



GÜLBAHÇE KÖRFEZİ'NİN NEOTEKTONİK YAPISI

(THE NEOTECTONIC STRUCTURE OF THE GÜLBAHÇE BAY)

Erdeniz ÖZEL*, Cem GÜNAY*

ÖZET/ABSTRACT

Gülbağçe Körfezi, tektonik olarak Miosen öncesi Ege'de egemen kuzey-güney (KG) doğrultulu sıkışma sonucu oluşmuş (KG), (KKD) ve (GGB) doğrultulu kırık ve çöküntülerin, bugün süren aynı doğrultudaki açılma sonucu meydana gelen (DB) doğrultulu kırık ve çöküntülerin kesim bölgesinde yer almaktadır. Bu bölge Batı Anadolu ve Ege'de ki blok rotasyonun etkisinde kalmakta olup, Orta Doğu Ege çöküntüsünü oluşturan yükselti ve çöküntü (Horst-Graben) sisteminde Karaburun yükseltisi ile Foça çöküntüsü arasında eşik görevi görmektedir.

Bölgedeki bu durum yapılan gravite değerlendirmelerinde Batı-Doğu doğrultulu Karaburun-Yamanlar hattında birbirlerinden normal atımlı faylarla ayrılmış yükselti ve çukurlar ile geçiş eşikleri izlenmektedir. Gülbağçe çukurundaki sedimentler, su katmanları ile beraber 200 - 250 m kalınlığa ulaşmaktadır. Sismik değerlendirmelerde körfezde üstte Kuvaterner sedimentler onun altında ise Neojen volkanitlerden oluşan iki sismik tabaka paketi bulunmaktadır. İnce milli - killi seviyeler içeren kuvarterner sedimentleri, metan gazlarını yüzeye çıkaramayışı ve jeotermal etkinlikten dolayı yer yer şişme ve kıvrımlara neden olmaktadır. Bu durum 3.5 kHz yüksek ayrımlı sismik ve yanal taramalı sonar kayıtlarında izlenmektedir.

Gülbağçe Bay is situated at the cross - sections of the fractures and depressions trending in the N-S and NNE-SSW produced by the dominant N-S trending compression that was tectonically effective before the miocene in the Aegean, and the fractures and depressions presently still effective in the E-W direction produced again by the same extensional regime. This region, which is under the influence of the block rotations of Western Turkey and Aegean, serves as the stepping segment between the Karaburun uplift and the Foça depression within the rift system forming the Central East Aegean depression.

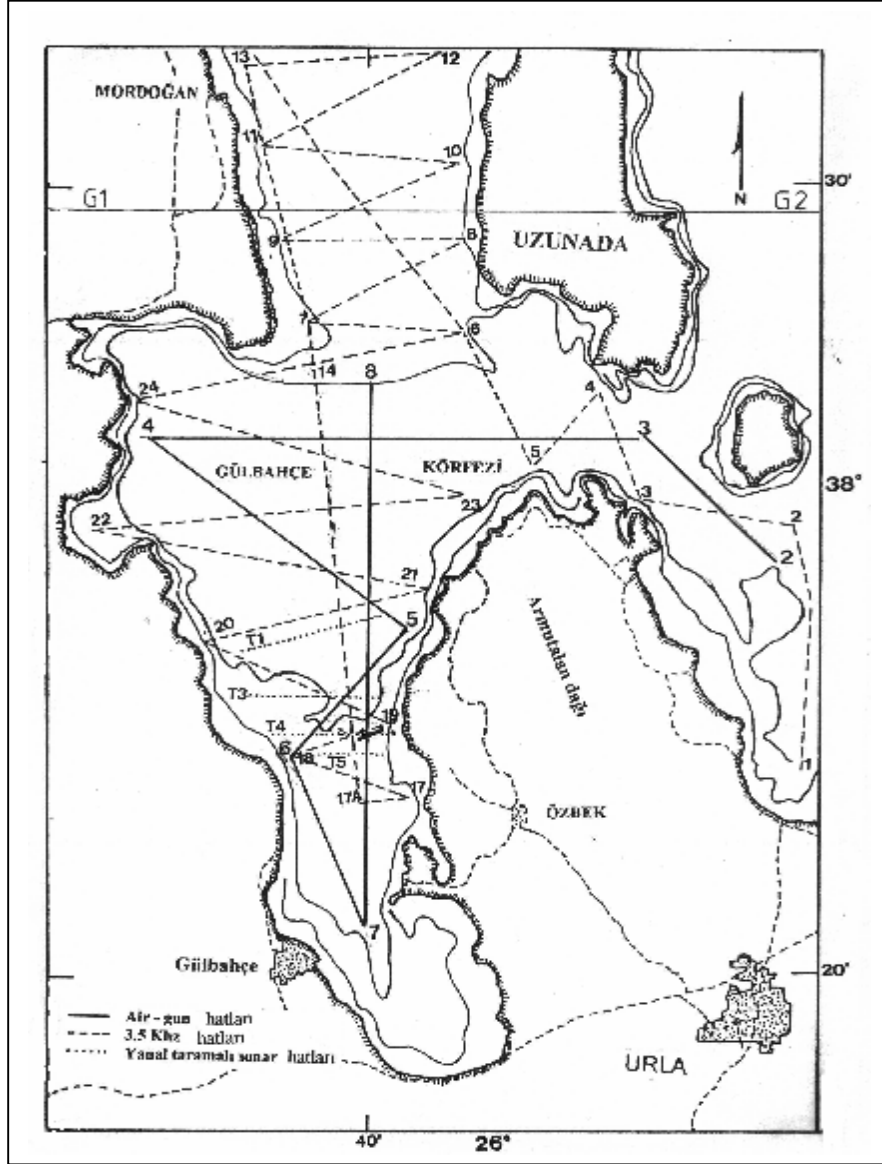
This situation was observed as the highs and lows which are separated from each other with normal faults, in the gravity evaluation of the E-W section along Karaburun to Yamanlar. Sediments together with water column reach to the depths of 200 - 250 m in the Gülbağçe depression. According to the seismic evaluations, there are two seismic layer packages in the Bay as the top Quaternary sediments and the Neogene volcanites below perturbances and foldings are produced by the silty - clayey layers within the quaternary sediments due to the accumulation of methane at the surface and the geothermal activity. These were observed on the 3.5 kHz high resolution seismics and as well as on the side scan sonar records.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Gülbağçe, Neotektonik, Graben, Gaz, Yüksek Ayrımlı Sismik, Yanal Tarama Sonarı
Gülbağçe, Neotectonics, Graben, Gas, High Resolution Seismics, Side Scan Sonar

1. GİRİŞ

Bu çalışmada, İzmir Körfezi içinde yer alan Gülbahçe Körfezi'nin neotektonik özellikleri jeofizik yöntemler ile incelenmiş ve Doğu Ege yapısal sistemleri ile benzerlik ve farklılığı araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Gülbahçe Körfezinde saptanan profiller üzerinde yansımaya sismikliği çalışmaları yapılarak bölgedeki mevcut sismoloji ve gravite verileri ile denetlenmeye çalışılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Gülbahçe Körfezi çalışma hatları haritası

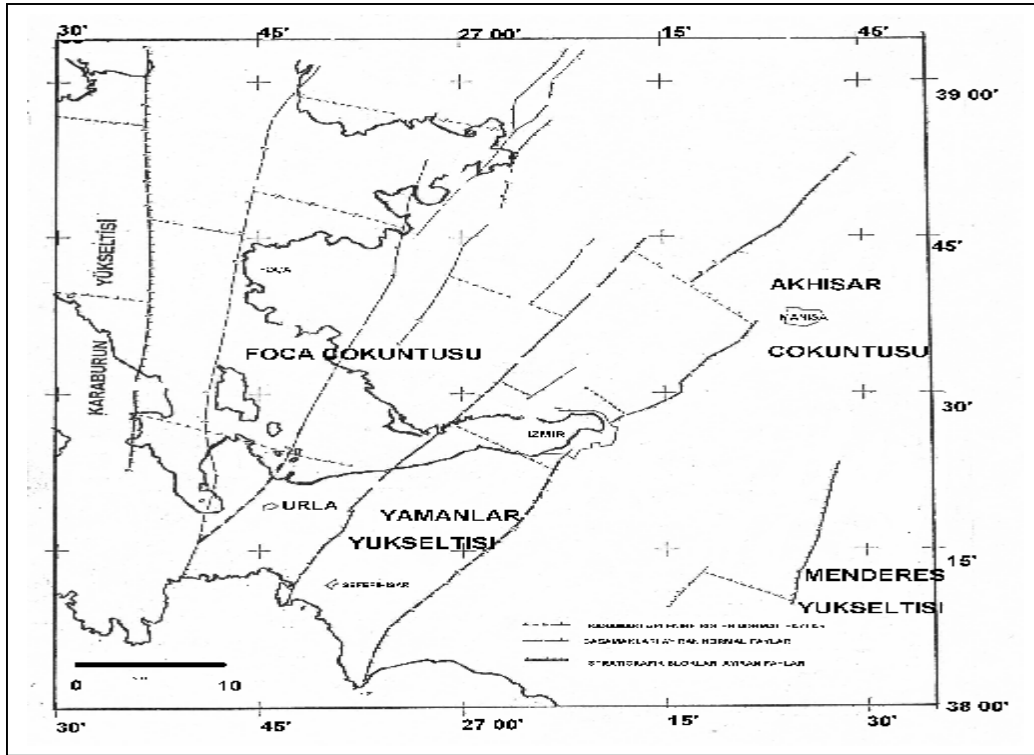
1.1. Bölgesel Tektonik Çatı

Ege'deki neotektonik yapısal hareketi başlatan sistemin Anadolu/Arap levhalarının çarpışmasından oluştuğu düşünülürse, Afrika levhasına göre daha hızlı hareket eden Arap levhasının Anadolu'yu batıya doğru hareketinin Yunan makaslama zonu tarafından frenlenmesi sonucu, bölgede genel bir doğu-batı sıkışmaya neden olmaktadır. Bu doğu-batı sıkışması kuzey - güney açılma ile karşılanmaya başlanmıştır (Ketin, 1948; Mc Kenzie,

1972; Dewey ve Şengör, 1979). Bu sistemin sonucu olarak Batı Anadolu'da, batıdan doğuya doğru grabenler meydana gelmiştir. Egedeki grabenleşme genç Miosen ve Pliyosenden başlayarak evrimlerini pleistosen de sürdürmüşlerdir. Bu arada ayrıca Pleistosen içinde de yeni doğu - batı doğrultulu grabenlerde oluşmuştur (Şengör, 1982). Bunlardan Küçük Mendres grabeni Pleistoseni en iyi şekilde belgelemektedir (Kozan, 1982). Gediz ve Büyük Mendres grabenlerinin oluşum zamanlarının geç Miosen-erken Pliosen, Edremit grabeninin ise tam çözülmemiş olmasına rağmen oluşumunun Miosende başladığı ve Kerme grabeninin Pliyosen yaşlı olduğunu vurgulanmaktadır (Şengör, 1982). Egedeki doğu-batı grabenlerinin oluşum ve gelişmeleri ile, neotektonik öncesi zamandan (paleotektonik) kalan kuzey-kuzeydoğu yönlü, vev-eğim atımlı faylarda görev yapmış (kaim yapılar) ve grabenleri bağlayıcı özellik göstererek, genel kuzey-güney yönlü genişlemeye katkıda bulunmuşlardır (Ketin, 1948; Kaya, 1979; Şengör, 1982). Bunun sonucu olarak Gülbahçe Körfezi, orta doğu Ege çöküntüsünü oluşturan ve batıdan doğuya doğru genelleştirilmiş sırası ile Karaburun yükseltisi, Foça çöküntüsü, Yamanlar yükseltisi, Akhisar çöküntüsü ve Mendres yükseltisi çizgisel basamaklarından olan Karaburun yükseltisi ile Foça çöküntüsü arasındaki yapısal eşiği oluşturmaktadır (Şekil 2) (Kaya, 1979).

1.2. Araştırma Alanı ve Civarının Jeolojisi

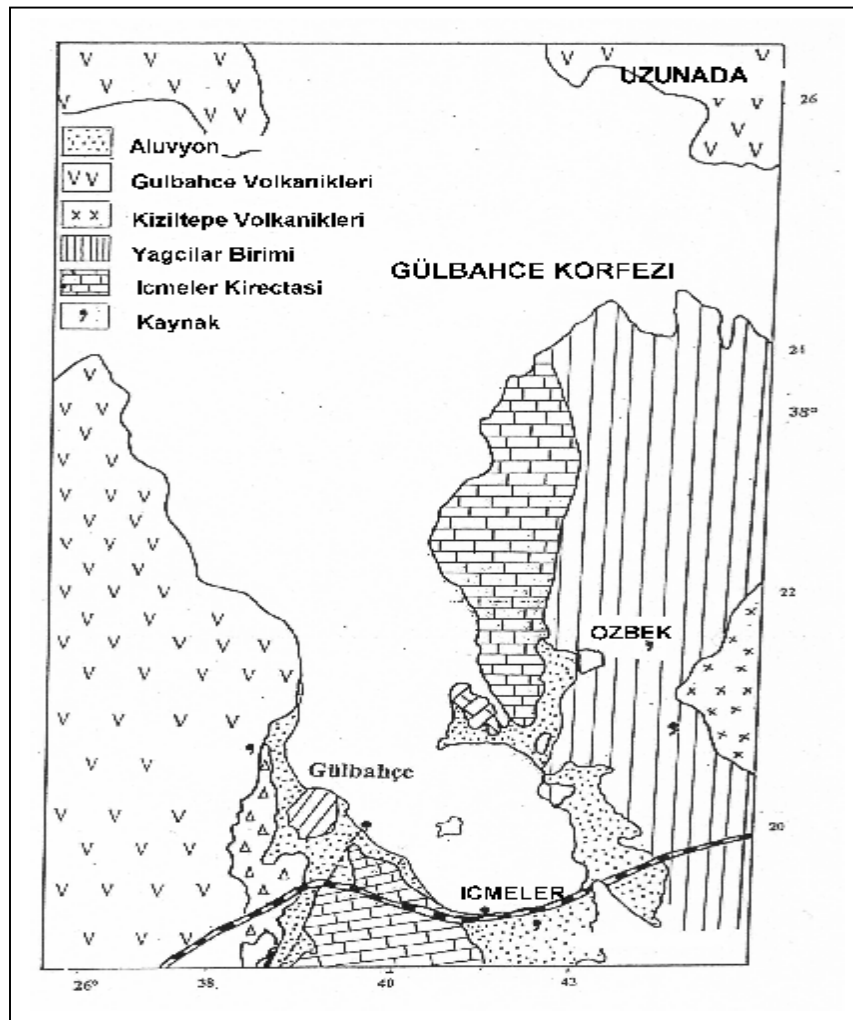
Bölgenin jeolojisi ile ilgili diğer bilgiler; birçok araştırmacının Batı Anadolu ile Karaburun bölgesinde yaptığı jeolojik çalışmaların bir sentezini yapan (Günay, 1990), Gülbahçe körfezinin kara ve deniz jeolojisini inceleyen Eftelioğlu (1983) ile Urla - İçmeler bölgesini araştıran Tarcan (1990)'nın görüşleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Şekil 3 (Tarcan, 1990)'dan yararlanılarak geliştirilen çalışma sahası civarının jeolojik haritasını göstermektedir.



Şekil 2. Doğu Ege çöküntüsü'nün yapısal-statigrafik basamakları [(Kaya, 1979)'dan alınmıştır]

Bölgede Mesozoik yaşlı birimler, Mesozoik kireçtaşları olup, Balıklıova ve Engeceli Limanları kıyı şeridinde, mikritik kireçtaşı, kalın tabakalı kireçtaşı, kırmızı kireçtaşı ve oolitik kireçtaşı içeren Trias yaşlı "Cami Boğazı Formasyonu" olarak yer alır. Bu formasyonu kumtaşı arakatlı dolomitik kireçtaşlarını içeren "Güvercinlik Formasyonu" üstlemektedir. İnceleme alanının güneyinde koyu renkli, yer yer puding içeren Kretase yaşlı kireçtaşları yer alır. Ayrıca inceleme alanının kuzeydoğusunda yer alan Uzunada da ise ayırtlanmamış tüfit ve marnlar yer almaktadır. Tersiyer; inceleme alanının batı, güney-batı ve kuzey kesimlerinde Gülbahçe volkanitleri, Miosen ve Eosen yaşlı volkanitler, andazit, riyolit, lav, tüf, tüfit ve aglomera ile körfezin doğusunda Neojen yaşlı kireçtaşı (ıçmeler kireçtaşı) içeren çökeller yer almaktadır. Kuvarterner; en genç örtü olarak Kuvarterner yaşlı alüvyon, yukarıda belirtilen birimlerin çukur yerleri ile güney kıyı kesimlerinde yer almaktadır.

1.3. Bölgesel Sismotektonik Yapı



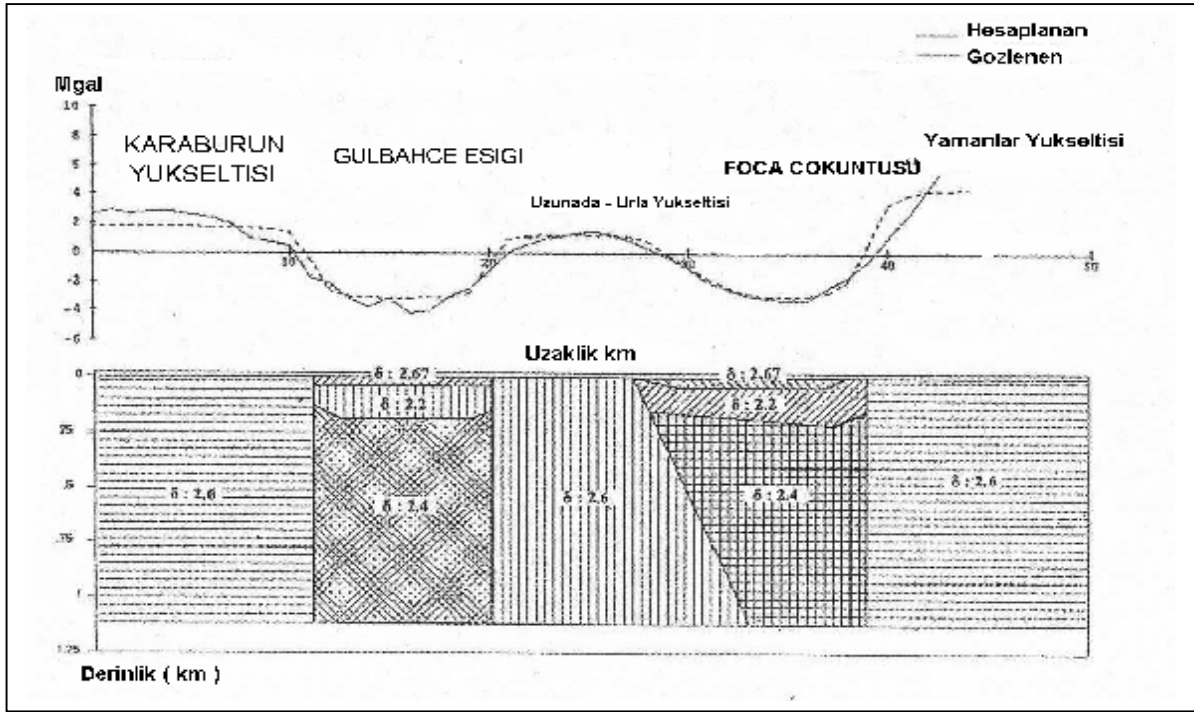
Şekil 3. Gülbahçe Körfezinin jeolojisi[(Tarcan ve Filiz, 1990)'dan alınmıştır]

Genel olarak Batı Türkiyede sığ ve derin odaklı depremler doğudan batıya doğru dizilim gösterirler. Burada yay şeklinde iki ana deprem kuşağı tanımlanabilir. Bunlardan birincisi Ege Denizi adalar yay kuşağı, diğeri ise Kıbrıs yay kuşağı olup, bu kuşaklar Güneybatı

Anadolu'da Burdur-İsparta yakınlarında kesişir (İsparta üçgeni). Odak mekanizmaları üzerinde yapılan çalışmalar bu depremlerin çoğunlukla, önemli doğrultu atım birleşenlerine sahip normal ve kısmen de doğrultu atımlı faylanmalarla ilişkili oldukları görülmektedir. Sismik moment tensör sonuçlarına göre Batı Anadolu güneybatıya doğru yılda 30 mm kaymaktadır. Büyük Menderes Fay Zonunda kayma miktarı 40 mm/yıl, Küçük Menderes'de ise 10 mm/yıl olarak verilmektedir. GPS sonuçlarına göre de Batı Anadolu güneybatıya yılda 50 ± 20 mm kaymakta, kuzey-güney yönünde ise 1cm/yıl olarak açıklanmaktadır. Bölgede oluşmuş depremlerden açığa çıkan enerji miktarı birim yılda 2.3×10^{20} erg civarındadır.

Bölgeye ait sismolojik veriler Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinden temin edilmiştir. Bu veriler Körfez ve civarında oluşan 0-5, 5-10, 10 km den daha derin ve magnetüdlüleri 3'den küçük, 3-5 arası ve 5'den büyük olanları içermektedir. Şekil 10'da bunların lokasyonları verilmeye çalışılmıştır. Görüldüğü gibi bunlar bilinen Söğütköy, Kapıkaya, İçmeler fayları ve bunların denizdeki devamlarından oluşmaktadır.

Ayrıca Ege Adaları ve Batı Türkiye'de yapılan paleomanyetik çalışmalar kabuksal bloklarda yatay hareketlerin olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma alanının civarında Karaburun Yarımadası Bloğunda saat yönünde 44°'lik bir dönme hareketi sözkonusu iken yanındaki İzmir Bloğunda ise saat istikametinin tersinde 37°'lik farklı bir hareket oluşmaktadır (Kissel vd., 1986). Bu durum Karaburun yükseltisi ile Yamanlar yükseltisi arasındaki Gülbahçe Körfezinin de yer aldığı Foça çöküntüsünün zamanla kapanmakta olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.G1-G2 gravite profili ve yapı modeli

2. YÖNTEM

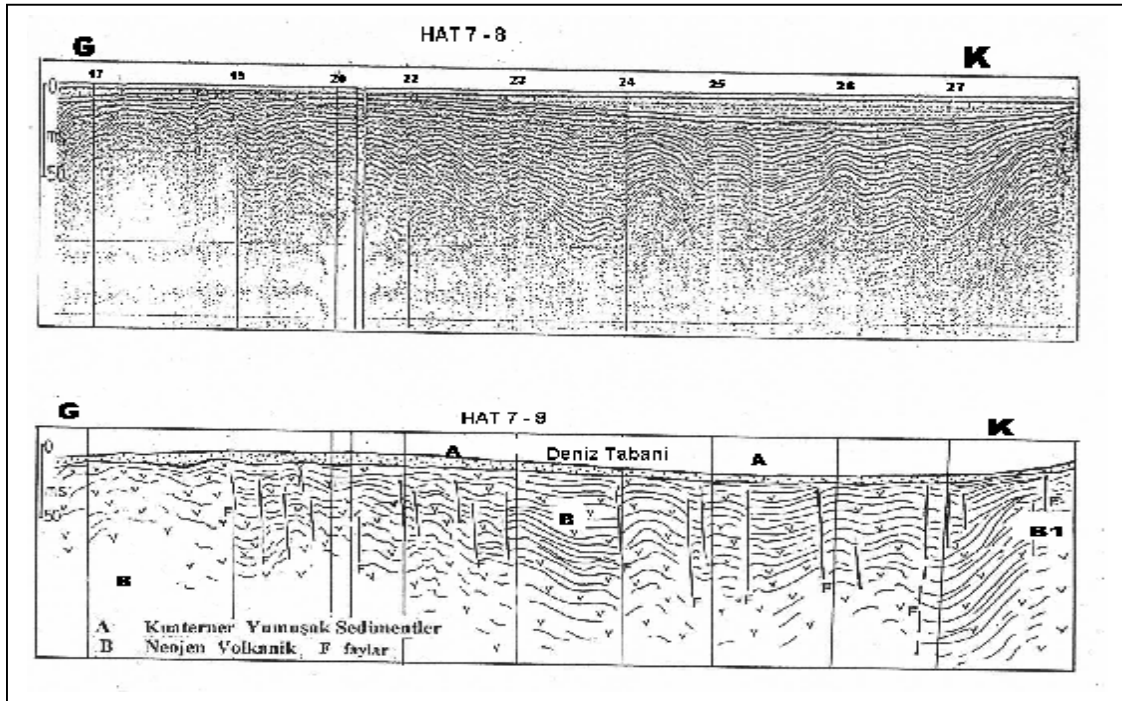
2.1. Gravite Çalışmaları

Bölgenin genel yapısını ortaya koymak amacıyla Şekil 1'de belirtilen G1-G2 profili boyunca Maden Tetkik Arama Enstitüsü tarafından hazırlanan Bouger gravite haritasından

yararlanılmıştır. Profile birinci derece trend uygulanarak rejyonel etkiler giderilmeye çalışılmış bölgenin yüzeysel yükselti ve çukurluk (Hors-graben) yapısı ortaya çıkarılması arzulanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kesit üzerinde (Talwani vd., 1959) yöntemiyle modelleme çalışması yapılmıştır. Burada sediment yoğunlukları olarak Karaburun Bölgesinde hakim kumtaşı ara katkılı kireçtaşları için 2.6 gr/cm³ deniz suyu yoğunluğu 2.67 gr/cm³ (Bouger düzeltmesi nedeniyle) Gülbahçe volkanitleri için 2.2, Uzunada-Urla Bölgesi ayırtlanmamış tüfit, marn 2.6 gr/cm³ flişler için 2.4 gr/cm³ ve Yamanlar bozuşmuş andazitleri için 2.4 gr/cm³ alınmıştır (Şekil 4). Sonuç olarak, Karaburun horsu, Gülbahçe eşiği Uzunada-Urla, Seferihisar horsu faylarla ayrılmakta ve sonra Foça çukuruna (grabenine) girmektedir.

2.2. Sığ Sismik, Sonar Çalışmaları ve Değerlendirilmesi

Şekil 1'de gösterilen hatlar üzerinde 0.5 lt Hava Tabancası (air-gun) enerji kaynaklı ve 3.5 KHz yüksek ayrımlı sub-bottom profiler sistem ile sismik kesitler alınmıştır. Hava Tabancası kaynaklı sığ sismik çalışmalarında 1 saniyelik gidiş-geliş (Two Way Travel Time-TWTT) seçilmiştir. Alıcı kaynak olarak 10 elementli ve tek kanallı hidrofonsu sistemi (stramer) kullanılmıştır. Elde edilen veriler çalışma sırasında analog kayıtçılara ve değişik frekanslarda yorumlama yapabilmek için manyetik bantlara kayıt edilmişlerdir. Kesitlerde tekrarlı yansımaları

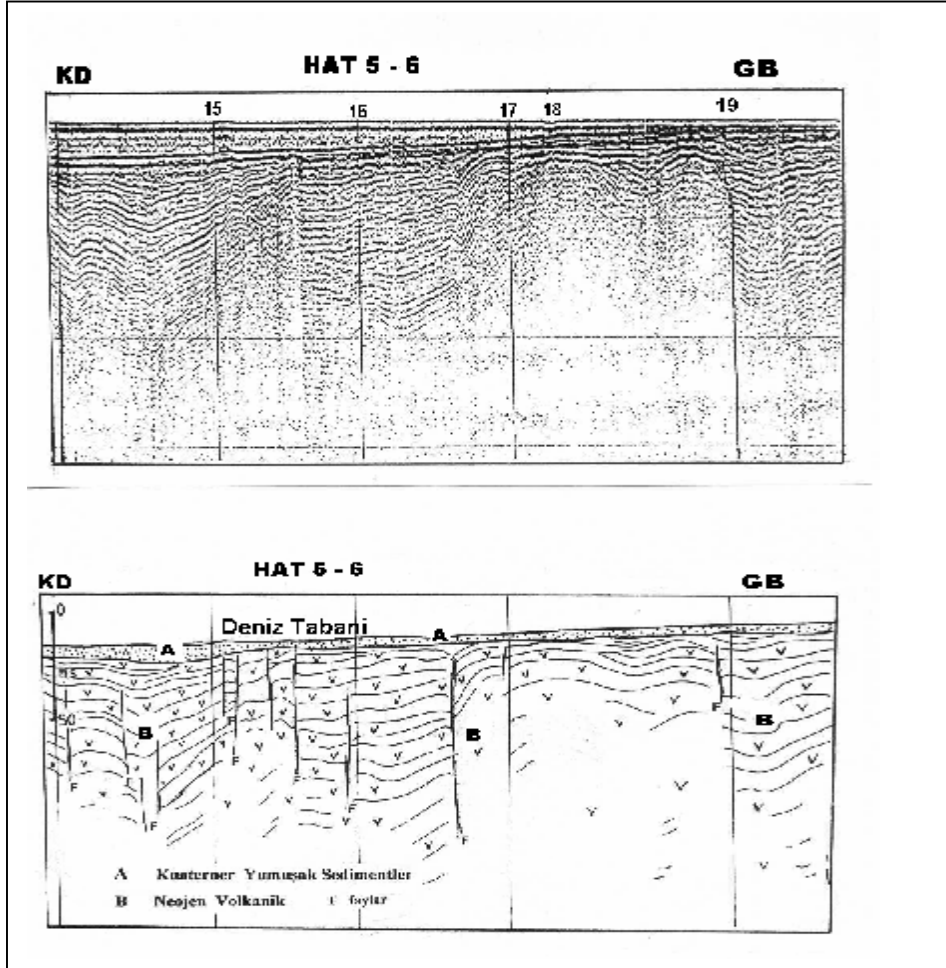


Şekil 5.Sismik 7-8 Hattı ve yorumu

kaldırıcı hiçbir işlem yapılmamasına rağmen yansıma geometrisinin tesadüfen denk gelişi ve sinyallerin baskın oluşu kayıtları bozmamış ve enerjinin gücü nisbetinde penetrasyon sağlanmıştır. Yaklaşık 100-150 ms seviyesindeki kayıtlarda ortalama sediment hızı 1600-1650 m/s olarak düşünüldüğünde penetrasyon derinliği 200-250 m'ye ulaşmaktadır.

Bu kesitlerin değerlendirilmesinde penetrasyona bağlı olarak körfez genelinde iki farklı sismik tabaka paketi tesbit edilmiştir ve kesitler üzerindeki yorumlamada bu tabakalar (A),

(B) şeklinde gösterilmiştir. Örnek olarak seçilen ve Gülbahçe Körfezini kuzey-güney doğrultuda kesen 7-8 nolu air-gun kesiti Şekil 5 ile körfezi çapraz kesen 5-6 nolu air-gun kesitlerinden de izlenebileceği gibi Şekil 6 üstteki genç birim (A) kendi arasında ince ve düzgün tabakalaşma gösteren Kuvaterner yaşlı yumuşak sediment paketi olup akustik olarak geçirgen (transparan) özellik göstermektedir. Kesitlerde altta (B) ile gösterilen tabaka kendi arasında ince tabakalaşma göstermekle birlikte birimde yoğun bir kıvrımlanma ile birlikte normal fay (F) ve kırıklarla kesilmeler izlenmektedir. Ayrıca 7-8 nolu hattın kesitinin kuzeyinde (B) tabakasının kıvrımlarının yansımaları aniden kesilip saçılımlı bir durum göstermektedir. Kesitlerde (B1) ile ifade edilen (B) tabakasının bu bölümünün tektonik yatay bir hareketten (doğrultu atımlı fay) etkilendiği düşünülebilir (Şekil 5).

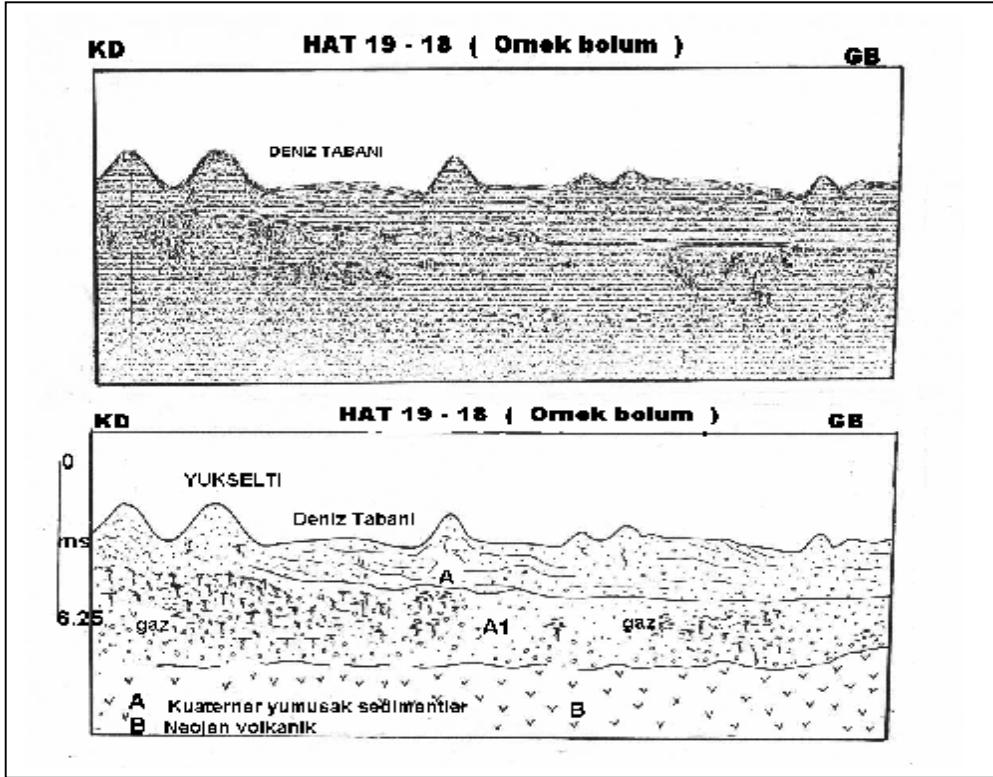


Şekil 6.Sismik 5-6 hattı ve yorumu

Yüzeysel sedimentlerinin yapısal durumunu araştırmak ve daha derin seviyelerle korelasyon sağlamak amacıyla Gülbahçe Körfezinin tümünü kapsayacak şekilde yüksek ayrırlılıklı 3.5 KHz sub-bottom profiler sistem çalışmaları yapılmıştır. Şekil 1’de kesikli çizgi ile belirtilen hatlar oldukça uzun kayıtlardan oluşmaktadır. Bu nedenle şekilde 19-18 hattı üzerinde koyu çizgi ile gösterilen bölüm bölge özelliklerini belirttiğinden kesit bölümü ve yorumu Şekil 7’de verilmiştir. Çalışmada 125 ms gidiş-geliş zamanı (TWTT) kullanılmıştır.

Hava Tabancası kesitleriyle korele edildiğinde zaman derinliği açısından bu derinlik Kuvaterner yumuşak sedimentlerini ve Neojen volkano sedimentlerin üst birimini içermektedir. Kesitte (A) ile gösterilen tabaka güncel yumuşak sediment paketi olup kendi

arasında düzgün yatay tabakalanma içermektedir. Ayrıca (A) tabakası içinde (A1) ile ifade edebileceğimiz daha eski bir birim (üst Pliyostosen-Holosen) gibi ayırt edilebilmektedir. Daha alta ise kesitlerde saçınımlı bir yüzey görünümü veren neojen volkanitleri izlenmektedir. Körfez genelinde (A) birimi düzgün bir paket görünümündedir ve hava tabancası kesitlerinde izlediğimiz alttaki (B) birimi gibi fay ve kırıklardan etkilenmemiştir yani tektonik olarak aktif görülmemektedir. Körfez genelinde Kuaterner yumuşak sedimenlerin derinlikleri kıyıya yakın kesimlerde artmaktadır. Şekil 10'da noktalı olarak taranmış İç Körfeze yakın bölgelerde birtakım yükselti göze çarpmaktadır. Bu bölge

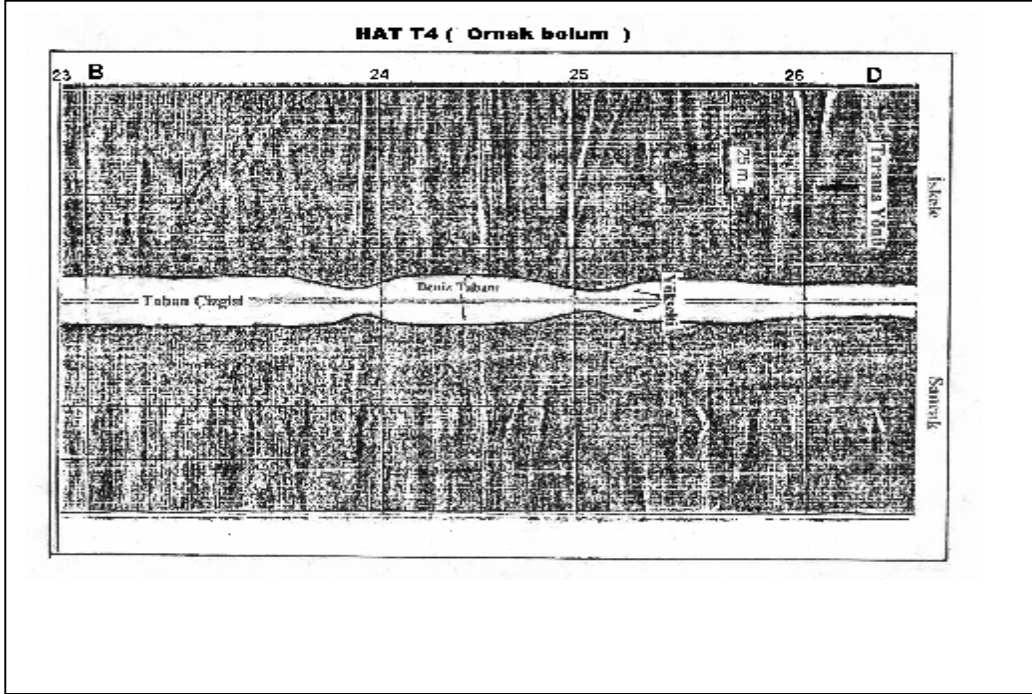


Şekil 7. Sismik 19-18 hattı 3.5 kHz kesidi ve yorumu

civarından bir çok karasal sediment taşınması olmaktadır. Bu nedenle bu tür yükselti yapılarının altında kayıtlarda yoğun gaz hareketleri izlenmektedir. Bölgenin jeotermal bir alan oluşu ve taşıma nedeniyle oluşan çözünme gazları bir aktivite oluşturmaktadır. Deniz tabanından alınan (grab sampler) örneklerde tabanın çok ince mil ve kil yoğunluğu bu gazların yüzeye çıkmasını engellemekte ve bu yumuşak sedimenleri şişirmektedir (Şekil 7).

Kesitlerde yükselti dik gözükmese de yatay ve düşey ölçekteki farklılığın fazla olması nedeniyle aslında yaklaşık 2-2.5° eğimli tümsekler şeklindedir. Bu şekillerin deniz tabanı morfolojisini gözlemlemek amacıyla Şekil 1'de noktalı olarak gösterilen hatlar üzerinde yanal tarama sonarı çalışması yapılmıştır. Yanal tarama sonarında sancak ve iskeleden 100 m'lik taramalar 105±10 kHz çalışma frekansı ile 20-50° düşey tarama açısı ile yapılmıştır. Şekil 8'de hat T4 üzerinde örnek bir bölüm gösterilmiştir. Bu kesit doğu-batı doğrultusunda alınmış ve Şekil 1'de şekilde gösterilmiştir. Sonarın eski ve analog kayıtlı olmasına rağmen yükselti yayılımlarının konik olduğu yüksekliklerinin birkaç tane olduğu ve çaplarının 25-250 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu durum kesit 3.5 KHz kayıtlarından da anlaşılmaktadır.

Elde edilen kesit verilerinden bölgenin stratigrafik yapısı belirtilmek istenmiştir. Şekil 9'da en üstte Güzelbahçe Körfezi'nin genel bir su derinliği haritası (batimetri) onun altında Holosen birim, Neojen birim ve en altta ise Kuvaterner sediment tabakası ifade edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 8.T4 Hattı yanal tarama sonar kaydı

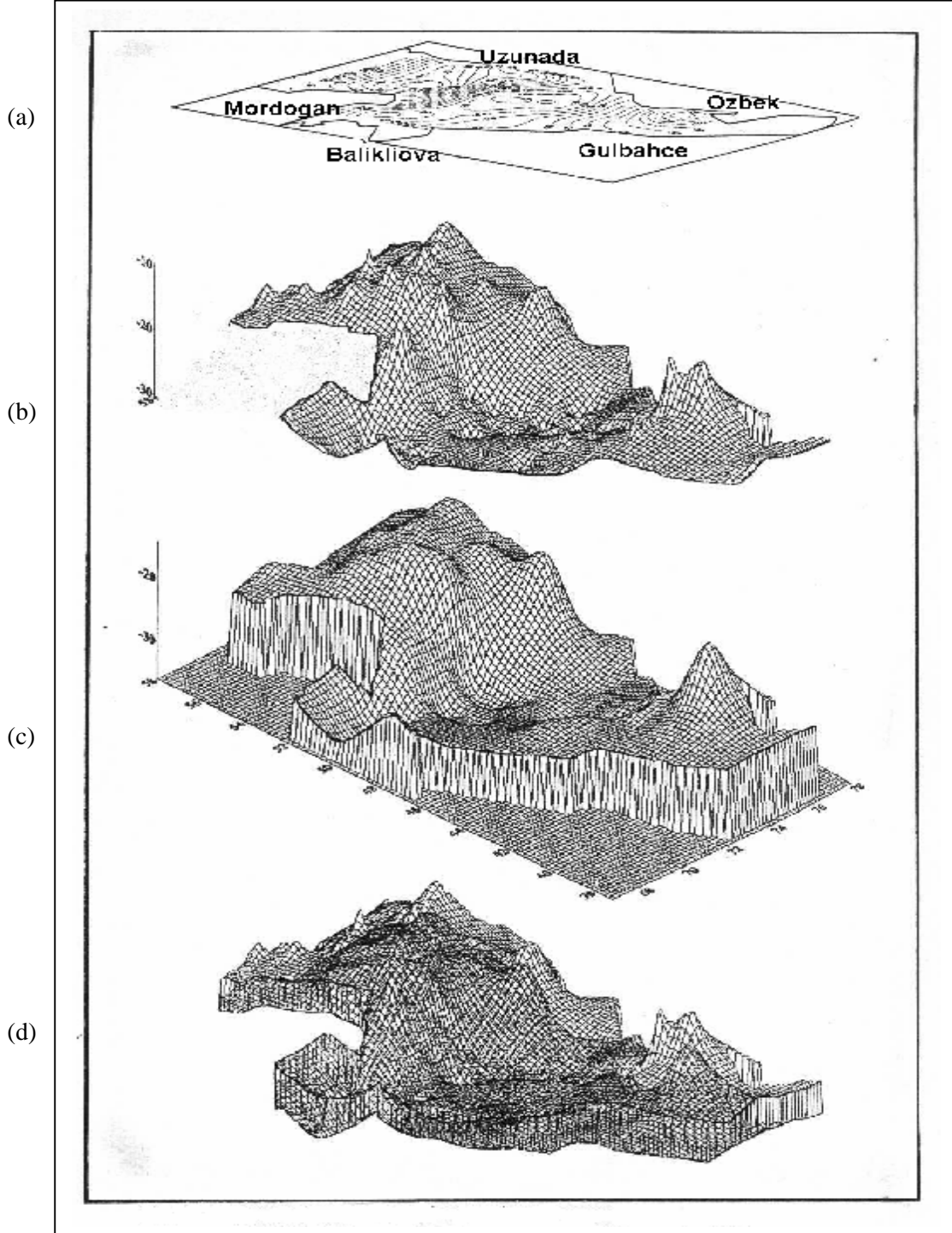
Bölgenin neotektonik yapısını irdelemek amacıyla Şekil 10'da sismik kesitlerden tespit edilen ana fay eksenleri, deprem lokasyonları ve diğer yapısal hareketlerin uzaktan algılama (Remote sensing) haritası ile korelasyonu yapılmıştır. Kuzey-güney sıkışmasına bağlı Kuzey-Güney, Kuzey-Batı, Güney-Doğu kırık hatları etkinliklerini devam ettirmektedirler ve Gülbahçe Körfezi, Karaburun yükseltisinden Şekil 4'te görüldüğü gibi Batıdaki normal fayla basamaklanmış, daha sonrada Uzunadanın doğusundaki normal fayla Foça çukuruna geçiş yapmaktadır (Günay, 1998).

3. SONUÇLAR

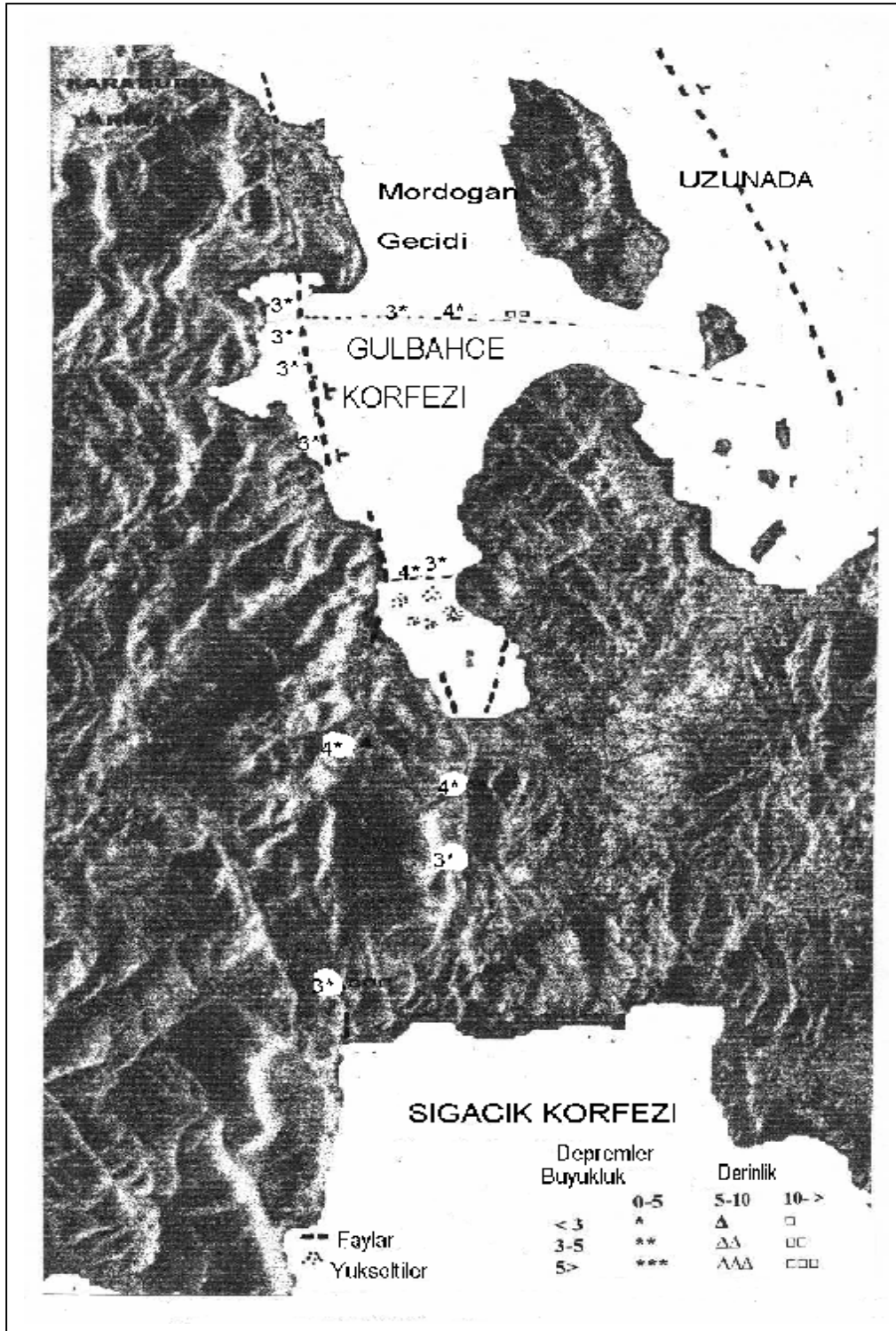
Gülbahçe Körfezi, Ege çöküntüsünün doğusunu oluşturan ve batıdan doğuya doğru Karaburun yükseltisi, Foça çöküntüsü, Yamanlar yükseltisi, Akhisar çöküntüsü ve Menderes yükseltisi çizgisel basamaklarından Karaburun yükseltisi ile Foça çöküntüsü arasında yapısal eşiği oluşturmaktadır. Gülbahçe Körfezinin eski K-G sıkışma tektoniğinden kaynaklanan kırılma hatlarının neotektonik devredeki K-G genişmesinde de rol oynadığı anlaşılmaktadır. Bu blokların birbirlerinden normal faylarla ayrıldığı gravite verilerinin modellenmesiyle ortaya konmuştur. Sığ sismik çalışmalar körfez genelinde iki sismik tabaka paketi ayırtmaktadır. Bunlardan üstte olanı Kuaterner güncel sediment paketi onun altında ise aktif tektonik yapıya sahip Neojen volkanitlerden oluşan tabaka paketidir. Üstteki yumuşak sedimentlerde fay ve kırılma gibi tektonik aktivitelerin görülmeşi çalışma alanının neotektonik açıdan sakin olduğunu göstermektedir. Ayrıca özellikle İç Körfezde üstteki bu Kuaterner sismik pakette gözlenen kıvrımlanma ve taban yükseltilerinin Körfezdeki çürüme gazları ve jeotermal aktiviteden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Sismik, sismotektonik ve gravite verilerinin ilişkilendirilmesi Kuzey-Güney genişlemesine bağlı olarak gelişen ve gediz grabeninin neotektonik dönemde bir kolu olan Doğu-Batı uzanımlı

İzmir yarı grabeni ile Uzun adanın doğusundaki kabaca Kuzey-Güney doğrultulu neotektonik öncesi oluşan Fay sistemiyle denizde kesiştiği ve aktivitesini bu eski yapıları kullanarak devam ettirdiği görülmüştür.



Şekil 9.Çalışma bölgesi batimetrisi ve stratigrafik yapısı, (a)Batimetri, (b)Holosen yüzey, (c)Neojen yüzey, (d) Kuarterner sediment paketi



Şekil 10.Çalışma sahası ve civarındaki faylar, deprem lokasyonları ve yapısal hareketler

KAYNAKLAR

- Devwey J.F., Şengör A.M.C., (1979): "Aegean and Surrounding Regions: Complex Multiplate and Continuum Tectonics in a Convergent Zone", Geol. Soc. America Bull., Part 90, 84-92.
- Eftelioğlu M., (1983): "Gülbahçe Körfezi Sedimantolojisi ve Dinamiği", DEÜ DBTE-DJJ Yüksek Lisans Tezi, 111s..
- Günay C.I., (1990): "Karaburun Yarımadasının Batı Kıyısında yapılan deniz sismik çalışmalarının bölge jeolojisine olan katkıları", DEÜ DBTE-DJJ Yüksek Lisans Tezi, 92s..
- Günay C.I., (1998): "Batı Anadolu-Ege Denizi neotektoniğinin jeofizik yöntemlerle incelenmesi", DEÜ DBTE-DJJ Doktora Tezi, 150s..
- Kaya O., (1979): "Ortadoğu Ege çöküntüsünün(Neojen) stratigrafisi ve tektoniği", Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 22, 233-274..
- Ketin I., (1948): "Über die tektonisch-mechanischen folge rungen aus den grossen Anatolischen erdbeben des letzten dezenniums", Geol. Rundsch., 36, 77-83.
- Kissel C., Laj C., Poisson A., Savaşçın Y., Simeakis K., Mercier J.L., (1986): "Paleomagnetic Evidence for Neogene Rotational Deformations in the Aegean Domain Tectonics", v.5, No 5, 783-795.