

**TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK
ARAŞTIRMA KURUMU
ANKARA**

**FİNAL RAPORU
(PROJE NO: 105Y365)**

**Investigation of active seismotectonic features and seismic hazards of the
southern part of Aegean-Peloponnisos-plate in the area between Burdur and
Muğla, SW Turkey**

Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Fuzuli Yağmurlu

**Araştırmacılar: Prof. Dr. Nevzat Özgür, Prof. Dr. Muhittin Görmüş, Prof. Dr. Ali
Pınar, Yard. Doç. Dr. Züheyr Kamacı, Öğr. Gör. Murat Şentürk, Öğr. Gör. Erhan
Şener ve Arş. Gör. Kubilay Uysal**

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları
Araştırma ve Uygulama Merkezi**

ISPARTA, 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışma 2006-2009 yılları arasında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Ankara ile The Ministry for Development – General Secretariat for Research & Technology – (GSRT), Atina (Yunanistan) tarafından desteklenen araştırma projeleri (105Y365 ve 4.3.6.1e/200-e) çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda var olan bilimsel işbirliği geliştirilerek Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi arasında öğrenci, öğretim elemanı ve idari personel mübadelesi sağlayacak bir Erasmus anlaşması imzalanmış ve daha sonra başarı ile yürütülen bu projenin devamı şeklinde olan yeni bir proje önerisi desteklenmek üzere her iki ülkenin ilgili araştırma kurumlarına sunulmuştur.

Bu ortak projeler için arazi çalışmaları 2007, 2008 ve 2009 yaz aylarında olmak üzere üç farklı aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci ve ikinci dönem arazi çalışmalarında Burdur, Fethiye ve Gökova yöresinde paleosismolojik çalışmalar çerçevesinde beş adet hendek açılmış, bu hendeklerden dikey profiller alınmış, radyometrik yaş tayinleri için örnekler alınmış ve hendeklerin yakın çevresinin jeolojik haritaları yapılmıştır. Üçüncü dönem arazi çalışmaları sırasında Fethiye-Burdur Fayının devamı Fethiye körfezi ile Karpathos arasında izlenmiştir.

Proje çalışmaları esnasında Süleyman Demirel Üniversitesi ve Selanik Aristoteles Üniversitesi yetkilileri önemli derecede destek sağlamışlardır. Bu yüzden Süleyman Demirel Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Metin Lütfi Baydar ve Selanik Aristoteles Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Anastasios Manthos'a teşekkür ederiz.

Arazi çalışmaları sırasında özellikle hendek açılmasında Burdur, Fethiye ve Gökova Belediyeleri teknik ve lojistik destek sağlamışlardır. Bu yüzden Burdur Belediye Başkanı Sayın Sebahattin Akkaya, Fethiye Belediye Başkanı Sayın Behçet Saatçi ve Gökova Belediye Başkanı Sayın Durmuş Ali Sazaklı'ya teşekkür borçluyuz.

Paleosismolojik ve jeokimyasal çalışmalar esnasında alınan toprak örneklerinde ¹⁴C analizleri Leibniz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung, Kiel (Almanya) tarafından gerçekleştirilmiştir. Burada çalışanlara Prof. Grootes başkanlığında ayrıca teşekkür ederiz.

ÖZET

Doğu Akdeniz Bölgesinin en önemli yapısal unsurlarını oluşturan Kıbrıs ve Helenik yayları Fethiye Körfezinin güneybatısında, KD-uzanımlı Pliny ve Strabo hendekleri tarafından meydana getirilen bir dirsek oluşturur. Sol oblik atımlı fay sistemleri tarafından kontrol edilen Pliny hendeği, GB-Anadolu'da KD uzanımlı Fethiye-Burdur Fay Zonunun (FBFZ) deniz altında kalan bölümünü karşılamaktadır. Son dönemlerde yürütülen GPS çalışmaları, FBFZ' nin kuzey bölümünde Ege – Peloponnisos levhasının KD - GB doğrultusunda ve güneybatı yönünde 3 cm/yıl'lık bir hızla genişlediğini göstermektedir. FBFZ' nin güneyinde yer alan Isparta Açısı içinde güneybatı yönlü genişleme hareketi çok az oranda (1 cm/yıldan az) gözlenmektedir. Bu veriler GB- Anadolu'da KD- gidişli ve sol oblik atım özelliği gösteren FBFZ' nin, aynı zamanda Batı Anadolu genişleme bölgesinin güney sınırını oluşturan çok önemli bir yapısal çizgi konumunda olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

GB Anadolu'da Fethiye ile Burdur Gölü arasında uzanım gösteren FBFZ, yersel olarak KB gidişli fay sistemleri tarafından kesilerek farklı uzunluktaki segmentlere ayrılır. FBFZ üzerinde yer alan segmentler, güneybatıdan kuzeydoğuya doğru (i) Fethiye segmenti, (ii) Gölhisar segmenti, (iii) Tefenni segmenti ve (iv) Burdur segmentinden oluşmaktadır. FBFZ ile buna eşlik eden KD- gidişli fay sistemlerinin yanı sıra, D-B uzanımlı Gökova Fayı ile KB gidişli fay sistemleri (Dinar, Acıpayam, Muğla-Yatağan vb.), günümüzde halen aktif olan en önemli yapısal çizgileri oluşturmaktadır. GB Anadolu'da FBFZ'nun yanı sıra buna eşlik eden KD gidişli çok sayıdaki aktif fay sistemlerinin varlığı, Ege levhasının GB yönünde tek parça olarak kaymadığını, KD gidişli fay sistemlerinin denetiminde çok parçalı olarak hareket ettiğini göstermektedir.

Güneybatı Anadolu'ya ait tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtları incelendiğinde bu yörenin Doğu Akdeniz Bölgesinde sismik açıdan en aktif bölgelerden biri olduğu ortaya çıkmaktadır. Tarihsel ve aletsel dönemlerde oluşan depremlere ait episantr merkezlerinin büyük bir bölümü, Güneybatı Anadolu'da yer alan KD, KB ve D-B uzanımlı aktif fay sistemleri üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Bu araştırma ile elde edilen paleosismolojik veriler, Fethiye segmenti üzerinde 1957 tarihinde meydana gelen depremden önce, MS 619-642 yılları arasında ve MÖ 200 ile 700 yılları arasında meydana gelen en az iki önemli sismik aktivitenin bölgeyi etkilemiş olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan Burdur yöresine ait paleosismolojik veriler, Burdur-Tefenni segmenti üzerinde meydana gelen 1971 ve 1914 depremlerinden önce, biri günümüzden 863 yıl önce, diğerleri ise 1107 ve 9600 yıl önce olmak üzere en az üç önemli sismik

faaliyetin yöreyi etkilemiş olduğunu yansıtmaktadır. Gökova fayı ile ilgili olarak yapılan paleosismolojik araştırmalarda bu fay üzerinde günümüzden 5800-6000 yıl öncesine ait önemli bir sismik faaliyetin varlığı saptanmıştır.

GB-Anadolu'da son dönemlerde meydana gelen orta büyüklükteki depremlerin büyük bölümü, elde edilen fay çözümlerine göre, daha çok KB gidişli fay sistemleri üzerinde meydana gelmektedir. KB gidişli faylar üzerinde oluşan bu son depremler, Fethiye-Burdur Fay Zonunun özellikle Fethiye ve Burdur-Tefenni segmentleri üzerindeki deprem riskini arttırmış olması bakımından önemlidir.

ABSTRACT

The Cyprus and Hellenic arcs forming the important tectonic components of the Eastern Mediterranean area form a curve caused by NE-striking Pliny and Strabo trenches in the southeastern part of Fethiye Gulf. The Pliny trench controlled by left lateral oblique faults systems constitutes the part of the NE-striking Fethiye-Burdur Fault Zone under the Aegean Sea in SW Anatolia. Recent GPS measurements show that Aegean-Peloponnisos plate in the northern part of the Fethiye-Burdur Fault Zone extends in NE-SW direction with a velocity of 3 cm/a. The extension within the Isparta Angle located in the southern part of Fethiye-Burdur Zone is lesser than 1 cm/a. These data are very important, because the Fethiye-Burdur Fault zone (FBFZ) forms southern boundary of the extension area of western Anatolia.

Fethiye-Burdur Fault Zone (FBFZ) between Fethiye and Burdur Lake in SW Anatolia is interrupted by NW-trending fault systems and has been splitted into segments in various lengths. From SW to NE, the segments are: (i) Fethiye-segment, (ii) Gölhisar segment, (iii) Tefenni segment and (iv) Burdur-segment. Besides Fethi-Burdur Fault Zone (FBFZ) and accompanying fault systems in NE directions, E-W trending Gökova fault and NW trending fault systems, i.e. Dinar, Acipayam, Muğla-Yatağan, etc., form the most important active tectonic lineaments, in present day. Besides Fethiye-Burdur Fault zone (FBFZ) in SW Anatolia, the existence of various accompanying NE trending fault systems shows that the Aegean plate does not slip in SW direction as a particular fragment, but also moves as various fragments by controlling of NE trending fault systems.

By study of earthquake records of historical and instrumental time periods, the investigation area can be considered as one the more active regions in view of seismic points. The most parts of epicenters of the earthquakes in the historical and instrumental periods, intensify at the NE, NW and E-W trending fault systems in SW Anatolia.

The obtained paleoseismological data within this study show at least two important seismic activities affect the region in the time period before Fethiye Earthquake in 1957 at the Fethiye segment, between AD 619 and 642 and BC 200 and 700. On the other side, paleoseismological data from Burdur area reflect at least three important seismic activities at Burdur segment in the time period before the earthquakes in 1971 and 1914, namely 863 BP, 1107 BP and 9600 BP. Pleoseismological data from Gökova show that at least one important seismic activity took place 5800-6000 BP.

In SW Anatolia, a great number of current earthquakes in moderate magnitude have been took place more on the NW trending fault systems according to the obtained fault solutions. These last earthquakes at the NW trending fault systems are very important because Fethiye-Burdur Fault Zone (FBFZ) increases earthquake risk in the Fethiye segment and Burdur-Tefenni segment especially.

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖNSÖZ.....	2
ÖZET.....	3
ABSTRACT.....	5
İÇİNDEKİLER.....	6
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	8
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	12
1. GİRİŞ.....	13
1.1 Bölgesel Jeoloji (GB Anadolu).....	13
1.2 Çalışmanın Amacı.....	14
2. 2. GÜNEYBATI ANADOLUNUN AKTİF FAY SİSTEMLERİ	18
2.1.1 Fethiye-Burdur Fayı	18
2.1.2 Gökova Fayı.....	21
3. ÇALIŞMA ALANININ YEREL JEOLojİK ÖZELLİKLERİ	29
3.1 Burdur Yöresi	29
3.1.1 Otokton Kaya Birimleri.....	29
3.1.1.1 Başmakçı Formasyonu (Paleosen).....	29
3.1.1.2 Burdur Formasyonu (Pliyosen).....	29
3.1.1.3 Alüvyonlar (Kuvaterner).....	30
3.1.2 Allohton Kaya Birimleri.....	30
3.1.2.1 Gökçebağ Karmaşığı (Orta Eosen).....	30
3.2 Fethiye yöresi.....	32
3.2.1 Otokton–paraotokton birimler.....	32
3.2.1.1 Karbonat kayalar.....	33
3.2.1.2 Tersiyer tortulları.....	33
3.2.2 Allohton birimler.....	35
3.2.2.1 Marmaris peridotitleri.....	35
3.2.2.2 Kayaköy dolomiti.....	35
3.2.3 Fethiye çevresinin tektonik özellikleri	35
3.2.3.1 Fethiye fayı.....	36
3.2.3.2 Esenköy fayı.....	36
3.3 Gökova Yöresi.....	36
3.3.1 Otokton birimler.....	36
3.3.1.1 Karbonat kayalar.....	37
3.3.1.2 Erken Miyosen Denizel tortul istif (Akyaka Formasyonu).....	37

3.3.1.3 Orta-Geç Miyosen karasal tortul istif (Sekköy ve Yatağan Formasyonları)	37
3.3.2 Allohton birimler.....	39
3.3.3 Gökova çevresinin tektonik özellikleri.....	39
4. GÜNEYBATI ANADOLUNUN SİSMİK AKTİVİTESİ.....	40
4.1 Tarihsel Deprem Etkinliği.....	40
4.2 Aletsel Deprem Etkinliği.....	41
4.2.1 Fethiye-Burdur Fay Zonunda Meydana gelen Önemli Depremler.....	45
4.2.1.1 12 Mayıs 1971 Burdur Depremi.....	46
4.2.1.2 15 Temmuz 2008 Rodos Depremi (Mw: 6,4)	48
4.2.1.3 30.05.2008, 05:34, Mw=4.4 Çameli (Denizli) Depremi.....	51
5. PALEOSİSMOLOJİK HENDEK ÇALIŞMALARI.....	57
5.1 Burdur yöresi hendek çalışmaları.....	57
5.1.1 Kışla Mahallesi (Burdur).....	57
5.1.2 Kum Ocakları.....	57
5.1.3 Yassıgüme (Bur-3 Hendeği).....	58
5.2 Fethiye yöresi hendek çalışmaları.....	66
5.2.1 Fethiye-1 Hendeği.....	66
5.2.2 Fethiye-2 Hendeği (Fet-2).....	67
5.3 Gökova yöresi.....	68
5.3.1 Akyaka Hendeği (Aky-1).....	68
6. JEOKİMYA.....	70
6.1 Jeokimyasal örnek alımı ve analize hazırlanması.....	70
6.2 Yaş tayini analizleri ve değerlendirilmesi.....	71
7. TARTIŞMA	79
7.1 Bölgesel Deprem Riski.....	79
7.2 Paleosismolojik Değerlendirme.....	81
8. FAYDALANILAN KAYNAKLAR.....	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. Batı Anadolu da yer alan belli başlı aktif fay sistemleri ve bunların birbirleriyle olan geometrik ilişkileri	15
Şekil 2. Son yıllarda Batı Anadolu da yapılan GPS çalışmaları sonucu ortaya çıkan bölgesel kayma-hareket yönleri ve hızları	16
Şekil 3. Güneybatı Anadolu'da Isparta Açısı olarak bilinen bölgenin jeodinamik evrimi	17
Şekil 4. Güneybatı Anadolu'nun Landsat uydu görüntüsü üzerinde yeralan belli başlı yapısal çizgiselliklerin dağılımları ve Burdur-Fethiye fay zonunun konumu	19
Şekil 5. Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasındaki bölgede Burdur fayını oluşturan segmentlerin konumları ve diğer fay sistemleri ile olan ilişkileri (Yağmurlu ve diğ., 2005).	20
Şekil 6. Yassıgüme köyü yöresinde bulunan Burdur-Tefenni fay segmenti arazi görünümü (a) ve burada alınan fay doğrultu eğim ölçümlerinin eşit alan projeksiyonu (b). P: pol noktaları; T: Tensor noktaları	22
Şekil 7. Burdur Kum ocakları mevkiinde bulunan Burdur-Tefenni fay segmenti arazi görünümü (a) ve burada alınan fay doğrultu eğim ölçümlerinin eşit alan projeksiyonu (b). P: pol noktaları; T: Tensor noktaları	23
Şekil 8. Burdur – Pınarbaşı köyü dolaylarında bulunan Burdur-Tefenni fay segmenti arazi görünümü (a) ve burada alınan fay doğrultu eğim ölçümlerinin eşit alan projeksiyonu (b). P: pol noktaları; T: Tensor noktaları	24
Şekil 9. Burdur – Hacılar köyü dolaylarında bulunan Burdur-Tefenni fay segmenti arazi görünümü (a) ve burada alınan fay doğrultu eğim ölçümlerinin eşit alan projeksiyonu (b). P: pol noktaları; T: Tensor noktaları	25
Şekil 10. Gökova bölgesinin yapısal konumu ve jeolojisi(Çağlar ve Duvarcı, 2001'den değiştirilerek): (a) Batı Anadolu ve Ege Denizi'nin genişlemeli yapısal unsurları (NAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu), (b) Gökova Bölgesinin ana jeotektonik birimlerinin genelleştirilmiş tektonik konumu ve (c) Gökova bölgesinin basitleştirilmiş jeoloji haritası ve birbirini kesen rift sistemlerinin konumları (Görür ve diğ. 1995'ten değiştirilerek). Gökova Körfezi içinde yer alan D-B uzanımlı normal faylar denizaltı çok kanallı sismik yansıma verileri kullanılarak çizilmiştir (Kurt ve diğ., 1999)	26
Şekil 11. Gökova fayının Akyaka beldesinin doğusunda oluşturduğu fay aynasının görünümü	27
Şekil 12. Gökova fayının Akyaka beldesinin doğusundaki fay aynası üzerinde gözlenen kayma çiziklerinin konumları	27
Şekil 13. Gökova fayının Akyaka beldesinin doğusunda fay aynası üzerinde yapılan ölçümlere ait eşit alan projeksiyonu ve kayma vektörlerinin konumu	28
Şekil 14. Burdur fay zone üzerinde bulunan Burdur- Tefenni segmentinde açılan BUR-1 hendeğinin ve yakın çevresinin jeolojisi	31
Şekil 15. Burdur fay zone üzerinde bulunan Burdur- Tefenni segmentinde açılan BUR-2 hendeğinin yakın çevresinin jeolojisi	31
Şekil 16. Burdur fay zone üzerinde bulunan Burdur- Tefenni segmentinde açılan BUR-3 hendekleri yakın çevresinin jeolojisi	32

Şekil 17. Fethiye ve yakın çevresinde yer alan kaya birimlerinin ve fay sistemlerinin jeolojik konumları ve hendek lokasyonları	34
Şekil 18. Akyaka (Gökova) ve yakın çevresinde yer alan kaya birimlerinin ve fay sistemlerinin konumları ve açılan hendek lokasyonu (Görür ve diğ. 1995'den değiştirilerek)	38
Şekil 19. Doğu Akdeniz bölgesinde $M > 6.0$ depremlerinin dağılımı	40
Şekil 20. Güneybatı Anadolu tarihsel dönem deprem dağılımı. İçi dolu koyu gri renkte olan daireler Papazachos and Papazachou (1997) katalogundan 550 MÖ – 1900 MÖ depremlerini göstermektedir. İçi dolu açık gri renkte olan daireler Soysal ve diğ. (1981) 2100 MÖ – 1900 MS depremlerin yerlerini göstermektedir	41
Şekil. 21. Güneybatı Anadolu ve Helen yayında aletsel dönemde meydana gelen deprem etkinliği	43
	45
Şekil 22. Güneybatı Anadolu ve Helen yayı boyunca meydana gelen depremlerin faylanma mekanizması dağılımı (Canbay, 2009)	46
Şekil 23: Gri renkte içi dolu elips 1914 depreminin muhtemel kırık zonunu göstermektedir. Bunun yanı sıra Burdur gölü civarında meydana gelen bazı depremlerin faylanma mekanizmaları verilmiştir. Faylanma mekanizması diyagramlarının üzerinde yer alan tarihler depremin meydana geldiği tarihi yansıtmaktadır. 1971 Burdur depremiyle ilişkili olan diyagramlarda 1971-1, 1971-2 ve 1971-3 numaralı depremler sırasıyla en büyük öncü şok, ana şok ve en büyük artçı şokun faylanma mekanizmalarıdır	47
Şekil 24. 3 Ekim 1914 Burdur depremi eş-şiddet haritası (Ambraseys ve Finkel, 1987)	47
Şekil 25: 1957 Fethiye-Rodos depremlerinin faylanma mekanizması çözümleri. İlk deprem 24.4.1957 tarihinde 19:10'da ($M_s=6.8$) küçük ters faylanma bileşeni olan doğrultu atımlı faylanma mekanizmasıyla oluşmuş, ikinci deprem ise 25.4.1957 tarihinde 02:25'te ($M_s=7.2$) doğrultu atımlı faylanma mekanizması çözümüne sahiptir. Birinci depremin çok geniş bir alanda hissedilmiş olması birinci şokun derin odaklı ve ikinci depremin daha çok hasar yapıcı olması ikinci şokun daha sığ odaklı ve daha büyük olmasından kaynakladığı izlenimini vermektedir (Eyidoğan ve diğ., 1991)	48
Şekil 26: 25 Nisan 1957 Fethiye depreminin eş-şiddet haritası (Öcal, 1958)	49
Şekil 27. 15-Temmuz-2008 Rodos depreminin yeri ve farklı sismoloji merkezleri tarafından elde edilen faylanma mekanizma çözümlerinin dağılımları	50
Şekil 28: 15 Temmuz - 31 Temmuz 2008 tarihleri arasında Rodos'ta meydana gelen artı depremlerin derinlik ve episantr dağılımı. Bu artçı depremlerin KB-GD uzantılı bir doğrultu üzerinde meydana geldiği görülmektedir	52
Şekil 29. Fethiye-Burdur fay zonunda meydana gelen küçük ve orta büyüklükteki depremlerin analiz sonuçları	53
Şekil 30. 30.5. 2008, 05:34 depreminin analizi için kullanılan geniş bantlı deprem istasyonlarından elde edilen dalga şekli verisi	

Şekil 31. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından çalıştırılan geniş-bant deprem istasyonlarının Güneybatı Anadolu'daki konumları gösterilmektedir. Yıldız sembolü, 30.05.2008 tarihinde meydana gelen ve bu çalışma kapsamında analiz edilen Çameli depreminin yerini göstermektedir	54
Şekil 32. Bu çalışma kapsamında analiz edilen 30.5.2008, 05:34, Mw=4.4 Çameli depreminin dalga şekli ters çözüm sonuçları gösterilmektedir. Her sismogram çiftin üst kısmında yer alan dalga şekilleri teorik olarak hesaplananları ve alt kısmında yer alanlar gözlemsel sismogramları göstermektedir. Sismogram çiftin solunda yer alan rakam teorik sismogramın maksimum genliğinin, gözlemsel sismogramın maksimum genliğine oranını göstermektedir. Sismogram çiftin üstünde yer alan kısaltmalar geniş bant deprem istasyonu için kullanılan kısaltmalardır. İstasyon isminde yer alan uzantılar e , n ve z harfiyle gösterilmekte ve bunlar sırasıyla doğu-batı, kuzey-güney ve düşey bileşenlerine karşılık gelmektedir. Çözüm kalitesinin göstergesi, aynı zamanda varsıns indirgeme değerin teork ve gözlemsel sismogramların dalga şekline olan uyumu ile ölçölür. Bu depremin analizi için varyans indirgeme değeri 50 civarında olup, dalga şekli uyumları tatmin edici düzeydedir	55
Şekil 33. 30.05.2008, 05:34, Mw=4.4 Çameli depremi analizinde farklı derinlikler için elde edilen faylanma mekanizması çözümleri ve varyans indirgeme değeri. Faylanma mekanizmalarında koyu bölgeler sıkışma bölgesini ve açık renkte olan kısımlar da açılma bölgelerini göstermektedir	56
Şekil 34. Burdur Fethiye fay zonu Burdur segmenti üzerinde yer alan BUR-1 hendeğinin ölçölü kesiti	59
Şekil 35. Burdur Fethiye fay zonu üzerinde açılan BUR-1 hendeğinin farklı seviyelerinin görünümleri	60
Şekil 36. Burdur Fethiye fay zonu Burdur segmenti üzerinde yer alan BUR-2 hendeğinin ölçölü kesiti	61
Şekil 37. Burdur Fethiye fay zonu üzerinde açılan BUR-2 hendeğinin farklı lokasyonlarının görünümleri	62
Şekil 38. Burada yer alan fay 1914 depremine ait yüzey kırığını temsil etmektedir. BUR-2 hendeği bu fayın yaklaşık 50 m KD uzanımı üzerinde açılmıştır. Sağ üst köşede bulunan araç bu şekil için ölçek olarak alınabilir. Bu mostra, ileri derecede ayrışma, yoğun heyelanlar ve kum ocağı işletmesi nedeni ile ilksel yapısını kaybetmiştir. Mostra görünümü GGB'dan KKD'ya doğrudur	63
Şekil 39. Burdur Fethiye fay zonu üzerinde açılan BUR-3 hendeğinin farklı lokasyonlarının görünümleri	64
Şekil 40. BUR-3 hendeğinin açıldığı fay yüzeyinin görünümü. Normal-sol yönlü kayma çizikleri belirgindir ve yöredeki stres alanı ile uyumludur	65
Şekil 41. Burdur Fethiye fay zonu Burdur segmenti üzerinde yer alan BUR-3 hendeğinin ölçölü kesiti	65
Şekil 42. Fethiye-Burdur fayının Fethiye Körfezi çevresindeki konumu ile bu fay üzerinde açılması öngörölün hende lokasyonu	66
Şekil 43. Fethiye-1 (Fet-1) hendeğinin ölçekli enine kesiti. 1: Güncel toprak örtüsü; 2: kolüvyal tortul oluşukları; 3: alüvyonal yelpaze tortulları	67
Şekil 44. Fethiye-2 (Fet-2) hendeğinin ölçölümüş enine kesiti. 1: güncel toprak örtüsü; 2 ve 3: kolüvyal tortul birikintileri; 5 ve 6: alüvyal yelpaze birikintileri; 7: kolüvyal tortullar	67

Şekil 45. Gökova fayının Gökova Köyü çevresindeki konumu ile bu fay üzerinde açılması öngörülen hendek lokasyonu	69
Şekil 46. Gökova fayı üzerinde Akyaka yöresinde açılan Aky-1 hendeğinin enine kesiti ve örnek yerleri Bu kesit üzerinde yukarıdan aşağıya doğru üç farklı düzey saptanmıştır: 1: ayrıışmış toprak örtüsü; 2: oranaik maddece fakir kumlu kil; 3: organic maddece zengin kumlu kil	69
Şekil 47. Burdur yöresinde her iki hendekte (Bur-2 ve Bur-3) zaman dağılımı ve işaret ettiği tektonik olaylar	75
Şekil 48. Fethiye-1 hendeğinden alınan örneklerin verdiği yaş tayinlerinin modellenmesi ve yaş verilerinin dağılımı	75
Şekil 49. Fethiye-2 (Fet-2) hendeğinden alınan örneklerin yaş tayinlerinin zamansal dağılımı	76
Şekil 50. Fethiye-1 ve Fethiye-2 hendeklerinden alınan örneklerin birlikte değerlendirilerek yapılan kalibrasyonu	76
Şekil 51. Akyaka (Gökova; Aky-1) hendeğinden alınan örneklerin yaş tayini sonuçları ve bunların zamansal dağılımları	77
Şekil 52: Akyaka doğusunda Gökova fay zonu üzerinde yeralan Karia uygarlığına ait kaya mezarı üzerinde meydana gelen hasar verici kırıkların konumu (a) ve bu kaya mezarının ve kırık sistemlerinin çizim üzerindeki görünümü (b)	78
Şekil 53. Burdur'da düzgün bir alanda kurulmamış bir yapılaşmaya örnek. Burdur'da yapıların büyük bir çoğunluğu doğrudan doğruya pekleşmemiş Kuvaterner yaşlı eski gölssel plaj tortulları üzerine kurulmuştur ve zemin sivilaşmasına maruz kalma tehlikesi ile karşı karşıyadır (GB'dan KD'ya bakış)	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Fethiye-Burdur fay zonunda tarihsel dönemde meydana gelen önemli depremler	42
Çizelge 2. Burdur-Fethiye arasındaki bölgede son yüzyıl içinde meydana gelen hasar verici depremlerin yıllara göre dağılımı	43
Çizelge 3. 15-Temmuz-2008 Rodos depreminin farklı sismoloji merkezleri tarafından elde edilen kaynak parametreleri	48
Çizelge 4. Burdur, Fethiye ve Akyaka (Gökova) yöresinden alınan toprak ve kemik örneklerinde ^{14}C yaş tayini analizi sonuçları. * burada yaklaşık 1950 yıllarına ait yaş tayinini göstermektedir	70
Çizelge 5. Bur-2 hendeğinden alınan örneklerin ^{14}C yaş tayini analizi sonuçları ve ilgili tektonik olaylar	74

1.GİRİŞ

1.1 Bölgesel jeoloji (GB Anadolu)

Güneybatı Anadolu'nun güncel tektonik yapısını biçimlendiren jeodinamik etkenleri başlıca dört grup içinde toplamak mümkündür (Yağmurlu ve Şentürk, 2005) . Bunlar; (1) Fethiye-Burdur fay zonunun kuzey bölümünde Ege-Peloponnisos levhasının GB'ya doğru hareketi, (2) Isparta Açısının doğu kanadının saat yönünde, batı kanadının ise saatin tersi yönde rotasyonu, (3) Afrika levhasının Kıbrıs ve Helenik yaylar boyunca Ege-Peloponnisos ve Anadolu levhalarının altına dalması ve (4) Anadolu Levhasının Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu faylarının (KAF ve DAF) kontrolünde güneybatıya doğru hareketi şeklindedir. Bu jeodinamik etkenlerin aktivitesi sonucunda Güneybatı Anadolu'da Isparta Açısı ile bunu sınırlayan aktif fay sistemleri gelişmiştir (Şekil 1).

GB-Anadolu'da "Isparta Açısı" olarak bilinen ve Antalya Körfezinin geometrisine uyan coğrafik yapı, Batı Toroslar bölgesinin en önemli yörelerinden biridir. Torosları oluşturan Mesozoyik karbonat ekseninin Neotektonik dönemde Antalya Körfezinin kuzeyinde farklı yönlerdeki rotasyonu ile oluşan Isparta Açısı, ana çizgilerde, batıdan Fethiye-Burdur Fayı, doğudan ise Akşehir-Simav fayları ile sınırlıdır.

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan Fethiye-Burdur Fay Zonunun (FBFZ), bölgesel jeolojik yapı içindeki konumu Şekil 1' de sunulmuştur. Şekil 1'de verilen bölgesel haritada görüldüğü gibi, Kıbrıs ve Hellenik yayları Fethiye Körfezi'nin güneybatısında Pliny ve Strabo hendekleri ve bunları oluşturan fay sistemleri tarafından kontrol edilen ve önceki araştırmacılar tarafından tanımlanan önemli bir dirsek oluşturur (McKenzie, 1978; Rotstein, 1984; Dilek ve Moores, 1990; Anastakis ve Kelling, 1991; Taymaz ve Price, 1992). Bu araştırmacılara göre, Pliny ve Strabo hendeklerinin oluşumuna yol açan fay sistemleri, egemen olarak KD uzanımlı olup, sol oblik atım bileşenlerine sahiptir. Bu nedenle çoğu yerde, Pliny ve Strabo hendeklerini kontrol eden fay sistemleri ile benzer kinematik özellikler taşıyan FBFZ, gerçekte bu hendek sistemlerini oluşturan sol oblik atımlı fayların Güneybatı Anadolu'daki uzanımını karşılamaktadır.

Diğer taraftan McClusky ve diğ. (2000) ve Barka ve diğ. (2000) tarafından yürütülen GPS çalışmaları, Burdur-Fethiye fay zonunun kuzey bölümünde Batı Anadolu'nun KD-GB doğrultusunda ve güneybatı yönünde 3 cm/yıl bir hızla genişlediğini göstermektedir (Şekil 2). Aynı araştırmacılara göre, Burdur-Fethiye fay zonunun güneyinde yeralan Isparta Açısı içinde güneybatı yönlü genişleme hareketi çok az oranda (1 cm/yıldan az) gözlenmektedir. Bu veriler Fethiye-Burdur Fay Zonu, Batı Anadolu'da Ege açılma bölgesi ve Isparta Açısı olmak üzere, iki farklı tektonik bölgeyi birbirinden ayıran çok önemli bir yapısal çizgi konumunda olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

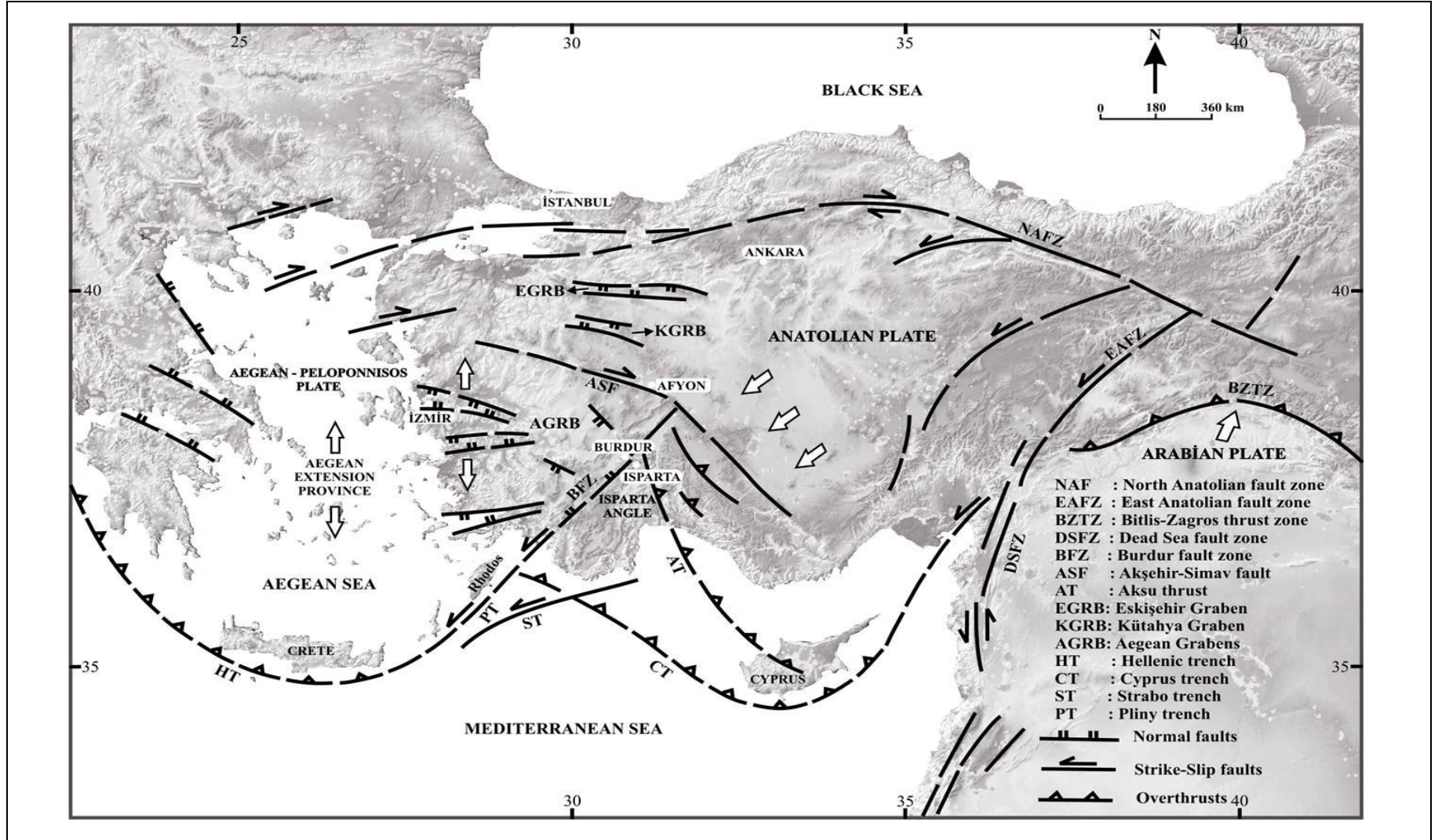
FBFZ tarafından batıdan sınırlanan Isparta Açısı, ana çizgilerde doğu ve batı kanat olarak isimlendirilen iki farklı bölümden oluşur. Isparta Açısının batı kanadı Beydağları, doğu kanadı ise Akseki-Anamas karbonat platformları tarafından oluşturulur. Isparta Açısını oluşturan Mesozoyik yaşlı otokton karbonat platformuna ait istif, batıdan Likya napları, güneyden ise Antalya naplarına ait allohton ofiyolitik kaya toplulukları tarafından üzerlenir.

Isparta Açısını oluşturan doğu ve batı kanatların Neotektonik dönemde geçirmiş oldukları rotasyon hareketleri paleomanyetik verilerde gözetilerek Kissel ve diğ. (1993) ile Glover ve Robertson (1998) tarafından vurgulanmışlardır. Isparta Açısının doğu kanadını oluşturan Akseki-Anamas platformunun, saatin dönüş yönündeki rotasyonu, bu yazarların değindikleri gibi, Anadolu levhasının Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu faylarının denetiminde, güneybatıya doğru hareketi sayesinde gelişmiştir. Doğu kanadın rotasyonu Aksu bindirmesinin yanı sıra doğu kanat içinde buna eşlik eden çok katlı bindirme faylarının gelişmesine neden olmuştur.

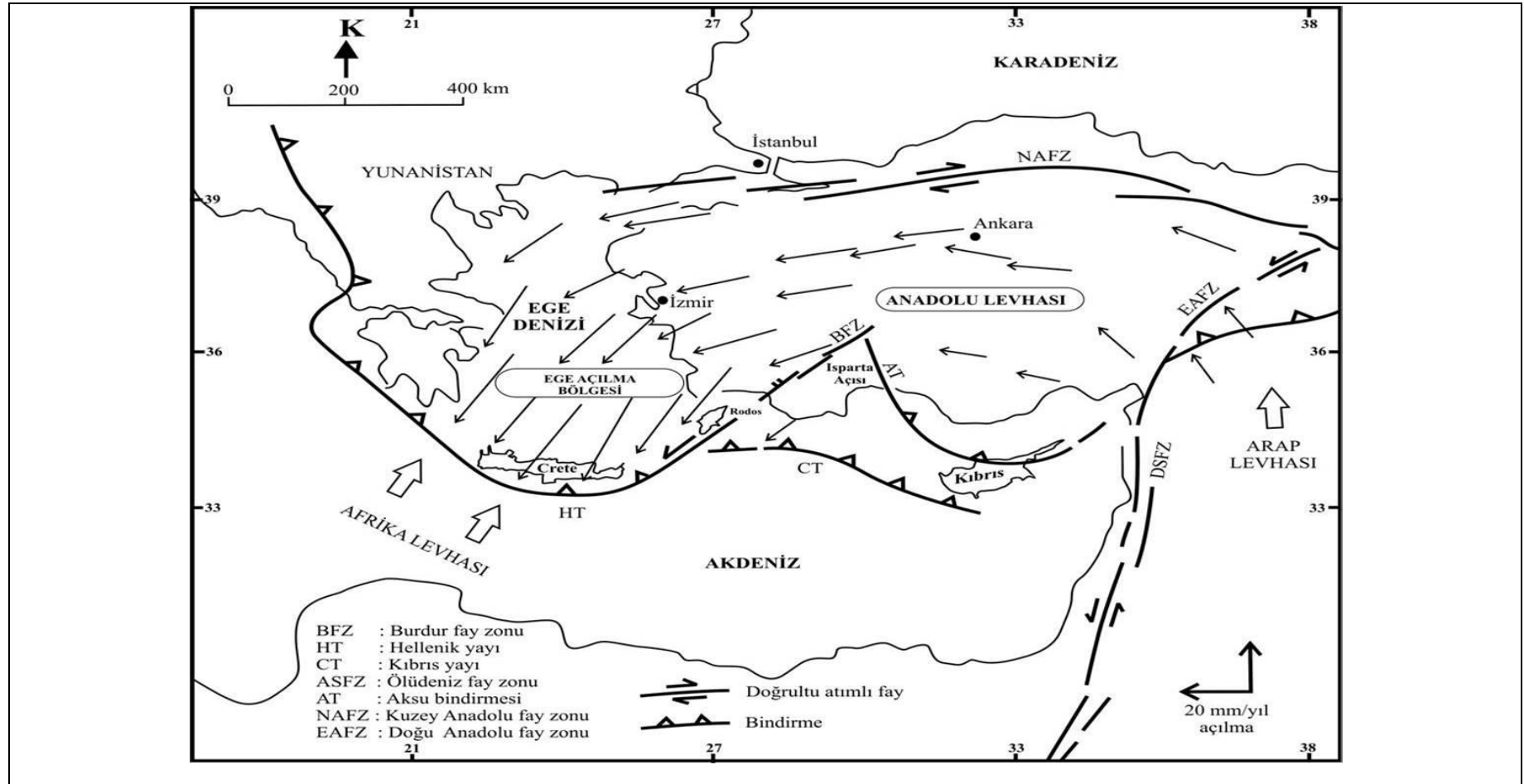
Isparta Açısı batı kanadının Miyosen süresince saat dönüşünün tersi yöndeki yaklaşık 35-40 derecelik rotasyonu, Kissel ve diğ. (1993) tarafından paleomanyetik verilere göre değerlendirilip ortaya konmuştur. Adı geçen araştırmacıların vurguladıkları gibi, Isparta Açısı batı kanadının Miyosen dönemi boyunca geçirmiş olduğu rotasyon hareketi, daha çok Ege graben sisteminin açılmasıyla yaşıt olarak gerçekleşmiştir. Ege bölgesinde yer alan D-B uzanımlı grabenlerin, batıdan doğuya doğru giderek daralan ve nihayet sönümlenen geometrik yapı özelliği göstermeleri, güneyde Isparta Açısı batı kanadının, saatin tersi yönde 35-40 dereceye ulaşabilecek düzeyde, bir rotasyon geçirmesine yol açmış olmalıdır (Şekil 3).

1.2 Çalışmanın amacı

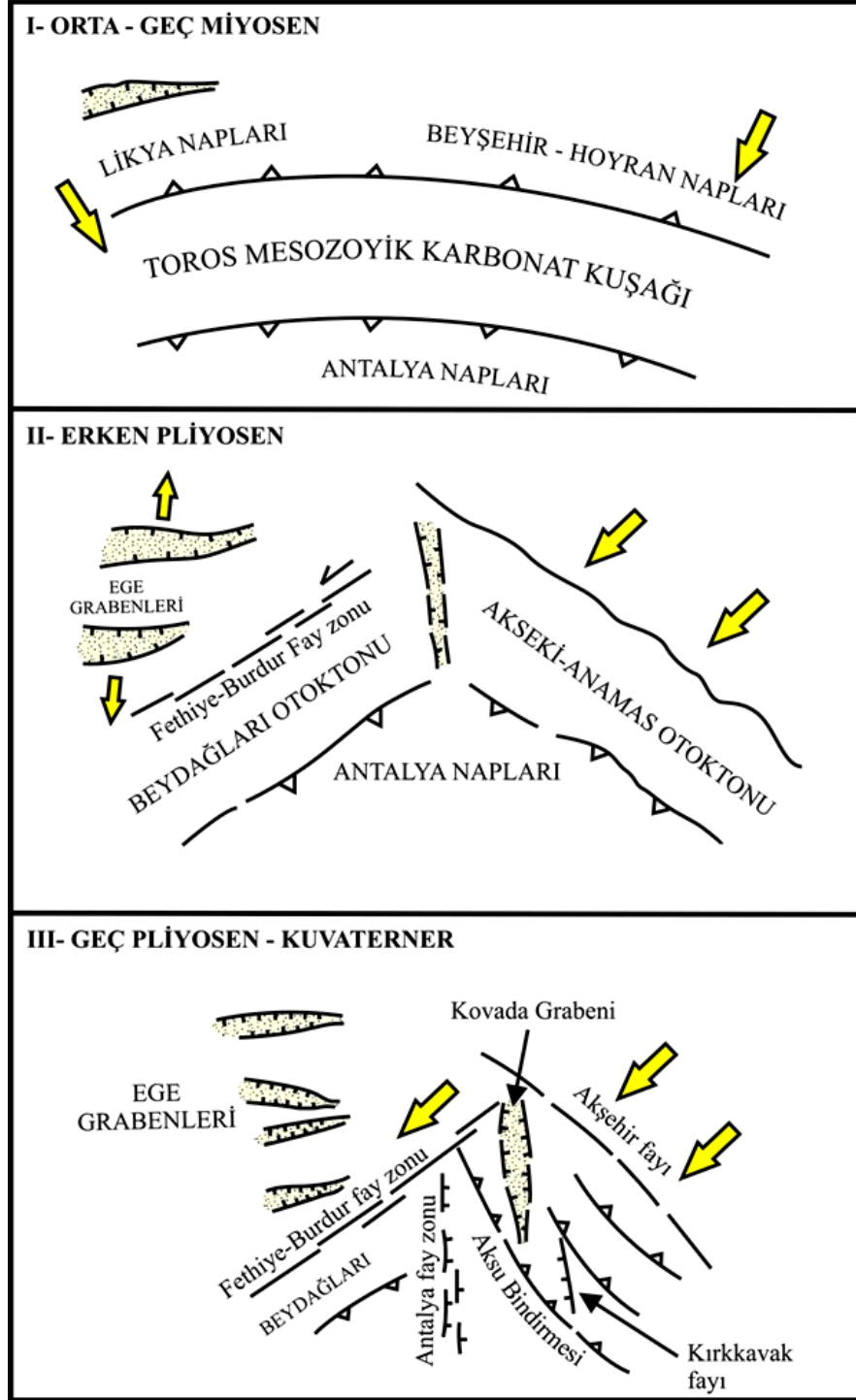
Bu çalışma Güneybatı Anadolu'da yer alan aktif fay sistemlerinin bölgesel tektonik yapı içindeki konumlarını ve birbirleriyle olan geometrik özellikleri yanı sıra bunların paleosismolojik evrimlerinin ortaya çıkarılmasını amaçlar. Bu amaçla Güneybatı Anadolu'nun en aktif faylarını oluşturan FBFZ ile Gökova faylarının araştırılması bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Bu fay sistemleri üzerinde tarihsel dönemlerde meydana gelen depremlerin paleosismolojik özellikleri yanı sıra deprem periyodlarının ortaya çıkarılması amacıyla açılmış olan hendekler değerlendirilerek bölgenin sismotektonik olarak modellenmesinin yapılması bu çalışmanın bir başka amaçlarından biridir. Bu öngörülen amaçları gerçekleştirmek için planlanan hendek lokasyonlarının yakın çevresinin jeolojik özellikleri araştırılarak fay sistemlerinin bu lokasyonlardaki konumları belirlenmesi, projenin bir başka önemli hedeflerinden birisidir. Bunun yanı sıra Güneybatı Anadolu'da meydana gelen güncel sismik hareketlerin değerlendirilmesi, bu projenin diğer önemli amaçlarından birisini oluşturmaktadır.



Şekil 1. Batı Anadolu'da yer alan belli başlı aktif fay sistemleri ve bunların birbirleriyle olan geometrik ilişkileri (Yağmurlu, 2000 ve Barka ve diğ. 1995'den değiştirilmiştir). Şekilde görüldüğü gibi, Burdur-Fethiye fay zonu aynı zamanda Batı Anadolu'da Ege Genişleme bölgesini Isparta Açısından ayıran önemli bir yapısal çizgiyi oluşturmaktadır.



Şekil 2. Son yıllarda Batı Anadolu da yapılan GPS çalışmaları sonucu ortaya çıkan bölgesel kayma-hareket yönleri ve hızları (McClusky ve diğ., 2000 ve Barka ve diğ., 2000). Şekil üzerinde yer alan vektör yönleri ve uzunlukları dikkatli biçimde incelendiğinde, Burdur-Fethiye fay zonunun kuzeyinde kalan Ege –Peloponnisos levhasının 3cm/yıllık bir hızla güneybatıya doğru kaydığı, buna karşın Isparta Açısı içinde hemen hemen hiçbir hareketin meydana gelmediği gözlenir.



Şekil 3. Güneybatı Anadolu'da Isparta Açısı olarak bilinen bölgenin jeodinamik evrimi. (Yağmurlu ve Şentürk, 2005).

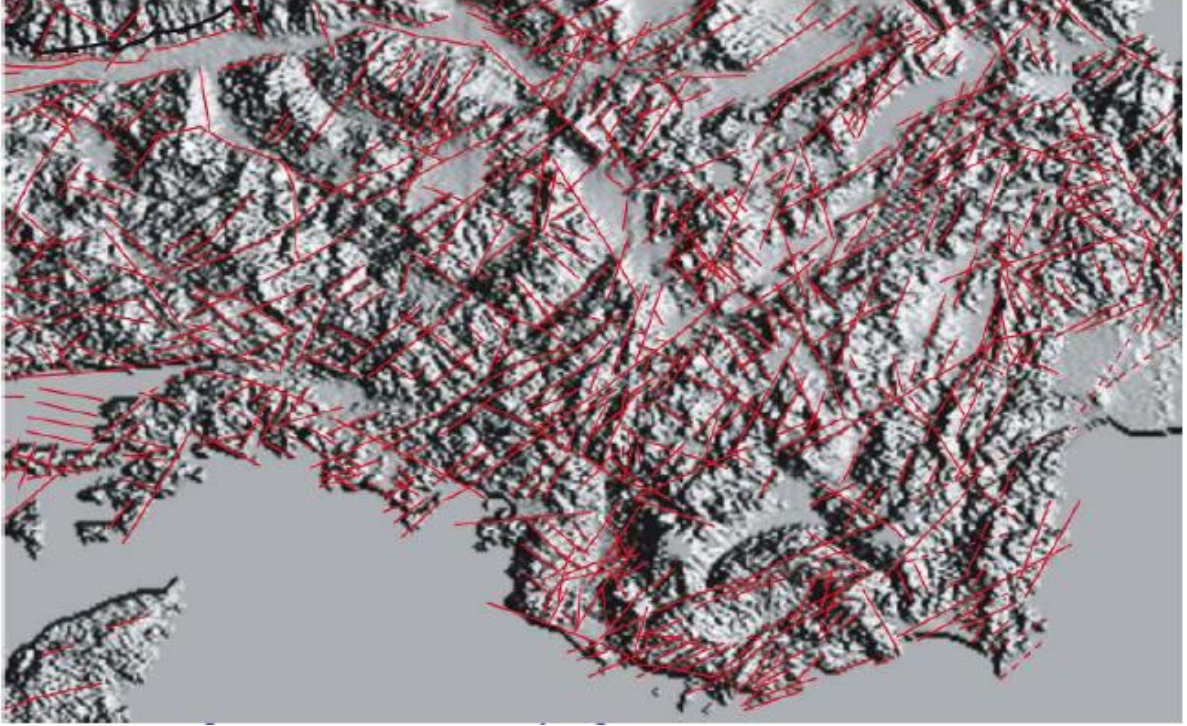
2. GÜNEYBATI ANADOLUNUN AKTİF FAY SİSTEMLERİ

Şekil 4'de verilen uydu görüntüsü üzerinde görüldüğü gibi, GB Anadolu'da yer alan güncel aktif fay sistemleri başlıca KD, KB, K-G, ve yaklaşık D-B doğrultulu uzanımlar gösterir. Şekil 2'de verilen harita üzerinde vurgulandığı gibi, GB-Anadolu'da Fethiye Burdur Fay zonunun kuzey kesimlerinde kalan alanlarda GPS ölçüm değerlerine göre çizilmiş olan vektörler daha çok GB yönünde gelişen bir hareketin yada genişlemenin meydana geldiğini göstermektedir. Bunun sonucu olarak, GB-Anadolu'da egemen olarak KB yönünde gidişler gösteren Dinar-Çivril, Acıpayam-Honaz, ve Muğla-Yatağan arasında gözlenen aktif fay sistemleri gelişmiştir. Bu fay sistemleri üzerinde günümüzde halen aktif olabilen sismik faaliyetler meydana gelmektedir.

Diğer taraftan, GB Anadolu'da FBFZ'nun dışında buna paralel olarak gelişmiş KD gidişli aktif fay sistemle mevcuttur. Acıgöl, Baklan, ve Gökova gibi KD gidişli aktif fay sistemleri bunlara tipik örnek olarak verilebilir (Koçyiğit, 2000; Görür ve diğ 1995). GB Anadolu'da FBFZ'nun yanı sıra buna eşlik eden KD gidişli çok sayıdaki fay sistemlerinin varlığı, Ege levhasının GB yönünde tek parça olarak kaymadığını, KD gidişli fay sistemlerinin denetiminde çok parçalı olarak hareket ettiğini göstermektedir.

2.1.1 Fethiye-Burdur Fayı

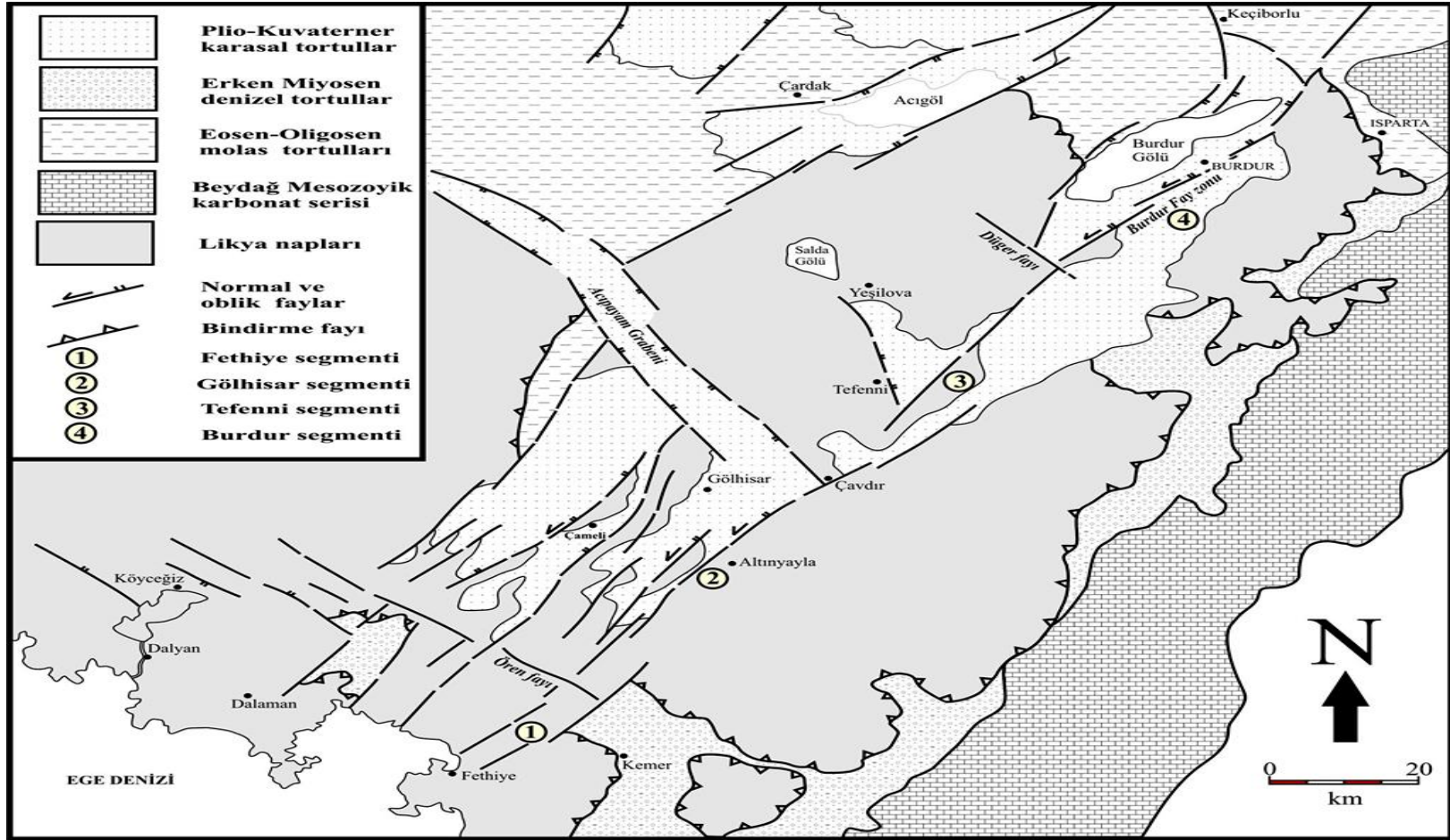
Isparta Açısını batıdan sınırlayan Fethiye-Burdur fay zone, ana çizgilerde KD yönünde en-echalon yapıda uzanım gösteren sol oblik atımlı bir faydır. Fethiye-Burdur fay zone daha çok birbirine paralel ve yarı paralel olan kesikli uzanıma sahip ve basamaklı bir yapı özelliği gösteren fay sistemlerinden yapılıdır. Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasında yaklaşık 300 km'lik bir uzanım gösteren bu fay zoneunun genişliği çoğu yerde 3 ile 10 km arasında değişir (Şekil 4 ve 5). Topoğrafyada gözlenen kayma eşikleri, breşlenme zonları, Kuvaterner yaşlı genç tortullarda yeralan biçim değiştirme yapıları ile yersel gözlenen H₂S çıkışları ve pull-apart çöküntü alanları (örn; Burdur Gölü) Fethiye-Burdur fay zone boyunca gözlenen olağan yapılarıdır. Diğer taraftan özellikle Burdur Gölünün güney bölümünde fay boyunca yersel olarak gözlenen çamur daykları, koluviyal oluşuklar ile, Hacılar yöresinde yer alan 1971 depreminden kalıtsal topoğrafik eşikler, ve olasılıkla 1914 depremine ait olabilecek yarık dolgu oluşukları tipik aktif fay verileri olarak değerlendirilebilecek yapılarıdır.



Şekil 4. Güneybatı Anadolu'nun Landsat uydu görüntüsü üzerinde yeralan belli başlı yapısal çizgiselliklerin dağılımları ve Burdur-Fethiye fay zonunun konumu. Burdur-Fethiye fay zonunun kuzeyinde kalan alanlarda, Ege-Peleponnisos levhasının GB- yönündeki genişlemesine bağlı olarak gelişmiş olan, KB ve KD gidişli aktif fay sistemlerinin varlığı dikkati çekmektedir.

Fethiye-Burdur fayı, daha öncede belirtildiği gibi, GB-Anadolu'nun güncel tektonik yapısını denetleyen en önemli yapısal çizgilerden biridir. Son yüzyıla ait sismik veriler ve bunların yansıttığı KD-yönlü episantr dizilimi, bu fayın Fethiye Körfezi altından Rodos Adası açıklarına dek devam ettiğini göstermesi bakımından önemlidir.

GB Anadolu'da Fethiye-Burdur arasında uzanım gösteren FBFZ yer yer KB gidişli fay sistemleri tarafından kesilerek farklı uzunluktaki segmentlere ayrılır. FBFZ üzerinde yer alan segmentler güneybatıdan kuzeydoğuya doğru (i) Fethiye segmenti, (ii) Gölhisar segmenti, (iii) Tefenni segmenti ve (iv) Burdur segmentinden oluşmaktadır (Şekil 5; Yağmurlu ve diğ., 2005). Bu segmentlerin uzunlukları yaklaşık olarak 25 ile 60 km arasında değişmektedir. KD gidişli olan bu segmentler daha çok birbirine paralel gelişmiş fay zonlarından oluşmaktadır. Bu segmentlerin büyük bölümü bölgedeki Neojen tortullarını temel kayalarından ayıran yapısal çizgileri oluşturmaktadır. Ancak Burdur segmentinde olduğu gibi Fethiye-Burdur Fay Zonunun önemli bir bölümü Pliyosen yaşlı gölsel tortulların içinden geçmektedir.



Şekil 5. Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasındaki bölgede Burdur fayını oluşturan segmentlerin konumları ve diğer fay sistemleri ile olan ilişkileri (Yağmurlu ve diğ., 2005). 1:250.000 ölçekli jeoloji haritası ile uydu görüntülerinden yararlanılarak çizilmiştir. Şekil üzerinde açık olarak görüldüğü gibi, Burdur-Fethiye fay zonu, bölgede KB-uzanımlı normal faylar tarafından farklı uzunlukta segmentlere ayrılır

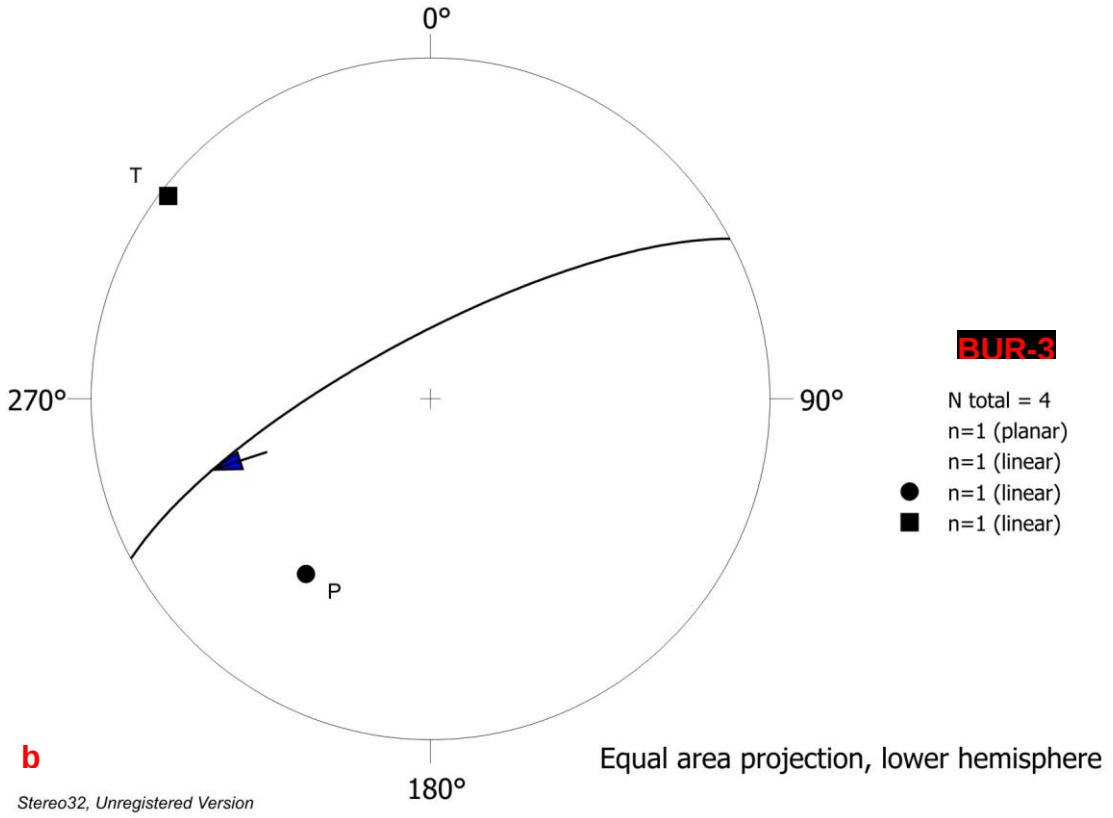
Diğer taraftan Gölhisar segmentinin yer aldığı bölgede birbirine paralel gelişmiş çok sayıda oblik fay sistemleri Gölhisar Neojen havzası içerisinde gelişmiştir. Fethiye segmentini oluşturan KD gidişli fay sistemleri büyük bölümüyle Likya naplarına ait ofiyolit karmaşığı içerisinde gelişmiş olarak bulunur.

Fethiye-Burdur fay zonunun Burdur-Tefenni segmentleri üzerinde gelişmiş kayma yüzeyleri Burdur Kum Ocakları Mevkii, Yassıgüme yöresi, ve Burdur Hacılar Köyü, ve Pınarbaşı Köyü yakınında açık olarak gözlenir. Bu lokasyonlarda kayma yüzeylerinin ölçülmesiyle elde edilen eşit alan projeksiyonları ve hareket vektörünün yönleri Şekil 6, 7, 8 ve 9'da verilmiştir. Buna göre Burdur-Tefenni segmenti üzerinde yer alan fay yüzeylerinden sadece Yassıgüme yöresindeki ölçümler sol oblik atımlı hareketin varlığını göstermektedir. Diğer lokasyonlardaki ölçüm sonuçları daha çok normal faylanmayı gösteren veriler sunmaktadır.

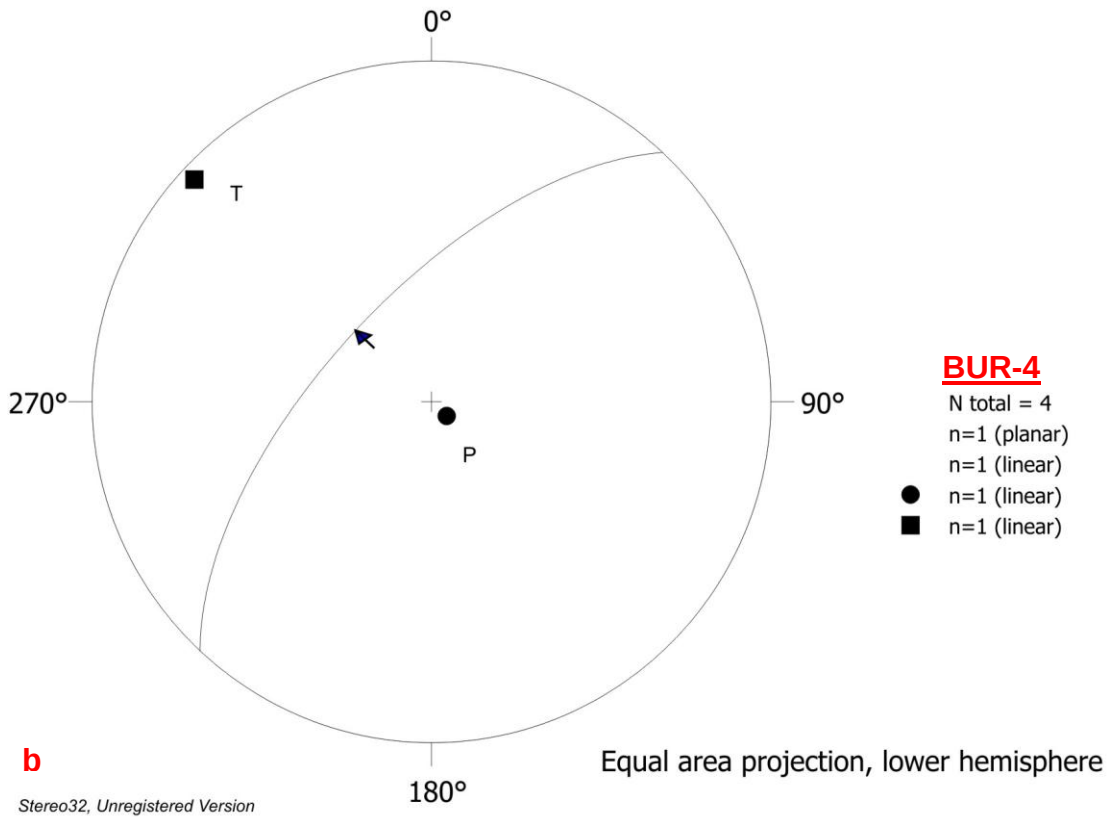
2.1.2 Gökova fayı

Yörede çalışan önceki araştırmacılar (Görür ve diğ., 1995; Kurt ve diğ., 1999; Uluğ ve diğ., 2005) Gökova Körfezinin kuzeyden ve güneyden D-B uzanımlı normal fay sistemleri ile sınırlanmış bir çöküntü alanı olduğunu vurgulamışlar ve bu nedenle Gökova Körfezine gerçekte bir rift zonu olduğuna değinmişlerdir. Araştırmacılar Gökova Körfezi içerisinde gelişen bu D-B uzanımlı fayların deniz içerisinde basamaklı yapılar oluşturduğunu ve körfez içinde 1000 metreye ulaşan derinliklerin ortaya çıkmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle adı geçen araştırmacılara göre Gökova Körfezi daha çok bir rift olarak tanımlanabilecek bir çöküntü alanı özelliği göstermektedir.

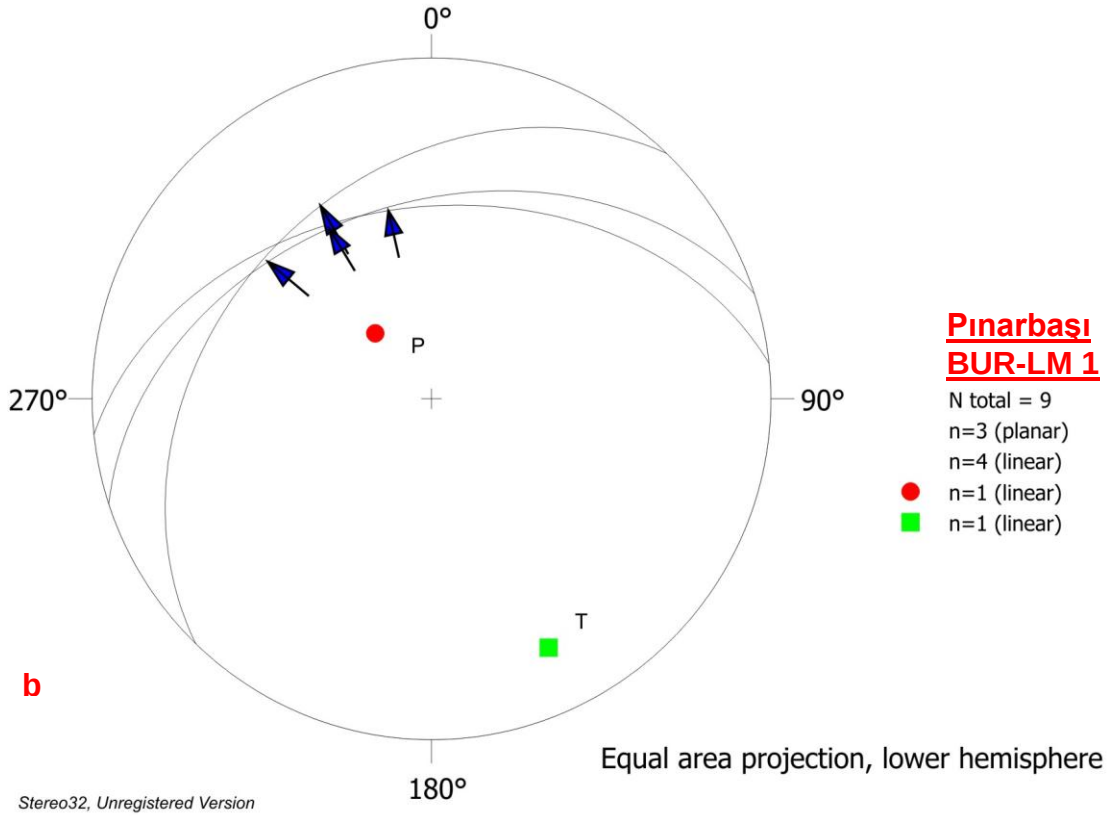
Gökova Körfezini kuzeyden sınırlayan ve Akyaka-Ören arasında D-B ve DKD yönünde uzanım gösteren ve birbirine paralel gelişmiş normal fay sistemleri bu çalışmada kısaca Gökova fayı olarak adlandırılmıştır (Şekil 10). Gökova fayı Akyaka yöresinde Mesozoyik yaşlı karbonat kayalar ile Akyaka ovasını dolduran alüvyonlar arasında gelişmiştir. Akyaka'nın doğusundaki alanlarda çok iyi gelişmiş fay aynaları ve bunların üzerinde yer alan kayma çizikleri açık olarak gözlenir (Şekil 11 ve 12). Bu fay aynası üzerindeki verilerin eşit alan projeksiyonu üzerindeki değerlendirmeleri Gökova fayının daha çok normal fay özelliği taşıdığını yansıtır (Şekil 13). Diğer taraftan son dönemlerde Gökova ve Akyaka bölgesinde meydana gelen depremlere ait fay çözümleri bu yöredeki sismik faaliyetlerin daha çok normal faylar üzerinde geliştiğini göstermesi bakımından önemlidir.



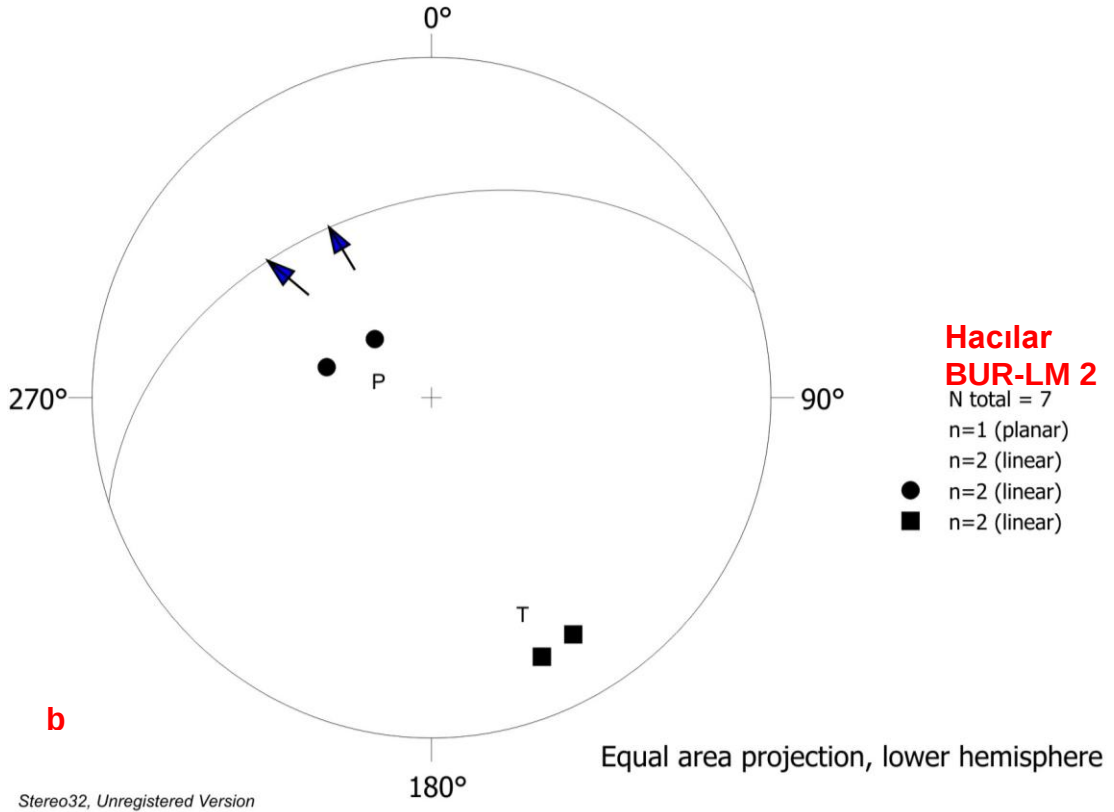
Şekil 6. Yassıgüme köyü yöresinde bulunan Burdur-Tefenni fay segmenti arazi görünümü (a) ve burada alınan fay doğrultu eğim ölçümlerinin eşit alan projeksiyonu (b). P: pol noktaları; T: Tensor noktaları



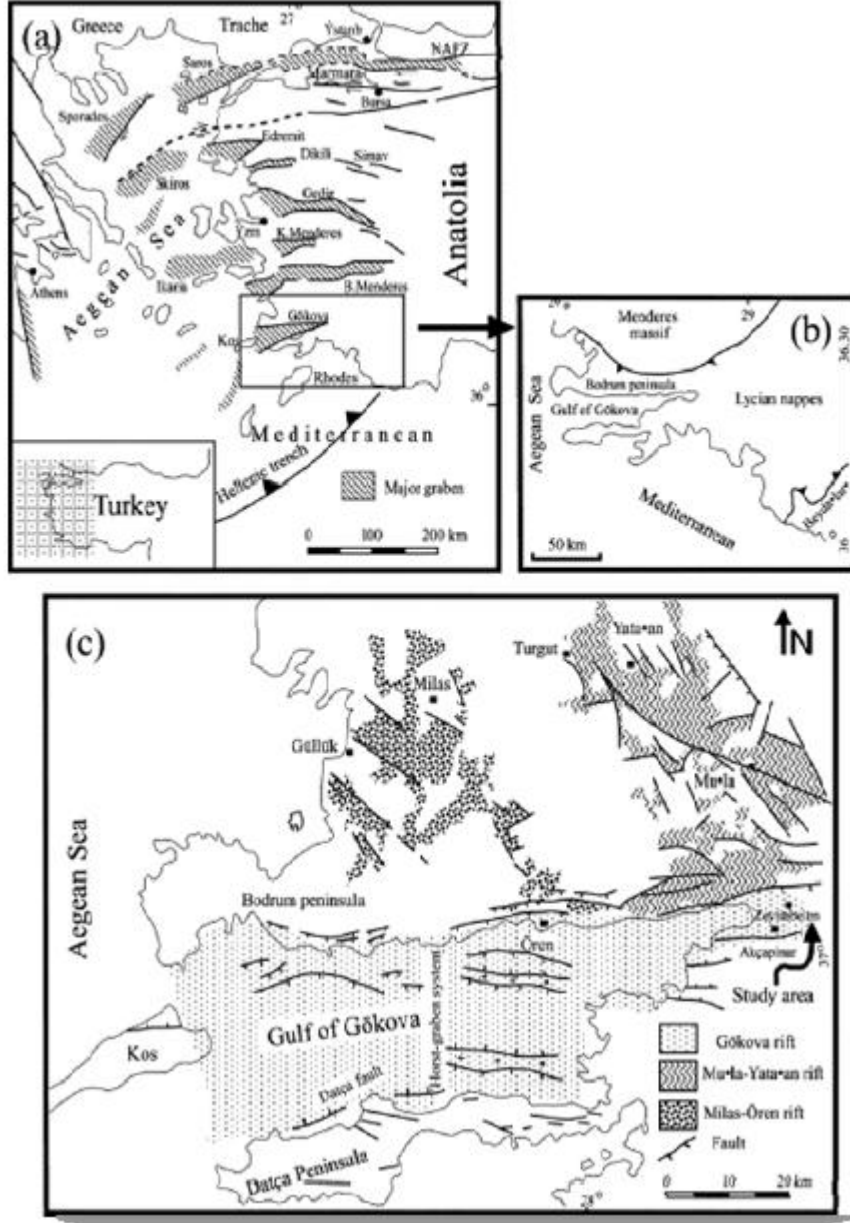
Şekil 7. Burdur Kum ocakları mevkiinde bulunan Burdur-Tefenni fay segmenti arazi görünümü (a) ve burada alınan fay doğrultu eğim ölçümlerinin eşit alan projeksiyonu (b). P: pol noktaları; T: Tensor noktaları



Şekil 8. Burdur – Pınarbaşı köyü dolaylarında bulunan Burdur-Tefenni fay segmenti arazi görünümü (a) ve burada alınan fay doğrultu eğim ölçümlerinin eşit alan projeksiyonu (b). P: pol noktaları; T: Tensor noktaları



Şekil 9. Burdur – Hacılar köyü dolaylarında bulunan Burdur-Tefenni fay segmenti arazi görünümü (a) ve burada alınan fay doğrultu eğim ölçümlerinin eşit alan projeksiyonu (b). P: pol noktaları; T: Tensor noktaları



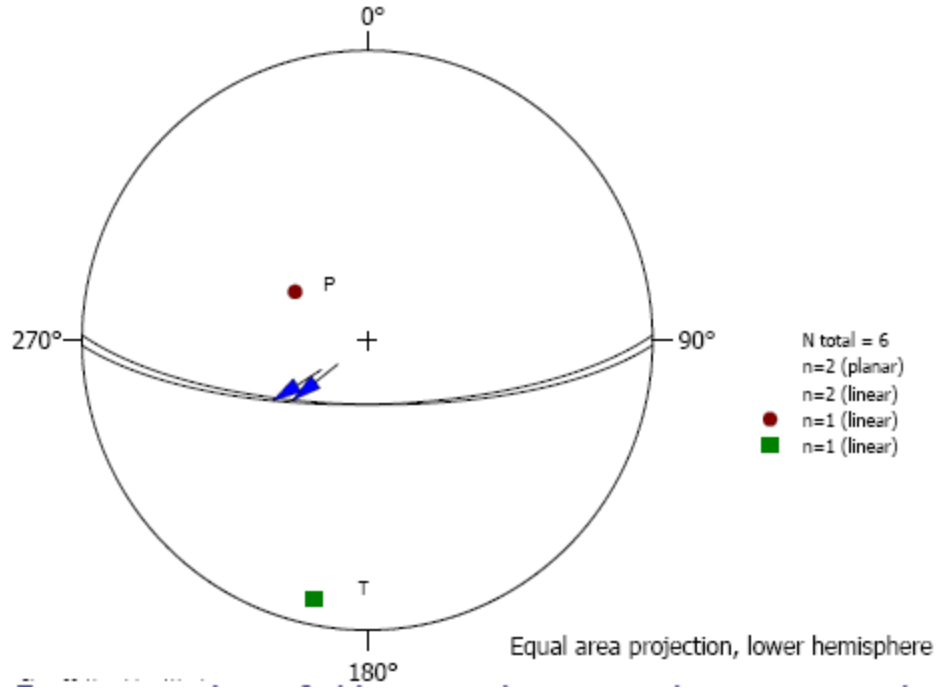
Şekil 10. Gökova bölgesinin yapısal konumu ve jeolojisi (Çağlar ve Duvarcı, 2001'den değiştirilerek): (a) Batı Anadolu ve Ege Denizi'nin genişlemeli yapısal unsurları (NAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu), (b) Gökova Bölgesinin ana jeotektonik birimlerinin genelleştirilmiş tektonik konumu ve (c) Gökova bölgesinin basitleştirilmiş jeoloji haritası ve birbirini kesen rift sistemlerinin konumları (Görür ve diğ. 1995'ten değiştirilerek). Gökova Körfezi içinde yer alan D-B uzanımlı normal faylar denizaltı çok kanallı sismik yansıma verileri kullanılarak çizilmiştir (Kurt ve diğ., 1999).



Şekil 11. Gökova fayının Akyaka beldesinin doğusunda oluşturduğu fay aynasının görünümü.



Şekil 12. Gökova fayının Akyaka beldesinin doğusundaki fay aynası üzerinde gözlenen kayma çiziklerinin konumları.



Şekil 13. Gökova fayının Akyaka beldesinin doğusunda fay aynası üzerinde yapılan ölçümlere ait eşit alan projeksiyonu ve kayma vektörlerinin konumu.

3. ÇALIŞMA ALANININ YEREL JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

3.1 Burdur yöresi

Burdur Gölünün güney bölümünde yer alan kaya birimleri otokton ve allokton olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Yöredeki otokton kaya birimleri Paleosen yaşlı Başmakçı Formasyonu, Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonu ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşmaktadır. Güneybatı Anadolu'da geniş alanlar kaplayan Likya Napları'na ait ofiyolitik kayalar Burdur Güneyinde en çok rastlanan allokton kaya birimlerini meydana getirir. Burdur Gölünün güney kesimlerinde açılan hendeklerin lokasyonları ve yakın çevrelerinin jeolojik özellikleri Şekil 14, 15 ve 16'da verilen haritalar üzerinde gösterilmiştir.

3.1.1 Otokton Kaya Birimleri

3.1.1.1 Başmakçı Formasyonu (Paleosen)

Burdur Gölünün Güney bölümünde başlıca iyi pekleşmiş çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı arakatkılarından oluşan kırıntılı tortullar önceki araştırmacılar (Yağmurlu ve diğerleri, 2005) tarafından Başmakçı Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Başmakçı Formasyonunun yansıttığı litoloji ve sedimantoloji özellikleri bu birimin daha çok bir molas istifini temsil ettiğini göstermektedir. Burdur Gölünün güneyindeki alanlarda Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonuna ait zayıf pekleşmiş gölsel tortullar Başmakçı Formasyonunu oluşturan iyi pekleşmiş kaba kırıntılı tortullar üzerinde açısal uyumsuzlukla oturur.

3.1.1.2 Burdur Formasyonu (Pliyosen)

Burdur Gölünün güney bölümünde geniş alanlar kaplayan ve egemen olarak gölsel tortullardan oluşan tortul istif önceki araştırmacılar tarafından (Karaman, 1986) Burdur Formasyonu olarak tanımlanmış ve yaşı, fosil verilerine dayanılarak, Pliyosen olarak kabul edilmiştir. Toplam kalınlığı 1200 metreye ulaşan Burdur Formasyonu alttan üste doğru zayıf pekleşmiş çakıltası, çamurtaşı, yersel çapraz katmanlı kumtaşı, düzenli laminalanma özelliği gösteren kıltaşı, marn, killi kireçtaşı ile en üst bölümde yer alan piroklastik volkanitler ve traverten düzeylerinde oluşur.

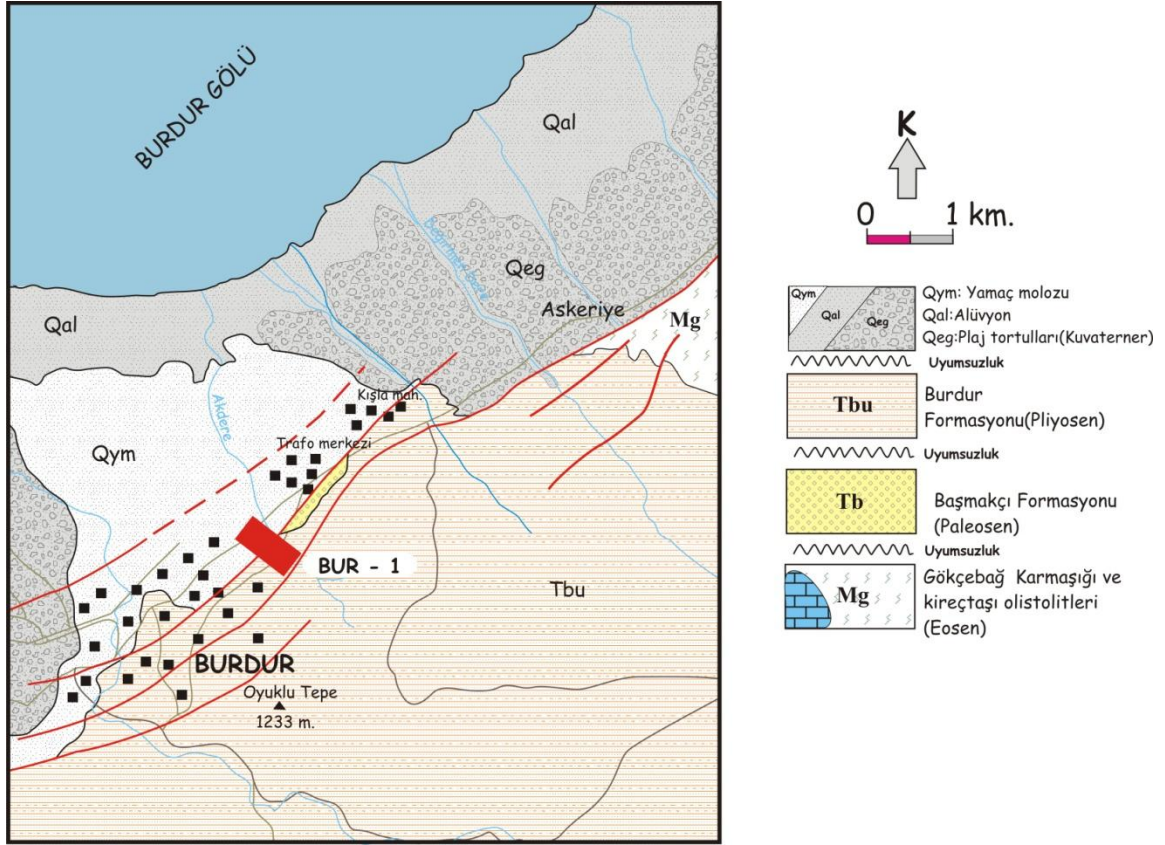
3.1.1.3 Alüvyonlar (Kuvaterner)

Burdur yerleşik alanının büyük bölümü çok zayıf pekleşmiş ve çok iyi boylanmış eski plaj kumlarından oluşan alüvyonlar üzerinde oturmaktadır. Bu pekleşmemiş plaj kumları çoğunlukla düzlemsel laminalanmalı yersel çapraz katmanlı ve çok iyi boylanmalıdır. Zayıf pekleşmiş ve bol fosilli (*Dressensia* sp.) kalkerli çamurtaşında oluşan ara düzeyler plaj kumlarından oluşan istif içerisinde olağan biçimde bulunur. Gölsel çamurtaşı ile çapraz katmanlı plaj kumlarının ardalanması Burdur Gölünün Kuvaterner Dönemi boyunca geçirmiş olduğu iklimsel değişikliklere bağlı gelişen su seviyesi değişimlerinin varlığını göstermesi bakımından önemlidir.

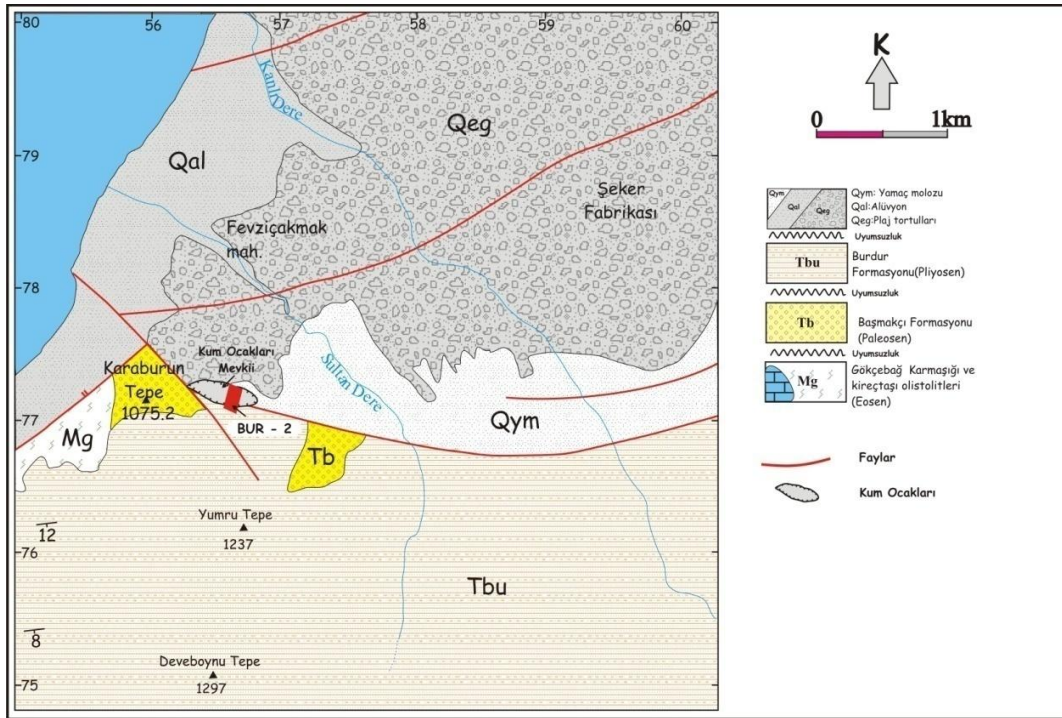
3.1.2 Allohton Kaya Birimleri

3.1.2.1 Gökçebağ Karmaşığı (Orta Eosen)

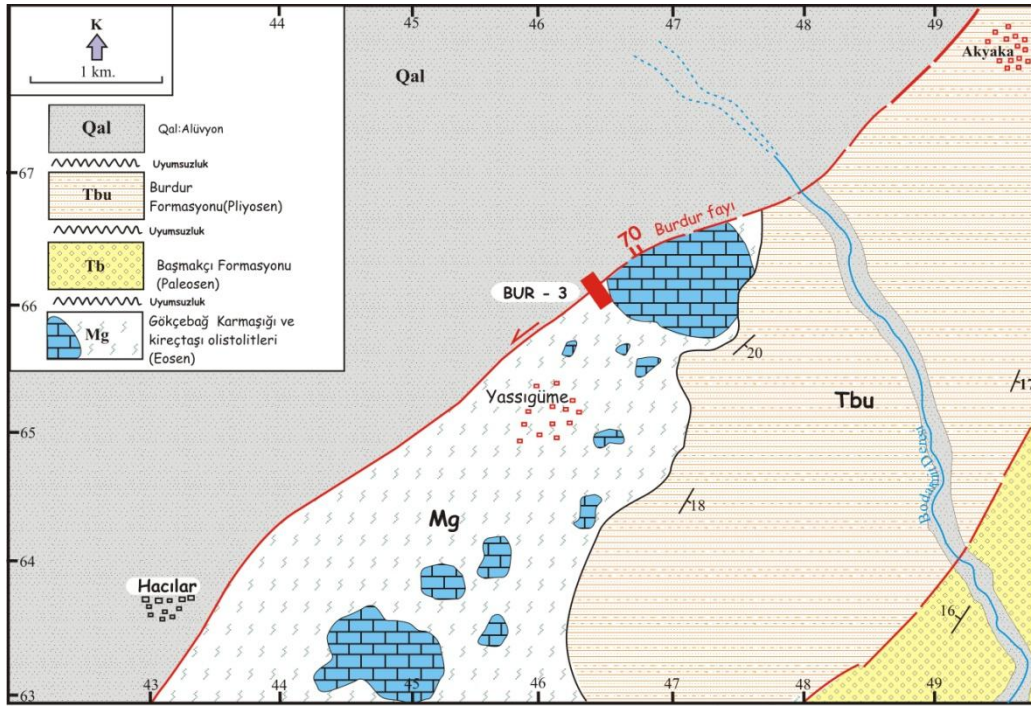
Burdur çevresinde geniş yayılım gösteren ve Likya naplarına ait ofiyolit kayalardan oluşan allohton kaya topluluğu Karaman (1986) tarafından Gökçebağ Karmaşığı olarak adlandırılmıştır. Bu karmaşığa ait kaya toplulukları Burdur Gölünün güney kesimlerinde çoğunlukla karmaşık iç yapı özelliği gösteren kireçtaşı, diyabaz, serpantin, gabro, radyolarit ve çört bileşenlerinden yapıldır. Burdur Gölünün güney bölgelerinde Gökçebağ Karmaşığına ait kaya toplulukları alttaki Eosen yaşlı türbititik birimleri çoğu yerde birdirmeli bir dokanakla üzerler.



Şekil 14. Burdur fay zone üzerinde bulunan Burdur- Tefenni segmentinde açılan BUR-1 hendeğinin ve yakın çevresinin jeolojisi.



Şekil 15. Burdur fay zone üzerinde bulunan Burdur- Tefenni segmentinde açılan BUR-2 hendeğinin yakın çevresinin jeolojisi.



Şekil 16. Burdur fay zone üzerinde bulunan Burdur- Tefenni segmentinde açılan BUR-3 hendekleri yakın çevresinin jeolojisi.

3.2 Fethiye yöresi

Fethiye ve yakın çevresine ait sadeleştirilmiş jeoloji haritası ile bu yörede açılmış olan iki adet hendeğin lokasyonları ve konumları Şekil 17’de verilmiştir. Buna göre Fethiye ve yakın çevresinde yayılım gösteren kaya birimlerini (1) otokton-paraotokton birimler ve (2) allokton birimler olmak üzere iki grup içinde toplamak mümkündür. Yörede yer alan otokton ve allokton kaya birimlerinin adlandırılmasında Şenel ve diğ. (1996) ile Şenel (1997)’de önerilen isimlendirmelere uyulmuştur.

3.2.1 Otokton–paraotokton birimler

Bu kaya birimleri daha çok Beydağları istifinin üst bölümünü oluşturan Jura-Kretase yaşlı karbonat kayalardan ve Tersiyer yaşlı tortullardan meydana gelmektedir.

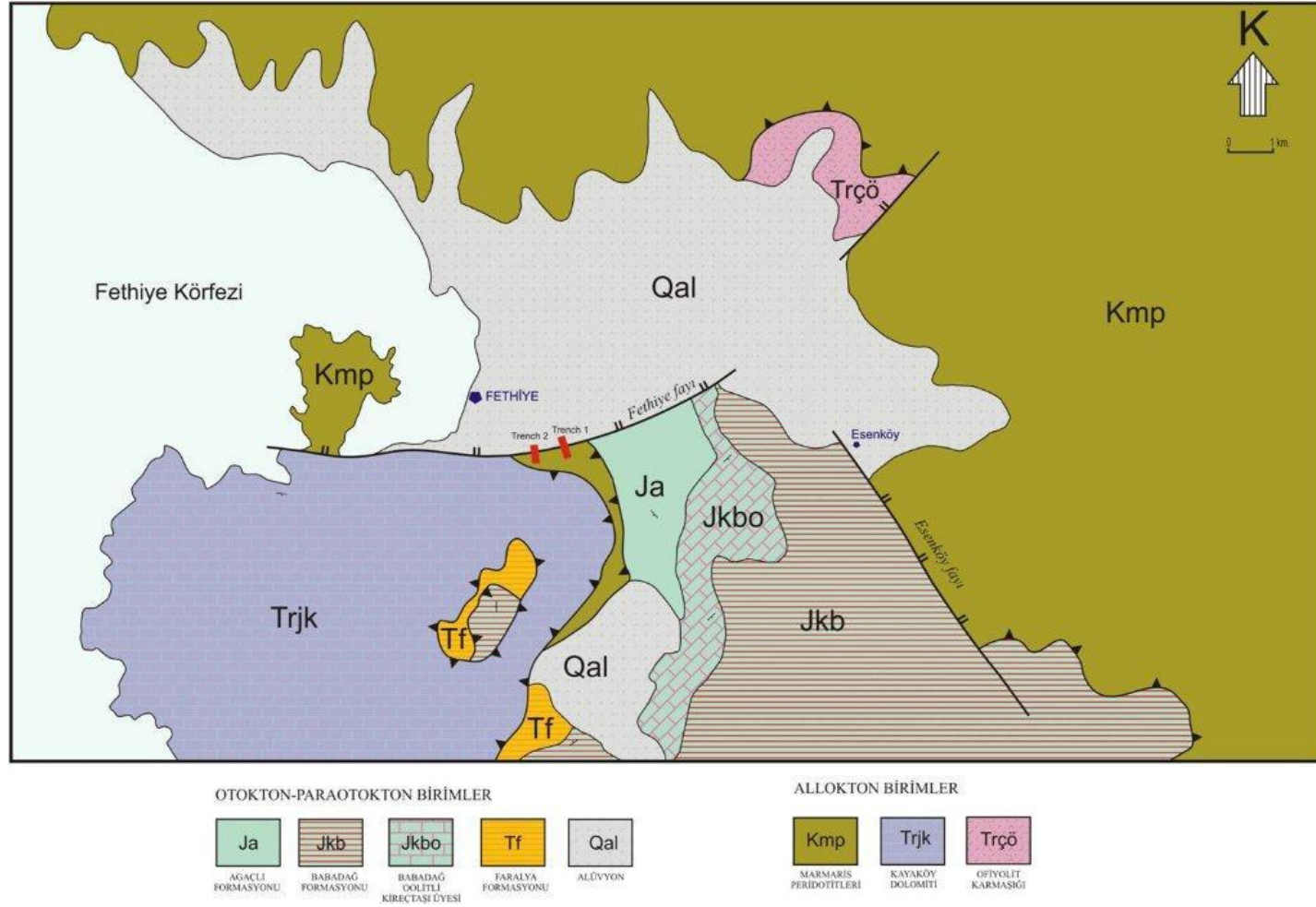
3.2.1.1 Karbonat kayalar

Fethiye'nin güneyinde Hendos Dağı ve Babadağ yöresinde geniş yayılım gösteren otokton karbonat kaya istifi, önceki araştırmacılar tarafından alttan üste doğru, (1) Erken Jura (Liyas) yaşlı Ağaçlı Formasyonu ve (2) Orta Jura ile Geç Kretase yaşlı Babadağ Formasyonu olmak üzere iki ayrı kaya birimine ayrılmıştır. Bu yörede otokton karbonat istifinin alt bölümünü meydana getiren Liyas yaşlı Ağaçlı Formasyonu egemen olarak algli kireçtaşı, dolomit ve dolomitli kireçtaşı bileşenlerinden yapıldır. Birimi oluşturan kireçtaşları çoğunlukla orta ile açık grimsi, orta ile kalın düzensiz katmanlı ve mikritik dokuludur. Dolomit ve dolomitli kireçtaşları büyük bölümüyle orta ile koyu grimsi, düzensiz katmanlı ve yersel mikrosparitik dokuludur. Ağaçlı Formasyonuna ait karbonat kayalar batıdan Marmaris peridotitleri tarafından bindirmeli bir tektonik dokanakla üzerlenir. Birim, Babadağ Formasyonun alt bölümünü oluşturan oolitlik kireçtaşları tarafından uyumlu olarak üstlenir.

Yörede Babadağ Formasyonu olarak tanımlanan Orta Jura-Geç Kretase yaşlı karbonat istifi alttan üste doğru neritik ve pelajik fasiyeste çökelmiş kireçtaşlarından meydana gelir. Babadağ Formasyonunun alt bölümünü oluşturan neritik karbonatlar egemen olarak açık grimsi, kalın katmanlı yersel oolitlik tane taşından oluşan kireçtaşlarından oluşur. Bunların üzerine gelen pelajik karbonatlar büyük bölümüyle açık ile orta grimsi, orta ile kalın düzenli katmanlı, yersel çört arakatlı mikritik kireçtaşlarından yapıldır. Tersiyer yaşlı kırıntılı tortullar Fethiye'nin güney kesimlerinde Babadağ Formasyonuna ait karbonat kayaları uyumsuz olarak üstler.

3.2.1.2 Tersiyer tortulları

Fethiye'nin güney bölümünde sınırlı bir yayılıma sahip olan Geç Paleosen – Orta Eosen (Lütesiyen) yaşlı türbiditik tortullar ve bunlara eşlik eden pelajik karbonatlar, önceki araştırmacılar (Şenel, 1997) tarafından Faralya Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Faralya Formasyonunu oluşturan tortullar egemen olarak kırmızımsı ile sarımsı arasında değişen ve çoğunlukla orta ile ince düzenli katmanlanma özelliği gösteren kumtaşı, şeyl, çamurtaşı, killi kireçtaşı ile yersel olarak gözlenebilen spilitik arakatlılardan oluşur. Birime ait tortullar, Fethiye'nin güney kesimlerinde Geç Triyas- Liyas yaşlı Kayaköy birimine ait karbonat kayaları tarafından bindirmeli bir dokanakla üstlenir.



Şekil 17. Fethiye ve yakın çevresinde yer alan kaya birimlerinin ve fay sistemlerinin jeolojik konumları ve hendek lokasyonları.

3.2.2 Allohton birimler

Fethiye yöresinde geniş yayılım gösteren allohton kayalar Likya naplarını oluşturan ofiyolit bileşenleri ile karbonat kayalardan meydana gelmektedir. GB- Anadolu'da geniş alanlar kaplayan Likya napları, Muğla-Yatağan bölgesinde Menderes Masifine ait metamorfik kayaları, güney bölgelerde ise Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı otokton kaya birimlerini bindirmeli bir dokanakla üstler.

3.2.2.1 Marmaris peridotitleri

GB-Anadolu'da Marmaris, Göcek ve Fethiye çevresinde geniş bir yayılım gösteren peridotitler bölgede Likya naplarının en önemli ve en yaygın bileşenlerinden birini oluşturur. Peridotitler yaygın olarak serpantinleşmiş harzburgit ve dunit bileşenlerinin yanı sıra yersel gabro ve diyabaz daykları içerir. Değişik boyutlardaki kromit cevher oluşukları, Marmaris peridotitleri içinde oldukça yaygın biçimde gözlenir. Marmaris peridotitlerine ait ultrabazik bileşenler, Fethiye'nin güneydoğu kesimlerinde otokton-paraotokton konumlu Jura-Kretase yaşlı karbonat kayalar üzerine bindirmeli bir dokanakla gelir.

3.2.2.2 Kayaköy dolomiti

Fethiye güneyinde ve Kayaköy çevresinde geniş yayılım gösteren ve egemen olarak dolomitik kireçtaşı ve dolomit bileşenlerinden oluşan allohton konumlu karbonat kaya topluluğu, Şenel (1997) tarafından kısaca Kayaköy Dolomiti olarak adlandırılmıştır. Birime ait karbonat kayalar, büyük bölümü ile açık ile orta grimsi, kalın ile çok kalın katmanlı ve yersel masif yapılıdır. Fethiye güneyinde bulunan antik kaya mezarları çoğunlukla bu birime ait dolomitli kireçtaşları içinde açılmıştır. Kayaköy birimine ait karbonat kayalar, Fethiye'nin güney kesimlerinde Tersiyer yaşlı Faralya Formasyonuna ait kırıntılı tortulların yanı sıra, Marmaris peridotitlerine ait ultrabazik kayaları bindirmeli bir dokanakla üzerler.

3.2.3 Fethiye çevresinin tektonik özellikleri

Fethiye çevresinde yer alan aktif fay sistemlerini BGB-KD ve KB gidişli olmak üzere, ana çizgilerde iki grup içinde toplamak mümkündür.

3.2.3.1 Fethiye fayı

BGB-KD doğrultusunda uzanım gösteren Fethiye fayı, aynı zamanda Fethiye yerleşim alanını güneyden sınırlayan bir fay olup, Fethiye-Burdur fay zonunun bölgedeki uzanımını karşılar. Fethiye fayı, yerleşim alanı içinde bazı kesimlerde Marmaris peridotitleri ile Kayaköy Dolomiti arasındaki yapısal dokanağı oluşturmaya karşın, çoğu yerde karbonat kayalar ile alüvyonlar arasındaki dokanağı karşılar (Şekil 17). Fethiye güneyinde karbonat kayalar üzerinde gözlenen kayma yüzeyleri, breşlenme kuşakları ile alüvyon içinde yer alan topoğrafik eşikler, Fethiye fayını simgeleyen en önemli saha verileri olarak değerlendirilebilir. Günümüzde halen aktif olan Fethiye fayının paleosismolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, bu fay üzerinde iki farklı lokasyonda hendek açılmıştır.

3.2.3.2 Esenköy fayı

KB-uzanımlı Esenköy fayı, Fethiye yöresinde yer alan diğer önemli fay sistemlerinden birisidir. Esenköy – Gökbel arasında KB-doğrultusunda uzanım gösteren bu fay, Jura-Kretase yaşlı Babadağ kireçtaşlarını Marmaris peridotitlerinden ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan ayırır. Fay boyunca yersel gelişmiş kayma eşikleri ve breşik zonlar seyrek olarak gözlenir. Tarihsel deprem verileri, Esenköy fayının Fethiye fayına nazaran oldukça pasif bir fay olduğunu yansıtır.

3.3 Gökova yöresi

Gökova ve yakın çevresine ait sadeleştirilmiş jeoloji haritası ile bu yörede açılmış olan bir adet hendeğin lokasyonu Şekil 18’de verilmiştir. Buna göre Gökova ve yakın çevresinde yer alan kaya birimlerini (1) otokton birimler, ve (2) allokton birimler olmak üzere iki grup içinde toplamak mümkündür. Yörede yer alan otokton ve allokton kaya birimlerinin adlandırılmasında Görür ve diğ. (1995)’e uyulmuştur.

3.3.1 Otokton birimler

Bu kaya birimleri daha çok Gökova Körfezinin kuzeyinde yer alan Jura-Kretase yaşlı karbonat kayalardan ve yörede yaygın olarak gözlenen Neojen yaşlı tortullardan meydana gelmektedir. Bölgede Akyaka’nın kuzeyinde geniş yayılım gösteren Neojen yaşlı tortullar, denizel ve karasal fasiyeste çökelmiş tortul istiflerinden oluşmuştur. Erken Miyosen yaşlı denizel tortullar bölgede daha çok D-B uzanımlı havzaları doldurmuş olmalarına karşın, Orta-

Geç Miyosen döneminde çökelmiş olan linyit içerikli karasal tortullar ise çoğunlukla KB-uzanımlı çöküntü alanlarını doldurmuştur. Bölgede farklı dönemlerde gelişen bu D-B ve KB gidişli Neojen havzaları ile bu havzaları dolduran tortul istifler, önceki araştırmacılar (Görür ve diğ., 1995, Kurt ve diğ., 1999) tarafından “ rift formasyonları ” olarak tanımlanmıştır.

3.3.1.1 Karbonat kayalar

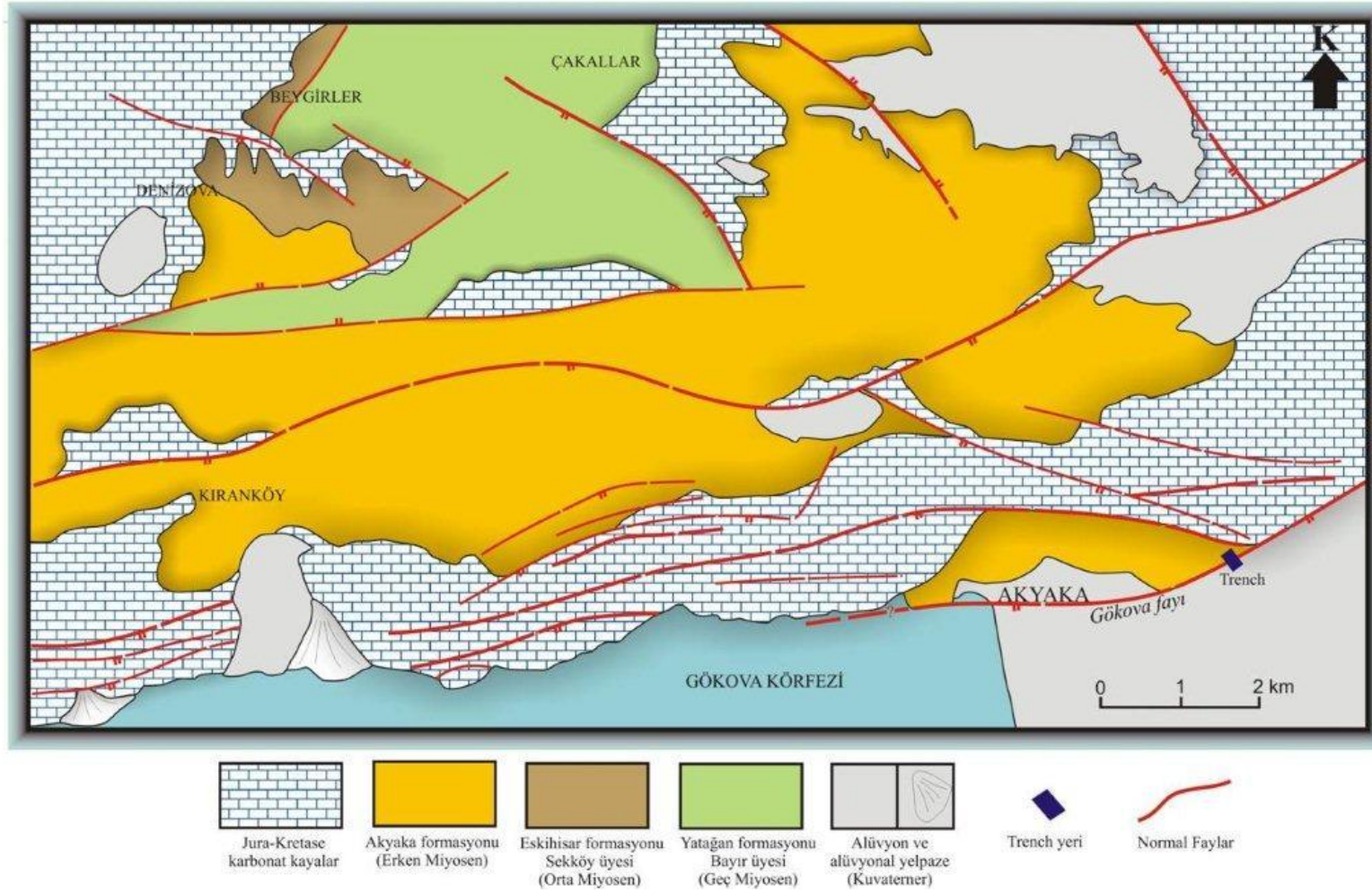
Gökova Körfezinin ve Akyaka İlçesinin kuzeyinde geniş yayılım gösteren ve oldukça sarp bir topoğrafik yapı gösteren Jura-Kretase yaşlı karbonat kaya istif, Görür ve diğ. (1995) ile Kurt ve diğ. (1999) tarafından ayırt edilmemiş temel kayalar olarak kabul edilmiştir. Akyaka yöresindeki karbonat kayalar egemen olarak orta ile koyu grimsi, kalın ile çok kalın düzenli katmanlı yersel masif yapıli kireçtaşı ve dolomitli kireçtaşlarından yapılidir. Akyaka yöresindeki Jura-Kretase yaşlı karbonat kayalar, Akyaka kuzeyinde Erken Miyosen yaşlı kırıntılı tortullar tarafından uyumsuz olarak üstlenir (Şekil 18).

3.3.1.2 Erken Miyosen Denizel tortul istif (Akyaka Formasyonu)

Akyaka kuzeyinde Mesozoyik yaşlı kireçtaşları üzerine uyumsuz olarak gelen ve egemen olarak kırıntılı tortullardan oluşan Akitaniyen (Erken Miyosen) yaşlı denizel tortul istif, Görür ve diğ. (1995) tarafından Akyaka Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Birimi oluşturan tortullar egemen olarak, orta ile açık yeşilimsi, yersel sarımsı olabilen büyük bölümü ile kumtaşı şeyl aralanmasından ve çamurtaşı aradüzeylerinden yapılidir. Daha çok mercanlı kireçtaşlarından oluşan karbonatlı ara düzeyler, Akyaka Formasyonun alt ve orta bölümlerinde yaygın olarak gözlenir. Büyük bölümü ile denizel fasiyeste çökelmiş kırıntılı ve karbonatlı tortullardan meydana gelen Akyaka Formasyonu, Görür ve diğ. (1995)’e göre, bölgede D-B uzanımlı rift şeklinde gelişmiş bir çöküntü alanını doldurmuş olarak bulunur.

3.3.1.3 Orta-Geç Miyosen karasal tortul istif (Sekköy ve Yatağan Formasyonları)

Bölgede daha çok KB gidişli havzaları dolduran bu tortullar büyük bölümü ile fluvial ve gölsel ortamlarda çökelmiş tortul istiflerden yapılidir. Yöredeki karasal istifin alt bölümünde yer alan flüviyal tortullar Görür ve diğ. (1995) tarafından Sekköy formasyonu olarak ayırt edilmiştir. Fluvial tortullar üzerine uyumlu olarak gelen ve egemen olarak kalkerli çamurtaşı, marn ve kireçtaşı bileşenlerinden oluşan gölsel tortullar, Atalay (1980) tarafından Yatağan formasyonu olarak tanımlanmıştır. Gökova Körfezi kuzeyinde Ören, Milas ve Yatağan çevresinde oldukça büyük rezervler oluşturan linyit düzeyleri, karasal Neojen istifi içinde, Yatağan formasyonuna ait gölsel tortulların en alt bölümünde yer alır.



Şekil 18. Akyaka (Gökova) ve yakın çevresinde yer alan kaya birimlerinin ve fay sistemlerinin konumları ve açılan hendek lokasyonu (Görür ve diğ. 1995'den değiştirilerek).

3.3.2 Allohton birimler

Akyaka güneyinde ve Marmaris çevresinde geniş yayılım gösteren allohton kayalar Likya naplarını oluşturan ofiyolit bileşenleri ile karbonat kayalardan meydana gelmektedir. Marmaris çevresinde geniş alanlar kaplayan peridotit kütleleri bölgenin en önemli allohton kaya grubunu oluşturur.

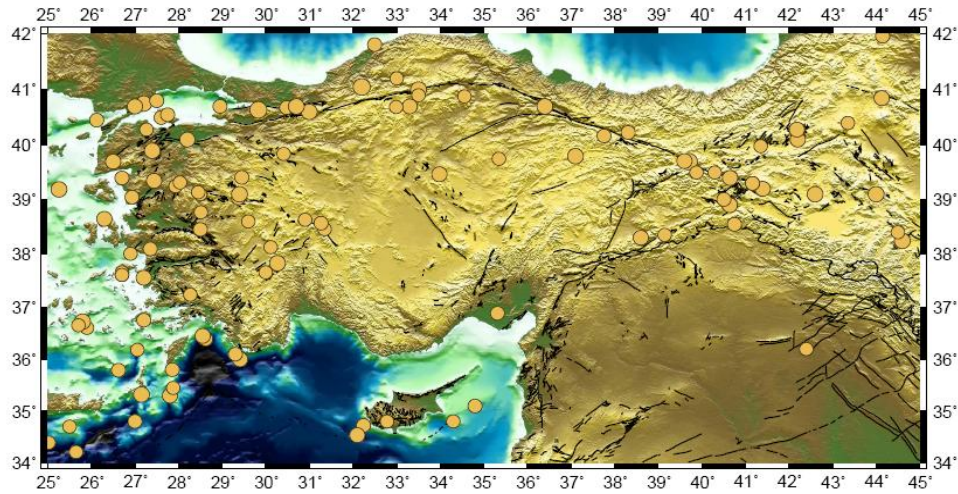
2.3.3 Gökova çevresinin tektonik özellikleri

Gökova ve Akyaka bölgesinde yer alan aktif fay sistemleri egemen olarak D-B ve DKD gidişlidir. Akyaka yerleşim alanı içinden geçen Gökova fayı, topoğrafyada oluşturduğu oldukça sarp ve çok genç bir morfolojik yapı ile kolaylıkla ayırt edilir. Gökova fayı, Mesozoyik yaşlı Akyaka kireçtaşları ile güneydeki Akyaka ovasını dolduran Kuvaterner yaşlı alüvyonlar arasında gelişmiştir. Fay boyunca gelişmiş yelpaze konileri, kayma yüzeyleri, breşlenme kuşakları ile çizgisel dizilim gösteren su kaynakları olağan olarak gözlenir. Akyaka'nın 2 km doğusunda yer alan Karia uygarlığına ait kaya mezarlarında gözlenen deformasyon yapıları, Gökova fayının, günümüzde olduğu gibi, antik dönemlerde de sismik yönden oldukça aktif olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

4. GÜNEYBATI ANADOLUNUN SİSMİK AKTİVİTESİ

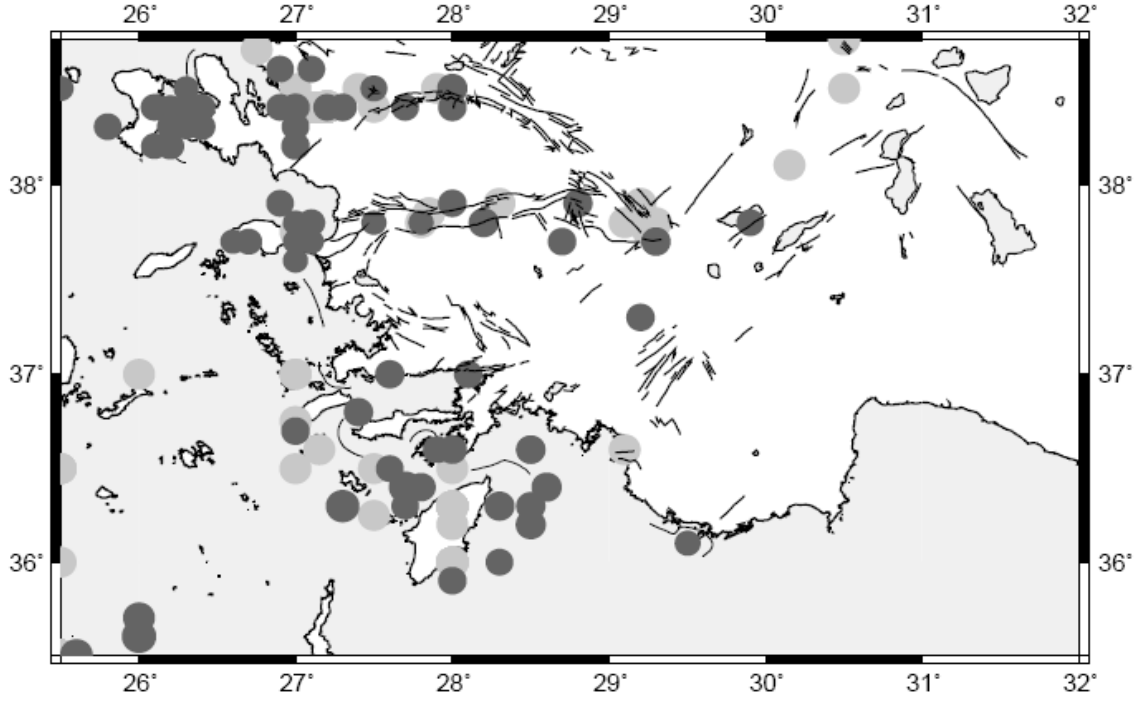
4.1 Tarihsel Deprem Etkinliği

Tarihsel dönem deprem etkinliği hakkında kabaca fikir sahibi olmak için sayısal verileri mevcut olan MÖ 2100- MS 1900 yılları arasında meydana gelen depremleri Soysal ve diğ. (1981) katalogundan ve MÖ 551 – MS 1900 arasında meydana gelen depremleri Papazachos ve Papazachou (1997) katalogundan derlenmiş olup, Şekil 19’da tarihsel dönem depremlerin dağılımı gösterilmiştir. Tarihsel dönem depremlerin dağılımı ile Fethiye-Burdur fay zonunu uzanımı arasında belirgin bir paralellik bulunmaktadır (Şekil 20). Diğer taraftan, tarihsel dönem verileri ile aşağıda verilen aletsel dönem deprem dağılımları arasındaki benzerlik açıkça görülmektedir. Bu iki deprem dağılımının gösterdiği benzerlikten elde edilecek en basit sonuca göre, geçmişte Fethiye-Burdur fay zonunda büyük depremler meydana geldiğine göre, gelecekte de bu büyük depremler bölgeyi tehdit altında tutmaya devam edecektir. Bu nedenle Fethiye-Burdur fay zone deprem tehlikesi ve deprem riski açısından dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir.



Şekil 19. Doğu Akdeniz bölgesinde M>6.0 depremlerinin dağılımı.

Ayrıca, tarihsel dönem deprem verilerini derleyen birçok araştırmacının oluşturduğu deprem katalogları incelenerek Fethiye-Burdur fay zonunda meydana gelen önemli depremlerin listesi Çizelge 1’de verilmektedir.



Şekil 20. Güneybatı Anadolu tarihsel dönem deprem dağılımı. İçi dolu koyu gri renkte olan daireler Papazachos and Papazachou (1997) katalogundan 550 MÖ – 1900 MÖ depremlerini göstermektedir. İçi dolu açık gri renkte olan daireler Soysal ve diğ. (1981) 2100 MÖ – 1900 MS depremlerin yerlerini göstermektedir.

4.2 Aletsel Deprem Etkinliği

Burdur ve Fethiye yerleşim alanları, GB Anadolu' nun en aktif fay zone olan Fethiye-Burdur Fay Zonu üzerinde kurulmuştur. Her iki yerleşim birimi zayıf tutturulmuş alüvyon zemin üzerinde yer almaktadır. Bölgede oluşmuş hasar verici depremler incelendiğinde 5 ve daha büyük magnitüdlü depremlerin Rodos' dan Burdur' a doğru KD doğrultusunda uzanan bir zone boyunca yoğunlaştıkları görülmektedir (Şekil 20 ve 21; Çizelge 2).

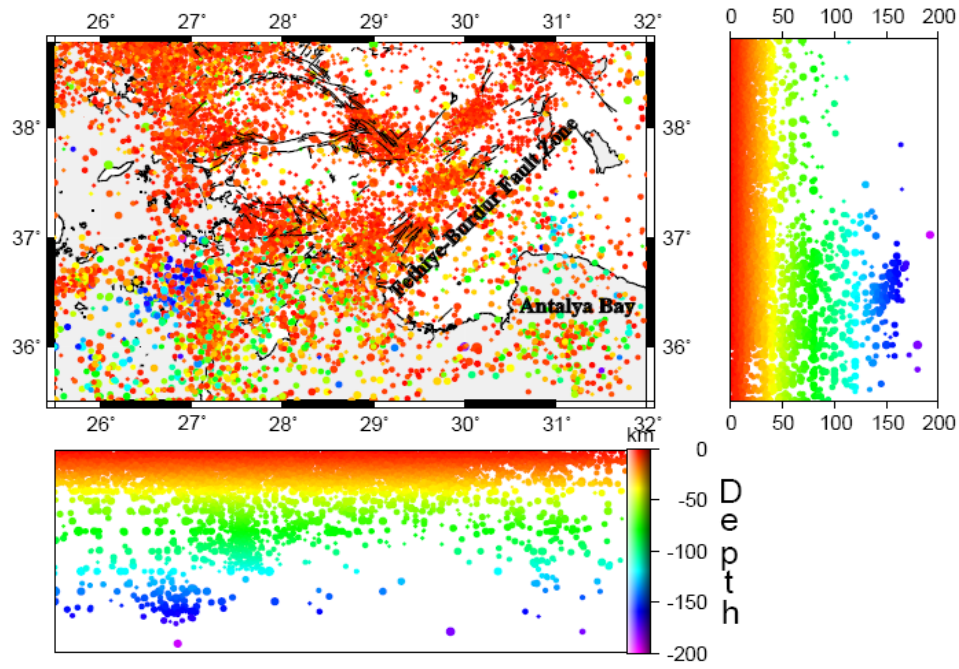
Doğu Akdeniz bölgesinde depremselliğin nasıl bir dağılım gösterdiğini görmek için ve hangi bölgelerin daha aktif olduğunu anlamak için 1900 yılından günümüze kadar magnitüdlüleri $M > 6$ olan depremlerin dağılımları incelenmiş ve GPS vektörlerin hızları ile karşılaştırılmıştır. Diğer taraftan, GPS vektörleri fay boyunca biriken deformasyon miktarıyla doğrudan ilişkili olduğu için depremlerin dağılımıyla da benzer bir ilişki göstermesi beklenir..

Çizelge 1. Fethiye-Burdur fay zonunda tarihsel dönemde meydana gelen önemli depremler (1=Papazachos and Papazachou (1997), 2=Shebalin ve diğ.(1974), 3=Ergin ve diğ. (1967), 4=Ambraseys (1965), 5=Ambraseys (1975), 6=Pınar ve Lahn (1952), 7= Öcal (1968).

Deprem no	Tarih	Enlem	Boylam	Yer	Büyüklik (Şiddet-M)	Kaynak
1	M.Ö 411	36.8	27.4	İstanköy A.(Kos)	IX	1
2	M.Ö 227	36.3	28.3	Rodos	X	1
3	M.Ö 197	36.6	28.5	Rodos	IX	1
4	M.Ö 185	36.0	26.0	Rodos ,Kıbrıs	IX	2,3,11
5	M.Ö 183	36.3	28.5	Rodos	IX	1
6	M.Ö 17	38.4	27.5	Manisa/Aydın	IX	15
7	53	38.10	30.15	Dinar ve Yöresi	VIII	2,3,4
8	60	37.9	29.2	Pamukkale,Denizli	IX	2,3,4,5,7,8
9	105	38.9	27.0	Çandarlı körfezi	IX	2,3,4,5,6
10	155	36.3	28.0	Rodos,Muğla,Fethiye	X	2,3
11	528	36.6	29.1	Fethiye,Finike	VII	2,3
12	1303	36.3	27.3	Rodos	8.0	1
13	08.08.1304	36.5	27.5	Rodos,Girit,Kıbrıs	X	2,3,4
14	1481	36.2	28.5	Rodos	7.2	1
15	1635	36.3	28.0	Rodos	VII	2,3
16	1660	36.2	28.0	Rodos	VII	2,3
17	1766	38.5	30.5	Şuhut-Afyon	VII	3,9
18	12.07.1842	37.5	30.0	Isparta,Burdur	VI	3
19	1849	37.75	30.55	Isparta yöresi	VI	3
20	1851	36.4	28.6	Makri	7.2	1
21	19.10.1852	36.6	29.1	Fethiye-Muğla	VII	2,3,12,13
22	02.03.1855	36.6	29.1	Fethiye-Muğla	VIII	2,12,13
23	12.10.1856	36.25	28.0	Rodos,Karpatos,Girit	X	2,3,4,7,12
24	13.11.1856	38.25	26.25	Rodos A-Ege D.	IX	2
25	24.05.1862	36.8	28.3	Marmaris ve Rodos	VII	2,3,4,12
26	1862	36.6	27.9	Rodos	6.4	1
27	16.10.1862	38.8	30.5	Afyonkarahisar ve Şuhut	VIII	2,3,12,13
28	1863	36.4	27.7	Rodos	7.8	1
29	02.10.1864	36.1	29.5	Fethiye,Neis adası	6.2	1
30	11.01.1866	36.2	28.0	Rodos Adası	VIII	2,3,12
31	20.04.1868	36.0	28.0	Rodos A.	VIII	2,3
32	01.11.1873	38.76	30.55	Afyonkarahisar	VI	3
33	1874	36.4	27.8	Rodos	7.0	11
34	03.05.1875	38.1	30.1	Dinar,Çivril,Denizli	IX	1,2,3,8,9,12,13
35	13.05.1876	38.8	30.5	Afyonkarahisar	IX	2,3,4,12,13
36	06.1876	37.7	30.2	Burdur Yöresi	VI	2,3
37	27.10.1896	36.5	28.0	Rodos ve Bodrum	VIII	2,12,1,3
38	1896	36.6	27.9	Rodos	6.7	1

Çizelge 2. Burdur-Fethiye arasındaki bölgede son yüzyıl içinde meydana gelen hasar verici depremlerin yıllara göre dağılımı.

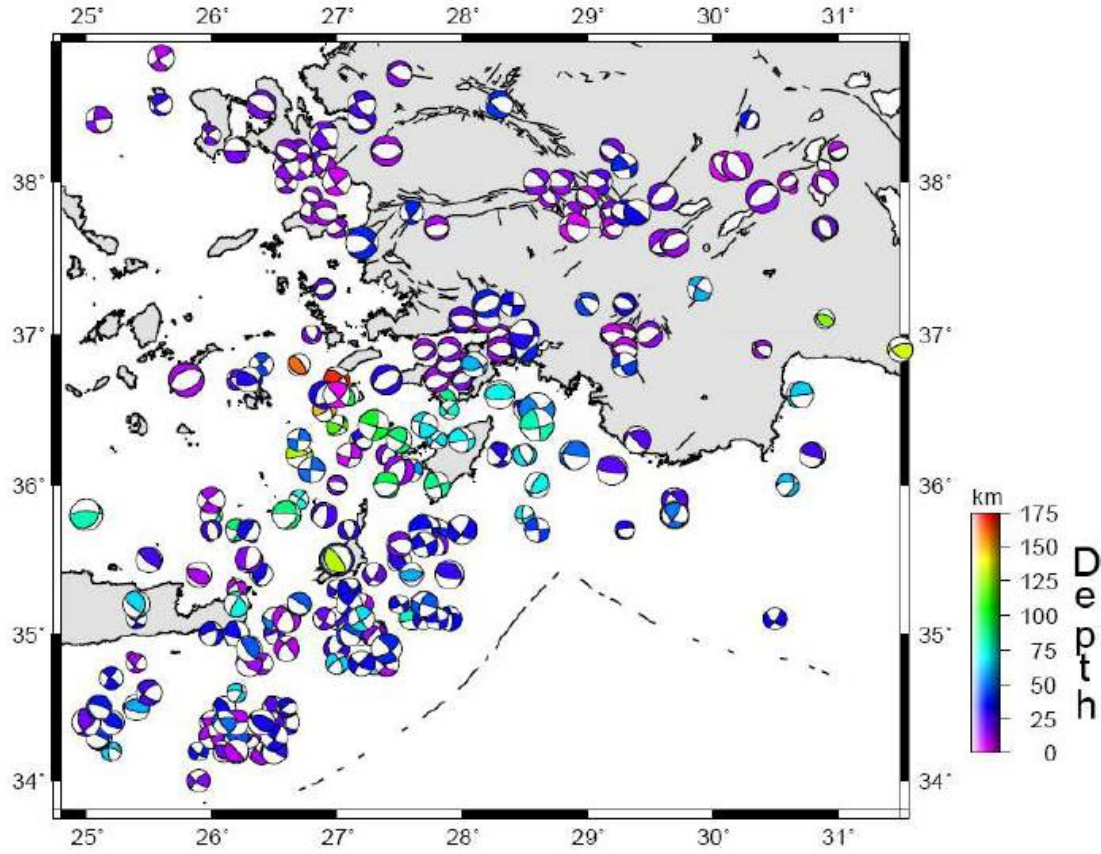
TARİH	YER	BÜYÜKLÜK (M)
03.10.1914	BURDUR	7.1
07.08.1925	Dinar / AFYON	5.9
08.02.1926	Milas / MUĞLA	4.7
23.05.1941	MUĞLA	6.0
13.12.1941	MUĞLA	5.7
25.04.1957	Fethiye / MUĞLA	7.1
25.04.1959	Köyceğiz / MUĞLA	5.7
14.01.1969	Fethiye / MUĞLA	6.2
12.05.1971	BURDUR	6.2
01.10.1995	Dinar / AFYON	5.9



Şekil. 21. Güneybatı Anadolu ve Helen yayında aletsel dönemde meydana gelen deprem etkinliği.

Gerçekten GPS ölçüm sonuçları ile Şekil19'da verilen $M>6$ depremlerinin dağılımı paralellik göstermektedir. GPS hızlarının yüksek olduğu bölgelerde $M>6$ deprem sayısında da artış görülmektedir. Özellikle Kuzey Anadolu fay zone, Batı Anadolu ve Hellenik yayı civarında bu korelasyon dikkat çekicidir. Fethiye-Burdur fay zoneuna baktığımız zaman $M>6$ depremleri bu fay kuşağın uç bölgelerinde yer aldığı görülmektedir. Fayın orta bölümünün ise suskun olduğu görülmektedir. Bu suskunluğun daha küçük magnitüdü depremlerde de olup olmadığını anlamak için Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü deprem kataloğunda yer alan ve 1900 yılından günümüze kadar meydana gelmiş depremlerin dağılımı incelenmiştir. Bu dağılıma baktığımız zaman aslında FBF zoneunun çok suskun olmadığı görülmektedir (Şekil 21). Bu kuşak boyunca çok sayıda deprem kümelenmeleri dikkat çekmektedir. Kuşağın Kuzeydoğusunda görülen deprem kümelenmeleri 2000-2002 yılları arasında meydana gelen Sultandağ depremleriyle ilişkilidir. Burdur Gölü civarında meydana gelen depremler daha çok 1971 Burdur depremi ($M_s=6.2$) sonrası meydana gelen artçı deprem etkinliği ile ilişkilendirilebilir. Bir diğer deprem etkinliği ise son zamanlarda meydana gelen Çameli deprem etkinliğidir. Bu deprem kümelenmesi FBF zoneun Güneybatı ucunda yer aldığı söylenebilir. 2007 yılında başlayan bu etkinlikte en büyük depremin magnitüdü $M_w=5.2$ dir. Bunun dışında $M>3$ olan çok sayıda deprem meydana gelmiştir (Şekil 21).

Bölgenin sismotektoniğini daha iyi anlayabilmek için Şekil 21 gösterilen deprem dağılımlarına ilaveten bu depremlerin ne tür bir faylanma mekanizmasına sahip olduğu bilgisi Şekil 22'de gösterilmektedir. Şekil 22'de verilen faylanma mekanizması çözümleri Canbay (2009) tarafından derlenmiştir.

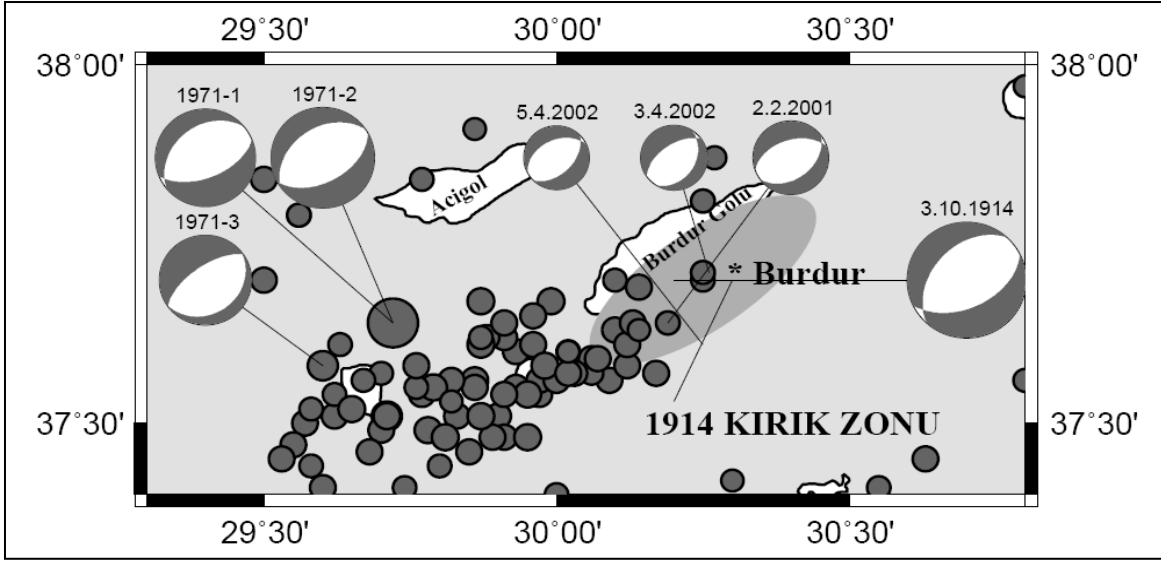


Şekil 22. Güneybatı Anadolu ve Helen yayı boyunca meydana gelen depremlerin faylanma mekanizması dağılımı (Canbay, 2009).

4.2.1 Fethiye-Burdur Fay Zonunda Meydana gelen Önemli Depremler

Fethiye-Burdur fay zonunun Kuzeydoğu bölgesinde geçtiğimiz yüzyılda meydana gelen en büyük deprem 3 Ekim 1914 depremidir ($M=7.1$). Eyidoğan ve diğ.. (1991) tarafından oluşturulan Türkiye' nin büyük depremleri makro-sismik kataloğunda verilen bilgilere ve Pınar ve Lahn (1952) tarafından yapılan çalışmalara göre, bu deprem Burdur Ovası, Isparta ve Dinar'da ağır hasara neden olmuş, çok sayıda can kaybı meydana gelmiştir.

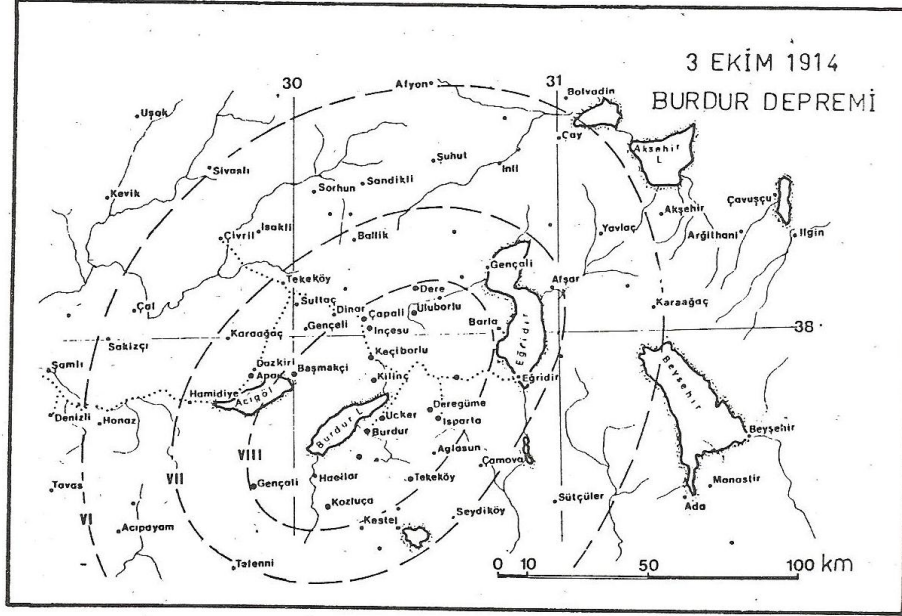
1914 depremi sonucu olarak Burdur Gölü yakınlarında KD-GB uzanımlı 40 km uzunluğunda kırık oluşmuştur. Bozcu ve diğ. (2007) Burdur Gölü civarında yüzey kırıklarını inceleyerek vardıkları sonuca göre, 1914 Burdur depreminin 60-70 km uzunluğunda olan Burdur-Tefenni fay segmentinde üzerinde meydana geldiği vurgulanmıştır. Bu yazarların açtıkları inceleme çukurlarında gözlemledikleri fay aynalarında depremin Burdur Gölü güneyinde ve sol-yönlü doğrultu-atımlı bileşeni olan normal faylanma mekanizmasıyla meydana geldiğini tespit edilmiştir (Şekil 23 ve 24).



Şekil 23: Gri renkte içi dolu elips 1914 depreminin muhtemel kırık zonunu göstermektedir. Bunun yanı sıra Burdur gölü civarında meydana gelen bazı depremlerin faylanma mekanizmaları verilmiştir. Faylanma mekanizması diyagramlarının üzerinde yer alan tarihler depremin meydana geldiği tarihi yansıtmaktadır. 1971 Burdur depremiyle ilişkili olan diyagramlarda 1971-1, 1971-2 ve 1971-3 numaralı depremler sırasıyla en büyük öncü şok, ana şok ve en büyük artçı şokun faylanma mekanizmalarıdır.

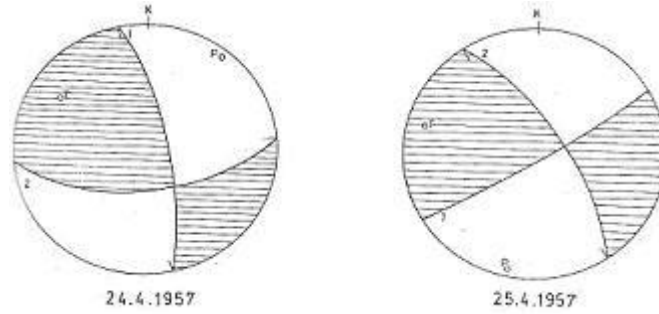
4.2.1.1 12 Mayıs 1971 Burdur Depremi

12 Mayıs 1971 Burdur depremi ($M_s=6.2$) Burdur Gölü' nün güneybatı bölgesinde meydana gelmiştir (Şekil 23). Depremde oluşan kırıklar genelde K30D doğrultusundadır ve düşey atım miktarı 20-30 cm civarındadır (Eyidoğan v diğ., 1991). Bu depremin faylanma mekanizması çözümü bölgedeki diğer depremlerin çözümleriyle uyum içindedir ve KB-GD yönlü açılma rejimine işaret etmektedir.

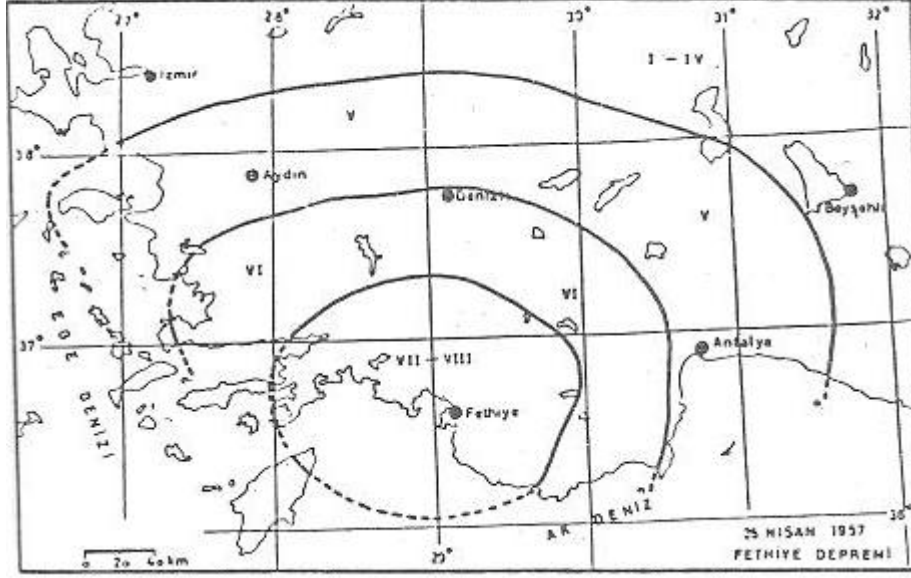


Şekil 24. 3 Ekim 1914 Burdur depremi eş-şiddet haritası (Ambraseys ve Finkel, 1987).

Fethiye Burdur fay zonunda meydana gelen diğer önemli bir deprem bu zonun Güneybatı ucunda meydana gelen 25 Nisan 1957 Fethiye-Rodos depremidir, $M_s=7.1$, (Şekil 25 ve 26). Birbirini yedi saat arayla izleyen iki ayrı deprem şeklinde meydana gelmiştir. Bu deprem Rodos ve Fethiye arasında önemli hasara neden olmuştur. 24 Nisan 1957 tarihinde oluşan birinci deprem daha küçük fakat daha geniş alanda hissedilmiştir. Ertesi gün meydana gelen ikinci deprem daha büyük olup daha fazla hasara neden olmuştur ve depremler Çanakale'den Mısır'a kadar çok geniş bir alanda hissedilmiştir (Eyidoğan ve diğ., 1991).



Şekil 25: 1957 Fethiye-Rodos depremlerinin faylanma mekanizması çözümleri. İlk deprem 24.4.1957 tarihinde 19:10'da ($M_s=6.8$) küçük ters faylanma bileşeni olan doğrultu atımlı faylanma mekanizmasıyla oluşmuş, ikinci deprem ise 25.4.1957 tarihinde 02:25'te ($M_s=7.2$) doğrultu atımlı faylanma mekanizması çözümüne sahiptir. Birinci depremin çok geniş bir alanda hissedilmiş olması birinci şokun derin odaklı ve ikinci depremin daha çok hasar yapıcı olması ikinci şokun daha sığ odaklı ve daha büyük olmasından kaynakladığı izlenimini vermektedir (Eyidoğan ve diğ., 1991).



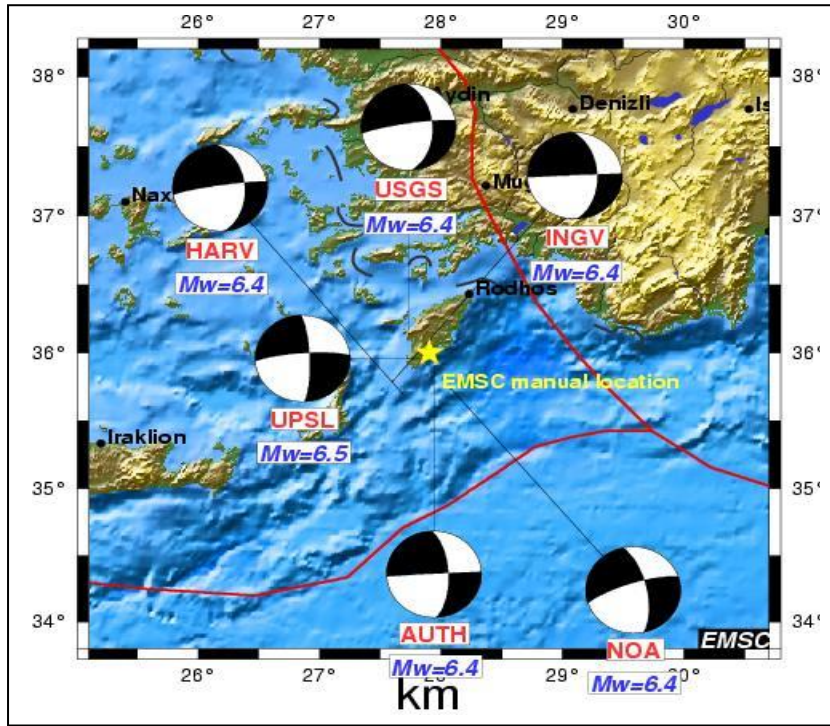
Şekil 26: 25 Nisan 1957 Fethiye depreminin eş-şiddet haritası (Öcal, 1958).

4.2.1.2 15 Temmuz 2008 Rodos Depremi (Mw: 6,4)

15 Temmuz 2008 günü, saat 03:26 (GMT)'de Rodos Adası'nın hemen güneyinde şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. Deprem oldukça geniş bir alanda hissedilmiş, küçük çapta heyelanlara neden olmuş ve bir kişinin ölümüne neden olmuştur. Depremi kaynak parametreleri farklı uluslararası sismoloji merkezleri tarafından belirlenmiş ve elde edilen veriler özet olarak Çizelge 3 ve Şekil 27'de sunulmuştur.

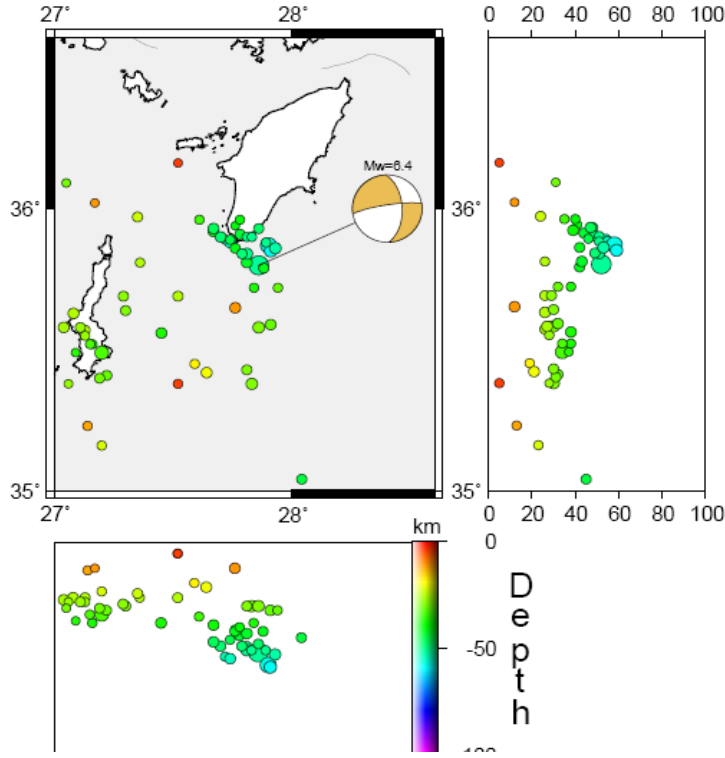
Çizelge 3. 15-Temmuz-2008 Rodos depreminin farklı sismoloji merkezleri tarafından elde edilen kaynak parametreleri.

Gün ve Saat	Enlem	Boylam	Derinlik	Mw	Doğrultu/eğim/atım	Merkez
2008-07-15 03:26:44.5	36.14	27.73	34	6.4	357/48/-171	USGS
	35.79	27.60	37	6.4	358/51/-179	INGV
	35.70	27.68	35	6.4	356/47/-173	HRV
	35.96	27.86	60	6.5	358/78/-170	UPSL
	35.86	27.94	50	6.4	267/89/-25	AUTH
	35.74	28.08	40	6.4	252/77/-24	NOA



Şekil 27. 15-Temmuz-2008 Rodos depreminin yeri ve farklı sismoloji merkezleri tarafından elde edilen faylanma mekanizma çözümlerinin dağılımları.

Bu depremin KD-GB doğrultulu Fethiye-Burdur fay zonunun Akdeniz'deki devamı olan ve Hellenik yayının doğu kanadını oluşturan Pliny-Strabo çukurlarının yakınında meydana gelmiş olmasına rağmen Şekil 27'da da gösterildiği gibi faylanma mekanizmalarındaki düğüm düzlemlerinin hiç biri KD-GB doğrultusunda değildir. Bununla beraber, düğüm düzlemleri depremden sonra meydana gelen artçı depremlerinin dağılımıyla da uyuşmamaktadır (Şekil 28). Artçı depremlerin dağılımında iki belirgin özellik dikkat çekmektedir: (1) bunlardan biri, hemen hemen bütün artçı depremler ana şokun güneybatısında meydana gelmektedir ve ana şokun kuzeydoğusunda ise artçı şoklar yer almamaktadır, (2) artçı depremlerin diğer belirgin bir özelliği ise depremin KB-GD uzantılı bir fay düzlemi üzerinde meydana gelmiş izlenimi yaratmasıdır. Bu nedenle, faylanma mekanizması çözümlerindeki düğüm düzlemlerinden birinin bu doğrultuda olması gerekir..



Şekil 28: 15 Temmuz - 31 Temmuz 2008 tarihleri arasında Rodos'ta meydana gelen artı depremlerin derinlik ve episantır dağılımı. Bu artçı depremlerin KB-GD uzantılı bir doğrultu üzerinde meydana geldiği görülmektedir.

Ancak, Şekil 27'de verilen düğüm düzlemlerinden hiçbiri artçı deprem dağılımının uzandığı doğrultuda değildir. Artçı deprem dağılımının ana şok ile nasıl bir ilişki içerisinde olduğunu anlayabilmek için, öncelikle 15 Temmuz 2008 Rodos depreminin ana şok dalga şekli kayıtlarının ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesi gerekir. Bu analiz sonucunda elde edilecek ayrıntılı kırılma süreci ve fay düzlemi üzerindeki ayrıntılı 2-boyutlu atım miktarlarının bölgedeki gerilme dağılımını nasıl etkilediği ortaya konulacaktır. Bir başka anlatımla, ana şokun yarattığı gerilme değişimleri ile depremden sonra meydana gelen artçı depremlerinin etkileşimi incelenmelidir.

Fethiye-Burdur Fay Zonunda son yıllarda meydana gelen küçük ve orta büyüklükteki depremlerin analizi yapıldığında sismoloji çalışmalarında Fethiye-Burdur fay zonunda meydana gelen ve sinyal/gürültü oranı yeterince yüksek olan küçük ve orta büyüklükteki depremlerin moment tensör çözümleri elde edilmiştir. Bu depremlerin analizlerinde yakın alanda kaydedilen geniş-bantlı dalga şekli verileri kullanılmıştır. Dalga şekli verileri Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafında Güneybatı Anadolu'da kurulan ve çalıştırılan çok sayıda geniş-bant deprem istasyonları tarafından kaydedilmiştir. Burada

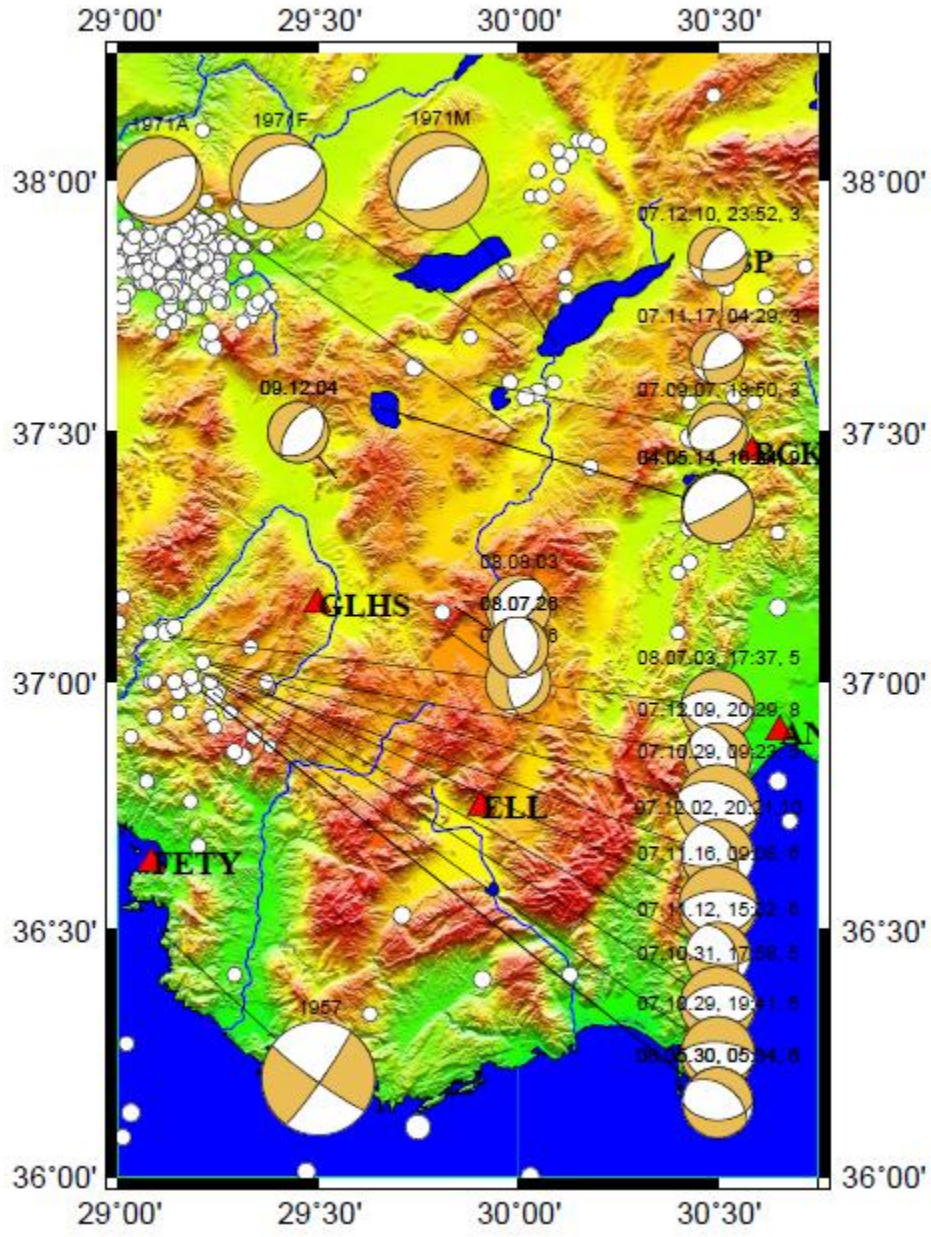
analiz için Kuge (2003) tarafından geliştirilen yakın-alan moment tensör ters çözüm tekniği kullanılmıştır.

Çalışma bölgesinde en önemli ve en belirgin deprem etkinliği Çameli-Denizli bölgesinde meydana gelmiştir. Bu deprem etkinliği içinde yer alan önemli depremlerin moment tensör çözümleri yapılmıştır. Her ne kadar sayıları ve sıklıkları azalmış olsa da bu deprem etkinliğinin hala devam ettiği söylenebilir. Etkinliğin başlamasından günümüze kadar büyüklükleri M5 düzeyine erişen depremler meydana gelmiştir. Etkinliğin devam etmesi, M6 sınıfında bir depremin olup olmayacağını sürekli gündemde tutmaktadır. Bu varsayımın gündeme gelmesinin asıl nedeni, Çameli-Denizli deprem etkinliğine benzer bir deprem etkinliğinin 2000 yılında Isparta Açısının doğu kanadını sınırlayan fay üzerinde meydana gelmiş olmasının yanı sıra, bu bölgede M6 sınıfında iki tane deprem üretmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu depremlerden biri Sultandağ bölgesinde, diğeri de Çay-Eber yakınlarında meydana gelmiştir. Bu yüzden Isparta Açısının Doğu sınırında olan bir olayın benzerinin batı kanadında da olup olmayacağını ilerideki dönemlerde görülecektir. Bu nedenle, Çameli depremlerinin çok dikkatli bir şekilde izlenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu etkinliğin dikkatli bir şekilde izlenmesinin önemi sadece deprem tehlikesi açısından değil, deprem oluşumunu anlamak açısından da ele alınacak olursa çok önemli bulgular elde edilebilecektir.

Çameli depremleri genel olarak belirgin bir şekilde KB-GD uzanımlı bir çizgisellik göstermektedir. Bu etkinliğin içinde yer alan çok sayıdaki depremin CMT çözümleri yapılmıştır. Bunun dışında Burdur civarında ve Fethiye-Burdur fay zonun diğer kısımlarında da analiz edilebilecek büyüklükte depremler meydana gelmiştir. Analiz sonuncunda elde edilen çözümler Şekil 29'da topluca gösterilmektedir. Analiz esnasında dikkat edilen hususları anlamak için 30.05.2008, 05:34, Mw=4.4 büyüklüğünde meydana gelen Çameli depreminin analizi ve sonuçlarıyla ilgili ayrıntılı bilgiler aşağıda verilmiştir.

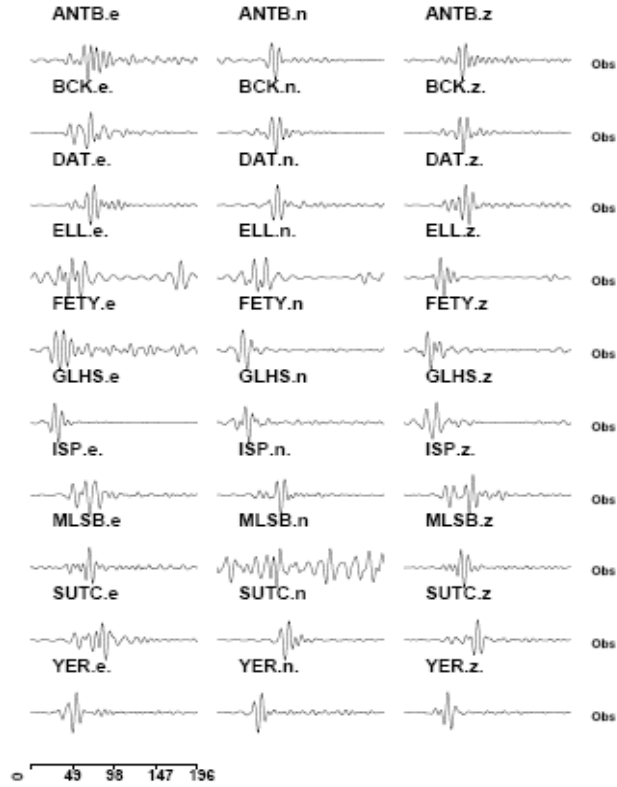
4.2.1.3 30.05.2008, 05:34, Mw=4.4 Çameli (Denizli) Depremi

Bu depremle birlikte açığa çıkan sismik enerji yeterince büyük olduğu için ulusal deprem şebekesinde yer alan istasyonların çoğu tarafından kaydedilmiştir. Özellikle Güneybatı Anadolu'da bulunan geniş-bantlı deprem istasyonlardaki dalga şekilleri, moment tensör çözümü yapabilmek için gereksinim duyulan sinyal/gürültü oranları yeterli düzeydedir. Bu büyüklükteki bir depremin 0.05-0.2 Hz frekans bandı aralığını, dalga şekillerinin modellenmesiyle moment tensörün sağlıklı bir şekilde belirlenebileceğini, Şekil 30'da verilen süzgeçten geçirilmiş veriye baktığımız zaman kolayca anlaşılmaktadır. Şekilden de görüldüğü gibi bütün istasyonlarda sinyal düzeyi oldukça iyi ve belirgindir.



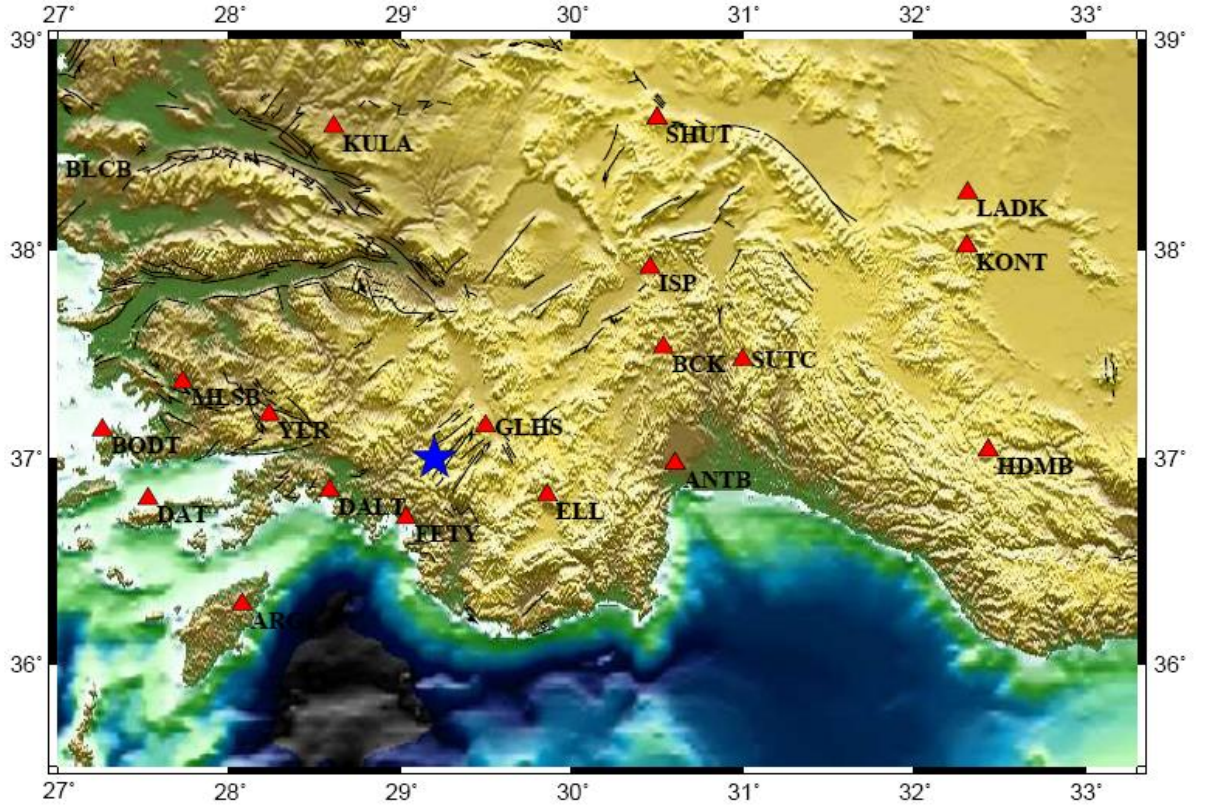
Şekil 29. Fethiye-Burdur fay zonunda meydana gelen küçük ve orta büyüklükteki depremlerin analiz sonuçları.

30.05.2008, 05:34, Mw=4.4 (0.05 0.06 0.1 0.2 Hz)



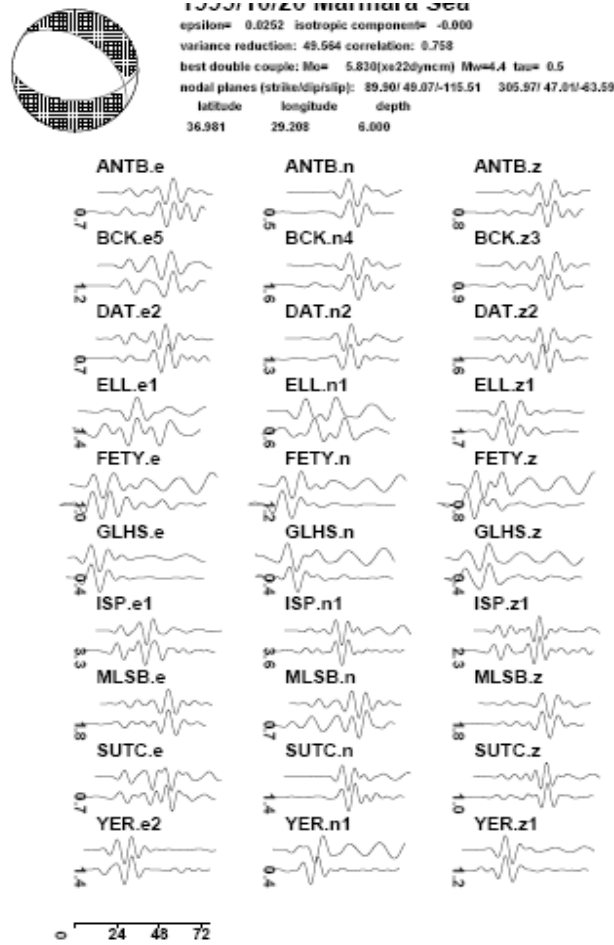
Şekil 30. 30.5. 2008, 05:34 depreminin analizi için kullanılan geniş bantlı deprem istasyonlarından elde edilen dalga şekli verisi.

Bu depremin analizi için kullanılan deprem istasyonlarının dağılımı ve depremin yeri Şekil 31'de gösterilmektedir. Bu istasyonlardan biri olan ve GLHS kısaltması ile gösterilen yerin, Çameli deprem etkinliğine oldukça yakın olduğu dikkat çekmektedir. Çameli etkinliğine yakın olması özelliğinden başka etkinliğinin kuzeydoğusunda yer alması, azimutal dağılım açısından, bu istasyonun büyük bir boşluğu doldurduğu söylenebilir. Deprem etkinliğinin yakınlarında bulunan FETY, ELL ve DALT geniş-bant deprem istasyonları da dikkate alınacak olursa, bu dört istasyondan elde edilecek dalga şekli verisi kullanılarak, küçük depremlerden de moment tensör çözümlerinin elde edilebileceği belirtilebilir. GLHS, FETY ve ELL istasyonlarının analizi yapılan bu Çameli depreminin merkez üssüne olana uzaklıkları, sırasıyla 32, 40 ve 67 km civarındadır. Bu uzaklıklarda kaydedilen verilerle $M=3.5$ büyüklüğündeki depremlerin moment tensör çözümlerinin elde edilebileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur.



Şekil 31. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından çalıştırılan geniş-bant deprem istasyonlarının Güneybatı Anadolu'daki konumları gösterilmektedir. Yıldız sembolü, 30.05.2008 tarihinde meydana gelen ve bu çalışma kapsamında analiz edilen Çameli depreminin yerini göstermektedir.

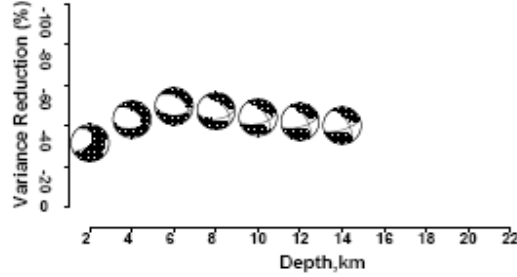
30 Mayıs 2008 depreminin moment tensör ters çözüm sonuçları Şekil 32'te verilmektedir. Bu çözümde kullanılan 10 adet deprem istasyonunun azimutal dağılımı oldukça iyi durumdadır. İstasyonların farklı episantr uzaklıklarında bulunması, odakta çıkan ışınların farklı odağı terk ediş açılarına sahip olacaklarından dolayı, odakla ilgili çözümlemenin oldukça başarılı olduğu belirtilebilir.



Şekil 32. Bu çalışma kapsamında analiz edilen 30.5.2008, 05:34, Mw=4.4 Çameli depreminin dalga şekli ters çözüm sonuçları gösterilmektedir. Her sismogram çiftin üst kısmında yer alan dalga şekilleri teorik olarak hesaplananları ve alt kısmında yer alanlar gözlemsel sismogramları göstermektedir. Sismogram çiftin solunda yer alan rakam teorik sismogramın maksimum genliğinin, gözlemsel sismogramın maksimum genliğine oranını göstermektedir. Sismogram çiftin üstünde yer alan kısaltmalar geniş bant deprem istasyonu için kullanılan kısaltmalardır. İstasyon isminde yer alan uzantılar **e**, **n** ve **z** harfiyle gösterilmekte ve bunlar sırasıyla doğu-batı, kuzey-güney ve düşey bileşenlerine karşılık gelmektedir. Çözüm kalitesinin göstergesi, aynı zamanda varyans indirgeme değerinin teorik ve gözlemsel sismogramların dalga şekline olan uyumu ile ölçülür. Bu depremin analizi için varyans indirgeme değeri 50 civarında olup, dalga şekli uyumları tatmin edici düzeydedir.

Analiz için kullandığımız moment tensör ters çözüm tekniğinde en iyi uyumu veren nokta 3-boyutlu bir grid içinde aranmaktadır. Bölgede istasyon sayısı fazla olduğu için depremin merkez üssünün sağlıklı bir şekilde ve çok düşük hata ile belirlendiğini kabul edebiliriz. Bu nedenle en iyi uyum noktası aranırken merkez üssü sabit tutulup sadece farklı derinlikler için en iyi uyum derinliği araştırılmıştır. Bu işlem sonucunda depremin 6 km derinlikte meydana geldiği sonucu bulunmuştur (Şekil 33). Farklı derinlikler için elde edilen varyans indirgeme değişimleri Şekil 33'de gösterilmektedir. Bu şekil üzerinde Varyans indirgeme değeri yüzde cinsinden ifade edilmekte olup, teorik ve gözlemsel sismogramlar arasındaki uyum dikkati

çekmektedir. Varyans indirgeme değerinin büyük olması, çözümlerlerde iyi bir uyumun varlığını göstermektedir.



Şekil 33. 30.05.2008, 05:34, Mw=4.4 Çameli depremi analizinde farklı derinlikler için elde edilen faylanma mekanizması çözümleri ve varyans indirgeme değerleri. Faylanma mekanizmalarında koyu bölgeler sıkışma bölgesini ve açık renkte olan kısımlar da açılma bölgelerini göstermektedir.

Faylanma mekanizması çözümleri sonucunda elde edilen düğüm düzlemlerinden hangisinin fay düzlemi olduğu sorusunun yanıtını bulmak yapılan çalışmanın en önemli kısmın teşkil etmektedir. Bu sorunun yanıtını ters çözüm sonuçlarından elde etmek mümkün değildir. Ancak, bazı durumlarda ters çözüm bu sorunun yanıtını kısmen de olsa verebilmektedir. Özellikle büyük depremlerde ($M > 6$) her iki düğüm düzlemindeki kırılmalar, çok sayıda noktanın kaynak şeklinde gösterilmesi, her düğüm düzlemi için teorik sismogramların hesaplanması ve bunların gözlemsel sismogramlarla karşılaştırılması şartıyla bu düğüm düzlemlerinden biri daha iyi uyum verecektir. Böylece en iyi uyum veren düğüm düzlemi fay düzlemi olarak seçilebilmektedir. Bundan başka, fay düzlemin tanınmasında kullanılan diğer önemli bilgi bölgenin sismotektonik özellikleridir. Eğer araştırmacı bölgenin tektoniğini iyi biliyorsa hangi düzlemin fay düzlemi olacağı konusunda sağlıklı karar verebilir. Bu bilgiyi elde edebilmek için gerekli olan en önemli veri ise aletsel sismoloji döneminde meydana gelen orta ve büyük depremlerdir.

30 Mayıs 2008 Çameli depremine ait faylanma mekanizması çözümünde düğüm düzlemlerinden biri D-B doğrultusunda ve diğeri de KB-GD doğrultusundadır. Şekil 32'de gösterilen faylara bakıldığında bölgede bilinen diri fayların KD-GB yanı sıra KB-GD uzanımlı olduğu görülebilir. Elde edilen veriler Çameli deprem etkinliğinin KB-GD uzantılı bir fay düzlemi üzerinde meydana geldiğini göstermektedir. Şekil 33'te verilen kaynak parametreleri dikkate alınarak bu fay düzleminin KD'ya doğru eğimli olduğu ve önemli ölçüde sol-yönlü doğrultu atım bileşenine sahip olduğu söylenebilir.

5. PALEOSİSMOLOJİK HENDEK ÇALIŞMALARI

Fethiye-Burdur fay zonunun ve Gökova fayının paleosismolojik özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla Burdur, Fethiye ve Akyaka (Gökova) yörelerinde uygun görülen seçilmiş lokasyonlarda hendekler açılmıştır. Açılan hendeklerde ortaya çıkan katmanlı yapılar ve bunları kesen fay sistemleri ölçülü enine kesitler üzerinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Bu hendek kesitleri üzerinde gereksinme duyulan uygun noktalardan ve yaş tayini amacıyla toprak örnekleri alınmıştır.

5.1 Burdur yöresi hendek çalışmaları

Burdur yöresinde Fethiye-Burdur fay zonunun Burdur segmenti üzerinde (i) Burdur Kışla Mahallesi, (ii) Burdur-Kum Ocakları Mevkii'nde ve (iii) Burdur-Yassıgüme yöresinde olmak üzere üç ayrı lokasyonda hendekler açılmıştır.

5.1.1 Kışla Mahallesi (Burdur)

Burdur ili Kışla Mahallesi'nin güneyinde Oligosen yaşlı konglomeraları sınırlayan KD uzanımlı fay üzerinde açılmış olan hendeğin lokasyonu (BUR-1) Şekil 14 üzerinde gösterilmiştir. Bu hendeğe ait ölçülü kesit Şekil 34 ve 35'de görülmektedir. Buna göre bu hendek içinde alttan üste doğru altı farklı seviye tespit edilmiştir. Bu hendekte gözlenen zayıf pekleşmiş kolüvyal tortullar egemen olarak kıltaşı, çamurtaşı ve çakıllı çamurtaşından yapıldır. Bu hendekten üç farklı noktadan alınan örnekler, yeterli miktarda organik madde içermediklerinden bu örnekler üzerinde yaş tayini analizlerinden sonuç alınamamıştır.

5.1.2 Kum ocakları

Burdur ili Fevzi Çakmak Mahallesi'nin güneyinde Kum Ocakları Mevkii'nde Fethiye-Burdur fay zonuna ait bir fay segmenti üzerinde açılmış olan hendeğin lokasyonu (BUR-2) Şekil 15'de verilmiştir. Bu hendeğe ait ölçülü enine kesit ile ilgili görüntüler Şekil 36 ve 37'de yer almaktadır. Bu hendekte 17 farklı tortul katman seviyesi belirlenmiş ve fay zonu üzerinde karmaşık iç yapılı oluşukların varlığı saptanmıştır. Bu hendekte Burdur fayının ana segmenti kesilmiş olup, bu fay boyunca gelişmiş kaotik iç yapılı ezilme zonu açık olarak gözlenir (Şekil 15). Hendek içinde ayırddilen tortul seviyeleri, büyük bölümü ile pekleşmemiş ve iyi boylanmış çapraz katmanlı plaj kumları ile zayıf pekleşmiş çakıltaşı ve çamurtaşı ara düzeylerinin yanısıra, en üstte bulunan güncel yamaç döküntüsünden yapıldır. Zemin

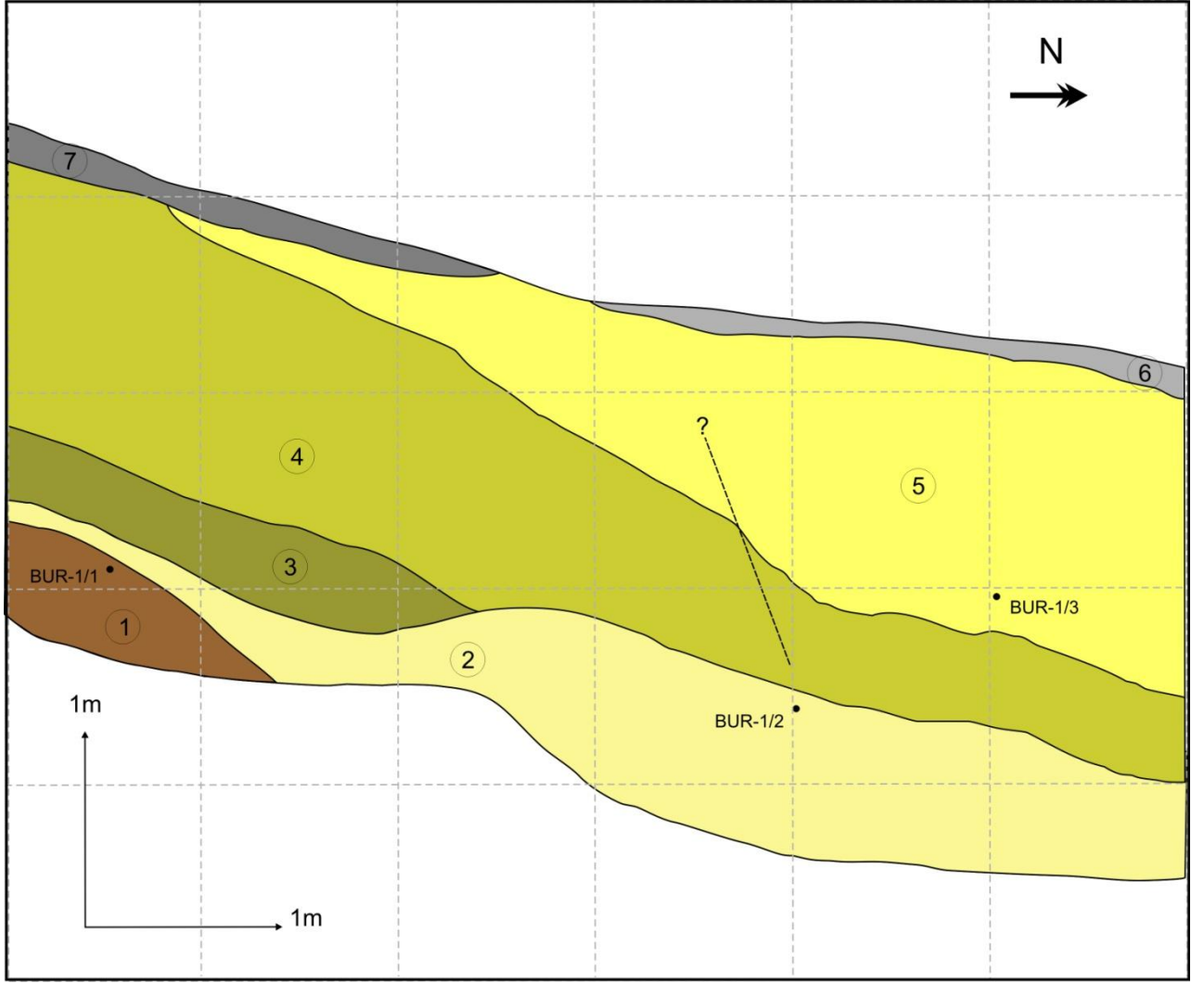
sıvılaşmasına bağlı gelişmiş kum ve çamur daykları, hendek kesiti içinde olağan olarak gözlenir.

Güncel yamaç döküntülerini oluşturan 1 ve 14 nolu katmanların faylar tarafından kesilmiş olması, hendek içinde görülen fayın büyük olasılıkla, 1914 yılında meydana gelen 7.0 büyüklüğündeki depremde aktifleştğini göstermesi bakımından önemlidir. Diğer taraftan, kesit üzerinde gösterilen 13 nolu kaotik zon yapısına ait oluşukları, büyük olasılıkla, 1914 depreminden kalıtsal yarık dolgusu malzemesi olarak değerlendirmek mümkündür. Kum Ocakları mevkiinde 1914 depreminden katılsal fay kırığının görünümü Şekil 38’de verilmiştir.

5.1.3 Yassıgüme (Bur-3 Hendeği)

Bur-3 hendeği Yassıgüme Köyü’nün doğusunda Fethiye-Burdur fay zonunun Burdur segmenti üzerinde açılmıştır (Şekil 16). 1971 yılında meydana gelen 6.1 büyüklüğündeki deprem Yassıgüme –Hacılar yöresinde oluşmuştur. Bu deprem sonucunda Yassıgüme yöresinde alüvyonlar içinde deprem kırıklarına bağlı basamaklı yapılar gelişmiştir. Bur-3 hendeği bu fay zonu üzerindeki deprem kırıklarına dik olarak açılmıştır (Şekil 39). Diğer taraftan bu lokasyonda Fethiye-Burdur fayının sol oblik atımlı olduğunu gösteren bir fay aynası ve bunun üzerinde gelişmiş kayma çizikleri açık olarak gözlenir (Şekil 40).

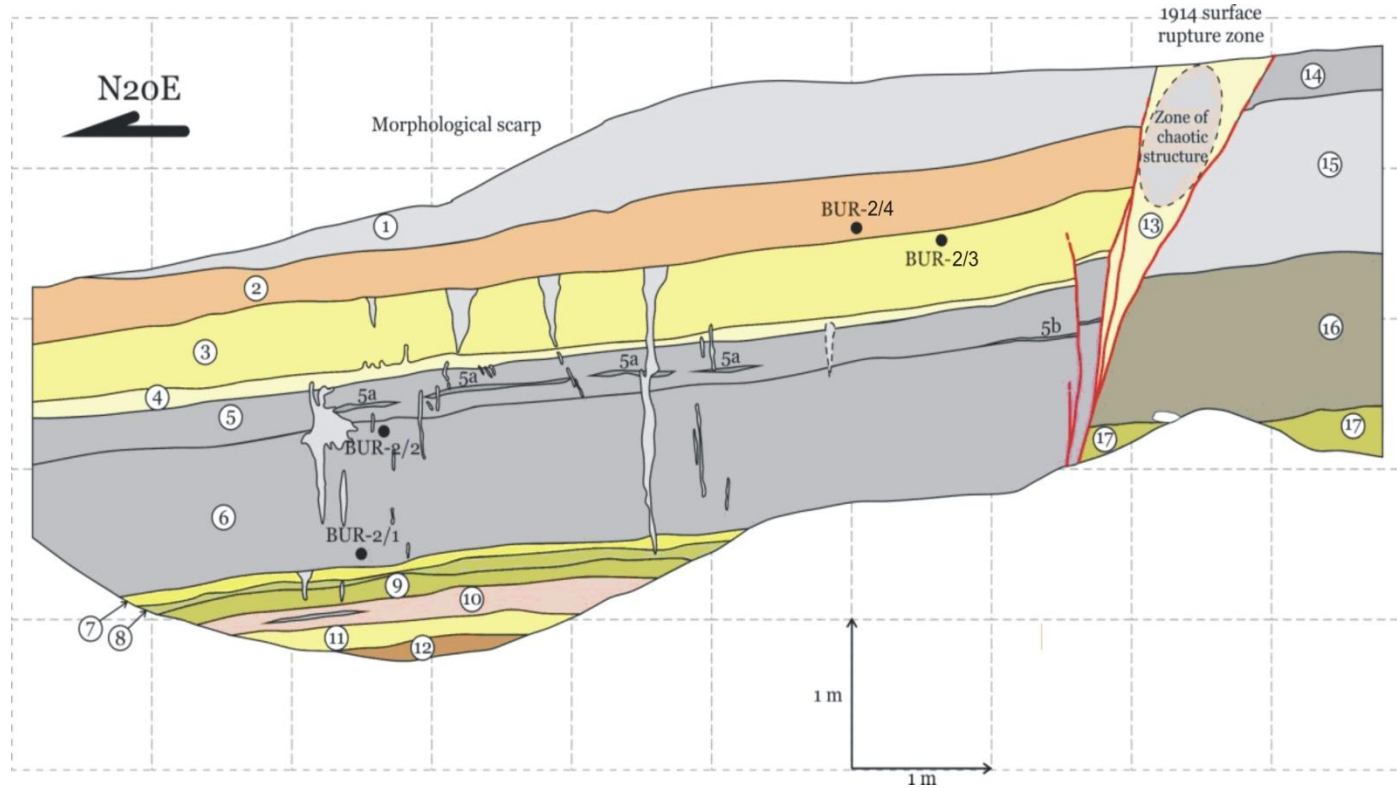
Bur-3 hendeğine ait ölçekli enine kesit Şekil 41’de verilmiştir. Enine kesit üzerinde görüldüğü gibi, bu hendek içinde üç farklı düzey ayırt edilmiştir. Bu düzeyler daha çok koluviyal özellikteki yamaç döküntü tortullarından ve pekleşmemiş kum ara katkılarından oluşur. Odun kömürü, insan iskeleti ve çömlek parçalarından oluşan kalıntılar, bu hendek içinde ortaya çıkarılan diğer önemli buluntulardır (Şekil 16).



Şekil 34. Burdur Fethiye fay zonu Burdur segmenti üzerinde yer alan BUR-1 hendeğinin ölçülü kesiti. 1: Yeşilimsi kahverengi organik malzeme içeren kil; 2: Pekleşmiş kil çamuru içerisinde kötü boylanmalı çakıllar; 3: Pekleşmiş yeşilimsi kil ve az miktarda köşeli çakıllar; 4 İri çakıllı seviye; 5: Pekleşmiş bitki kökleri gözlenen kil. 6: Güncel ova çökelleri; 7: Güncel yamaç çökelleri.



Şekil 35. Burdur Fethiye fay zonu üzerinde açılan BUR-1 hendeğinin farklı seviyelerinin görünümleri. a: BUR-1 hendeğinin genel görünümü; b: Yeşilimsi kahverengi organik malzeme içeren kil; c: Pekleşmiş yeşilimsi kil ve az miktarda köşeli çakıllar; d: Pekleşmiş kil çamuru içerisinde kötü boyanmalı çakıllar; e: İri çakıllı seviye ve fay izi; f: Güncel yamaç çökelleri ve güncel ova çökelleri.



Şekil 36. Burdur Fethiye fay zoneu Burdur segmenti üzerinde yer alan BUR-2 hendeğinin ölçülü kesiti.

1. Koyu?-beyaz marn; sert ve pekleşmiş, 2. katmanın alt kısmına doğru dereceli geçişi gösterir.; 2. Beyazımsı iyi boyanmalı kum – kumlu marn, pekleşmemiş, yeryer 1 cm ye kadar çakıllı. ; 3. Katman ve merceklerdeki kum ve marn alterasyonları. Bol, küçük çakıllı mercekler. ; 4. Farklı karakterde, yaklaşık 10 cm kalınlıkta, ince marn/kumlu marn tabakası. Bir kaç yerde çok ince çakıl mercekleri. ; 5. Yer yer marn katmanlı ve mercekli lamineal kum; yersel olarak zayıf çapraz katmanlanma gösterir. -a. Çakılların oluşturduğu farklı karakterde katman,yer yer merceklerin içine doğru yer değiştirmiş. -b. Ana fay zonunun yakınında mikrofaylara bağlı karakteristik yer değiştirmeli marn tabakası. ; 6. Grimsi iyi-orta taneli çapraz katmanlanmalı kum (göl plajı?). Küçük ölçekli çapraz katmanlanmalı, nispeten sakin depolanma ortamını gösterir. Oldukça fazla, kırışık ve çapraz katmanlanma yapıları takip eden koyu (karbon-yataklanma) malzeme. ; 7. Küçükten orta büyüklüğe doğru (1den 3 cm) çakıllar. ; 8. İyi- orta taneli derecelenmeli kum. ; 9. Yer yer kumlu mercekli küçük çakıllar. ; 10. Çapraz katmanlanmalı iyi-orta taneli kum. -a. İnce iyi boyanmalı çakıl tabakası. ; 11. Orta boyanmalı kum. 12. Tabaka ile kontakt kısımlarında yeryer ince marn tabakası olarak tanımlanmıştır. ; 12. İyi lamineal kum. ; 13.Karmaşık yapı. Tanımlanabilir stratigrafi gözlenememekte. Fay zonunda sıvılaşıp gibi görünen yarı baskın orta boyanmalı kum içerir. Muhtemelen sıvılaştan kumun yukarı doğru akmasına bağlı olarak fay zoneu ile hizalanmış az çakıl ve kötü boyanmalı kum. ; 14. Çakıllı kum. ; 15. 14. seviyeye benzer ancak çakıllar oldukça az. ; 16. Lamineal çakıllı kumun alterasyonu (çapraz katmanlanma yok). 17. Seviye ile kontakt yapan Alt kısımlarında trench çukuru boyunca iri çakıllar (30 cm e kadar) bulunmuştur. Birkaçı yerinde gözlenmiştir. Bu çakıllar yüksek enerjili alüvyal basamağı göstermektedir (fırtına ya da bazı diğer ani olaylar?) ; 17. Marn yatakları ve mercekleri içeren iyi boyanmalı kum.



Şekil 37. Burdur Fethiye fay zone üzerinde açılan BUR-2 hendekinin farklı lokasyonlarının görünüşleri. a: 1914 depremini oluşturan fayın atımı ($\approx 4\text{m}$); b: kaotik zon; c: plaj tortullarında görülen mikro fay; d: 1914 depremi esnasında meydana gelen sıvılaşmalar; e: plaj tortullarında faylanmaya bağlı oluşan mikro kıvrımlar; f: plaj tortullarında gözlenen çapraz katmanlanmalar.



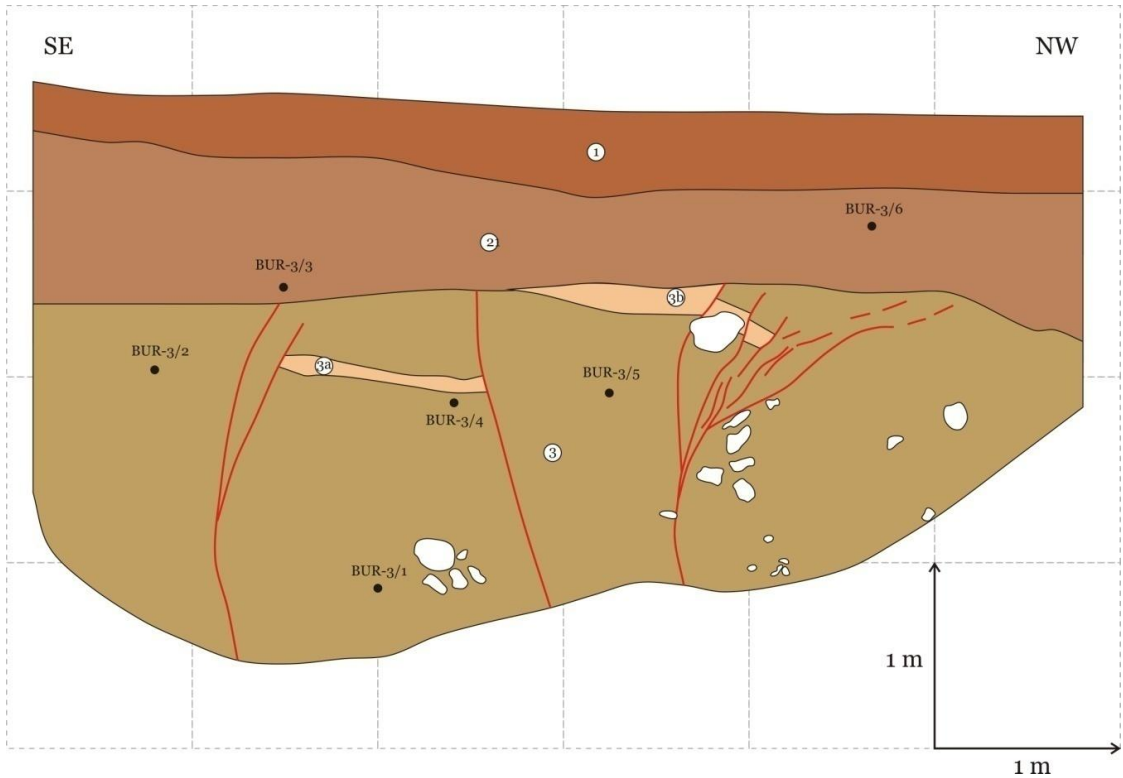
Şekil 38. Burada yer alan fay 1914 depremine ait yüzey kırığını temsil etmektedir. BUR-2 hendeği bu fayın yaklaşık 50 m KD uzanımı üzerinde açılmıştır. Sağ üst köşede bulunan araç bu şekil için ölçek olarak alınabilir. Bu mostra, ileri derecede ayrışma, yoğun heyelanlar ve kum ocağı işletmesi nedeni ile ilksel yapısını kaybetmiştir. Mostra görünümü GGB'dan KKD'ya doğrudur.



Şekil 39. Burdur Fethiye fay zone üzerinde açılan BUR-3 hendeğinin farklı lokasyonlarının görünüşleri. a: BUR 3 hendeğinin uzaktan görünümü; b: Kolüviyal oluşumların üst kısmındaki kumlu seviye; c: Kolüviyalin alt kesimlerindeki iri çakıllı seviye; d: Kolüviyal içinde gözlenen çömlek parçaları; e: Kolüviyal içinde gözlenen kömür parçaları (mikro ters faylanmalı); f: Kolüviyal içinde bulunan insan kafatası.



Şekil 40. BUR-3 hendeğinin açıldığı fay yüzeyinin görünümü. Normal-sol yönlü kayma çizikleri belirgindir ve yöredeki stress alanı ile uyumludur.

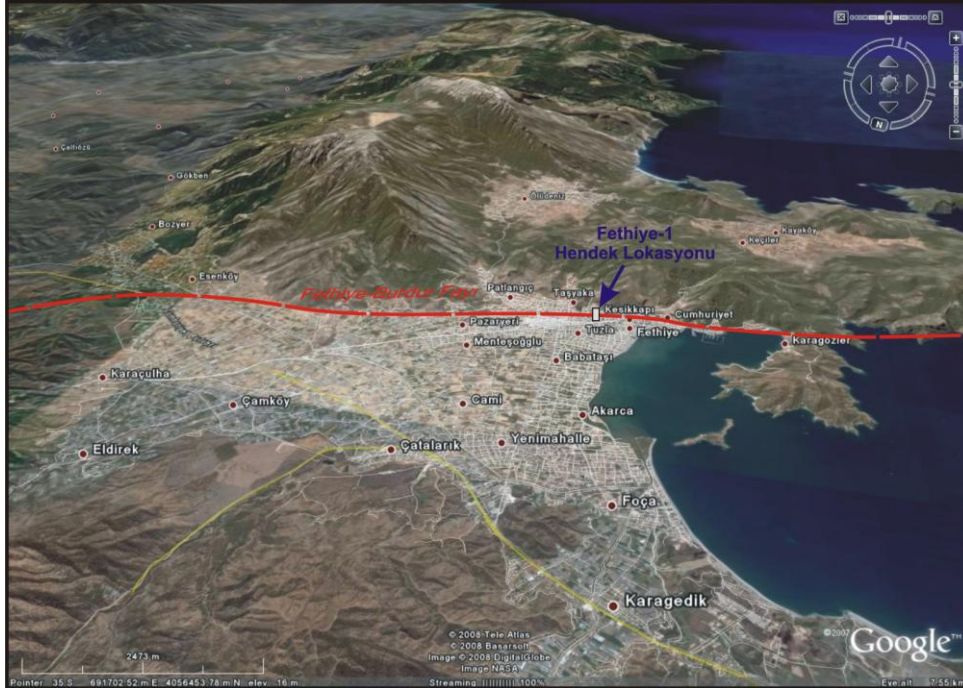


Şekil 41. Burdur Fethiye fay zone Burdur segmenti üzerinde yer alan BUR-3 hendeğinin ölçülü kesiti. 1: İnsan hareketleri tarafından karışmış ve yukarı dömüş (devrik) yüzey zemini. Yorumlama için uygun değil; 2: 1. seviyeye benzer, karıştırılmış malzeme. Bol miktarda kömür parçaları ve çanak çömlek parçaları. 1 ve 2. Seviye arasındaki geçiş derecelenmeli; 3: İnsan uğraşları ile ilgili pek çok işaret bulunduran yekpare karışmış malzeme (çoğunlukla kum ve çakıllar), tüm seviye tarihi zamanlar boyunca oluşmuş, kömür ve çömlek parçaları gözlenmekte. BUR-3/1 insan kafatası ve kemik parçalarının bulunduğu nokta. A: 3. Seviyedeki kumlu mercek; b: 3. seviyedeki kumlu mercek. 3a ve 3b seviyeleri fay yer değiştirmesini gösterir. Tüm seri, 2. Seviye ve üstünü etkilemeyen, yalancı-ters fay zone (Normal fay yüzeyi kırıklarında çok yaygın) tarafından deforme edilmiş, bu nedenle sondan bir önceki olay iyi sınırlandırılabilir.

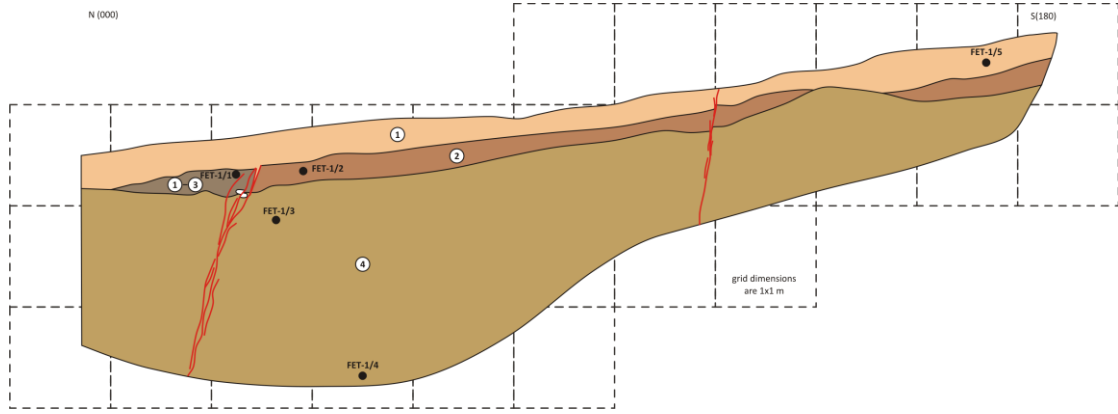
5.2 Fethiye yöresi hendek çalışmaları

5.2.1 Fethiye-1 Hendeği

Fethiye-1 hendeği Fethiye şehir merkezinin doğusunda Fethiye fayı üzerinde K-G doğrultulu olarak 10 x 2,7 m boyutlarında açılmıştır (Şekil 42 ve 43). Bu mevkiye Fethiye fayına ait fay yüzeyleri ile buna eşlik eden alüvyal yelpaze oluşukları açık olarak gözlenir. Bu hendek içerisinde yukarıdan aşağıya doğru üç farklı tortul düzeyin yanı sıra farklı noktalarda gelişmiş iki ayrı faylanma ayırt edilmiştir (Şekil 43). Bu faylardan biri hendeğin kuzey kenarında gelişmiş olup üstteki güncel toprak örtüsü ve alüvyonlar tarafında örtülmektedir. Hendeğin güney kenarında yer alan ikinci fay daha genç olup üstteki güncel toprak örtüsünü keserek yüzeye kadar ulaşır. En üstteki düzey güncel toprak örtüsünü temsil etmektedir. Alüvyal yepazeden türemiş kaba kırıntılı gereçler bu düzeydeki tortullara eşlik eder. Bunun altında yer alan ikinci seviye daha çok koluviyal oluşuk şeklinde değerlendirilecek çakıllı çamurtaşından oluşan tortullardan yapıldır. Ancak faylanma sonucu gelişen kaotik iç yapılı tortul oluşuklar 2 nolu birim içinde faya yakın kesimlerde açık olarak gözlenir. Bu kaotik yapı özelliği gösteren oluşuklar büyük olasılıkla son dönemlerde meydana gelen bir depreme bağlı olarak aniden gelişmiş olmalıdır. Bu hendeğin en altında bulunan üçüncü seviye daha çok alüvyal yelpaze tortullarıyla ilişkili olup egemen olarak çamur matriksi içinde yer alan köşeli ve kaba kırıntılı tortul bileşenlerinden oluşur.



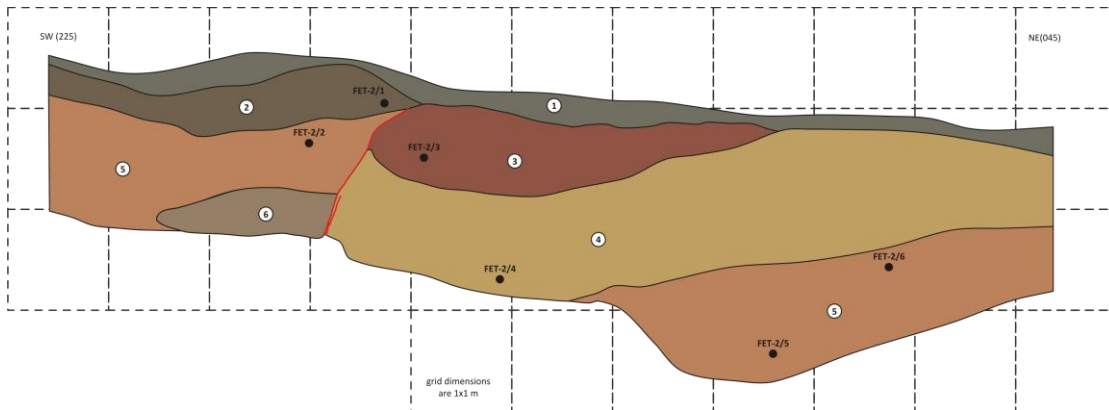
Şekil 42. Fethiye-Burdur fayının Fethiye Körfezi çevresindeki konumu ile bu fay üzerinde açılması öngörülen hendek lokasyonu.



Şekil 43. Fethiye-1 (Fet-1) hendeğinin ölçekli enine kesiti. 1: Güncel toprak örtüsü; 2: kolüvyal tortul oluşukları; 3: alüvyonal yelpaze tortulları.

5.2.2 Fethiye-2 Hendeği (Fet-2)

Fethiye-2 hendeği Fethiye şehir mezarlığının doğu sınırında GB-KD doğrultusunda açılmış olup, 10x2.8 m boyutundadır (Şekil 17 ve 44). Şekil 44'te görüldüğü gibi, Fet-2 hendeği içinde 6 farklı düzeyin varlığı saptanmıştır. Bu hendek kesiti içinde yer alan tortul düzeylerin büyük bölümü, alüvyonal yelpaze ve güncel yamaç döküntülerinden yapıldır. Hendek içinde saptanan tortul düzeyler ters atımlı bir fayla kesilmiş olarak gözlenir. Ancak bu fay yalancı ters fay (pseudo-reverse fault) niteliğinde olup bu fayın eğim derecesi derinlere inildikçe değişmektedir.



Şekil 44. Fethiye-2 (Fet-2) hendeğinin ölçülmüş enine kesiti. 1: güncel toprak örtüsü; 2 ve 3: kolüvyal tortul birikintileri; 5 ve 6: alüvyal yelpaze birikintileri; 7: kolüvyal tortullar.

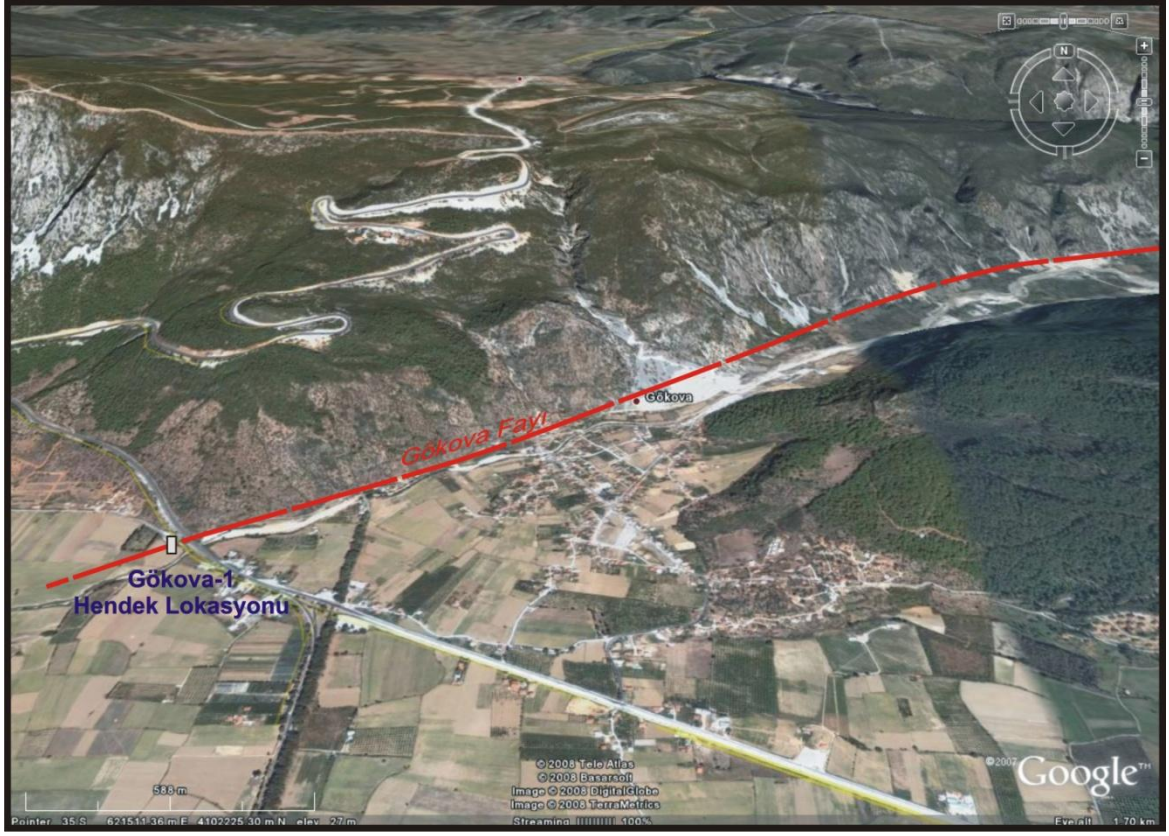
5.3 Gökova yöresi

5.3.1 Akyaka Hendeği (Aky-1)

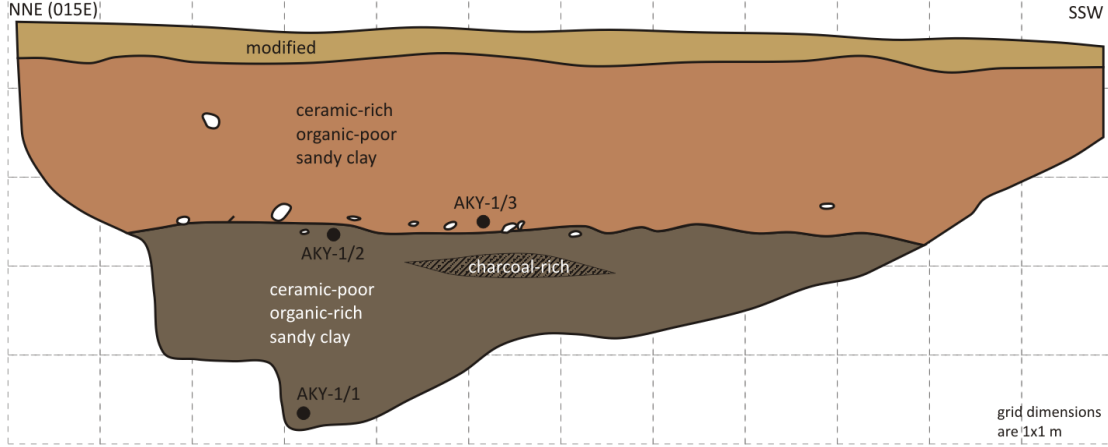
Akyaka hendeği, Gökova Fayının Akyaka kesiminde 12x4 m boyutlarında açılmıştır (Şekil 18, 45 ve 46). Hendek içinde alttan üste doğru başlıca üç farklı seviye ayırt edilmiştir. En üstte bulunan güncel toprak örtüsü, bitkisel kalıntılar bakımından zengin olup yer yer humusludur. Bu toprak örtüsünün altında bulunan 2. düzey, organik maddece fakir fakat çömlek kırıntıları bakımından zengin sayılabilecek olan kumlu killerden oluşmaktadır. Bu düzeyin tabanında ince çakıl ile blok arasında değişen tane büyüklüğüne sahip kaba kırıntılı tortullar yaygın olarak gözlenir. Hendek kesiti içinde en altta bulunan 3.tortul düzey çok seyrek çömlek kalıntıları içeren organik maddece zengin sayılabilecek koyu grimsi renkte kumlu killerden yapılıdır. Odun kömüründen oluşan kalıntılar, en alt bölümdeki tortullar içinde seyrek olarak bulunur.

Bu hendek içinde paleosismolojik hareketlerle ilgili olarak herhangi bir fay izine rastlanmamıştır. Ancak 2 nolu tortul düzeyin tabanında yer alan kaba kırıntılı bloklu malzemenin, yörede çok ani gelişen bir deprem hareketi sonucu taşınıp yerleştiği öngörülebilir. Bu ani gelişen sismik olay, hendek içindeki tortul dolgunun içyapısının bozulmasına neden olmamıştır.

Tüm bunların yanı sıra Gökova fayının topoğrafyada oluşturduğu oldukça sarp ve genç morfolojik yapı bu fayın oldukça aktif ve fay olduğunu göstermesi bakımından önemlidir. Bu fay üzerinde ve yakın çevresinde meydana gelen güncel depremlerin dağılımları ve fay çözümleri Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 45. Gökova fayının Gökova Köyü çevresindeki konumu ile bu fay üzerinde açılması öngörülen hendek lokasyonu.



Şekil 46. Gökova fayı üzerinde Akyaka yöresinde açılan Aky-1 hendeğinin enine kesiti ve örnek yerleri Bu kesit üzerinde yukarıdan aşağıya doğru üç farklı düzey saptanmıştır: 1: ayrılmış toprak örtüsü; 2: oranaik maddece fakir kumlu kil; 3: organic maddece zengin kumlu kil.

6. JEOKİMYA

6.1 Jeokimyasal örnek alımı ve analize hazırlanması

Paleosismolojik çalışmalar için Burdur yöresinde Fethiye-Burdur fay zonunun Burdur segmenti üzerinde (i) Burdur Kışla Mahallesi (Bur-1), (ii) Burdur-Kum Ocakları Mevkii'nde (Bur-2) ve (iii) Burdur-Yassigüme'de (Bur-3), (iv) Fethiye yöresinde şehir merkezinin doğusunda (Fet-1), (v) Fethiye şehir merkezinin doğu sınırında (Fet-2) ve (v) Akyaka'da (Gökova) (v) Akyaka fayı üzerinde (Aky-1) olmak üzere altı ayrı lokasyonda jeokimyasal ^{14}C yaş tayinleri yapmak için toprak örnekleri almak amacıyla altı adet hendek açılmıştır (Şekil 14, 15, 16, 42 ve 45) . Bu açılan hendeklerden enine kesitlerde farklı seviyeleri temsil eden toplam 27 adet örnek alınmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Burdur, Fethiye ve Akyaka (Gökova) yöresinden alınan toprak ve kemik örneklerinde ^{14}C yaş tayini analizi sonuçları. * burada yaklaşık 1950 yıllarına ait yaş tayinini göstermektedir.

Sıra no	Örnek No	Örnek	Hendek Lokasyonu	^{14}C yaşı (BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
1	Bur 2/3	Sediment	Burdur (Bur-2)	1462 $\pm$ 27	-22,81 $\pm$ 0,07
2	Bur2/4	Sediment	Burdur (Bur-2)	246 $\pm$ 24	-23,34 $\pm$ 0,05
3	Bur 3/1	insan kemiği	Burdur (Bur-3)	1604 $\pm$ 24	-18,09 $\pm$ 0,07
4	Bur 3/2	odun kömürü	Burdur (Bur-3)	957 $\pm$ 35	-24,02 $\pm$ 0,07
5	Bur 3/3	odun kömürü	Burdur (Bur-3)	1267 $\pm$ 25	-24,38 $\pm$ 0,05
6	Fet 1/1	Sediment	Fethiye (Fet-1)	1469 $\pm$ 23	-23,21 $\pm$ 0,08
7	Fet 1/2	Sediment	Fethiye (Fet-1)	2360 $\pm$ 27	-24,17 $\pm$ 0,17
8	Fet 1/3	Sediment	Fethiye (Fet-1)	4110 $\pm$ 70	- 22,78 $\pm$ 0,46
9	Fet 1/4	Sediment	Fethiye (Fet-1)	15252 $\pm$ 117	-23,37 $\pm$ 0,20
10	Fet 1/5	Sediment	Fethiye (Fet-1)	1950 *	-24,15 $\pm$ 0,21
11	Fet 2/1	Sediment	Fethiye (Fet-2)	1373 $\pm$ 25	-2547 $\pm$ 0,21
12	Fet 2/2	Sediment	Fethiye (Fet-2)	2829 $\pm$ 23	-24,28 $\pm$ 0,25
13	Fet 2/3	Sediment	Fethiye (Fet-2)	2219 $\pm$ 25	-23,03 $\pm$ 0,17
14	Fet 2/4	Sediment	Fethiye (Fet-2)	6446 $\pm$ 36	-23,73 $\pm$ 0,12
15	Fet 2/5	Sediment	Fethiye (Fet-2)	9575 $\pm$ 71	-23,21 $\pm$ 0,22
16	Fet 2/6	Sediment	Fethiye (Fet-2)	3553 $\pm$ 30	-22,66 $\pm$ 0,08
17	AKY 1/1	Sediment	Akyaka (Gökova)	8515 $\pm$ 65	-26,20 $\pm$ 0,12
18	AKY 1/2	Sediment	Akyaka (Gökova)	4528 $\pm$ 39	-23,66 $\pm$ 0,19
19	AKY 1/3	Sediment	Akyaka (Gökova)	5109 $\pm$ 34	-23,12 $\pm$ 0,24

Alınan bu örneklerden yaş tayinleri için önemli olan ve organik madde içeren 19 adeti Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung, Kiel (Almanya) Laboratuvarlarında mikroskop altında kontrol edildi ve bu arada mekanik olarak temizlendi. Daha sonra geriye kalan malzeme % 1 HCl, % 1 NaOH (60 °C) ve tekrar %1 HCl ile muameleye tabi tutularak ekstrakt edilmiştir. Bu organik fraksiyonun alkali ekstraktı daha çok hümik asit fraksiyonu olup HCl ile yıkanıp kurutularak çökertilir. Burada bulunan bütün organik fraksiyonların yakılarak CO₂ olarak ortaya çıkması, 900 °C sıcaklıkta CuO ve gümüş yün ile birlikte kapalı kuvars tüpünde gerçekleşmektedir. Daha sonra CO₂, H₂ ile katalizör olan Fe tozu karşısında indirgenir ve bunun sonucu olan karbon ve demirden oluşan karışım bir kalıp içinde tablet olarak preslenir.

Bu örneklerin ¹⁴C konsantrasyonları CO₂ ölçüm standartları (oksalit asit) ve karbon ile birlikte eşzamanlı olarak toplanan ¹⁴C, ¹³C ve ¹²C değerlerinin karşılaştırılmasından ortaya çıkmaktadır. Normal ¹⁴C yaş değerleri Stuiver ve Polach (1977) tarafından belirtilen ilkelere bağlı kalarak ölçülmektedir. Burada AMS yöntemi ile ¹⁴C/¹²C birlikte ölçülen ¹³C/¹²C ilişkisine dayanan izotop fraksiyonu düzeltmesi söz konusu olmaktadır. Burada $\delta^{13}\text{C}$ değeri grafitleşme ve AMS cihazında olan izotop fraksiyonlaşması etkilerini içermekte ve bu yüzden doğrudan CO₂ kütle spektrometresi ile ölçülen değerlerle karşılaştırılmaz. ¹⁴C analizleri değerleri istatistik, AMS cihazı duraylılığı ve sıfır etkisi çıkarılmasını dikkate almaktadır. İstatistik ve ölçüm cihazı için gerekli kontroller yapılmış olup burada en büyük değerler kullanmak için alınmıştır. Burada elde edilen ¹⁴C yaş değerlerinin kullanılabilir yaş değerlerine “calibrated age” çevrilmesi “CALIB rev 5.01” (veri grubu: IntCal04, Reimer ve diğ., 2004) standartlarının kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir.

6.2 Yaş tayini analizleri ve değerlendirilmesi

Fethiye-Burdur fay zonunda (1) Burdur-Tefenni segmenti ile (2) Fethiye şehir merkezi ile birlikte Akyaka'da Gökova fayı üzerinde (3) olmak üzere toplam 6 hendekten 27 örnek alınmış ve bunlardan seçilen 19 adet örnekte ¹⁴C yaş tayini analizleri yapılmıştır (Çizelge 4).

Bur-2 hendeğinde daha çok kolüviyal oluşuklardan alınan üç adet örnek üzerinde ¹⁴C yaş tayinleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, 9600, 1462 ve 264 yıllık değerler saptanmıştır. Elde edilen yaş tayinlerinin değerlendirmelerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4' te verilmiştir. Buna göre, Bur-2 hendek kesiti içinde üç farklı tektonik olayın meydana geldiği ortaya çıkmıştır. Birinci olay, daha çok 1914 depremiyle ilgili olup, yöredeki saha verileri ve görgü tanıklarının

ifadeleri ile doğrulanmaktadır. İkinci olay, katman 2 ve 3 arasındaki gözlenmekte olup, kırık dolgu oluşukları yanısıra, sivilaşma yapıları ile ortaya çıkmaktadır. Yapılan yaş tayinlerine göre, ikinci olay günümüzden yaklaşık olarak 863 yıl önce meydana gelmiştir. 3. olay ise, 6 ve 7 nolu katmanlar arasında yer alan ve aniden sonlanan yüzey kırıklarının varlığı ve sivilaşma yapıları ile belgelenmektedir. Yaş tayini verileri, 3. olayın yaklaşık olarak günümüzden 9600 yıl önce meydana geldiğini yansıtmaktadır (Çizelge 4).

Bur-3 hendeğinden alınan örnekler üzerinde yapılan yaş tayini sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Bu yaş tayinlerine göre 957, 1267 ve 1604 yıllık yaşlar saptanmıştır. Bu hendekte elde edilen yaş verilerine göre gözlenen kırık verileri ile doğrulanan bir tektonik olayın varlığı saptanmıştır. Bu olayın elde edilen verilere göre günümüzden 1107 yıl önce meydana geldiği belirtmek mümkündür (Çizelge 4 ve 5).

Bur-2 ve Bur-3 hendekleri birlikte değerlendirildiğine her iki hendekte sondan bir önceki tektonik olayın jeolojik zamanın dağılımında izleri görülmektedir (Şekil 47). ^{14}C yaş tayinlerine bağlı olarak buradaki tektonik olayın yaşının $\text{MS } 965 \pm 107$ yıl olarak tahmin edilmektedir. Bu tektonik olaydan her iki hendek lokasyonu önemli derecede etkilenmiş bulunmaktadır.

Fethiye (Fet-1) hendeğinden alınan örneklerin ^{14}C yaş tayini sonuçlarına göre bu kesimde en az iki farklı tektonik olay ayırt edilebilir (Çizelge 3 ve Şekil 48). Birinci olay büyük olasılıkla 1957 Fethiye depremiyle ilişkilidir. Hendeğin güney kenarında yer alan ve güncel alüvyonları ve toprak örtüsünü kesip yüzeye kadar ulaşan fay büyük olasılıkla 1957 depremine ait bir kırığı temsil etmektedir. İkinci önemli olay hendeğin kuzeyinde gözlenen ve güncel alüvyonlar ve toprak örtüsü tarafından üzerlenen fay ile ilişkili olmalıdır. Elde edilen yaş verilerine göre bu ikinci olay büyük olasılıkla MÖ 400 ve MS 600 yılları arasındaki dönemde meydana gelmiş olmalıdır.

Bu Fethiye-2 hendeğinden alınan örneklerin ^{14}C yaş tayini verilerine göre bu hendek içerisinde en iki farklı olayın varlığı saptanmıştır (Çizelge 3 ve Şekil 49). Bunlardan birinci olay yaklaşık olarak MÖ 800 ile 300 yılları arasında meydana gelmiştir. İkinci olay ise MS 600-700 yılları arasında meydana gelmiş olmalıdır.

Fethiye yöresinde açılan her iki hendekten (Fet-1 ve Fet-2) elde edilen yaş tayini verilerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda Fethiye yöresinde son meydana gelen 1957 depreminden önce, (i) MS 619-642 yılları arasında ve (ii) MÖ 200 ile 700 yılları arasında olmak üzere iki önemli depremin daha bölgeyi önemli derecede etkilemiş olduğu vurgulanabilir (Şekil 50).

Fethiye-2 hendeğinde kaba kırıntılı bloklu malzemenin aradolgu maddesinden alınan örnek üzerinde yapılan ^{14}C yaş tayini sonucunda, günümüzden yaklaşık 5800-6000 yıl öncesinde yörede önemli bir sismik aktivitenin meydana geldiği belirtilebilir.

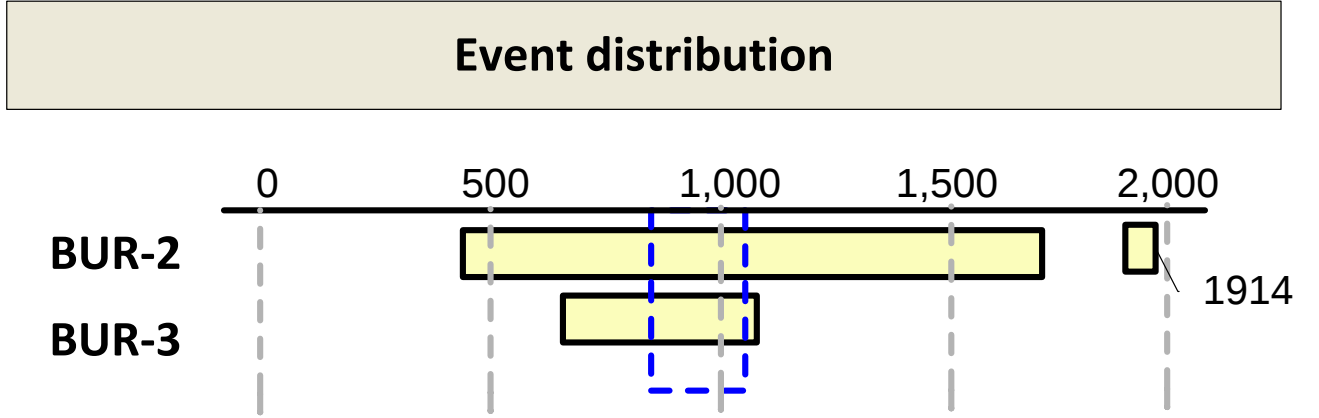
Diğer taraftan Akyaka Beldesinin doğusunda yer alan Karia Uygarlığından kalıtsal kaya mezarları paleosismolojik verilerin elde edilmesi amacıyla incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda Şekil 51’de görüldüğü gibi kaya mezarlarında antik dönemlerde meydana gelen depremlere bağlı olarak önemli derecede kırıkların gelişmiş olduğu gözlenir. Elde edilen arkeolojik bilgilere göre, bu mezarlar MÖ 100 ve MS 300 yılları arasında eski Roma döneminde inşa edilmişlerdir (Şekil 52). Bu mezarlarda gözlenen hasar verici kırıkların MS 300’lü yılları izleyen dönemlerde meydana gelmiş olabileceği söylenebilir.

Çizelge 5. Bur-2 hendeğinden alınan örneklerin ^{14}C yaş tayini analizi sonuçları ve ilgili tektonik olaylar.

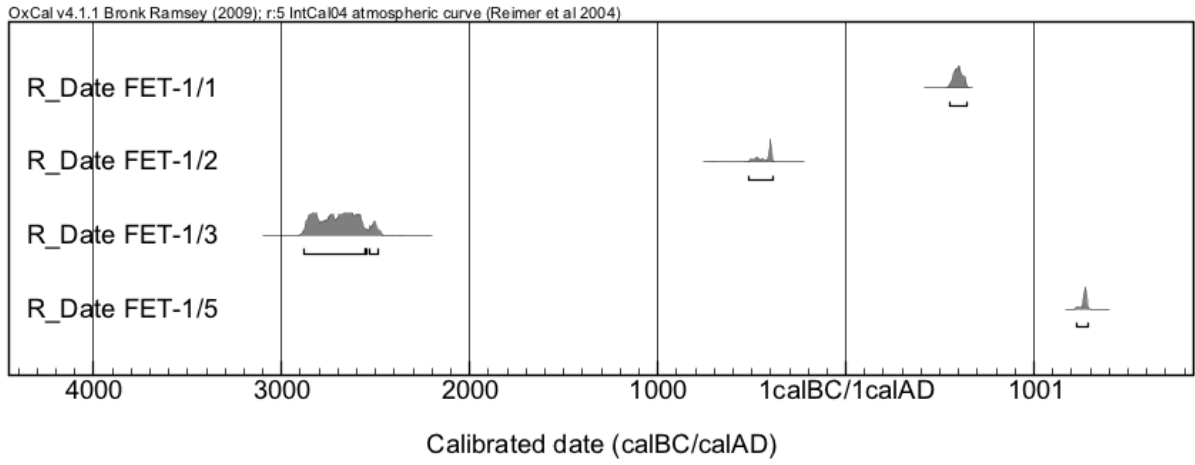
Event	Effects	Dating
Event 1	Fracturing the surface at the SW part of the trench.	1914, as is assessed by field evidence and eyewitness reports.
Event 2	• Surface ruptures filled with fine material between layers 2 and 3. • Possible liquefaction. • Synsedimentary faulting at the same fault zone.	After the deposition of layer 3 and before deposition layer 2.
Event 3	• Surface ruptures that end abruptly at the boundary between layers 6 and 7.	After the deposition of layer 7 and before deposition of layer 6.

Sample	Radiocarbon age
BUR-2/2	9,600 (Relative age)
BUR-2/3	$1,462 \pm 27$ BP
BUR-2/4	264 ± 24 BP

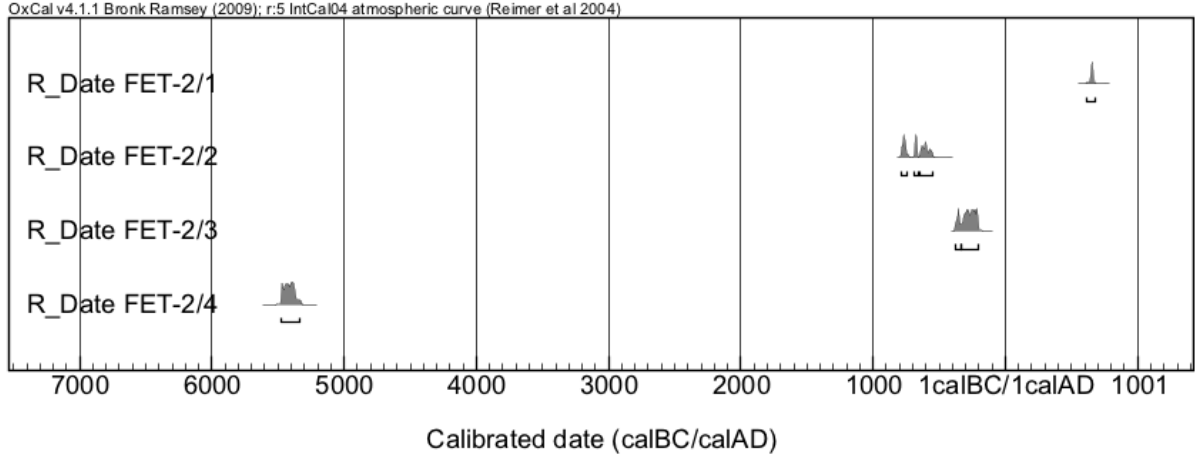
Event	Dating
Event 1	1914
Event 2	Between 240 and 1,487 BP (mean 863 BP, <i>i.e.</i> 1,087 AD)
Event 3	Before 9,600 BP, <i>i.e.</i> 7,750 BC



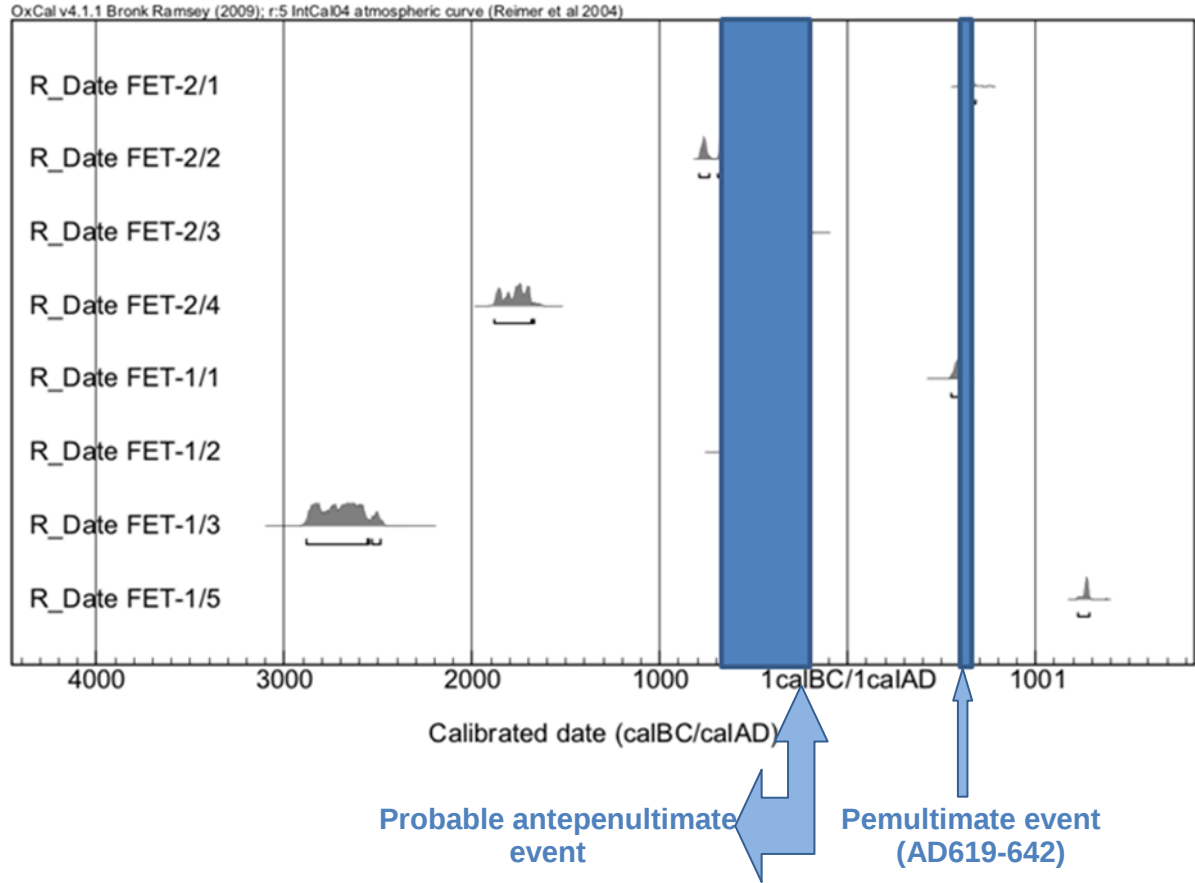
Şekil 47. Burdur yöresinde her iki hendekte (Bur-2 ve Bur-3) zaman dağılımı ve işaret ettiği tektonik olaylar.



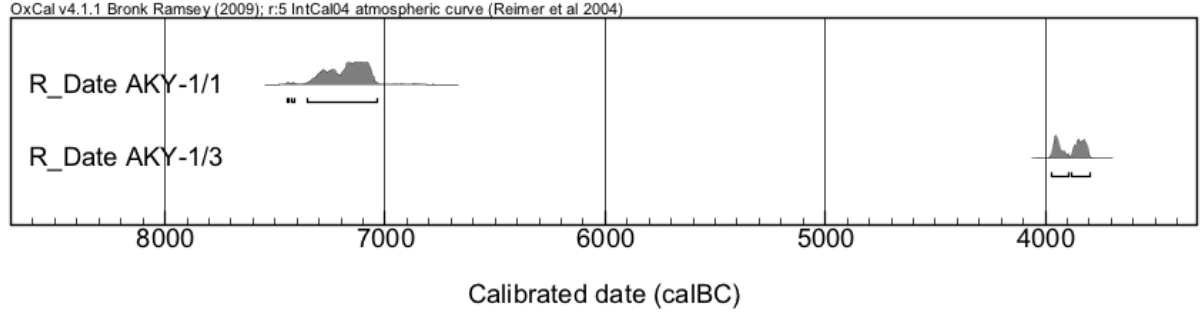
Şekil 48. Fethiye-1 hendeğinden alınan örneklerin verdiği yaş tayinlerinin modellenmesi ve yaş verilerinin dağılımı.



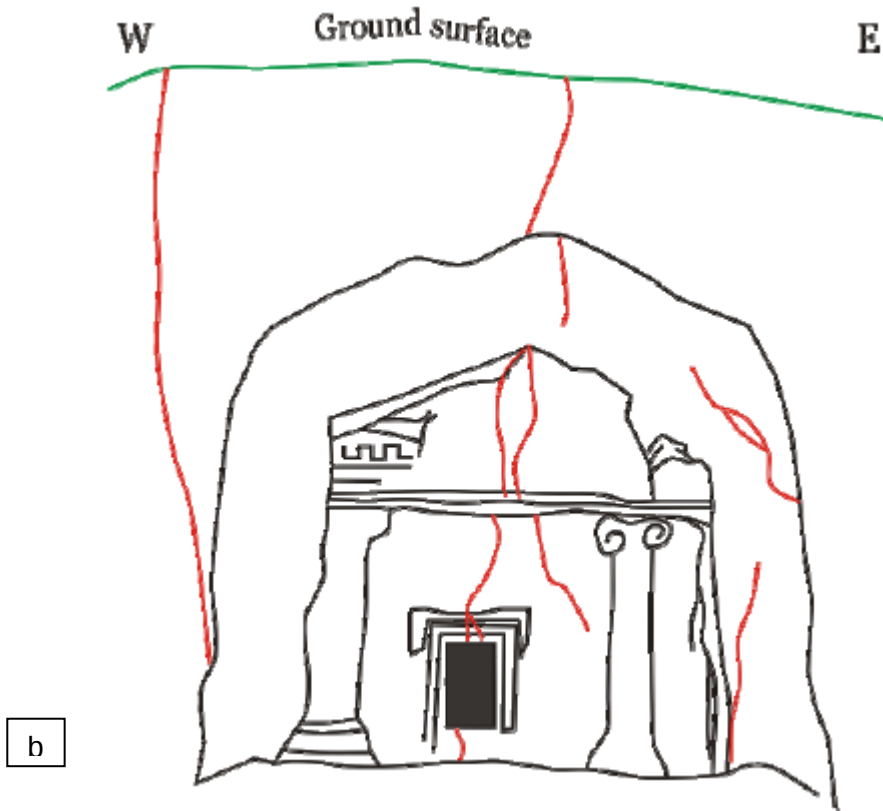
Şekil 49. Fethiye-2 (Fet-2) hendeğinden alınan örneklerin yaş tayinlerinin zamansal dağılımı.



Şekil 50. Fethiye-1 ve Fethiye-2 hendeklerinden alınan örneklerin birlikte değerlendirilerek yapılan kalibrasyonu.



Şekil 51. Akyaka (Gökova; Aky-1) hendeğinden alınan örneklerin yaş tayini sonuçları ve bunların zamansal dağılımları.



Şekil 52: Akyaka doğusunda Gökova fay zone üzerinde yer alan Karia uygarlığına ait kaya mezarı üzerinde meydana gelen hasar verici kırıkların konumu (a) ve bu kaya mezarının ve kırık sistemlerinin çizim üzerindeki görünümü (b).

7. TARTIŞMA

7.1 Bölgesel deprem riski

Doğu Akdeniz Bölgesi ile GB Anadolu'nun güncel aktif tektonik yapısını denetleyen en önemli bölgesel tektonik etkenler, (1) Afrika levhasının Hellenik ve Kıbrıs yayları boyunca Ege ve Anadolu levhalarının altına dalması, (2) Anadolu levhasının Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarının batıya doğru hareketi, (3) Hellenik ve Kıbrıs yaylarının Fethiye Körfezinin güneyinde Pliny ve Strabo hendeklerinin neden olduğu bir dirsek oluşturmaları ve (3) Fethiye-Burdur- fay zonunun kuzeyinde kalan Ege levhasının güneybatıya doğru hareketinden oluşmaktadır. Son dönemlerde elde edilen GPS verileri Fethiye-Burdur fay zonunun kuzeyinde Ege levhasının yılda 3 cm'lik bir hızla güneybatıya doğru hareket ettiğini göstermektedir. Bu yüksek hareket hızı Güneybatı Anadolu'nun sismik açıdan Doğu Akdeniz Bölgesinin en aktif yörelerinden biri olmasına neden olmuştur

Güneybatı Anadolu'ya ait tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtları incelendiğinde bu yörenin Doğu Akdeniz Bölgesinde sismik açıdan en aktif bölgelerden biri olduğu ortaya çıkmaktadır. Tarihsel ve aletsel dönemlerde oluşan depremlere ait episantr merkezlerinin büyük bir bölümü, Güneybatı Anadolu'da yer alan KD, KB ve D-B uzanımlı aktif fay sistemleri üzerinde yer almaktadır. Diğer bir anlatımla, günümüzde meydana gelen depremlerin odak merkezlerinin dağılımları ile geçmiş dönemlerdeki depremlere ait dağılımlar, büyük ölçüde örtüşmektedir.

Güneybatı Anadolu'nun en aktif fay sistemini oluşturan Fethiye-Burdur Fay zonu, bölgesel anlamda KD yönünde kesikli çizgisel uzanım gösteren ve yer yer KB gidişli faylarla kesilen ve bu nedenle farklı segmenlerden oluşan bir faydır. Tarihsel deprem kayıtları bu fay segmentleri üzerinde en fazla 7.1 büyüklüğünde (1914: Burdur 7.1; 1957: Fethiye 7.1) depremlerin oluştuğunu göstermektedir. Elde edilen paleosismolojik veriler, Fethiye segmenti üzerinde 1957 tarihinde meydana gelen depremden önce, MS 619-642 yılları arasında ve MÖ 200 ile 700 yılları arasında meydana gelen en az iki önemli sismik aktivitenin bölgeyi etkilemiş olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra tarihsel dönemlerde bölgede meydana gelen deprem verileri incelendiğinde Fethiye ve Rodos bölgesinde çok sayıda depremin oluştuğu gözlenir. Fethiye bölgesinde MS 528, 1852, 1855, ve 1863 yıllarında oluşan depremler, bu kayıtlar içinde dikkati çeken önemli sismik faaliyetleri oluşturmaktadır. Diğer taraftan Fethiye yöresinde 1969 ve 1971 yıllarında meydana gelen 6.2 büyüklüğündeki depremler bu yöredeki diğer önemli sismik faaliyetleri meydana getirmektedir.

Diğer taraftan Burdur yöresine ait paleosismolojik veriler, Burdur-Tefenni segmenti üzerinde meydana gelen 1971 ve 1914 depremlerinden önce, biri günümüzden 863 yıl önce, diğerleri ise 1107 ve 9600 yıl önce olmak üzere en az üç önemli sismik faaliyetin yöreyi etkilemiş olduğunu yansıtmaktadır. Burdur yöresine ait tarihsel deprem kayıtlarına göre, bu bölgede 1842 ve 1876 yıllarında oluşan iki önemli depremin varlığı dikkati çekmektedir.

Gökova fayı ile ilgili olarak yapılan paleosismolojik araştırmalarda bu fay üzerinde günümüzden 5800-6000 yıl öncesine ait önemli bir sismik faaliyetin varlığı saptanmıştır. Buna karşın Görür ve diğ. (1995) tarafından Gökova fayının Ören mevkiinde yapılan hendek çalışmasında kolüvyal oluşuklar içerisinde 10.310 ± 60 BP ve 14.670 ± 70 BP şeklinde yaş verileri saptanmıştır. Ancak araştırmacılar bu yaş verileri ile ilgili ayrıntılı değerlendirmeler yapmamışlardır. Diğer taraftan Akyaka yöresindeki kaya mezarlarında saptanan hasar verici kırıkların MS 100' lü yıllardan sonra meydana geldiği öngörülmüştür. Tarihsel deprem kayıtlarına göre, Gökova Fayının batısında (İstanköy, Kos) MÖ 411 ve MS 155 yıllarında iki önemli depremin meydana gelmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Son dönemlerde 30.05.2008 tarihinde 4.4 büyüklüğünde olan Çameli (Denizli) depremi ile 15.07.2008 tarihinde 6.4 büyüklüğünde Rodos adasında meydana gelen depremler elde edilen fay çözümlerine göre bu lokasyonlarda KB gidişli fay sistemleri üzerinde oluşmuştur. KB gidişli faylar üzerinde oluşan bu son depremler Fethiye-Burdur fayının özellikle Fethiye segmenti üzerindeki deprem riskinin artmasına neden olmuş olmalıdır. Diğer taraftan son dönemlerde Dinar ve Acıpayam yörelerinde yine KB uzanımlı fay sistemleri üzerinde meydana gelen depremler benzer şekilde Burdur-Tefenni segmenti üzerindeki deprem riskini arttırmış olması bakımından önemlidir.

Tüm bu veriler Burdur-Fethiye fay zonu ile birlikte Gökova fayı ve buna eşlik eden fay sistemlerinin antik dönemlerde olduğu gibi günümüzde de son derece aktif oldukları ve bölgede önemli derecede deprem riski oluşturdukları ortaya çıkmaktadır. Bu faylar üzerinde meydana gelen depremlerin sürekli biçimde izlenerek gerekli önlemlerin alınması deprem tehlikesinin azaltılması bakımından son derece önemlidir.

Diğer taraftan, Burdur merkez ilçe yerleşim alanının büyük bölümü, çok zayıf pekleşmiş ve iyi boylanmış, yersel çapraz katmanlı ince plaj kumlarından oluşan bir zemin üzerinde kurulmuştur (Şekil 53). Yapılan ölçümler, Burdur yerleşim alanında bulunan yer altı su seviyesinin 8-15 m arasında değiştiğini göstermektedir (Ertunç ve diğ., 2002). Yer altı su derinliğinin oldukça sığ olması, yörede zemini oluşturan pekleşmemiş plaj kumlarının bir

deprem esnasında ki sivilaşma riskini arttıran en önemli nedenlerden biridir. Nitekim, Burdur çevresinde açılan hendeklerde ve bazı doğal yarmalarda, önceki depremlerden kalıtsal sivilaşma sonucu gelişmiş kum ve çamur daykları yersel olarak gözlenir. Bu veriler, Burdur yakın çevresindeki zemin yapısının deprem sırasında sivilaşmaya son derece uygun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Burdur yerleşim alanında pekleşmemiş ince kumdan oluşan zemin yapısına sahip kesimlerde çok katlı yapılaşmalardan kaçınılması ve zemin özelliklerini dikkate alan projelerin uygulanması yararlı olacaktır.

Fethiye yerleşim alanı büyük bölümü ile alüvyonlardan oluşan bir zemin üzerinde kurulmuştur. Alüvyonlar içindeki yer altı su seviyesi çoğu yerde 2-5 metre arasındadır. Diğer taraftan, Fethiye yerleşim alanında Çalış plajının güneyinde kalan oldukça geniş bir alan, geçmiş yıllarda denizin doldurulması ile kazanılmıştır. Bu alanda yoğun sayılabilecek çok katlı bir yapılaşmanın varlığı dikkati çekmektedir. Dolgu zeminden oluşan bu alanın sınırlarının yeniden belirlenmesi ve bundan sonraki dönemlerde yapılaşma izninin verilmemesi, deprem riski açısından alınması gerekli önlemlerin başında gelmektedir. Diğer taraftan, Fethiye yerleşim alanında yer altı su seviyesinin yüzeye oldukça yakın olması, sivilaşma ve deprem büyütme etkisini arttırmaktadır. Bu nedenle, Fethiye yerleşim alanında alüvyon zeminler üzerinde uygulanacak yapılarda, zemin özelliklerini dikkate alan ve çok katlı olmayan projelere öncelik verilmesi yararlı olacaktır.

7.2 Paleosismolojik değerlendirme

Elde edilen paleosismolojik veriler, Fethiye segmenti üzerinde 1957 tarihinde meydana gelen depremden önce, MS 619-642 yılları arasında ve MÖ 200 ile 700 yılları arasında meydana gelen en az iki önemli sismik aktivitenin bölgeyi etkilemiş olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra tarihsel dönemlerde bölgede meydana gelen deprem verileri incelendiğinde Fethiye ve Rodos bölgesinde çok sayıda depremin olduğu gözlenir. Fethiye bölgesinde MS 528, 1852, 1855, ve 1863 yıllarında oluşan depremler, bu kayıtlar içinde dikkati çeken önemli sismik faaliyetleri oluşturmaktadır. Diğer taraftan Fethiye yöresinde 1969 ve 1971 yıllarında meydana gelen 6.2 büyüklüğündeki depremler bu yöredeki diğer önemli sismik faaliyetleri meydana getirmektedir.



Şekil 53. Burdur’da düzgün bir alanda kurulmamış bir yapılaşmaya örnek. Burdur’da yapıların büyük bir çoğunluğu doğrudan doğruya pekleşmemiş Kuvaterner yaşlı eski gölsel plaj tortulları üzerine kurulmuştur ve zemin sıvılaşmasına maruz kalma tehlikesi ile karşı karşıyadır (GB’dan KD’ya bakış).

Diğer taraftan Burdur yöresine ait paleosismolojik veriler, Burdur-Tefenni segmenti üzerinde meydana gelen 1971 ve 1914 depremlerinden önce, biri günümüzden 863 yıl önce, diğerleri ise 1107 ve 9600 yıl önce olmak üzere en az üç önemli sismik faaliyetin yöreyi etkilemiş olduğunu yansıtmaktadır. Burdur yöresine ait tarihsel deprem kayıtlarına göre, bu bölgede 1842 ve 1876 yıllarında oluşan iki önemli depremin varlığı dikkati çekmektedir.

Gökova fayı ile ilgili olarak yapılan paleosismolojik araştırmalarda bu fay üzerinde günümüzden 5800-6000 yıl öncesine ait önemli bir sismik faaliyetin varlığı saptanmıştır. Buna karşın Görür ve diğ. (1995) tarafından Gökova fayının Ören mevkiinde yapılan hendek çalışmasında kolüvyal oluşuklar içerisinde 10.310 ± 60 BP ve 14.670 ± 70 BP şeklinde yaş verileri saptanmıştır. Ancak araştırmacılar bu yaş verileri ile ilgili ayrıntılı değerlendirmeler yapmamışlardır. Diğer taraftan Akyaka yöresindeki kaya mezarlarında saptanan hasar verici kırıkların MS 100’ lü yıllardan sonra meydana geldiği öngörülmüştür. Tarihsel deprem kayıtlarına göre, Gökova Fayının batısında (İstanköy, Kos) MÖ 411 ve MS 155 yıllarında iki önemli depremin meydana gelmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Tarihsel ve aletsel dönem deprem verileri, geçmiş dönemlerde oluşan büyük depremlerin bundan sonraki dönemlerde de bölgeyi tehdit etmeye devam edeceğini göstermesi bakımından önemlidir.

Tüm bu veriler Burdur-Fethiye fay zonu ile birlikte Gökova fayı ve buna eşlik eden fay sistemlerinin antik dönemlerde olduğu gibi günümüzde de son derece aktif oldukları ve bölgede önemli derecede deprem riski oluşturdukları ortaya çıkmaktadır. Bu faylar üzerinde meydana gelen depremlerin sürekli biçimde izlenerek gerekli önlemlerin alınması deprem tehlikesinin azaltılması bakımından son derece önemlidir.

8. FAYDALANILAN KAYNAKLAR

- ATALAY, Z., Muğla-Yatağan ve yakın dolay karasal neojenin stratigrafi araştırması. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 23, 93-9, (1980).
- AMBROSEYS, N.N., The Seismic History of Cyprus, *Revue de l' Union Interde Secours*, No:3, 35-48, Geneva, (1965).
- AMBROSEYS, N.N., Studies in historical seismicity and tectonics; *Geodynamics today*, Royal Soc. Pub., London, (1975).
- AMBROSEYS, N.N. and Finkel, C., Seismicity of Turkey and neighbouring regions, 1899-1915, *Annales Geophysicae*, 5b, (1987b).
- ANASTASAKIS, G. and Kelling, G., Tectonic connection of the Hellenic and Cyprus arcs and related geotectonic elements. *Mar. Geol.* 97, p. 261-277, (1991).
- BARKA, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F., and Şengör, A.M.C., The Isparta Angle : Its evolution and importance in the tectonics of the eastern Mediterranean region : in: PİSKİN, Ö., ERGÜN, M., SAVAŞÇIN, M. Y. and TARCAN, G. (eds): *Proc. Internat. Earth Sci. Colloq. On the Aegean Region*, Vol. I, p. 3-19, (1995).
- BARKA, A., Reilinger, R. and Emre, Ö., Active tectonic features of Western Anatolia: Some results of GPS measurements. *Internat. Earth Sci. Colloq. on the Aegean Region (Abstracts)*, p. 9, (2000).
- BOZCU, M., F Yağmurlu, M. Şentürk, Fethiye-Burdur fay zonun bazı neotektonik ve paleosismolojik özellikleri, *GB Türkiye, Geological Engineering Research Article*, 31, (2007).
- CANBAY, E., Fethiye-Burdur fay zonunun güney uzantısının kinematik özellikleri, *İstanbul Üniv. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, (2009).
- ÇAĞLAR, İ., Duvarcı, E., Geoelectric structure of inland area of the Gökova rift, southwest Anatolia and its tectonic implications, *Journal of Geodynamics* 31, pp. 33-48, (2001).
- DİLEK, Y., and Moores, E. M., Regional tectonics of the eastern editerranean Ophiolites: in: MALPES, J. and Moores, E.M. (eds): *Ophiolites, oceanic crustal analogs: Proc. Sym Troodos*, 1987), *Geol. Survey, Dept., Nicosia, Cyprus*, p. 295-309, (1990).
- ERGİN, K., Güçlü, U., ve Uz, Z., Türkiye ve civarının deprem kataloğu (MS 11 yılından 1964 sonuna kadar), *İTÜ Maden Fak. Arz Fiziği Ens.*, No:24, İstanbul, (1967).
- ERTUNÇ, A., Karagüzel, R., Yağmurlu, F., Türker, E. ve Keskin, N., Burdur Belediyesi kent merkezi ve yakın çevresinin depremselliği ve yerleşime uygunluk açısından incelenmesi, *Sonuç Raporu, SDÜ AR-GE*, (2001), (yayınlanmamış).
- EYİDOĞAN, H., Utku, Z., Güçlü, U., Değirmenci, E., Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900-1988), *İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü*, pp. 198, (1991).
- GLOVER, C., A. Robertson, Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey, *Tectonophysics*, 298, 103-132, (1998).
- GÖRÜR, N., Şengör, A. M. C., Sakıncı, M., Tüysüz, O., Akkök, R., Yiğitbaş, E., Oktay, F. Y., Barka, A., Sarıca, N., Ecevitoglu, B., Demirbağ, E., Ersoy, Ş., Algan, O., Güneysu, C. ve Aykol, A., Rift formation in the Gökova region, southwest Anatolia: implications for the opening of the Aegean Sea: *Geol. Mag.* 132, p. 637-650, (1995).
- KARAMAN, M.E., 1986. Burdur İli çevresindeki yerleşim alanlarının depremselliği, *Müh. Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bült.*, No.8., 23-30, (1986).
- KISSEL, C.; Averbuch, O.; Lamotte, D.; Monod, O.; and Allerton, S., First paleomagnetic evidence for a post-Eocene clockwise rotation of the western thrust belt east of the Isparta reentrant (SW Turkey): *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 117, p. 1-14, (1993).
- KOÇYİĞİT, A., Güneybatı Türkiye'nin depremselliği: Batı Anadolu'nun depremselliği sempozyumu (BAD SEM-2000), *Bildiriler*, s:30-38, (2000).
- KUGE, K., Source modeling using strong-motion waveforms: Toward automated determination of earthquake fault planes and moment-release distributions, *Bull. Seismo. Soc. Amer.*, 93, 639-654, (2003).

- KURT, H., Demirbağ, E. and Kuşçu, İ., Investigation of the submarine active tectonism in the Gulf of Gökova, southwest Anatolia-southeast Aegean Sea, by multi-channel seismic reflection data, *Tectonophysics*, 305, 477-496, (1999).
- McCLUSKY, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., Veis, G., Global positioning system constrains on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus: *J. Geophys. Res.* 105, p. 5695-5719, (2000).
- McKENZIE, D.P., Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: The Aegean sea and its surrounding regions, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 55, 217-254, (1978).
- ÖCAL, N., 25 Nisan 1957 Fethiye zelzelesi; *İstanbul Kandilli Rasathanesi Sismoloji*, No:3, İstanbul, (1958).
- ÖCAL, N., Türkiye'nin sismisitesi ve zelzele coğrafyası, (1850-1960 yılları için Türkiye zelzele kataloğu), *İstanbul Kandilli Rasathanesi*, No:8, İstanbul, (1968).
- PAPAZACHOS, B. C. and Papazachou, C. C., *The Earthquakes of Greece*, Ziti Publications, Thessaloniki, p304, (1997).
- PINAR, N. and Lahn, E., Türkiye Depremlerinin İzahlı Kataloğu, T.C Bayındırlık Bakanlığı, Seri.6 Sayı 36, Ankara, p.153, (1952).
- REIMER, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Back, J. W., Bartrand, J. C. H., Blackwell, P. G., Buck, C. E., Burr, G. S., Cutler, K. B., Damon, P. E., Edwards, R. L., Fairbanks, R. G., Friedrich, M., Guilderson, T. P., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C. B., Reimer, R. W., Remmele, S., Southon, J. R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F. W., van der Plicht, J. ve Weyhenmeyer, C. E., *IntCal04 Terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cak kyr BP. Radiocarbon* 46, 1029-1058, (2004).
- ROTSTEIN, Y., Counterclockwise rotation of the Anatolian Block. *Tectonophysics*. 108, p. 141-177, (1984).
- SHEBALIN, N.V., Karnik, V. ve Hadzievski, D., *Catalogue of Earthquakes, Part I and part II, UNDP/UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan region*, Skopje, Yugoslavia, (1974).
- SOYSAL, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y., *Historical Earthquake Catalogue of Turkey and Surrounding Area (2100 B.C.- 1900 A.D) Technical Report*, TÜBİTAK, No.TBAG-341, p. 87, (1981).
- STUIVER, M. ve Polach, H.A., Discussion: reporting of ¹⁴C data *Radiocarbon* 19, 353-363 (1977).
- ŞENEL, M. 1:250 000 ölçekli Türkiye jeoloji Haritaları, Isparta ve Antalya paftaları, N°3, 4, MTA, Ankara, (1997).
- ŞENEL, M., Gedik, I., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A.Z., Uğuz, M.F., Bölükbaşı, A.S., Korucu, M. ve Özgül, N., Isparta Bölümü doğusunda, otokton ve allokon birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar): *MTA. Derg.*, 118, s:111-160, (1996).
- TAYMAZ, T., and Price, S.P., 1992. The 12.05.1971 Burdur earthquake sequence: A synthesis seismological and geological observations. *Geophys. J. Int.* 108, p. 589-603, (1992).
- ULUĞ, A., Kaşer, N. Ve Duman, M., Gökova Körfezi ve çevresi anatomisi ve depremleri üzerine, 5. Ulusal Kıyı Müh. Sempozyumu, Bildiriler Kitabı 1.cilt, 23-32, Bodrum, (2005).
- YAĞMURLU, F., Burdur fayının sismotektonik özellikleri. Batı Anadolu'nun deprenselliği sempozyumu, Bildiriler, p. 143-152, (2000).
- YAĞMURLU, F. ve Şentürk, M., 2005. Güneybatı Anadolu'nun Güncel Tektonik Yapısı. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 02-03 Haziran 2005, s.55-61, İstanbul, (2005).

YAĞMURLU, F., Bozcu, M. ve Şentürk, M., Burdur-Fethiye arasındaki bölgede Burdur fayının sismotektonik özellikleri. TÜBİTAK Araştırma Projesi Raporu, Süleyman Demirel Üniversitesi, 88 p.,(2005).