

İSTANBUL BOĞAZI JEOLJİSİNİN DENİZ SİSMİK ÇALIŞMALARI İLE ARAŞTIRILMASI

Investigation of the Geology of Bosphorus From Marine Seismic Studies

A.ULUĞ*, E.ÖZEL*, M.ŞENÖZ*, C.GÜNAY*

ÖZET

Bilindiği üzere, kuzeyde Karadeniz ile, güneyde Marmara denizini birbirine bağlayan İstanbul Boğazı 30 km uzunluğunda doğal bir akarsu kanalıdır. Genel olarak NE-SW doğrultulu olan Boğaz'ın en dar yeri 700 m, en geniş yeri ise 3000 m'dir. Ortalama derinliği -50 m olan Boğaz'da en derin yer -110 m olup. Marmara Denizi'ne bağlandığı yerde -40 m'lik bir derinliğe eriştiği görülmektedir. Fakat, konum itibarıyla Sarayburnu-Kızkulesi arasında biten Boğaz kanalı güneyde Marmara Denizi'ne doğru 14 km kadar daha devam etmektedir.

İstanbul Boğazı coğrafik olarak Asya ile Avrupa kıtası arasındaki doğal bir sınır olmasına karşın jeolojik olarak Avrasya plakası üzerinde bulunmaktadır. Zira, Avrasya plakası ile Anadolu plakasını birbirinden ayıran Kuzey Anadolu Fayı Boğaz'ın daha güneyinde, Marmara Denizi içinden geçmektedir. Ancak tabiatı ile, bu önemli tektonik sınırın İstanbul Boğazı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

Gerek İstanbul Boğazı'nın oluşumu ile ilgili bilimsel amaçlı, gerekse taban morfolojisi, sediment kalınlığı v.b. mühendislik amaçlı olarak D.E.Ü. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü araştırma gemisi R/V K. Piri Reis ile muhtelif zamanlarda muhtelif sismik yansıma ve kırılma ölçümleri alınmıştır. Hemen hemen Boğaz'ın pek çok yöresinde detay ve Boğazı boydan boya geçen profiller boyunca alınan sismik kesitler ile Boğaz'ın temel kayasının derinliği, sediment kalınlığı, yani paleo-topoğrafya çıkartılmaya çalışılmıştır.

Yapılan araştırmalara göre, İstanbul Boğazı'nın Paleozoik zamanında oluşmuş bir plato ve sonra kuvaterner zamanında sular altında kalmış eski bir akarsu vadisi olduğu görülmektedir. Ancak, vadiyi açan akarsuyun akış yönü ve ayrıca vadinin tek bir akarsuyun mu, yoksa farklı yönlerde akan farklı akarsuların eseri mi olduğu henüz araştırma safhasında bulunmaktadır. Zira, Kadıköy-Ahırkapı, Sarayburnu-Üsküdar, Üsküdar-Kabataş, Karaköy-Eminönü (Haliç), Baltalimanı-Kanlıca, Tarabya-Beykoz arası bölgelerde yapılmış olan detay sismik çalışmaları ile eski Boğaz topoğrafyası belirlenmiş olmasına karşın, bulmacanın çözümü aradaki eksik parçaların belirlenmesi ile

mümkün olabilecektir. Alınacak yeni veriler ile bu durum daha doğru bir şekilde aydınlanabilecektir.

ABSTRACT:

As known, Bosphorus is a natural water-channel with 30 km length which connects Black Sea and Marmara Sea at the north and south respectively. Generally, the direction of Bosphorus is NE-SW and it has 700 m the narrowest and 3000 m the widest areas. It has -50 m average depth and -110 m deepest place and reaches the depth of -40 m at Marmara Sea. Indeed, as it has observed from the bathymetric map, that the channel of Bosphorus continues with length of 14 km towards Marmara Sea at south.

Bosphorus is a natural border between Asia and Europe geographically, but placed on the Eurasian plate geologically. However, the border of North Anatolian Fault (NAF) is placed between Eurasian and Anatolian plates at the south and passes through Marmara Sea. Naturally, Bosphorus is affected with the several cases by this important tectonic border.

Several seismic profiles were obtained by R/V K. Piri Reis which belongs to D.E.U. Institute of Marine Sciences and Technology. Some of these researches are scientific evaluation of Bosphorus and engineering studies as measuring of bottom morphology, and thickness of the sediment etc. The paleotopography of the channel of Bosphorus is prepared. For this reason, many transverse and longitudinal seismic profiles were taken in the several areas to obtain the depth of basement rocks, and the thickness of the sediment.

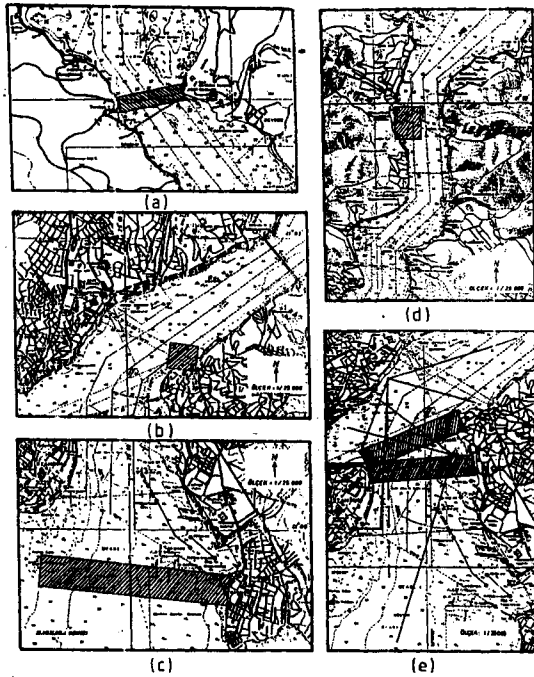
It is observed from this investigation that Bosphorus is a plate which is formed during the Paleozoic time, and then placed under the water as a river-valley during the Quaternary time. However, the direction of the flow which is created by the valley, and the number of the streams which are flowing through the valley are still under investigation. Actually, in spite of the detailed seismic studies for obtained old Bosphorus topography for Kadıköy-Ahırkapı, Sarayburnu-Üsküdar, Üsküdar-Kabataş, Karaköy-Eminönü (Haliç), Balta Limanı-Kanlıca, Tarabya-Beykoz areas, the additional studies are needed for the other missing part for healthy decisions. Also, more new seismic data would give better results for the determination of these problems.

* D.E.Ü. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 1884/8 Sokak No:10, 35340 Inciraltı-İZMİR

GİRİŞ

Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü İstanbul Boğazı'nda muhtelif zamanlarda, değişik bölgelerde, mühendislik ve bilimsel amaçlı olarak muhtelif sismik araştırmalar yapmıştır. Bu çalışmalardan bazıları şekil 1'de gösterilen konum haritalarındaki alanlarda yürütülmüştür. Bunlardan, "Yeni Galata Köprüsü Temel Zemin Araştırması Sismik Etüdü" kapsamında Haliç'te, "İstanbul Boğazı Tüp Geçit Projesi Sismik Etüdüleri" kapsamında Sarayburnu-Kızkulesi arasında,

"Alarko-Rana J.V. Kadıköy, Balta Limanı ve Üsküdar Deniz Deşarj Etüdüleri" kapsamında Balta Limanı, Üsküdar ve Kadıköy önlerinde ve "İstanbul İçme Suyu Boğaz Geçiş Koridorları Batimetrik ve Jeofizik Etüdüleri" kapsamında da Tarabya-Beykoz arası bölgede detay sismik etüdü yapılmıştır. Bunlardan başka, İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışındaki Kavaklar'dan Marmara Denizi çıkışındaki Sarayburnu'na kadar iki kez kıyıya paralel olarak sürekli sismik kayıtları alınmıştır. Bu çalışmalarda enerji kaynağı olarak hava tabancası kullanılmış olup, bazı bölgelerde sismik kırılma ölçümleri de yapılmıştır. Ayrıca Boğaz'da "Büyükdere", "Paşabahçe", "Küçüksu" bölgelerinde de mühendislik sismik sistemi ile ölçümler alınmıştır. Ölçümlerin alınışı ile bilgiler sonraki bölümlerde verilmektedir.



Şekil 1: İstanbul Boğazı'nda muhtelif çalışma sahaları a) Tarabya-Beykoz sahası, b) Üsküdar sahası, c) Kadıköy sahası, d) Balta Limanı sahası, e) Sarayburnu-Üsküdar sahası.

Figure 1: Some survey areas from the Bosphorus a) Tarabya-Beykoz area, b) Üsküdar area, c) Kadıköy area, d) Balta Limanı area e) Sarayburnu-Üsküdar area.

İstanbul Boğazı'nda yapılan bu ölçümlerde, genel olarak Paleozoik yaşlı ana kaya durumundaki kumtaşları, grovaklar veya kireçtaşlarının paleo-topoğrafyası, başka bir deyişle toplam sediment paketinin kalınlığı ölçülmüştür. Zira, anılan bu projelerin tümünde bir deniz altı inşaatı veya hafriyatı söz konusu olmaktadır. Bunun için, araştırmalarda zemin ile ilgili mühendislik parametrelerinin tayin edilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle, bölgelerde yapılan sismik ölçümlerin yanı sıra zemin örneklemeleri, sondajlar da yapılmıştır. Jeofizik verilerin, jeoteknik bulgular ile karşılaştırılması ve loglar ile denestirilmesi sonucunda önemli zemin bilgileri elde edilmiştir.

BOĞAZ' IN OLUŞUMU ÜZERİNE

Oluşumu hakkında değişik görüş ve teorilerin bulunduğu İstanbul Boğazı'nın (Pfannenstiel, 1944; Scholten, 1961) Tersiyer sonu penelenleşme, drenaj ağları ve Boğaz'ın iki yakasındaki eğimli taraçaların varlıkları, deniz dibi topoğrafyası ve derelerin ağzındaki basamaklar gibi bulgulara göre, eklem takımları ile fayların kontrolünde açılmış eski bir vadi olduğu ve Pleyistosen döneminde gömülerek bir deniz bağlantısı oluşturduğu görüşü hakimdir (Eroskay ve Kale, 1968). Ancak, vadiyi açan akarsuyun akış yönü ve ayrıca vadinin tek bir akarsuyun mu, yoksa farklı yönlerde akan farklı akarsuların eseri mi olduğu henüz araştırma safhasındadır.

Ancak şurada bir gerçek vardır ki, bu konuda hem yerbilimciler, hem de arkeologlar anlaşmaktadırlar: İstanbul Boğazı'nın açılışından önce, burasının bir akarsu vadisi olduğu ve o zamanki deniz seviyelerinin bu günkü deniz seviyelerinden daha düşük seviyelerde olduğu bilinmektedir. Antik tarih yazarlarından Diador von Sizilien (M.Ö. 27) "Karadeniz ve Marmara Denizi bir zamanlar iç denizler idi" demektedir. Jeolojik olarak ifade edilecek olursa, "İstanbul Su Yolu" Kuvaterner'in genç zamanlarında oluşmuş bir yapıdır. Fakat, "İstanbul Su Yolu" oluşmadan önce doğuda oluşmuş bir başka su yolu bulunuyordu. Bu "ilkel insan" ın da gördüğü "Sakarya-Sapanca-İzmit-Marmara Su Yolu", yani "Sakarya Boğazı"dır. Eski Sakarya Boğazı'nın nasıl oluşup, nasıl yok olduğu başka bir araştırma konusudur. Ancak, İstanbul Boğazı'nın oluşumunda, bunun karşılıklı etkileşim sonucu rolünün büyük olduğu da kesindir.

Boğaz'ın Paleozoik zamanındaki erozyonu, o zamanki koşullar ve akarsuların rejimleri v.b. bilgilerin eksik olmasına karşın şimdiki gibi bir su yolu olmasına ilişkin bulgular şöyle ifade edilebilir: "İstanbul Su Yolu" ikinci "Tyren" zamanında, yani "Riss/Würm" buzularası devirde (150 000 yıl önce) bir akarsu vadisidir. Sarayburnu'ndan Üsküdar'a doğru uzanan

eşik o zamanlardaki akarsuyu, seviyesi bu güne göre 12 m ile 15 m daha yüksek bulunan, yani östatik su seviyesi daha yüksek olan Marmara Denizi'nden ayırmaktadır. O zamanlar karasal olan bu eşik henüz çökmemiş ve bu günkü eşige göre en azından 35 m daha yüksektedir. Bu gün, deniz seviyesinin 20 m altında bulunan bir taraça Riss/Würm zamanında 35 m daha yukarıda, yani +15 m yükseklikte bulunmaktadır ve bu durumda o zamanki deniz seviyesine erişmiş olmalıdır. Fakat, eşik bu arada Akdeniz sularının deniz altı akıntıları etkisiyle bir kaç metre de erozyona uğramıştır. Çünkü, bu günkü durumyla bu eşik gözle görülür şekilde Devoniyen yaşlı kayalardan ibaret olup, yüzeyinde hiç bir sediment birikimine rastlanmamaktadır.

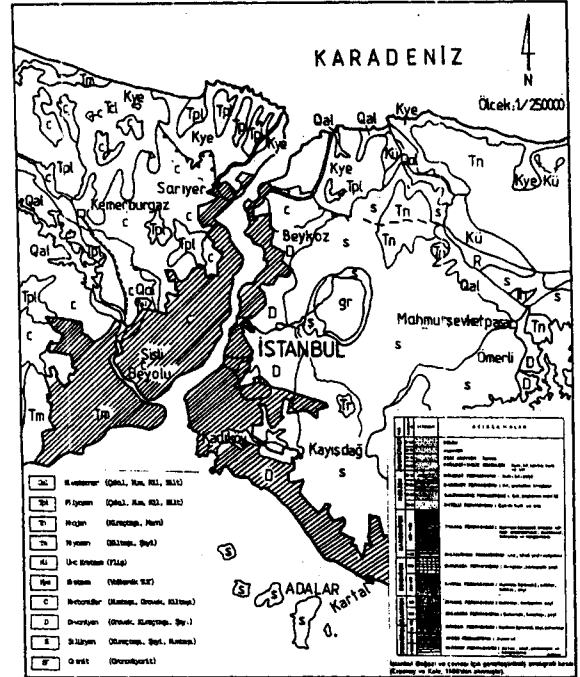
Eşik, her halükarda Marmara'nın Thyren zamanında deniz yüzeyinin bir kaç metre üzerine çıkmaktadır ve böylece Akdeniz' in Boğaz Su Yolu'na girişi engellenmektedir. "Tyren" sonrası zamanda, "Würm I" fazında (110 000 yıl önce) Marmara Denizi kuraklaşmıştır ve Akdeniz'in östatik su seviyesi 90 m daha aşağıda bulunmaktadır. O zamanlar Karadeniz'in su seviyesi bu günkü seviyesinden 40 m, hatta 40 m'den daha düşük seviyededir. Boğaz'daki akarsular, daha düşük seviyedeki bu bölgeye doğru akmakta idiler ve bunların erozyonuyla bu günkü limanların çukurlukları, girintileri oluşmuştur. "Boğaz Deresi" de bu şekilde -40 m derinlikteki yatağına yerleşmiştir.

Sarayburnu eşiği de bu arada erozyona uğramış ve tektonik olarak çöküş göstermiştir. Ancak, yine de sığ bir su engeli olma niteliğini kaybetmemiştir. Fakat, bu günkü Boğaz, yani İstanbul Su Yolu elbetteki akarsu erozyonuyla birlikte çökmenin de etkisiyle güneye ve kuzeye doğru açılmıştır. "Flandrien Transgresyonu"nu takiben (77 000 yıl önce) Akdeniz yavaş yavaş tekrar doğuya doğru ilerleyip, önce Çanakkale vadisini tamamen deniz suları kaplamış ve deniz seviyesinin yükselmesiyle beraber sular Çanakkale'nin doğu çıkışındaki eşiği aşarak sığ olan Marmara'ya doğru ilerlemiş ve nihayet Akdeniz suları Boğaz'ı da geçerek Karadeniz'e doğru ilerlemiştir. Akdeniz suları Boğaz'ı tamamen kapladıktan sonra Boğaz'daki akarsuların ağızlarının bulunduğu yerlerde şimdiki limanlar oluşmuştur. İlerleyen Akdeniz suları Boğaz'ın derin olduğunu erozyona uğratmaya devam ederek etkisini sürdürmüş ve Boğaz'da yavaş yavaş zıt yönlü akıntı sistemi gelişmiştir. Bunlardan biri yüzeydeki güneye doğru ilerleyen ve daha az tuzlu sular ihtiva eden (Karadeniz) üst akıntı, diğeri ise kuzeye doğru ilerleyen ve tuzlu (ağır) Akdeniz sularını ihtiva eden alt akıntılardır.

Özetle, bu günkü Boğaz, yani İstanbul Su Yolu ilk defa "Würm II" zamanından (65 000 yıl önce) beri doğal bir su yolu olarak varlığını sürdürmektedir.

JEOLOJİ

Şekil 2'deki İstanbul Boğazı ve çevresinin jeolojik haritası (Kasar, 1983) incelendiğinde, Boğaz'ın her iki yakasında Paleozoik'e ait kayaların hakim olduğu görülmektedir. Boğaz'ın batı ve doğu yakası, stratigrafik istifler ve özgün yapısal şekiller bakımından Trakya ve Kocaeli alanları şeklinde ayırt edilir (Kaya, 1971,1973). Trakya alanı, İstinye asalanı, Kağıthane asalanı, Cebeciköy asalanı ve Zekeriyaköy asalanına bölünmüştür. Anadolu yakasındaki Dolayoba ve Kayışdağı'nda görülen Ordovisiyen'e ait Kurtköy formasyonu Boğaz çevresindeki en yaşlı birimlerdir. Başlıca arkozik kumtaşı, konglomera, şeyl ve çamurtaşından oluşur. Daha üstlerde kuvarsit, çeşitli kireçtaşları, kumtaşı-grovak, kiltası, silisli şeyl ve radyolaritler Silüryen, Devoniyen ve Karbonifer'e ait birimlerdir. Bölgede ayırt edilen formasyonlara ait litoloji ve yaş ilişkileri Şekil 2'deki jeolojik haritanın sağ alt köşesindeki "Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti"nde gösterilmektedir (Eroskay ve Kale, 1986).



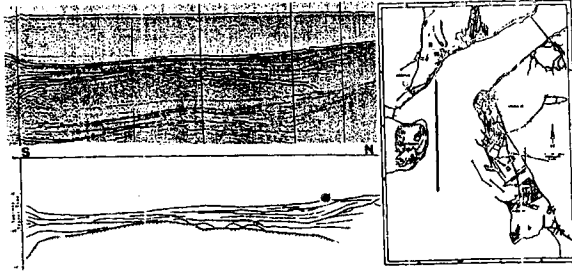
Şekil 2: İstanbul jeoloji haritası (Kasar, 1983'den alınmıştır).

Figure 2: Geology map of Istanbul (from Kasar, 1983).

Bölgede Mesozoik ve Tersiyer'e ait, birbirlerinden aşınma yüzeyleri ile ayrılmış birimler, üst Paleozoik üzerinde açılı diskordansla bulunur. Triyas, Kocaeli yarımadasında Verfeniyen yaşlı kumtaşlarıyla Balta Limanı ve Trakya formasyonlarını örter. Kretase yaşlı andezitik volkanitler içlerindeki yerel gelişik kireçtaşları ile, tektoniğe bağlı olarak Paleozoik altında görülür. Sarıyer Kireçtaşı olarak tanınan açık pembemsi renkli, kaba taneli bioklastlı kireçtaşları

Maestrihtiyen yaşındadır. Eosen, Paleozoik aşınma yüzeyi üzerinde resifal kireçtaşları ve bileşenleri ile temsil edilir. Oligosen, şeyl ve kireçtaşlarından yapılmak üzere yersel görünümüldür.

İstanbul Boğazı ve Haliç tabanındaki genç çökeltiler başlıca alüvyal nitelikli kum, ince kum, silt ve çamurdan oluşmaktadır. Arada çakıllı veya daha kaba ve bol kavkılı düzeyler de bulunmaktadır (Eroskay ve Kale, 1986; Yılmaz ve Sakınç, 1990). Nitekim, bu çakıl odacıklarına ait sismik bulgular Şekil 3'de gösterilmektedir. Şekildeki, Kabataş önlerinden başlayıp Sarayburnu eşiği üzerinden geçip Kadıköy önlerine kadar devam eden sismik kesitte görüldüğü gibi Paleozoik ana kaya (eşik) üzerinde yer yer merccekler şeklinde görülen çakıl, kavkılı kum odacıkları, muhtemelen Boğaz'ın açılışı sırasında sularda oluşan türbülanslar nedeniyle çöken ağır taneli sedimentlerdir. Bu çakıl, kavkılı kum odacıklarının varlığı yapılan Boğaz sondajları ile de doğrulanmaktadır.



Şekil 3: Kabataş-Kadıköy arası alınan sismik kesit ve yorumu.
Figure 3: Seismic section and interpretation from Kabataş-Kadıköy.

Haliç Formasyonu, Boğaziçi Formasyonuna kıyasla daha ince malzemeden oluşmakta, başlıca kil, çamur ve silt ile kumdan ibarettir. Tabana doğru da kum ve iri çakıllı düzeylerin varlığına rastlanmaktadır. Bölgede yapılan sismik araştırmalar sonucunda ve yapılan deniz sondajlarından Haliç çökeltilerinin yaklaşık 50 m kalınlıkta olduğu bilinmektedir (Uluğ, 1985).

Boğaziçi Formasyonları ise siltli kum ve kum boyundaki sedimentlerden oluşmuştur. Bu formasyonun Boğaz Grabeni'nin en derin olduğu yerde yaklaşık 100-110 m'den daha kalın olduğu yine bölgede yapılmış olan sismik ölçümler sonucu bulunmuştur (Uluğ, 1986; Uluğ ve diğ., 1987).

ÖLÇÜLERİN ALINMASI

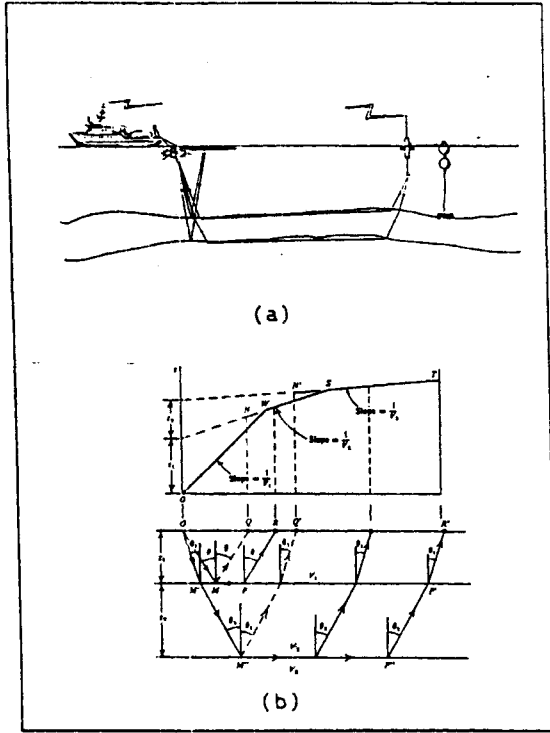
Bu çalışmada kullanılan sismik veriler Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü bağlısı araştırma gemisi R/V K. Piri Reis ile toplanmıştır. Bölgede şimdiye dek ölçülmüş toplam 300 km'ye yakın uzunluklarda "airgun" (hava

tabancası) sismik ve 400 km kadar uzunlukta da "mühendislik sismik" kayıtları alınmıştır.

"O.R.E. Model 1032" mühendislik sismik sistemi ile yapılan çalışmalarda 3.5 + 0.5 kHz'lik bir frekans bandı seçilmiş ve sismik sinyaller transduserlerden 55°'lik bir hüzmeye açıyla yayınlanmışlardır. Kayıt uzunluğu (süpürme zamanı) 1/4 s olarak alınmış ve 0.5 ms'lik paketler halinde sismik pulslar gönderilmiştir. Gemi sürati çalışma süresince ortalama 3-4 Knot (1.5-2 m/s) civarında tutulmuş ve böylece 1/4 s aralıklarla gerçekleştirilen sismik dalga yayını ile, izlenen hatlar boyunca her 40-50 cm'de bir sismik sondaj yapılmıştır. Alınan veriler "EPC Model 3200" grafik kaydedicide kaydedilmiştir.

Yaklaşık 125-130 atm hava basıncının kullanıldığı "PAR 600-B" tipi hava tabancasının alt odacık hacmi 0.67 lt (40 inch³) olarak seçilmiş ve çoğunlukla 0.5 s aralıklarla patlatmalar yapılarak ayrımlılığı yüksek kayıtlar elde edilmiştir. Sismik yansıma çalışmalarında, alıcı ünite olarak 10 elementli tek kanal streamer kullanılmış ve veriler "EPC Model 3200" veya "EPC Model 9800" tipi grafik kayıt ünitelerinde elektrostatik kuru kağıt üzerinde "hard copy" olarak kaydedilmiştir. Söz konusu veriler aynı zamanda "Technics RSB-66W" manyetik kayıt ünitesinde "soft copy" olarak kaydedilmek suretiyle daha sonra işlenmek üzere saklanmaktadır.

Sismik kırılma çalışmaları için de yine enerji kaynağı olarak hava tabancası kullanılmış, ancak alıcı ünite olarak "Fairfield SB-76" tipi "sonobuoy"lar ve "Telseis STR-70" tipi çift kanal sismik telemetri ünitesi kullanılmıştır. Bu cihaz ve ekipmana ait daha detaylı bilgiler Uluğ (1986, 1988 ve 1994)'de verilmektedir. Sismik kırılma çalışmaları şematik olarak Şekil 4'de gösterildiği gibi belirli bir profil boyunca sabit bir süratle seyreden geminin arkasından muntazam aralıklarla patlatılan hava tabancası (airgun) vasıtasıyla yaratılan ses dalgalarının deniz altındaki tabakalar içerisinde kırılarak yayılması ve bu dalgaların profilin başında ve sonundaki sabit noktalarda bulunan "sonobuoy"lar vasıtasıyla algılanarak kaydedilmesi şeklinde olmaktadır. Aynı zamanda geminin arkasından çekilen "streamer" vasıtasıyla de sıfır açılımlı (zero-offset) sismik yansıma verileri alınmış olmaktadır.



Şekil 4: Sismik yansıma ve kırılma metodunun prensibi (a) ve yatay üç tabaka modeli için sismik ışın yollarının yol-zaman grafiği (b).

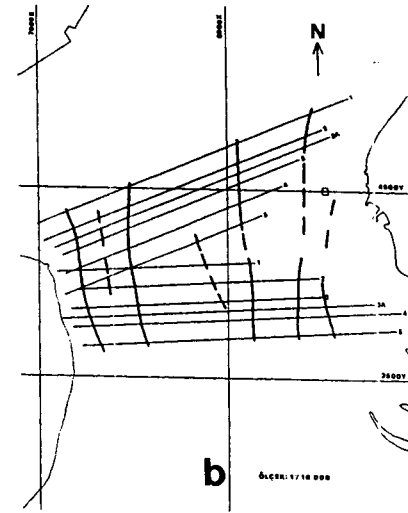
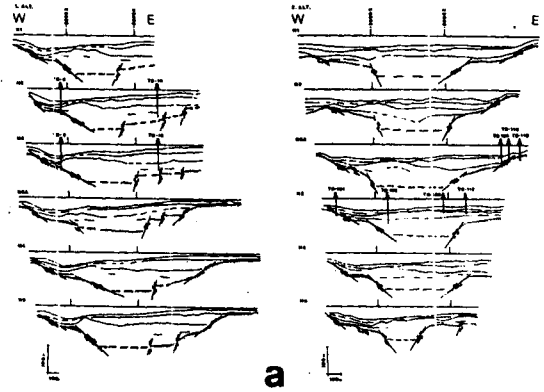
Figure 4: Principle of seismic reflection and refraction methods (a), and raypaths and travel-time curves for three horizontal layered model (b).

Sismik çalışmalar sırasında gemi konumu ya "Racal-Decca Trisponder Navigasyon Sistemi" veya "Trimble Navigation" diferansiyel konum belirleme (DGPS) sistemi ile belirlenmiştir. Her iki sistemde de gemi konumu çok hassas bir şekilde belirlenerek deniz araştırmalarında en önemli unsur olan "sağlıklı navigasyon" sağlanmış olmaktadır. Bu sistemlere ait detaylı bilgiler yine cihazlar ile ilgili olarak verilen literatürde bulunmaktadır.

SİSMİK BULGULAR

Yukarıda anılan çalışmalarda elde edilen verilerden bazıları örnek olarak burada gösterilmektedir. Özellikle "Boğaz Kanalı"nı, toplam sediment paketini ve Boğaz' ı oluşturan muhtemel fayları da gösteren kesitler Şekil 5a'da ve Sarayburnu-Üsküdar arası deniz altı faylarını gösteren harita ise Şekil 5b'de verilmektedir (Uluğ, 1986; Uluğ ve diğ., 1987). Görüldüğü gibi, bu faylar güncel sedimentleri kat etmeyip yalnızca Paleozoik ana kayanın yamaçlarını oluşturan şevlerin yorumlanmasında kullanılmıştır. Nitekim, Boğaz'ın ana kayasını oluşturan Paleozoik yaşlı kumtaşı, grovak veya kireçtaşı tabakasının nasıl oyularak bir vadi görünümü aldığı hususunda henüz aydınlanmamış konular mevcuttur. Ancak, hakim bir görüş olarak

Boğaz'ın NW-SE ve NE-SW doğrultulu fay sistemleri ile oluşup (Eroskay ve Kale, 1986) daha sonra peneleniş ve akarsu drenajları ile şekillendiği (Scholten, 1961) söylenebilir. Bu nedenle, Paleozoik yaşlı bu birime ait dik yamaçların birer fay olabileceği araştırmacılar tarafından yorumlanmıştır. Ancak, tekrar belirtmekte yarar vardır ki, bu fayların sediment paketini de etkilediği orijinal kayıtların incelenmesinde görülmemiştir. Yani bu duruma göre, bu faylarda bir gençleşme söz konusu olmamıştır.



Şekil 5: Sarayburnu-Üsküdar arası bölgelere ait yansıma kesitlerinin değerlendirilmesi (a) ve belirlenen faylar (b).

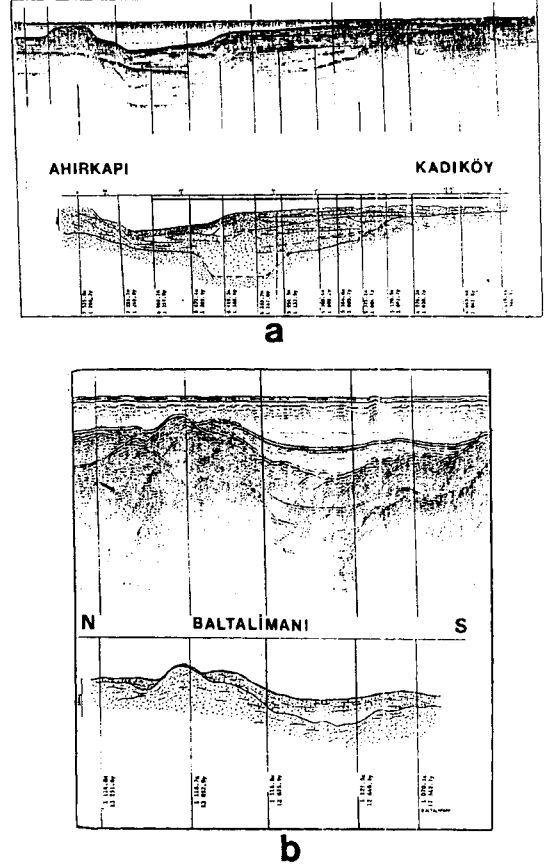
Figure 5: Interpretation of seismic sections of Sarayburnu-Üsküdar areas (a), and the determined faults (b).

Çalışma sahası Şekil 1c ve 1d'de gösterilen Kadıköy ile Balta Limanı bölgelerinden alınmış olan sismik kesitler ve bunların yorumları Şekil 6a ve 6b'de verilmektedir. Bu kesitlerin incelenmesiyle İstanbul Boğazı'nın ana kayasını oluşturan Paleozoik birime ait yüzey pek çok ondülasyonlar arzetedir. Bu birim ile bunun üzerinde bulunan sediment paketi arasındaki sınır her zaman çok net bir şekilde görülebilmiş ve bu sınıra ait derinlik seviye haritaları (paleo-topoğrafya) haritaları her saha için ayrı ayrı çıkartılmıştır. Bu haritaların

sayılarının artırılması ile Boğaz'a ait "paleo-batimetri" veya "paleotopografya" haritaları hazırlanabilecektir.

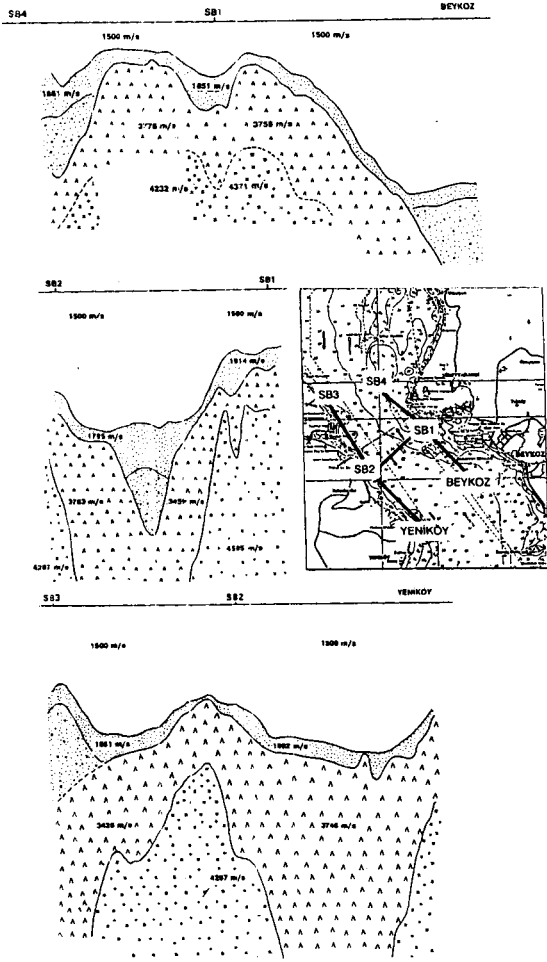
Şekil 7'de, Tarabya-Beykoz arasındaki bölgede yapılmış olan sismik kırılma verilerinin sonuçları gösterilmektedir. Şekildeki kesitler, konum haritasında gösterilen kırılma profilleri boyunca elde edilmiş olan tabaka hızlarının aynı profiller boyunca alınmış yansıma kesitleri üzerinde gösterilmesiyle elde edilmiştir. Bu çalışmalar sırasında bölge için geçerli olan ortalama hızlar şu şekilde bulunmuştur (Uluğ, 1994) : 1500 m/s' lik deniz suyu hariç, Kuvaterner-Pliyosen sedimentlerden oluşan 1. tabakaya ait ses hızı 1860 m/s, Paleozoik kumtaşı-grovaklardan oluşan 2. tabakaya ait ses hızı 3658 m/s ve Paleozoik kireçtaşlarına ait 3. tabakaya ait ses hızı ise 4344 m/s olarak bulunmuştur. Bu hız değerleri literatürde verilen sınırlar içinde kalmakta olup (Telford ve diğ., 1976 v.b.), Uluğ (1986) ve Uluğ ve diğ. (1987) 'de Sarayburnu-Üsküdar arası bölge için verilen ses hızları ile uyumludurlar. Nitekim, söz konusu olan çalışmalarda bulunan ses hızları da 1500 m/s'lik deniz suyu hariç, 1870 m/s, 2240 m/s ve 3550 m/s olarak ölçülmüştür. Bunlar, çalışılan saha içerisinde silt, kil ve ince kumdan oluşan sedimentler ile kum, çakıl ve bozuşmuş kumtaşıdan oluşan Boğaziçi Formasyonları ve Paleozoik yaşlı (Devoniyen) kumtaşı ve grovaklardan oluşan Trakya Formasyonu olarak yorumlanmışlardır.

Tabakalara ait ses hızlarının bulunmasından ve bu tabakalara ait yansıma sinyallerinin gidiş-dönüş zamanı ölçülebildiğinden, tabaka sınırlarına ait derinlikler $h = (v/2) \times t$ bağıntısına göre hesaplanabilmektedir. Nitekim, Şekil 5a'daki kesitlerde düşey eksen metre cinsinden derinlikleri göstermekte ve bu şekilde hesaplanmaktadır. Aynı şekilde, Tarabya-Beykoz arasında alınan sismik yansıma kesitlerinden Paleozoik sınıra ait ölçülen gidiş-dönüş zamanlarından ve elde edilen tabaka ses hızlarından yararlanılarak Paleozoik sınıra ait derinlikler hesaplanmış ve bunlar Şekil 8'in sol üst köşesinde üç boyutlu olarak blok diyagram şeklinde gösterilmiştir (Uluğ, 1994). Bu sınır, ilgili literatürde "Paleozoik Tavan" (top of Paleozoic) olarak isimlendirilmiş ve Boğaz'ın Paleozoik zamanı sonundaki topografyası olarak değerlendirilmiştir.



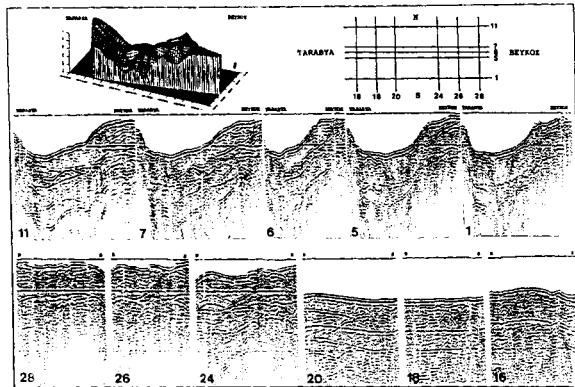
Şekil 6: Kadıköy (a) ve Balta Limanı (b) saha'larından alınmış sismik yansıma kesitleri ve değerlendirilmeleri.

Figure 6: Seismic reflection sections and interpretations from Kadıköy (a) and Balta Limanı (b) areas.



Şekil 7: Tarabya-Beykoz arası bölgeden alınan sismik yansımaya ve kırılma verileri.

Figure 7: Seismic reflection and refraction data from Tarabya-Beykoz area.



Şekil 8: Tarabya-Beykoz arası bölgede alınan sismik yansımaya kesitleri ve Paleozoik tabana ait paleo-topografya.

Figure 8: Seismic sections from Tarabya-Beykoz area and the paleo-topography of Paleozoic bedrock.

SONUÇLAR

İstanbul Boğazı içerisinde şimdiye dek yapılmış olan sismik çalışmalara ait sonuçlardan bazıları sınırlı olanaklar içinde burada sunulmaya çalışılmıştır. Görüldüğü gibi, Boğaz içerisinde yapılan benzeri çalışmaların artırılması ve aradaki eksik parçaların temin edilmesiyle bir bütün oluşturacak olan mozaığın tamamlanması arzu edilmektedir. Ayrıca, İstanbul Boğazı gibi çok yoğun deniz trafiğinin, şiddetli akıntılarının ve özel seyir kurallarının olduğu bir yerde, benzeri sismik ölçümlerin, özellikle kırılma ölçümlerinin alınması ancak R/V K. Piri Reis gibi manevra kabiliyeti çok fazla ve modern navigasyon gereçleri ile donatılmış bir araştırma gemisi ile mümkün olabilmektedir. Boyutları fazla, manevrası kısıtlı araştırma gemileri için uygun bir çalışma ortamı olmayan İstanbul Boğazı'nda benzeri çalışmaların çoğaltılması ve özellikle akustik enerji kaynağı olan hava tabancasının penetrasyon kapasitesinin artırılması ile elde edilecek bulguların Boğaz'ın oluşumuna ait görüşlere aydınlık kazandıracığı kuşkusuzdur.

KAYNAKLAR

- Eroskay, O., Kale, S. (1986). İstanbul Boğazı Tüp Geçisi Güzergahında Jeoteknik Bulgular, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, Sayı 8, s. 2-7.
- Kasar, S. (1983). 1. Bölge Jeoloji Haritası, T.P.A.O. Arama Grubu, Ankara.
- Kaya, O. (1971). İstanbul'un Karbonifer Stratigrafisi T.J.K. Bülteni, C. XIV, Sayı 2, s. 143-199.
- Kaya, O. (1973). Paleozoic of İstanbul, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No: 40, İzmir.
- Pfannenstiel, M. (1944). Die diluvialen Entwicklungsstadien und die Urgeschichte von Dardanellen, Marmarameer und Bosphorus, Geologischen Rundschau, Bd. XXXIV, Heft 7/8, s. 341-434.
- Scholten, R. (1974). Role of the Bosphorus in Black Sea chemistry and sedimentation, in the Black Sea Geology, Chemistry and Biology, ed. E.T. Degens, D.A. Ross, AAPG Memoir 20, Tulsa.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A. (1976). Applied Geophysics, Cambridge University Press, Cambridge.
- Uluğ, A. (1985). Yeni Galata Köprüsü Temel Zemin Araştırması Sismik Etüdü, D.B.T.E.-052, 5 s., İzmir.
- Uluğ, A. (1986). İstanbul Boğazı Tüp Geçit Projesi Sismik Etüdü, D.B.T.E.-054, 159 s., İzmir.
- Uluğ, A. (1988). Atarko-Rana J.V. Kadıköy, Balta Limanı ve Üsküdar Deniz Deşarj Etüdü, D.B.T.E.-065, 82 s., İzmir.
- Uluğ, A. (1994). İstanbul İçme Suyu Boğaz Geçiş Koridorları Batimetrik ve Jeofizik Etüdü, D.B.T.E.-085, 89 s., İzmir.
- Uluğ, A., Özel, E., Çiftçi, G. (1987). İstanbul Boğazı'nda Sismik Çalışmalar, Jeofizik, Cilt 1, Sayı 2, s. 130-144.
- Yılmaz, Y., Sakıncı, M. (1990). İstanbul Boğazı'nın Jeolojik Gelişimi Üzerine Düşünceler, "İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) Dip Tortuvarları"nda (ed. E. Meriç), s. 99-105, İstanbul.