



## Gediz ayrılma zonu: Fay kayacı stratigrafisi ve tektonik önemi

### *Gediz detachment zone: Fault rock stratigraphy and tectonic significance*

**Mehmet Akif SARIKAYA**

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, ANKARA

#### ÖZ

Gediz Grabeni'nin güney kenarı boyunca uzanan düşük eğim açılı Gediz ayrılma fayı, bölgede çeşitli kataklastik kayalar ve milonitik doku içeren bir ayrılma zonu oluşturmuştur. Kalınlığı yer yer 55 ile 140 m arasında değişen ayrılma zonunda, temel kayalardan itibaren yüze doğru, kataklastik kayalar kendi aralarında belirli bir dizilim gösterir. Arazi çalışmaları ve petrografik incelemelere göre ayrılma zonu; (1) geçiş zonu, (2) milonitik zon ve (3) breşik zondan oluşur. Geçiş zonunda, temel kayalardan itibaren fiziksel ve kimyasal bozunmaya uğramış çeşitli metamorfik kayalar ile granodiyoritler ve belli belirsiz milonitik foliasyonlar içeren metagranodiyoritler bulunur. Milonitik zonda, sınırlı deformasyonun izlerini taşıyan milonitik şist, milonit, kataklazit, ultramilonit ve yer yer mikrobreş gözlenir. Yüze yaklaşıldıkça, kırılma deformasyonunun izleri artar. Breşik zon içerisinde, genellikle mikrobreş ve fay breşi bulunur. Derinlerden itibaren yüze doğru böylesi bir dizilim gösteren kayalar, başlangıçta sınırlı ve sonrasında da kırılma ilerleyen bir deformasyon sonucu, Gediz ayrılma zonunu oluşturmuştur. Bu zon, bölgede Miyosen'den beri süregelen kıtasal açılmaya neden olan deformasyonun türü ve büyüklüğü hakkında önemli ipuçlarına sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Çekirdek kompleks, fay kayacı stratigrafisi, Gediz ayrılma fayı, Gediz Grabeni, gerilmeli tektonizma, Menderes Masifi.

#### ABSTRACT

*Low-angle Gediz detachment fault, which extends along the southern rim of the Gediz Graben, constitutes a detachment zone that including various cataclastic rocks and mylonitic fabrics. The depth of the zone changes between 55-140 m. Based on the field observations and petrographic studies, the cataclastic rocks exhibit a well defined succession. The detachment zone can be divided into 3 parts; (1) transition zone, (2) mylonitic zone and (3) breccia zone. The transition zone is composed of physically and chemically altered metamorphic and granodioritic rocks, and metagranodiorites which include mylonitic fabrics. Ductile deformed mylonitic schist, mylonite, cataclastite, ultramylonite and microbreccia make-up the mylonitic zone.*

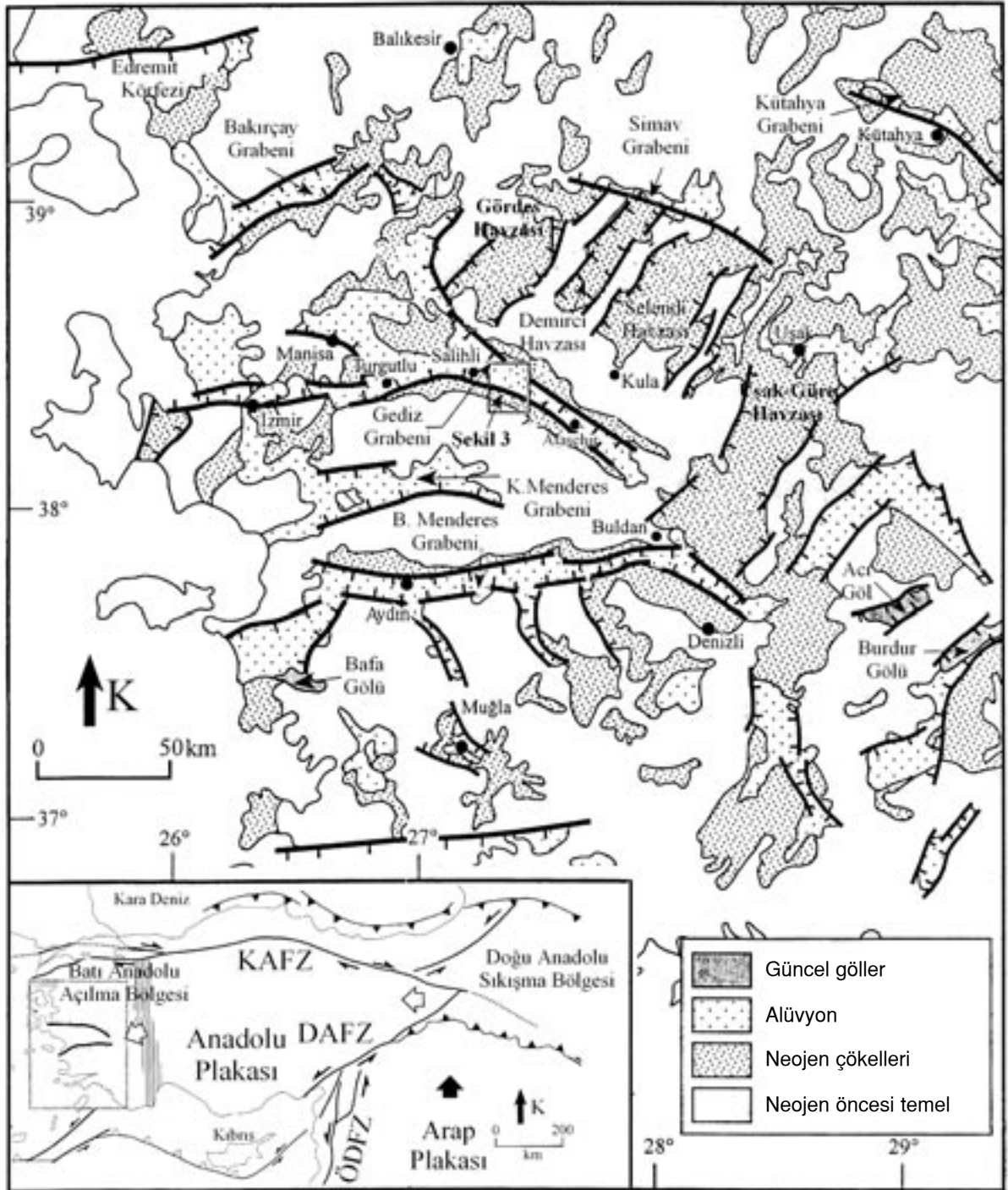
*Breccia zone is composed of microbreccia and fault breccia. The overall succession indicates a ductile deformation, followed by a progressive brittle deformation. Therefore, the Gediz detachment zone shows the characteristics of the extensional regime that governed the region during Miocene.*

**Key Words:** Core complex, fault rock stratigraphy, Gediz detachment fault, Gediz Graben, extensional tectonics, Menderes Massif.

#### GİRİŞ

Çalışma alanı, Batı Anadolu Açılma Bölgesi (Şengör, 1987)'ndeki Gediz Grabeni'nin güney kenarında, Manisa ilinin güneydoğusunda Ala-

şehir ile Salihli ilçeleri arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Batı Anadolu'nun tektonik açıdan önemli yapısal unsurlarından olan Gediz Grabe-



Şekil 1. Çalışma bölgesinin yerbulduru haritası (Bozkurt, 2001'den) (KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, ÖDFZ: Ölü Deniz Fay Zonu, BZYZ: Bitlis-Zagros Yitim Zonu).

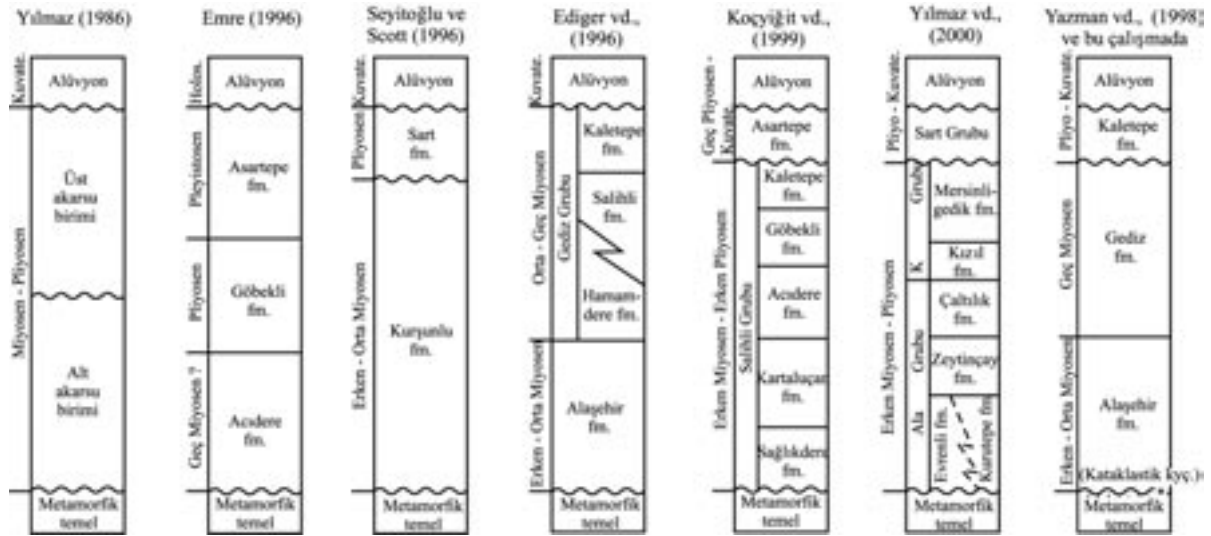
Figure 1. Location map of the studied area (after Bozkurt, 2001) (KAFZ: North Anatolian Fault Zone, DAFZ: East Anatolian Fault Zone, ÖDFZ: Dead Sea Fault Zone, BZYZ: Bitlis-Zagros Suture Zone).

ni'nin güney kenarı boyunca Menderes Masifi'ne ait temel kayalar ile Neojen yaşlı sedimanter örtü kayalarını birbirinden ayıran ve araştırmacılar tarafından farklı isimlerle adlandırılan (Karadut ayrılma fayı: Emre, 1996; Çamköy ayrılma fayı: Koçyiğit vd., 1999; Kuzey ayrılma fayı: Gessner vd., 2001a) Gediz ayrılma fayı (Lips vd., 2001; Sözbilir, 2001 ve 2002) bölgede, öncesinde sünümlü, sonrasında da kırılğan şekilde ilerleyen deformasyon sonucu bir zon tektonik oluşturmuştur. Bu çalışma kapsamında Gediz ayrılma fayının en iyi gözlemlendiği Karadut köyü ve çevresinde, (bkz. Şekil 1) bu makaslama zonuna ait milonitik ve kataklastik kayalar, ayrıntılı arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla aktarılmıştır.

Gediz Grabeni ve çevresinde yapılan daha önceki çalışmalarda bölgenin stratigrafisi önceki araştırmacılar tarafından ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir (Evirgen, 1979; Yılmaz, 1986; Yağmurlu, 1987; İztan ve Yazman, 1990; Cohen vd., 1995; Ediger vd., 1996; Emre, 1996; Seyitoğlu ve Scott, 1996; Yazman vd., 1998; Koçyiğit vd., 1999; Yılmaz vd., 2000; Sözbilir, 2001). Yukarıda sözü edilen çalışmalarda stratigrafik birimler oldukça farklı isimlerle anılmıştır (Şekil 2).

Batı Anadolu'da oldukça geniş yüzlekler veren Menderes Masifi ile onu kabaca üç parçaya ayı-

ran D-B gidişli grabenler (Büyük Menderes ve Gediz grabenleri) ve bu yapılar arasındaki ilişki, bölgenin özellikle neotektonik gelişiminin anlaşılmasında önemli bilgiler içermektedir. Bu nedenle Ege Bölgesi açılmalı tektonik evrimine ilişkin çalışmalar bu bölgelerde yoğunlaşmıştır (Evirgen, 1979; Öztürk ve Koçyiğit 1983; Dora vd., 1992; Ediger vd., 1996; Seyitoğlu ve Scott, 1996; Seyitoğlu vd., 2000; Yılmaz vd., 2000; Bozkurt, 2001a ve 2001b; Bozkurt ve Oberhanslı, 2001; Lips vd., 2001; Seyitoğlu vd., 2002; Gürsoy, vd., 2003; Işık vd., 2003; Bozkurt ve Sözbilir, 2004). Özellikle, Menderes Masifi'nin yükselmesini sağlayan düşük açılı ayrılma faylarına yönelik çalışmalar son yıllarda artarak devam etmektedir (Emre ve Sözbilir, 1995; Hetzel vd., 1995a; Emre, 1996; Koçyiğit vd., 1999; Bozkurt, 2000 ve 2002; Sözbilir, 2002; Özer, vd., 2004). Batı Anadolu Bölgesi'ndeki bulunan düşük açılı normal fay karakterindeki ayrılma faylarından en iyi bilineni ve en çok inceleme konusu olanı, Gediz Grabeni'nin güney kenarı boyunca uzanan, Gediz ayrılma fayıdır (Dart vd., 1995; Seyitoğlu ve Scott, 1996; Seyitoğlu vd., 2000; Gökten vd., 2001; Sözbilir, 2001; Seyitoğlu vd., 2002, Bozkurt, 2003; Işık vd., 2003). Daha önce yapılan çoğu çalışmada, Gediz Grabeni'ndeki stratigrafik birimler ayırtılmı, bu yapıların tektonizma ile ilişkisi ortaya konulmuş



Şekil 2. Çalışma bölgesinde yapılmış bazı çalışmalara göre genelleştirilmiş stratigrafik kesitler (Bozkurt, 2003'den).

Figure 2. Generalized stratigraphic sections of the investigated area from previous investigations (after Bozkurt, 2003).

ve bölgede hüküm süren tektonik rejim yapısal olarak ele alınmıştır. Bölgedeki faylar ve faylara bağlı gelişen yapılar ayrıntılı arazi verileriyle yukarıda sözü edilen yayınlarda sunulmuştur.

Ancak Menderes Masifi'ne ait metamorfik temel kayalar ile Neojen yaşlı sedimanter örtü kayalarını birbirinden ayıran Gediz ayrılma fayının oluşturduğu ayrılma zonuna yönelik ayrıntılı saha çalışmaları bulunmamaktadır. Ayrılma zonunda yüzeylenen milonitik özellikteki kataklastik kayalar ve temel kayalarından itibaren ayrılma fayının bulunduğu yüzeye doğru kendi içinde bir dizilim göstermektedir. Gediz ayrılma fayı ve taban bloğunda gelişen böylesi bir deformasyon, özellikle Menderes Masifi'nin kıta kabuğunun derinlerinden yüzeye çıkış mekanizmasının anlaşılmasında önemli bir yer tutmaktadır.

Bu çalışmada, bölgede bulunan Gediz ayrılma zonuna ilişkin arazi gözlemleri ve bu zondan alınan örneklerin petrografik incelemeleri ile elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Bu kapsamda, arazi ve petrografik verilerden yararlanılarak, Gediz ayrılma fayına bağlı olarak oluşan sünümlü ve kırılğan deformasyona uğramış kayaların stratigrafisi ve sonuçları aktarılmıştır.

## STRATİGRAFI

Bölgede yapılan daha önceki çalışmalar (bkz. Şekil 2) esas alınarak inceleme alanında yüzeylenen kayalar başlıca iki grupta toplanabilir; (1) temel kayalar ve (2) sedimanter örtü kayaları. Bu iki kayaç grubu arasında ise, inceleme konusunu oluşturan temel kayalarının dinamik metamorfizması sonucu oluşan kataklastik kayalar bulunmaktadır.

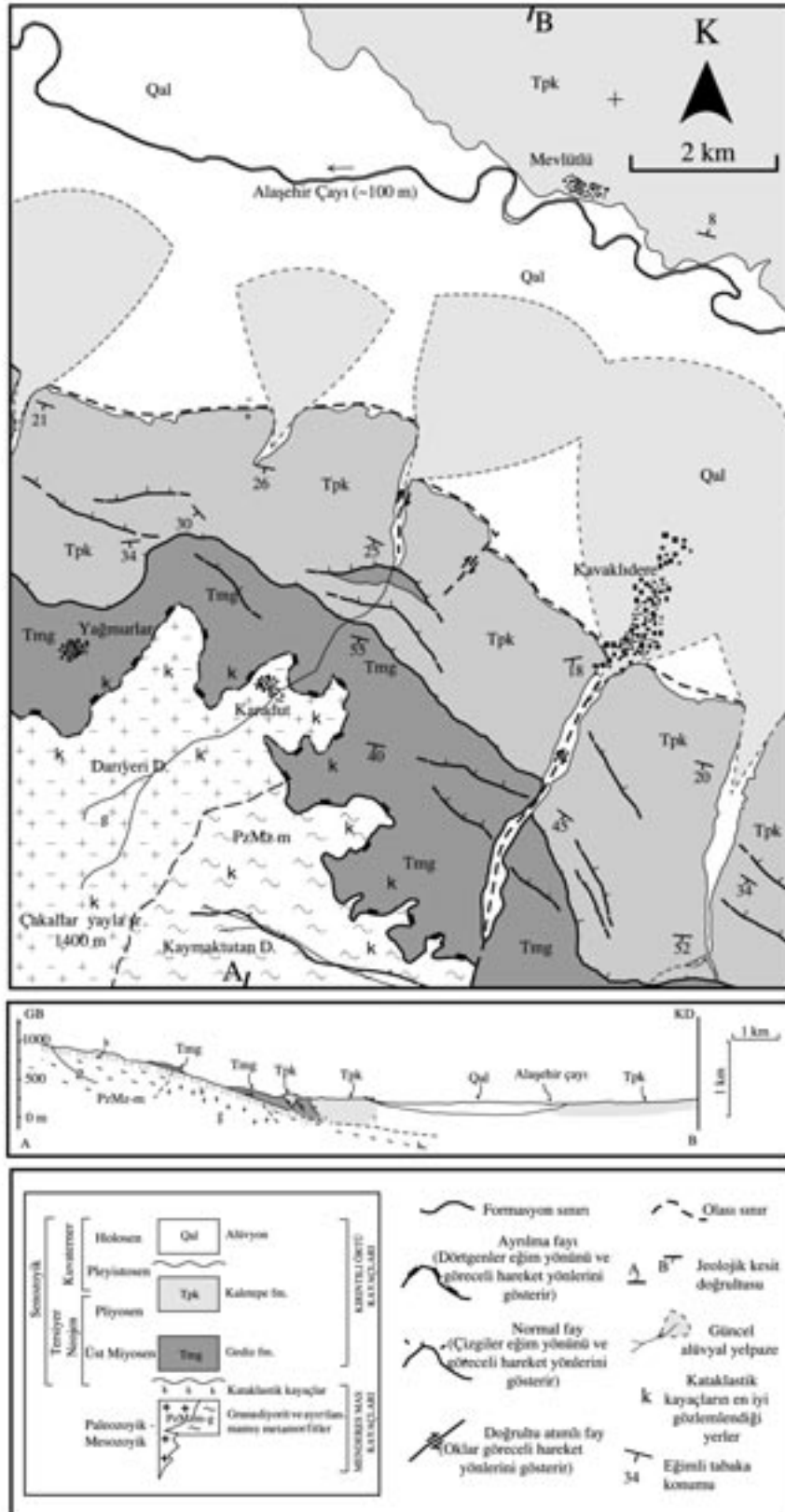
### Temel Kayalar

Bu çalışmada; (a) Menderes Masifi'ne ait çeşitli metamorfik kayalar ve (b) bu kayaç toplulukları içine sokulum yapmış granodiyorit, temel kayalar olarak nitelendirilmiştir. Temel kayalar, çalışma bölgesinin güneybatısındaki yüksek kotlu topoğrafik seviyelerde yüzeylenmişler ve Gediz ayrılma fayının etkisiyle tamamen kataklastizmaya uğramışlardır. Kataklazma etkilerinin görülmediği, ana kayaç özelliklerini yansıtan temel kayalarına ancak çalışma alanının güney

ve güneybatısında bulunan Darıyeri dere ve Kaymaktutan dere gibi derin kazılmış vadi tabanlarında rastlanmaktadır (Şekil 3).

Temel içinde incelenen metamorfik kayalar Menderes Masifi'ne ait birimlerden oluşmaktadır. Ege bölgesinde Menderes Masifi'ne ait kayalar D-B doğrultulu grabenler tarafından üç adet alt masife ayrılmıştır (Şengör vd., 1984; Satır ve Friedrichsen, 1986). Genel olarak Menderes Masifi kayaları, granitik gözlü gnays, yüksek dereceli metamorfizma koşullarına işaret eden şistler ve migmatitler ile metavulkanik kayalardan oluşan çekirdek (Dora vd., 1990) ve çekirdek kayalarını çevreleyen Paleozoyik Tersiyer zaman aralığında çökeltmiş sedimanter kayaların metamorfizması ile oluşmuş çeşitli şistler, fillit, kuvarsit ve mermerlerden (Dürr, 1975; Şengör vd., 1984) oluşan kılıf kayaları olmak üzere, iki kısma ayrılabilir (Hetzl vd., 1995b). Çalışma bölgesinde yoğun maki bitki örtüsüyle kaplı metamorfik kayalar örtü kayaları içerisinde değerlendirilmektedir (Cohen vd., 1995; Hetzel vd., 1995b). Bunlar başlıca; mika şist, ince taneli gnayslar, granat-mika şist, muskovit-kuvars şist, metakuvarsit ve mermerlerdir (Hetzl vd., 1995b; Emre, 1996).

Çalışma bölgesinde yaklaşık 13 km<sup>2</sup>'lik bir alan kaplayan granodiyorit, Menderes Masifi metamorfikleri içine sokulum yapmıştır (Hetzl vd., 1995a; Yılmaz, 2000). Erken Miyosen yaşlı (Hetzl vd., 1995a) granodiyoritik kayalar da metamorfik kayalar gibi faylanmalarla kataklastik etkiye maruz kalmışlardır. Bu nedenle, bölgedeki Gediz ayrılma fayının granodiyorit sokulumundan daha genç olduğu düşünülmektedir. Ana kayaç özelliği gösteren, kataklazma etkilerinden yoksun, granodiyoritik sokulum kayalarını ancak bölgedeki derin kazılmış vadi tabanlarında görmek mümkündür. Vadi tabanlarından yukarıya, vadi yamaçlarına doğru gidildikçe ana kayaç özelliği gösteren birimlerden, dinamik metamorfizma özelliği gösteren milonitik kayalara doğru göreceli bir geçiş gözlenir. Genellikle beyaz, bej ve grimsi bir renk sunan granodiyoritik temel kayaları, tipik granitik doku sergilerler. Arazi gözlemlerine göre ince taneli, yer yer anklav içeren bu kayalar, bol çatlaklı ve ileri derecede bozunmuştur. Saha çalışmaları sırasında kolayca fark edilebilen granodiyorit temel kayalarının metamorfik kayalarla olan sınırlı ilişkisi, bölgede bulunan bitki örtüsünden ve özellikle kataklazma etkisinin yoğun oluşundan dolayı kesin olarak belirlenememiştir.



Şekil 3. Karadut ve çevresinin jeoloji haritası ve kesiti.

Figure 3. Geological map and cross-section of the Karadut region.

Bölgede kataklastik kayalara yönelik arazi çalışmaları da bulunmaktadır (Evirgen, 1979; Işık vd., 2003). Evirgen (1979), Turgutlu çevresinde yaptığı çalışmada, Gediz Grabeni'nin güney kenarı boyunca yer yer 10 km genişlikte bir zon boyunca kataklastik kayaların varlığını ilk kez belirlemiştir. Işık vd. (2003) ise, Gediz Grabeni'nde sünümlü-kırılgan geçişini ve bölgedeki diğer grabenlerle ilişkisini ortaya koymuştur. Çalışma bölgesinde Gediz ayrılma fayı yüzeyi boyunca 55-140 m arasında değişen kalınlıkta bir zon içinde gözlenen kataklastik kayalar, uzaktan bakıldığında, fazla engebeli olmayan ancak yakından dar ve derin vadilerle kesilmiş engebeli bir topoğrafya sunarlar. Genellikle sarımsı kahverengi, grimsi ve mavimsi renklere sahip kataklastik kayalar, belirgin milonitik foliasyon gösterirler. Derinlerde sünümlü deformasyona, sonrasında da kırılmalı bir deformasyona uğrayarak yüzeylenen kataklastik kayalardan başlıcaları, bolluk sırasına göre; mikrobreş, milonit, kataklazit, milonit şist, ultramilonit ve kataklazma izlerinin belirgin olduğu ve kataklazmanın bir geçiş zonu oluşturduğunun açık bir göstergesi olan metagranodiyoritlerdir.

### Sedimanter Örtü Kayaları

Çalışma bölgesinde Gediz Grabeni'nin hem güney hem de kuzey kenarında geniş alanlarda yüzeylenen sedimanter örtü kayaları, temel ve kataklastik kayalar üzerine gelmektedir (bkz. Şekil 2 ve 3). Batı Anadolu'da etkili olan açılmalı tektoniğe bağlı olarak gelişen ayrılma fayları önünde çökelen kırıntılı kayalar, çalışma alanı içerisinde iki farklı stratigrafik birimde bulunmaktadır. Bunlar, Gediz formasyonu ve Kaletepe formasyonlarıdır (Yazman vd., 1998).

### Gediz formasyonu

Çalışma bölgesinde, temel ile örtü kayaları arasındaki dokunak boyunca gözlemlenen Gediz formasyonu (Yazman vd., 1998), ayrıca, temelde ayrılma fayı üzerinde yamalar şeklinde bulunur (Şekil 4). Temel birimlerinden sonra gelen ilk sedimanter birim olan ve çalışma alanının doğusunda yüzeylenen Alaşehir formasyonu (İzitan ve Yazman, 1990; Ediger vd., 1996; Yılmaz vd., 2000) ile uyumlu dokunağa sahip (Yazman vd., 1998) Gediz formasyonu, çalışma bölgesinde Gediz Grabeni'ne paralel bir şekilde uzanır ve yaklaşık 40 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yüzeylenir (bkz. Şekil 3).



Şekil 4. Gediz ayrılma fayı yüzeyi ve Gediz formasyonuna ait yamalar.

Figure 4. Gediz detachment fault surface and a patch of Gediz formation.

Sahada kırmızı - bordo rengeyle kolaylıkla fark edilen Gediz formasyonu başlıca; çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı ve kiltası ardalanmalarından oluşmaktadır. Tabanda iri taneli çakıltaşları içinde mercekler halinde killi kireçtaşı seviyeleri bulunmaktadır. Alüvyal yelpaze ve örgülü akarsu ortamlarında çökelmiş (Emre, 1996; Koçyiğit vd., 1999; Yılmaz vd., 2000) Gediz formasyonu içerisinde, üste doğru gidildikçe, tamamen çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasına geçilir. Alaşehir formasyonundan elde edilen Yeni Eskişehir polinomorf topluluklarına göre verilen Geç Serravaliyen-Erken Tortoniyen (Benda ve Meulenkamp, 1979) yaşına göre Gediz formasyonuna stratigrafik ilişkiye uygun olarak Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşı verilmiştir (Koçyiğit vd., 1999; Sözbilir, 2001).

### Kaletepe formasyonu

Çalışma bölgesinde, graben ve ayrılma fayının uzanımına paralel konumda yüzeylenen Kaletepe formasyonu (Yazman vd., 1998), arazide çok engebeli bir topoğrafya sunar. Kırgı bayır (bad lands) tipi yüzlekler veren formasyon seyrek bitki örtüsüne ve kolay erozyona uğrayan bir özelliğe sahiptir. Çalışma alanında yaklaşık 80 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yüzeylenen Kaletepe formasyonu, üzerlediği Gediz formasyonu ile tektonostratigrafik bir dokunağa sahiptir (Koçyiğit vd., 1999; Sözbilir, 2001) (bkz. Şekil 3). Gediz Grabeni'ne ait güncel çökeller ise bu formasyonu Alaşehir Ovası'nda yatay bir şekilde örter.

Arazide tipik sarımsı rengi ile kolayca ayırt edilen Kaletepe formasyonu az pekişmiş katman-

lanmalar halinde çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ardalıdır. Kolay aşınan çamurtaşları ile nispeten daha sert kumtaşı ve çakıltası seviyelerinin aşınma özelliklerinden dolayı peribacasına benzer ayrışma sunarlar. Kaletepe formasyonu alüvyal yelpaze çökellerinden oluşmuştur (Emre, 1996; Koçyiğit vd., 1999; Sözbilir, 2001). Büyük Menderes Grabeni'nde Kaletepe formasyonunun eşleniği birimlerde yapılan çalışmalarda (Ünay vd., 1995) elde edilen yaş verilerine göre formasyonun Geç Pliyosen-Pleyistosen'de çökeldiği belirtilmektedir (Sarica, 2000; Sözbilir, 2001).

### Alüvyon

Gediz Grabeni'ni sınırlandıran fayların, yükselmiş taban bloklarından itibaren gelişen alüvyal yelpaze çökelleri ve graben vadisi boyunca Alaşehir Çayı'nın menderesli akarsu çökelleri güncel çökeltinin birer örneğidir (bkz. Şekil 3).

### YAPISAL JEOLJİ

Bu bölümde, Gediz ayrılma zonuna değinilmeden önce, bu zonu oluşturan Gediz ayrılma fayı ile Neojen birimleri içinde gelişmiş yaklaşık D-B uzanımlı yüksek açılı normal faylar ve sedimanter örtü kayaçlarındaki tabakalanmalarla ilgili arazi gözlemleri verilmiştir. Arazide elde edilen fay konumları ve fay çizikleri, StereoNett v.2.40 programında değerlendirilmiştir.

### Gediz Ayrılma Fayı

Düşük eğim açılı normal fay karakterinde olan Gediz ayrılma fayı, Gediz Grabeni'nin güney kenarı boyunca yaklaşık D-B doğrultusunda uzanır. Daha önceki pekçok çalışmada Gediz ayrılma fayına ait arazi gözlemleri kinematik verilerle desteklenerek ayrıntılı biçimde sunulmuştur (Hetzl vd., 1995b; Emre, 1996; Koçyiğit vd., 1999; Bozkurt, 2001a ve 2002; Gessner vd., 2001b; Lips vd., 2001; Sözbilir, 2001 ve 2002). Menderes Masifi'ne ait temel kayaçları ile sedimanter örtü kayaçlarını birbirinden ayıran yapısal bir sınır oluşturan Gediz ayrılma fayı, bölgede kataklastik kayaçlarla birlikte bulunur. Fay aynasının uzaktan bakıldığında kolayca tanımlanabilen Gediz ayrılma fayı üzerinde ölçülen fay konumları Çizelge 1 ve Şekil 5'de gösterilmiştir. Buna göre, Gediz ayrılma fayının ortalama konumu K80B/28KD'dur. Çalışma bölgesinde

de dört yerde ölçülebilen fay çiziklerinden belirlenen, Gediz ayrılma fayının ortalama hareket doğrultusu ise, yaklaşık K21D'dur (bkz. Şekil 5).

### Yüksek Açılı Normal Faylar

Gediz Grabeni'nin güney kenarı boyunca uzanan Gediz ayrılma fayının tavan ve taban bloklarında pek çok sayıda yüksek açılı normal fay gelişmiştir. Bu faylar, çoğunlukla Gediz Grabeni'ne ve ayrılma fayına paraleldir. Çalışma bölgesinde sedimanter örtü kayaçlarında ölçülebilen 52 adet yüksek açılı normal faya ait stereografik izdüşümler ve bunlardan 5 tanesine ait fay çizimi Şekil 5a'da sunulmuştur. Buna göre; sedimanter birimlerdeki yüksek açılı normal faylar ayrılma fayına göre genelde sentetik olup, ortalama doğrultusu yaklaşık BKB-DGD ve eğim yönleri KKD'ya doğrudur (bkz. Şekil 5a). Gediz ayrılma fayının taban bloğunda bulunan temel kayaçlarda ise 43 adet yüksek açılı normal fay ölçülmüştür. Bu faylardan 28 tanesinde fay çizimi saptanmıştır (Çizelge 1 ve Şekil 5b). Bu verilere göre; temel kayaçlarındaki faylar ayrılma fayına göre antitetik olup, ortalama doğrultusu yaklaşık DKD-BGB ve eğim yönleri GGD'ya doğrudur (bkz. Şekil 5b). Elde edilen fay çiziklerinden ise, her iki bloktaki fayların ortalama hareket doğrultusunun yaklaşık K-G olduğu düşünülebilir.

### Neojen Tabakalanmaları

Alaşehir - Salihli arasında kalan kesiminde Gediz Grabeni'nin kuzey ve güney kenarları belirgin farklılıklar gösterirler. Güney kenar graben ovasına kadar 4-10 km arasında genişliğe sahipken, kuzey kenar çalışma bölgesinde 1-4 km genişliktedir. Ayrıca güney kenar, kuzey kenara göre daha engebeli bir topografya sunar. Graben ovası, çalışma alanında kuzeybatıdan güneydoğuya doğru, genişliği 3 km ile 7 km arasında değişen şekilde uzanmaktadır. Genellikle dar (50-80 m) ve derin (450-550 m) vadilerin bulunduğu güney kenarın aksine, kuzey kenardaki vadiler çoğu zaman belli belirsiz, yayvan (550-700 m) ve sığdır (40-50 m). Güney kenardaki en yüksek nokta ile en alçak nokta arasındaki yükseklik farkı 1360 m iken, kuzeyde bu yükseklik farkı sadece 150 m'dir. Grabenin iki kenarı arasında tabaka konumlarında da büyük farklılıklar vardır. Güney kenarda tabaka eğimleri genellikle GB, G ve GD yönlerinde olup, ku-

Çizelge 1. Fay çiziklerinin belirlenebildiği sedimanter örtü birimleri ve temel kayalar içindeki yüksek açılı normal faylar ile düşük açılı Gediz ayrılma fayına ait konumlar.

Table 1. Measurements of slickensides and slickenlines of the high-angle normal faults in sedimentary and basement units and low-angle Gediz detachment fault.

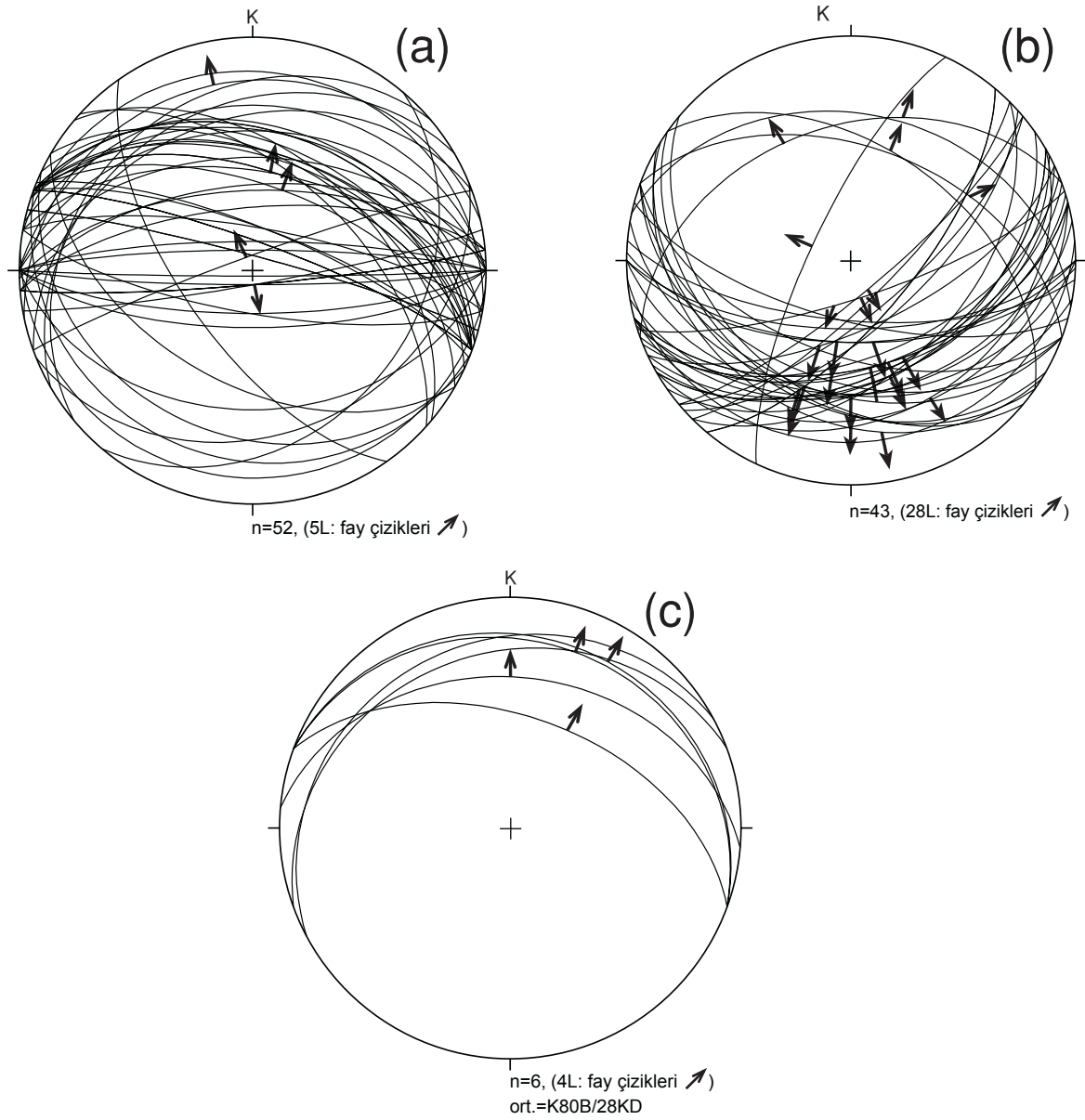
No.	Eğim yönü (°N)	Eğim (°)	Sapma (°)	Tür
Sedimanter örtü kayalarında ölçülen yüksek açılı normal faylar				
1	020	60	9	Normal
2	010	55	90	Normal
3	175	85	90	Normal
4	348	20	90	Normal
5	340	85	80	Normal
Temel kayalarda ölçülen yüksek açılı normal faylar				
1	295	75	85	Normal
2	150	30	90	Normal
3	340	40	80	Normal
4	175	20	85	Normal
5	165	30	125	Normal
6	165	40	105	Normal
7	020	48	90	Normal
8	035	48	117	Normal
9	185	68	105	Normal
10	012	35	98	Normal
11	190	40	102	Normal
12	155	65	100	Normal
13	130	68	130	Normal
14	170	40	100	Normal
15	145	45	125	Normal
16	162	76	93	Normal
17	150	48	92	Normal
18	180	60	100	Normal
19	180	65	110	Normal
20	182	60	98	Normal
21	180	40	90	Normal
22	165	50	85	Normal
23	200	45	90	Normal
24	155	45	95	Normal
25	165	50	95	Normal
26	163	48	102	Normal
27	160	50	100	Normal
28	140	78	100	Normal
Düşük açılı Gediz ayrılma fayı				
1	020	50	100	Normal
2	020	18	100	Normal
3	332	20	98	Normal
4	005	35	85	Normal

zey kenara göre daha yüksek açılıdır. Güney kenarda tabaka konumları genellikle temelden ovaya doğru ilerledikçe değişiklik arz etmektedir (Şekil 6). Temel kayalarına, dolayısıyla ayrılma fayına yakın olan tabaka konumları daha yüksek açılıyken (ortalama 44<sup>0</sup>), ayrılma fayından uzaklaştıkça tabakaların eğim açıları düşmektedir (ortalama 20<sup>0</sup>) (bkz. Şekil 6). Kuzey kenarda ise, sedimanter kayalardaki tabakalar genellikle yatay veya yataya yakındır.

## GEDİZ AYRILMA ZONU

Bozunmamış ve kataklastik metamorfizma etkisinde deformasyona uğramamış temel kayalar ile sedimanter örtü kayaları arasında kalan, bozunmaya ve yeryüzünün derinliklerinde ayrılma fayı etkisiyle kataklastmaya uğramış, ortalama kalınlığı 50-140 m arasında değişen, makaslama zonuna, bu çalışma kapsamında temel ile örtü kayaları arasındaki "ayrılma zonu" adı



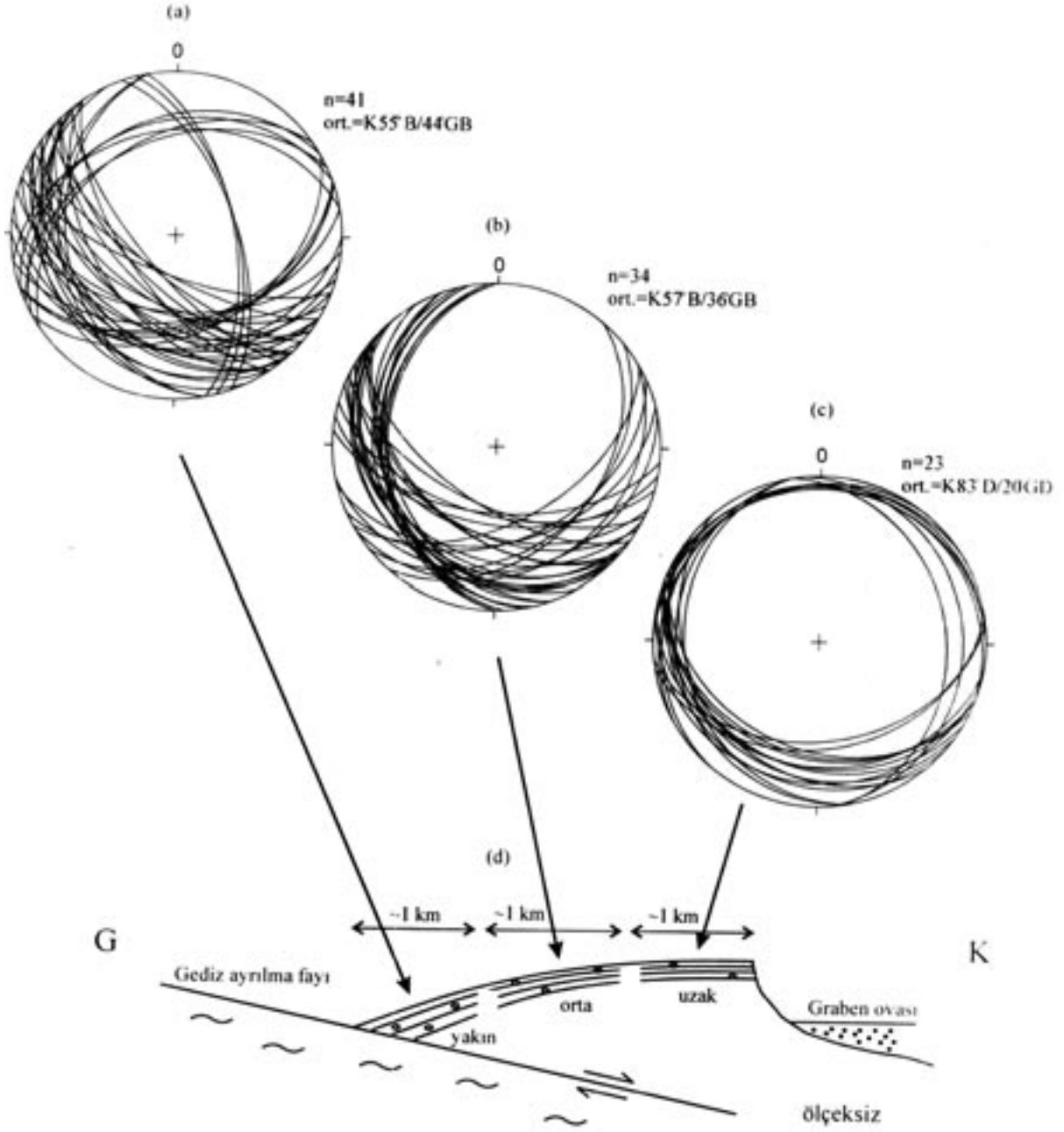


Şekil 5. Fay ve fay çiziklerinin Schmidt ağı, eşalan izdüşümü alt yarım kürede gösterimi: (a) sedimanter örtü birimlerindeki yüksek açılı normal faylar, (b) temel kayalardaki yüksek açılı normal faylar ve (c) düşük açılı Gediz ayrılma fayına ait çeşitli yerlerde ölçülen düzlem konumları ve dört yerdeki fay çizikleri (ayrıntılı bilgi için Çizelge 1'e bakınız).

Figure 5. Schmidt lower hemisphere equal-area projections of fault slip data from (a) high-angle normal faults in sedimentary units, (b) high-angle normal faults in basement units and (c) Gediz detachment fault planes from different locations and four slickenlines of the fault (see table 1 for details).

verilmiştir. Bu zon, Coney (1980) tarafından tanımlanan tipik Cordilleran metamorfik çekirdek komplekslerdeki ayrılma zonuna benzerlik göstermektedir.

Çalışma bölgesinde yaklaşık 30 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yüzeylenen ayrılma zonu, Gediz Grabeni'nin yükselmesini sağlayan ana fay olan Gediz ayrılma fayına bağlı olarak gelişmiş ve Davis ve



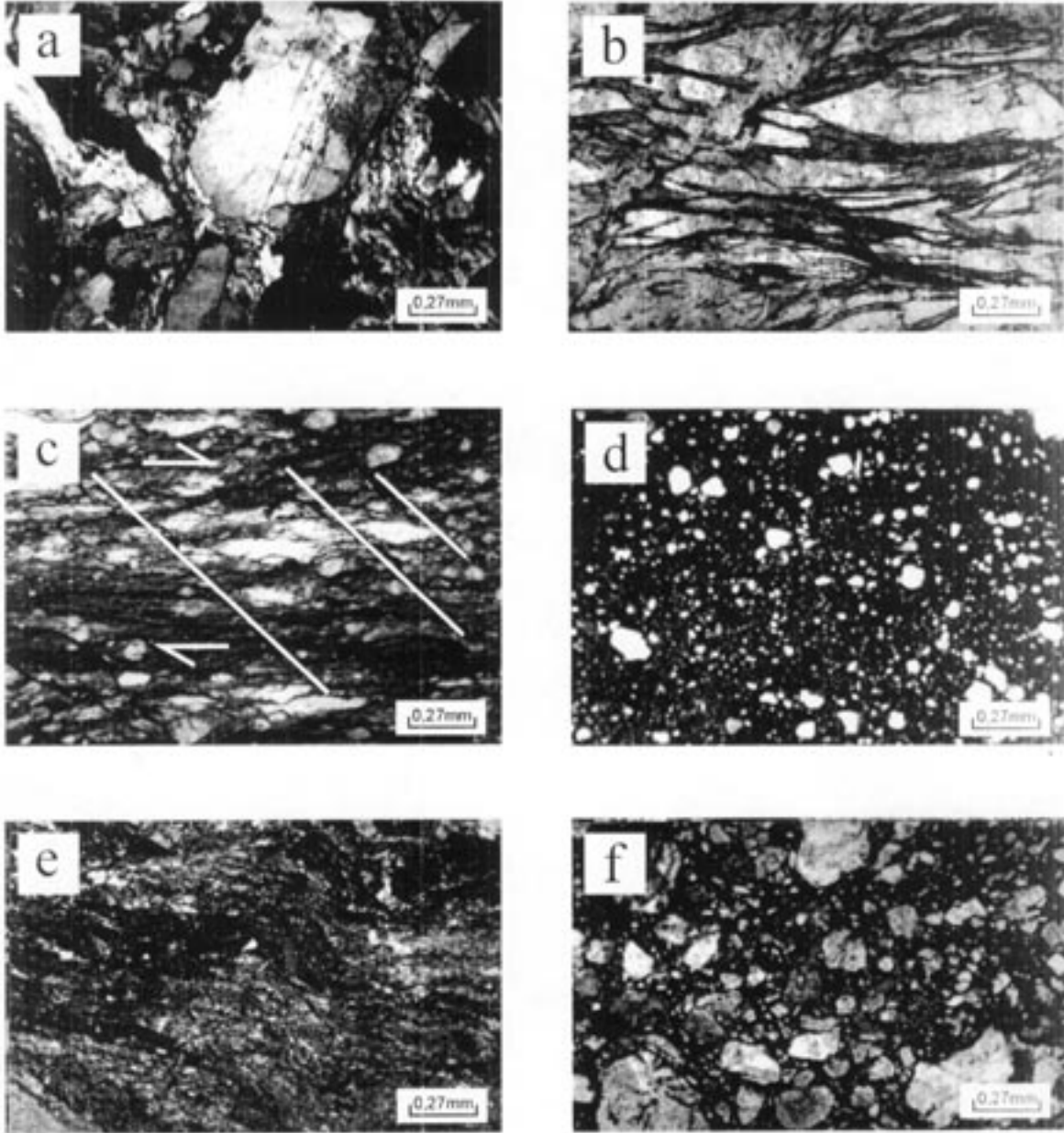
Şekil 6. Çalışma bölgesinde ölçülen tabaka konumlarının ayrılma fayına uzaklıklarına göre değerlendirilmesi, Schmidt ağı, eşalan projeksiyonu, alt yarım küre: (a) ayrılma fayına yakın olan tabakalara ait stereografik görüntü, (b) ayrılma fayına orta uzaklıkta olan tabakalara ait stereografik görüntü, (c) ayrılma fayına uzak olan tabakalara ait stereografik görüntü ve (d) ayrılma fayı ile tabaka konumları arasındaki ilişkinin şematik kesiti.

Figure 6. Stereographic projections of attitudes of bedding planes of the studied area: evaluation of the bedding planes according to distances from the detachment fault, Schmidt net, equal area projection, lower hemisphere: (a) stereographic representation of bedding planes which are closed to the detachment fault, (b) stereographic representation of bedding planes which are not closed to the detachment fault, (c) stereographic representation of bedding planes which are far from the detachment fault and (d) schematic cross section of the relationship between the detachment fault and the attitudes of bedding planes.



ce, bu zondan ve ana kayaçtan farklı özelliklere sahip ve kalınlığı 15-60 m arasında değişen bir geçiş zonu bulunmaktadır. Geçiş zonunun ana kayaca yakın olan 5-20 m'lik kısmında ana kayaç fiziksel ve kimyasal bozunmaya uğramıştır. Kayaçlar fiziksel olarak ayrışmış, temelde gösterdiği masif yapı geçiş zonunda kaybolmuştur. Bu ilk zonda özellikle granodiyoritlerdeki feldis-

patlardan itibaren belirgin bir ayrışmanın olduğu gözlenmiştir. Ayrıca geçiş zonu içerisinde feldispatlarda belirgin serisitleşmeler görölmektedir (Şekil 8a). Bu zonun üzerinde belli belirsiz milonitik bir foliasyonun bulunduğu, ancak ana kayaç özelliklerini henüz yitirmemiş ve kalınlığı 10-40 m arasında değişen ikinci bir zon bulunmaktadır. Bu zondaki kayaçlar, ana kayaçtan



Şekil 8. Ayrılma zonunda deformatsyon şekillerinin ince kesit görüntüleri: (a) metagranodiyorit, (b) milonit şist, (c) milonit, (d) kataklazit, (e) ultramilonit, (f) mikrobreş.

Figure 8. Thin section views of deformation structures in the detachment zone: (a) metagranodiorite, (b) mylonite schist, (c) mylonite, (d) cataclasite, (e) ultramylonite, (f) microbreccia.

farklı olarak, çok hafif gelişmiş bir foliasyon göstermektedir.

### **Milonitik Zon**

Ana kayaçtan itibaren geçiş zonundan sonra 40-80 m arasında değişen kalınlığa sahip milonitik zon bulunmaktadır (bkz. Şekil 7). Ana kayaç özelliğini tamamen yitirmiş ve dinamik metamorfizma etkisi altında yeryüzünün derinliklerinde sünümlü deformasyon sonucu oluşmuş bu zonda, belirgin milonitik foliasyon gösteren kayalar bulunur. Milonitik zon içerisinde yüzeye doğru gidildikçe sünümlü deformasyonun izleri artmaktadır. Alt seviyede granitlerden itibaren gelişmiş metagranodiyoritlerden, yüzeye doğru sırasıyla milonit şist, milonit, kataklazit, ultramilonit ve yer yer mikrobreş litolojisinde kayalara rastlanılmaktadır.

### **Milonit şist**

Arazi çalışmalarında, milonit şistlere daha çok metamorfik kayalardan itibaren oluşmuş kataklazitik kayaların bulunduğu bölgelere de rastlanılmıştır. Milonit şistler sahada ve el örneğinde çok belirgin bir yönlü doku sergilerler. Kayaç ince kesitlerinde, yönlü dokunun yanı sıra, birincil bağlantıya sahip ve daha da önemlisi yeni mineral oluşumu ve yeniden kristalleşme süreçlerinin, kataklazdan daha baskın olduğu bir doku gözlenmiştir. Ayrıca, milonit şistlerde tipik şist dokusuna benzer klorit ve çeşitli mika minerallerinde yönlenmeler bulunmaktadır (Şekil 8b). Kayaçta, biyotitlerden itibaren yeniden oluşan penin grubu klorit mineralleri, epidotlar, feldispatlardan oluşmuş kalsit gibi mineraller ile kuvarslarda yeniden kristalleşme, kayaçtaki kataklaz izlerini silmiştir. Porfiroklastları genellikle yeniden kristalleşmiş kuvarslardan oluşan milonit şistlerde, klorit ve muskovit gibi mika mineralleri bu porfiroklastların etrafını sarmışlar ve milonitik gözlü dokuya benzer bir görünüm oluşturmuşlardır (bkz. Şekil 8b).

### **Milonit**

Milonitik zonda, milonit şistlerden sonra milonitler yer almaktadır. Saha gözlemlerinde belirgin bir yönlenmeyle dikkati çeken milonitler içerisinde porfiroklastlar %30 civarındadır ve porfiroklastları çıplak gözle görülebilmektedir. Kayaç genellikle kuvars, serisit, muskovit, klorit, bazen

plajiyoklaz, biyotit ve ender olarak opak mineraller içerir. Kayaçta yönlü doku belirgin olup, ayrıca milonitlerde mikro faylanmalar da bulunmaktadır (Şekil 8c).

### **Kataklazit**

Ayrılma zonunda milonitlerden sonra deformasyonun arttığını gösteren kataklazitlere geçilir. Kataklazitlerde mikroskop altında çok ince taneli porfiroklastlar belli belirsiz çok ince taneli bir matriks içinde yüzer durumda bulunmaktadır (Şekil 8d). Porfiroklastlar gözle görülmez ve kayacın %10'undan daha azdır. Kataklazitler milonit doku sergilemektedirler. Kayaç büyük oranlarda kuvars ve daha az serisit minerallerinden oluşmaktadır. Yer yer ikincil kalsit oluşumları çatlaklarda dolgular şeklinde kuvars ve serisite eşlik ederler.

### **Ultramilonit**

Milonitik zondaki kataklazitlerden sonra ultramilonitler yer alır. Ultramilonitler el örneğinde; taneleri belli olmayan, ancak ince kesitte çok ince taneli yönlü kayalardır. Birincil bağlantıya sahip, kataklazın yeni mineral oluşumu ve yeniden kristalleşme süreçlerinden daha baskın olduğu ultramilonitlerin, ince kesit altında bazen kıvrımlanmaya uğradıkları gözlenmektedir (Şekil 8e). Milonit dokusu sergileyen ultramilonitler genellikle kuvars, serisit, klorit ve ikincil kalsit içermektedir. Serisit minerallerinde belirgin yönlenenin olduğu ultramilonitlerde porfiroklastlar çok küçük taneli ve kayacın %10'undan daha az oranlarda bulunur.

### **Breşik Zon**

Yukarıda petrografik özellikleri sunulmuş milonitik zondan sonra yüzeye doğru gidildikçe, fay ayasının altında yaklaşık 50 cm'lik bir kalınlığa sahip kırılmalı deformasyon izlerini yansıtan breşik zon yer almaktadır. Breşik zon ile milonitik zon arasındaki geçiş çok belirgin değildir. Milonitik zonun üst kısımlarında mikrobreşler bulunmaktadır. Arazi gözlemlerine göre, ayrılma zonu en üst kısmında ise yer yer fay breşine rastlanılmıştır. Breşik zondaki fay breşinin bileşenleri köşeli (tane boyu yaklaşık 3-6 mm) olup, silisli bir matriksle tutturulmuştur. Bu silisli matriksin, fay zonu boyunca derinlerden gelen ve bölgedeki magmatik sokulumlardan itibaren oluşan

silisli çözeltilerden meydana geldiği düşünülmektedir.

### Mikrobreş

Breşik zonun baskın kayacı mikrobreşlerdir. El örneğinde genellikle sarımsı kahverengi olan mikrobreşler, yönlenme göstermemeleriyle ayırtanırlar. Porfiroklastları, el örneğinde bazen açık bir şekilde gözlenebilen mikrobreşlerde, kırılma ve parçalanma sonucu oluşan bir matriks bulunmaktadır. İnce kesit örneklerinde birincil bağlantıya sahip kataklazın belirgin bir şekilde yeni mineral oluşumu ve yeniden kristallenme süreçlerinden daha baskın olduğu, yönsüz kayalar olarak ortaya çıkmaktadır. İlk bakışta kolayca fark edilebilen kırılma ve ufalanma kayaca belirgin bir görünüş sunmaktadır (Şekil 8f). Kayaç içindeki porfiroklast oranı tüm kayacın %30'undan fazla ve porfiroklastları çıplak gözle görülebilecek boyuttadır. Genellikle bol oranlarda kuvars, serisit, daha az klorit gibi mika mineralleri, bazen artık plajiyoklaz ve seyrek oranda ikincil kalsit dolguları içeren mikrobreşler, çoğunlukla porfiroklastik dokuya sahiptir.

Breşik zonun üzerinde, bazı yerlerde çok açık bir şekilde gözlemlenen fay aynası bulunmaktadır. Güneş ışığında parlayan, fay çiziklerinin bulunduğu, bazen demirli çözeltilerle kahverengimsi bir görünüş alan fay aynası, yaklaşık KKD yönüne eğimlidir.

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Batı Anadolu Bölgesi'nde açılmalı tektonizma etkisiyle oluşan yaklaşık D-B uzanımlı Gediz Grabeni'nin güney kenarı düşük eğim açılı Gediz ayrılma fayı ile sınırlandırılmıştır. Bu ayrılma fayı bölgede Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayalar ile sedimanter örtü kayaları arasında yapısal bir sınır oluşturmaktadır. Bölgede bulunan Neojen yaşlı sedimanter kayalar ile Gediz ayrılma fayının ilişkisi hala tartışma konusudur. Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler ışığında Gediz ayrılma fayının ortalama konumunun K80B/28KD olduğu belirlenmiştir.

Bölgede bulunan yüksek açılı normal fayların ortalama doğrultusu Gediz ayrılma fayı ile uyumluluk göstermektedir. Temel kayalarındaki yüksek açılı normal fayların genel eğimlerinin ayrılma fayına doğru olmasına karşın, Neojen

birimlerindeki yüksek açılı normal fayların ayrılma fayıyla uyumlu olması kayda değer verilerdendir.

Çalışma bölgesinde ölçülen tabaka konumlarının değerlendirilmesi sonucunda Neojen birimlerine ait katmanlanmaların graben baseninden Gediz ayrılma fayına doğru ilerledikçe çok belirgin olarak değişir (bkz. Şekil 6). Bölgede tabaka eğim yönleri genelde ayrılma fayına doğrudur. Gediz ayrılma fayından uzak olan graben kenarında tabakalar genelde yatay veya yataya yakınken, ayrılma fayına yaklaştıkça tabakaların eğim açıları artmaktadır (bkz. Şekil 6d). Bu tip bir değişim, Neojen tabakalarındaki Gediz ayrılma fayına bağlı gelişmiş bir rollover kıvrımlanmayı işaret eder.

Gediz ayrılma fayına bağlı olarak oluşan ve temelini üzerini kataklastik kayaların örttüğü ayrılma zonu, Gediz Grabeni'nin güney kenarı boyunca, ayrılma fayına paralel olarak uzanmaktadır. Bozunmamış ve dinamik metamorfizma etkisi ile kataklastmaya uğramamış ana kayaç özelliklerin yansıtan temel birimlerinden sonra yüzeye doğru 50-140 m arasında değişen kalınlığa sahip makaslama zonuna, Gediz ayrılma zonu adı verilmiştir. Bu zon ana kayaktan sonra, fiziksel ve kimyasal bozunmaya uğramış ana kayalar ile belli belirsiz milonitik foliasyonlar içeren bir geçiş zonuna sahiptir. Yüzeye çıkıldıkça önce sünümlü deformasyon özellikleri gösteren milonitik zon, daha sonra ise kırılma deformasyon gösteren breşik zon yer almaktadır. Milonitik zon alt seviyelerden itibaren sırasıyla; milonit şist, milonit, kataklazit, ultramilonit ve yer yer mikro breşten oluşur. Breşik zonda ise, genelde mikrobreş ve fay breşi bulunur. Arazi ve petrografik çalışmalar ile belirlenen ayrılma zonu stratigrafisi bölgede öncesinde sünümlü ve daha sonrasında da kırılma şeklinde gerçekleşen bir dinamik metamorfizmanın varlığını belirtmektedir. Herhangi bir değişime uğramamış ana kayaktan itibaren gelişen bu şekilde bir zon, Gediz ayrılma fayının öncelerde derinlerde sünümlü bir deformasyon gerçekleştirdiğinin kanıtıdır. İlerleyen açılmalı tektonizma etkisiyle derinlerde gelişen sünümlü deformasyon gösteren temel kayaları ayrılma fayı ile birlikte yüzeylenmişlerdir. Kırılma deformasyon ise, bundan sonra daha sığ derinliklerde gelişmiştir.

Ege Bölgesi gibi kıtasal açılmaya maruz kalmış bölgeler için tipik özelliklerden olan ayrılma fay-

ları ve bu faylanmalara bağlı olarak açığa çıkan metamorfik çekirdek kompleksler çalışma yapılan bölgede de yer almaktadır. Davis (1977) ve Coney (1980)'e göre, tipik bir metamorfik çekirdek kompleks üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; (a) metamorfize olmuş alt kabuk kayalar ile çeşitli magmatik sokulum kayalarından oluşan çekirdek kayaları, (b) kırılğan olarak deforme olmuş listrik ve üst üste binmiş normal fay sistemleriyle karakteristik örtü kayaları ve (c) bu iki kayaç grubu arasında ayrılmalı faylanmaya bağlı oluşmuş milonitik fabriklerle kataklastik kayalardan oluşan bir ayrılma zonudur. Buna göre, çalışma bölgesindeki Menderes Masifi'ne ait metamorfikler ve granodiyorit olarak tanımlanan kayalar, metamorfik çekirdek komplekslerin çekirdek kayalarını, Senozoyik yaşlı kırıntılı kayalardan oluşan ve normal fay sistemleri ile kırılmış sedimanter kayaç grupları, örtü kayalarını ve bu iki kayaç grubu arasında yukarıda ayrıntıları belirtilen zon ise ayrılma zonunu temsil etmektedir.

## KATKI BELİRTME

Yazar, yüksek lisans tezinin bir bölümünü içeren bu çalışmanın hazırlanması sırasında katkılarından dolayı, Sezai Görmüş'e, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Doç. Dr. Attila Çiner'e, Arş. Gör. Bülent Akıl'a, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden Yük. Müh. Zafer İçten'e ve çok değerli görüş ve önerilerinden yararlandığı Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Erdin Bozkurt'a teşekkürlerini sunar.

## KAYNAKLAR

- Benda, L., and Meulenkamp, J.E., 1979. Biostratigraphic correlations in the Eastern Mediterranean Neogene-5: Calibration of spore-morph associations, marine microfossils and mammal zones, marine and continental stages and the radiometric scale. *Annales Geologique Des Pays Helleniques*, 1, 61-70.
- Bozkurt, E., 2000. Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey and its tectonic implications. In: E., Bozkurt, J.A., Winchester, and J.A.D., Piper, (eds.) *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society, London, Special Publications, 173, 385-403.
- Bozkurt, E., 2001a. Late Alpine evolution of the central Menderes Massif, western Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 89, 728-744.
- Bozkurt, E., 2001b. Neotectonics of Turkey - a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Bozkurt, E., 2002. Discussion on the extensional folding in the Alaşehir (Gediz) Graben, western Turkey. *Journal of the Geological Society*, London, 159, 105-109.
- Bozkurt, E., 2003. Origin of NE-trending basins in western Turkey. *Geodinamica Acta*, 16, 61-81.
- Bozkurt, E., and Oberhanslı, R. 2001. Menderes Massif (western Turkey): structural, metamorphic and magmatic evolution - a synthesis, *International Journal of Earth Sciences*, 89, 679-708.
- Bozkurt, E., and Sözbilir, H. 2004. Geology of the Gediz Graben: new field evidence and tectonic significance. *Geological Magazine*, 141, 63-79.
- Cohen, H.A., Dart, C., Akyüz, H.S., and Barka, A., 1995. Syn-rift sedimentation and structural development of the Gediz and Büyük Menderes grabens, Western Turkey. *Geological Society of London*, 152, 629-638.
- Coney, P.J., 1980. Cordilleran metamorphic core complexes: An overview. In: M.D., Crittenden, P.J., Coney and G.H., Davis, (eds.), *Cordilleran Metamorphic Core Complexes*, Geological Society of America Memoir, 153, 7-34.
- Dart, C.J., Cohen, H.A., Akyüz, S.H., and Barka, A.A. 1995. Basinward migration of rift-border faults: implications for facies distributions and preservation potential. *Geology*, 23, 69-72.
- Davis, G.A., and Lister, G.S., 1988. Detachment faulting in continental extension; perspectives from the Southeastern U.S. Cordillera. *Geological Society of America*, Special Paper 218, 133-159.
- Davis, G.H., 1977. Characteristics of metamorphic core complexes, Southern Arizona: *Geological Society of America Abstract with Programs*, 9, 944.
- Dora, Ö., Kun, N., and Candan, O. 1990. Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. In: M.Y., Savaşçın, and A.H., Eronat, (eds.) *Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions*, 102-115.
- Dora, Ö., Kun, N. ve Candan, O., 1992. Menderes Masifi metamorfik tarihçesi ve jeotektonik konumu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 1-14.

- Dürr, S., 1975. Über das Alter und geotektonische Stellung des Menderes-Kristallins / SW-Anatolien und seine Aquivalente in der mittleren Agais. Habilitationsschrift, Marburg/Lahn, 62-74.
- Ediger, V. Ş., Batı, Z., and Yazman, M., 1996. Paleopalynology of possible hydrocarbon source rocks of Alaşehir-Turgutlu area in the Gediz Graben (western Anatolia). Turkish Association of Petroleum Geologists Bulletin, 9, 11-23.
- Emre, T., 1996. Gediz Grabeni'nin jeolojisi ve tektoniği. Turkish Journal of Earth Science, 5, 171-185.
- Emre, T., and Sözbilir, H., 1995. Field evidence for metamorphic core complex, detachment faulting and accomodation faults in the Gediz and B. Menderes Grabens, Western Anatolia. Proceedings of the International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, Proceedings, V1, 73-93.
- Evirgen, M. M., 1979. Menderes masifi metamorfizmasına petroloji, petrokimya ve jenez açısından yaklaşımlar (Ödemiş-Tire-Bayındır-Turgutlu yöresi). Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, 179 s (yayımlanmamış).
- Gessner, K., Piazzolo, S., Güngör, T., Ring, U., Kröner, A., and Passchier, C.W. 2001a. Tectonic significance of deformation patterns in granitoid rocks of the menderes nappes, Anatolide belt, southwest Turkey. International Journal of Earth Sciences, 89, 766-780.
- Gessner, K., Ring, U., Christopher, J., Hetzel, R., Passchier, C.W., and Güngör, T. 2001b. An active bivergent rolling-hinge detachment system: Central Menderes metamorphic core complex in western Turkey. Geology, 29, 611-614.
- Gökten, E., Havzoğlu, T., and Şan, Ö., 2001. Tertiary evolution of the central Menderes Massif based on structural investigation of metamorphics and sedimentary rocks between Salihli and Kiraz (western Turkey). International Journal of Earth Sciences, 89, 745-756.
- Gürsoy, H., Piper, J.D.A., and Tatar, O., 2003. Neotectonic deformation in the western sector of tectonic escape in Anatolia: paleomagnetic study of the Afyon region, central Turkey. Tectonophysics, 374, 57-79.
- Hetzel, R., Passchier, C.W., Ring, U., and Dora, O.Ö. 1995a. Bivergent extension in orogenic belts: the Menderes Massif (southwestern Turkey). Geology, 23, 455-458.
- Hetzel, R., Ring, U., Akal, C., and Troesch, M., 1995b. Miocene NNE-directed extensional unroofing in the Menderes massif, southwestern Turkey. Journal of Geological Society of London, 152, 639-654.
- Işık, V., Seyitoğlu, G., and Çemen, İ., 2003. Ductile-brittle transition along the Alaşehir detachment fault and its structural relationship with the Simav detachment fault, Menderes massif, western Turkey. Tectonophysics, 374, 1-18.
- İzitan, H., and Yazman, M., 1990. Geology and hydrocarbon potential of the Alaşehir (Manisa) area. In: M.Y. Savaşçın, A.H. Eronat (eds.) Proceeding of the International Earth Sciences Colloquium on Aegean Region, İzmir, 327-338.
- Koçyiğit, A., Yusufoğlu, H., and Bozkurt, E., 1999. Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey. Journal of the Geological Society, London, 156, 605-616.
- Lips, A., Cassard, D., Sözbilir, H., Yılmaz, H., and Wijbrans, J., 2001. Multistage exhumation of the Menderes Massif, western Anatolia (Turkey). International Journal of Earth Sciences, 89, 781-792.
- Mason, R., 1978. Petrology of the Metamorphic Rocks. Alleen and Unwin, London, 492 pp.
- Özer, E., Koç, H., and Özsayar, T.Y., 2004. Stratigraphical evidence for the depression of the northern margin of the Menderes-Tauride Block (Turkey) during the Late Cretaceous, Journal of Asian Earth Sciences, 22, 401-412.
- Öztürk, A. ve Koçyiğit, A., 1983. Menderes grubu kayalarının temel-örtü ilişkisine yapısal bir yaklaşım (Selimiye-Muğla). Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 26, 99-106.
- Sarıca, N., 2000. The Plio-Pleistocene age of Büyük Menderes and Gediz Grabens and their tectonic significance on N-S extensional tectonics in west Anatolia: Mammalian evidence from the continental deposits. Geological Journal, 35, 1-24.
- Satır, M., and Friedrichsen, H., 1986. The origin and evolution of the Menderes Massif, W-Turkey: A rubidium / strontium and oxygen isotope study. Geologische Rundschau, 75, 703-714.
- Seyitoğlu, G., and Scott, B.C., 1996. Age of the Alaşehir graben (west Turkey) and its tectonic implications. Geological Journal, 31, 1-11.
- Seyitoğlu, G., Çemen, İ., and Tekeli, O., 2000. Extensional folding in the Alaşehir (Gediz graben, western Turkey). Journal of the Geological Society of London, 157, 1097-1100.
- Seyitoğlu, G., Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş., and Işık, V., 2002. The role of the flexural rotation/rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehir graben, western Turkey. Geological Magazine, 139, 15-26.



- Sözbilir, H., 2001. Extensional tectonics and geometry of related macroscopic structures : Field evidence from the Gediz detachment, Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10, 51-67.
- Sözbilir, H., 2002. Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, 15, 277-288.
- Şengör, A. M. C., 1987. Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low angle normal faulting: Examples of western Turkey. In: M.P., Coward, J.F., Dewey, and P., Hancock, (eds.), *Continental Extensional Tectonics*, The Geological Society Special Publication, 28, 575 - 589.
- Şengör, A.M.C., Satır, M., and Akkök, R. 1984. Timing of tectonic events in the Menderes Massif, Western Turkey: Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 693-707.
- Ünay, E., Göktaş, F., Hakyemez, H.Y., Avşar, M., and Şan, Ö. 1995. Büyük Menderes grabeninin kuzey kenarındaki çökellerin Arvicolidae (Rodentia, Mammalia) faunasına dayalı olarak yaşlandırılması. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 38, 75-80.
- Yağmurlu, F. 1987. Salihli güneyinde üste doğru kabalaşan Neojen yaşlı alüvyon yelpaze çökelleri ve Gediz grabeninin tektono-sedimenter gelişimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 30, 33-40.
- Yazman, M.K., Güven, A., Ermiş, Y., Yılmaz, M., Özdemir, İ., Akçay, Y., Gönülalan, U., Tekeli, Ö., Aydemir, V., Sayılı, A., Batı, Z., İztan, H., Korucu, Ö. ve Grunnaleite, İ., 1998. Alaşehir grabeni ve Alaşehir - 1 prospektinin değerlendirme raporu. TPAO Rapor No. 3864, 146 s (yayımlanmamış).
- Yılmaz, H., 1986. Yeşilyurt (Alaşehir) sahasındaki uranyum belirtilerinin kökeni ve bunların depolanma sonrası alterasyonlarla tahribi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 29, 43-42.
- Yılmaz, Y., 2000. Ege bölgesinin aktif tektoniği, *Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu. Bildiriler Kitabı*, 3-14.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş., and Elmas, A., 2000. When did the western Anatolia grabens begin to develop? In: E., Bozkurt, J.A., Winchester and J.A.D., Piper, (eds.) *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, Geological Society of London, Special Publications, 173, 131-162.