

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE DOĞAL
POTANSİYELİN ZAMAN SERİSİ ANALİZİ



Nur SUNGURLU

Ekim, 2018

İZMİR

ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE DOĞAL POTANSİYELİN ZAMAN SERİSİ ANALİZİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

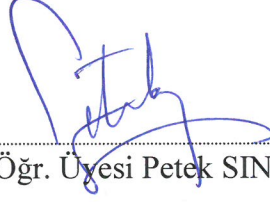
Nur SUNGURLU

Ekim, 2018

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

NUR SUNGURLU, tarafından DR. ÖĞR. ÜYESİ PETEK SINDIRGI yönetiminde hazırlanan “ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE DOĞAL POTANSİYELİN ZAMAN SERİSİ ANALİZİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



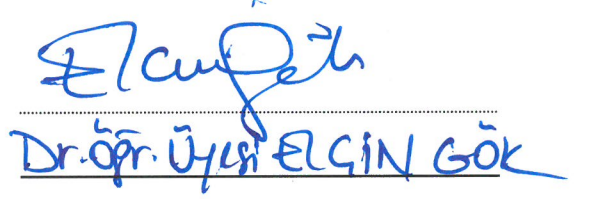
Dr. Öğr. Üyesi Petek SINDIRGI

Yönetici



Prof. Dr. Alper BABA

Jüri Üyesi



Dr. Öğr. Üyesi ELGİN GÖK

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın istasyon kurulum aőamaları, 2009.KB.FEN.16 (2008-75) numaralı ve ‘‘Sürekli Jeofizik Gözlemlerle Mevsimsel ve Sismolojik değişimlerin Yeraltına Etkilerinin İncelenmesi’’ adlı bilimsel araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederim. Ayrıca istasyon kurulumu aőamasındaki lojistik destekleri için İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Rektörlüğü’ne teşekkür ederim. Tez çalıőmam boyunca yardımlarını esirgemeyen her konuda danışabildiğim sayın tez hocam Dr. Öğr. Üyesi Petek SINDIRGI’ ya, bilgi ve birikimleriyle katkı sağlayan sayın hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Şenol ÖZYALIN’a ve Doç. Dr. Orhan Polat’a, fikir ve destekleriyle katkı sağlayan sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Elçin GÖK’e teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca bana destek olan ve her daim yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Nur SUNGURLU

ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE DOĞAL POTANSİYELİN ZAMAN SERİSİ ANALİZİ

ÖZ

Bu çalışma, İzmir İli, Urla İlçesi Gülbahçe Köyünde belirlenmiş bir alana sabitlenmiş dört adet elektrot yardımıyla 15.06.2013-14.06.2015 ve 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında belirli zaman aralıklarıyla kaydedilen ikişer yıllık doğal potansiyel (SP) verilerine uygulanan analizleri içerir. Çalışmada, iki kayıttan birinde kaydedilen verilerin değerlendirmeleri sunulmuştur. Bu analizlerde kullanılan yöntemler; “Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi (EADA)” ve “Güç Spektrumu”dur. 10 dakikada bir kaydedilen doğal potansiyel verileri günlük ortalamaları alınarak analiz edilmiştir. Her iki tarih aralığı için günlük ortalamaları hesaplanan doğal potansiyel verilerinin EADA yöntemiyle ölçekleme katsayısı (alfa) 1., 2. ve 3. dereceden polinomlarla hesaplanmış ve 1,5 değeri civarında bulunmuştur. Serilerin güç spektrumlarının logaritmik ölçekte çizimi yardımıyla elde edilen beta spektral üs değeri 15.06.2013-14.06.2015; 24.11.2015-23.11.2017 tarih aralıkları için sırasıyla 2,01 ve 1,82’dir. Beta spektral üssü ile alfa ölçekleme katsayısı arasındaki ilişkidən yararlanarak, EADA ile hesaplanan değerlere yakın (1,505 ve 1,41) ölçekleme katsayıları hesaplanmıştır. Yapılan analizlerden her iki yıllık sürecin benzer karakteristikte olduğu ve fraksiyonel Brown hareketi yaptığı görülmüştür.

Depremlerin doğal potansiyel verilerine olan etkilerini incelemek amacıyla sismik aktivitenin yoğun olduğu 27 Ocak 2017- 2 Temmuz 2017 tarih aralığındaki 10 dakikalık aralıklarla kaydedilmiş doğal potansiyel verilerinin saatlik ortalamaları kullanılarak güç spektrumu grafiği elde edilmiş ve beta spektral üs değerlerine ulaşılmıştır. İzmir- Balıkesir Transfer Zonu’nun yer aldığı bölgeyi de kapsayan 37,81 derece-39,03 derece enlem, 26,12 derece-27,97 derece boylamları arası bölgede meydana gelen depremlerin doğal potansiyel verilerine olan etkisi incelenmiştir. Spektral üs değerlerinin artmasıyla (beta büyük eşit 3) ilişkilendirilen depremlerin meydana geldiği bölgeler incelendiğinde İzmir- Balıkesir Transfer zonu içerisinde yer alan depremlerin genel olarak spektral üs değerlerini ortalamaya göre artırdığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal potansiyel, deprem, eada, güç spektrumu

TIME SERIES ANALYSIS OF SELF POTENTIAL WITH VARIOUS METHODS

ABSTRACT

This study was carried out with the help of four electrodes fixed in a selected area in Gülbahçe Village of Urla District of İzmir Province. It includes analysis of two years self-potential (SP) data recorded at specific time intervals between June 15, 2013, June 14, 2015 and November 24, 2015, November 23, 2017. In the study, evaluations of the data recorded in one of the two data loggers are presented. The methods used in these analyses are; "Detrended Fluctuation Analysis (DFA)" and "Power Spectrum". Self-potential data recorded every 10 minutes were analysed by calculating daily averages. Scaling exponent (α) of the self-potential data daily means for both date ranges was calculated with the polynomials degree of 1, 2, 3. Calculated scaling exponent is approximately 1.5. The beta spectral exponent values obtained by plotting the power spectra of the series with logarithmic scale for the date ranges of 15.06.2013-14.06.2015 and 24.11.2015-23.11.2017; 2,01 and 1,82 respectively. Using the relationship between the beta spectral exponent and alpha scaling factor, scaling factors were calculated. These are consistent with the values calculated by the EADA (1,505 and 1,41). From the analysis, it was seen that both of the self-potential time series had similar characteristics and characterized by a fractional Brownian motion.

To examine the impact of earthquakes on self-potential data, power spectrum graphs were plotted using the hourly averages of self-potential data recorded at 10-minute intervals between January 27, 2017 and July 2, 2017, where seismic activity is intense. The spectral exponents were also calculated. In the region, including İzmir-Balıkesir Transfer Zone, inside the latitudes and longitudes between 37,81 degree – 39,03 degree and 26,12 degree – 27,97 degree the effect of the earthquakes on natural potential data is examined. The regions where the earthquakes which are thought to cause the increase of spectral exponent values (beta greater than or equal to three) were analysed, it was observed that the earthquakes in İzmir-Balıkesir Transfer Zone generally increased the spectral exponents according to the average.

Keywords: Self potential, earthquake, dfa, power spectrum

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ – DOĞAL POTANSİYEL YÖNTEMİ	4
2.1 SP Kaynakları.....	4
2.1.1 Elektrokinetik Potansiyel.....	4
2.1.2 Difüzyon Potansiyeli	5
2.1.3 Nernst Potansiyeli.....	6
2.1.4 Mineralizasyon Potansiyeli.....	6
BÖLÜM ÜÇ – URLA-GÜLBAHÇE BÖLGESİ JEOLJİSİ, SİSMOTEKTONİĞİ VE ARAZİ ÇALIŞMALARI	7
3.1 Çalışma Alanının Jeolojisi.....	7
3.2 Bölge Sismotektoniği ve Güncel Etkinlikler.....	9
3.3 Zamana Bağlı Doğal Potansiyel Ölçümleri ve Ekipmanları	16
BÖLÜM DÖRT– ZAMAN SERİLERİ.....	19
4.1 Zaman Serisi Tanımı	19
4.2 Zaman Serileri Değerlendirmesinde Kullanılan Tanımlar	19
4.2.1 Fraktal Kavramı	19

4.2.2 Gürültü Çeşitleri	20
4.2.3 Brown Hareketi.....	20
4.3 Zaman Serileri Değerlendirme Yöntemleri	21
4.3.1 Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi (EADA)	21
4.3.2 Güç Spektrumu	22
BÖLÜM BEŞ– ANALİZ SONUÇLARI	24
5.1 On dakika aralıklarla kaydedilen SP verileri, günlük ve saatlik ortalamaları.....	24
5.1.1 2013-2015 SP değerleri, günlük ve saatlik ortalamaları.....	24
5.1.2 2015-2017 SP değerleri, günlük ve saatlik ortalamaları.....	26
5.2. SP verilerinin EAD Analizleri ve Güç Spektrumları	27
5.2.1 2013-2015 SP verilerinin EAD Analizleri ve Güç Spektrumları	28
5.2.2 2015-2017 SP verilerinin EAD Analizleri ve Güç Spektrumları	29
5.3. SP verilerinde Güç Spektral Yoğunluğu Tespiti.....	30
5.3.1 2013-2015 SP verilerinin Güç Spektral Yoğunluğu Tespiti.....	30
5.3.2 2015-2017 SP verilerinin Güç Spektral Yoğunluğu Tespiti.....	31
5.4 Depremlerin Doğal Potansiyel Verileri ile İlişkisi	32
BÖLÜM ALTI – SONUÇLAR	37
KAYNAKLAR	39

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Farklı gerilim katsayılarına sahip jeolojik süreksizliklerin oluşturdukları SP anomalileri a) Düşey sınır, b) bir kuyudan yapılan sondaj, c) yatay sınır.....	5
Şekil 2.2 Difüzyon geriliminin oluşması	6
Şekil 3.1 Çalışma alanı.....	7
Şekil 3.2 İnceleme alanı ve çevresinin jeolojik haritası (Uzelli ve diğer., 2017)	9
Şekil 3.3 Türkiye'deki depremlere neden olan ana fay zonları. İzmir ili ve çevresi İzmir-Balıkesir Transfer Fay Zonu (İBTZ) içinde kalmaktadır. (Sözbilir ve diğer.,2009)	10
Şekil 3.4 İzmir ve yakın çevresinin diri fay haritası (Emre ve diğer., 2005a) üzerinde 17.10.2005 Sığacık (İzmir) depremlerinin dışmerkez lokasyonları ile son yüzyıldaki büyük depremlerin odak mekanizması çözümleri	12
Şekil 3.5 DEÜ 12 Haziran 2017 (15:28 TSİ) Mw=6,2 İzmir Karaburun (Ege Denizi) Depremi Sismolojik Ön Değerlendirme Raporuna göre; 12.06.2017-15h28 (Mw6,2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi açıkları) depremi episantr bölgesinde son 1 yıla deprem aktivitesi (beyaz daire), M6,2 artçılarının (kırmızı daire), M5,3 (yeşil daire) ve M5,0 (mavi daire) artçılarının dağılımı.....	14
Şekil 3.6 DEÜ 21 Nisan 2017, 17h12, Mw=4,9 Manisa - Şehzadeler Depremi Sismolojik Ön Değerlendirme Raporuna göre; Manisa - Şehzadeler 21.04.2017-17h12 (Mw 4,9) depremi episantr bölgesi son 1 yıla ait AFAD deprem etkinliği.....	16
Şekil 3.7 VR-71-Data Logger marka kayıtçı (Mulltimic, b.t) (a) MCM marka CuSO ₄ içeren elektrot (Mcmiller, b.t) (b).....	17
Şekil 3.8 Çalışma alanı ve istasyonun Google Earth görüntüsü.....	18
Şekil 3.9 Elektrot dizilimi ve oluşan potansiyel farklar	18
Şekil 4.1 Euclidyen Boyutlar ve Fraktal Boyutlar (İTU, b.t).....	19
Şekil 4.2 Gürültü türlerinin zamana bağlı değişimi ve logaritmik güç spektrumları (Scholarpedia,2006).....	20

Şekil 5.1 15.06.2013 - 14.06.2015 tarihleri arasında a. Ölçülen doğal potansiyel değerleri b. Günlük ortalamaları c. Saatlik ortalamaları grafiği.....	24
Şekil 5.2 24.11.2015 - 23.11.2017 tarihleri arasında a. Ölçülen doğal potansiyel değerleri b. Saatlik ortalamaları c. Günlük ortalamaları grafiği.....	26
Şekil 5.3 2013-2015 tarihlerindeki SP günlük ortalamalarının (a) 1. Dereceden (b) 2. Dereceden (c) 3.Dereceden polinomlara göre yapılan EAD analizleri ve ölçekleme katsayıları (alfa), (d) Güç Spektrumlarından elde edilen $\text{Log}[S(w)] - \text{Log}(w)$ grafikleri ve beta spektral üs değerleri.	28
Şekil 5.4 2015-2017 tarihlerindeki SP günlük ortalamalarının (a) 1. Dereceden (b) 2. Dereceden (c) 3.Dereceden polinomlara göre yapılan EAD analizleri ve ölçekleme katsayıları (alfa), (d) Güç Spektrumlarından elde edilen $\text{Log}[S(w)] - \text{Log}(w)$ grafikleri ve beta spektral üs değerleri.	29
Şekil 5.5 15.06.2013 - 14.06.2015 tarihleri arasında doğal potansiyel günlük ortalamalarının güç spektral yoğunluğu grafiği.....	30
Şekil 5.6 24.11.2015 - 23.11.2017 tarihleri arasında doğal potansiyel günlük ortalamalarının güç spektral yoğunluğu grafiği.....	31
Şekil 5.7 İncelenen depremleri içeren dikdörtgen alan.....	33
Şekil 5.8 Tablo 5.2’de gösterilen spektral üs değerlerinin artmasıyla ilişkilendirilen depremlerin harita üzerindeki dağılımları	34
Şekil 5.9 2 değerinden büyük spektral üs değerlerinin, büyüklüğü 3 ve üzeri olan depremlerin tarih aralığında gösterimi	35
Şekil 5.10 Spektral üs değerlerinin tarih aralığında değişimi	36

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 İzmir ve çevresinde yer alan diri faylara ilişkin bazı parametreler (DF: Diri Fay, ODF: Olası Diri Fay, Ç: Çizgisellik,N: Normal, SaYD: Sağ Yönlü Doğrultu Atım, D: Düşey) (Emre ve diğer., 2005b).....	13
Tablo 3.2 İstasyon Koordinatları.....	18
Tablo 5.1 Belirtilen tarih aralıklarında EADA ile elde edilen alfa değeri; beta ile alfa arasındaki ilişkiden yararlanarak elde edilen alfa değeri; Güç spektrumundan elde edilen beta değeri	31
Tablo 5.2 Spektral üs değerlerinin artmasıyla ilişkilendirilen depremlerin katalog verisi (AFAD).....	33

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Doğal potansiyel (SP) yöntemi; yapay akımlar kullanılmadan, yalnızca yer içinde çeşitli etkilerle oluşan yerin doğal potansiyelinin herhangi iki nokta arasındaki farkının ölçülmesine dayanmaktadır. Bu etkiler, topoğrafya, iklim değişimleri ve jeolojik koşullar gibi birçok faktördür. Doğal potansiyel yöntemi de yer içindeki bu doğal gerilim farklarından yararlanır. Doğal potansiyel yönteminin zamana bağlı olarak yapılan uygulamaları ise, yaklaşık 20 yıldan beri yapılmaktadır. Yöntem, özellikle İtalya'nın güney bölgesinde sıklıkla uygulanmıştır (Colangelo, Lapenna ve Telesca, 2008; Telesca, Colangelo, Lapenna ve Macchiato, 2005). Günümüze dek dünyada yapılan çalışmalarda zamanın fonksiyonu olarak kaydedilen doğal potansiyel verilerine EAD (Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi), PCA (Principle Component Analysis) gibi pek çok sayısal analiz ve zaman serileri yöntemleri uygulanmıştır. (Balasco, Lapenna ve Telesca, 2002; Peng, Havlin, Stanley ve Goldberger, 1995). Ülkemizde ise konuyla ilgili yapılan çalışmalar kısıtlıdır. (Sındırgı, 2012; Sındırgı ve Kaftan, 2013).

Zaman serileri değerlendirme yöntemlerinden olan eğilimden arındırılmış dalgalanma analizi jeofizikte çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Petrol rezervuarlarında kuyu loglarından (sonik, gama ray, yoğunluk, porozite ve rezistivite) yararlanarak modelleme yapılmasında (Riberio, Mata, Lucena, Fulco ve Corso, 2014), deprem kataloglarından yararlanarak deprem davranışının belirlenmesinde (Enescu, Ito, Radulian, Popescu ve Bazacliu, 2005; Telesca, Lovallo, Lapenna ve Macchiato, 2007, Telesca ve Lovallo, 2008; Telesca ve diğer., 2012; Telesca, Matcharashvili, Chelidze, Zhukova ve Javakhishvili, 2013 ; Varotsos, Sarlis ve Skordas, 2014 ; Tsekov ve Peneva, 2016; Sborshchikovi, Chelidze, Zhukova, Mepharidze, ve Matcharashvili, 2016), sismisite gözlemleriyle volkanik süreçlerin anlaşılmasında (Del Pin, Carniel ve Tarraga , 2008; Lachowycz ve diğer., 2013) ayrıca sismik aktivitenin yoğun olduğu bölgelerde depremlerin manyetik (Nenovski ve diğer., 2007; Chamati ve diğer., 2009; Skordas, 2017) ve doğal potansiyel verilerine (Telesca, Colangelo, Lapenna ve Macchiato, 2003, 2005; Telesca ve Lapenna, 2004 ; Ramírez-Rojas ve diğer., 2007; Telesca, Balasco, ve Lapenna, 2007; Telesca, Lovallo, Ramírez-Rojas ve Angulo-

Brown, 2008, 2009) etkilerinin araştırılmasında kullanılmıştır. Zamanın fonksiyonu olarak kaydedilen doğal potansiyel verilerine güç spektrumu uygulamaları da (Cuomo, Lapenna, Macchiato, Serio ve Telesca, 1999; Telesca ve diğer., 2003, 2005; Telesca ve diğer., 2008, 2009; Ramírez-Rojas, Muñoz-Diosdado, Pavía-Miller ve Angulo-Brown, 2004; Flores-Márquez, Márquez-Cruz, Ramírez-Rojas, Gálvez-Coyt ve Angulo-Brown, 2007) yapılmıştır. EADA ile kuyu logları uygulaması Brezilya'da, deprem kataloglarından yararlanarak deprem incelemeleri Romanya, A.B.D., İtalya, Mısır, Japonya, Bulgaristan, Kafkasya'da, volkanik gözlemeleme çalışmaları İspanya ve Meksika'da, manyetik etkilerin gözlemlenmesi İtalya, Bulgaristan ve Macaristan'da uygulanmıştır. Zamana bağlı doğal potansiyel ölçümlerine Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi ve güç spektrumu uygulamaları İtalya ve Meksika'da uygulanmıştır. Ramírez-Rojas ve diğer., 2004, Flores-Márquez ve diğer., 2007 çalışmalarında, doğal potansiyel zaman serisine uygulanan güç spektrumundan elde edilen beta spektral üs değeri değişimi incelenmiş, 24 Ekim 1993 tarihinde 6,6 büyüklüğünde Guerrero bölgesi'nde olan Meksika depreminden 15 gün önce beta en büyük değerine ulaşmıştır. Telesca ve diğer., 2008 çalışmasında, beta spektral üssü değerlerinin ± 1 aylık dönem içinde kayan ortalamaları hesaplanmış, 14 Eylül 1995'de meydana gelen 7,4 büyüklüğündeki Guerrero-Oaxaca depreminden 100 gün önce kayan ortalama değerlerinde ani artış gözlenmiştir. Aynı çalışmada bu depremin olduğu dönem içinde uygulanan eğilimden arındırılmış dalgalanma analiziyle elde edilen eğride kırılmalar gözlenmiş, ölçekleme katsayıları farklı değerler almıştır. Sonuç olarak, doğal potansiyel zaman serilerine uygulanan eğilimden arındırılmış dalgalanma analiziyle elde edilen ölçekleme katsayısı ve güç spektrumundan elde edilen spektral üs değerleri incelendiğinde büyüklüğü fazla olan depremler veya sismik bir kümelenme olduğunda dalgalanma eğrisinde kırılmalar ve düzensizlikler gözlenmekte, ölçekleme katsayıları farklı değerler almakta ve spektral üs değerinde ani artış olmaktadır.

Urla-Gülbahçe ve çevresinde uygulanan jeolojik çalışmalardan Filiz ve Tarcan, 1990 çalışmasında Gülbahçe Körfezi güneyindeki jeotermal alanın hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopsal incelemesini gerçekleştirmiş; Özel ve Günay, 2000 çalışmasında Gülbahçe Körfezi'nin neotektonik yapısını incelemiş; Uzelli, Baba, Mungan, Dirik ve Sözbilir, 2017 çalışmasında Gülbahçe jeotermal sisteminin yapısal

ve hidrojeokimyasal incelemesini gerçekleştirmiştir. Bölgede yapılan jeofizik çalışmalardan Drahor, Sarı ve Şalk, 1999 çalışmasında Seferihisar jeotermal alanında SP (doğal gerilim) ve gravite çalışmaları yapmışlardır. Sındırgı, Pamukçu ve Özyalın, 2008 çalışmasında Seferihisar jeotermal alanında NTG yöntemini uygulamışlardır. Sındırgı ve Kaftan, 2013 çalışmasında Urla-Demircili bölgesinde zamana bağlı ölçülen doğal potansiyel verilerine yapay sinir ağları yöntemini uygulayarak, deprem ve yağış etkisi incelenmişlerdir. Pamukçu, Gönenç, Sındırgı ve Baba 2014 yılında yazdıkları kitap bölümünde, Gülbahçe jeotermal alanının yapısal özelliklerini gravite, manyetik, SP ve DES çalışmaları ile ortaya koymuşlardır. Gök ve Polat, 2014 çalışmasında odak mekanizma çözümleri kullanarak İzmir ve çevresinin güncel tektoniği hakkında bilgi vermişlerdir. Drahor ve Berge, 2017 çalışmasında Güzelbahçe bölgesinde Holosen ve Kuvaterner formasyonlarla örtülen sığ jeolojik yapıları incelemek amacıyla ERT (elektrik rezistivite tomografi), GPR (yer radarı), SRT (sismik kırılma tomografisi), manyetik, VLF (çok alçak frekans elektromanyetik yöntem) ve SP (doğal potansiyel) yöntemlerini kullanmışlardır. Özer ve Polat, 2017 çalışmasında yerel deprem tomografisinden yararlanarak İzmir ve çevresinin 3 boyutlu sismik hız yapısını açıklamışlardır.

BÖLÜM İKİ

DOĞAL POTANSİYEL YÖNTEMİ

Doğal potansiyel yöntemi yer içine elektrik akımı uygulamadan yerin elektrik potansiyelini ölçmeye yarayan bir yöntemdir. Doğal potansiyel (**S**elf **P**otansiyel – **SP**) yöntemi ilk olarak 1830'da İngiltere'de bakır sülfür yataklarının belirlenmesinde kullanılmıştır. SP yönteminin kullanıldığı alanlar; su sızıntılarının belirlenmesi (Ogilvy, Ayed ve Bogoslovsky, 1969), jeotermal alanlar (Corwin ve Hoover, 1979), çevre ve mühendislik çalışmaları (Sharma, 1997), yer altı sıvı hareketlerinin tanımlanması (Schiavone ve Quarto, 1984), volkanik sahalar (DiMaio ve diğer., 1997), tektonik sahalar (DiMaio ve Patella, 1991; Lapenna, DiBello, Satriano ve Tramutoli, 1994), maden sahaları (Breusse, 1940; Yüngül, 1950), arkeolojik çalışmalar (Corwin, 1973; Wynn ve Sherwood, 1984) dır.

2.1 SP Kaynakları

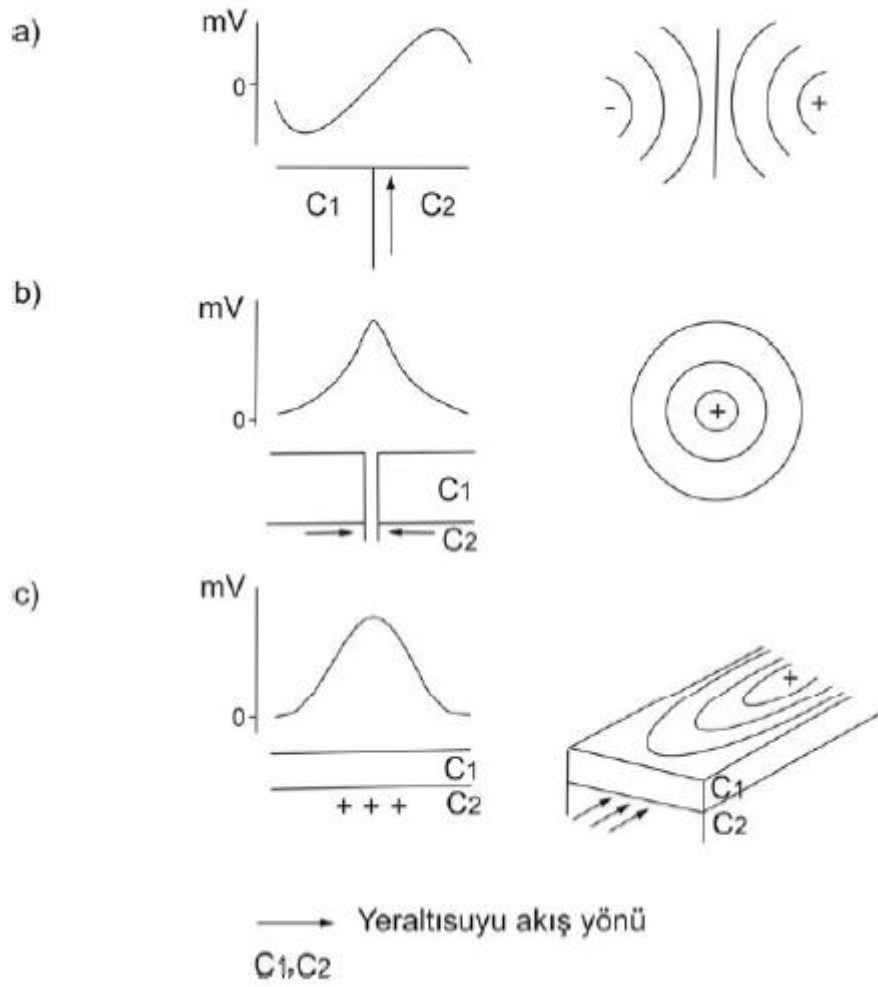
Doğal potansiyeli oluşturan mekanizmalardan elektrokimyasal etkilere en çok maden araştırmalarında rastlanırken, termoelektrik veya elektrokinetik etkilere ise jeotermal alanlarda ve volkanik olaylarda rastlanılmaktadır.

2.1.1 Elektrokinetik Potansiyel

Gözenekli kayaç içinde gözeneklerin dar ve kılcal geçitlerindeki yer altı suyu akış hareketi geçit uçlarında kutuplaşma meydana getirir. Kutuplaşmada meydana gelen elektrokinetik potansiyel (Ogilvy ve diğer., 1969);

$$E_K = - \frac{\Phi \Delta P \epsilon \rho}{4\pi \eta} \quad (2.1)$$

bağıntısı ile verilir. E_K elektrokinetik gerilimi(milivolt), Φ adsorbsiyon potansiyelini, ϵ dielektrik sabiti, ΔP basınç farkını, η sıvının viskozitesini, ρ sıvının elektrik özdirencini göstermektedir. Porozlu ve kırıklı ortamlarda bu su akışı daha etkilidir. Yeraltında C1 ve C2 gerilim katsayılarına sahip iki farklı jeolojik formasyonun çeşitli geometride bulunuşları SP anomalisinin şeklini belirler.



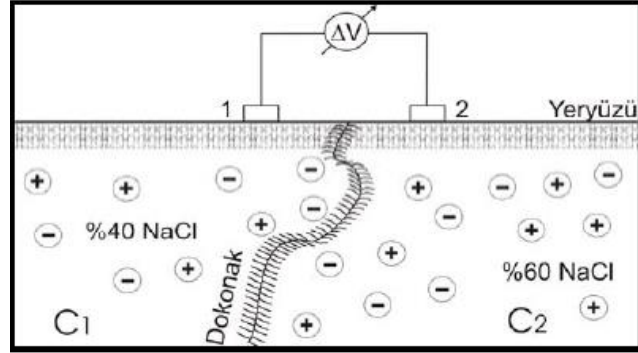
Şekil 2.1 Farklı gerilim katsayılarına sahip jeolojik süreksizliklerin oluşturdukları SP anomalileri a) Düşey sınır, b) bir kuyudan yapılan sondaj, c) yatay sınır (Çağlar, 1991)

2.1.2 Difüzyon Potansiyeli

İyon konsantrasyonu farklı ortamlar arasında iyon nüfuzu ile meydana gelir. Yük miktarlarının eşitlenmesi için anyon ve katyon hareketi meydana gelir. Tatlı su tuzlu su girişimleri ve zemin kirlenmeleri örnek verilebilir. Difüzyon potansiyeli (Telford ve diğer., 1990);

$$E_D = - \frac{R\theta(I_a - I_c)}{Fn(I_a + I_c)} \text{Log} \left(\frac{C1}{C2} \right) \quad (2.2)$$

bağıntısı ile verilir. E_D difüzyon potansiyeli(milivolt), R gaz sabiti, F Faraday sabiti, n iyonik birleşme değeri, θ mutlak sıcaklık, C_1,C_2 konsantrasyon, I_a , I_c (-) ve (+) yüklerin hareketlilikleri mobilitedir.



Şekil 2.2 Difüzyon geriliminin oluşması (Çağlar, 1991)

2.1.3 Nernst Potansiyeli

Yer içinde farklı iyon ve iyon konsantrasyonlu ortamları arasında iletken bir bağlantı olduğunda elektromotor kuvvetinin meydana gelmesiyle doğal gerilim farkı oluşmasıdır. Nernst potansiyeli (Telford ve diğer., 1990);

$$E_N = - \frac{R\theta}{Fn} \text{Log} \left(\frac{C_1}{C_2} \right) \quad (2.3)$$

E_N nernst potansiyeli (milivolt), R gaz sabiti, F Faraday sabiti, n iyonik birleşme değeri, θ mutlak sıcaklık, C_1 , C_2 konsantrasyondur. Petrol ve su arayüzeylerinde, nehirlerle denizlerin karıştığı dokanaklar civarında ölçülebilen gerilimdir.

2.1.4 Mineralizasyon Potansiyeli

Doğada bulunan kalkopirit, galenit, sfelarit, grafit ve pirit gibi oksitli ve sülfürlü cevherleşmelerin oluştuğu iletken cevher kapanlarında sıcaklığa, tuz miktarına ve ıslaklık koşullarına bağlı olarak meydana gelen elektrokimyasal gerilimdir.

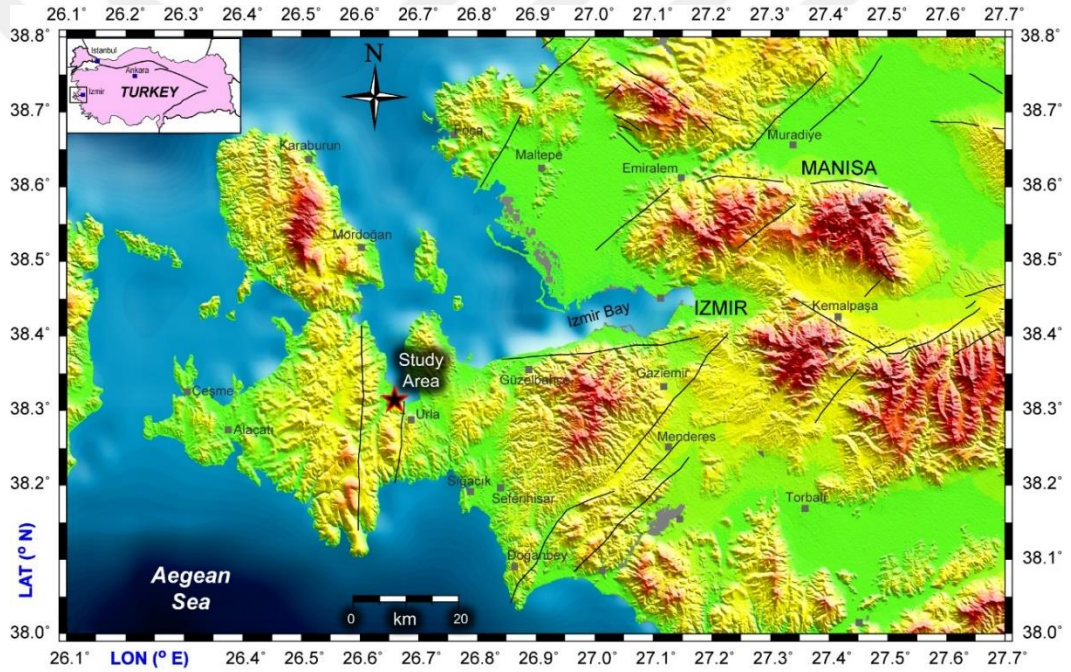
Doğal Gerilimin oluşmasını sağlayan diğer etkenler; iklim değişikliğine bağlı etkiler, elektrik güç hatları, tellürik akımlar, yapay akım kaynaklarından olan kaçaklar, yeraltındaki boru hatları, topoğrafya ve biyoelektrik aktivite olarak sayılabilir.

BÖLÜM ÜÇ

URLA-GÜLBAHÇE BÖLGESİ JEOLojİSİ, SİSMOTEKTONİĞİ VE ARAZİ ÇALIŞMALARI

3.1 Çalışma alanının Jeolojisi

Çalışma alanı İzmir ili Urla ilçesi Gülbahçe Köyü kuzeybatısında yer almaktadır. (Şekil 3.1). İstasyonların kurulduğu bölge Gülbahçe alt baseni yakınında yer almakta Gülbahçe alt basenindeki bu bölgede Gülbahçe fayı K-G yönelimli olup normal fay özelliği göstermektedir. Çalışma bölgesi Kocadağ volkaniklerinin bulunduğu bölgede yer almaktadır.



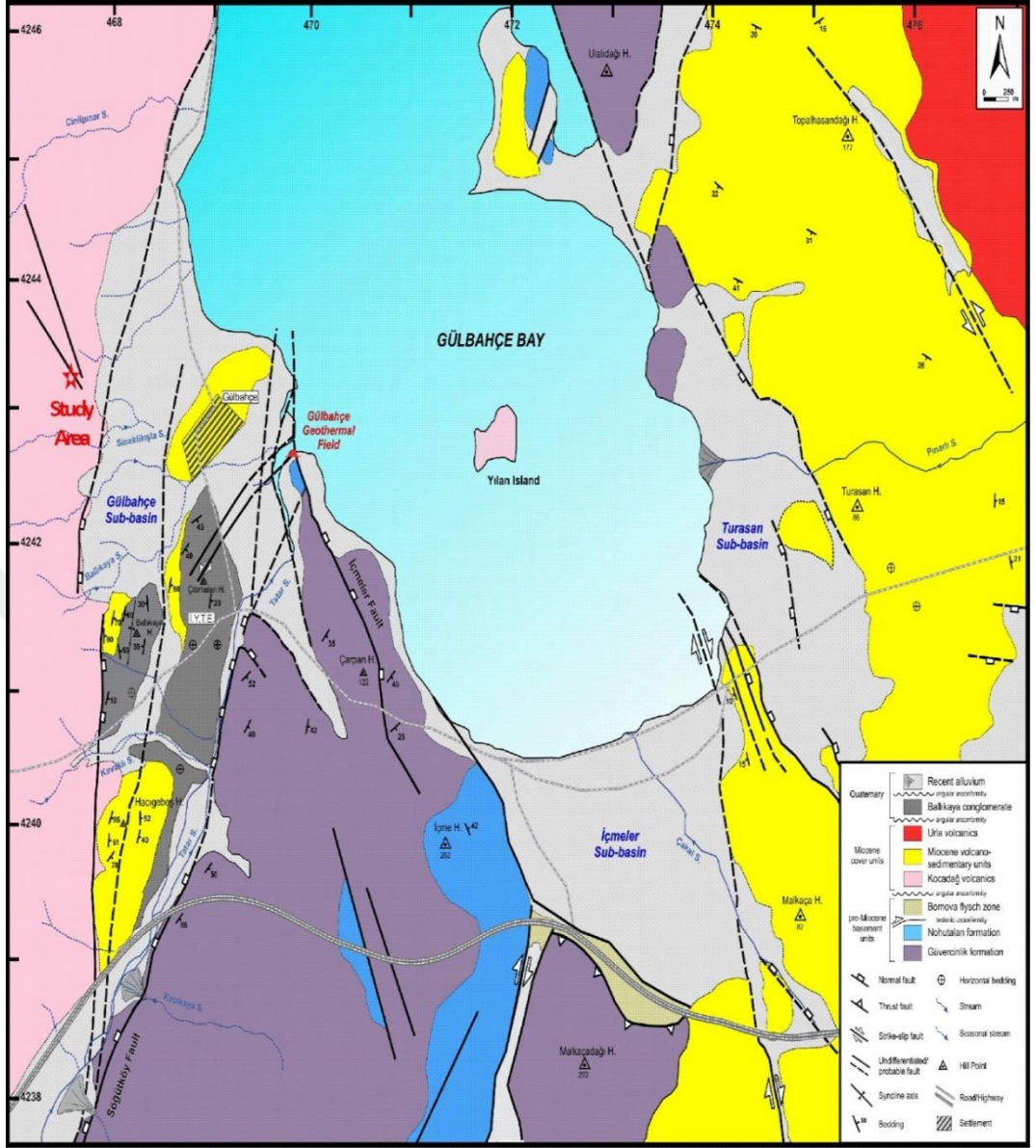
Şekil 3.1 Çalışma alanı

Çalışma alanının taban birimlerini, Karaburun Platformu Karbonatlarının Triyas-Jura yaşlılarından ve Bornova Fliş Zonunun üst Kretaseden ve Paleosene uzanan kumtaşı, silttaşı, şeyl, serpantin ve diyabaz gibi kayaçları meydana getirir. Bu birimleri uyumsuzlukla Urla Havzasında çökelmiş Miyosen yaşlı konglomera, kumtaşı, çamurtaşı gibi birimleri oluşturur. (Uzelli ve diğer., 2017).

Çalışma alanında çoğunluğu K-G yönlü olan fay sistemleri mevcuttur. Bunlardan en önemlisi olan ve K-G yönelimli faylardan oluşan Gülbahçe Fay Zonu, yaklaşık

10 km uzunlukta dağ sıraları boyunca uzanan güneyde iki segmentten oluşur. Fay segmentleri Sgtky nehri yakınında Gülbahçe alt basenine girer ve basenin sınırlarını oluşturur. Segmentler güneyde doğrultu atım karakterine sahipse de kuzeyde Gülbahçe alt basenine girdiğinde oblikten normal faya yönelim gösterirler. Sgtky fayı yaklaşık kuzey-güney doğrultuda kuzeye doğru dik açıyla dalan Kuvaterner tortullarını ayıran ve Gülbahçe jeotermal alanı çevresindeki nehirlerin morfolojisini kontrol eden yapıdadır. Diğer önemli yapı 5-6 km uzunluğunda kuzey-güney doğrultulu fay segmentidir. Fay düzlemi Kocadağ volkaniklerinin doğu sınırında Gülbahçe alt baseninde gözlemlenebilir (Uzelli ve diğer., 2017). SP gözlem istasyonu bu segmentin yaklaşık 250 metre batısında yer almaktadır (Şekil 3.2).





Şekil 3.2 İnceleme alanı ve çevresinin jeolojik haritası (Uzelli ve diğer.,2017)

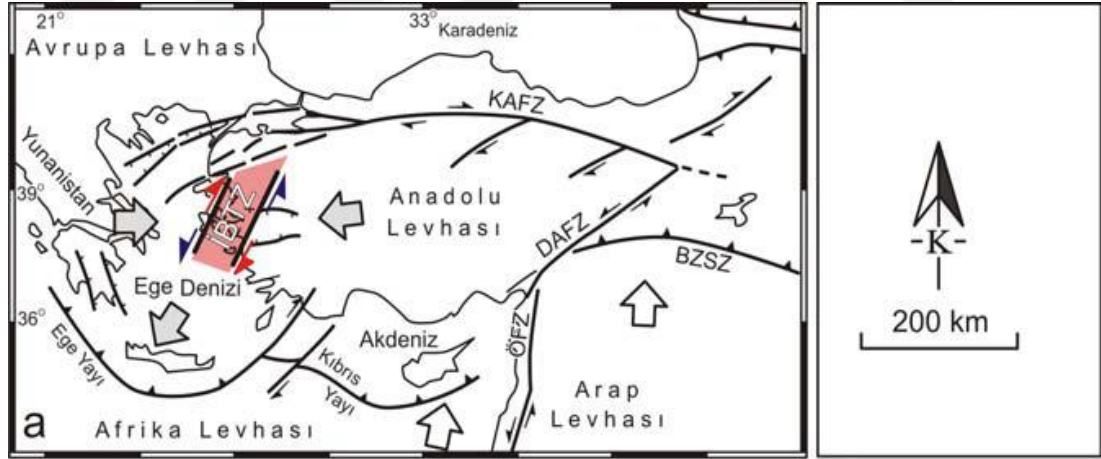
3.2 Bölge Sismotektoniği ve Güncel Etkinlikler

Arap levhasının Afrika levhasına göre daha hızlı hareket etmesi Anadolu levhasının batıya hareketine yol açmış, Anadolu levhasının Yunan makaslama zonu tarafından frenlenmesi bölgede genel bir doğu-batı sıkışmaya neden olmuştur. Çeşitli çalışmalarda doğu-batı sıkışmasının kuzey-güney açılma ile karşılanmaya başlandığı ortaya koyulmuştur (Ketin, 1948; McKenzie, 1972; Dewey ve Şengör, 1979). Bunun sonucunda Batı Anadolu'da, batıdan doğuya doğru grabenler meydana gelmiştir (Özel ve Günay, 2000).

Karmaşık tektonik sistemlerin olduğu Batı Anadolu’da, K-G yönlü açılma rejimi etkisiyle D-B uzanımlı normal faylar ve KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı faylar, deprem üreten en önemli tektonik unsurlardır. İzmir’i ve yakın çevresini etkileyen en önemli diri faylar; Menemen Fay Zonu (MFZ), İzmir Fay Zonu (İFZ), Orhanlı-Tuzla Fay Zonu (OFZ), Seferihisar Fay Zonu (SFZ) ve Gülbahçe Fayı (GF)’ dir (Emre ve diğer., 2005b).

İzmir ili ve çevresi İzmir-Balıkesir Transfer Zonu olarak bilinen doğrultu-atımlı faylarca baskın bir zayıflık zonu içinde yer alır. (Şekil 3.3) Midilli Adası ve çevresi Kuzey Anadolu Fayı’nın güney kolu ile İzmir-Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ) arasındaki transtansiyonel tektonik rejim etkisinde deforme olmaktadır (Sözbilir ve diğer., 2011; Uzel ve diğer., 2013)

İstasyonların kurulduğu bölge Gülbahçe alt baseni yakınında yer almakta Gülbahçe alt basenindeki bu bölgede Gülbahçe fayı K-G yönelimli olup normal fay özelliği göstermektedir. Bu bölge aynı zamanda İzmir-Balıkesir Transfer Zonu sınırları içinde yer almaktadır.



Şekil 3.3 Türkiye’deki depremlere neden olan ana fay zonları (Şengör ve diğer., 1985; Şengör, 1987; Reilinger ve diğer. 1997; Erkül ve diğer., 2005). İzmir ili ve çevresi İzmir-Balıkesir Transfer Fay Zonu (İBTZ) içinde kalmaktadır. KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, ÖFZ: Ölü Deniz Fay Zonu, BZSZ: Bitlis-Zagros Sütur Zonu (Sözbilir ve diğer., 2009)

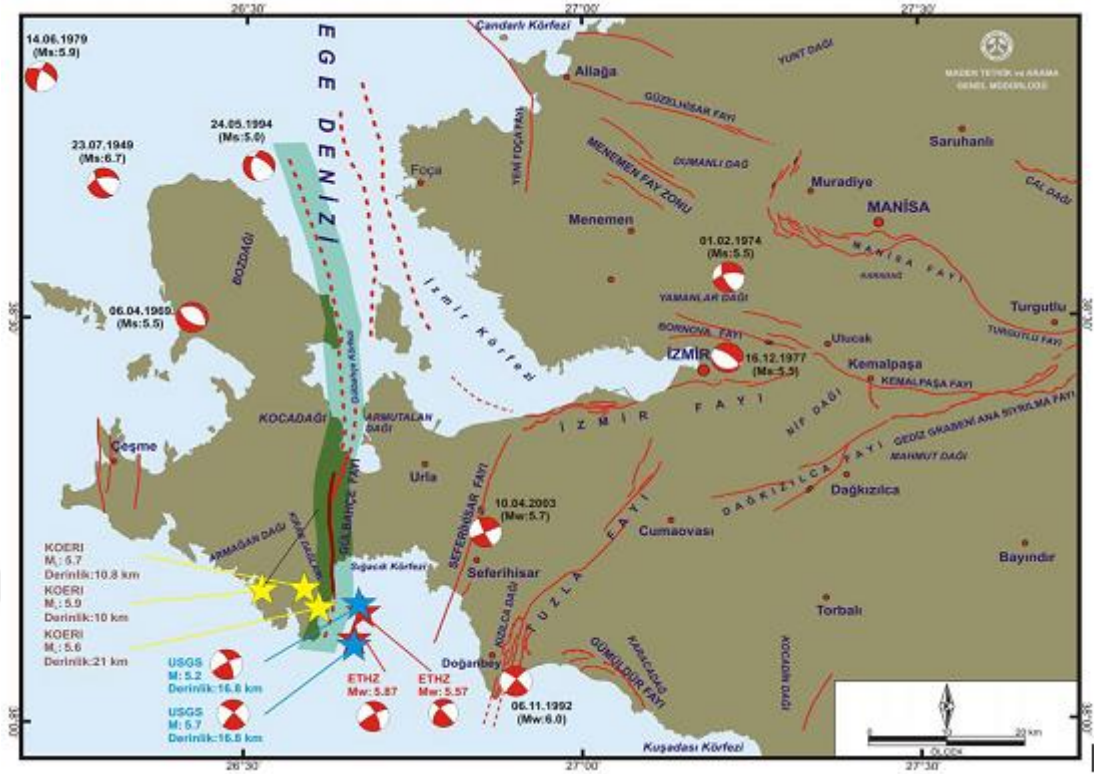
Ege Bölgesi tarihsel ve aletsel dönemde yoğun sismik aktiviteye sahiptir. Bu dönemde gözlenen depremlerden bir kısmı aşağıda listelenmiştir.

Tarihsel Dönem Depremleri (AFAD 2017)

1. 10 Temmuz 1688 İzmir
2. Nisan 1739 Foça (İzmir)
3. 3-5 Temmuz 1778 İzmir
4. 23 Şubat 1865 Midilli (Yunanistan)
5. 7 Mart 1867 Midilli (Yunanistan)
6. 1880 Sakız Adası (Yunanistan)
7. 15 Ekim 1883 Çeşme (İzmir)
8. 20 Eylül 1899 Menderes Vadisi, depremleri

Aletsel Dönem depremlerinden İzmir ve yakın çevresinin diri fay haritasında odak mekanizma çözümleri gösterilen depremler (Emre ve diğer., 2005a) aşağıda listelenmiş ve şekil 3.4'de gösterilmiştir.

1. 23 Temmuz 1949 Karaburun Depremi $M_S= 6,7$
2. 6 Nisan 1969 Karaburun Depremi $M_S= 5,5$
3. 1 Şubat 1974 İzmir Depremi $M_S= 5,5$
4. 16 Aralık 1977 İzmir Depremi $M_S= 5,5$
5. 14 Haziran 1979 Karaburun Depremi $M_S= 5,9$
6. 6 Kasım 1992 Doğanbey Depremi $M_W= 6,0$
7. 10 Nisan 2003 Urla Depremi $M_W= 5,7$
8. 17 Ekim 2005 Sığacık Körfezi-Seferihisar (İzmir) Depremleri



Şekil 3.4 İzmir ve yakın çevresinin diri fay haritası (Emre ve diğer., 2005a) üzerinde 17.10.2005 Sığacık (İzmir) depremlerinin dışmerkez lokasyonları ile son yüzyıldaki büyük depremlerin odak mekanizması çözümleri (McKenzie, 1972; Kocaefe ve Ataman, 1976; Drakopoulos ve Delibasis, 1982; Kalafat, 1995; Türkelli ve diğerleri, 1995; USGS)

İzmir ve yakın çevresinin diri fayları tablo 5.1 de gösterilmiştir (Emre ve diğer., 2005b). Bölgedeki faylardan Gülbahçe Fayı K-G doğrultulu düşey fay, Manisa Fayı K65B doğrultulu normal fay olarak belirtilmiştir.

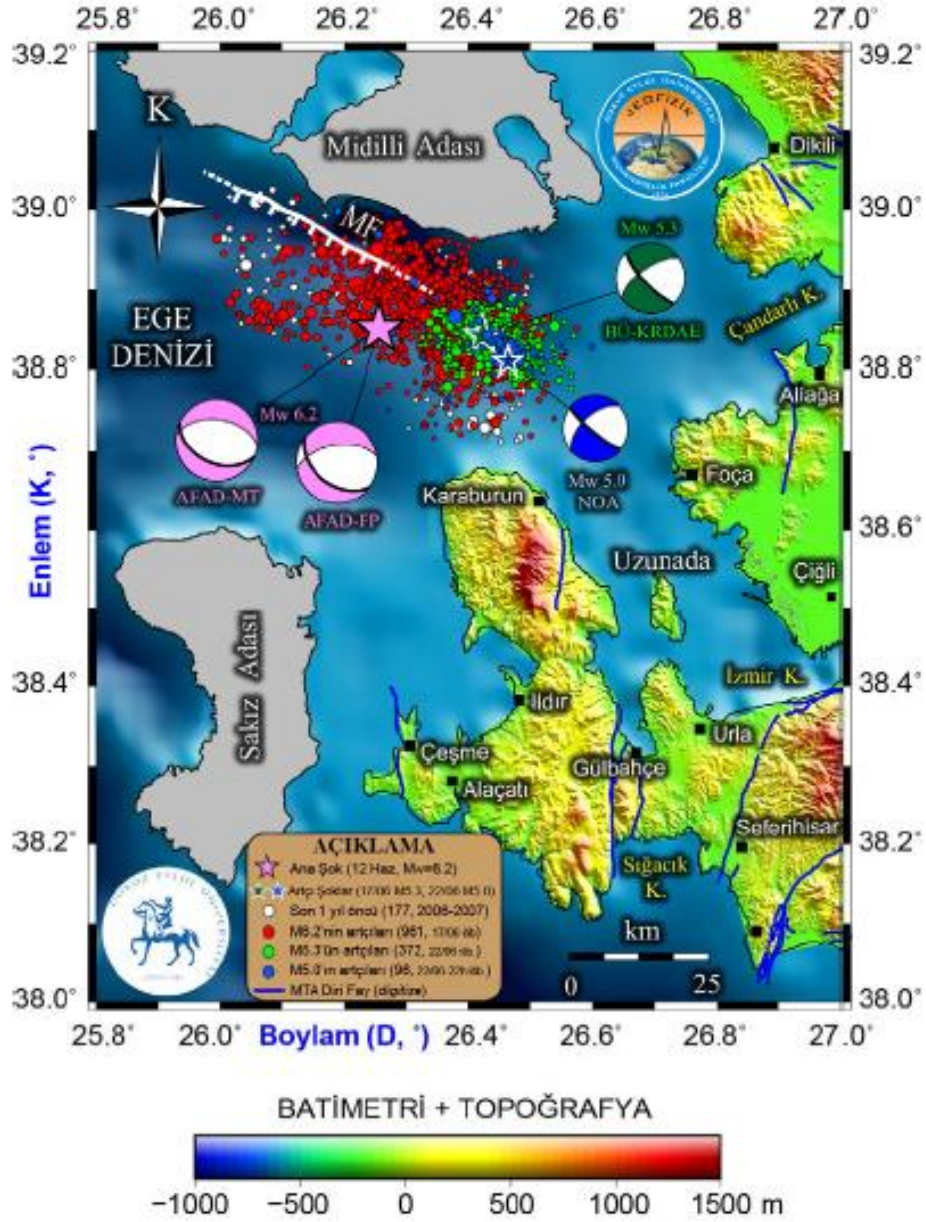
Sözbilir ve diğer., 2017 raporuna göre Midilli Adası güneyinde “Güneye eğimli, basamaklı bir geometriye sahip olan, az miktarda yanal bileşen içeren ve eğim atımlı normal faylanma ile karakterize olan Midilli Fay Zonunun yaklaşık 10 km genişlikte ve 60 km uzunlukta” bir deformasyon fay zonu olduğu belirtilmektedir. Aynı çalışmada “12 Haziran 2017 Karaburun depremlerinin bu fay zonundan kaynaklandığı” düşünülmektedir. Aksu ve diğer., 1990 çalışmasında Midilli Fayının deniz içindeki süreksizliği “BKB-DGD gidişli olarak ve adanın güney sınırına yaklaşık paralel şekilde uzanan 60 km uzunluğundaki bir fay” olarak yorumlanır.

Tablo 3.1 İzmir ve çevresinde yer alan diri faylara ilişkin bazı parametreler (DF: Diri Fay, ODF: Olası Diri Fay, Ç: Çizgisellik,N: Normal, SaYD: Sağ Yönlü Doğrultu Atım, D: Düşey) (Emre ve diğer.,2005b)

No	Fay Adı	Aktivite Sınıfı	Nitelik	Toplam Uzunluk (km)	Genel Doğrultu	Geometrik Segment Sayısı	Düzlem Eğimi ve Yönü	Depremsellik	
								Tarihsel Dönem	Aletsel Dönem
1	İzmir Fayı	DF	N	35	D-B	2	60°K	1688	1977 (M:5.5)
2	Tuzla Fayı	DF	SaYD	50	K30D	3	D	?	1992 (M:6.0)
3	Sefehisar Fayı	DF	SaYD	30	K20D	1	D	?	2003 (M:5.6)
4	Gülbahçe Fayı	DF	D	70	K-G	2	D	?	1953 (M:5.0) 1979 (M:5.7) 1994 (M:5.0)
5	Gediz Grabeni Ana Sınırlama Fayı (Batı Bölüm)	DF	N	27	K70D	1	18°K	?	-
6	Kemalpaşa Fayı	DF	N	24	K75D	1	50°K	?	-
7	Manisa Fayı	DF	N	40	K85B	2	55°K	?	1994 (M:5.2)
8	Dağkızılca Fayı	DF	SaYD	27	K70D	2	D	?	1928 (M:6.5)
9	Güzelhisar Fayı	ODF	SaYD	25	K70B	1	D	?	-
10	Menemen Fay Zonu	ODF	SaYD	17	K45B	-	D	?	-
11	Yenifoça Fayı	Ç		20	K-G	-	-	?	-
12	Gümüldür Fayı	ODF	N	15	K55B	-	50°B	?	-
13	Bornova Fayı	Ç	SaYD	19	K75B	-	D	?	-

Bu çalışmada Urla – Gülbahçe köyünde yer alan elektrotların ölçtüğü doğal potansiyel verilerine etkisi olan depremler belirtilmiştir. Bu depremlerden İzmir Karaburun ve Manisa- Şehzadeler depremleri hakkında ayrıca bilgi verilmiştir.

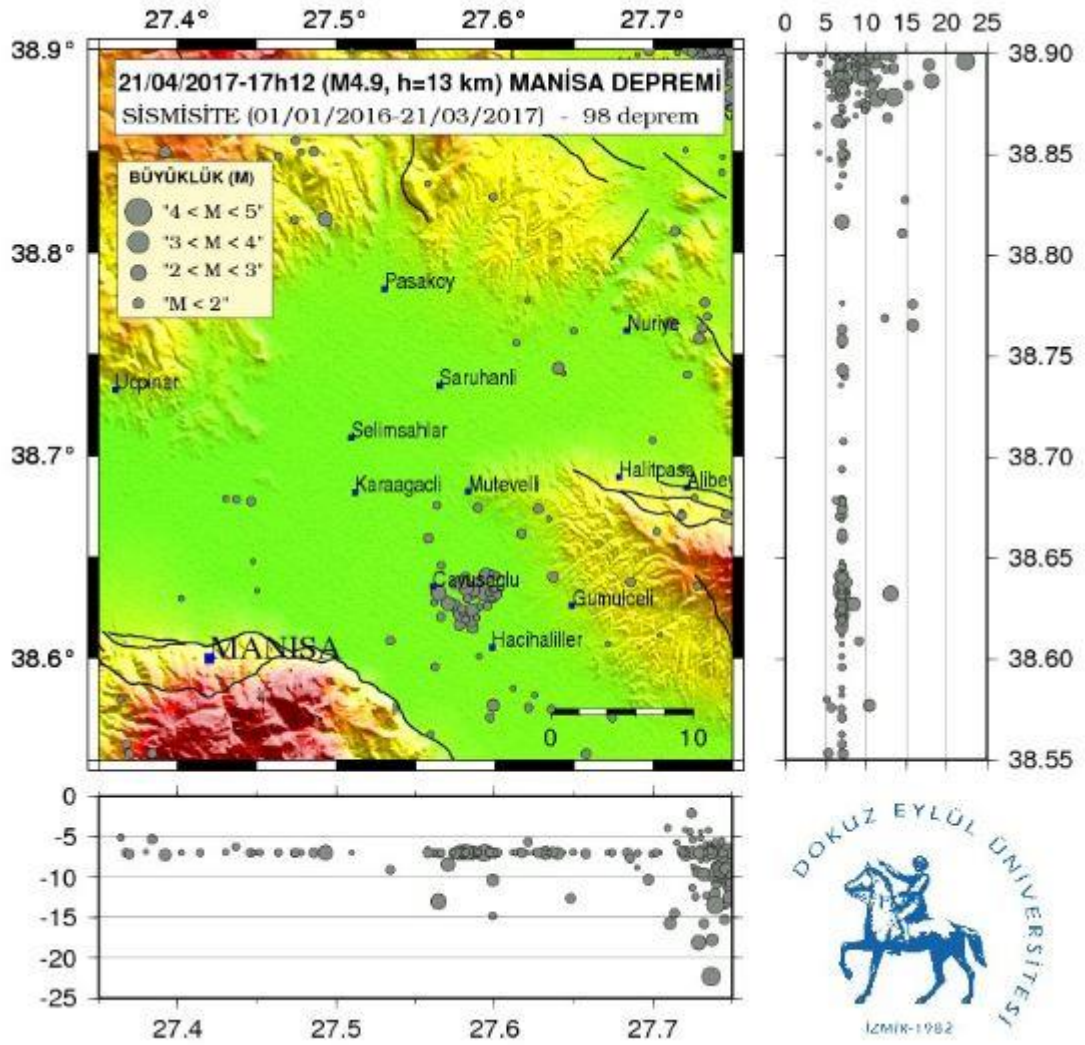
Dokuz Eylül Üniversitesi 12 Haziran 2017 (15:28 TSİ) Mw=6,2 İzmir Karaburun (Ege Denizi) Depremi Değerlendirme Raporuna göre; 12 Haziran 2017 tarihli İzmir-Karaburun (Ege Denizi) depremi öncesi son 1 yıllık dönemde (12.06.2016-2017), büyüklükleri 1,1- 3,4; derinlikleri ise 3- 26 km' ler arasında değişen 177 deprem oluşmuştur (Şekil 3.5). AFAD tarafından rapor edilen odak mekanizması çözümüne göre GB' ya ~45° eğimli ve KB-GD uzanımlı bir normal fayın M 6,2 büyüklüğündeki İzmir-Karaburun (Ege Denizi) depremine kaynaklık ettiği anlaşılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 DEÜ 12 Haziran 2017 (15:28 TSİ) Mw=6,2 İzmir Karaburun (Ege Denizi) Depremi Sismolojik Ön Değerlendirme Raporuna göre; 12.06.2017-15h28 (Mw6,2) İzmir-Karaburun (Ege Denizi açıkları) depremi episantr bölgesinde son 1 yıla deprem aktivitesi (beyaz daire), M6,2 artçılarının (kırmızı daire), M5,3 (yeşil daire) ve M5,0 (mavi daire) artçılarının dağılımı. (Rapora göre veriler AFAD'dan alınmış, fay bilgileri ise MTA-2013'den digitize edilerek sayısallaştırılmıştır. Şekilde ifade edilen kısaltmalar MF: Midilli Fayı. Odak mekanizması çözümünü yapan kurumlar ise AFAD-MT, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı Moment tensör çözümü, AFAD-FP, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı P-dalgası ilk hareket yönü çözümü, BÜ-KOERİ Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, NOA:Yunan Ulusal Gözlemevi olarak belirtilmiştir)

Dokuz Eylül Üniversitesi 21 Nisan 2017 (17:12 TSİ) Mw=4,9 Manisa-Şehzadeler Depremi Sismolojik Ön Değerlendirme Raporuna göre; 21 Nisan 2017 günü, TSİ ile saat 17:12' de Manisa-Şehzadeler merkezli bir deprem meydana gelmiştir. Bölgede ana şoktan önceki son 1 yıllık dönemde (1 Ocak 2016- 21 Mart 2017 tarihleri arasında), büyüklükleri 1,0- 3,3 arasında değişen 98 deprem meydana gelmiştir (Şekil 3.6). Öncü sismik etkinlik içinde gözlenen en büyük depremin magnitudü Mw=4,3 olarak, 2 Nisan 2017 (08h32) tarihinde gözlenmiştir. Bu rapora göre, KB-GD gidişli düzlem asal fay düzlemi kabul edilirse, deprem etkinlik dağılımından eğim yönü KD, eğim açısı $\sim 45^\circ$ olan sağ yönlü doğrultu atımlı baskın bir normal fayın Manisa-Şehzadeler depremini ürettiği sonucuna varılmıştır.

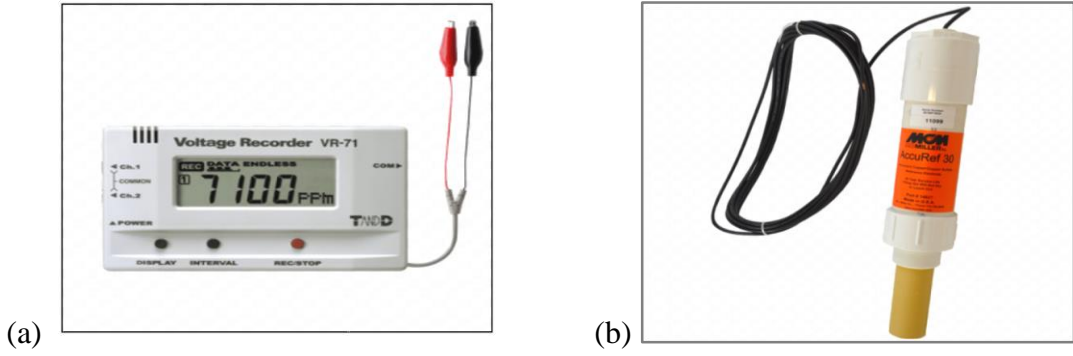




Şekil 3.6 DEÜ 21 Nisan 2017, 17h12, Mw=4,9 Manisa-Şehzadeler Depremi Sismolojik Ön Değerlendirme Raporuna göre; Manisa-Şehzadeler 21.04.2017-17h12 (Mw4,9) depremi episantır bölgesi son 1 yıla ait AFAD deprem etkinliği

3.3 Zamana Bağlı Doğal Potansiyel Ölçümleri ve Ekipmanları

Urla – Gülbahçe köyünde yapılan çalışmada bakır sülfat içeren MCM marka elektrotlar kullanılmıştır (Şekil 3.7b). Elektrotların boyu 40 cm ve çapı 5 cm'dir. İçerdiği antifriz sayesinde -40 derece soğukta bile çalışabilmektedir. Toprağa gömülü kısımları uzun süreli ölçüm almaya dayanıklı seramik silindirden yapılmıştır. Çalışma alanında toplanan veriler; iki kanallı, 1,5 voltluk alkali pille çalışan VR-71-Data Logger marka kayıtçıda depolanmaktadır (Şekil 3.7a).



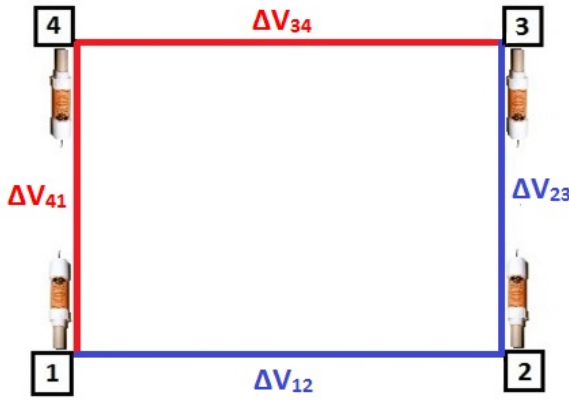
Şekil 3.7 VR-71-Data Logger marka kayıtcı (Mulltimic, b.t) (a) ve MCM marka CuSO_4 içeren elektrot (Mcmiller, b.t) (b)

Literatürde yer alan daha önce yapılmış çalışmalarda zamana bağlı doğal potansiyel ölçümleri için çeşitli dizilimler kullanılmıştır. Artı şeklinde dört elektrodun birbirine bağlanması (Telesca ve diğer., 2007) ve bir dikdörtgenin köşelerine gelecek şekilde bağlanması şeklinde ölçümler yapılmıştır. Balasco ve diğerlerinin 2002 yılında yaptığı çalışmada; iki dizilim karşılaştırılmış ve dikdörtgen diziliminin daha iyi sonuç verdiği yorumu yapılmıştır. Bu nedenle, verileri kullanılan bu çalışmada 110m-90m boyutlarında, dikdörtgen dizilim şeklinde bir istasyon kurulmasına karar verilmiştir (Şekil 3.8).

Bu dikdörtgenin köşelerine, yüzeyden yaklaşık 40 cm derinliğe SP elektroduları gömülerek sabitlenmiştir. Bu elektrotların her ikisinin bağlı olduğu gerilim kayıtcıları 2 ve 4 noktalarına konumlandırılmıştır (Şekil 3.8). Gerilim kayıtcılarının her bir kanalı iki potansiyel elektrotu arasındaki farkı kaydetmektedir. 2 nolu kayıtcıda birinci kanal (K1) 1-2 arasındaki gerilim farkını, diğer kanalı (K2) ise 2-3 arasındakini ölçer (Şekil 3.9). Gerilim farkları 2 ve 4 noktalarında 10 dakikada bir ölçülmektedir. Bu çalışmada 2 nolu kayıtcıda depolanan birinci kanal (K1) verileri değerlendirilmiştir. Tablo 3.2’de SP gözlem istasyonlarının yer bilgileri ondalık derece cinsinden verilmiştir.



Şekil 3.8 Çalışma alanı ve istasyonun Google Earth görüntüsü



Şekil 3.9 Elektrot dizilimi ve oluşan potansiyel farklar

Tablo 3.2 İstasyon Koordinatları

İstasyonlar	Koordinatlar	
	Enlem (derece)	Boylam (derece)
Elektrot 1	38,333135	26,631533
Elektrot 2	38,332843	26,632370
Elektrot 3	38,333317	26,632642
Elektrot 4	38,333598	26,631824

BÖLÜM DÖRT

ZAMAN SERİLERİ

4.1 Zaman Serisi Tanımı

Bir zaman serisini, Allen (1964); “ilgilenilen bir büyüklüğün zaman içerisinde sıralanmış ölçümlerinin bir kümesi” olarak tanımlamıştır. Zaman serisindeki amaç değerlerin değişimini gözlemleyerek gelecekteki değerlerinin tahmin edilmesidir. Zaman serileri durağan ve durağan olmayan şeklinde ifade edilir. Durağan olan zaman serisinde zaman içinde ortalama ve varyans (verilerin aritmetik ortalamadan farklarının kareleri toplamının aritmetik ortalaması) sabit olarak kalır. Durağan olmayan zaman serisi ise trend içerir. Zaman serilerinin kullanıldığı alanlar arasında meteoroloji, tıp, iktisat, mühendislik gibi alanlar yer almaktadır.

4.2 Zaman Serileri Değerlendirmesinde Kullanılan Tanımlar

4.2.1 Fraktal Kavramı

Fraktal sözcüğü Latince parçalanmış, kırılmış anlamına gelen “fractus” sözcüğünden türemiştir. Fraktal kavramı ilk kez 1975’te matematikçi Beneoit B. Mandelbrot tarafından ortaya konmuştur ve bu gelişme yeni bir geometri sisteminin doğmasına yol açmıştır. Fraktal boyut öklit geometrisindeki şekillerin sahip olduğu tam sayı boyuttan farklı olarak kesirli bir boyuta sahiptir (Şekil 4.1). Doğada yer alan fraktal olarak nitelenebilen yapılara faylar, nehirler, topoğrafya örnek verilebilir.

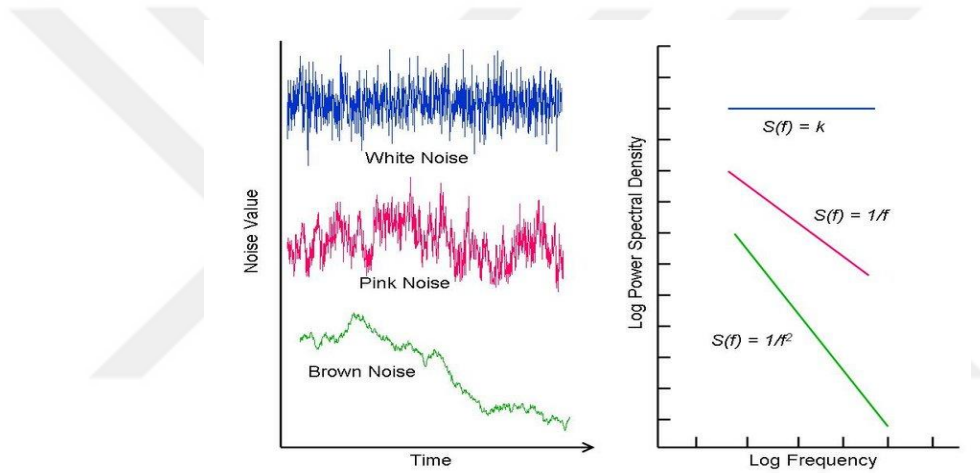
EUCLİDYEN BOYUTLAR		FRAKTAL BOYUTLAR	
• (nokta)	0	---	0.4
—	1	~	1.4
□	2	⊞	1.8
□	3	⊞	2.6

Şekil 4.1 Euclidyen Boyutlar ve Fraktal Boyutlar (İTU, b.t)

Fraktal boyut, doğrusal olmayan sistemlerin karmaşıklıklarının analizinde kullanılmaktadır. Fraktal özelliğe sahip sistemler ölçekle değişmez ve kendine benzer. Bu özelliğe sahip sistemler bir güç yasası ile temsil edilebilirler.

4.2.2 Gürültü Çeşitleri

Zaman serilerinde güç yasası uygulanırken gürültü çeşitlerinden yararlanır. Beyaz gürültü tüm frekanslarda aynı enerjiyi taşır, spektrumu frekans eksenine paralel bir doğrudur. Pembe gürültü spektrumunda genlik frekansla logaritmik olarak azalırken kahverengi gürültü spektrumunda genlik frekansın karesiyle logaritmik olarak azalır. (Şekil 4.2)



Şekil 4.2 Gürültü türlerinin zamana bağlı değişimi ve logaritmik güç spektrumları (Scholarpedia, 2006)

4.2.3 Brown Hareketi

1827'de İskoçyalı Robert Brown, su içinde asılı çiçek tozlarını mikroskopla incelediğinde sıvının durgun olmasına rağmen çiçek tozlarının sürekli ve rastgele biçimde devindiğini gözlemlemiştir, bu hareket Brown hareketi olarak isimlendirilmiştir. Einstein 1905 yılında, istatistiksel yöntemlerle ilgili çalışmalarının sonucunda Brown hareketi yapan bir parçacığın kat edeceği yolun, bu arada geçen zamanın kareköküyle ters orantılı olduğunu belirlemiştir. Ayrıca birim hacimdeki sıvı moleküllerinin sayısının hesaplanabileceğini göstermiştir.

Brown hareketi $\{B(t)\}$ stokastik bir süreçtir.

1. (Artıştan bağımsız) Bütün $0=t_0<t_1<t_2<\dots<t_m$ için artışlar $B(t_1)-B(t_0), B(t_2)-B(t_1), \dots, B(t_m)-B(t_{m-1})$ bağımsızdır.

2. (Sabit normal artışlar) B(t)-B(s) normal dağılıma sahip
3. (süreklilik)B(t), t≥0 için t'nin sürekli fonksiyonudur.

4.3 Zaman Serileri Değerlendirme Yöntemleri

4.3.1 Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi (EADA)

Fraktal boyutun kullanıldığı ve zaman serisi değerlendirme yöntemlerinden olan Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi ilk olarak 1994 yılında Peng ve diğerleri tarafından ortaya konmuştur.

\bar{x} zaman serisinin ortalaması olmak üzere, 1 küçük eşit k küçük eşit N için y(k) denklem 4.1 ile elde edilir.

$$y(k) = \sum_{i=1}^k [x(i) - \bar{x}] \quad (4.1)$$

y(k) n örnek adedi genişliğinde parçalara bölünür. Her parçaya en küçük kareler yöntemiyle $y_n(k)$ uydurulur. Daha sonra her bir y(k) değerinden $y_n(k)$ değerleri çıkarılarak zaman serileri eğilimlerinden arındırılır. Eğilimden arındırılmış zaman serilerinin karekök ortalama dalgalanması F(n) denklem 4.2 ile ifade edilir.

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y_n(k)]^2} \quad (4.2)$$

Eğer F(n), n'nin bir güç fonksiyonu şeklinde davranıyorsa F(n), n^{alfa} ile doğru orantılıdır. F(n) ve n değerlerinin logaritmaları alınarak grafiklendiğinde dağılıma uydurulan doğrunun eğimi α ile gösterilir ve ölçekleme katsayısı olarak adlandırılır.

Ölçekleme katsayısı;

- $0 < \text{alfa} < 1$: fraksiyonel Gauss gürültüsü (beyaz gürültü)
- $\text{alfa} < 1/2$: anti korelasyonlu fraksiyonel Gauss gürültüsü
- $\text{alfa} = 1/2$: olağan fraksiyonel Gauss gürültüsü
- $\text{alfa} = 1$: Flicker (1 / f) gürültü, pembe gürültü
- $1 < \text{alfa} < 2$: fraksiyonel Brown hareketi
- $1 < \text{alfa} < 3/2$: durağan olmayan, sürekli olmayan ilişki

- alfa = 3/2: durağan fraksiyonel Brown hareketi
- 3/2 < alfa < 2: durağan olmayan, sürekli ilişki söz konusudur.

4.3.2 Güç Spektrumu

Zaman ortamından Ayrık Fourier Dönüşümü yardımıyla açılal frekans(w) ortamına aktarılan verilerin güç spektrumları 4.3 denklemi ile elde edilir.

$$S(w) = |F(w)|^2 \quad (4.3)$$

olarak ifade edilir. (Akçığ ve Pınar, 1990). $S(w)$ ve w 'nin logaritmik ölçekte değişiminin eğimi spektral üsle (beta) tanımlanır. Bu değerle EADA'de kullanılan ölçekleme katsayısı (α) arasında denklem 4.4 ifadesi mevcuttur.

(4.4)

ilişkisi mevcuttur. Böylece durağan olmayan etkilerin güç fonksiyonu ilişkileri her iki yöntemle sınanmış olur.

Güç Spektrumu ve enerji arasındaki bağıntı aşağıda verilmiştir.

\bar{E} , periyodu T olan $f(t)$ reel fonksiyonunun ortalama gücü ise (Thompson, 1982) denklem 4.5 ile ortalama güç elde edilir.

$$\bar{E} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T (f(t))^2 dt \quad (4.5)$$

$(f(t))^2$ anlık enerji olarak ifade edilir ve denklem 4.5 de integrasyonun tamamı fonksiyonunun toplam (ortalama) enerjisine eşittir.

$f_1(t) \leftrightarrow F_1(w)$ ve $f_2(t) \leftrightarrow F_2(w)$ Fourier çiftleri için zaman ortamında çarpma işlemi frekans ortamında evrişime karşılık gelmektedir (Denklem 4.6).

$$f_1(t) \cdot f_2(t) \leftrightarrow F_1(w) * F_2(w) \quad (4.6)$$

Dönemsiz işlevin enerji spektrumu denklem 4.7 ile ifade edilir. (Parseval Teoremi)

$$\int_{-\infty}^{\infty} (f(t))^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F(w)|^2 dw \quad (4.7)$$

Güç spektrumu $|F(w)|^2$ ve toplam enerji E_T olmak üzere iki nicelik arasındaki ilişki denklem 4.8 ile ifade edilir.

$$E_T = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F(w)|^2 dw = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |F(w)|^2 dw \quad (4.8)$$

Güç spektrumu $|F(w)|^2$ reel niceliktir.

Güç spektral yoğunluğu ise; periyodik veya rastgele bir sinyalin frekans cevabıdır, sinyal gücünün frekansa bağlı dağılımını ve sinyal gücünün hangi frekanslarda yoğunlaştığını göstermektedir. Periodogramlar şeklinde çizilerek ifade edilir.



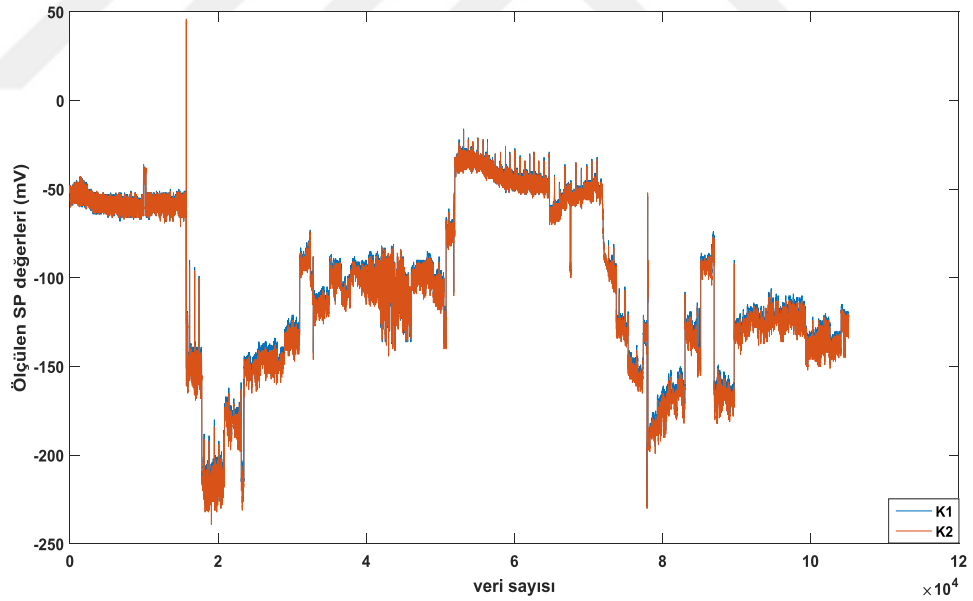
BÖLÜM BEŞ

ANALİZ SONUÇLARI

5.1 On dakika aralıklarla kaydedilen SP verileri, günlük ve saatlik ortalamaları

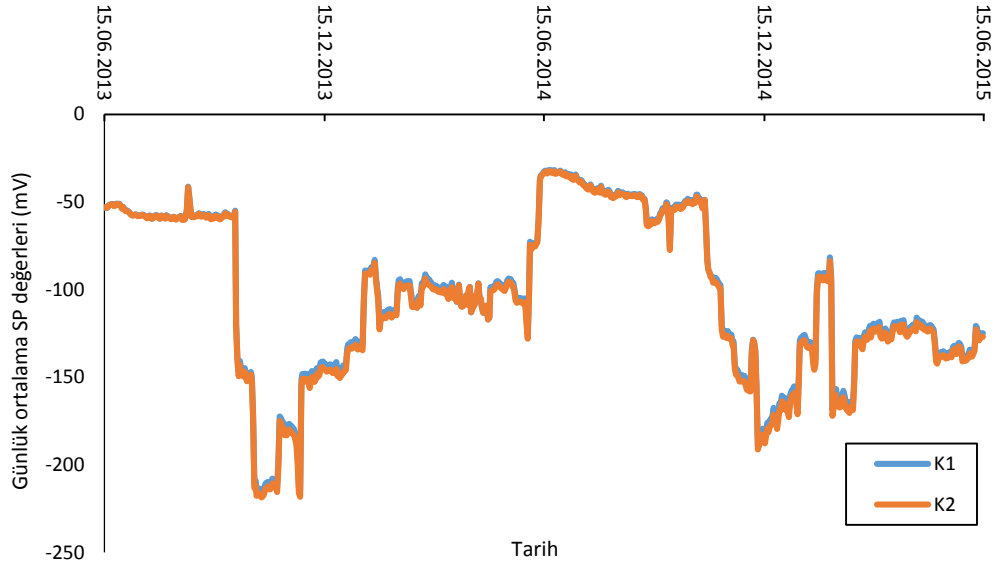
15.06.2013-14.06.2015 ve 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında ölçülen SP değerlerinin Matlab programıyla günlük ve saatlik ortalamaları alınmıştır. 10 dakikalık aralıklarla ölçülen doğal potansiyel değerlerinin veri sayısı ile olan değişimi ve saatlik ortalamaları grafiklenmiş, günlük ortalamaları değişimi ise tarih aralığında incelenmiştir (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2). 2013-2015 yılları arasında 105120, 2015-2017 yılları arasında ise 105264 adet veri toplanmıştır. Günlük ortalamaları alınan veri sayıları 2013-2015 yılları için 730, 2015-2017 yılları için 731'dir. Saatlik ortalamaları alınan veri sayıları ise 2013-2015 yılları arasında 17520, 2015-2017 yılları arasında ise 17544'tür.

5.1.1 2013-2015 SP değerleri, günlük ve saatlik ortalamaları

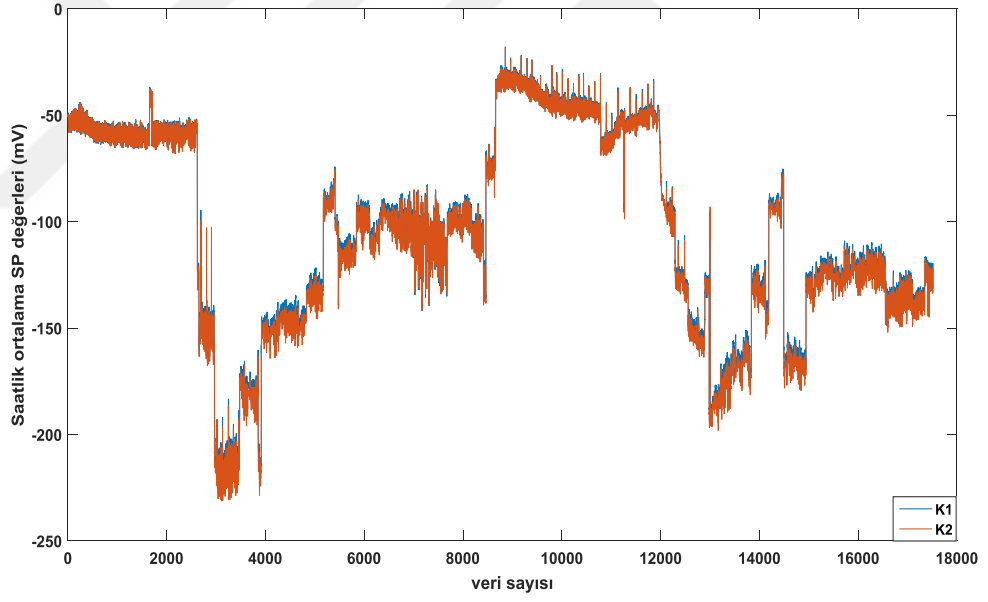


(a)

Şekil 5.1 15.06.2013-14.06.2015 tarihleri arasında (a) Ölçülen doğal potansiyel değerleri (b) Günlük ortalamaları (c) Saatlik ortalamaları grafiği



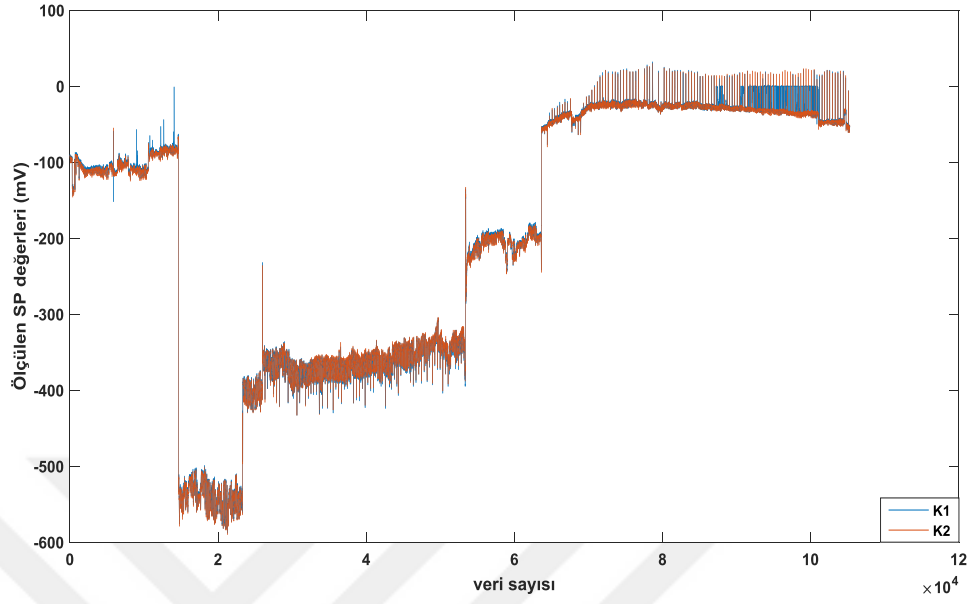
(b)



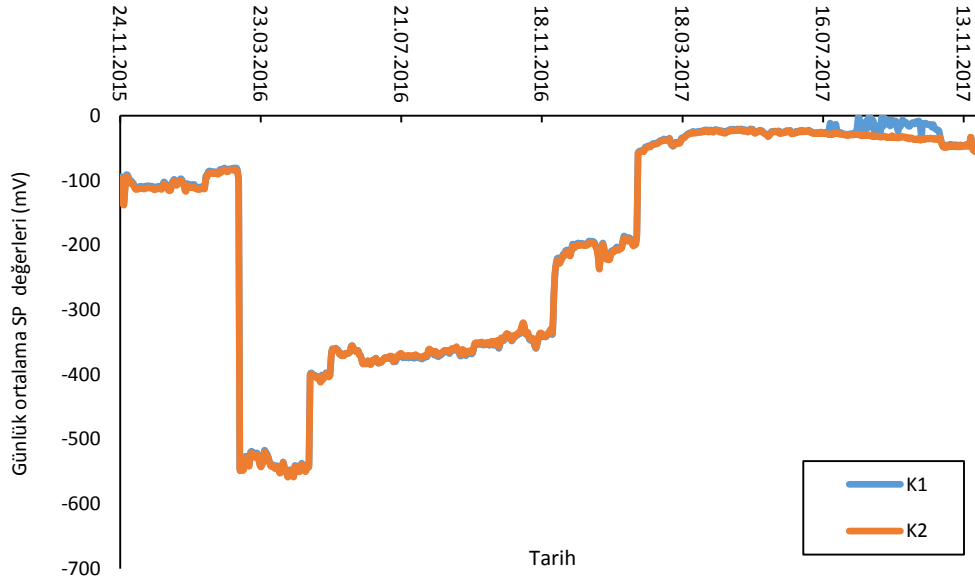
(c)

Şekil 5.1 devamı

5.1.2 2015-2017 SP değerleri, günlük ve saatlik ortalamaları

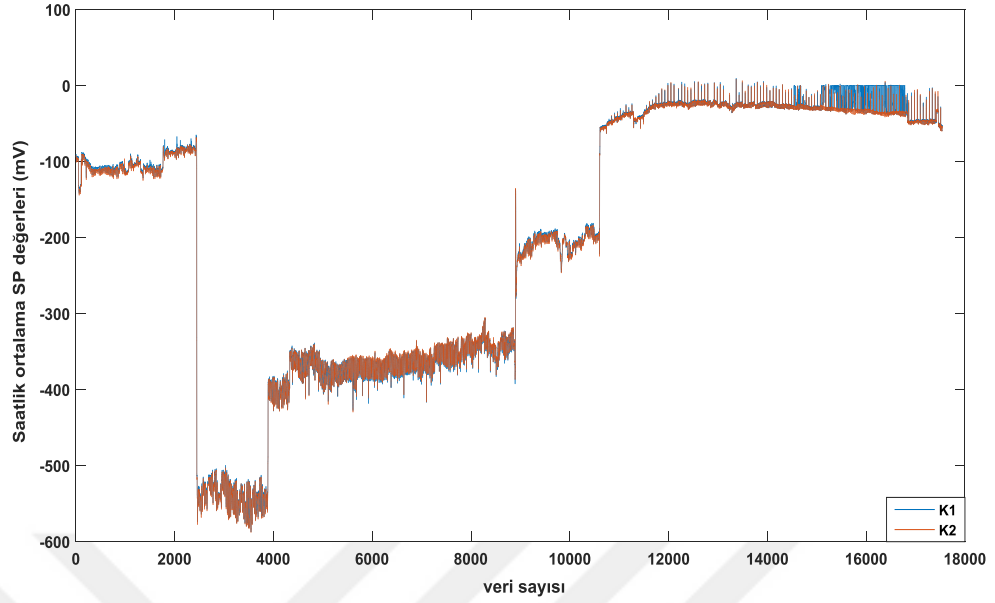


(a)



(b)

Şekil 5.2 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında (a) Ölçülen doğal potansiyel değerleri (b) Günlük ortalamaları (c) Saatlik ortalamaları grafiği



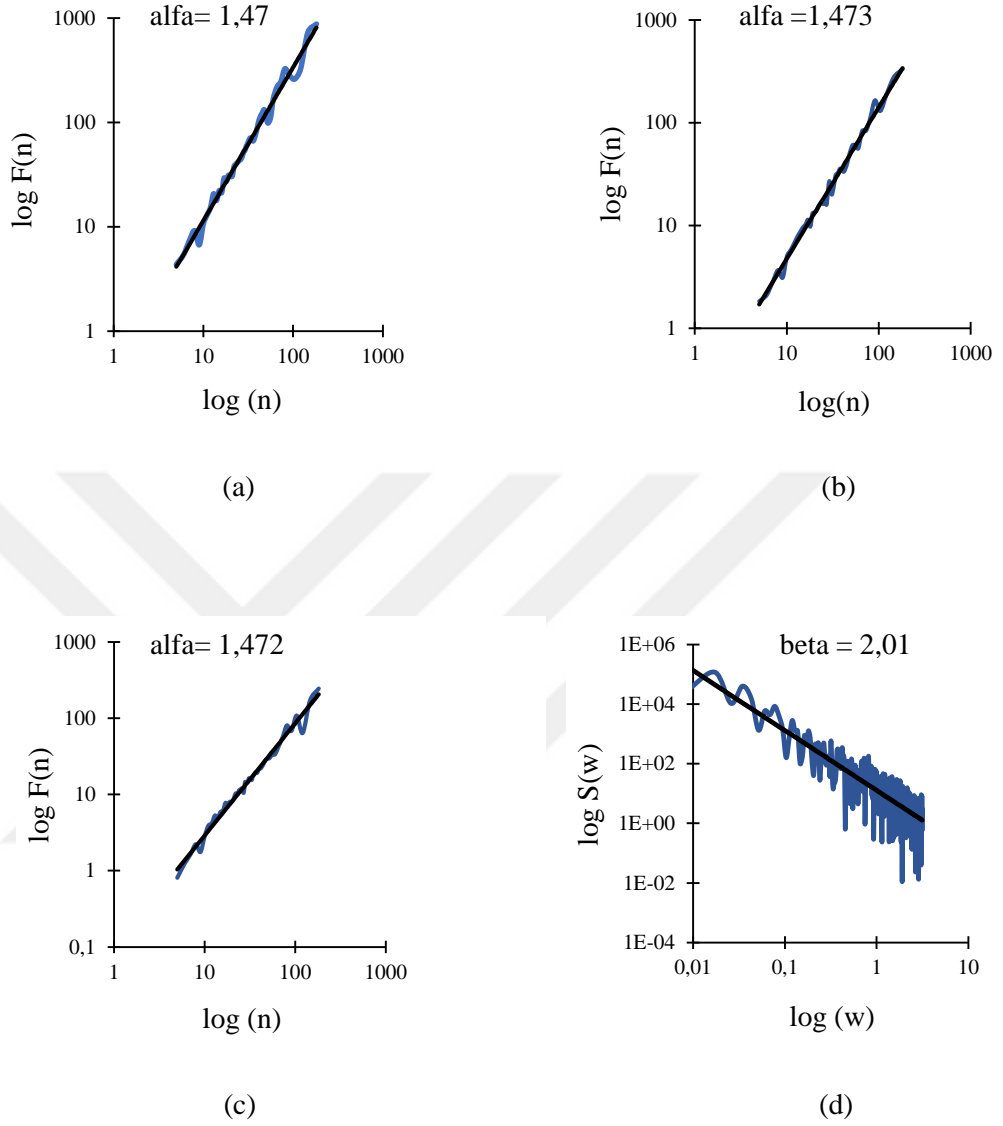
(c)

Şekil 5.2 devamı

5.2 SP verilerinin EAD Analizleri ve Güç Spektrumları

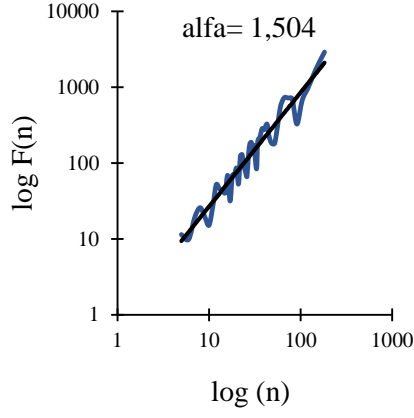
Basic programında yazılan eğilimden arındırılmış dalgalanma analiziyle 15.06.2013-14.06.2015 ve 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında ölçülen SP değerlerinin kanal 1' e ait günlük ortalamaları kullanılarak çeşitli polinom derecelerine göre (1,2,3) n, F(n) değerleri elde edilmiş ve $\log(n)$ - $\log F(n)$ grafiğinin eğiminden alfa ölçekleme katsayıları bulunmuştur. Matlab programında güç spektrumundan yararlanılarak $\log(w)$ - $\log S(w)$ grafiğinin eğiminden beta spektral üs değeri bulunmuştur. (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4) 15.06.2013-14.06.2015 ve 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında elde edilen ölçekleme katsayıları genel olarak 1,5 değerine yakın, 2013-2015 yılları belirtilen tarihler arasında spektral üs değeri 2,01 ve 2015-2017 yılları belirtilen tarihler arasında spektral üs değeri 1,82 olarak elde edilmiştir.

5.2.1 2013-2015 SP verilerinin EAD Analizleri ve Güç Spektrumları

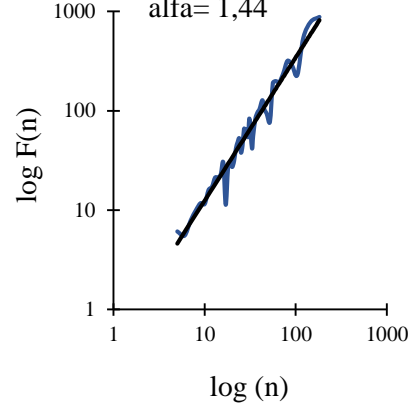


Şekil 5.3 2013-2015 tarihlerindeki SP günlük ortalamalarının (a)1. Dereceden (b) 2. Dereceden (c) 3.Dereceden polinomlara göre yapılan EAD analizleri ve ölçekleme katsayıları (alfa), (d) Güç Spektrumlarından elde edilen $\text{Log}[S(w)] - \text{Log}(w)$ grafikleri ve beta spektral üs değerleri

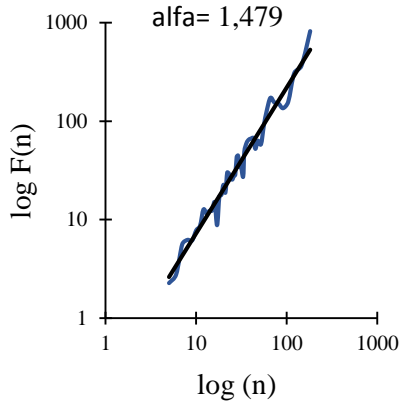
5.2.2 2015-2017 SP verilerinin EAD Analizleri ve Güç Spektrumları



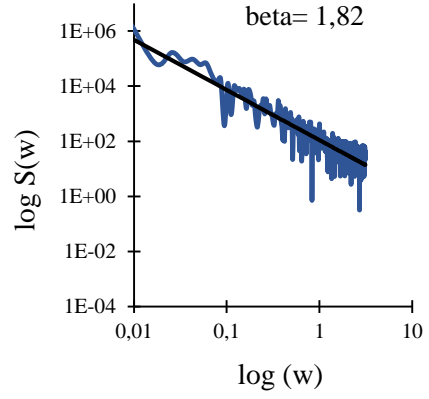
(a)



(b)



(c)



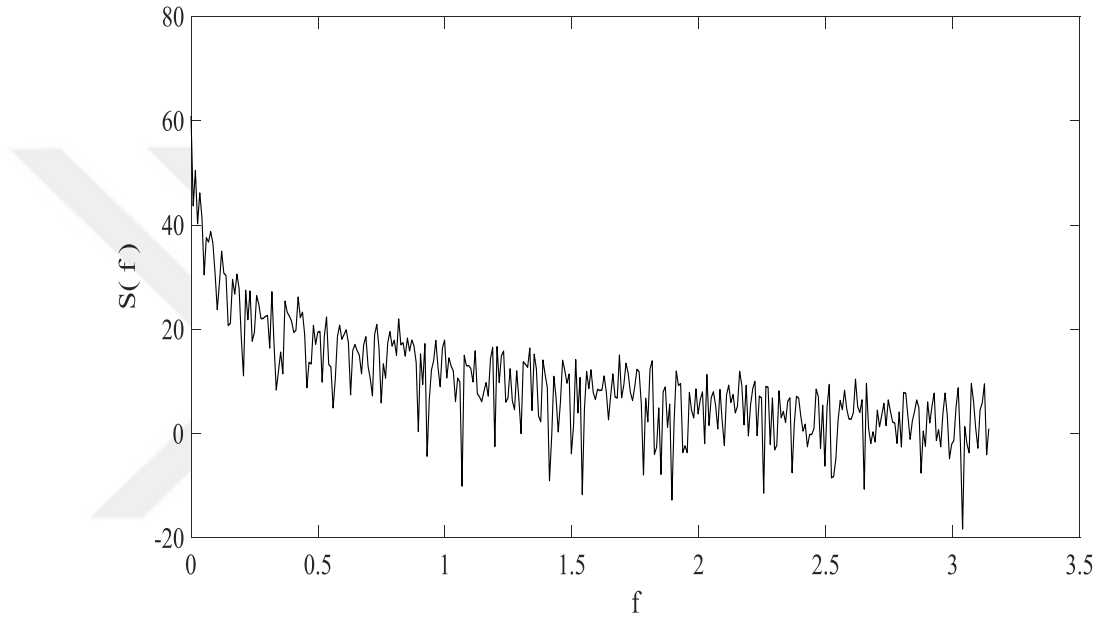
(d)

Şekil 5.4 2015-2017 tarihlerindeki SP günlük ortalamalarının (a) 1. Dereceden (b) 2. dereceden (c) 3.Dereceden polinomlara göre yapılan EAD analizleri ve ölçekleme katsayıları (alfa), (d) Güç Spektrumlarından elde edilen $\text{Log}[S(w)] - \text{Log}(w)$ grafikleri ve beta spektral üs değerleri

5.3 SP verilerinde Güç Spektral Yoğunluğu Tespiti

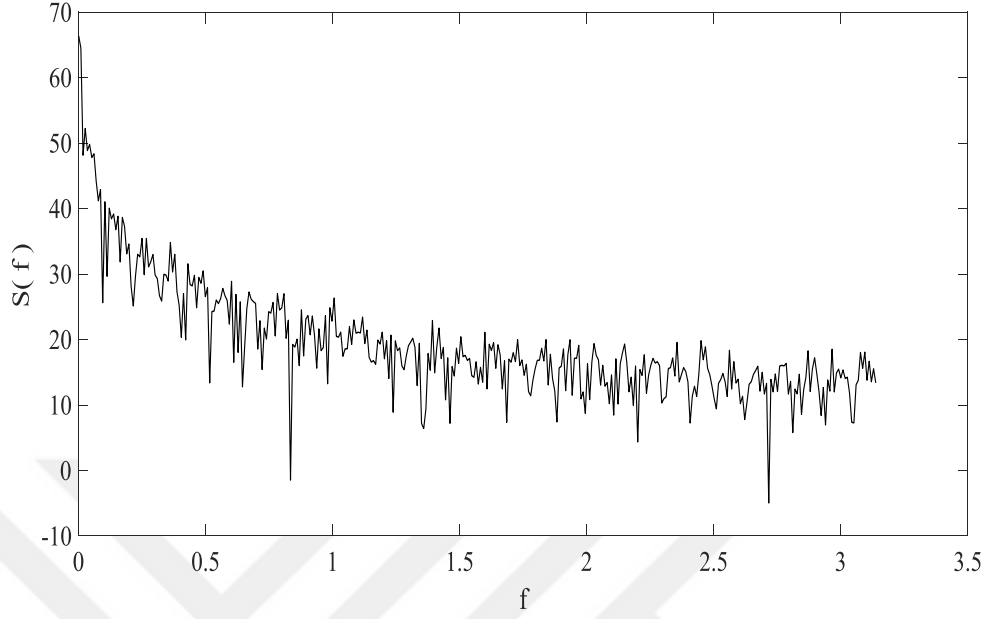
Matlab programında periodogram uygulamasıyla güç spektral yoğunluğu kestirimi yapılmaktadır. 15.06.2013-14.06.2015 ve 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında kanal 1 için ölçülen doğal potansiyel verilerinin günlük ortalamaları kullanılarak güç spektral yoğunluğu grafiği çizdirilmiştir (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6).

5.3.1 2013-2015 SP verileri için Güç Spektral Yoğunluğu Tespiti



Şekil 5.5 15.06.2013-14.06.2015 tarihleri arasında doğal potansiyel günlük ortalamalarının güç spektral yoğunluğu grafiği

5.3.2 2015-2017 SP verileri için Güç Spektral Yoğunluğu Tespiti



Şekil 5.6 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında doğal potansiyel günlük ortalamalarının güç spektral yoğunluğu grafiği

Çalışma alanından toplanan verilerin EADA ve güç spektrumu analizleri Tablo 5.1’de özetlenmiştir.

Tablo 5.1 Belirtilen tarih aralıklarında EADA ile elde edilen alfa değeri; beta ile alfa arasındaki ilişkiden yararlanarak elde edilen alfa değeri; Güç spektrumundan elde edilen beta değeri

Tarih	YÖNTEM (ulaşılan parametre)			
	EADA(α)		Güç Spektrumu (α)	Güç Spektrumu (β)
15.06.2013-14.06.2015	1.dereceden polinom	1,47	1,5	2,01
	2.dereceden polinom	1,472		
	3.dereceden polinom	1,473		
24.11.2015-23.11.2017	1.dereceden polinom	1,504	1,41	1,82
	2.dereceden polinom	1,44		
	3.dereceden polinom	1,479		

5.4 Depremlerin Doğal Potansiyel Verileri ile İlişkisi

Literatürde, Ramírez-Rojas ve diğer., 2004, Flores-Márquez ve diğer., 2007, Telesca ve diğer., 2008 çalışmalarında doğal potansiyel verilerinden elde edilen spektral üs değerlerinin büyük depremler öncesinde arttığını tespit etmişlerdir. Bu tez kapsamında çalışma alanı ve çevresi depremleri ile benzer ilişkinin varlığı test edilmiştir.

Bu amaçla, İzmir-Balıkesir Transfer Zonunun bir bölümünde yer alan Urla-Gülbahçe köyündeki istasyonu da içine alan, 37,81 derece-39,03 derece enlemleri, 26,12 derece – 27,97 derece boylamları arası bölgede, 27 Ocak 2017- 2 Temmuz 2017 tarih aralığında meydana gelen depremler ile doğal potansiyel kanal-1 verilerinin saatlik ortalamalarından elde edilen spektral üs değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Depremlerin doğal potansiyel verilerine olan etkilerini incelemek amacıyla, 10 dakikalık aralıklarla kaydedilen doğal potansiyel verilerinin saatlik ortalamalarının güç spektrumları kullanılarak, sismik aktivitenin yoğun olduğu 27 Ocak 2017- 2 Temmuz 2017 tarih aralığındaki beta spektral üs değerleri hesaplanmıştır.

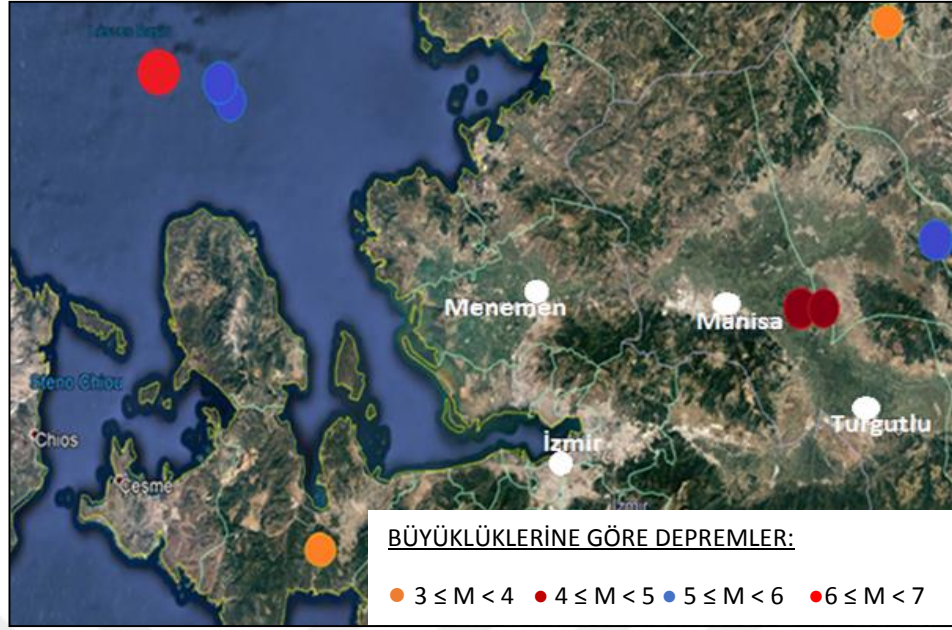
37,81 derece -39,03 derece enlem, 26,12 derece -27,97 derece boylamları arası bölge haritada dikdörtgen alan içinde gösterilmektedir (Şekil 5.7). Bu alan içinde, 2017 yılının ilk yedi ayına ait büyüklüğü 3,3'e büyük eşit olan depremler (AFAD) Tablo 5.2'de ve Google Earth gösterimi Şekil 5.8'de yapılmıştır. Seçili depremlerin meydana geldiği bölgeler incelendiğinde depremler İzmir-Balıkesir transfer zonu ve çevresinde yer almaktadır.



Şekil 5.7 İncelenen depremleri içeren dikdörtgen alan

Tablo 5.2 Spektral üs değerlerinin artmasıyla ilişkilendirilen depremlerin katalog verisi (AFAD)

Tarih	Saat	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Derinlik (km)	Rms	Tip	Büyüklik	Ülke-Yer
27/01/2017	05:21:28	39,0106	27,6961	5,14	0,27	M _w	3,6	Türkiye Manisa Akhisar
11/02/2017	11:46:35	38,2618	26,6923	10,39	0,15	M _L	3,3	Türkiye İzmir Urla
02/04/2017	05:32:42	38,6275	27,5718	12,56	0,3	M _w	4,3	Türkiye Manisa Şehzadeler
21/04/2017	14:12:21	38,6313	27,5873	13,2	0,38	M _w	4,9	Türkiye Manisa Şehzadeler
27/05/2017	15:53:23	38,7358	27,8156	11,03	0,38	M _w	5,1	Türkiye Manisa Saruhanlı
12/06/2017	12:28:37	38,8486	26,313	15,96	0,28	M _w	6,2	Ege Denizi 20.73 km Karaburun
17/06/2017	19:50:04	38,8381	26,436	10,25	0,32	M _w	5,3	Ege Denizi 17.58 km Karaburun
22/06/2017	02:48:52	38,8216	26,453	13,5	0,37	M _w	5,0	Ege Denizi 15.95 km Karaburun



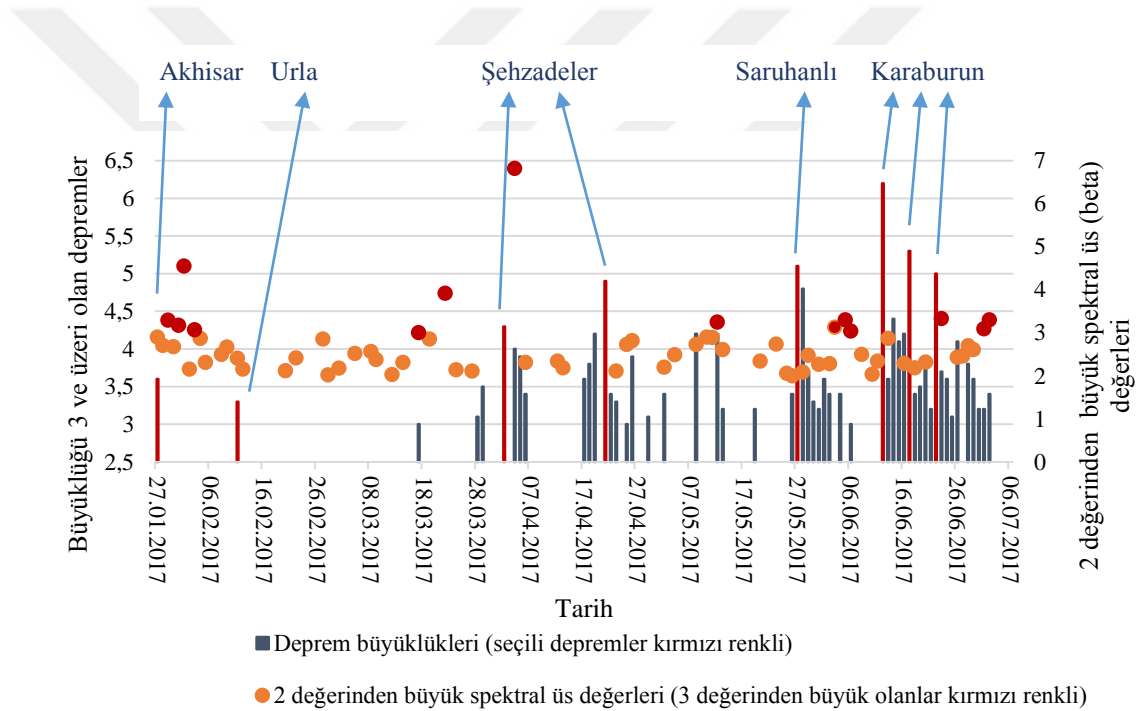
Şekil 5.8 Tablo 5.2’de gösterilen spektral üs değerleri ile ilişkilendirilen depremlerin harita üzerindeki dağılımları

Bölüm 4.3.2’deki tanıma göre her gün için spektral üs değerleri hesaplanmıştır. Tablo 5.1’de 2015-2017 yıllarına ait beta spektral üs değeri 1,82 olarak hesaplanmıştır. Bundan daha büyük değerlerin anomalilerden kaynaklanacağı varsayımı yapılarak, bu değerden büyük beta’lar ve büyüklüğü 3 ve üzeri olan depremler Şekil 5.9 da grafiklenmiştir.

Beta spektral üs değeri 2 üzeri olanlar bölgede meydana gelen büyüklüğü 3 ve üzeri olan depremlerle tarih aralığında incelenmiş ve spektral üs değerlerinin artmasıyla ilişkilendirilen depremlerin meydana geldiği bölgeler şekilde gösterilmiştir (Şekil 5.9). Ayrıca tarih aralığında beta spektral üs değerlerinin değişimi grafiklenmiştir (Şekil 5.10). Ocak-Şubat ayı süresince bölgede büyüklüğü 3 üzeri olan sadece iki deprem gözlenmiş, depremlerin meydana geldiği 27 Ocak 2017 ve 11 Şubat 2017 tarihleri arasında spektral üs (beta) değeri en fazla 4,55 değerine ulaşmıştır. Nisan ayında 4,9 büyüklüğündeki Manisa- Şehzadeler depreminin öncüsü sayılan depremlerden büyüklüğü en fazla olan 4,3 büyüklüğündeki Manisa-Şehzadeler depremi ve sonrasında meydana gelen 4,9 büyüklüğündeki Manisa-Şehzadeler depreminin olduğu tarih aralığında spektral üs en büyük değerine ulaşarak 6,82 olmuştur. Mayıs ayında meydana gelen 5,1 büyüklüğündeki Saruhanlı depreminin meydana geldiği ay içinde

spektral üs değeri 3,25 değerine ulaşmış. 6,2; 5,3 ve 5,0 büyüklüğündeki Karaburun depremlerinin öncesinde spektral üs değeri en fazla 3,3 değerine ulaşmış, sonrasında en fazla 3,33 değerine ulaşmıştır.

Urla-Karaburun çevresi depremler için spektral üs değerleri çok büyük değil ancak, Şubat-Haziran aylarındaki öbeklenme dikkat çekicidir. Karaburun depremlerinin meydana geldiği bölge İzmir-Balıkesir Transfer Zonu'na daha uzak mesafede yer aldığından spektral üs (en fazla 3,33) değerini fazla artırmamış, ancak Manisa depremleri bu zon içinde veya zona yakın bölgede meydana geldiğinden spektral üs değerini (en fazla 6,82) daha fazla arttırmıştır.

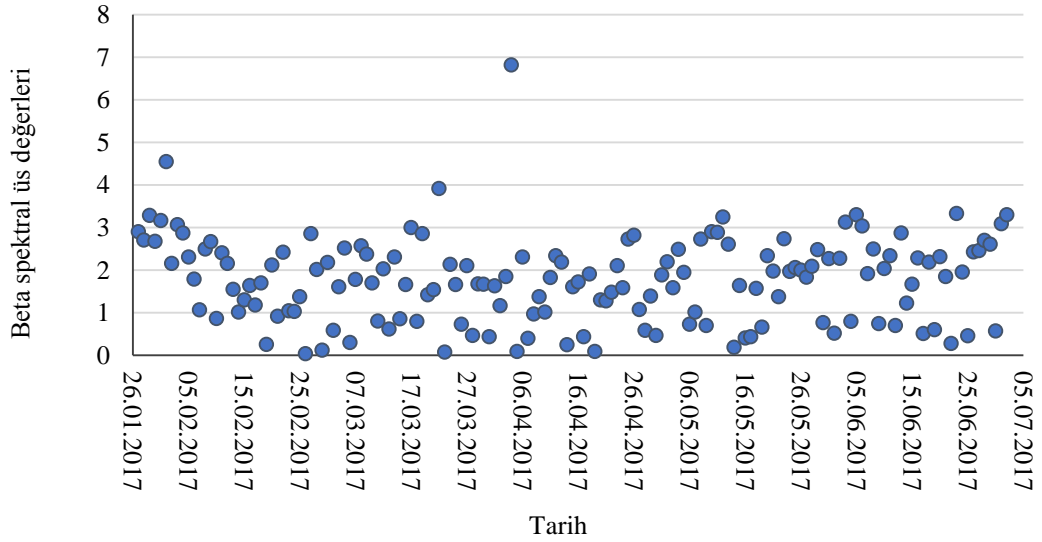


Şekil 5.9 2 değerinden büyük spektral üs değerlerinin, büyüklüğü 3 ve üzeri olan depremlerin tarih aralığında gösterimi

Spektral üssün en büyük olduğu 6,82 ve 4,55 değerleri İzmir-Balıkesir transfer zonunda yer alan İzmir (Urla), Manisa Akhisar ve Şehzadeler depremlerinin meydana geldiği dönemde elde edilmiştir. Karaburun depremlerinin meydana geldiği dönemde en büyük 6,2 büyüklüğünde deprem meydana gelmesine rağmen spektral üs değeri en fazla 3,33' e ulaşmıştır. İzmir- Balıkesir transfer zonunda yer alan Saruhanlı depreminin meydana geldiği dönemde ise spektral üs değeri 3,25 değerindedir. 37,81-

39,03 derece enlem, 26,12-27,97 derece boylamları arası bölgede meydana gelen depremler değerlendirildiğinde genel olarak deprem büyüklüklerinin arttığı dönemde 3 ve üzeri spektral üs değerleri gözlenmiştir.

Spektral üs değerlerinin artmasıyla ilişkilendirilen (beta büyük eşit 3) depremlerin meydana geldiği bölgeler incelendiğinde İzmir- Balıkesir Transfer zonu içerisinde yer alan bölgelerde meydana gelen depremlerin genel olarak spektral üs değerlerini değer olarak daha fazla artırdığı gözlenmiştir. 10 dakikalık aralıklarla ölçülen kanal 1(K1)'e ait doğal potansiyel verilerinin saatlik ortalamaları kullanılarak güç spektrumundan elde edilen spektral üs değerlerinin 27 Ocak 2017-2 Temmuz 2017 tarihleri arasında ortalaması alındığında 1,78 değerine karşılık gelmektedir.



Şekil 5.10 Spektral üs değerlerinin tarih aralığında değişimi

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

İzmir İli, Urla İlçesi Gülbahçe Köyündeki çalışma alanında, 15.06.2013-14.06.2015 ve 24.11.2015-23.11.2017 tarihleri arasında 10'ar dakika aralıklarla kaydedilen doğal potansiyel (SP) verilerinin günlük ortalamaları hesaplanarak EADA ve güç spektrumu analizleri yapılmıştır. Her iki tarih aralığı için günlük ortalamaları hesaplanan doğal potansiyel verilerinin EADA yöntemiyle ölçekleme katsayısı (alfa) 1., 2. ve 3. dereceden polinomlarla hesaplanmış ve yaklaşık 1,5 civarında bulunmuştur. Serilerin güç spektrumlarının logaritmik ölçekte çizimi yardımıyla elde edilen beta spektral üs değeri 15.06.2013-14.06.2015; 24.11.2015-23.11.2017 tarih aralıkları için sırasıyla 2,01 ve 1,82'dir. Ölçekleme katsayısı (alfa); EADA'nin yanısıra beta spektral üssü ile olan ilişkisinden yararlanılarak da hesaplanmıştır. Elde edilen değerler EADA ile hesaplanan değerlere oldukça yakın (1,505 ve 1,41) bulunmuştur. Her iki yöntemle hesaplanan ölçekleme katsayısından (alfa) zaman serilerinin durağan olmayan bir karakteristikte olduğu, bir güç fonksiyonu şeklinde davrandığı ve fraksiyonel Brown hareketi ile tanımlanabileceği görülmüştür.

Depremlerin doğal potansiyel verilerine olan etkilerini incelemek amacıyla sismik aktivitenin yoğun olduğu 27 Ocak 2017- 2 Temmuz 2017 tarih aralığında 10 dakikalık aralıklarla kayıtçının birinci kanalında (K1) depolanan doğal potansiyel verilerinin saatlik ortalamaları kullanılarak güç spektrumu grafiği elde edilmiş, beta spektral üs değerlerine ulaşılmıştır. Bu tarih aralığında çalışma alanı ve çevresinde, küçük depremlerin yanında orta büyüklükte depremler de meydana gelmiştir. Bu amaçla; 37,81 derece-39,03 derece enlemleri, 26,12 derece-27,97 derece boylamları arasında meydana gelen depremlerin doğal potansiyel değerleri ile olası ilişkisi incelenmiştir. Bu tarih aralığındaki en büyük depremler; İzmir ilinin Karaburun ilçesi açıklarında ($M_w=6,2$) ve Manisa ili ($M_w=5,1$) Saruhanlı ilçesinde meydana gelmiştir. Karaburun depremleri sürecinde spektral üssü en fazla 3,33 değerine arttırabilmiştir. Manisa depremleri sürecinde ise spektral üs değeri en çok 6,82 olarak hesaplanmıştır. Karaburun depremlerinin meydana geldiği bölge İzmir-Balıkesir Transfer Zonu içinde değildir. İzmir-Balıkesir Transfer Zonu içinde yer alan istasyonumuzda ölçülen doğal potansiyel değerlerinden hesaplanan spektral üs değerlerinin Karaburun depremleri

için hesaplananların Manisa depremleri sürecinde hesaplananlara göre daha düşük olması, Manisa depremlerinin bu zon içinde veya zona yakın bölgede meydana gelmesi ile açıklanabilir. Genel olarak, spektral üs değerlerinin artmasıyla ilişkilendirilen depremlerin meydana geldiği bölgeler incelendiğinde, özellikle İzmir-Balıkesir Transfer zonu içerisinde yer alan bölgelerde meydana gelen depremlerin spektral üs değerlerini daha fazla artırdığı gözlenmiştir.

Bu tez çalışması ile İzmir-Urla-Gülbahçe köyünde kurulan istasyon ile doğal gerilim değerlerinin zamanla değişimi incelenmiş, çevre depremleri ile olası ilişkileri değerlendirilmiştir. Çalışma bulguları, depremlerle olan ilişkinin daha uzun süreçlerde incelenmesinin daha detaylı bilgiler sunabileceğini ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- AFAD (2017). *Batı Anadolu Açılma Sistemi Üzerinde Meydana Gelen Tarihsel ve Aletsel Dönem (M büyük eşit 5.5) Deprem Aktivitesi*. 12 Mayıs 2018, <http://www.deprem.gov.tr/tr/depremdetay?event ID=375576>
- Akçığ, Z. ve Pınar, R. (1990). Gravite verilerine güç spektrumu yönteminin kayan pencereci uygulaması. *Jeofizik*, 4, 41-48.
- Aksu, A. E., Konuk, T., Ulug, A., Duman, M. ve Piper, D. J. W. (1990). Quaternary tectonic and sedimentary history of Eastern Aegean Sea shelf area. *Jeofizik*, 4 (1), 3-35.
- Allen, R.G.D. (1964). *Statics for Economists* (2nd ed.). United Kingdom: Mc-Millan.
- Balasco, M., Lapenna, V. ve Telesca L. (2002). 1/f^a Fluctuations in geoelectrical signals observed in a seismic area of Southern Italy. *Tectonophysics*, 347, 253-268.
- Breusse, J.J. (1940). *Polarizasyon spontane usülü ile Ergani madeni muhitindeki yedi mintikanın etüdü*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No:152.
- Brown, R. (1828). A brief account of microscopical observations made in the months of June, July and August, 1827, on the particles contained in the pollen of plants; and on the general existence of active molecules in organic and inorganic bodies. *Philosophical Magazine*, 4, 161-173.
- Carter, B. (2008). *Noise Color Op Amps for Everyone*. 2 Nisan 2017, <https://intranet.ee.ic.ac.uk/t.clarke/ee2lab/handouts/A/noise-3.pdf>
- Chamati, M., Nenovski, P., Vellante, M., Villante, U., Schwingenschuh, K., Boudjada, M. ve diğer. (2009). Application of Dfa Method to Magnetic Field Data from Segma Array. *Bulgarian Geophysical Journal*, 35, 3-16.
- Chen, D. (2011). *Advances in Data, Methods, Models and Their Applications in Geoscience* (1st ed.). Intech Open Access Publisher.
- Colangelo, G., Lapenna, V. ve Telesca, L. (2008). Study of self potential anomalous fluctuations in a seismic active zone of Lucano Apennine (southern Italy): recent results *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8, 1099–1104.

- Corwin, R.F. (1973). Offshore application of selfpotential prospecting. *PhD Dissertation, University of California, Berkeley.*
- Corwin, R. F. ve Hoover, B. D. (1979). The self – potential method in geothermal exploration. *Geophysics, 44*, 226-245.
- Cuomo, V., Lapenna, V., Macchiato, M., Serio ,C. ve Telesca, L.(1999). Stochastic behaviour and scaling laws in geoelectrical signals measured in a seismic area of southern Italy. *Geophysical Journal International, 139*, 889–894.
- Çağlar, İ. (1991). *Jeofizikte Doğal Polarizasyon (SP) Yöntemi* (Birinci Baskı). İstanbul: T.C. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi Sayı:1437.
- Çakmakoğlu, A. ve Bilgin, Z.R. (2006). Pre-neogene stratigraphy of the Karaburun Peninsula (W of Izmir Turkey). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute (MTA) Turkey, 132*, 33–62.
- Del Pin, E., Carniel, R. ve Tarraga, M. (2008). Event recognition by detrended fluctuation analysis: An application to Teide–Pico Viejo volcanic complex, Tenerife, Spain. *Chaos, Solitons and Fractals, 36*, 1173–1180.
- Dewey J.F. ve Şengör A.M.C. (1979). Aegean and Surrounding Regions: Complex Multiplate and Continuum Tectonics in a Convergent Zone. *Geological Society of America Bulletin, 90* (1), 84-92.
- Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Başkanlığı, Buca, İzmir. (25.04.2017). *DEÜ, 2017 21 Nisan 2017, 17h12, Mw=4,9 Manisa-Şehzadeler Depremi Sismolojik Ön Değerlendirme Raporu*. 10 Mayıs 2018, <http://www.jeofizik.deu.edu.tr>
- Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Başkanlığı, Buca, İzmir. (14.06.2017). *DEÜ, 2017 12 Haziran 2017 (15:28 TSİ) Mw=6,2 İzmir Karaburun (Ege Denizi) Depremi Sismolojik Ön Değerlendirme Raporu*. 12 Mayıs 2018, <http://www.jeofizik.deu.edu.tr>
- DiMaio, R. ve Patella, D. (1991). Basic theory of electrokinetic effects associated with earthquake, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 33*, 130– 131.

- DiMaio, R., Mauriello, P., Patella, D., Petrillo, Z., Piscitelli, S., Siniscalchi, A. ve diğeri. (1997). Self-Potential, geoelectric and magnetotelluric studies in Italian active volcanic areas, *Annali di Geofisica*, 40, 519–537.
- Drakopoulos, J. ve Delibasis, N. (1982). The focal mechanism of earthquakes in the major area of Greece for the period 1947–1981. *Seismological Laboratory of the University of Athens Publication*, 2, 1–72.
- Drahor, M. G., Sarı, C. ve Şalk., M. (1999). Seferihisar Jeotermal Alanında Doğal Gerilim (SP) ve Gravite Çalışmaları. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1 (3), 97-112.
- Drahor, M. G. ve Berge, M.A. (2017). Integrated geophysical investigations in a fault zone located on southwestern part of İzmir city, Western Anatolia, Turkey. *Journal of Applied Geophysics*, 136, 114–133.
- Einstein, A. (1905). Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen., *Annals of Physics*, 17, 549.
- Emre, Ö., Doğan A., Özalp, S. ve Yıldırım, C. (2005a). *17 Ekim 2005 Sığacık (İzmir) depremleri ön değerlendirme raporu*. Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.
- Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C. ve Göktaş, F. (2005b). *İzmir ve yakın çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri*. Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No: 10754.
- Emre, Ö., Duman, Y.T., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F. (2013). Yeni Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30.
- Enescu, B., Ito, K., Radulian, M., Popescu, E. ve Bazacliu, O. (2005). Multifractal and Chaotic Analysis of Vrancea (Romania) Intermediate-depth Earthquakes: Investigation of the Temporal Distribution of Events. *Pure and applied geophysics*, 162, 249–271.

- Erkül, F., Helvacı, C. ve Sözbilir, H. (2005). Evidence for two episodes of volcanism in the Bigadiç borate basin and tectonic implications for western Turkey. *Geological Journal*, 40, 1-16.
- Euclidyen Boyutlar ve Fraktal Boyutlar*, (b.t.). 4 Nisan 2015, [http:// web.itu.edu.tr /~kkocak / fraktal _yazi.htm](http://web.itu.edu.tr/~kkocak/fraktal_yazi.htm)
- Filiz, S. ve Tarcan, G. (1990). Gülbahçe Körfezi güneyindeki jeotermal alanın hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopsal incelenmesi [Hydrogeological, hydrogeochemical and isotopical investigations of geothermal area of the southern Gülbahçe Bay]. *Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 2 (1), 69–52.
- Flores-Márquez, L., Márquez-Cruz, J., Ramírez-Rojas, A., Galvez-Coyt, G. ve Angulo-Brown, F. (2007). A statistical analysis of electric self-potential time series associated to two 1993 earthquakes in Mexico. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7, 549–556.
- Flores-Márquez, E.L., Galvez-Coyt, G. ve Cifuentes-Nava, G. (2012). Fractal dimension analysis of the magnetic time series associated with the volcanic activity of Popocat'epetl. *Nonlinear Processes Geophysics*, 19, 693–701.
- Fraktaller*, (b.t.) 2 Nisan 2017, <http://www.fraktalevren.com/>
- Gök, E. ve Polat, O. (2014). An assessment of the microseismic activity and focal mechanisms of the Izmir (Smyrna) area from a new local network (IzmirNET). *Tectonophysics*, 635, 154-164.
- Hanedar, Ö. (2005). *Zaman Serisi Analizi*. 30 Mart 2017, [http://debis.deu.edu.tr/ userweb// onder. hanedar /dosyalar/Metin.pdf](http://debis.deu.edu.tr/userweb//onder.hanedar/dosyalar/Metin.pdf)
- Helvacı, C., Ersoy, Y., Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö. ve Uzel, B. (2009). Geochemistry and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of Miocene volcanic rocks from the Karaburun Peninsula: implications for amphibole-bearing lithospheric mantle source, Western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 185, 181–202.
- Kalafat, D. (1995). *Anadolu'nun tektonik yapılarının deprem mekanizmaları açısından irdelenmesi*. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

- Keçeli, A. (2012). SP Kaynakları. *Jeofizik, Jeoteknik, Maden Mühendislerine Uygulamalı Jeofizik* (2.Baskı) içinde (116-117). Ankara: TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası JFMO Eğitim Yayınları No:18.
- Ketin, I. (1948). Über die tektonisch-mechanischen folgen aus den grossen Anatolischen erdbeben des letzten dezenniums. *Geologische.Rundschau*, 36, 77-83.
- Kocaefe, S. ve Ataman, G. (1976). Actual tectonics of the western Anatolia. *Yerbilimleri*, 9, 149–162.
- Lapenna, V., DiBello, G., Satriano, C. ve Tramutoli, V. (1994). Self potential time series analysis in a seismic area of the Southern Apennines: preliminary results, *Annali di Geofisica*, 37 (5), 1137–1148.
- Lachowycz, S.M., Pyle, D. M., Mather, T.A., Varley, N. R., Odbert, H.M., Cole, P.D. ve diğer. (2013). Long-range correlations identified in time-series of volcano seismicity during dome-forming eruptions using detrended fluctuation analysis. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 264, 197–209.
- Li-Xin, Z. (2010). *Brownian Motion*. 7 Mayıs 2017, <http://www.math.zju.edu.cn/zlx/forPHD/stochCalculuslecture.pdf>
- Mandelbrot, B. B. (1975). Limit theorems on the self-normalized range for weakly and strongly dependent processes. *Zeitschrift Wahrscheinlichkeitstheorie und Verwandte Gebiete*, 31, 271–285.
- McKenzie, D.P. (1972). Active tectonics of Mediterranean region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109– 185.
- Nenovski, P., Blagoeva, I., Vellante, M., Villante, U., Schwingenschuh, K., Boudjada, M. ve diğer. (2007). Identification of Sources of Geomagnetic Variations Using Detrended Fluctuation Analysis (DFA). *WDS'07 Proceedings of Contributed Papers, Part II*, 93–100.
- Ogilvy, A. A., Ayed, M. A. ve Bogoslovsky, V. A. (1969). Geophysical studies of water leakages from reservoirs, *Geophysics*, 17, 36-62.

- Öncel, A.O. ve Alptekin, Ö. (1995). Fraktal dağılım ve sismolojideki uygulamaları. *Jeofizik*, 9 (10), 311-316.
- Özel, E. ve Günay C. (2000). Gülbahçe Körfezi'nin Neotektonik Yapısı. *Deü Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2 (2), 27-38.
- Özer, Ç. ve Polat, O. (2017). İzmir ve çevresinin 3-B kabuk hız yapısı. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (3), 733-747.
- Pamukçu, O., Gönenç T., Sındırgı, P. ve Baba, A. (2014). Application of geophysical methods in Gulbahce Geothermal Site, Urla- Izmir, Western Anatolia. *Geothermal Systems and Energy Resources: Turkey and Greece* (251-265) Crc Press.
- Peng, C. K., Buldyrev, S. V., Havlin, S., Simons, M., Stanley, H. E. ve Goldberger, A. L. (1994). Mosaic organization of DNA nucleotides. *Physical Review E*, 49, 1685–1689.
- Peng, C. K., Havlin, S., Stanley, H. E. ve Goldberger, A. L. (1995). Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos*, 5 (1), 82-7.
- Permanent Electrodes*, (b.t). 7 Ocak 2018, <https://www.mcmiller.com/reference-electrodes-accessories-permanent-electrodes>
- Ramírez-Rojas, A., Muñoz-Diosdado, A., Pavía-Miller, C. G. ve Angulo-Brown, F. (2004). Spectral and multifractal study of electroseismic time series associated to the Mw=6.5 earthquake of 24 October 1993 in Mexico. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4, 703–709.
- Ramírez-Rojas, A., Flores-Márquez, E.L., Guzmán-Vargas, L., Márquez-Cruz, J., Pavía-Miller, C. G. ve Angulo-Brown, F. (2007). A comparison of ground geoelectric activity between three regions of different level of seismicity. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7, 591–598.
- Reilinger, R. E., McClusky, S. C., Oral, M. B., King, W. ve Toksöz, M. N. (1997). Global positioning system measurements of present crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *Journal of Geophysical Research*, 102, 9983-9999.

- Riberio, R.A., Mata, M.V.M., Lucena, L.S., Fulco, U.L. ve Corso, G. (2014). Spatial analysis of oil reservoirs using detrended fluctuation analysis of geophysical data *Nonlinear Processes Geophysics*, 21, 1043–1049.
- Sborshchikovi, A., Chelidze, T., Zhukova, N., Mepharidze, E. ve Matcharashvili, T. (2016). The Variation of Scaling Features of Earthquakes Temporal and Spatial Distribution in Caucasus Area. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 91, 14.
- Schiavone, D. ve Quarto, R. (1984). Self-potential prospecting in the study of water movements. *Geoexploration*, 22,47-58.
- Sharma, P. V. (1997). *Enviromental and engineering geophysics*. (1st ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sındırgı, P. (2012). *Sürekli jeofizik gözlemlerle mevsimsel ve sismolojik değişimlerin yeraltına etkilerinin incelenmesi*. Bilimsel Araştırma Projesi, D.E.Ü. İzmir.
- Sındırgı, P. ve Kaftan, İ. (2013). *Investigating the geoelectric fluctuations measured in İzmir-Urla Demircili Village (Western Turkey) with Artificial Neural Networks*, EGU 2013.
- Sındırgı, P., Pamukçu, O. ve Özyalın, Ş. (2008). Application of Normalized Full Gradient Method to Self Potential (SP) Data. *Pure and Applied Geophysics*, 165, 409-427.
- Skordas, E. S. (2017). *Non-uniform scaling of the magnetic field variations before the Mw 9.0 Tohoku earthquake in 2011*. 4 Mayıs 2017, <https://arxiv.org/abs/1704.07134>
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U., Helvacı, C. ve Özkaymak, Ç. (2009). 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları ile ilişkisi, Batı Anadolu (The Seismic geomorphology of the Sığacık Gulf (İzmir) earthquakes of October 17 to 20, 2005 and their relationships with the stress field of their Western Anatolian region). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52 (2), 217-238.

- Sözbilir, H., Sarı, B., Uzel, B., Sümer, Ö. ve Akkiraz, S. (2011). Tectonic implications of transtensional supradetachment basin development in an extension-parallel transfer zone: the Kocaçay Basin, western Anatolia, Turkey. *Basin Research* 23, 423–448.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö. Uzel, B., Eski, S., Tepe, Ç. ve Softa, M. (2017). Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi Diri Fay Araştırma Grubu Raporu. (14.06.2017) 12 Haziran 2017 Midilli depremi (Karaburun açıkları) ve bölgenin depremselliği. 20 Temmuz, 2018, http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/4a81a88801d86e4_ek.pdf
- Şahin, L. (2011). *Brown Hareketi Nedir*. 11 Nisan 2017, <http://fizikyazilari.blogspot.com.tr/2011/09/brown-hareketi-nedir.html>
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study: In: Biddle, K.T. ve Christie-Blick, N. (eds) Strike-slip deformation, basin formation, and sedimentation. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogist, Special Publication*, 37, 227-264.
- Şengör, A.M.C. (1987). Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting. In: examples from western Turkey, Coward, M.P., Dewey, J.F. and Hancock, P. (ed.), Continental extensional tectonics. *Geological Society of London, Special Publication*, 28, 575-589.
- Şirel, Ş. (2000). *Yapı Akustiğinde 30 terim, 30 tanım*. 20 Mart 2017, http://www.yfu.com/kitapciklar/yapi_fiziginde_30_terim_30_tanim.pdf
- Telesca, L., Colangelo, G., Lapenna, V. ve Macchiato, M. (2003). Monofractal and multifractal characterization of geoelectrical signals measured in southern Italy. *Chaos, Solitons and Fractals*, 18, 385–399.
- Telesca, L. ve Lapenna, V. (2004). Magnitude and sign scaling in power-law correlated geoelectrical time series measured in southern Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4, 669–677.

- Telesca, L., Colangelo, G., Lapenna, V. ve Macchiato M. (2005). Fractal approaches in investigating the time dynamics of self-potential hourly variability. *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*, 94, 285–300.
- Telesca, L., Lovallo, M., Lapenna, V. ve Macchiato M. (2007). Long-range correlations in two-dimensional spatio-temporal seismic fluctuations. *Physica A*, 377, 279–284.
- Telesca, L., Balasco, M. ve Lapenna V. (2007). Investigating the time-correlation properties in self-potential signals recorded in a seismic area of Irpinia, southern Italy. *Science Direct Chaos, Solitons and Fractals*, 32, 199–211.
- Telesca, L. ve Lovello, M. (2008). Investigating non-uniform scaling behaviour in temporal fluctuations of seismicity. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8, 973–976.
- Telesca, L., Lovallo, M., Ramírez-Rojas, A. ve Angulo-Brown, F. (2008). Non-Uniform Scaling Behavior in Self-Potential Earthquake-Related Signals. *World Scientific Publishing Company Fluctuation and Noise Letters*, 8 (3–4), 261–267.
- Telesca, L., Lovallo, M., Ramírez-Rojas, A. ve Angulo-Brown, F. (2009). Scaling instability in self-potential earthquake-related signals. *Physica A*, 388, 1181–1186.
- Telesca, L., Lovallo, M., Amin Mohamed, A. E.-E., El Gabry, M., El-hady, S., Abou Elenean, K.M ve diğer. (2012). Investigating the time-scaling behavior of the 2004–2010 seismicity of Aswan area (Egypt) by means of the Allan factor statistics and the detrended fluctuation analysis. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 1267–1276.
- Telesca, L., Matcharashvili, T., Chelidze, T., Zhukova, N. ve Javakhishvili, Z. (2013). Investigating the dynamical features of the time distribution of the reservoir-induced seismicity in Enguri area (Georgia). *Natural Hazards*, 77 (1), 117–125.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. ve Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics*. (2 nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Thompson, D. J. (1982). Spectrum estimation and harmonic analysis. *Proc. IEEE* 70 (7), 1055 –1096.

- Tsekov, M. ve Peneva, E. (2016). *Detrended Fluctuation Analysis of Climate and Seismic Data: Examples from Bulgarian Data*. 3rd National Congress on Physical Sciences, Sofia.
- Türkelli, N., Kalafat, D. ve Gündoğdu, O. (1995). 6 Kasım 1992 İzmir (Doğanbeyli) depremi saha gözlemleri ve odak mekanizma çözümü. *Jeofizik*, 9 (10), 343-348.
- Uzel, B., Sözbilir, H., Kaymakçı, C, Kaymakçı, N. ve Langereis, C.G. (2013). Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir–Balıkesir transfer zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey). *Journal of Geodynamics*, 65, 94–116.
- Uzelli, T., Baba, A., Mungan, G. G., Dirik, R. K. ve Sözbilir, H. (2017). Conceptual model of the Gülbahçe geothermal system, Western Anatolia, Turkey: Based on structural and hydrogeochemical data. *Geothermics*, 68, 67–85.
- Üstündağ, M., Şengür, A., Gökbulut, M. ve Ata, F. (2011). *Fourier Dönüşümü Tabanlı Zayıf Sinyal Tespiti*. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Turkey.
- Varotsos, P. A., Sarlis, N. V. ve Skordas E. S. (2014). Study of the temporal correlations in the magnitude time series before major earthquakes in Japan. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 119, 9192–9206.
- VR-71 Voltage Data Logger, (b.t). 8 Ocak 2018, <http://www.multimic.com/e/products/detail/1916>
- Ward, L. M. ve Greenwood P. E. (2007). *1/f noise*. 27 Nisan 2017, http://www.scholarpedia.org/article/1/f_noise.
- Wynn, J.C. ve Sherwood, S.I. (1984). The self potential (SP) method-an inexpensive reconnaissance and archaeological mapping tool. *Journal of Field Archaeology*, 11 (2), 195-204.
- Yüngül, S. (1950). Interpretation of spontaneous polarization anomalies caused by spherical bodies. *Geophysics*, 15, 237-246.