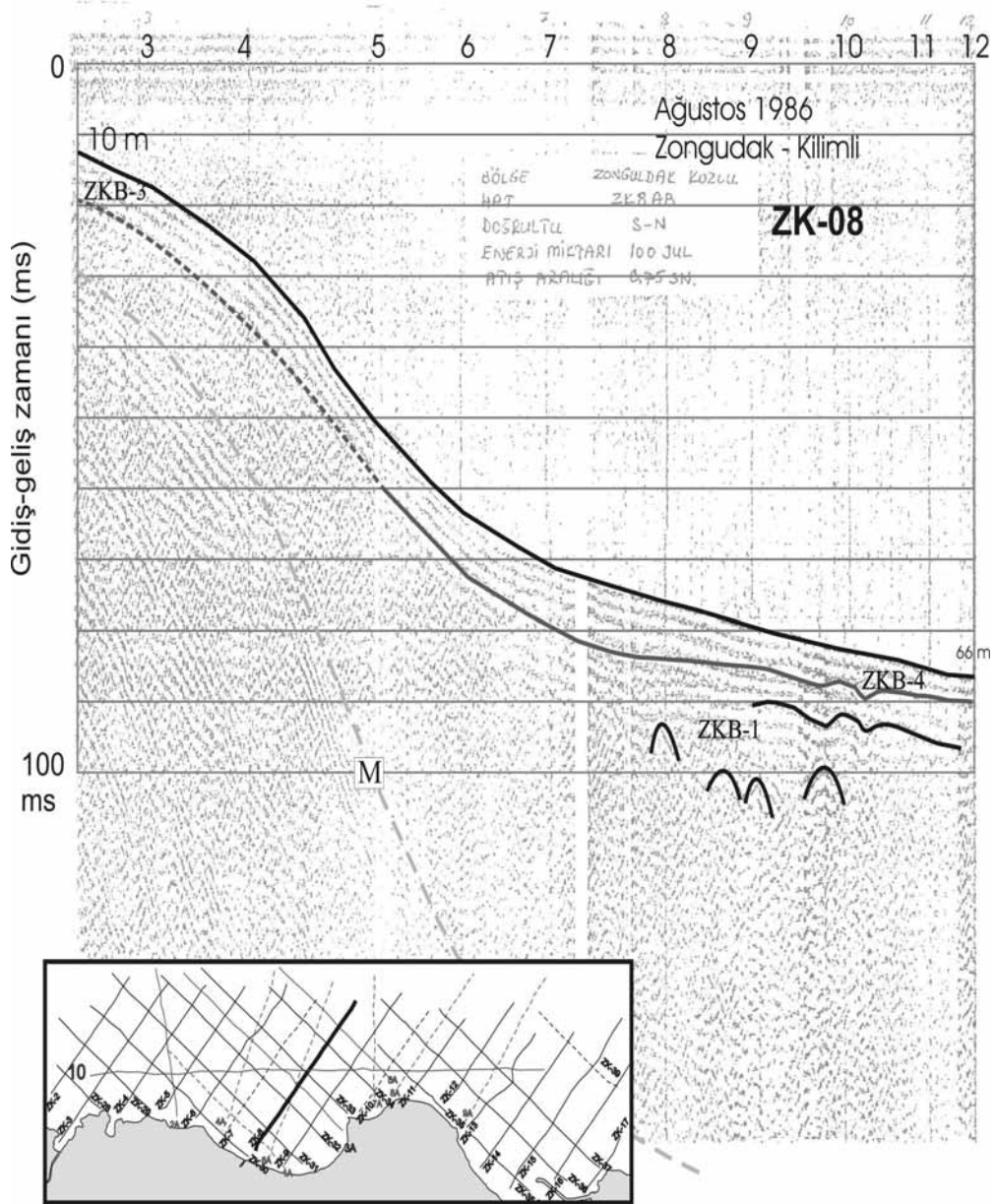


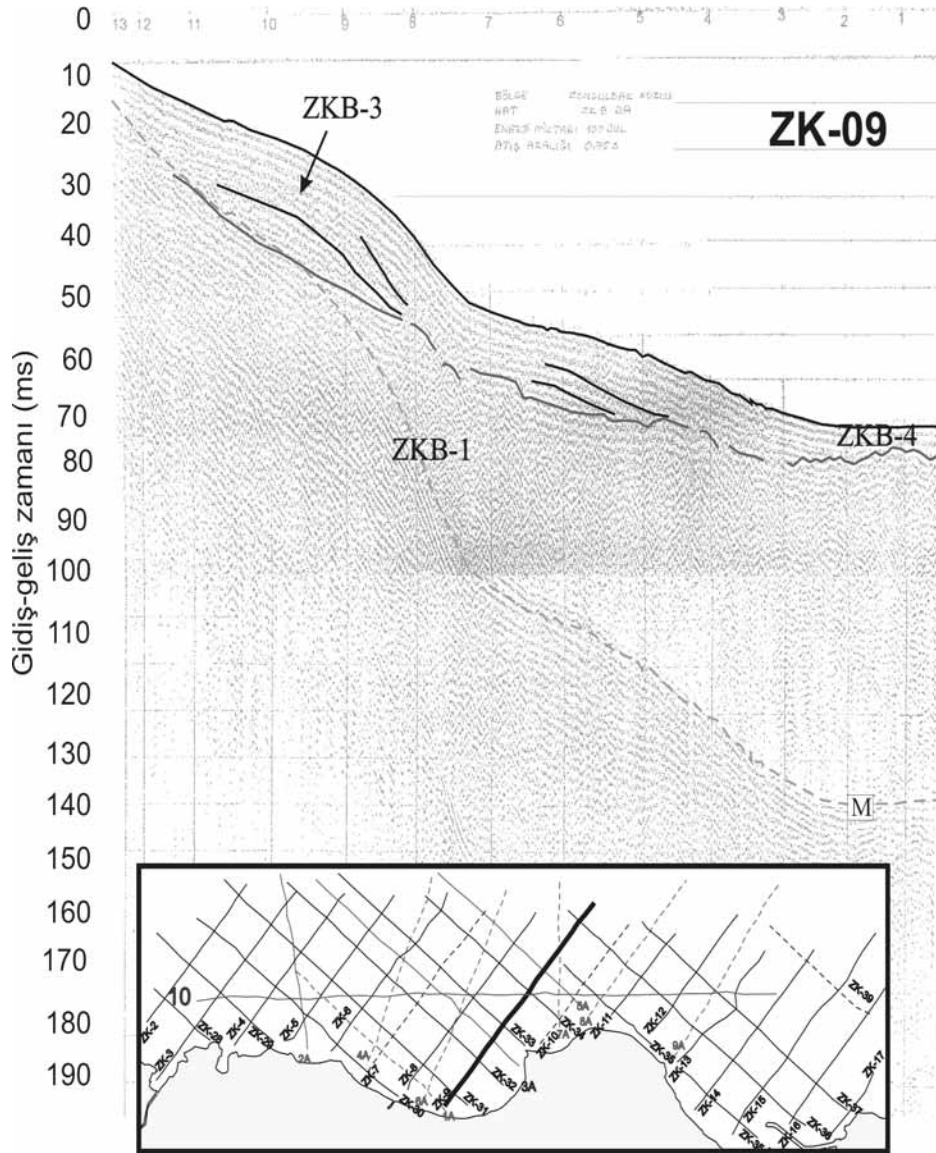


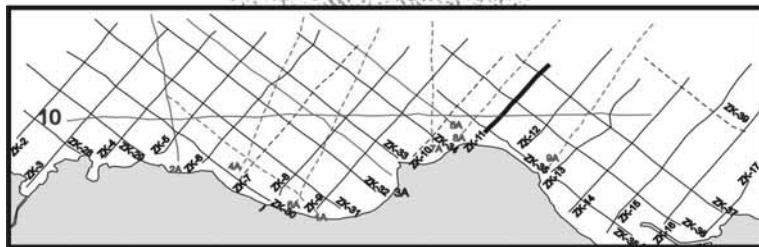
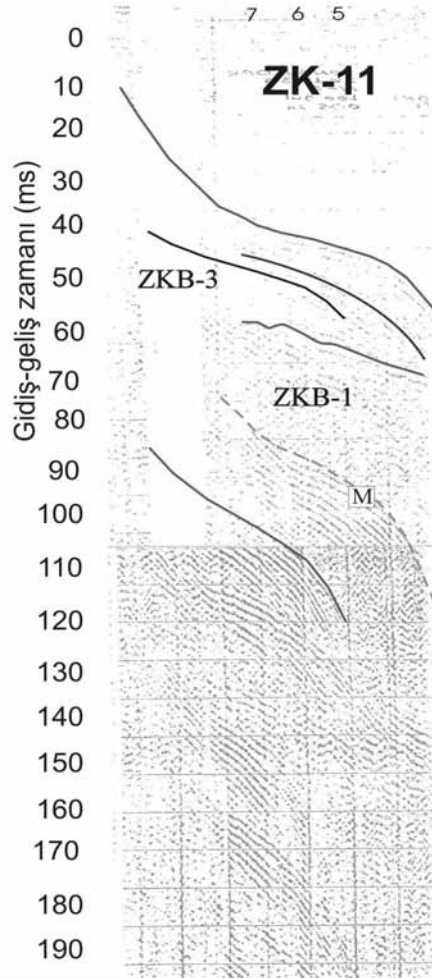


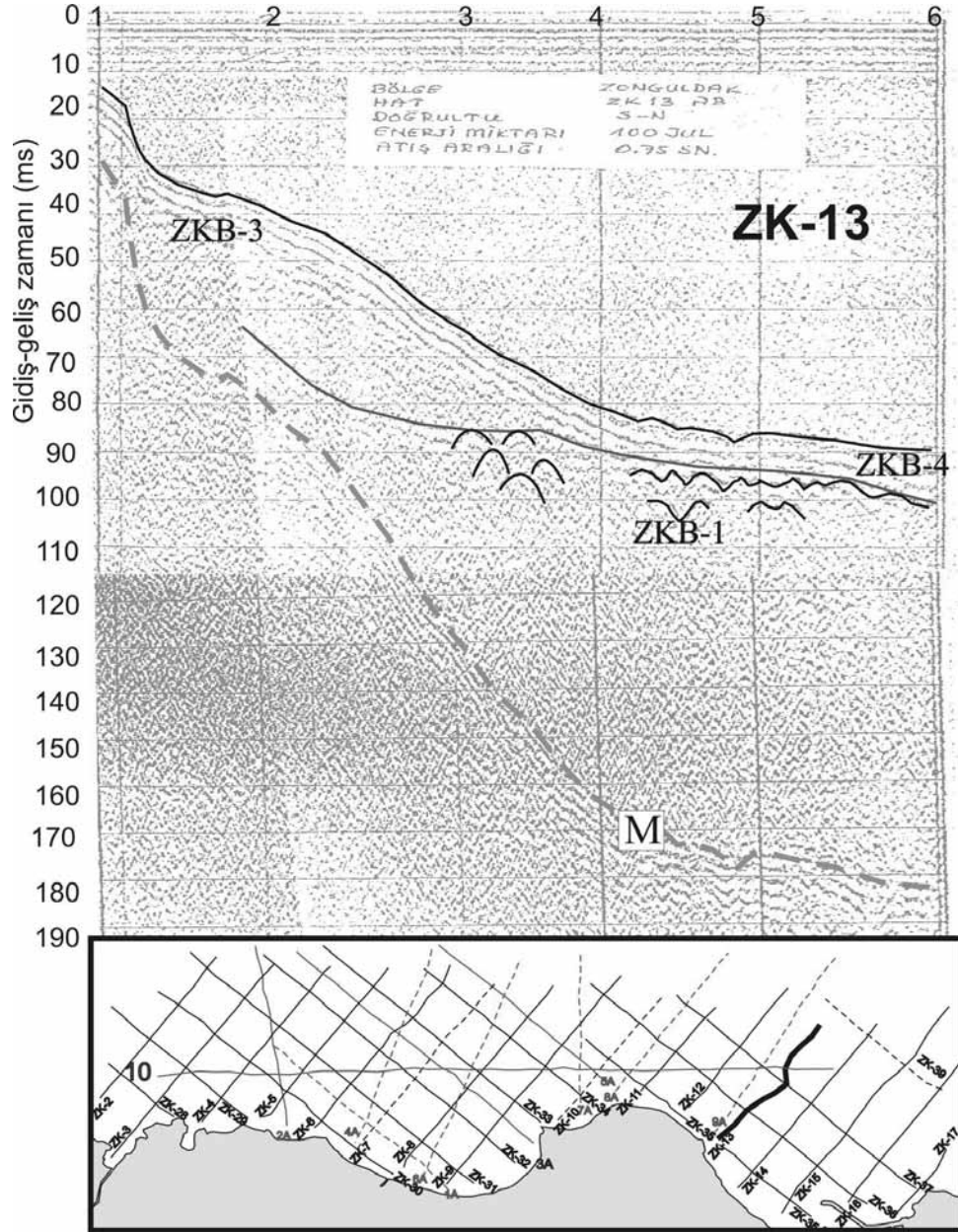


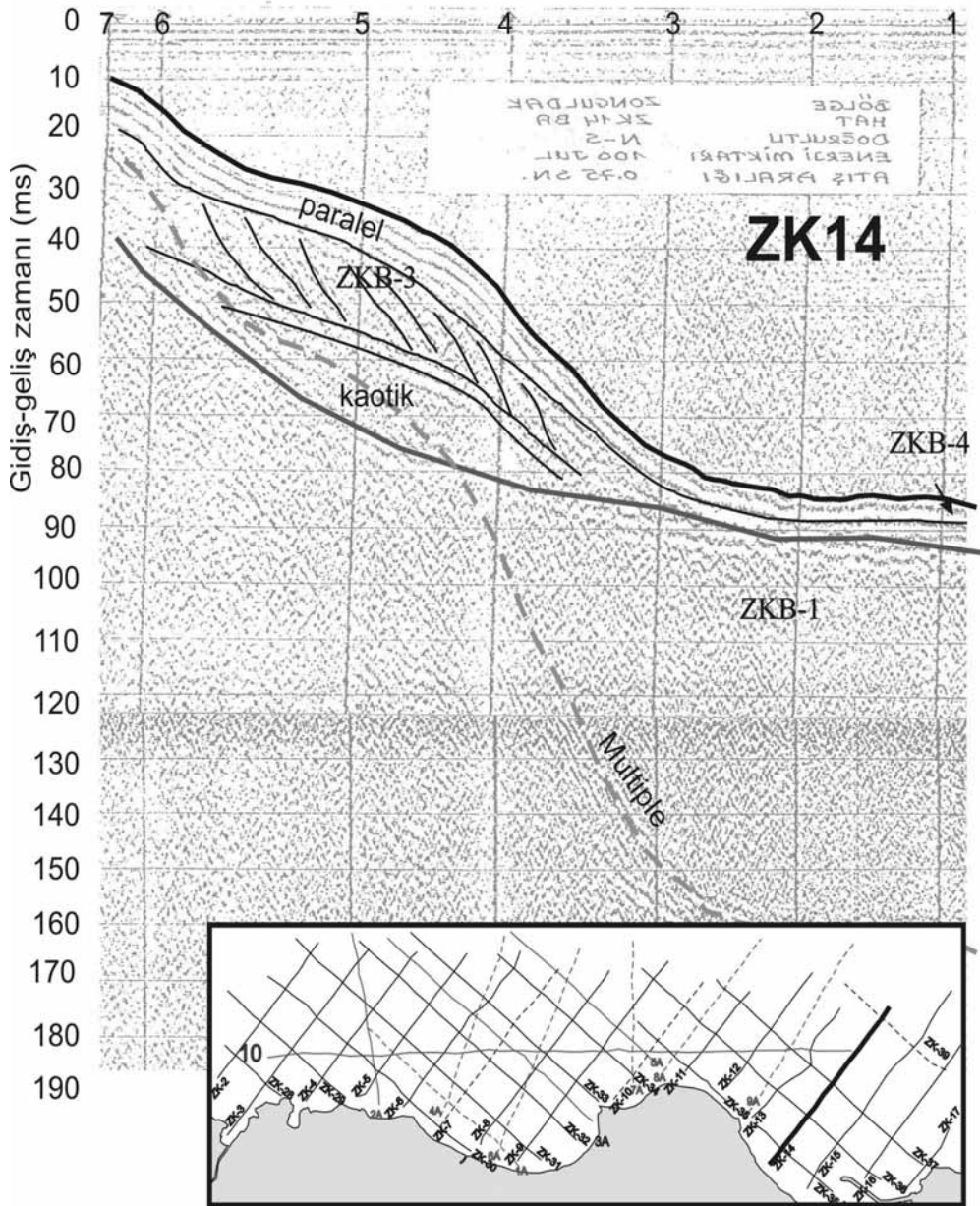


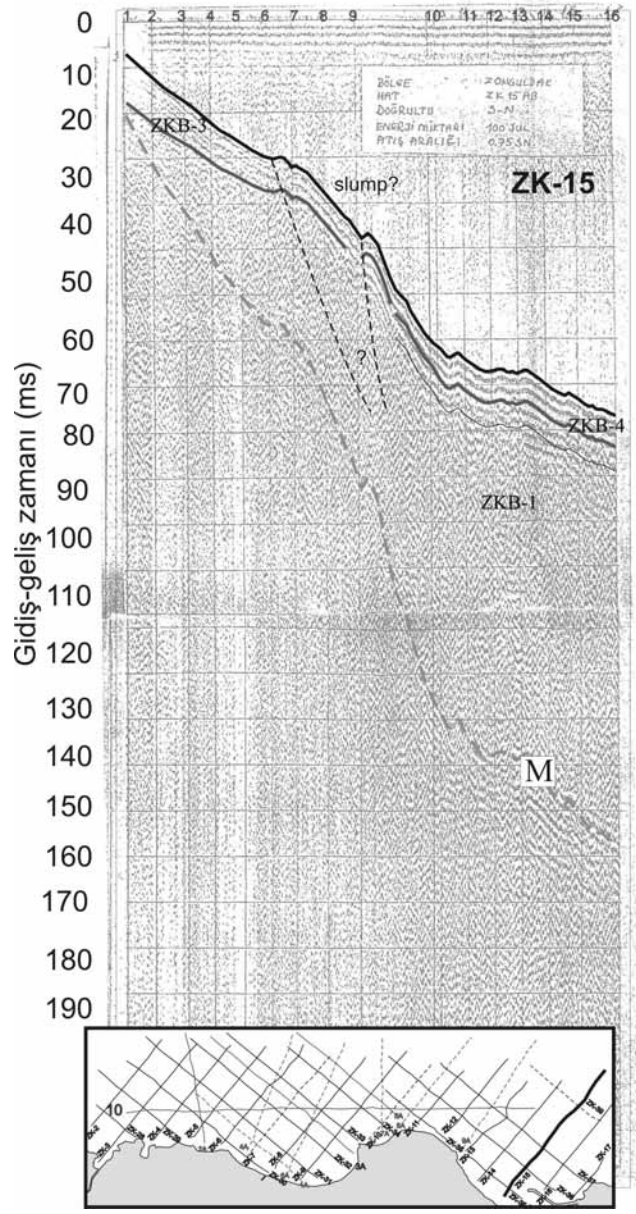




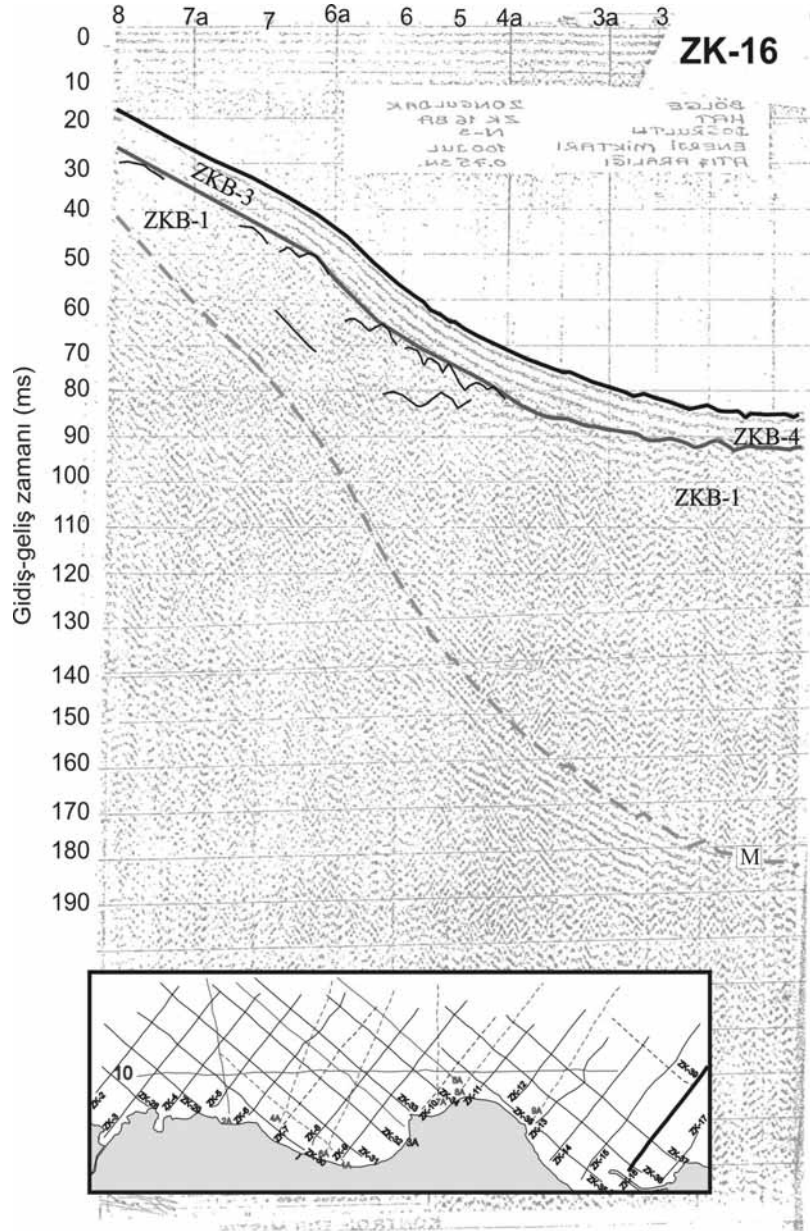




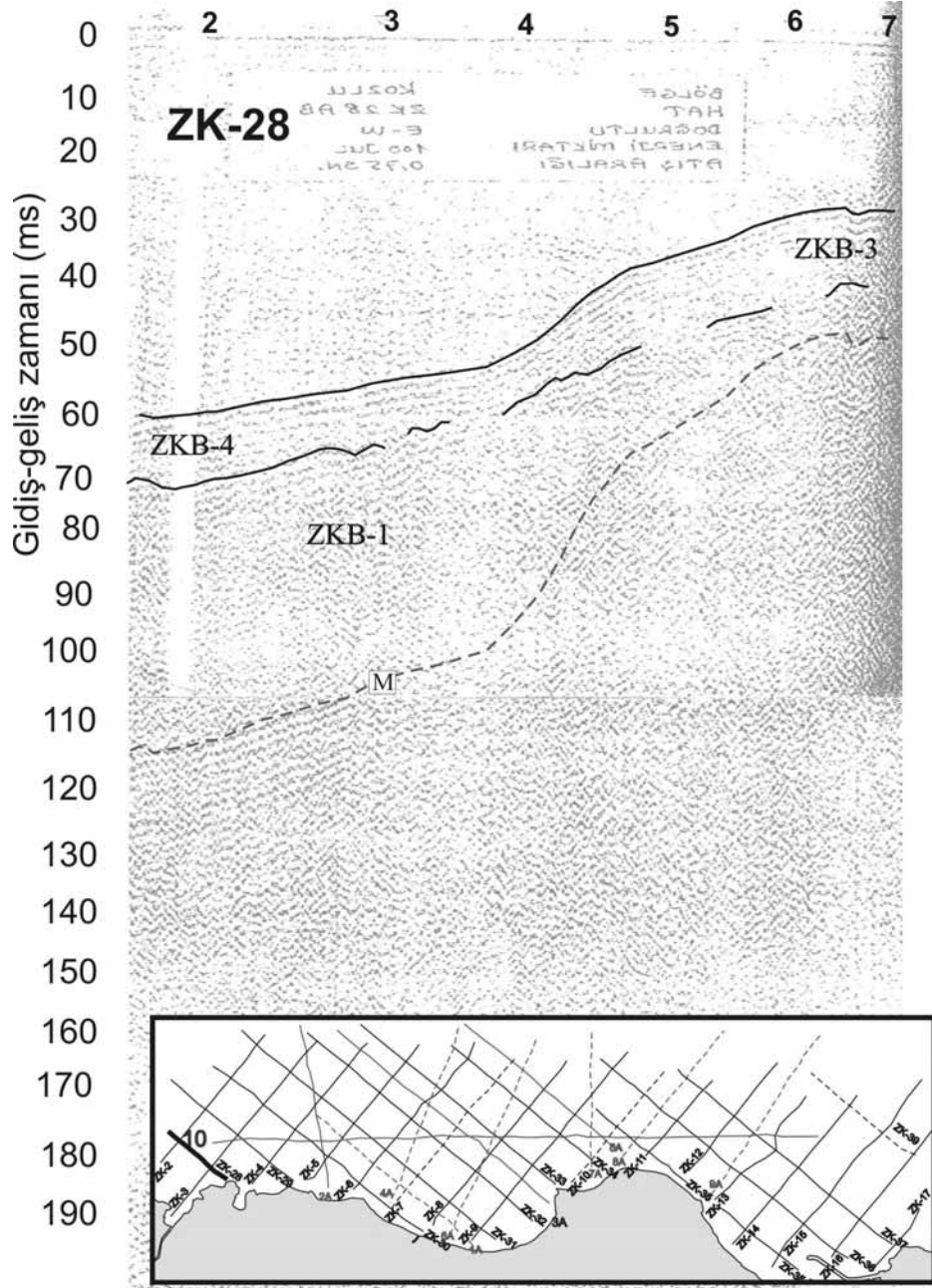


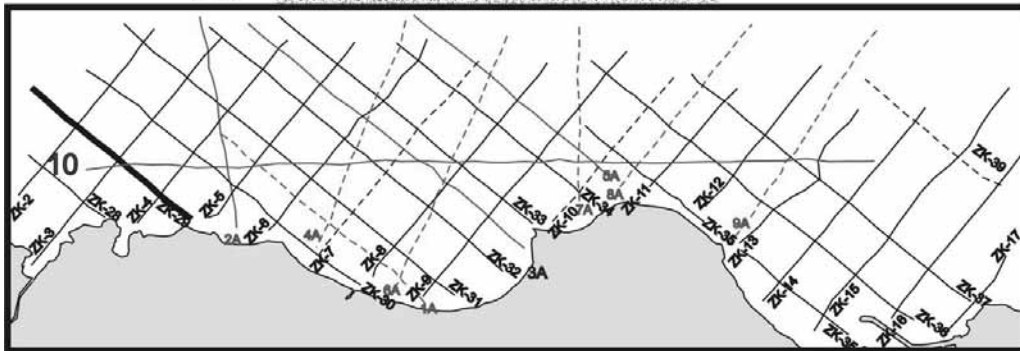
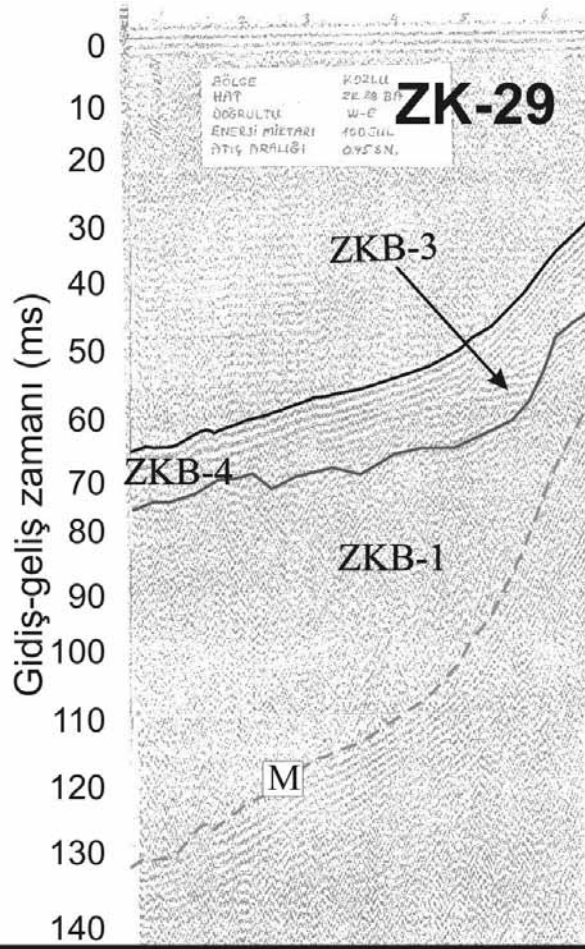


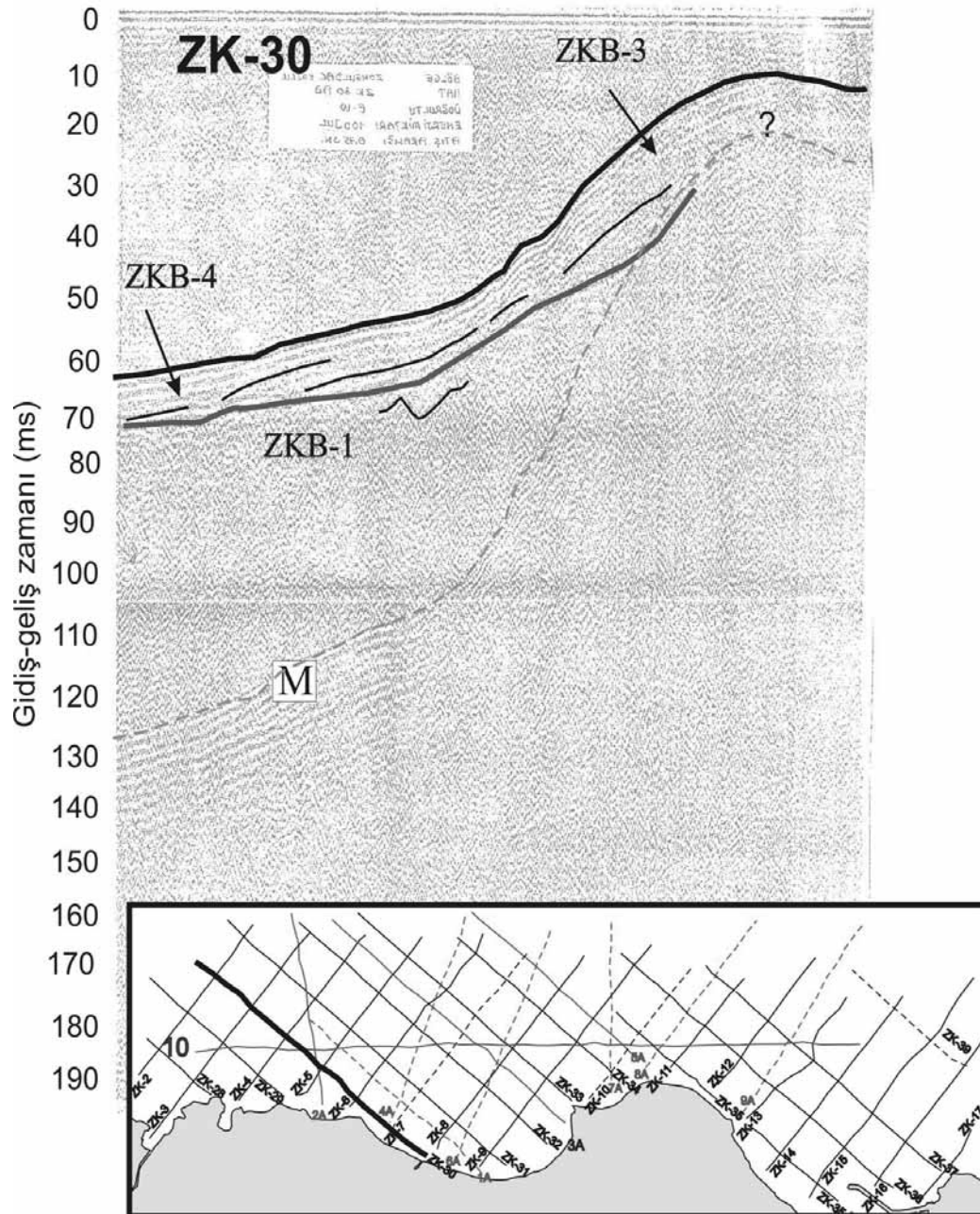


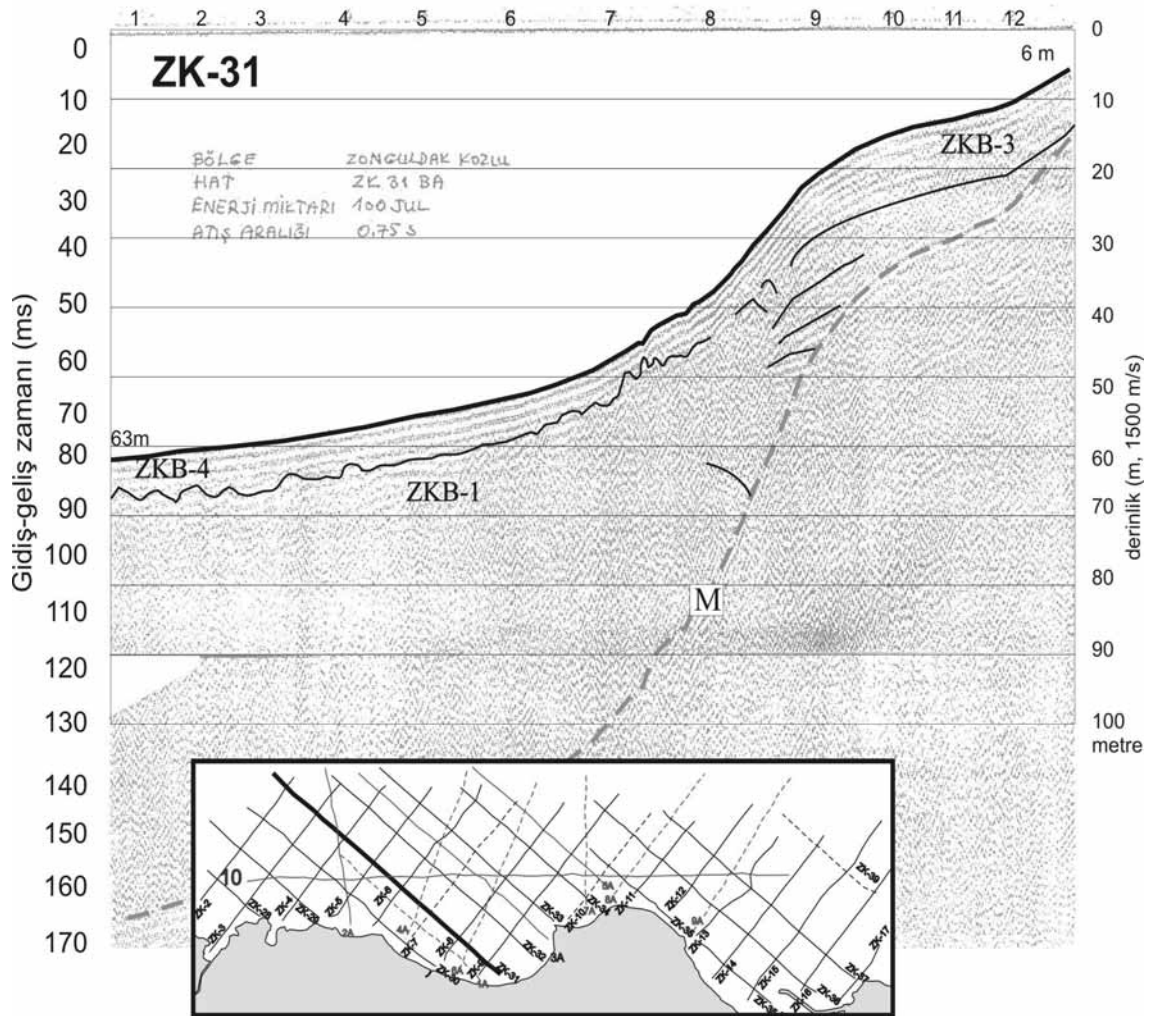


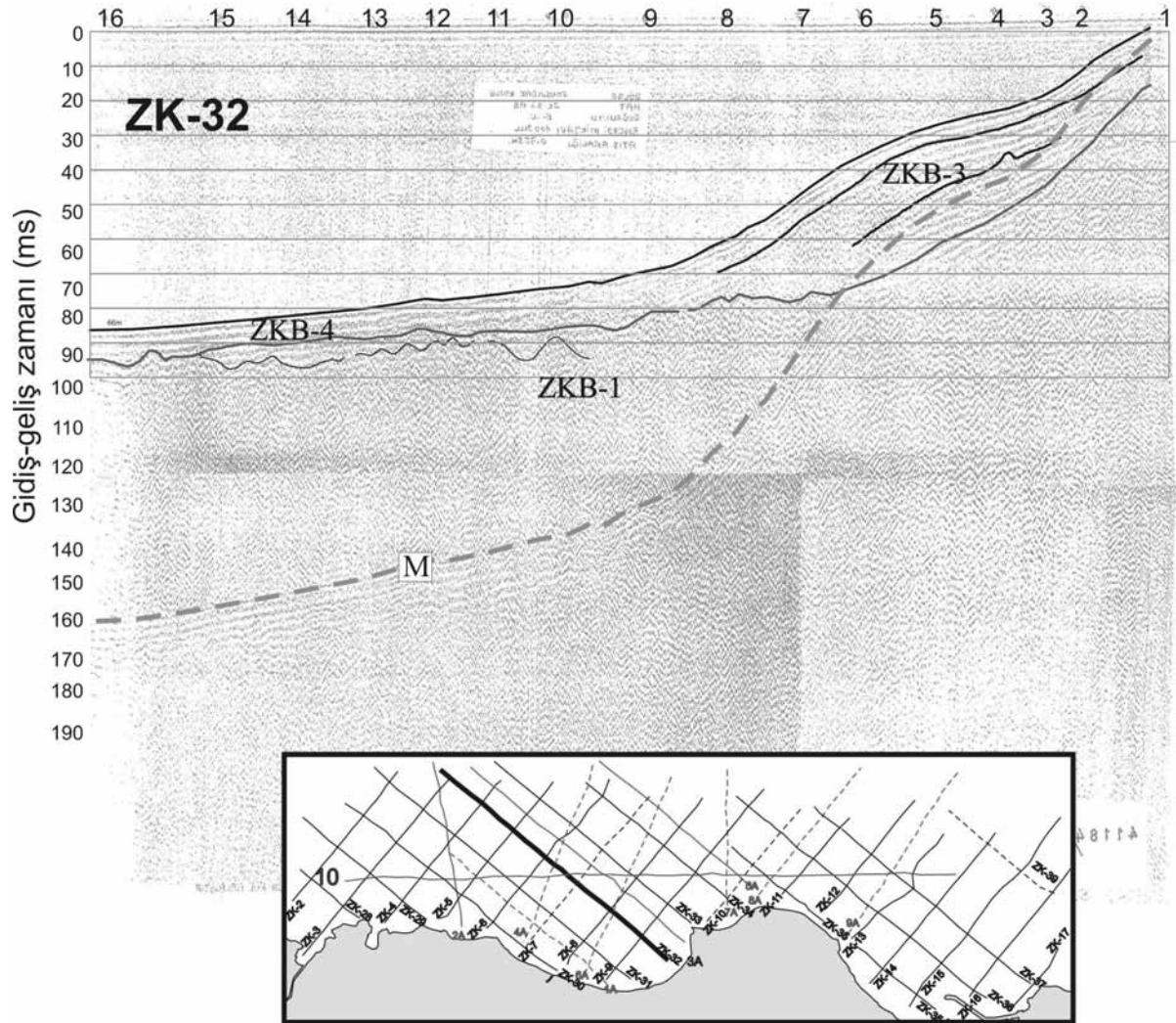


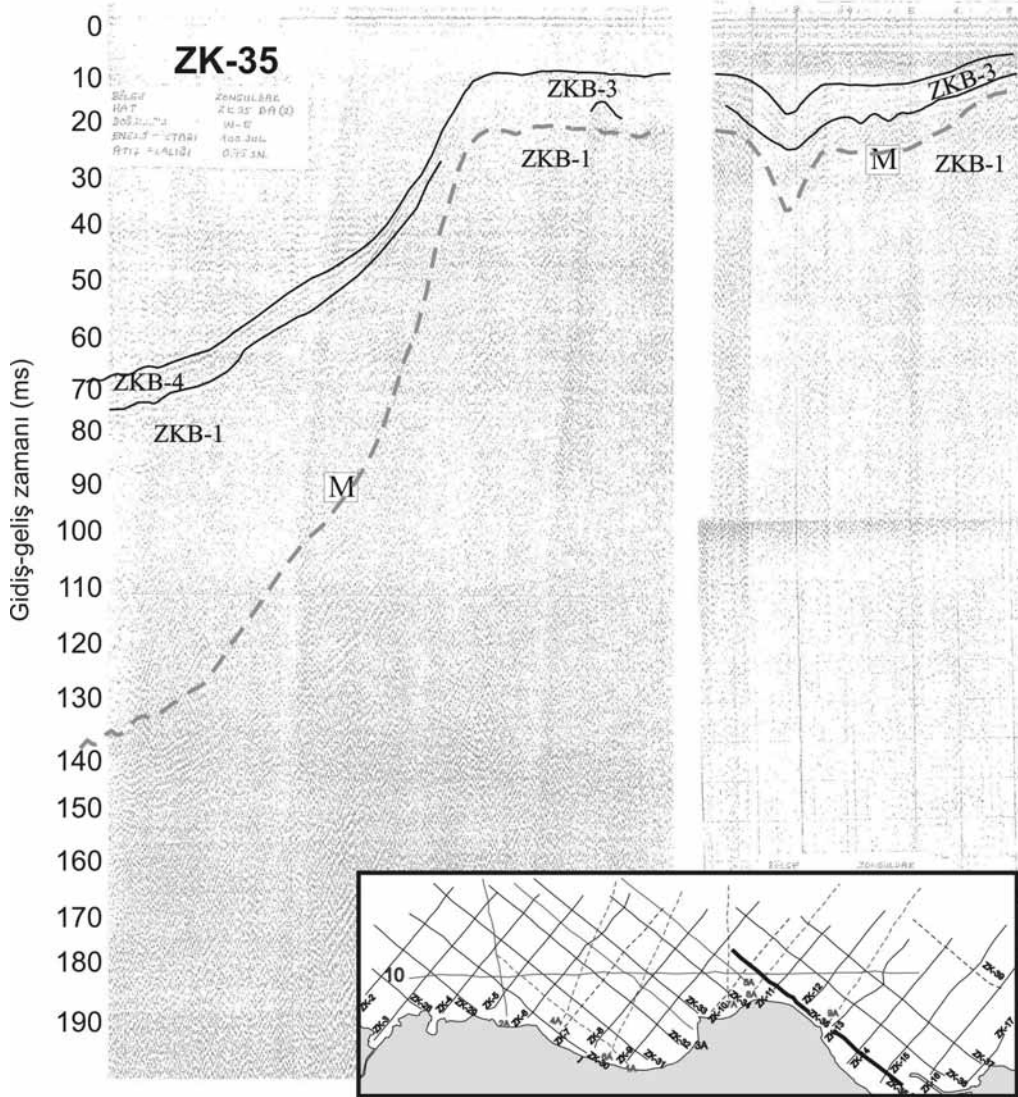




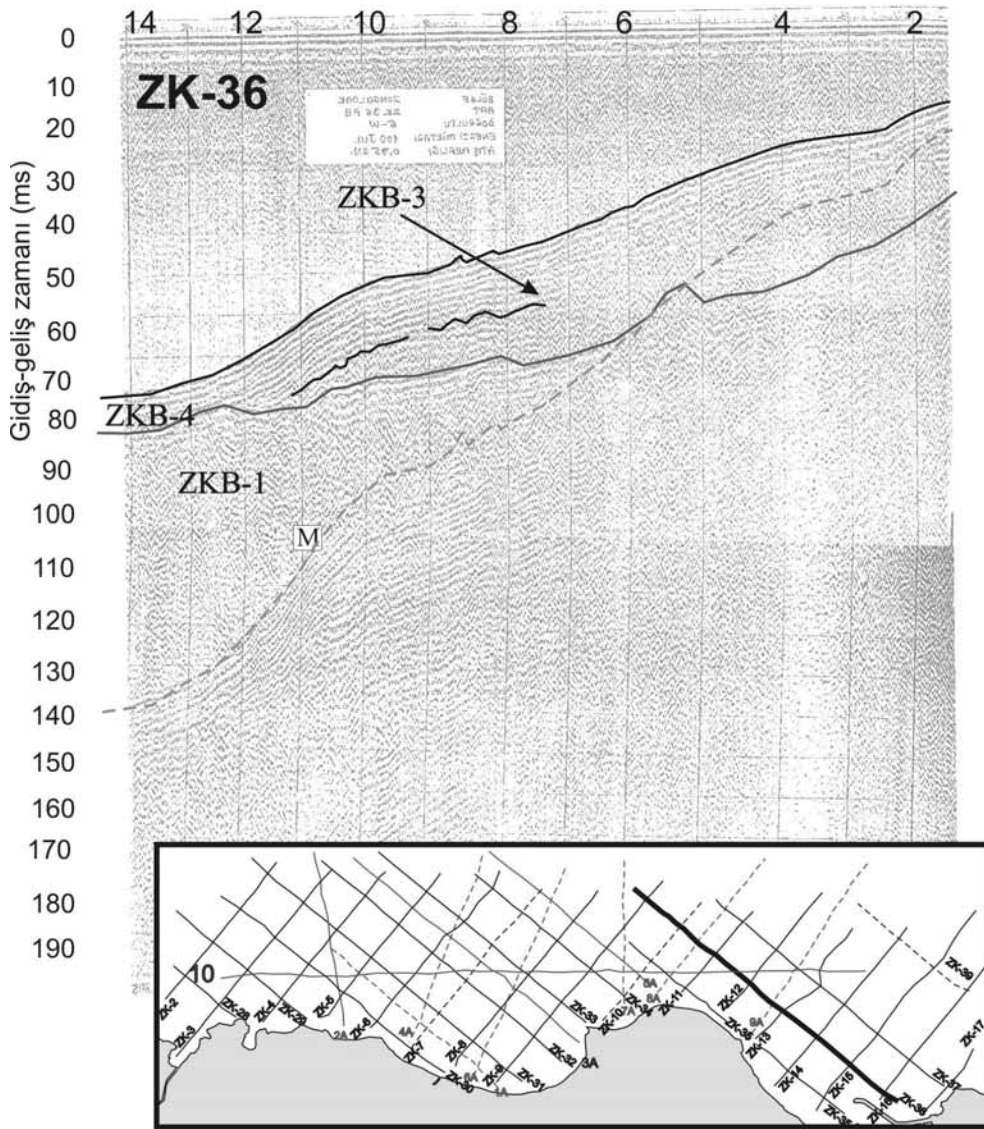


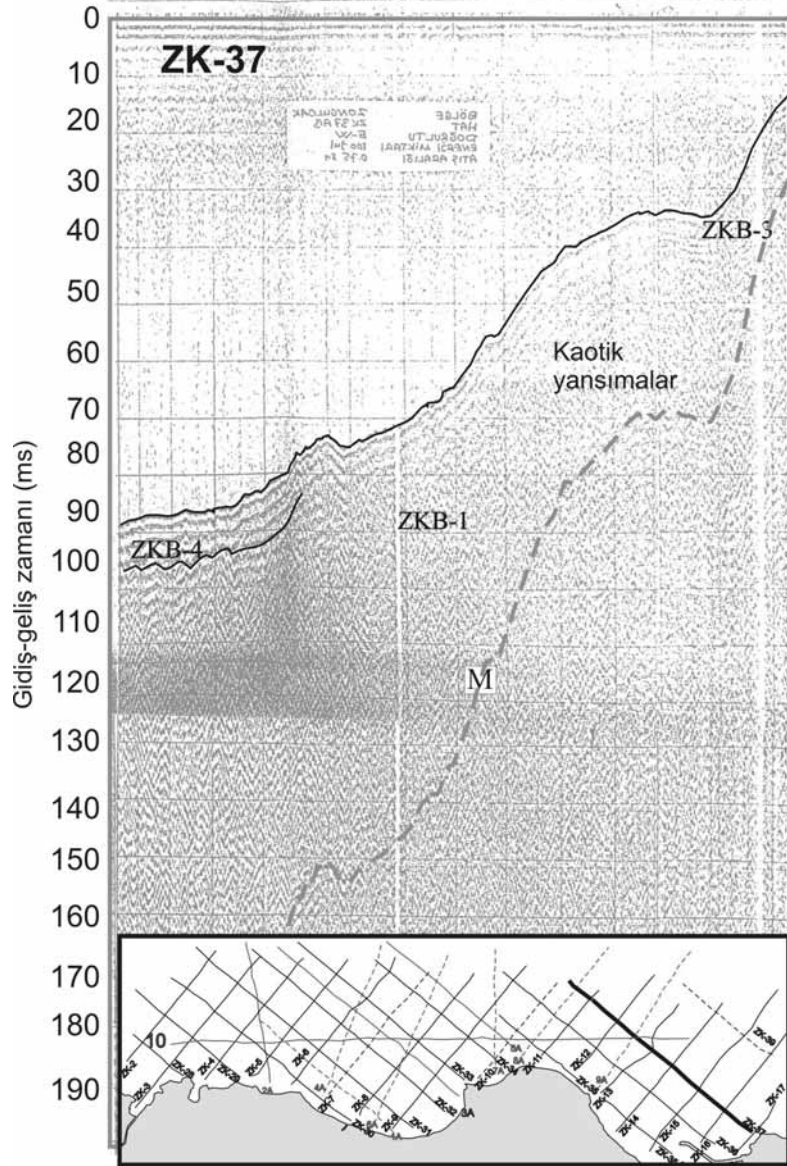




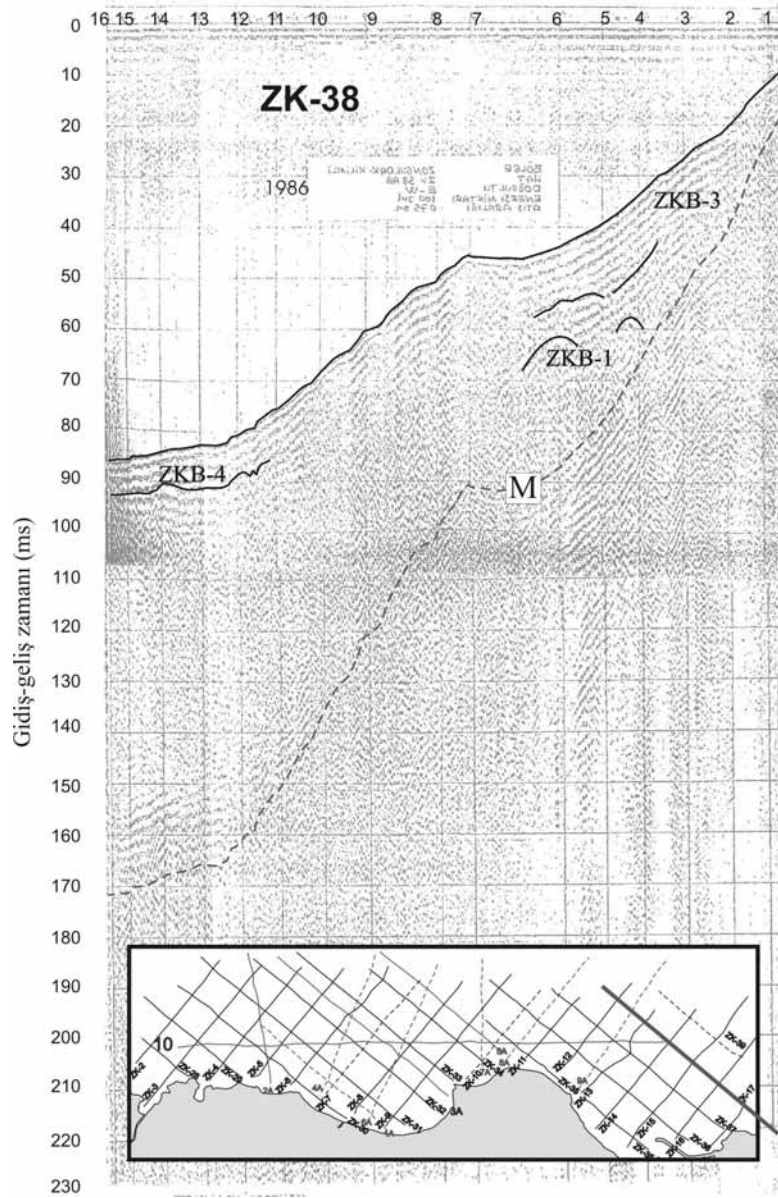


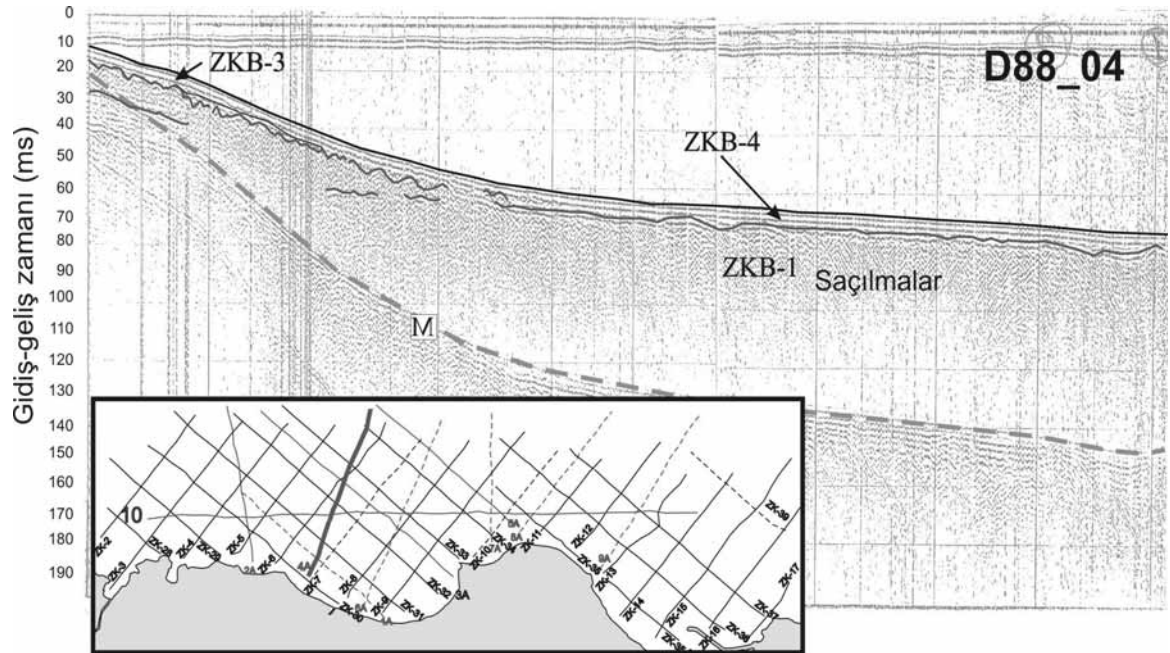
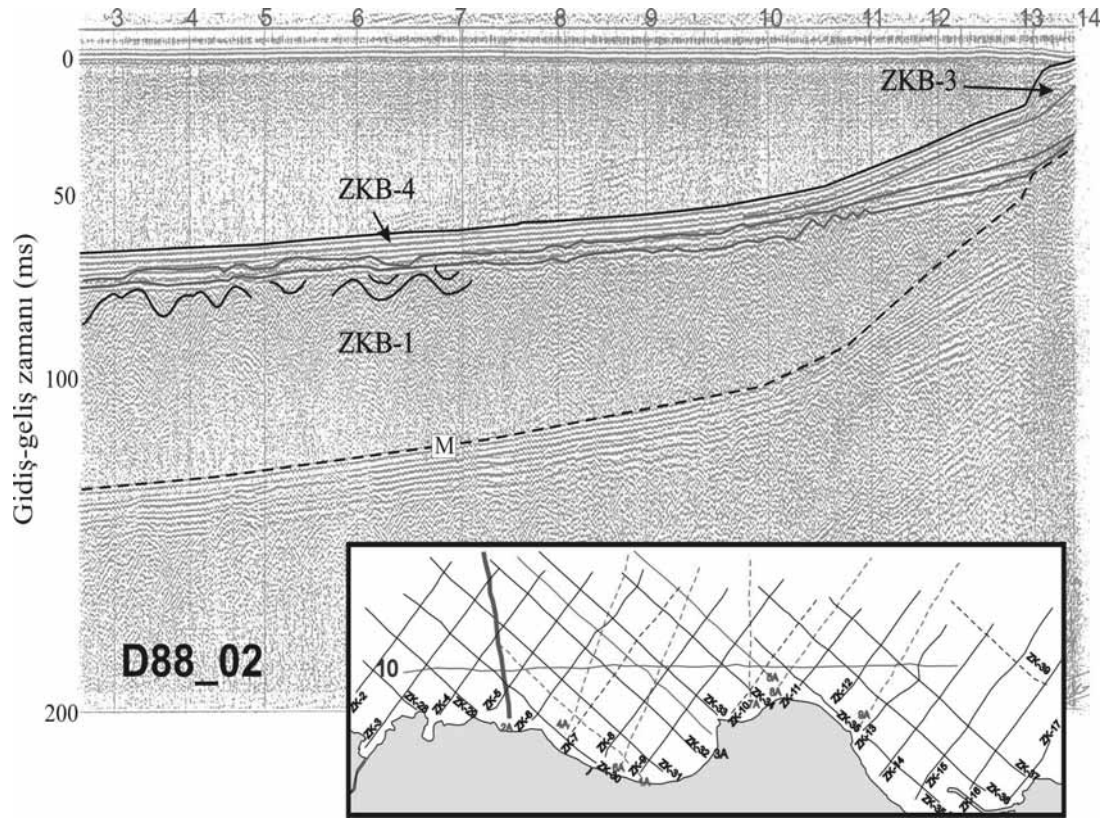


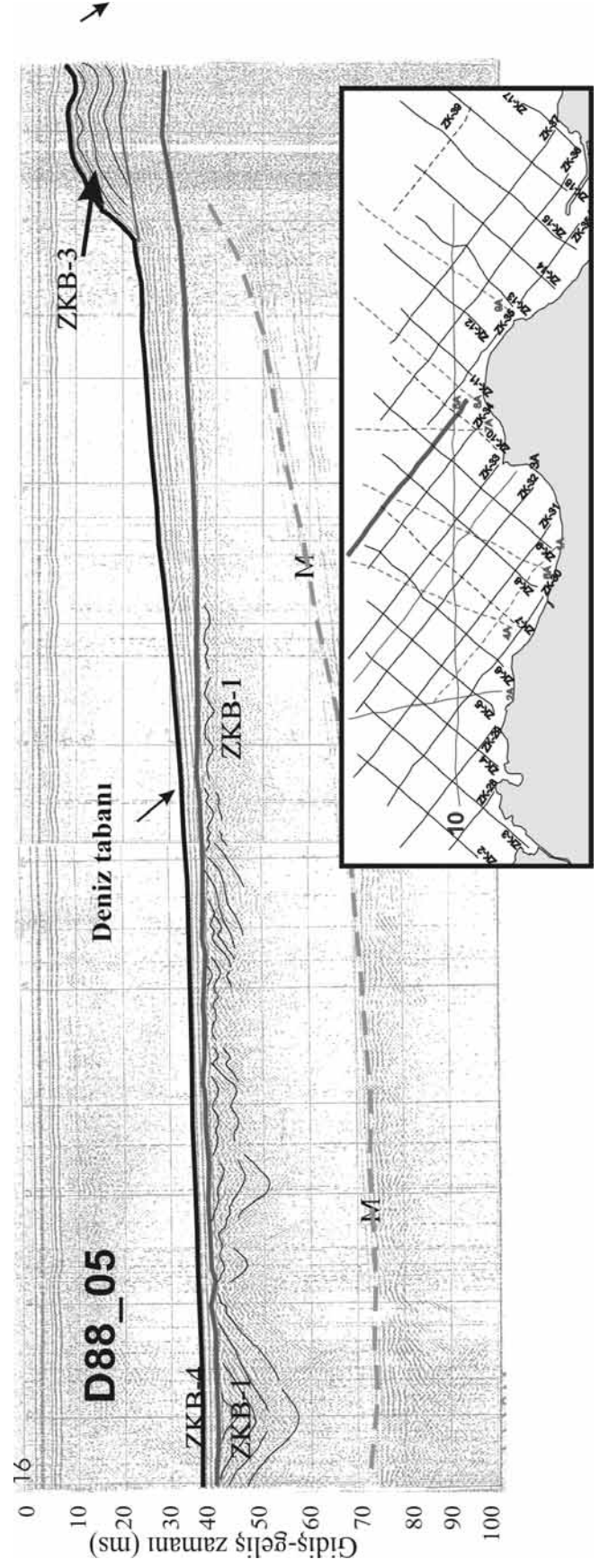
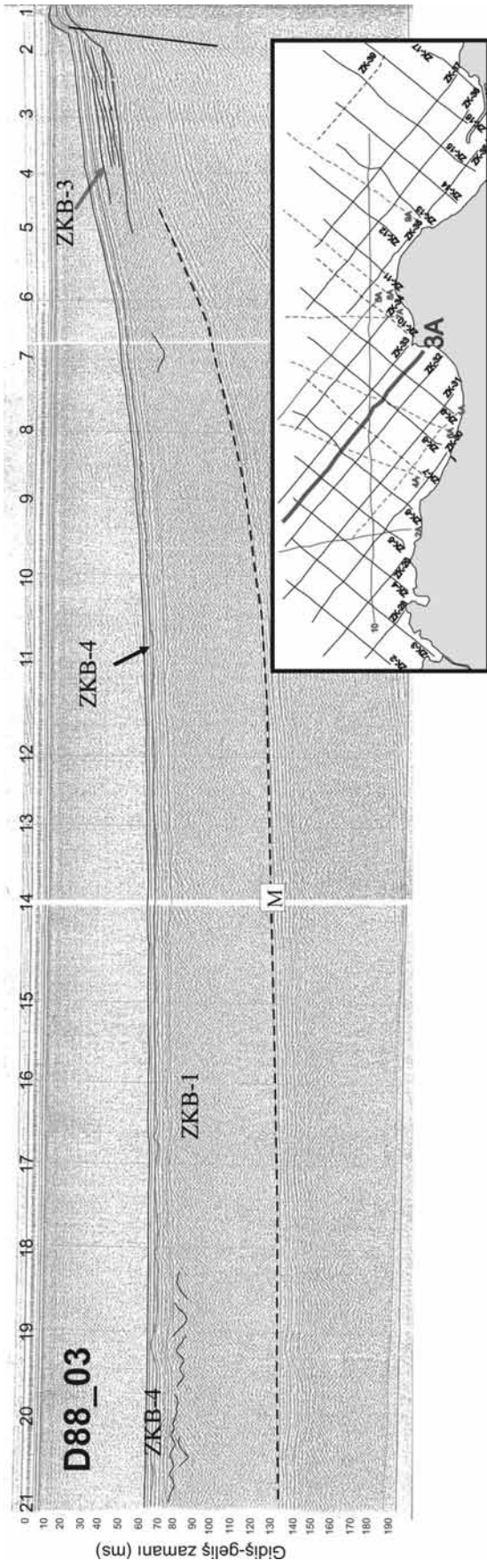


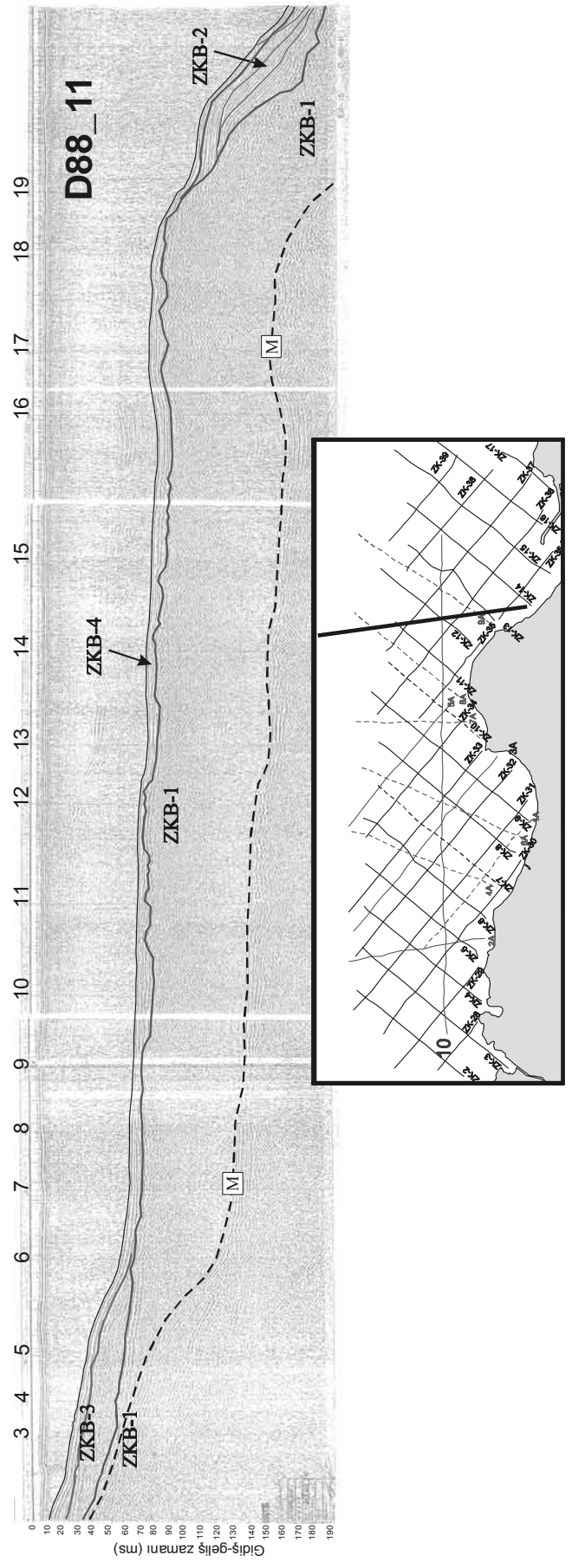
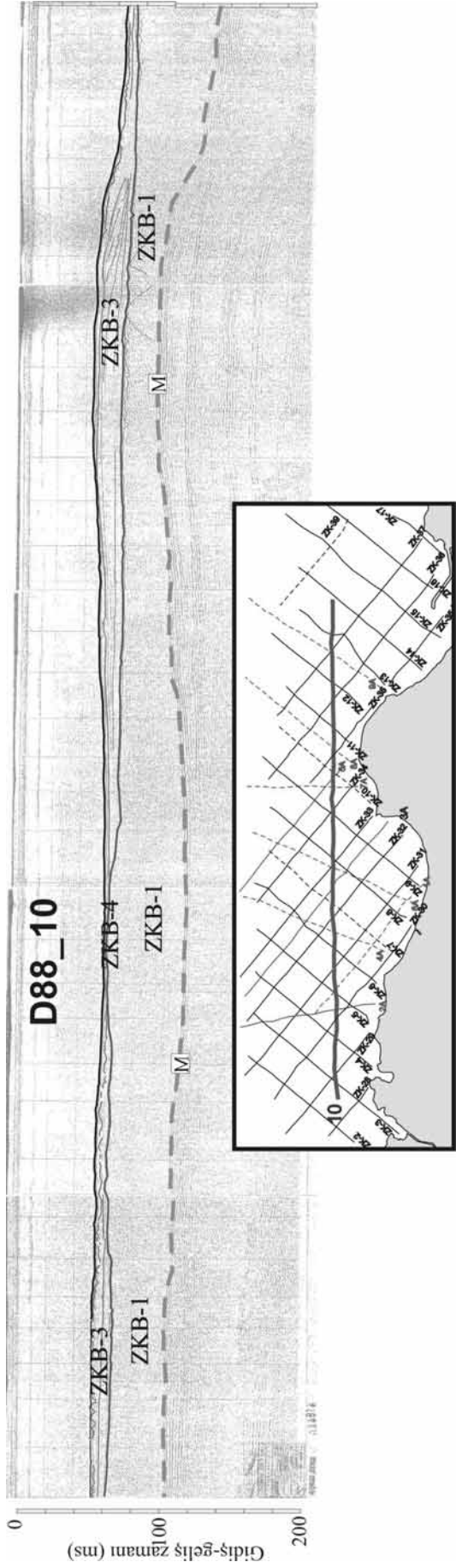












## **ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi : 30/01/1961

Doğum yeri : Diyarbakır

Lise : (1975 – 1978), Devrek Lisesi, Zonguldak

Lisans : (1980 – 1984), Yıldız Üniversitesi, Kocaeli Mühendislik Fakültesi,  
Jeofizik Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurum (lar) : (1989 – 1994), İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi  
(1997 – devam ediyor) Sınıf Öğretmenliği