GEDİZ FAYI VE YAKIN ÇEVRESİNİN DEPREM TEHLİKE ANALİZİ

H. Yalçın[1], İ. Özaltan[2] ve T.F. Kurnaz[3]

[1] *Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya*
[2] *Jeofizik Mühendisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya*
[3] *Yardımcı Doçent Doktor, Jeofizik Müh. Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya*
Email: hdomac@sakarya.edu.tr

ÖZET:

Bu çalışmada Gediz ve yakın çevresinin depremselliği, Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen 1900- 2010 yılları arasında Mw≥4 olan depremlerin dağılımı göz önüne alınarak incelenmiştir. Çalışmada Gediz Demirci fayının uzantısı merkez kabul edilerek 60km yarıçaplı alana düşen depremlerin uzay ve zaman ortamındaki dağılımları incelenerek Gutenberg-Richter depremsellik parametreleri (a ve b değerleri) magnitüdlerine, zamana ve derinliğe göre diğer istatistik analizleri hesaplanmıştır. Buna göre çalışma alanında a değeri 5.0 ile 7.5 arasında, b değeri ise; 0.8 ile 1.3 arasında değişmektedir. Fayın kuzeybatısından güneydoğusuna inildikçe b değerindeki artış, fay üzerindeki depremsellik ve bölgenin tektoniği ile uyum göstermektedir. Bunun yanında inceleme alanı için farklı araştırmacıların azalım ilşkilerinden yararlanılarak deprem tehlike analizi yapılmıştır. Bu analiz için bölgedeki hakim faylanma türü, fayın fiziksel parametreleri ve tektonik özellikleri kullanılarak çalışma alanı için spektral ivmeler hesaplanmıştır. Buna göre; 2475 yıllık dönüş periyodunda elde edilen %5 sönüm oranına sahip elastik spektral ivme aralığı 0.349g ile 0.850g ; 475 yıllık dönüş peryodunda 0.189 ile 0.715 g; 72 yıllık dönüş periyodunda ise 0.060 ile 0.189 arasında değişmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Gediz ve çevresi, a ve b değeri, deprem tehlike analizi, spektral ivme.

1. GİRİŞ

Neotektonik dönemin başlangıcı ile birlikte batı Anadolu ve özellikle Ege bölgesi yoğun bir kuzey-güney yönlü gerilmeye uğramıştır. Şengör (1980)'e göre batı Anadolu ve Ege'deki graben sistemleri Doğu Anadolu Sıkışma bölgesi gibi Avrasya-Arabistan çarpışmasının bir yan ürünüdür ve doğu Anadolu'daki sıkışma hareketinin Kuzey Anadolu Fayı ile batıya taşınması sonucu oluşmuştur. Günümüzde de sürmekte olan açılma ve gerilme hareketleri sonucu batı Anadolu'da birbirine koşut (D-B, KB-GD doğrultulu) pek çok graben, küçük çaplı havzalar ve yanal atımlı faylar oluşmuştur. Bu bölgedeki büyük çaplı grabenler olarak Büyük ve Küçük Menderes vadileri, Saros, Edremit, Kerme (Gökova), Gemlik, İzmit Körfezleri, İznik gölü ve Marmara denizinin büyük bir bölümü sayılabilir.

Batı Anadolu'da yer kabuğu 25–30 km kalınlıktadır. Bölgede Tersiyer yaşlı kalkalkali ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı alkali volkanizma ve yüksek ısı akısı belirtileri vardır. Ege'de hemen hemen doğu-batı yönünde uzanan grabenlerin kenar faylarının derinlere doğru eğimlerinin 30º-35º dereceden 5-10 dereceye kadar azalan listrik (kürek biçimli) normal faylar olarak davrandığı belirtilmiştir Bu tür bir hareket mekanizmasının, Ege graben bölgesinde %100 e varan kuzey –güney yönlü bir açılmaya neden olduğu belirlenmiştir (Eyidoğan ve Jackson, 1985).

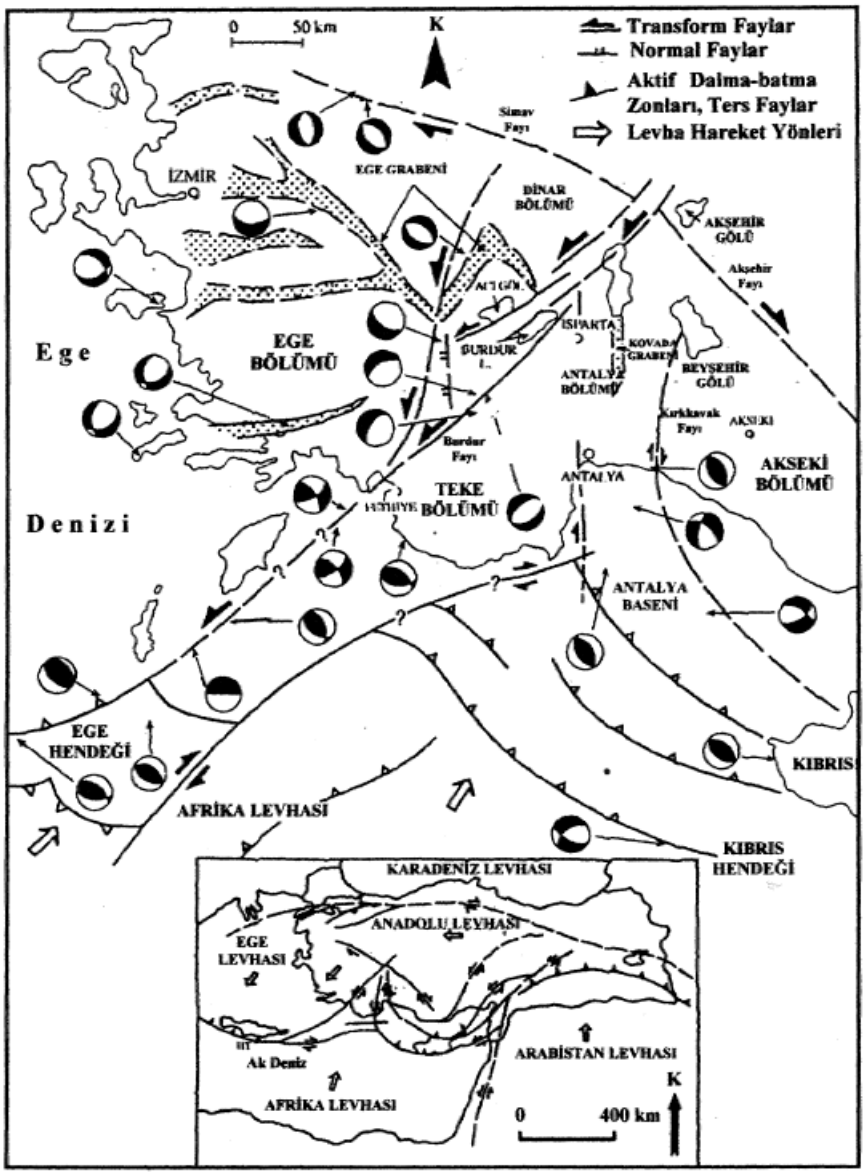
Batı Anadolu'daki birçok büyük deprem fay izleri oluşturmuşlardır. Sığ olan bu depremler Rodos ve Antalya körfezi açıklarında 90 km derinliklere kadar yer alabilmektedir (Jackson ve McKenzie, 1984). Ege bölgesindeki graben sistemleri çok sayıda küçük deprem kümeleri oluşturmaktadır.

Büyük depremlerin odak mekanizması çözümleri ve sismik momentleri kullanılarak yapılan bir çalışmada (Eyidoğan, 1988), güneybatı Anadolu'nun yılda 13.5 mm hızla kuzey–güney yönünde açıldığını ve 0.5 mm/yıl 'lık bir hızla inceldiği bulunmuştur. Marmara Bölgesi ise daha yavaş olmakla birlikte (2.7 mm/yıl) kuzey-güney yönünde açılmaktadır. İncelemeler batı Anadolu'da depremlerin yerkabuğunun en üstteki 8–10 km'lik kırılgan bölümünde yer aldığını, bunun altında yerkabuğunun daha sünek bir yapıda bulunması olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir (Eyidoğan, 1988). Batı Anadolu'da belli başlı etkin fay kuşakları ve kırıkları şunlardır: Eskişehir, Sultandağ, Büyük Menderes, Alaşehir, Gediz, Simav, Demirci, Soma-Akhisar ve Kerme fayları ile Aksu bindirmesidir (Eyidoğan ve diğ., 1991; Koçyiğit, 1984; Koçyiğit ve diğ,., 2000).

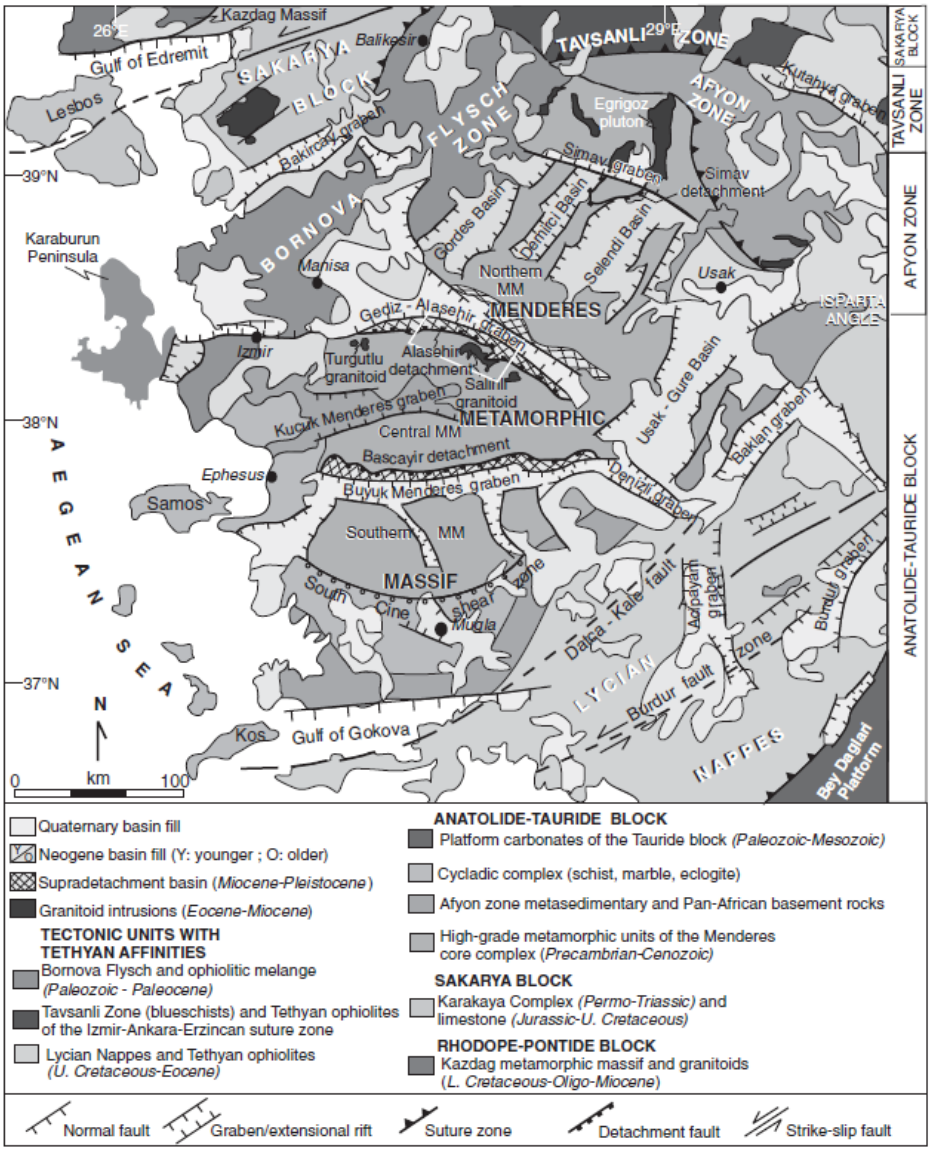
Bu çalışmada özellikle 1970 Gediz Depremi ve 1969 Demirci Depremi sonucunda sağ yanal atımlı normal bileşenli faylanma gösteren kırığın 60km yarıçaplı alana düşen Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen 1900- 2010 yılları arasında Mw≥4 olan depremlerin dağılımı göz önüne alınarak; depremselliğin uzay ve zaman ortamındaki dağılımları incelenerek Gutenberg-Richter depremsellik parametreleri (a ve b değerleri) magnitüdlerine, zamana ve derinliğe göre diğer istatistik analizleri hesaplanmıştır. Bu bağlamda, bölgenin deprem katalog bilgileri derlenmiş, bölgeyi tehdit eden faylar, alansal deprem kaynağı olarak modellenmiş ve aşılma olasılığı 50 yılda %2, %10 ve %20 olan depremler için ivme spektrumları elde edilmiştir. Elde edilen bu spektrumlar, yer tepki analizleri ile, serbest zemin yüzeyine taşınmıştır. Yapılan bu çalışmalarda bölge ve çevresi için kullanılabilecek yerel tasarım spektrumları elde edilmiştir.

2. BÖLGENIN TEKTONİK ve JEOLOJİK YAPISI

''Batı Anadolu Bölgesi'nde açılmalı tektonizma etkisiyle oluşan yaklaşık D-B uzanımlı Gediz Grabeni'nin güney kenarı düşük eğim açılı Gediz ayrılma fayı ile sınırlandırılmıştır (Şekil 1) Bu ayrılma fayı bölgede Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayaçlar ile sedimanter örtü kayaçları arasında yapısal bir sınır oluşturmaktadır. Bölgede bulunan Neojen yaşlı sedimanter kayaçlar ile Gediz ayrılma fayının ilişkisi hala tartışma konusudur. Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler ışığında Gediz ayrılma fayının ortalama konumunun K80B/28KD olduğu belirlenmiştir. Bölgede bulunan yüksek açılı normal fayların ortalama doğrultusu Gediz ayrılma fayı ile uyumluluk göstermektedir. Temel kayaçlarındaki yüksek açılı normal fayların genel eğimlerinin ayrılma fayına doğru olmasına karşın, Neojen birimlerindeki yüksek açılı normal fayların ayrılma fayıyla uyumlu olması kayda değer verilerdendir '' (Sarıkaya, 2004) eğim alımlı normal fay karakteristiği baskın olup, kırık zonlan genelde KB-GD doğultulu, Neojen sonu ve/veya sonrası yaşlıdır'' (Yağmurlu ve diğ., 1997; Şekil 1, Şekil 2).

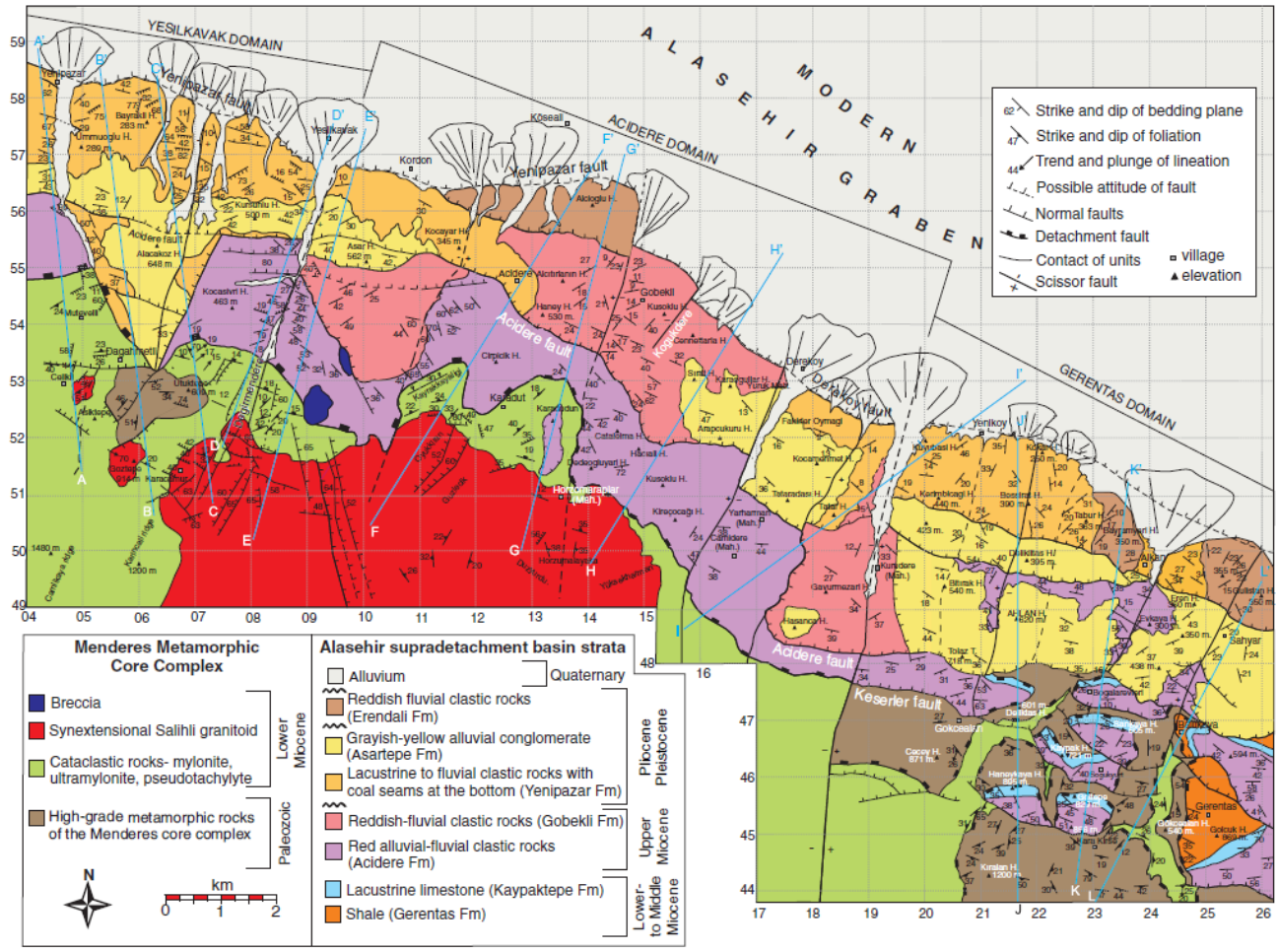


Şekil 1. Güneybatı. Anadolu ve yakın çevresinin ana tektonik, birimleri (Utku ve diğ., 2003)



Şekil 2. Menderes Masifi'ndeki Neojen-Kuvaterner genişleme havzaları ve diğer belli başlı tektonik birim ve sınırları gösteren Batı Anadolu' nun jeoloji haritası (Öner ve Dilek, 2011)

''Ege Bölgesi gibi kıtasal açılmaya maruz kalmış bölgeler için tipik özelliklerden olan ayrılma fayları ve bu faylanmalara bağlı olarak açığa çıkan metamorfik çekirdek kompleksler çalışma yapılan bölgede de yeralmaktadır. Davis (1977) ve Coney (1980)'e göre, tipik bir metamorfik çekirdek kompleks üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; (a) metamorfize olmuş alt kabuk kayaçları ile çeşitli magmatik sokulum kayaçlarından oluşan çekirdek kayaçları, (b) kırılgan olarak deforme olmuş listrik ve üst üste binmiş normal fay sistemleriyle karakteristik örtü kayaçları ve (c) bu iki kayaç grubu arasında ayrılmalı faylanmaya bağlı oluşmuş milonitik fabriklerle kataklastik kayaçlardan oluşan bir ayrılma zonu'dur. Buna göre, çalışma bölgesindeki Menderes Masifi'ne ait metamorfitler ve granodiyorit olarak tanımlanan kayaçlar, metamorfik çekirdek komplekslerin çekirdek kayaçlarını, Senozoyik yaşlı kırıntılı kayaçlardan oluşan ve normal fay sistemleri ile kırılmış sedimanter kayaç grupları, örtü kayaçlarını ve bu iki kayaç grubu arasında yukarıda ayrıntıları belirtilen zon ise ayrılma zonunu temsil etmektedir''.



Şekil 3. Çalışılan alan ve çevresinin temel stratigrafik birimleri ve fay sistemleri (Öner ve Dilek, 2011)

‘’Gediz ayrılma fayına bağlı olarak oluşan ve temelin üzerini kataklastik kayaçlardan oluşan bir örtü gibi örten ayrılma zonu Gediz Grabeni’nin güney kenarı boyunca, ayrılma fayına paralel olarak uzanmaktadır. Bozunmamış ve dinamik metamorfizma etkisi ile kataklazmaya uğramamış ana kayaç özelliklerin yansıtan temel birimlerinden sonra yüzeye doğru 50-140 m arasında değişen kalınlığa sahip makaslama zonuna, **Gediz ayrılma zonu** adı verilmiştir. Bu zon ana kayaçtan sonra, fiziksel ve kimyasal bozunmaya uğramış ana kayaçlar ile belli belirsiz milonitik foliasyonlar içeren bir geçiş zonuna sahiptir. İlerleyen açılmalı tektonizma etkisiyle derinlerde gelişen sünümlü deformasyon gösteren temel kayaçları ayrılma fayı ile birlikte yüzeylenmişlerdir. Kırılgan deformasyon ise, bundan sonra daha sığ derinliklerde gelişmiştir’’ (Sarıkaya, 2004)

3. DEPREMSELLİK ANALİZLERİ

Depremlerin oluş sayıları ile magnitüdleri arasındaki ilişkiyi belirleyen Gutenberg-Richter (GR) bağıntısı deprem istatistiğinin temel bağıntısıdır (Gutenberg ve Richter, 1944). Bu nedenle depremsellik çalışmalarında önemli bir yer tutar. Bu bağıntı;

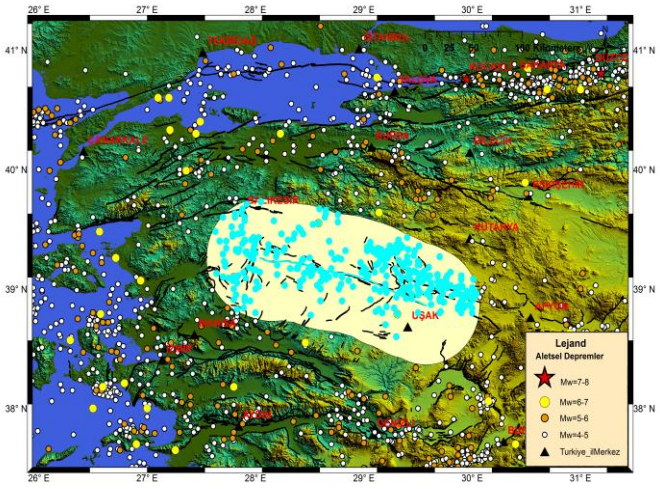
$$LogN(M)=a-bM \quad \textbf{(1)}$$

şeklindedir ve depremlerin oluş sayısının deprem magnitüdü arttıkça hızlı bir şekilde azaldığını ifade eder. Burada N belli bir magnitüdden büyük deprem sayısı, M magnitüd ve a ve b ise sabitlerdir. a sabiti deprem faaliyetinin düzeyi (kabuğun deprem üretkenliği) ile ilişkilidir ve incelenen bölgenin genişliğine ve gözlem süresine bağlıdır. b sabiti kabuktaki gerilme ile ters orantılı olup deprem oluşumun fiziği ile ilişkilidir (Scholz, 1968; Urbancic vd., 1992; Wiemer ve Wyss, 1997). Dünya üzerinde Gutenberg-Richter bağıntısından belirlenen b değeri ortalama 1 civarındadır (Frohlich ve Davis, 1993). G-R bağıntısındaki b değerini hesaplamak için En Büyük Olasılık Yöntemi (Aki, 1965) kullanılmış ve b değerleri

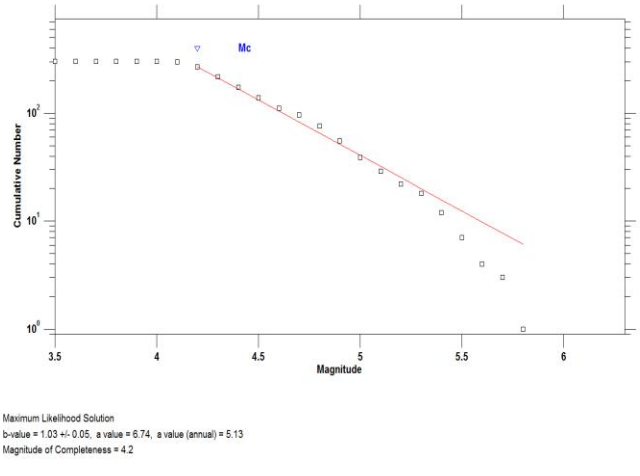
$$b = \frac{log_{10} e}{< m > - m_0} \quad \textbf{(2)}$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır. Bu çalışmada G-R bağıntısındaki b değerini hesaplamak için En Büyük Olasılık Yöntemi (Aki, 1965) ve ZMAP paket programı kullanılmıştır**.**

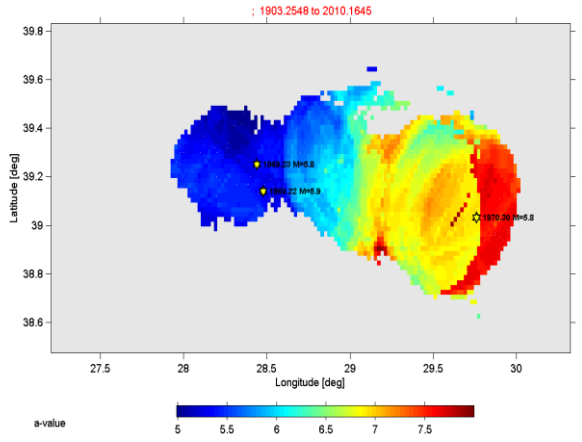
Bu çalışmada özellikle 1970 Gediz Depremi ve 1969 Demirci Depremi sonucunda sağ yanal atımlı normal bileşenli faylanma gösteren kırığın 60km yarıçaplı alana düşen Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen 1900- 2010 yılları arasında Mw≥4 olan 363 adet aletsel depremin dağılımı göz önüne alınarak; depremselliğin uzay ve zaman ortamındaki dağılımları incelenerek Gutenberg-Richter depremsellik parametreleri (a ve b değerleri) magnitüdlerine, zamana ve derinliğe göre diğer istatistik analizleri hesaplanmıştır. Bu bağlamda, bölgenin deprem katalog bilgileri derlenmiş, bölgeyi tehdit eden faylar, alansal deprem kaynağı olarak modellenmiş ve aşılma olasılığı 50 yılda %2, %10 ve %20 olan depremler için ivme spektrumları elde edilmiştir. Elde edilen bu spektrumlar, yer tepki analizleri ile, serbest zemin yüzeyine taşınmıştır. Yapılan bu çalışmalarda bölge ve çevresi için kullanılabilecek yerel tasarım spektrumları elde edilmiştir. Depremsellik parametreleri En büyük olasılık yöntemi kullanılarak elde edilmiştir (Aki, 1965) ve ZMAP paket programı kullanılmıştır (Wiemer, 2001).



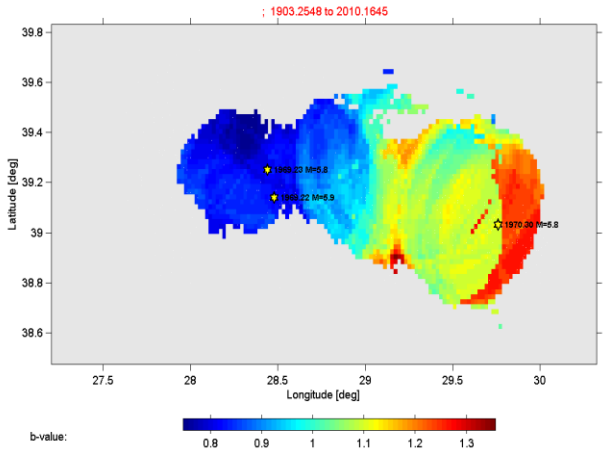
Şekil 4. Gediz Fayı'nın 60 km lik yarıçapına düşen depremlerin dağılımı



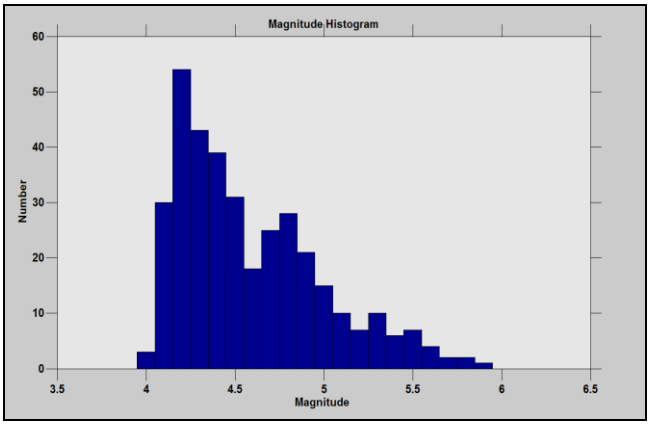
Şekil 5. En büyük olasılık yöntemine göre elde edilen depremsellik parametreleri (a değeri, b değeri, Mc değeri)



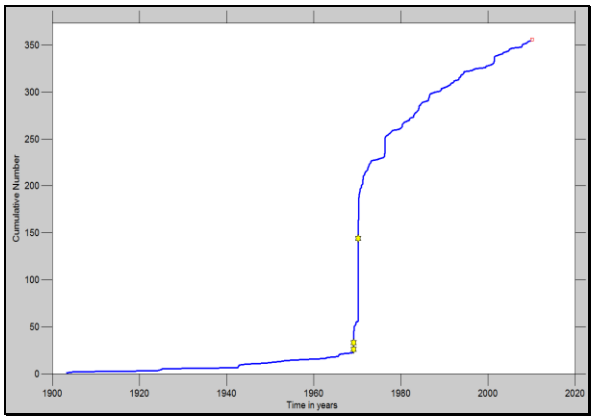
Şekil 6. Çalışılan alanda analiz edilen depremlerin dağılımlarına göre en büyük olasılık yöntemiyle elde edilen a değeri değişimi



Şekil 7. Çalışılan alanda analiz edilen depremlerin dağılımlarına göre en büyük olasılık yöntemiyle elde edilen b değeri değişimi



Şekil 8. Çalışma alanına düşen depremlerin magnitüdlerine göre dağılım grafiği



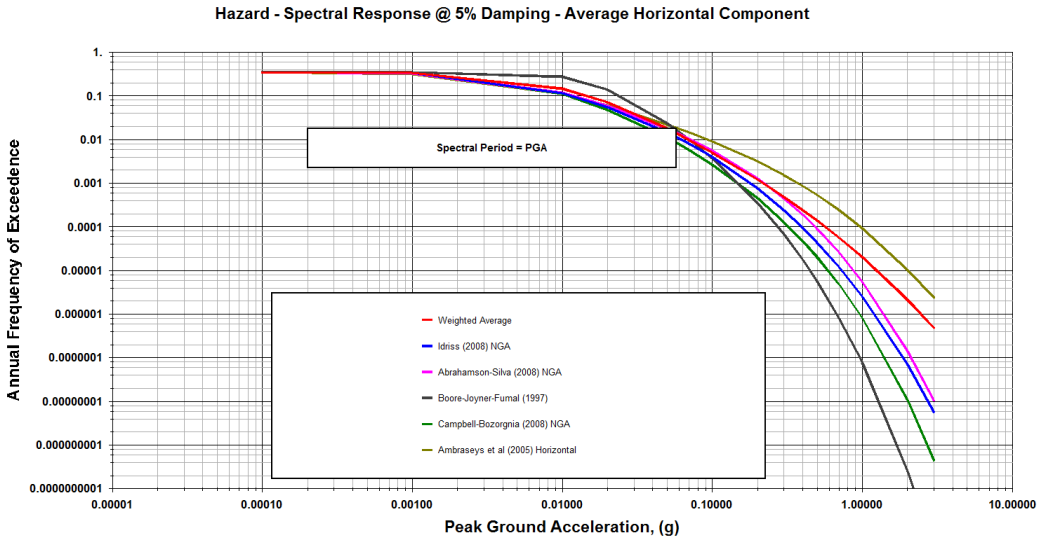
Şekil 9. Çalışma alanına düşen depremlerin yıllara göre kümülatif dağılımları.

Sonuçlara göre; 1970 Gediz Depremi ve 1969 Demirci Depremi sonucunda sağ yanal atımlı normal bileşenli faylanma gösteren kırığın 60km yarıçaplı alana düşen Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen 1900- 2010 yılları arasında Mw≥4 olan 363 adet aletsel depremin dağılımının analizi sonucu a=6.74, b = 1.03+/-0.05 ve tamamlılık magnitüdü ise Mc değeri ise 4.2 olarak hesaplanmıştır.

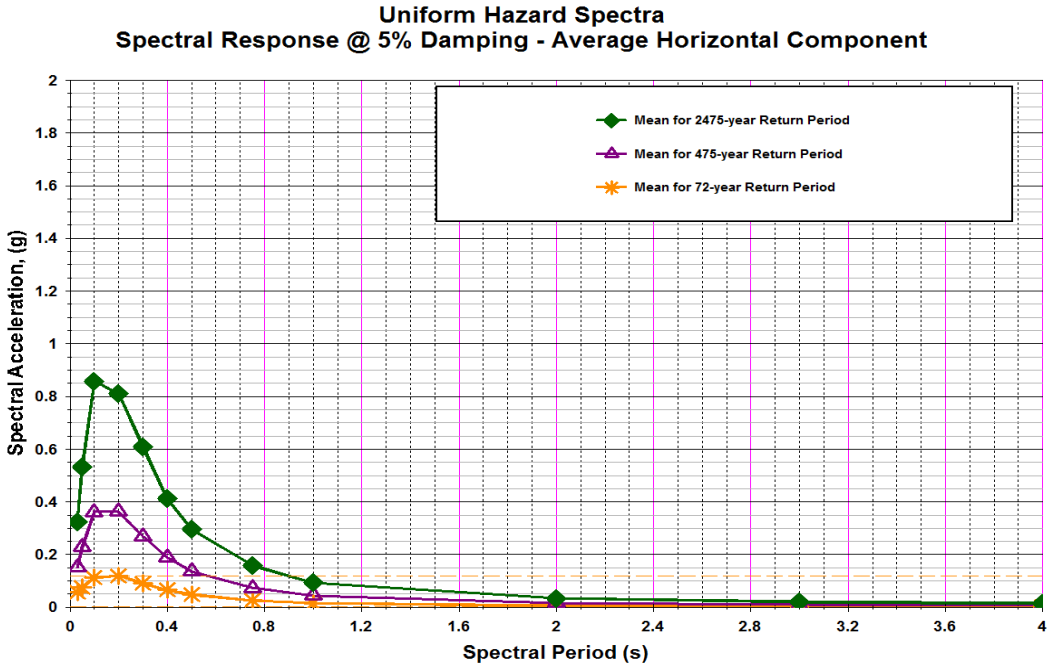
4. BÖLGE İÇİN SAHAYA ÖZEL TASARIM SPEKTRUMU

Gediz fayı ve çevresi için sismik tehlike analizleri ve bunun bir sonucu olarak yerel tasarım spektrumları 110 yıllık depremler alansal deprem kaynağı oluşturulmasında kullanılmış ve deprem tehlike analizler gerçekleştirilmiştir.

Analizler, McGuire tarafından Cornell metodu algoritması esas alınarak geliştirilen EZ-FRISK yazılımı kullanılmıştır. Idriss, 2008, Abrahamson-Silva (2008), Boore-Joyner-Fumal (1997) ve Campbell-Bozorgnia (2008) azalım ilişkileri birbirine yakın ve uyumlu sonuçlar üretmiş olmasına karşın Ambraseys ve diğ (2005) azalım ilişkisi ile diğer azalım ilişkilerine oranla daha yüksek ivme değerleri hesaplanmıştır (Şekil 10, Tablo 1).



Şekil 10. Idriss (2008), Abrahamson-Silva (2008), Boore-Joyner-Fumal (1997), Campbell-Bozorgnia (2008) ve Ambraseys et al (2005) azalım ilişkileri



Şekil 11. Gediz fayı ve çevresi için hesaplanan %5 sönümlü elastik spektral ivme spektrumu

Idriss (2008), Abrahamson-Silva (2008), Boore-Joyner-Fumal (1997), Campbell-Bozorgnia (2008) ve Ambraseys et al (2005) azalım ilişkileri kullanılarak elde edilen %5 sönüm oranına sahip elastik spektral ivme spektrumu Şekil 10 de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre; 2475, 475, 72 yıllık dönüş periyodunda en yüksek spektral ivme değerleri sırasıyla Ambraseys ve diğ, 2005'e göre; 0.850g, 0.715g, 0.189g olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Elde edilen bu değerler Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde (DBYBHY, 2007) tanımlanan deprem tehlike düzeylerinin çok bu durum bir tezat teşkil etmemektedir. Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde dönüş periyotları 2475 yıl ve 72 yıl olan deprem tehlikeleri, dönüş periyodu 475 yıl olan depremin, sırasıyla, 1.5 ve 0.5 katsayıları ile çarpılarak elde edilmiştir. Dönüş periyodu 475 yıl olan deprem spektrumu ise tüm Türkiye katalog verileri derlenerek elde edilmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanı için sismik tehlike analizi ile elde edilen maksimum spektral ivmeler

Azalım İlişkileri	Dönüş Periyodu 2475 yıl (g)	Dönüş Periyodu 475 yıl (g)	Dönüş Periyodu 72 yıl (g)
Idriss (2008) NGA	0.567	0.285	0.090
Abrahamson-Silva (2008) NGA	0.767	0.386	0.134
Boore-Joyner-Fumal (1997)	0.349	0.189	0.060
Campbell-Bozorgnia (2008) NGA	0.508	0.264	0.098
Ambraseys ve diğ., (2005) Horiz.	0.850	0.715	0.189
Azalım İlişkileri Ortalaması	***0.608***	***0.367***	***0.11***
TDY 2007	1.50	1	0.5

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Gutenberg-Richter ilişkisindeki b değerinin sismik değerlendirmelerdeki önemi ve deprem tahmininde öncü anomali olarak kullanılabilirliğinin yanında, gerilme birikimi, çatlak yoğunluğu ve heterojenite derecesi gibi sismojenik malzemedeki mekanik karakterlerin bir tamamlayıcısıdır (Ogata ve diğ., 1991). b değerleri değişimi kırılan fay zonları boyunca haritalanarak yorumlanmaya çalışılmıştır. Çalışma alanında haritaya göre b değeri 0.8 ile 1.3 arasında değişmiştir. Fayın kuzeybatı ucunda enerji birikmesinin güneydoğu ucuna göre çok daha fazla olduğunu görmekteyiz. Buna göre Murat dağı ve Afyon civarındaki faylanmaların normal faylanma türü gösterdiklerini ve tektonik olarak bu bölgelerin kabuğun açılma-genişleme karakteri gösteren bölgeler olduğunu düşünürsek bu sonucun bölgenin genel tektoniği ile uyuştuğunu söyleyebiliriz çünkü genişleme rejiminin görüldüğü (Frochlich ve Davis, 1993), yüksek gözenek sıvı basıncı bulunan fay zonu üzerinde sünmenin (creep) gözlendiği (Amelung ve King, 1997) ve ısı akısının yüksek olduğu yerlerde yüksek b değerleri gözlendiği teorisine bölge tektonik olarak uyum sağlamaktadır. Bölgede genel faylanma türü güneydoğu ucunda normal faylanmadan kuzeybatı ucuna doğru sağ yanal doğrultu atımlı faylanmaya geçiş yapmaktadır ve bu hareket orta öçekli depremselliği açığa vurmaktadır. Fayın kuzeybatı ucuna doğru ve orta kısımlarında b değeri yükselmekte ve bu da bizlere b sabitinin kabuktaki gerilme ile ters orantılı olması açısından bir tehlike sunmaktadır.
Bununla birlikte yapılan Idriss (2008), Abrahamson-Silva (2008), Boore-Joyner-Fumal (1997), Campbell-Bozorgnia (2008) ve Ambraseys et al (2005) azalım ilişkileri kullanılarak elde edilen %5 sönüm oranına sahip elastik spektral ivme spektrumu sonuçlarına göre; 2475 yıllık dönüş periyodunda elde edilen %5 sönüm oranına sahip elastik spektral ivme aralığı 0.349g ile 0.850g ; 475 yıllık dönüş peryodunda 0.189 ile 0.715 g; 72 yıllık dönüş periyodunda ise 0.060 ile 0.189 arasında değişmektedir. Bu değerlerin kaya üzerinde hesaplanan değer olduğu, zemin büyütme etkisinin mutlaka dikkate alınması gerektiği göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

Abrahamson, N., and Silva, W., 2008. Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations Earthquake Spectra, Volume 24, No. 1, pages 67–97, Engineering Research Institute.

Aki, K., 1965. Maximum likelihood estimate of b in the formula logN =a−bM and its confidence limits. Bulletin of the Earthquake Research Institute, Tokyo Univ., 43, 237-239.

Ambraseys, N. N., J. Douglas, S. K. Sarma and Smit, P. M., 2005. Equations for the Estimation of Strong Ground Motions from Shallow Crustal Earthquakes Using Data from Europe and the Middle East: Horizontal Peak Ground Acceleration and Spectral Acceleration, Bulletin of Earthquake Engineering, 3:1–53, DOI 10.1007/s10518-005-0183-0.

Amelung, F., King, G., 1997. Earthquake scaling laws for creeping and non-creeping faults, Geophysical Research Letters Volume 24, Issue 5, pages 507–510.

Boore, D.M. Joyner, W.B. Joyner and Fumal, T.E. 1997. "Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work," Seismological Research Letters, vol. 68, no. 1, pp 128-153.

Campbell, K.W., Bozorgnia, Y., 2008. NGA Ground Motion Model for the Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and 5% Damped Linear Elastic Response Spectra for Periods Ranging

from 0.01 to 10s, Earthquake Spectra, Volume 24, No. 1, pages 139–171, Earthquake Engineering Research Institute

Eyidoğan, H., Jackson, J., 1985. A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquakes of 1969-70 in western Turkey: implification for the nature and geometry of deformation in the continental crust. Geophys. Journal of Royal Astronomical Society 81, 569-607.

Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z., 1991. Değirmenci, E., Türkiye büyük depremleri makrosismik rehberi 1900-1988. İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Bölümü, İstanbul.

EZ-FRISK 7.52 Risk Engineering.

Frohlich, C., and Davis, S., 1993. Teleseismic b values: or, much ado about 1.0, J. Geophys. Res., 98, 631-644.
Gutenberg, R., Richter, C. F., 1944. Frequency of earthquakes in California, Bull. Seismol. Soc. Am., 34,185-188.

Idriss, I. M., 2008. "An NGA Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated By Shallow Crustal Earthquake", Earthquake Spectra, Volume 24, No. 1, pages 217-242, Earthquake Engineering Research Institute.

Koçyiğit, A. 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27, 1-16

Koçyiğit, A., Ünay, E., and Saraç, G. 2000. Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in West Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey. Geological Society, London, Special Publications, 173, 405-421.

Ogata, Y., Masajiro, I. Koichi, K., , 1991. 3-D spatial Variation of b-values of Magnitude-Frequency Distribution beneath the Kanto District, Japan, Geophys. J. Int, 104, 135-146.

Öner, Z., and Dilek, Y., 2011. Supradetachment basin evolution during continental extension: The Aegean province of western Anatolia, Turkey, Geological Society of America Bulletin 2011;123, no. 11-12;2115-2141, doi: 10.1130/B30468.1

Sarıkaya, M. A., 2004. Gediz ayrılma zonu: Fay kayacı stratigrafisi ve tektonik önemi, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, Ankara.

Scholz, C. H., 1968. The Frequency-Magnitude Relation of Micro fracturing in Rock and its Relation to earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 58, 399-415.

Urbancic, T.I., Trıfu, C.I., Long, J.M., and Toung, R.P., 1992. Space-Time Correlations of b value with Stress Release, Pure Appl. Geophys, 139, 449-462.

Utku, M., Danışman, M. A., Akyol, N., Akçığ, Z., 2003. Afyon ve Çevresi'nin Depremselliği: 03 Şubat 2002 Çay Depremi Eş şiddet Haritası ve Depremi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Sayı: 59, Cilt:27/2, 18-34, ISSN: 10116-9172.

Yağmurlu, F, Savaşçın, M.Y. ve Ergün, M., 1997. Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of İsparta Angle, SW-Turkey,, J. Geol, 105,, 717-728.

Wiemer, S., A software package to analyze seismicity, 2001: Zmap, Seis. Res. Lett., 72(2),; 374-383.

Wiemer, S., and Wyss, 1997. M., Mapping the frequency-magnitude distribution in asperities: an improved technique to calculate recurrence times, J. Geophys. Res.; 102, 15 115-15 128.