1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı
11-14 Ekim 2011 – ODTÜ – ANKARA

Marmara Bölgesi'nin Depremselliği ve Deprem Ağının Önemi

Doğan KALAFAT

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve DAE, Ulusal Deprem İzleme Merkezi 34684
Çengelköy/İSTANBUL
e-mail : kalafato@boun.edu.tr

Özet

Kuzey Anadolu Fayı (KAF) özellikleri çok net izlenebilen bir faydır. Üzerindeki önemli depremlerin oluş düzeni ve batıya göçü 1939 Erzincan Depremi'nden sonra yarı-sistematik olarak gözlenmiş ve batıya doğru kırılması 1967 Adapazarı-Mudurnu Suyu Vadisi depremi, son olarak da 1999 Gölcük-D. Marmara ve Düzce depremleri ile devam etmiştir. Bolu'ya kadar net olarak izlenen Kuzey Anadolu Fayı'nın ana kuzey kolu İzmit Körfezi'ne kadar uzanıp Marmara Denizi'nden geçerek Ganos Fayı'na bağlanmakta ve Saroz Körfezi'ne kadar uzanarak Kuzey Ege Denizi'ne ulaşmaktadır. Güney kolu ise İznik Gölü'nün güneyinden geçerek Gemlik Körfezi'ne ulaşmaktadır. Marmara Denizi içerisinde Kuzey Anadolu Fayı'nın davranışı ve fay geometrisi, deprem oluş özellikleri, KAF'nın karadaki gözlenen net özelliklerinden farklılık göstermektedir. 1900 yılından itibaren Marmara Denizi içinde 2 önemli depremin dışında büyük depremin olmaması, Marmara Denizi ile ilgili modelleri açıklamaya ve desteklemeye net imkan vermemiştir. Ancak 1935 Marmara Adası (Ms=6.4) ve 1963 Çınarcık (Ms=6.3) depremleri, Marmara Denizi'nde M>6.0 büyüklüğünde depremlerin olabileceğini de açıkça ortaya koymaktadır.

Marmara Denizi'nin kuzeyinden, Şarköy - Mürefte - Güzelköy – Tekirdağ - M.Ereğlisi - Silivri açıklarından geçen hat boyunca (Batı Marmara Fayı) ve güneyde İznik Gölü'nün güneyinden Gemlik Körfezi'ne inen Gemlik Körfezi - Bandırma Körfezi- Erdek Körfezi boyunca yoğun deprem etkinliği ve deprem kümelenmesinin mevcut olduğu (Kalafat ve Pınar, 19997; Kalafat ve diğ., 1997; Kalafat, 2000, 2003, 2010; Kalafat ve diğ., 2007) ve bu fayların önemli miktarda deprem ürettiği görülmektedir. Genel olarak KAF'nın ana parçaları üzerinde gerilme eksenlerinin doğrultusu KB-GD yönlü sıkışmayı, KD-GB yönlü açılmayı işaret etmekle birlikte, Marmara Denizi'nin güneyinde gerilme eksenlerinin konumları K-G yönlü açılma, D-B yönlü sıkışmaya işaret etmektedir. Kuzey kol genel anlamda KAF'nın karakteristiğini taşıyarak Saros Körfezi'ne devam etmektedir. Güney ise daha çok Batı Anadolu'nun açılma rejiminin etkisi altındadır. Son yıllarda deniz içinde ve körfezlerde meydana gelen depremlerin faylanma mekanizmaları çözümleri, bölgede K-G yönlü açılma rejiminin de etkili olduğunu desteklemektedir.

Son 15 yıl içerisinde Aletsel Sismoloji'nin hızlı gelişimi, deprem üreten kaynakların fiziksel özelliklerini sağlıklı olarak ortaya koyabilmeyi olanaklı kılmıştır. Bu gelişmeler ışığında KRDAE, Marmara Denizi'nin tamamının sismik etkinliğini çok hassas olarak gözlemektedir. Marmara Bölgesinin aletsel bakımdan gelişmesi ile birlikte sismik gözlem kapasitesi, 1975-1999 yılları ile 2000-2009 yılları arası mukayese edildiğinde değişim % 97.96 olarak gözlenmiştir. Özellikle 2000 yılı sonrasında KRDAE-UDİM tarafından kurulan geniş-bantlı deprem istasyonlarının katkısı ile Marmara Denizi'nin sismik özellikleri daha sağlıklı olarak ortaya çıkarılmaya başlanmıştır. Gerek karadaki, gerekse deniz tabanında kurulu bulunan deprem izleme sistemlerinin katkısı ile Marmara Denizi dünyanın en iyi gözlenen iç denizi haline gelmiştir. Gelişmiş ekipman ve iletişim teknikleri kullanılarak eş-zamanlı gözlem ve çözüm kapasitesi arttırılmış, bu ise deniz içerisinde olan depremlerin faylanma mekanizması çözümleri ile bölgenin tektonik rejimini daha sağlıklı olarak ortaya koyulmasına olanak sağlamıştır.

Anahtar kelimeler : Kuzey Anadolu Fay Zonu, gerilme eksenleri, sismik gözlem kapasitesi, eş-zamanlı gözlem

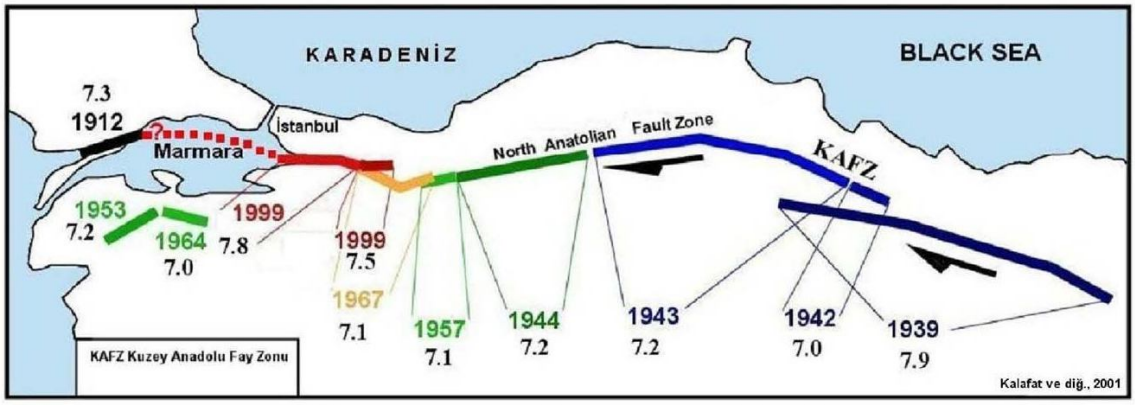
1. Giriş

Bilindiği gibi Kuzey Anadolu Fayı (KAF) sismolojik-sismotektonik özellikleri iyi bilinen dünyanın en önemli doğrultu atımlı faylarından birisidir ve Türkiye'nin en önemli tektonik unsurlarından birisini oluşturmaktadır. İçerisinde birçok fay parçasını (segment) barındırdığı için de bir zon özelliği taşımaktadır ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) olarak adlandırılmaktadır. KAFZ, 1939 Erzincan Depremi sonrasında bilimsel açıdan ilk tanımlanması yapılmıştır ve sağ yönlü doğrultu atımlı fay olarak nitelendirilmiştir (Ketin, 1948; 1966; 1968). 1939 Erzincan Depremi sonrasında KAFZ'nun ana kırık parçaları üzerinde yaklaşık onar yıllık peryotlarda ve batıya doğru yarı-sistematik bir şekilde göç eden bir dizi büyük deprem meydana gelmiştir (Kalafat 2000, 2003; Kalafat ve diğ, 2001). Bu depremler sırası ile aşağıdaki tabloda verilmiştir;

Tablo 1. 1939 Erzincan Depremi sonrasında KAFZ'da meydana gelen büyük depremler (1939-2010)

No	Tarih - Date			Zaman - Time			Koordinat - Coordinate			Derinlik - Depth		Magnitüd - Magnitude		Yer-Location
	Gün	Ay	Yıl	Saat	Dak.	San.	Enlem-K	Boylam-D	Ref	Km.	Ref	Ms	Ref	
1	26	12	1939	23	57	20.9	39.80	39.51	1	20	1	7.9	E	Erzincan
2	20	12	1942	14	3	7.8	40.87	36.47	1	10	1	7.0	E	Erbaa-Niksar-Tokat
3	26	11	1943	22	20	40.8	41.05	33.72	1	10	1	7.2	E	Ladik-Tosya-Samsun
4	1	2	1944	3	22	39.9	41.41	32.69	1	10	1	7.2	E	Gerede-Çerkeş-Bolu
5	26	5	1957	6	33	35.1	40.67	31.00	1	10	1	7.1	1	Abant-Bolu
6	22	7	1967	16	56	58.0	40.67	30.69	4	33	4	6.8	E	Adapazarı-Mudurnu uyu Vadisi
7	17	8	1999	0	1	38.6	40.76	29.95	4	17	4	7.7	4	İzmit-Gölcük-Yalova-Adapazarı-D.Marmara
8	12	11	1999	16	57	19.8	40.81	31.19	4	10	4	7.4	4	Düzce-Kaynaşlı

Kaynak : Kalafat ve diğ, 2011



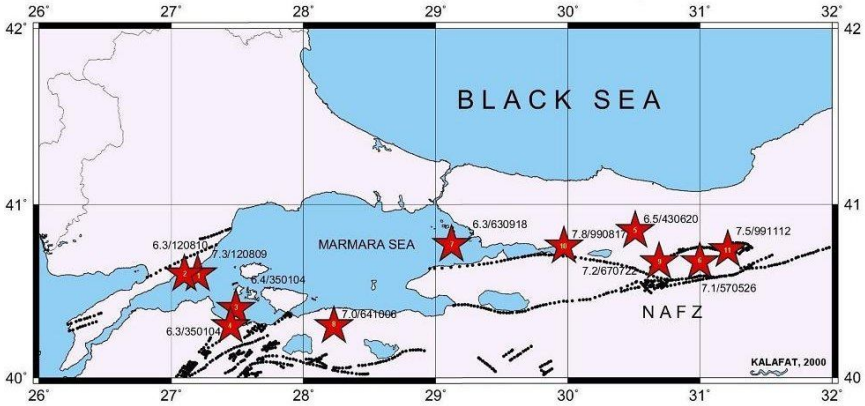
The wesward migration earthquakes since 1939 along the North Anatolian Fault

Şekil 1. 1939 Depreminden sonra büyük depremlerin batıya göçü (Kalafat ve diğ, 2001).

Şekil 1' de de görüldüğü gibi KAFZ'nun ana parçaları üzerindeki büyük depremler batıya doğru kırılarak devam etmiş ve son olarak 1999 depremleri KAFZ'nun batıya doğru uzantısında meydana gelmiştir. Bolu'ya kadar net olarak izlenen Kuzey Anadolu Fayı'nın ana kuzey kolu İzmit Körfezi'ne kadar uzanıp Marmara çukurlarından geçerek Ganos Fayı'na bağlanmakta ve Saroz Körfezi'ne kadar uzanarak, Ege Denizi'ne ulaşmaktadır. Güney kolu ise İznik Gölü'nün güneyinden geçerek Gemlik Körfezine oradan da güney Marmara'ya ulaşmaktadır. 1900 yılından itibaren Marmara Denizi içinde 2 önemli depremin dışında büyük depremin olmaması, Marmara Denizi ile ilgili modelleri açıklamaya ve desteklemeye net imkan vermemiştir.

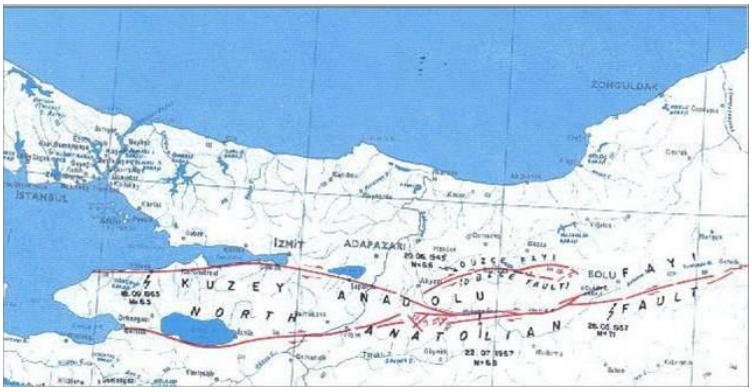
2. Amaç

1935 Marmara Adası (Ms=6.4) ve 1963 Çınarcık (Ms=6.3) depremleri dışında önemli bir büyüklükte deprem olmaması ve son olan 1999 depremleri sonucu bölgede meydana gelebilecek büyük depremin Marmara Denizi içerisinde olma olasılığının bilimsel olarak tartışılmasına yol açmıştır (Şekil 2). Ancak bilim insanları arasında 1999 depremleri sonrasındaki yapılan çalışmalar, söylemler ve farklılıklar birçok belirsizliği de ortaya çıkarmıştır. Bunlardan en önemlileri, zaman içerisinde kendi içerisinde tutarlı olmayan, sürekli değişen modeller ve bunlara bağlı yorumlar olmuştur. Örneğin meydana gelecek depremin büyüklüğü, yeri, etkisi, kaynak özellikleri vb. yorum ve açıklamalar toplumun yerbilimlerine olan güvenilirliğini ve saygınlığı azaltmıştır. Bu yüzden meydana gelen depremlere bunlar ile ilgili yorumlara çok dikkat edilmeli, daha önce bölgede meydana gelen depremler ve modeller veriye dayalı ve objektif bir açıdan değerlendirilmelidir.

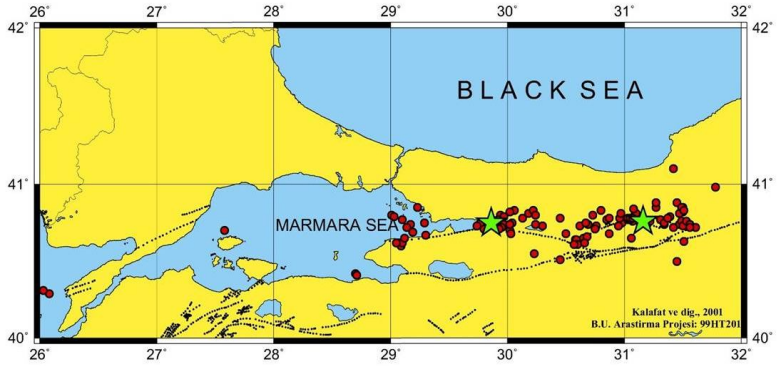


Şekil 2. Marmara Bölgesinde son yüzyılda meydana gelmiş büyük depremler (1900-2000; M>6.0; Kalafat 2000)

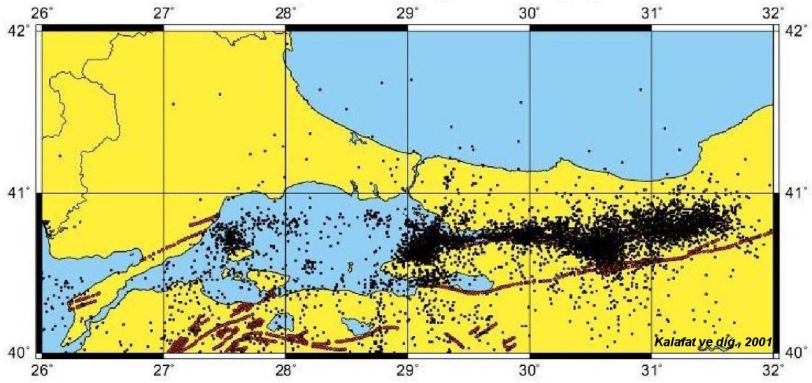
Bu çalışmada amaç bölgenin sismotektonik özelliklerini genel olarak ortaya koyarak deprem riskinin belirlenmesinde deprem ağının ve veri analizinin önemi hakkında kısaca bilgi paylaşmaktır. Bilindiği gibi KAFZ'nun batıya uzantısı 2 ana kola ayrılmaktadır (Şekil 3).


ZONGULDAK
İSTANBUL
İZMİT
ADAPAZARI
KUZEY FAYI
EDINCIK FAULTI
GEMLIK FAULTI
EDINCIK FAULTI
EDINCIK FAULTI
EDINC

doğru devam ettiğini ve bu fay parçasının da 1999 depremi ile kırıldığı yönünde idi (Gülen ve diğ, 2002; Kalafat 2007, Kalafat ve diğ., 2007) . Bunu destekleyen en önemli verilere örnek olarak o bölgede kısa bir zaman içinde meydana gelen büyüklüğü M>4.0 depremler, artçı deprem dağılımları, ivme kayıtları, arazi gözlemleri ve Yalova-İstanbul arasındaki TT deniztabanı fiber kablolarının parçalanması verilebilir.



Şekil 4. 17 Ağustos1999-31 Aralık 2000 tarihleri arası Marmara Bölgesi Deprem Etkinliği (M>4.0; Kalafat ve diğ., 2001).



Şekil 5. 1999 Depremleri artçışoklarının dağılımı (Kalafat ve diğ., 2001)

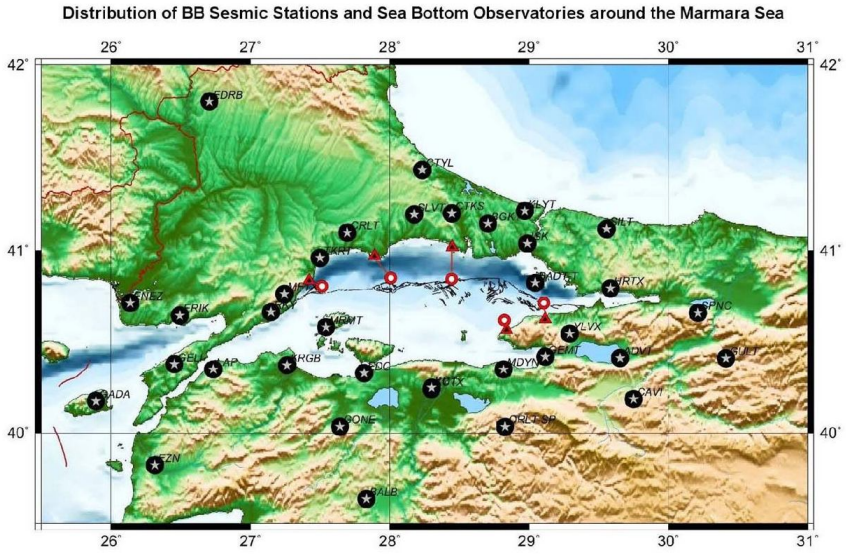
3. Uygulama/Yöntem

Marmara Bölgesinin genel olarak sismotektonik özellikleri ortaya koymada en önemli araçlar;

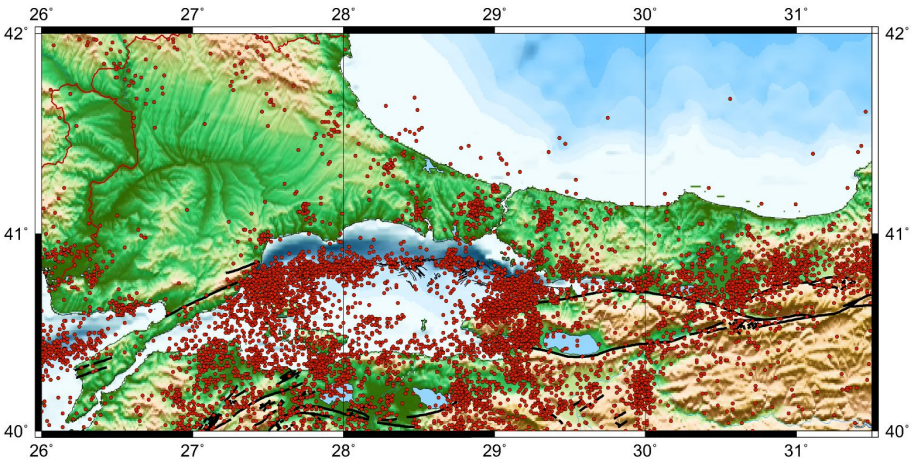
3.1. Bölgedeki depremselliğin eş-zamanlı ve sağlıklı bir şekilde takibi

Bilindiği gibi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) 1986 yılından beri Marmara Denizi çevresinde kurmuş olduğu MARNET (Marmara Network) Yerel Deprem Ağı ile mikro-depremleri izlemeye başlamıştır. Ancak bu özellikle deniz içinden geçen fayların ve bu faylarda meydana gelen mikro düzeydeki kırılmaların takip edilmesine tam olarak olanak vermemekteydi. Örneğin bölgedeki sismik gözlem kapasitesi, 1975-1999 yılları ile 2000-2009 yılları arası mukayese edildiğinde değişim % 97.96 olarak gözlenmiştir. Buna rağmen bölgedeki deprem etkinliğine neden olan ana tektonik hatlar ve doğrultuları sismolojik açıdan takip edilebilmekteydi. 1999 Depremleri sonrası özellikle Marmara Denizi içinden geçen fayların karakteristikleri ve özelliklerinin daha iyi ortaya koyulabilmesi deniz tabanına da deprem izleme sistemlerinin konuşlandırılmasını gerekli kılmıştı. Bu bağlamda özellikle 2004 yılı sonrasında gerek karada,

gerekse denizde deprem izleme ağının kapasitesi son derece geliştirilmiştir (Kalafat ve diğ., 2008; Gürbüz ve diğ, 2011). Bugün Marmara Denizi dünyanın en iyi izlenen bir iç denizi haline gelmiştir. Bölgede son derece yüksek teknoloji ile çalışan 3 bileşen sayısal sinyal alabilme kapasitesine sahip yalnızca 40'a yakın geniş-bantlı (BB) ve 5 adet deniz tabanı gözlemevi sistemi aktif olarak gerçek zamanlı olarak çalışmaktadır (Şekil 6). Sismik ağın hassasiyeti artıp, algılama eşiği (Mc) düştükçe bölgeden alınan deprem sayısında önemi miktarda artış meydana gelmektedir. Yalnızca 2011 (Ocak-Temmuz) yılında meydana gelen deprem sayısı yaklaşık 870 adettir (Şekil 7).



Şekil 6. Marmara bölgesindeki deprem istasyonlarının dağılımı

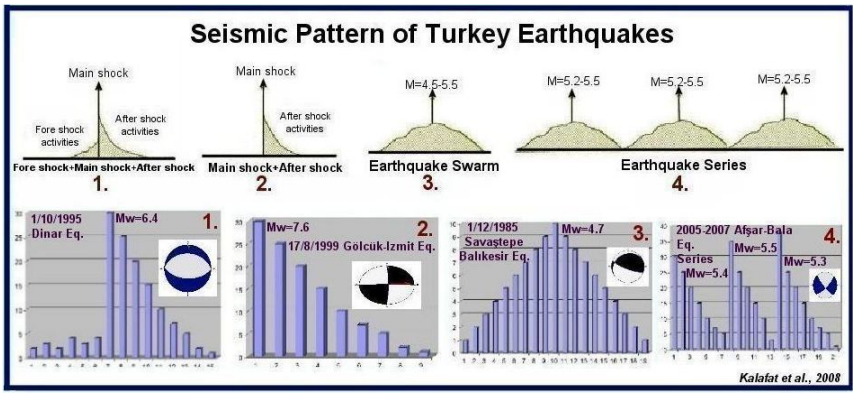


Şekil 7. 2000-2011 yılları arasında bölgede meydana gelen depremler (ham veri-patlatmalar ayıklanmamıştır).

Depremsellik haritasından da görüldüğü gibi özellikle Yalova-Çınarcık-Gemlik Körfezi ve Batı Marmara Mürefte-Şarköy-Güzelköy Açıkları-Marmara Adası arası yani KAFZ'nun ana kolları üzerinde yoğun aktivite görülmektedir.

3.2. Kuzey Anadolu Fayı Zonu'nun ana parçalarındaki deprem oluş düzeni

Ülkemizin depremselliğinin ortaya çıkarılmasında, her yörenin karakteristik tektonik özelliklerinin bir yerde özelliğini yansıtan deprem oluş düzenlerinin bilinmesi, meydana gelen depremler hakkında ve gelecekte oluşabilecek süreçlerin takibinde çok önemli katkıları bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak Kuzey Anadolu Fay Zonu içerisindeki ana fay parçalarında meydana gelen depremlerin oluş düzenini verebiliriz. Örneğin KAFZ'daki deprem oluş düzeni "*Ana şok+Artçı şoklar"* şeklinde olmaktadır. KAFZ üzerindeki ana fay parçaları bir büyük kırılma öncesi öncü şok aktivitesi göstermemektedirler. Bu ana şok öncesi bölgede olağan deprem aktivitesinin görülmediği anlamını taşımamaktadır. Bilakis KAFZ üzerinde bir büyük deprem öncesi yıllarca süren yoğun deprem aktivitesi görülür, bu ise fay parçasının diri ve hazırlık evresinde olduğunun bir göstergesi olarak yorumlanmalıdır. KAFZ üzerindeki büyük depremler sonrasında meydana gelen en büyük artçı depremin büyüklüğü M=5.9 olarak gözlenmiştir. Bölgede KAF ana kırıkları üzerinde meydana gelebilecek bir büyük deprem öncesi oluş düzeni açısından herhangi bir farklı davranış beklentisi düşük bir ihtimaldir. Şekil 8'de ülkemizin farklı tektonik yapılarında görülen deprem oluş düzenleri ve bunlara verilen örnekler görülmektedir (Kalafat ve diğ, 2008).

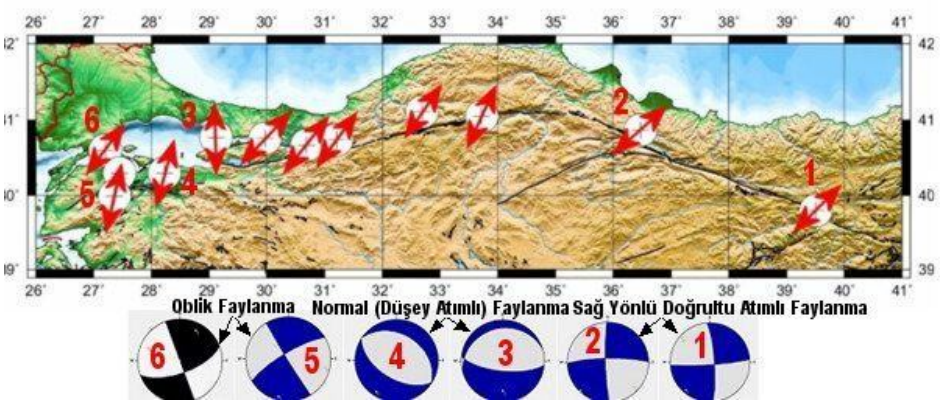


Şekil 8. Türkiye Depremlerinde Oluş Düzeni Örnekleri (Kalafat ve diğ., 2008)

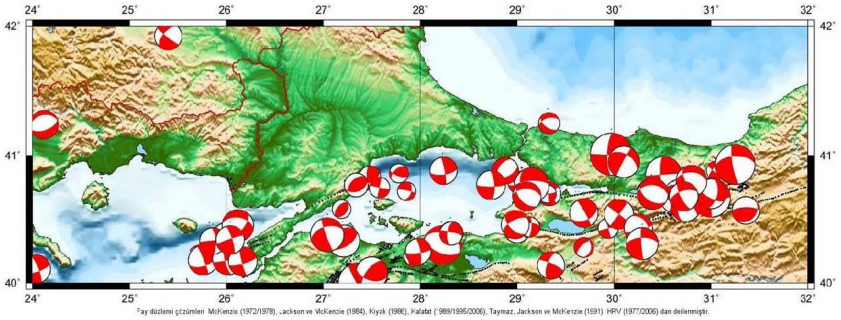
3.3. KAFZ'da hakim gerilme eksenlerinin dağılımı ve faylanma mekanizmaları

KAF tipik sağ yanal doğrultu atımlı faylanma özelliği taşıyan bir karaktere sahiptir. Ve blokların hareketi yanal olarak yer değiştirmektedir. KAFZ üzerinde meydana gelen büyük depremlerin karakteristikleri ve gerilme dağılımları genel anlamda değişmemektedir. Şekil 9'da da görüleceği gibi 1 nolu depremde maksimum gerilme (T açılma) ekseninin hakim yönü KD-GB olup, bu yön tüm KAFZ boyunca meydana gelen büyük depremlerde de aynı özelliği taşımaktadır. Yapılan faylanma mekanizması çözümleri de yalın sağ yanal doğrultu atımlı karakter özelliğini taşımaktadır. Ancak KAFZ'nun batıya uzantısı Bolu'ya kadar net gözlenmekte ise de Marmara bölgesinin doğusundan itibaren KAFZ 2 ana kola ayrılmaktadır. Batıya yaklaştıkça ve deniz içerisine güneye indikçe faylanma karakteristiği değişmekte ve meydana gelen depremler Normal Faylanma (Düşey atımlı) özelliği taşımaktadır. Bununla birlikte hakim olan gerilme eksenlerinin konumu da değişmekte ve maksimum gerilme ekseninin hakim yönü genel olarak K-G olarak görülmektedir. Daha da batıya ve güneybatıya indiğinde ise örneğin 5 ve 6 nolu depremler gerek faylanma tipi (Oblik), gerekse maksimum gerilme yönleri (KKD-GGB) tekrar değişmektedir. Tüm bu sonuçlar bize KAFZ'nun batıya devamında özellikle

Marmara Denizi içerisinde Batı Anadolu'nun açılma rejiminin de bölgede etkili olduğunu, Marmara Denizi ve yakın çevresinin 2 büyük tektonik rejimin bir yerde buluştuğu ve birbirini etkilediği sonucunu ortaya koymaktadır. Buna en güzel örnek ise son yüzyılda bölgede meydana gelen son deprem olan 1912 Mürefte-Şarköy Depremi verilebilir ve bu deprem oblik bir faylanma karakteri taşımaktadır. Bölgede yapılan orta büyüklükteki depremlerin faylanma mekanizmaları da bu görüşü destekler niteliktedir (Kalafat ve diğ., 2009; Şekil 10).

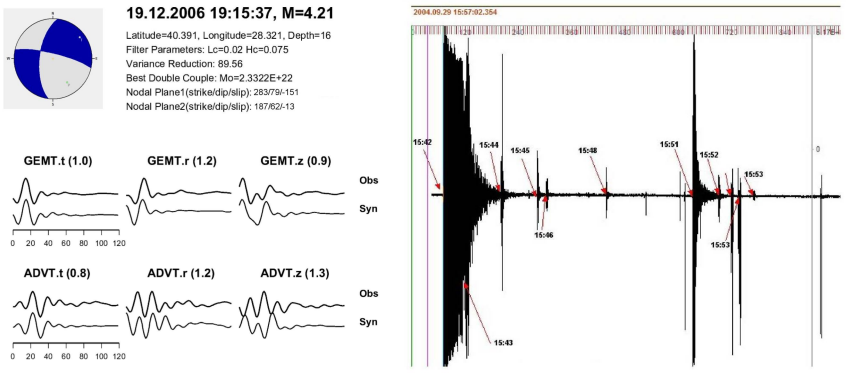


Şekil 9. KAFZ Boyunca Maksimum gerime eksenlerinin (T) dağılımı ve sistematik olarak doğrultularının ve faylanma mekanizmalarının değişimi (Kalafat ve diğ., 2007)



Şekil 10. Marmara Bölgesinde Faylanma Mekanizmalarının dağılımı (Kalafat ve diğ., 2009)

Bölgede meydana gelen bir deprem sonrası kaynağın modellemesi (MTI;Dreger 2003) çok hızlı yapılabilmelidir. Bu konuda KRDAE-UDİM hızlı çözüm yapabilme kapasitesine sahiptir. Aşağıdaki şekilden de görüleceği gibi hızlı MT çözümü bize kaynağın özellikleri hakkında ve deprem sonrası süreci yakip edebilmede son derece değerli bilgiler verebilmektedir.



Şekil 11. Faylanma/Moment Tensör Çözümü ve deprem sonrası kırılma sürecinin eş-zamanlı takibi (Kalafat, 2010)

3.4. Bölgenin deprem riski

İstatistik olarak yapılan çalışmalarda kullanılan veri setinin güvenilirliği ve kataloglar çok önem arz etmektedir. Kullanılan kataloglar ve içerdiği veri çalışmanın tüm sonuçlarını etkiliyebilmektedir. 1999 Depremleri sonrasında 2001 yılına kadar olan KRDAE'nün veri seti Magnitüd-Frekans (Gutenberg-Richter) bağıntısı kullanılarak yapılan çalışmada Marmara bölgesinde deprem yinelenme peryotlarına bakılmıştır. Sonuç olarak bölgede büyüklüğü M=5.0 olan depremlerin yinelenme peryodu yılda bir olarak, M=7 büyüklüğündeki bir depremin 2040 yılına kadar olma olasılığı %75, 2070 yılına kadar %91, 2090 yılına kadar % 95 olarak verilmiştir (Kalafat, 2001). Bu bölgenin deprem riskinin yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 2: Marmara Bölgesi deprem riski

DEPREM RİSKİ

SECILEN YERIN ADI : ISTANBUL
1901 - 2001 YILLARI ARASINDA
DEPREMI IZLEME SURESI : 101 YIL
TOPLAM DEPREM VERISI : 426

A= 5.317 SD= 0.2176
B= -0.680 SD= 0.0383

KORRELASYON = -0.9771

LogNc' deki hata = 0.0110

****
Log Nc = 5.32 -0.68 M
****

YILLAR

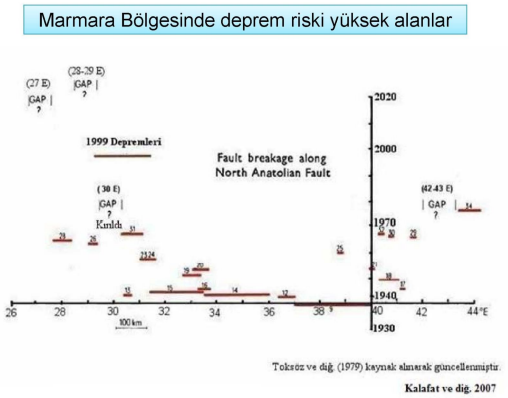
Yıl MAG	10 %	20 %	40 %	70 %	90 %	YP YIL
5.0	99	99	100	100	100	1
5.5	97	99	99	100	100	3
6.0	81	96	99	99	99	6
6.5	54	78	95	99	99	13
7.0	29	50	75	91	95	28
7.5	15	27	47	68	76	61

YP Yinelenme Peryodu

Kalafat, 2001

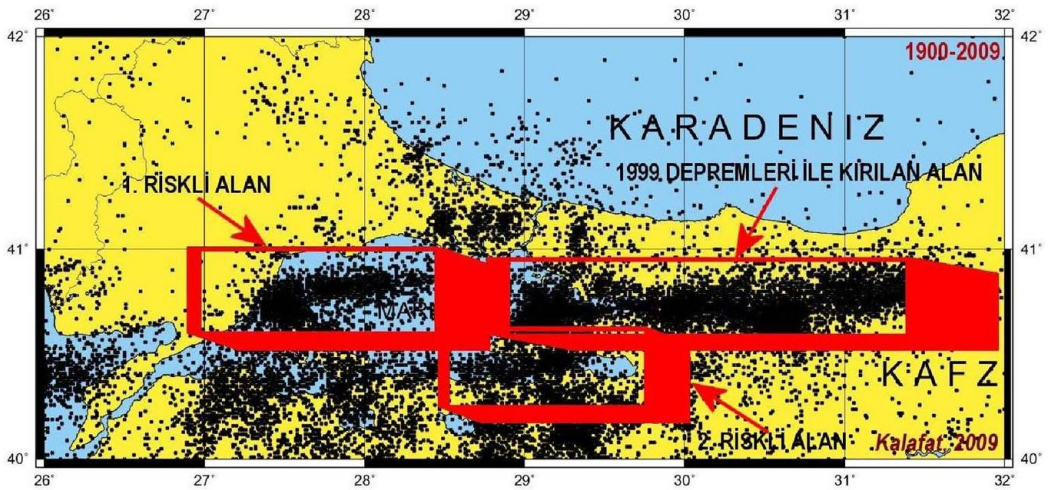
4. Sonuçlar

KAF özellikleri net olarak tanımlanmış bir fay olup, doğudan batıya doğru son yüzyılda meydana gelen depremler ile uzun yıllardan beri bilim camiasının dikkatini çekmiştir. Toksöz ve diğ., 1979 yılında yaptıkları çalışmada KAFZ üzerinde 2 sismik boşluk tanımlamışlardır. Bu sismik boşluklardan bir tanesi KAFZ'nun doğu kısmında 42-43^{O} D boylamları arasında, batı kısmında ise 30^{O} D boylamı arası arasında kalan bölgedir. 17 Ağustos 1999 Depremi'nin boylamı 29.95^{O} D olup, sismik boşluk olarak tanımlanan alan kırılmıştır.



Şekil 12. KAFZ üzerinde D-B yönlü kesit üzerinde büyük depremler sonucu meydana gelen kırılmalar, sismik boşluklar (Toksöz ve diğ., 1979; Kalafat ve diğ., 2007 tarafından güncellenmiştir).

Elde edinilen sismolojik veriler ışığında Marmara'da deprem riski yüksek 2 bölge dikkat çekmektedir. 1. Bölge Batı Marmara'da Mürefte-Şarköy-Güzelköy-Tekirdağ Açıkları-Marmara Adası arası uzanan KAFZ'nun kuzey ana kolu üzerinde, hakim doğrultusu D-B uzanımlı olan yaklaşık 70±10 km.'lik fay parçası olup, üreteceği depremin büyüklüğü ortalama Mw=7.0±0.1'dir. 2. Bölge ise İznik Gölü'nün güneyinden geçen ve Gemlik Körfezi'nden Marmara Denizi içerisine uzanan fay parçasıdır. Bu parçanın (ortalama 40±10 km.) üreteceği depremin büyüklüğü ise Mw=6.6±0.1 olup Marmara bölgesini etkiliyecek olan bu iki riskli alanın hangisinin önce çalışacağı konusunda bir şey söylemek mümkün olamamaktadır. Ancak sismolojik veriler bize Marmara'da sismik boşluk diye tanımlayabileceğimiz 2 alanın olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Şekil 13'den de görüleceği gibi 27-28-29^{O} D boylamları arası Sismik Boşluk (Seismic Gap) olarak tanımlanmıştır. Bu alanlar aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 13. 1999 Marmara'da 1999 depremleri ile kırılan alan ve riskli alanlar (Kalafat, 2009)

Yapılması gerekenler ise bölgede yaşıyan toplumun deprem bilinci yüksek bireyler haline gelebilmesini ve depreme dayanıklı binalarda oturmasının sağlanmaktır. Kamuya düşen görev ise deprem bilincinin arttırılmasına yönelik tedbirlerin zaman kaybetmeden alınarak, özellikle hastane, okul ve kamu binaları olmak üzere tüm yapı

ve konutların zemin özelliklerine de göz önünde bulundurularak depreme dayanıklı olarak inşa edilmelerini sağlamak ve bu konuda taviz vermemektir.

Katkı Belirtme

Bu çalışmanın özellikle Marmara denizi ve çevresindeki uygulamalarında Türk Telekom (TT) Genel Müdürlüğü'nün çok büyük katkısı ve desteği olmuştur. TT Genel Müdürlüğü'ne kurumum adına sonsuz şükranlarımızı ve teşekkürlerimizi sunarım. Ayrıca Marmara Deniztabanı Gözlemevi Projesi'nin gerçekleştirilmesinde çok büyük emeği olan ve projenin koordinatörlüğünü yapan değerli büyüğüm Sayın Prof. Dr. Cemil Gürbüz'e, Marmara'da ilk telemetrik istasyon ağını kuran değerli büyüğüm Sayın Prof.Dr. S. Balamir Üçer'e ve bölgedeki çalışmaların sürdürülmesinde yoğun destek sağlayan ve emek veren KRDAE Müdürü Sayın Prof. Dr. Mustafa Erdik'e ve UDİM çalışanı değerli mesai arkadaşlarıma çok teşekkürler ederim.

Yararlanılan Kaynaklar

Gürbüz, C., D. Kalafat, M. Yılmazer, K. Kekovalı, Z. Ögütçü, Y. Günes, M. Kara ve M. Suvarıklı (2009). Eş Zamanlı Deniz Dibi Gözlemlerine Bir Örnek: Marmara Denizi, Deniz Dibi Gözlemevi (MDDG), Aktif Tektonik Araştırma Grubu ATAG 13. Çalıştayı Bildiri Özleri Kitapçığı, s. 28, 8-11 Ekim 2009 Çanakkale.

Gürbüz, C., D. Kalafat, M. Yılmazer, S. Tunç, S. Güvercin (2011). *Marmara Sea Botom Observatory (MSBO) Project and Preliminary Results From First Observations*, European Geosciences Union (EGU) Generaş Assembly 2011 Vienna, Austria, 3-8 April 2011.

Gülen, L., A. Pınar, D. Kalafat, N. Özel, G. Horasan, M. Yılmazer, A. M. Işıkara, 2001. *Surface Fault Breaks, Aftershock Distribution, and Rupture Process of the August 17, 1999 Izmit, Turkey Earthquake*, Bulletin of the Society of America 92, pp. 230-244.

Dreger, D. S., 2003, TDMT_INV: *Time Domain Seismic Moment Tensor INVersion*, International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Volume 81B, p 1627.

D. Kalafat (2010). Türkiye Deprem Kataloğunun İstatistik Açıdan Değerlendirilmesi: Örnek Çalışma- Statistical Evaluation of Turkey Earthquake Catalog: Case Study, Boğaziçi Universitesi Yayınları, Yayın No: 1039, 87s., Bebek-İstanbul.

D. Kalafat (2010) . Kuzey Anadolu Fayı (KAF)"nın Marmara"daki Ayak İzleri, İstanbul'un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu (İZAS), Bildiri Özetleri Kitapçığı, s. 19, 04-05 Ekim 2010, İstanbul Üniversitesi.

F. Şaroğlu, Ö. Emre, İ. Kuşçu (1992). Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Genel Müd., Ankara.

HRV Harvard Centroid-Moment Tensor Project CMT, Harvard University, MA, USA (1977-2008).

Kalafat, D., A. Pınar (1997). *Some Features of Seismicity and Seismotectonics of Marmara Sea Region, NW Turkey*, *EUG 9*, Strasbourg, FRANCE.

Kalafat, D., A. Pınar and Ş. Barış (1997). *Some features of seismicity and seismotectonics of the Marmara sea region, NW Turkey*, International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI), August 17-28, 1997, Thessaloniki, Greece.

Kalafat, D. (1999). *17 Ağustos 1999 İzmit-Marmara Depremi*, Adana Müteahhitler Birliği, Yıl 4, Sayı 24, s. 14-15, Aralık 1999, Adana (in Turkish).

Kalafat, D., A. Pınar, L. Gülen, A. M. Işıkara (1999). *17 Ağustos 1999 Marmara Depremi Öncesi ve Sonrası Deprem Etkinliği*, Aktif Tektonik Araştırma Gurubu 3. Toplantısı ATAG-3, Bildiri Özleri Kitapçığı, s. 12, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yapısal Jeoloji-Tektonik Bilim Dalı, 4-5 Kasım 1999, Sivas (in Turkish).

Kalafat, D. (2000). *17 Ağustos 1999 Marmara ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremleri*, JEOFİZİK Bülteni, Yıl 12, Sayı 36, s. 31-34, Ocak 2000, Ankara (in Turkish).

Kalafat, D. (2000). *17 Ağustos 1999 Marmara ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremleri-Marmara Denizinin Genel Yapısı,* Deprem ve İstanbul Kitabı, T.C. İstanbul Valiliği Yayını s. 38-42, Ağustos 2000, İstanbul (in Turkish).
Kalafat, D., M. Kara, G. Öz (2000). *Marmara Bölgesinin Depremselliği*, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Batı Marmara-Kuzey Ege Depremleri Jeofizik Toplantısı, Bildiriler Kitapçığı s. 44, 4 Kasım 2000, Çanakkale (in Turkish).

Kalafat, D. (2000). *Marmara Denizi ve Çevresinin Depremselliğine Bir Bakış*, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Ulusal Jeofizik Toplantısı 2000, Genişletilmiş Özetler Kitapçığı s. 128-132, 23-25 Kasım 2000, Ankara (in Turkish).

Kalafat, D., T. Ö. Tahaoğlu, A. M. Işıkara (2001). *9 Ağustos 1912 Saros-Marmara Depremi*, Türkiye 14. Jeofizik Kurultayı ve Sergisi, Genişletilmiş Sunu Özetleri Kitabı (Extended Abstracts Book) s. 103-106, MTA Kültür Merkezi, 8-11 Ekim 2001, Ankara (in Turkish).

Kalafat, D. (2003). *Marmara Depremi bir gerçek mi?*, Ölçü Dergisi, TMMOB Yayın Organı, s. 17-19, Eylül 2003, İstanbul (in Turkish).

Kalafat, D (2007). Doğa Marmara'yı depremlerle sınayacak mı?, Tekirdağ ve Çevresinin depremlerine toplu bir bakış, Namik Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi TYSB ve TMMOB Jeofizik Müh. Odası Panel Kitapçığı s. 58-68, 17 Mayıs 2007, Tekirdağ

Kalafat, D., K. Kekovalı, Y. Güneş, M. Kara (2007). İzlenen Marmara Denizi ve beklenen Marmara depremi, ATAG-11 Aktif Tektonik Araştırma Gurubu 11. Çalıştayı Bildiri Özleri Kitabı, s. 50, 8-9 Kasım 2007 TUBİTAK MAM Gebze, İstanbul.

Kalafat, D., C. Gürbüz, M. Yılmazer (2008). *Marmara Denizi Deniz Tabanı Gözlemevi (DTG) Projesi,* ATAG-12 Aktif Tektonik Araştırma Gurubu 12. Çalıştayı Bildiri Özleri Kitabı (in Turkish) , s. 13-14, MTA Genel Müdürlüğü Akçakoca EDT, 13-14 Kasım 2008 Akçakoca, Düzce.

Kalafat, D., C. Gürbüz, M. Yılmazer, K. Kekovalı, Z. Öğütcü, Y. Güneş, M. Kara, M. Suvarıklı (2009). Marmara Denizi, Deniz Tabanı Gözlemevi Projesi (MDTGP)- The Sea of Marmara, Sea Bottom Observatory Project (MSBOP), International Earthquake Symposium, Abstracts Book p. 61, 17-19 August 2009, Kocaeli-Turkey.

Kalafat, D. , Y. Güneş, K. Kekovalı, M. Kara, P. Deniz, M. Yılmazer (2011). Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2010; M≥4.0): A revised and extented earthquake cataloque for Turkey since 1900 (M≥4.0), B.Ü. Yayınları, p. 543.

Kalafat, D, M. Yılmazer, K. Kekovalı, E. Görgün, S. A. Poyraz (2009). Türkiye Deprem Ağına ait Genişbantlı (BB) Deprem İstasyonları Kullanılarak Yapılan Yakın Gerçek Zamanlı Bölgesel Moment Tensör Değerlendirmeleri - Near Real Time Regional Moment Tensor Estimation Using Turkish Seismic Network's Broadband Stations, International Earthquake Symposium, Abstracts Book p. 62, 17-19 August 2009, Kocaeli-Turkey.

Kalafat, D., K. Kekovalı, Y. Güneş, M. Yılmazer, M. Kara, P. Deniz, M. Berberoğlu, (2009). Türkiye ve Çevresi Faylanma-Kaynak Parametreleri (MT) Kataloğu (1938-2008): A Cataloque of Source Parameters of Moderate and Strong Earthquakes for Turkey and its Surrounding Area (1938-2008), Boğaziçi University Publication No=1026, 43p., Bebek-İstanbul.

Ketin, İ. (1948). Über die tektonik-mechanisken Folgerungen aus den grossen Anatoliscken Erdbeben des letzten Dezenniums: Geologiscke Randshau, 36, 77-83.

Ketin, İ. (1966). Tectonic units of Anatolia, Bull. Min. Res. Exp. Inst. Turkey, 66, p. 23-24.

Ketin, İ. (1968). Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler. *M.T.A. Derg.,* no. 71, Ankara.

Kıyak, Ü. (1986). Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batı uzantılarının incelenmesi, İÜMF., Doktora Tezi.

McKenzie, D.P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region, Geophys. J. R. Astr. Soc., 30, 109-185.

McKenzie, D.P. (1978). Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: Aegean Sea and surrounding regions, Geophys. J. R. Astr. Soc., 55, 217-254.

Taymaz T., H. Eyidoğan and J. Jackson (1991). Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey), Geophys. J. Int., 106, 537-550.