

BULDAN BÖLGESİNİN DEPREMSELLİĞİ VE KABUK YAPISI

Araş.Gör. Figen ALTINOĞLU, Yard.Doç.Dr. Ali AYDIN
Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü
faltinoglu@hotmail.com.tr, aaydin@pau.edu.tr

ÖZET

Denizli ve çevresinde sismik aktivitenin en etkin olduğu yer Buldan ve yakın çevresidir. Bu nedenle yer altı sularının bolca yeryüzüne çıktığı Gediz Grabeni ile Büyük Menderes Grabeni'nin tam ortasında yer alan ve Batı Ege'nin genişleme rejimi sonucu sürekli etkin bir yapıya sahip bu alanın çevresinin kabuk yapısının araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bölgede yapılan sismik yansıma verilerinden bu bölgedeki derin fayların varlığı gözlenmektedir. Bu yapılarla sismik etkinliğin kıyaslanması bölge sismisitesi ve tektonik gelişimine yönelik bilgiler taşıyacaktır. Bu amaçla 1900 ile 2006 yılları arasında meydana gelmiş depremler potansiyel alan verileri ve sismik kırılma kesitleriyle bir arada değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan depremlerin büyüklükleri 3 ve daha büyük olanları değerlendirilmeye alınmış, bu depremlerin yıllara, derinliklerine, enerji dağılımı ve sınıflandırılmasına göre hesaplamalar yapılmış, bölgede içinde en büyük sismik enerji üreten alanlar ortaya konulmuştur.

Bölgedeki genel kabuk yapısı potansiyel alan verileriyle ortaya konulmuştur. Buna göre çalışma alanında kabuğun batıdan doğuya doğru kalınlaştığı gözlenmektedir. Hesaplanan kristalin temel topografyasında Buldan ve çevresinde kristalin temel topografyasının temel kayaçların mostra verdiği ve horst yapılarına karşılık gelen bir alan olduğu bunun sonucu genelde sığ olduğu gözlenmiştir. Buldan ve çevresi için beklenen en büyük magnitüd haritası ve bunların gravite alanlarıyla ilişkisi tartışılmıştır.

Buldand ve civarında meydana gelen tarihsel depremler yönüyle de bakıldığında bölge için yüksek risk taşıdığını görülmektedir. Güncel veriler ışığında inceleme alanının 1900-2006 yılları arası episantr dağılımı haritası ve çalışma bölgesi ve civarı için beklenen maksimum magnitüd dağılımı haritası incelendiğinde maksimum 6.9

magnitüdü deprem meydana geleceği ortaya konmuştur. Bilgisayar yazılımları kullanılarak hesaplanan moho topografyası haritasında Buldan ve civarında kabuk kalınlığı 25-27 km arasında değiştiği gözlenmiştir

1. GİRİŞ

Denizli'nin kuzeybatısında bulunan Buldan, içinde bulunduğu Ege bölgesinin tektonik rejimi itibarıyla depremsellik yönüyle oldukça aktif bir yapıya sahiptir. Bu çalışmada Buldan ve çevresini içine alan 28° - 29° D enlemleri ve 37.50° - 38.50° K boylamları arası $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ lik bir alan belirlenerek 1900-2006 yılları arasında meydana gelen depremler belirlenmiştir. Araştırma alanında belirlenen depremlerden büyüklükleri 3 ve daha büyük olanları alınmış, bu depremlerin yıllara, derinliklerine, enerji dağılımı ve sınıflandırılmasına göre hesaplamalar yapılmış, bölgede en büyük sismik enerji üreten bölgeler ortaya konulmuştur. Depremlerin derinlik dağılımları bölgenin gravite ve manyetik alanlarıyla karşılaştırılıp, kabuk yapısı irdelenmiştir. Çalışmada kullanılan deprem kayıtları The International Seismological Centre (ISC) ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü deprem kayıtlarından alınmıştır. Bölgede aletsel dönem öncesi meydana gelen tarihsel depremler incelenmiştir. Bu alanın tarihsel depremler yönüyle bölge için risk taşıdığı görülmüştür. Depremlerin ne zaman ve hangi büyüklükte olacağını kestirmek henüz mümkün olmadığı için, bölgenin tektonik yapısı ve jeolojik özelliklerini bilerek tahminler yapılabilmektedir. Meydana gelen depremlerin odak derinliklerine bakılarak en çok depremin 0-10 km arası meydana geldiği saptanmıştır. Depremlerde açığa çıkan enerji sınıflamasına bakıldığında en çok depremin **E+9** joule sınıfında meydana geldiği belirlenmiştir. Bouguer gravite alan haritası yardımıyla bu bölgedeki deprem aktivitesinin yüksek olduğu derinlikler ve kristalin temel seviyeleri bu derinliklerle uyumludur. Kabuk kalınlığı incelenen bölge için 25-27 km aralığında belirlenmiştir.

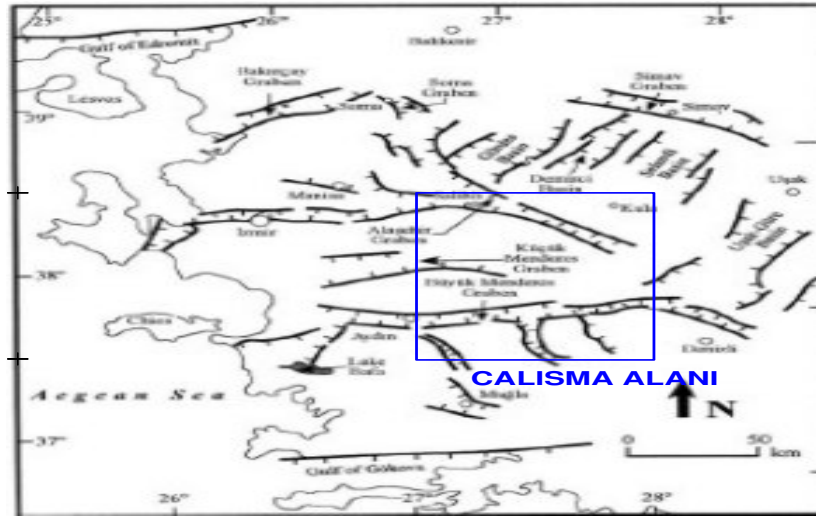


Şekil 1.İnceleme alanının yer buldur haritası

1.1. Çalışma Alanının Tektoniği:

Ege bölgesi ve çevresindeki sismisite, Afrika ve Arap Plakalarının Avrasya'ya göre kuzeye doğru hareketi sonucunda oluşmuştur. Batı Anadolu dünyada kıtasal genişlemenin en aktif olduğu bölgelerden biridir. Kıtasal ölçekte yüksek sismik aktiviteye sahiptir Afrika plakası kuzeye doğru hareket ederek Girit ve Kıbrıs Yayılarında Ege-Anadolu bloğunun altına dalmaktadır. Arabistan plakası kuzeye doğru hareket ederek, Avrasya plakası ile çarpışmıştır. Türkiye ve çevresindeki genç tektonik hareketler bu çarpışmanın ürünleridir. Bu çarpışma sonucu Avrasya plakası ile Arabistan plakası arasında sıkışmış durumda kalan Anadolu bloğu batıya doğru kaçmaya çalışmaktadır. Son yıllardaki çalışmalar Ege-Anadolu bloğunun bütün halinde batıya doğru kaydığı göstermektedir. Anadolu Plakasının Karadeniz Plakasına göre batıya hareketi, Batı Anadolu'da doğu-batı yönünde sıkışmaya, kuzey-güney yönünde de genişlemeye neden olmaktadır (McKenzie, 1978) [1]. Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fayları ile sınırlı olan Anadolu Plakasının, batısındaki sınır pek belirgin değildir, güney sınırı ise Afrika Kıtası ile sınırlıdır ve sınırda Afrika Kıtasının Anadolu Plakasının altına dalmasıyla oluşan yitim zonu mevcuttur.

Bölgenin en belirgin yapısal özelliği D-B doğrultulu eğim atımlı normal faylanmalardır. Batı Anadolu'da genel olarak yer kabuğunda önce bir sıkışma sonra bir gerilme meydana gelmiştir. Bu kıtasal çarpışma geniş bir deformasyon zonu oluşturmaktadır. Batı Anadolu'da yaklaşık K-G yönlü genişleme tektoniğine bağlı olarak D-B ve BKB-DGD doğrultulu birçok graben gelişmiştir (McKenzie, 1978; Dewey ve Şengör 1979) [2]. Bu grabenler kuzeyden güneye doğru; Edremit Körfezi, Bakırçay-Simav grabeni, Gediz-Küçük Menderes grabenleri, Büyük Menderes ve Gökova Körfezi grabenleri şeklinde sıralanabilir.



Şakil2 .Batı Anadolu başlıca yapısal elemanlarını gösteren harita [3]

1.2. Çalışma Alanında meydana gelen tarihsel depremler:

Bölgede meydana gelen tarihsel depremler incelendiğinde (Ambraseys,. 1995)[4] önemli yıkıcı depremlerin meydana geldiği görülmüştür. Bunlardan biri 7 Haziran 1651 yılında Büyük Menderes Nehri'nin üst kısımlarına kadar ulaşan lokal yıkıcı bir depremi Yunan kökenli notlara göre; 28 Mayıs 1651 Çarşamba tarihinde Honaz ve Laodikya bölgelerinde bir deprem olmuş, 700 Müslüman ölmüş, Hıristiyanlardan ise ölen olmadığı kaydedilmiştir. (Lampros 1910. 192.) [5]. Diğer önemli bir deprem 25 Şubat 1702 yılında Türkiye'nin batısında meydana gelmiş. Görgü tanıklarından alınan bilgiye göre sabah saat 8.30 da meydana gelen depremde 12 000 insan ölmüş, Denizli'nin 5 km kuzeyinde yer alan Eskihisar'ın yanındaki Gümüş Çayı yön değiştirmiştir. Osmanlı kaynaklarında ise bu olay şu şekilde ifade edilmiş; Hicri 1114 (28 Mayıs 1702-16 Mayıs 1703) te Denizli ve çevresindeki köy ve kasabaları etkileyen yıkıcı bir deprem meydana gelmiş., sayısız ev ,dükkan, mescit yıkılmış, insanlar çadırlarda yaşamış. (Raşid 1282, ii. 584, cf. Özcan 1979. ii. 980) [6][7] Katip Çelebi seyahatnamesinde Zilhicce 1114 tarihinde Denizli kasabasının bir depremle harabeye döndüğünden bahsetmiş (Katip Çelebi 1146.146) [8] Osmanlı ve Avrupa kaynakları arasındaki farkı bağdaştırmak zor ama iki farklı olay olduğunu gösteren bir kanıt yok. Ayrıca Egnot 1700-1709 yılları arasında İzmir'de yaşamış ve yalnızca bir depremden bahsetmiştir. 19 Kasım 1717 'de Denizli ve çevresindeki köylerin yerle bir olduğu lokal yıkıcı bir deprem olmuş. Dönemin Osmanlı kadısının sunduğu dilekçeye göre 19 Kasım 1717 Çarşamba günü öğle namazı vakitlerinde büyük bir deprem meydana gelmiş şehirdeki camiler, mescidler, hanlar, hamamlar ve evler tümüyle yıkılmış hiçbirinden iz kalmamıştır. Depremde tahmini 6000 insanın öldüğü rapor edilmiş. Depremden sonra büyük bir yangın çıkmış insanlar komşu sancaklara sığınmışlar. Diğer bir kaynaktan elde edilen bilgiye göre [8] deprem Antalya'dan da belirgin olarak hissedilmiş ve Denizli'de yaşayan Hıristiyanların hayatını kaybettiği Paris'e rapor edilmiş. Denizli merkezli 10 km çaplı bir çember içinde Honaz ve Saray arasındaki Küçük Menderes boyunca uzanan köyler zarar görmüştür.

1.2. Çalışma Alanında meydana gelen aletsel dönem depremler:

Tarih	Yer	Şiddet
1925	Buldan	5.5
1946	Buldan	>6
1948	Buldan	4.8
1967	Buldan	4.8
1969	Buldan-Güney	4.9
2003	Buldan	5.2
2003	Buldan	5.0
2003	Buldan	5.6
2003	Buldan	4.9
2003	Buldan	4.1
2003	Buldan	4.3
2003	Buldan	4.2
2006	Buldan	4,1
2006	Buldan	4,5

2. KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu çalışmada 28.00⁰-29.00⁰ Doğu boylamları ve 37.50⁰-38.50⁰ Kuzey enlemleri arasında kalan bölgede gravite anomali haritaları ve bunlardan hesaplanan kristalin temel ve kabuk derinlik haritaları, tektonik ve sismisite haritaları karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı Şekil 1'de verilmiştir. Çalışmada yararlanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır;

2.1. Hiperbolik yoğunluk değişimi yöntemi

Gravite anomalisini kullanarak, yoğunluk farkı $\Delta\rho_0$ hiperbol denklemiyle tanımlanır ve derinlikle değişim oranı olan β biliniyorsa, havzanın taban derinliği

$$H = -\Delta g \beta (\Delta g - 41.85 \rho_0 \beta) \quad (2)$$

bağıntısı kullanılarak hesap edilmektedir [9]. Çalışma alanına ait gravite değerlerine uygulanan hiperbolik yoğunluk değişimi yöntemi sonucu elde edilen kabuk temel topografyası dağılım haritası Şekil 3'de verilmiştir.

2.2. Gumbel Uç Değerler Dağılım Yöntemi

Gumbel uç değerler metodu belirlenen bir bölge ve zaman aralığında en büyük deprem magnitüd değerleri kullanılarak deprem riskinin tahmini için kullanılan istatistiksel bir

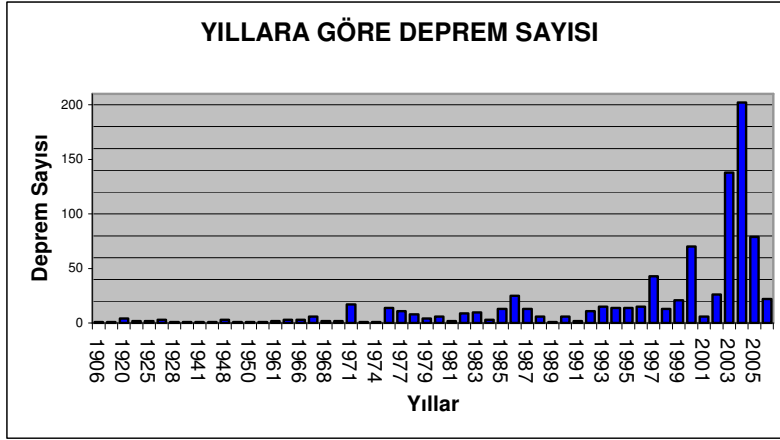
yaklaşım yöntemidir. Çalışma alanında bu yöntem kullanılarak deprem riskini tahmin eden çalışmalar yapılmıştır [10],[11]. Bu çalışmada beklenen en büyük magnitüd değeri dağılımları Macropoulos ve Burton, [12] tarafından hazırlanan bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır. Gumbel uç değerler metodunun 3. tip asimptotik dağılımı;

$$G^{III} = e^{-\left[\left(\frac{w-m}{w-u}\right)^k\right]} \quad m \leq w, u \leq w, k > 0 \quad (4)$$

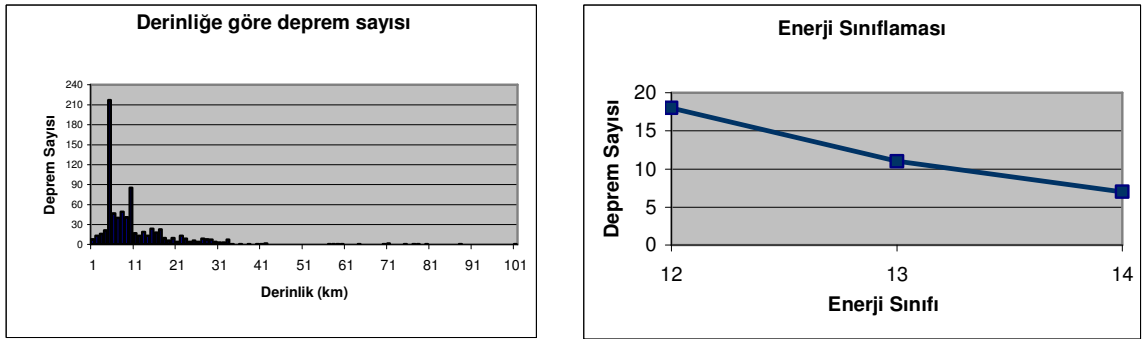
bağıntısıyla verilir. Burada m; maksimum (uç) magnitüd değeri, k; kavisleşme parametresi, w; uç değerler aralığının üst sınırı ve u; tekrarlanan uç değerlerin karakteristik değeridir. Gumbel dağılımları kullanılarak herhangi bir bölge için beklenen maksimum magnitüd ve geri dönüşüm periyotları hesaplanabilir.

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Buldan ve çevresinin depremselliğinin ve kabuk yapısının araştırıldığı bu çalışmada 1900-2006 yılları arasında 28.00°-29.00° D boylamları ve 37.50°-38.50° K enlemleri arası magnitüdü 3 ve 3'ten büyük olan depremler kullanılarak çalışma alanının en çok depremin meydana geldiği yıllar, açığa çıkan enerji miktarları belirlenmiştir. Depremlerin yıllara göre dağılımı Şekil.3 te verilmiştir. En çok deprem 202, 138, 79, 70 adet olmak üzere sırasıyla 2004, 2003, 2005 ve 1997 yıllarında meydana geldiği görülmüştür. Son yıllarda depremsellik açısından bölgenin aktivitesinin arttığını görüyoruz. Deprem sayısındaki bu artışa karşın bölgede incelenen zaman periyodunda depremlerin açığa çıkardığı enerjinin yıllara göre dağılımını incelediğimizde en çok enerji 2,49 E⁺¹⁵ Joule olmak üzere 1026 yılında ortaya çıkmıştır. Ortalama olarak bölgede her yıl 5,6 E⁺¹³ Joule enerji açığa çıkmaktadır. En fazla deprem sayısı 2004 yılında olmasına karşın, maksimum enerji 1926 yılında açığa çıkmıştır. İncelenen alanda açığa çıkan toplam enerji 5 E⁺¹⁵ joule dır. İnceleme alanında oluşan depremlerin derinlik dağılımı ve enerji sınıfını deprem sayısı ile olan ilişkisi Şekil 4'te verilmektedir. Depremlerin derinlikle değişimine bakıldığında, depremlerin çoğunlukla 0-10 km aralığındaki derinliklerde yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 4). Depremlerde açığa çıkan enerji Gutenberg-Richter-Rautian tarafından verilen K enerji sınıfı ile M magnitüdü arasındaki korelasyon bağıntı formüllerine göre yarıçapı 10 km olan referans küre üzerindeki sismik enerji E=10^K şeklinde hesaplanmıştır. Enerji hesaplamalarında K enerji sınıfı K=4+1.8 M (M≤5.5) ve K=8+1.1M (M>5.5) bağıntularından hesaplanmıştır [13].

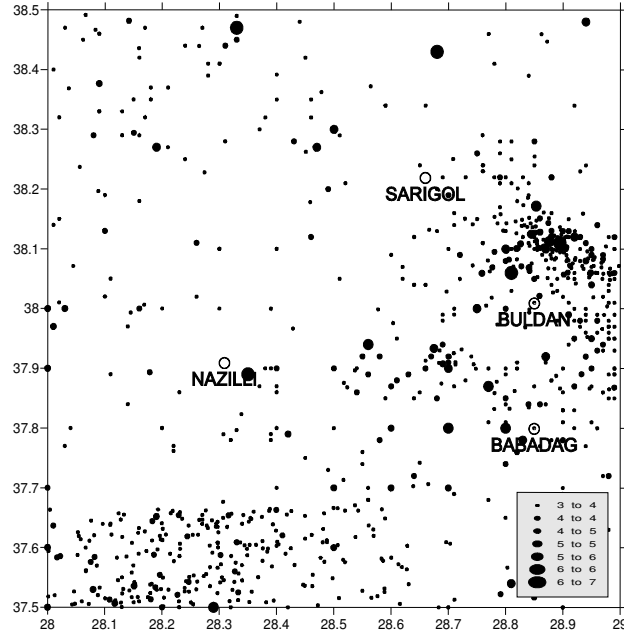


Şekil 3. Deprem sayısının yıllara göre dağılımı.

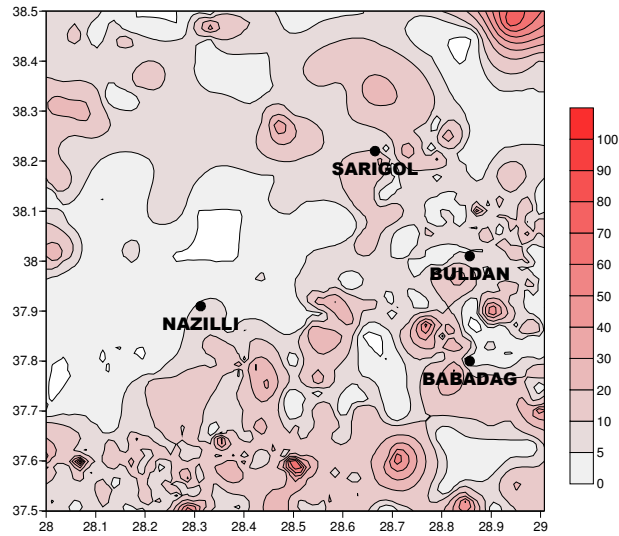


Şekil 4. Depremlerin sayısının derinlikle değişimi ve enerji sınıflaması.

İnceleme alanında meydana gelen depremlerin ve episantır dağılım haritası Şekil 5’de verilmiştir. Deprem episantır dağılımı haritasına bakıldığında depremlerin Buldan ve çevresinde kümелendiğini görüyoruz. Magnitüdü beş ve daha büyük olan depremlerin yine Buldan ve çevresinde yani çalışma alanının doğusunda ve orta kesimlerinde meydana geldiğini, büyüklüğü 4 ten küçük olan depremler çalışma alanının her yerinde gözlenmesine karşın yine çalışma alanının doğusunda ve güneybatısında yoğunlaştığı görülmüştür Bölgede meydana gelen depremlerin derinlik dağılımı haritası şekil 6’da görülmektedir. Bu şekle bakıldığında, derinliği 0-20 km aralığında değişen depremler çalışma alanının doğusunda ve güneyinde görülmektedir. Deprem derinliklerinin artışı çalışma alanında güneye ve kuzeybatısına doğru gidildikçe olmaktadır.. Buldan ve civarında daha çok yüzeye yakın depremler meydana gelmiştir.

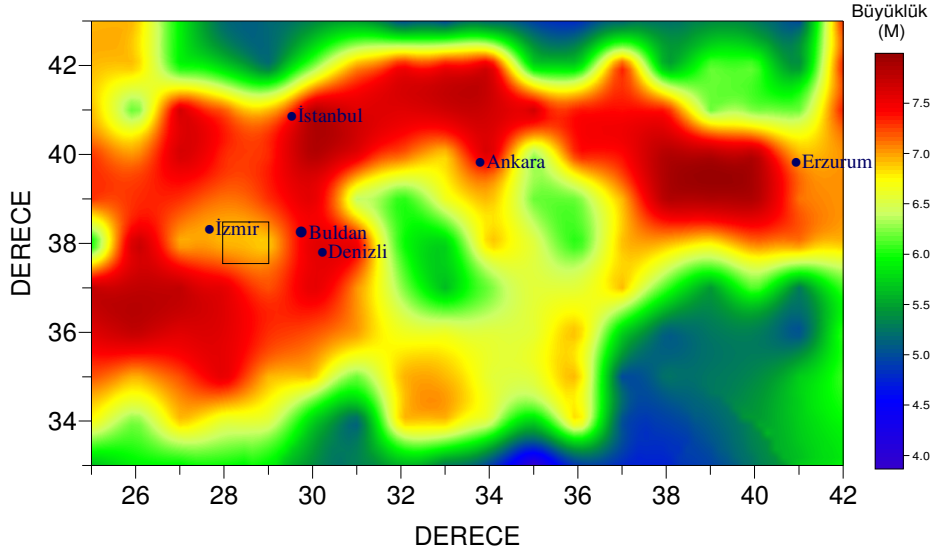


Şekil 5. Çalışma alanında meydana gelmiş depremlerin episantr dağılımı.



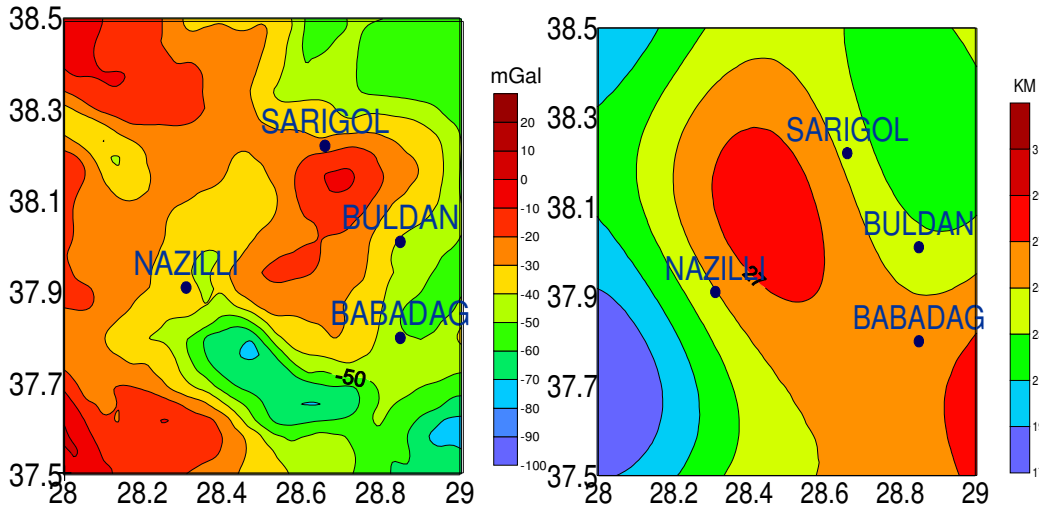
Şekil 6. Çalışma alanında meydana gelen depremlerin derinlik dağılımı

Şekil 7 de HAZAN.FOR bilgisayar programı kullanılarak hesaplanan Türkiye ve civarında gözlenebilecek beklenen en büyük magnütüd deprem dağılımı ve çalışma alanında meydana gelebilecek en büyük deprem dağılımı verilmektedir. Çalışma alanında meydana gelebilecek en büyük depremin 6,5 büyüklüğünde olabileceği gözlenmiştir.



Şekil 7. Türkiye ve çalışma alanına ait olabilecek en büyük deprem büyüklük dağılımı

Bölgenin kabuk kalınlığının belirlenebilmesi için MTA'nın hazırladığı Bouguer gravite anomali haritası kullanılmıştır. 3dınver matlab bilgisayar programıyla bu veriler kullanılarak bölgenin moho topografyası ortaya konulmuştur (Şekil 8). Elde edilen sonuçlara göre, gravite değerleri batıdan doğuya doğru negatif anomali göstermektedir. Bölgenin batısında gravite değerleri 10 mGal civarındayken, doğusunda -40 mGal civarına düşmüştür. Buna bağlı olarak, kabuk kalınlığının batıda 21 km'den doğuda 27 km civarına çıktığı görülmüştür



Şekil 8. Çalışma alanına ait Bouguer gravite anomali ve moho topografya haritası

4. SONUÇLAR

Çalışma alanımız olan Buldan ve çevresinde depremselliğinin ve kabuk yapısının belirlenebilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, bölgede meydana gelen tarihsel ve aletsel dönem depremler incelenmiş ve bu bölgenin depremsellik yönüyle oldukça aktif olduğu görülmüştür. Tarih boyunca birçok büyük şiddetli deprem görülmüştür. Yapılan hesaplamalarla bu bölgenin max. 6,5 şiddetinde bir deprem üretme potansiyeli olduğu ortaya konmuştur. Çalışma alanında kabuk kalınlığı batıdan doğuya doğru gidildikçe artmakta Buldan ve çevresinde kabuk kalınlığı 25 ile 27 km arasında değişmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] McKenzie, D., 1978. Active Tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: the Aegean Sea and Surrounding Regions, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 55, 217-254.
- [2] Dewey, J. ve Şengör, C., 1979. Aegean and Surrounding Regions Complex Multiplate and Continuum Tectonics in a Convergent Zone, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 90, 84-92.
- [3] Bozkurt E. (2000) Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey, and its tectonic implications, in: Bozkurt E., Winchester J.A., Piper J.D.A. (Eds.), *Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area, Geological Society Special Publication*, Geological Society, London, 173
- [4] Ambraseys N.N., 1995 *The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas*.
- [5] Lmpros. S., 1910 “Enthymiseon syllogi proti”, *Neos Hwllinomnimon*, vol. 7 pp.113-316 Athens.
- [6] Raşid, Mehmet(1282/1865-66) *Tarih.6 vols. İstanbul*.
- [7] Özcan, A., ed. 1979 *Defterdar Sarı Mehmet Paşa , Zübde-i Vekayi’at. 2 vols. Doctoral thesis, İst. Üniv. Edebiyat Fak., İstanbul*.
- [8] Katib Çelebi (1146/1733-74) *Takvimü’t –Tevarih. İstanbul*.
- [9] Rao, C.V., Chakravarthi, V. and Raju, M.L., 1994, Forward modeling: Gravity anomalies of two-dimensional bodies of arbitrary shape with hyperbolic and parabolic density functions. *Comput. Geosci.*, v. 20, p. 873-880.
- [10] Burton, P. W., McGonigle, R., Macropoulos, K. C. ve Üçer, S. B., 1984. Seismic Risk in Turkey, The Aegean and Eastern Mediterranean: The Occurrence of Large Magnitude Earthquakes, *Geophysics, J. R. Astr. Soc*, 78, 475-506.
- [11] Bayrak, 2004, *Sismoloji KTÜ-MMF Fakülte Ders Notları*, No, 62, 250 sayfa.
- [12] Macropoulos, K. C. ve Burton, P. W., 1985. Hazan: A Fortran Program to Evaluate Seismic-Hazard Parameters Using Gumbel's Theory of Extreme Value Statistics, *Computers&Geosciences*, Vol.12, No.1, pp.29-46.
- [13] Riznichenko Y.V., 1985 *Problemi Seysmologii*, Moskow , Nauka, P.405.