

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YEREL VE BÖLGESEL DEPREMLERİN KAYNAK
SPEKTRUMLARINDAN YARARLANILARAK MARMARA
BÖLGESİ İÇİN MOMENT MAGNİTÜDÜ TAYİNİ**

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Ayşegül KÖSEOĞLU KÜSMEZER

Anabilim Dalı: Jeofizik Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Şerif BARIŞ

İkinci Danışman : Doç. Dr. Nurcan Meral ÖZEL

KOCAELİ, 2010

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YEREL VE BÖLGESEL DEPREMLERİN KAYNAK
SPEKTRUMLARINDAN YARARLANILARAK MARMARA
BÖLGESİ İÇİN MOMENT MAGNİTÜDÜ TAYİNİ**

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Ayşegül KÖSEOĞLU KÜSMEZER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 1 Eylül 2010

Tezin Savunulduğu Tarih: 5 Kasım 2010

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Serif BARİŞ

(.....)

Üye

Prof. Dr. Mithat Fırat

ÖZER

(.....)

Üye

Üye

Prof. Dr. Oya ÇAKIN

(.....)

Üye

Üye

Prof. Dr. Oğuz

ÖZEL

(.....)

Üye

Prof. Dr. Yıldız

ALTINOK

(.....)

Prof. Dr. Ömer Feyzi

GÜRER

(.....)

KOCAELİ, 2010

Doç. Dr. Nurcan

Meral ÖZEL

(.....)

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, başlangıcından sonuna kadar, gerekli bütün yardım, tavsiye ve yönlendirmeleri yapan, karşılaştığım problemlerin çözümünde olumlu veya olumsuz her türlü konuyu karşılıklı geliştirebilmem doğrultusunda son derece toleranslı ve arkadaşça yaklaşımlarıyla beni motive eden, deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Şerif Barış'a teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda ikinci tez danışmanım olan, bu konuyu öncelikli olarak tavsiye eden, takip ettiği literatür bilgileri ile bir çok konuda beni güncelleyen, tez boyunca yaşadığım aksaklıklarda gösterdiği yönlendirmeler sayesinde çalışma boyunca bana ivme kazandıran, yenilikçi ve girişimci özellikleri ile ilgili kişilerle bağlantı kurmamı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Nurcan Meral Özel'e teşekkür ederim.

Gerek bu çalışmamda gerekse daha önce bitirmiş olduğum yüksek lisans tezi çalışmamda hem ofisinde, hem evinde benimle birebir öğrencilik yapan, bilimsel her türlü donanımını koşulsuzca paylaşan, kendisinden çok şey öğrendiğim, bilim insanı olmasının yanı sıra varlığı ile bana güç veren, benim için çok özel bir yeri olan sevgili hocam Prof. Dr. S. Balamir Üçer'e minnet duygularımı sunmak isterim.

Çalışma boyunca olaylara yaklaşımından çok şey öğrendiğim Dr. Mehmet Yılmaz'er'e, alet bilgilerinden yararlandığım, ayrıca yaptığım çalışmada gerek yazılım; gerekse bilgi ve fikir alışverişi olmak üzere birçok konuda kendisine danışmam konusunda bana olanak sağladığından dolayı minnet duygularımı belirtmek isterim. Çalışmada kullanmış olduğum yöntemle ait modülün sadece Linux platformu desteği bulunması nedeniyle programın Windows ortamında da otomatik olarak çalıştırılabilmesi için kullandığım bir takım çizim programları ve uyarlanmalarında gösterdiği beklentisiz yardımlarından ve bilgi birikimiyle sağladığı yönlendirmelerinden ötürü Prof. Dr. Ali Pınar'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince kullandığım tüm geniş bantlı sayısal hız verileri KRDAE-UDİM tarafından oluşturulmuştur. Bu nedenle UDİM çalışma arkadaşlarıma, başta güler yüzlü ve hoşgörülü tavırlarıyla birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum UDİM Müdürü Dr. Doğan Kalafat olmak üzere gerek tez boyunca yararlandığım her türlü donanım ve bizlere sağlanan sınırsız veri desteğine katkıda bulunmuş olmaları; gerekse yürütmüş olduğum çalışma boyunca bana gösterdikleri toleranstan ve moral desteklerinden ötürü teşekkür ederim. Çalışmamda ayrıca şu anda UDİM çalışma arkadaşları kapsamına dahil etmem gereken sevgili arkadaşım Dr. Didem Cambaz'a bana gösterdiği yakın arkadaşlığı ile birlikte paylaştığımız keyifli vakitler; gerekse çalışma boyunca gösterdiği yönlendirme ve yardımlarından dolayı sevgilerimi sunmak isterim.

Yaptığım çalışmada kullanılan bilgisayar programları Dr. Lars Ottemöller tarafından üretilen yazılımların geliştirilmesi/uyarlanmasıyla ortaya çıkmıştır. Kendisine gerek Norveç'te bizzat, gerekse uzaktan yürüttüğüm yazışmalarda gösterdiği destek ve

değerli fikirlerinden ötürü minnet duygularımı sunmak isterim. Çalışmada kullandığım ve zaman zaman içinden çıkamadığım alet bilgilerinin oluşturulmasında sorunlarımı yardımcı olan Dr. Jens Havskov’a teşekkür ederim.

Tez boyunca uzaktan yürütmekte zorlandığım pek çok konuda bana sağladıkları yardımlarından dolayı Kocaeli Üniversitesi’nde çalışan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitemde yer alan Prof. Dr. Mithat Fırat Özer’e gösterdiği yönlendirmelerinden ve arkadaşça yaklaşımlarından; Prof. Dr. Ömer Feyzi Gürer’e tez boyunca bana sağladığı motivasyon ve desteğinden dolayı ayrıca teşekkür etmek isterim.

Şu an her birisi başka bir yerde olsa da her daim yanımda olan sevgili aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLOLAR DİZİNİ	vii
SİMGELER	viii
ÖZET	ix
İNGİLİZCE ÖZET	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	6
2.1. Marmara Bölgesi'nin Aktif Tektoniği	6
2.2. Kuzey Anadolu Fayı ve Marmara Denizi	6
2.3. Marmara Bölgesi'nin Sismik Etkinliği ve Depremselliği	7
2.4. Aletsel Büyüklük (Magnitüd)	9
2.4.1. Büyüklük türleri	13
2.4.1.1. Yerel Büyüklük (Richter Büyüklüğü), M_L	14
2.4.1.2. Süreye Bağlı Büyüklük, M_D	16
2.4.1.3. Cisim Dalgası Büyüklüğü, M_B	17
2.4.1.4. Yüzey Dalgası Büyüklüğü, M_S	18
2.4.1.5. Moment Büyüklüğü, M_w	19
2.5. Veri Yapıları ve Format Dönüşümleri	20
2.5.1. GCF formatı	20
2.5.2. SAC formatı	21
2.5.3. ZSACWIN yazılımı	21
2.5.4. SEISAN yazılımı	21
2.5.4.1. SEISAN veri dönüşümleri	23
3. MOMENT BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİNDE TEMEL KAVRAMLAR	30
3.1. Kaynak Spektrumu ve Kaynak Parametreleri	31
3.1.1. Geometrik yayılım, $G(R)$	34
3.1.2. Sismik kaynak modeli, $S(f)$	35
3.1.3. Soğurulmanın etkisi, $D(f)$	39
3.1.3.1. Q soğurumu	40
3.1.3.2. κ soğurumu	41
3.2. Sismik Gürültü ve Güç Yoğunluğu Spektrumu	42
4. MOMENT BÜYÜKLÜK TAYİNİNİN VERİ SETLERİNE UYGULANMASI	45
4.1. Veri Setlerinin Oluşturulması	45
4.2. Çalışmada Kullanılan Q ve κ Parametreleri	49
4.3. Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi	50
4.3.1. Kaynak parametrelerinin kullanıcı tarafından belirlenmesi	52
4.3.2. Kaynak parametrelerinin otomatik olarak belirlenmesi	58
5. BULGULAR	69
5.1. Kullanıcı Denetimli ve Otomatik Çözümlerin Karşılaştırılması	76
5.1.1. Kullanıcı denetimli (Manual) hesaplanan kaynak parametreleri	77
5.1.2. Bilgisayar kontrolünde (Otomatik) hesaplanan kaynak parametreleri	78

5.2. Spektral ve RMT-CMT Çözümlerinin Karşılaştırılması.....	80
6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	82
KAYNAKLAR	88
EKLER.....	95
ÖZGEÇMİŞ	120

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1:	Marmara Denizi'nin yapısı (Le Pichon ve diğ., 2001)	7
Şekil 2.2:	Marmara Bölgesi'nin 2000-2009 yılları arasındaki deprem etkinliği (KRDAE).	9
Şekil 2.3:	Cisim ve yüzey dalgalarının kaynak spektrumları (IASPEI, 2002).	13
Şekil 2.4:	M_w , M_s ve M_B büyüklüklerinin frekans aralıklarındaki kaynak spektrumları.....	13
Şekil 2.5:	Genliğin okunma şekli (IASPEI, 2002).	14
Şekil 2.6:	M_L (Richter) Büyüklüğünün hesaplanması (Stein ve Wysession, 2002).	15
Şekil 2.7:	M_L büyüklüğünün hesaplanmasına ilişkin bir örnek (18 Mart 2009, $M_L=5.1$).	15
Şekil 2.8:	Genliğin traşlanması durumuna bir örnek. 18 Mart 2004, $M_w=5.6$, Aşkale-ERZURUM Depremi, KVT istasyonu kaydı (Kalafat ve diğ., 2009).	16
Şekil 2.9:	Depreme ait sürenin okunmasına bir örnek (18 Mart 2009, $M_L=5.1$).	17
Şekil 2.10:	M_B büyüklüğünün hesaplanmasına ilişkin bir örnek (18 Mart 2009, $M_L=5.1$).	18
Şekil 2.11:	Büyük bir deprem için uzun periyotlu düşey bileşen kaydı örneği (Havskov ve Ottemöller, 2003).	19
Şekil 2.12:	SEISAN paket programının iskelet yapısı.	22
Şekil 2.13:	SAC formatlı sayısal verilerin SEISAN formatına dönüştürülmesi.	24
Şekil 2.14:	WAV klasörü altında yer alan sayısal verilerin isimlendirilme formatı ve oluşum düzeni.....	24
Şekil 2.15:	Deprem bilgilerini içeren NORDIC format düzenine göre oluşturulmuş bir '*.S' veri tabanı dosyası örneği.	25
Şekil 2.16:	REA klasörü altında yer alan '*.S' veri tabanı dosyalarının isimlendirilme formatı ve oluşum düzeni.	26
Şekil 2.17:	GSE2 formatında oluşturulan kalibrasyon dosyalarının isimlendirilme düzeni	27
Şekil 2.18:	ISK istasyonu düşey bileşeni için yer değiştirme cinsinden genlik (sol alt) ve faz tepki (sağ alt) fonksiyonları.	29
Şekil 3.1:	Sinyalin kaynaktan çıkıp alıcıya gelişi esnasında izlediği yol.	30
Şekil 3.2:	İvme, hız ve yer değiştirme kayıtlarının sismograf üzerindeki görüntüleri.	32
Şekil 3.3:	Geometrik yayılım etkisinin uzaklık ve derinlikle değişimi (Havskov ve Ottemöller, 2010).	35
Şekil 3.4:	Sismik kaynak spektrumunun yer değiştirme (solda) ve ivme cinsinden (sağda) spektrumu (IASPEI, 2002).	36
Şekil 3.5:	$M_L=3.4$ büyüklüğünde bir deprem örneği için Q ve κ parametre düzeltmelerinin yer değiştirme spektrumu üzerindeki etkisi (Havskov ve Ottemöller, 2010).	40
Şekil 3.6:	Litosferdeki Q_s^{-1} (solda) ve Q_p^{-1} (sağda) değerleri (Sato ve Fehler, 1998).	41

Şekil 3.7:	IRIS-BOCO istasyonuna ait gürültü seviyeleri ve Peterson tarafından verilen alt ve üst gürültü seviyesi eğrileri (kesikli çizgiler), (FDSN, 2004)	42
Şekil 3.8:	Seçilen zaman penceresine ait (üstte) gürültü spektrumu ve Peterson eğrileri (altta).....	44
Şekil 4.1:	KRDAE-UDİM geniş bantlı istasyon dağılımı.	47
Şekil 4.2:	Çalışılan bölge, ana fay hatları, çözümlenen depremler (kırmızı yuvarlaklar) ve kullanılan istasyonların (siyah üçgenler) dağılımı.	49
Şekil 4.3:	Kullanıcı denetiminde pencere seçimine ilişkin bir örnek (20 Ekim 2006, 18:15).	54
Şekil 4.4:	Kullanıcı denetiminde seçilen pencereye göre (üstte); yer değiştirme altta (a) ve gürültü spektrumunun (b) alınmasına ilişkin bir örnek (20 Ekim 2006, 18:15).....	56
Şekil 4.5:	Alınan pencereye göre (üstte); yer değiştirme spektrumunu teorik modele uyarlama altta (a) ve gürültü spektrumu (b), (20 Ekim 2006, 18:15).	57
Şekil 4.6:	Windows ortamına uyarlanan modülün çıkış dosyası örneği.	66
Şekil 4.7:	Zaman ortamında kaydedilen bir sinyalin kaynak parametrelerinin otomatik olarak (a) ve kullanıcı denetiminde (b) belirlenmesine ilişkin yürütülen işlemlerin akış diyagramı.....	68
Şekil 5.1:	12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova, $M_w=4.2$ depremi ADVT istasyon kaydının kullanıcı denetiminde çözümlenmesi.....	78
Şekil 5.2:	12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova, $M_w=4.2$ depremi ADVT istasyon kaydının otomatik olarak çözümlenmesi.	79
Şekil 5.3:	Tablo 5.4 ile verilen M_w^1 spektral ve M_w^2 RMT çözümlerinin karşılaştırılması. Yatay eksen referans deprem numarası, düşey eksen ise M_w^1 ve M_w^2 değerlerini ifade etmektedir.....	81

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1:	Marmara Bölgesi'nde 1509-1999 yılları arasında hasar verici nitelikte meydana gelen depremlerin listesi (Barka, 1996; Ambraseys, 2002).....	8
Tablo 2.2:	Büyükölük türleri ve kullanım alanları.	11
Tablo 2.3:	GSE2 formatında oluşturulan bir kalibrasyon dosyası örneği (İlk satır CAL2, ikinci satır PAZ2, üçüncü-yedinci satırlar arası kutup-eksen, son satır ise DIG2 değeriğini ifade etmektedir).	27
Tablo 4.1:	KRDAE-UDİM geniş bantlı deprem istasyonları ve özellikleri	46
Tablo 4.2:	Çalışmada kullanılmak üzere tanımlanan MULPLT.DEF parametre giriş dosyası formatı	53
Tablo 4.3:	Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan spektral parametreler	60
Tablo 4.4:	Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan veri işlem parametreleri.....	60
Tablo 4.5:	Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan pencere seçim parametreleri.....	61
Tablo 4.6:	Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan faz seçim parametreleri	61
Tablo 4.7:	Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan istasyon parametreleri	61
Tablo 4.8:	AUTOSIG.OUT çıkış dosyası örneği (20 Ekim 2006, 18:15, $M_L=5.2$, Kuş Gölü Depremi).	65
Tablo 5.1:	Elde edilen kaynak parametreleri ve büyükölük değeri.....	69
Tablo 5.2:	12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova, $M_w=4.2$ depreminin kullanıcı denetiminde çözümlenmesi ile elde edilen sonuçlar	77
Tablo 5.3:	12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova, $M_w=4.2$ depreminin otomatik olarak çözümlenmesi ile elde edilen sonuçlar	79
Tablo 5.4:	Spektral çözümlerin RMT ve CMT sonuçları ile karşılaştırılması.	80

SİMGELER

M_L	:Yerel Büyüklük (Richter Büyüklüğü)
M_D	:Süreye Bağlı Büyüklük
M_B	:Cisim Dalgası Büyüklüğü
M_S	:Yüzey Dalgası Büyüklüğü
M_w	:Moment Büyüklüğü
M_0	:sismik moment, (Nm)
Ω	:spektral düzey, (ms)
f	:frekans, (Hz)
f_0	:kesme frekansı, (Hz)
Q	:soğurulma
Q_S	:S dalgası için soğurulma
κ	:sığ derinlikteki soğurulma
ρ	:yoğunluk, (gr/cm ³)
v_S	:S dalgası hızı, (km/sn)
v_P	:P dalgası hızı, (km/sn)
μ	:makaslanma katsayısı, (dyne/cm ²)
SD	:gerilme düşümü, (bar)
S/N	:sinyal/gürültü oranı

Kısaltmalar

ASCII	:American Standard Code for Information Interchange
CGS	:Converging Grid Search (Yakınsayarak Grid Arama)
CMT	:Centroid Moment Tensor
FFT	:Fast Fourier Transform (Hızlı Fourier Dönüşümü)
GA	:Genetic Algorithm (Genetik Algoritma)
GCF	:Guralp Compressed Format
GSE	:Group of Scientific Experts
IASPEI	:International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior
ISC	:International Seismological Centre
KAFZ	:Kuzey Anadolu Fay Zonu
KOU	:Kocaeli Üniversitesi
KRDAE	:Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
MTI	:Moment Tensor Inversion (Moment Tensör Ters Çözüm)
RMT	:Regional Moment Tensor (Bölgesel Moment Tensör)
SAC	:Seismic Analysis Code (Sismik Analiz Kodu)
UDİM	:Ulusal Deprem İzleme Merkezi
USGS	:United States Geological Survey
YUBAM	:Yer ve Uzay Bilimleri Araştırma Merkezi

YEREL VE BÖLGESEL DEPREMLERİN KAYNAK SPEKTRUMLARINDAN YARARLANILARAK MARMARA BÖLGESİ İÇİN MOMENT MAGNİTÜDÜ TAYİNİ

Ayşegül KÖSEOĞLU KÜSMEZER

Anahtar Kelimeler: Moment Büyüklüğü, Yer Değiştirme Spektrumu, Kaynak Spektrumu, Kaynak Parametreleri, Sismik Moment.

Özet: Çalışmada Marmara Bölgesi içerisinde 2006-2009 yılları arasında meydana gelen depremler için yer değiştirme spektrumlarından yararlanılarak moment büyüklükleri otomatik olarak hesaplanmıştır. Bu doğrultuda KRDAE sismik ağına ait 39 adet geniş bantlı sismograf sistemleri tarafından kaydedilen 271 adet deprem verisi kullanılmıştır. Çözümlemesi yapılan depremlerin büyüklükleri 1.6 ile 5.0 arasında değişmektedir.

Spektrum yöntemi ile büyüklük hesaplamada soğurulmanın önemli bir etken olması nedeni ile öncelikli olarak tüm çalışma bölgesini karakterize eden soğurulma parametreleri hesaplanmıştır. Özellikle sığ derinliklerde yatay bileşenlerin zemin büyütmelerinden daha fazla etkilenmeleri nedeniyle çalışmada düşey bileşen verileri kullanılmıştır.

Hız verilerinin yer değiştirmeye dönüştürülmesi ile elde edilen kaynak spektrumları Brune tarafından tanımlanan teorik kaynak modeline uyarlanmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda teorik model ile elde edilen gözlemsel değerler arasında oluşan farkı en aza indireyecek şekilde moment büyüklüklerinin otomatik bir işleyiş içerisinde hesaplanmaları sağlanmıştır. Yapılan hesaplamalarda moment büyüklüklerinin yanı sıra depremlerin oluş zamanı, dış merkezi, sismik momenti, spektral düzeyi, kesme frekansı ve gerilme düşümü gibi bir kısım kaynak parametreleri de standart sapmaları ile birlikte hesaplanmıştır.

Kaynak parametreleri ve moment büyüklüklerinin yer değiştirme spektrumundan elde edilmesine yönelik olarak kullanılan bu yöntem uygulamada depremlerin büyüklükleri açısından herhangi bir sınırlamanın söz konusu olmadığını ve yöntemin sadece küçük depremler için değil aynı zamanda orta büyüklükteki depremler için de güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

MOMENT MAGNITUDE DETERMINATION FOR THE MARMARA REGION BASED ON SOURCE SPECTRA OF LOCAL AND REGIONAL EARTHQUAKES

Ayşegül KÖSEOĞLU KÜSMEZER

Keywords: Moment Magnitude, Displacement Spectra, Source Spectra, Source Parameters, Seismic Moment.

Abstract: In the frame of this thesis an automatic determination of the moment magnitude was performed by using the displacement spectra of selected earthquakes in Marmara Region. For this purpose 39 three component broadband stations were used from KOERI seismic network which recorded 271 earthquakes with magnitudes $1.6 < M < 5.0$ in between 2006-2009.

Due to the importance of quality factor in determination of the moment magnitude with spectral analysis method, the quality factor was calculated for the whole region in the beginning. Horizontal components are more affected by soil amplification at shallow depths so the vertical component seismograms were used for the study.

Source spectrum which was obtained by converting the velocity records to displacement spectra and moment magnitudes of earthquakes were determined by fitting this spectra to classical Brune model. For this aim, an automatic procedure was utilized which is based on minimizing the differences between observed and synthetic source spectra. Besides of moment magnitude and location parameters, some source parameters such as seismic moment, spectral level, corner frequency and stress drop were also calculated.

Application of the method proves that there is no lower magnitude limit to determine the seismic moment from the source spectra and it is applicable not only for earthquakes with small magnitude but also moderate earthquakes as well.

1. GİRİŞ

Depremlerin büyüklüklerini tespit etmek için kullanılan pek çok büyüklük türü (Yerel Büyüklük M_L , Cisim Dalgası Büyüklüğü M_B , Yüzey Dalgası Büyüklüğü M_S) sismografların zaman ortamında ölçülen genlik değerlerine bağlı olarak verilmektedir. Ayrıca bu büyüklüklerde seyahat boyunca sönümlenme, soğurulma ve bölgesel koşulların sismik dalgalar üzerindeki etkileri göz ardı edilmektedir. Sinyalin oluş süresine bağlı olarak ölçülen M_D (duration magnitude) ise daha çok yerel uzaklıklarda yaygın olarak kullanılan bir birimdir. Alternatif olarak frekans ortamında büyüklük tayin etme konusunda araştırmacılar tarafından Grant ve Mansinha (1977) Nortmann ve Duda (1983) çeşitli çalışmalar yapılmıştır. 1977 yılında Kanamori tarafından tanımlanan Moment Büyüklüğü M_w ise genliğe dayandırılan diğer büyüklüklerden farklı olarak en büyük depremlerde dahi satürasyona uğramadığından en güvenilir büyüklük türü olarak kabul görmüştür (Hanks ve Kanamori, 1979). Günümüzde birçok sismoloğun ortak görüşü fiziksel ölçümlere ve sismik momente dayandırılan M_w 'nın temel büyüklük türü olması gerektiğidir. Ancak genliğe dayandırılan büyüklükler bir çok merkezde en azından geleneksel ve tarihsel devamlılık niteliği taşımaları açısından halen yaygın olarak kullanılmaktadır (Miyamura, 1982).

Dünyada yerel ve bölgesel sismik ağ sayısının giderek artması ile birlikte yıkıcı bir depremin meydana gelmesi durumunda depremin merkez üssü, derinlik ve büyüklük bilgilerinin mümkün olabildiğince hızlı ve doğru bir biçimde verilmesi öncelikli hedeflerden bir tanesi olmaya başlamıştır (Espinosa Aranda ve diğ., 1995; Johnson ve diğ., 1995; Gee ve diğ., 1996; Malone, 1996; Wu ve diğ., 1997). Gerçek zamanlı sismoloji (real time seismology) olarak isimlendirilen bu işlem süreçleri otomatik faz tanımlamasını ve dış merkez çözümlerini de beraberinde kapsamaktadır (Withers ve diğ., 1998). Otomatik olarak çalıştırılan sistemlerde verilen depremlerin büyüklük bilgileri çoğunlukla zaman ortamında ölçülen genlik değerlerine veya sinyalin oluş süresine dayandırılır. Kaynak parametrelerinin sismik momenti de içerecek şekilde otomatik olarak hesaplanması konusunda bir takım çalışmalar McEvelly ve Majer

(1982), Anderson ve Humphrey (1991), Schindele ve diğ. (1995) ve Al-Eqabi ve diğ. (2001) tarafından yürütülmüştür.

Kaynak parametrelerinin otomatik yöntemlerle hesaplanması özellikle büyük sayılardaki deprem veri setlerini analiz etmede oldukça verimli ve zaman kazandırıcı bir yoldur (Anderson ve Humphrey, 1991). Alternatif olarak bölgesel geniş bantlı kayıtçılar tarafından kaydedilen sayısal verilerin kullanılarak MTI (Moment Tensör Ters Çözüm) yöntemiyle Kawakatsu (1995) Pasyanos ve diğ. (1996) sismik momenti tamamen otomatik olarak hesaplamak mümkündür. Diğer taraftan MTI çözümlerinin gerçek zamanlı olarak uygulanabilirliği ve verimliliği Tajima ve diğ. (2002) tarafından araştırılmıştır.

En son yaşanan yıkıcı 17 Ağustos 1999 İzmit depremi genliğe dayalı olarak verilen ilksel büyüklük tahminlerinin güvenilir olmaktan çok uzak olduğunu göstermiştir. Nitekim 1999 İzmit depreminde ilksel olarak verilen $M_D=6.7$ büyüklüğünün daha sonra verilen tahminlerde $M_w=7.4$ olduğu belirlenmiştir (Toksöz ve diğ., 1999). Bu tür durumların yaşanmasındaki en önemli nedenlerinden bir tanesi de uygulanan büyüklük türlerinin (M_L , M_B ve M_D) belirli bir eşik değerinin üzerinde satürasyona uğramasıdır. Bu gibi durumlar çoğu zaman yanlış değerlendirmelere de sebep olabilmekte ve ayrıca bir depremin büyüklüğü ve (depreme olan uzaklığa ve sağlamlığa bağlı olarak binalar üzerinde oluşturabileceği) potansiyel hasar arasındaki son derece basit olan ilişkinin kurulmasını bile olasılıksız bir hale getirebilmektedir. Daha çok büyük depremlerde kullanılan M_S büyüklüğünün hesaplanması için ise depremin merkez üssünün uzak olması ön koşuldur ve bu nedenle yerel sismik ağlarda kullanılması mümkün değildir.

17 Ağustos 1999 $M_w=7.4$ ve 12 Kasım 1999 $M_w=7.2$ Düzce depremleri ile birlikte Marmara Bölgesi için sismik risk konusu önemli bir sorun niteliği taşımaya başlamıştır. Yapılan son çalışmalar Atakan ve diğ. (2002), Pulido ve diğ. (2004), Parsons, (2004), Erdik ve diğ. (2004) göstermektedir ki bölgenin 30 yıl içerisinde $M \geq 7.0$ deprem oluşturma potansiyeli son derece yüksektir. Büyük depremler özellikle İstanbul gibi nüfus yoğunluğunun ve ağır endüstrileşmenin fazla olduğu bölgeler için büyük bir tehdit oluşturmaktadır ve bu nedenle özellikle sismik riski

azaltma çalışmaları açısından bir depremin karakteristiğini iyi tanımlamak son derece önemlidir.

1999 Kocaeli ve Düzce depremleri esnasında ve daha öncesinde yeterli sayıda geniş bantlı sismometreler mevcut olmayıp analog sismometrelerle gerçek zamanlı olarak taşınan deprem verileri sismograf kağıtları üzerine kaydedilmekteydi. Bu türde kaydı alınan veriler üzerinden ana sarsıntılar ve devam eden artçı aktiviteler için sayısal işlemlerin yapılabilmesi pek olası değildi. Ancak her iki depremden sonra ve özellikle 2005 yılından itibaren artan sayıda geniş bantlı sismograf sistemlerinin kurulması ile birlikte sismik ağı oluşturan istasyonların sayıları, verilerin kalitesi ve modernizasyonu ile birlikte artmaya başladı. Şu anda sayıları 103'e ulaşan KRDAE-UDİM (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü-Ulusal Deprem İzleme Merkezi) sismik ağına ait geniş bantlı istasyonların varlığı ile birlikte Türkiye sınırları içerisinde meydana gelen herhangi bir depremin merkez üssünün belirlenmesinde olası hata payı düşerken (<5 km) aynı zamanda sayısal veri üzerinden çeşitli spektral işlemlerin yapılabilmesi mümkün hale gelmiş ve bu çalışmada olduğu gibi büyüklük tayininde en küçük eşik değeri 1.6'ya inmiştir.

İstanbul mega kentini de içerisinde barındıran ve büyük bir olasılık taşıyan Marmara Bölgesi'nde oluşabilecek herhangi bir deprem anında büyüklük tayini yapılırken doğruluk ve hızlilik son derece önemli bir mesele olma niteliği taşımaya başlamıştır. Sismologlar arasında kullanılan büyüklük türleri mevcut sismik ağı, derinliğe ve depremin merkez üssüne bağlı olarak değişir ve bunların birçoğu (M_L , M_B , M_S ve M_D) satürasyon etkisi taşırlar (Stein ve Wysession, 2002). Bunlardan bağımsız olarak M_w ise tüm frekans bandını kullandığından dolayı depremin büyüklüğünü en iyi karakterize eden büyüklük türüdür.

Marmara Bölgesi için hesaplanan MTI ile ilgili çeşitli araştırmalar mevcuttur. Bunlardan bir tanesi Örgülü ve Aktar (2001) tarafından çalışılan 7 adet geniş bantlı sismograf kayıtlarından elde edilen Kocaeli Depremi artçı sarsıntılarının kullanılarak MTI çözümlerinin hesaplanmasıdır. Çalışmada ters çözüm sonuçları, ilk hareket yönlerinden bulunan faylanma mekanizmaları ile karşılaştırılmış ve meydana gelen

birçok artçı depremin KAFZ (Kuzey Anadolu Fay Zonu)'na paralel olarak gelişen sağ yanal atımlı faylanmalardan oluştuğu var sayılmıştır.

Bu konu ile bağlantılı yürütülen bir diğer çalışma ise Marmara Denizi içerisindeki aktif tektonizma ve sismik tehlikeyi ortaya çıkarmak amacıyla Pınar ve diğ. (2003) tarafından orta büyüklükteki deprem dizileri için uygulanmıştır. Ayrıca Yılmaz (2009) tarafından tüm Türkiye'ye yönelik faylanma mekanizmaları ile beraber bölgesel MTI ve gerilme analizleri yapılarak elde edilen bulgular ışığında bölgeye sismo-tektonik bir yorumlama getirilmiştir.

Marmara Bölgesi için kaynak spektrumundan yararlanılarak yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Parolai ve diğ. (2007) tarafından ivmeölçer kayıtçılarından yararlanılarak yüksek frekans aralıklarındaki ($f > 12$ Hz) sığ derinliklerdeki κ soğurumunu (near surface attenuation) değişimini incelemek amacıyla spektral analiz yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre κ değerleri 0.00 ve 0.08 aralığında değişim göstermektedir. Gök ve diğ. (2009) tarafından ise Kocaeli Depremi'nin artçı sarsıntılarında oluşan hız ve ivmeölçer verileri kullanılarak iki yöntem karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. Kullanılan metotlardan bir tanesinde kaynak spektrumu herhangi bir modelden bağımsız olarak hesaplanırken; diğer yöntemde küçük depremlerin kaynak spektrumlarını almak suretiyle yüksek frekanslardaki sismik moment (M_0), kesme frekansı (f_0) ve Q soğurumu hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ikinci yöntemin tüm frekans aralığı boyunca uygulanabileceği, birinci yöntemin ise daha çok bant sınırlı kayıtçılarda kullanılabileceği ön görülmüştür.

Yapılan bu çalışmanın başlıca amacı S dalgalarının kaynak spektrumlarından yararlanılarak yerel ve bölgesel depremler için Moment Büyüklüğünü otomatik bir işleyiş içerisinde hesaplamaktır. Bu kapsamda Havskov ve Ottemöller (2003) tarafından geliştirilen SEISAN Yazılım Paketi içerisinde yer alan bazı alt programlar uygulanmış ve hesaplamalarda kullanılan ilgili modüllerin Windows platformunda da otomatik bir işleyiş altında çalıştırılabilmesi sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem frekansa bağımlı olmasının tüm bant aralığı boyunca uygulanabilmekte ve ayrıca büyük/küçük, yakın/uzak, derin/sığ şeklinde herhangi bir ön koşul taşımaksızın tüm büyüklüklerde kullanılabilmektedir (Havskov ve Ottemöller, 2008).

Depremlerin kaynak parametrelerinin belirlenmesi diğer taraftan KRDAE'de İstanbul ili için geliştirilmiş olan Deprem Erken Uyarı Sistemi içerisinde kullanılmak üzere alt bilgi girdilerini oluşturması açısından da önem taşımaktadır. Kaynak parametrelerinin belirlenmesi ve büyüklüklerinin hesaplanmasında kullanılan SEISAN yazılım paketinin ilgili modüllerinin ZSACWIN (Yılmaz, 2003, 2010) programına uyarlanması, ilgili programda kullanılan RMT (Bölgesel Moment Tensör Ters Çözüm) çözümlerinden hesaplanan kaynak parametreleri ile sismik moment, gerilme düşümü, fayın uzunluğu ve sismik enerji gibi parametrelerin de analizlerinde birlikte değerlendirme olanağı sunacaktır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. Marmara Bölgesi'nin Aktif Tektoniği

Marmara Bölgesi'nin tektonik aktivitesini belirleyen temel unsur, Anadolu Bloğu'nu yaklaşık 1600 km boyunca doğudan batıya kesen ve sağ atımlı bir sistem olan KAFZ (Kuzey Anadolu Fay Zonu)'dur (McKenzie, 1972; Şengör, 1979). Bolu'nun doğusuna kadar tek parça halinde olan KAFZ, batısında Düzce ve Mudurnu fay segmentleri olarak iki ana kola ayrılır (Ayhan ve diğ., 1999). GPS verisine dayalı olarak yapılan çalışmalara göre Düzce fay segmenti 10 mm/yıl kadar yerdeğiştirme barındırmaktadır. Mudurnu'nun batısında KAFZ kuzey ve güney KAF olarak tekrar ikiye ayrılmaktadır (Uçarkuş ve diğ., 2010). Kuzey kol Sapanca Gölü'nü geçerek Marmara Denizi içine girmektedir; güneyde kalan kol ise İznik Gölü'nü geçerek Gemlik Körfezi'ne ulaşmaktadır. Yapılan GPS gözlemlerine göre yanal hareketin çoğu Marmara Denizi baseni boyunca ana faydan oblik olarak kuzeye doğru kuzeydeki kola iletilmektedir (McClusky ve diğ., 2000; Armijo ve diğ., 2002; Reilinger, 2006).

2.2. Kuzey Anadolu Fayı ve Marmara Denizi

Marmara Bölgesi'nin büyük bir kısmını oluşturan Marmara Denizi yaklaşık olarak 275 km uzunluğunda, 80 km genişliğinde kuzeye doğru derin çöküntü, güneye doğru geniş bir şelf ile karakterize edilen kara içi denizsel basendir (Görür ve diğ., 1997). Marmara Denizi Baseni farklı paleotektonik birimlerden oluşan kompleks bir jeolojik temele sahiptir. Güneyde Sakarya ve İstanbul; kuzeyde ise Sakarya zonlarında oluşmaktadır (Okay, 2000). Bu zonlar erken Eosen-Oligosen arasında Neotethis Denizi'nin kapanması sonucu bir araya gelmişlerdir. Marmara Bölgesi'nin kara kısmındaki faylar günümüze kadar çok iyi çalışılmış olsa da, deniz içerisindeki faylar 17 Ağustos 1999 İzmit depremine kadar oldukça az araştırılmıştır. 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi'nden sonra çeşitli kurum ve kuruluşlara ait araştırma gemileri ile deniz altındaki aktif faylar kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Bunlardan Türk-

depremlerin hazırlayıcısı olmuştur (Ambraseys, 1970; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1996).

Bilindiği gibi Marmara ve çevresi 1509, 1556, 1719, 1766 ve 1894’de büyük depremlerden etkilenmişlerdir (Tablo 2.1). Ayrıca 1939’da meydana gelen Erzincan Depremi, 1967 Adapazarı Depremi, 1999 İzmit Depremi ve 1999 Düzce Depremleri’nin hepsi KAFZ’de oluşan ve doğudan batıya doğru göç eden yıkıcı depremler olup, sağ yönlü faylanmalar sonucunda meydana gelmiştir.

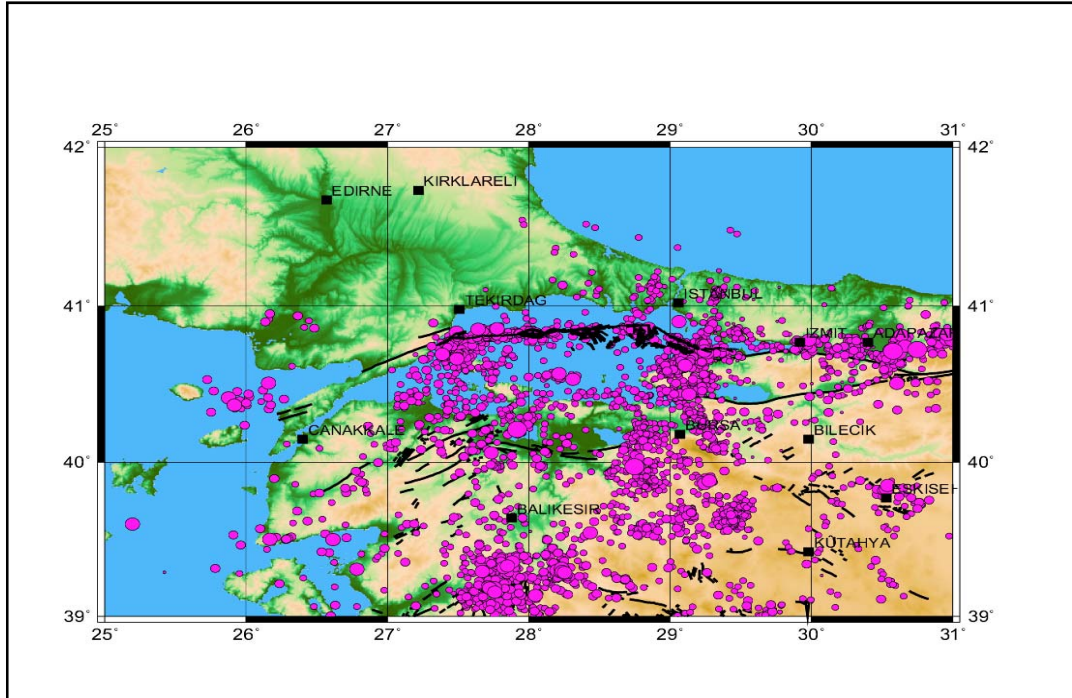
Tablo 2.1: Marmara Bölgesi’nde 1509-1999 yılları arasında hasar verici nitelikte meydana gelen depremlerin listesi (Barka, 1996; Ambraseys, 2002).

No	Yıl	Ay	Gün	Saat (Yerel)	Enlem (E°)	Boylam (N°)	Ms	Mo (10 ¹⁹ Nm*)	Yer
1	1509	09	10	2200	40.90	28.70	7.2	12.30	Marmara Denizi
2	1556	05	10	0	40.60	28.00	7.1	6.17	Gönen
3	1625	05	18	0	40.30	26.00	7.1	6.17	Saros
4	1659	02	17	1900	40.50	26.40	7.2	8.71	Saros
5	1672	02	14	0	39.50	26.00	7.0	4.37	Biga
6	1719	05	25	1200	40.70	29.80	7.4	17.38	Izmit
7	1737	03	06	0730	40.00	27.00	7.0	4.37	Biga
8	1752	07	29	1800	41.50	26.70	6.8	2.19	Edirne
9	1754	09	02	2130	40.80	29.20	6.8	2.19	Izmit
10	1766	05	22	0500	40.80	29.00	7.1	6.17	MarmaraDenizi
11	1766	08	05	0530	40.60	27.00	7.4	17.38	Ganos
12	1855	02	28	0230	40.10	28.60	7.1	6.17	Bursa
13	1859	08	21	1130	40.30	26.10	6.8	2.19	Saros
14	1893	02	09	1716	40.50	26.20	6.9	3.09	Saros
15	1894	07	10	1224	40.70	29.60	7.3	12.30	Izmit
16	1912	08	09	0128	40.70	27.20	7.3	12.30	Ganos
17	1912	09	13	2331	40.70	27.00	6.8	2.19	Ganos
18	1944	10	06	0234	39.50	26.50	6.8	2.19	Edremit
19	1953	03	18	1906	40.10	27.40	7.1	6.17	Gönen
20	1957	05	26	633	40.70	31.00	7.1	6.17	Abant
21	1964	10	06	1431	40.10	28.20	6.8	2.19	Manyas
22	1967	07	22	1657	40.70	30.70	7.2	8.71	Mudurnu
23	1999	08	17	0100	40.72	29.96	7.4	17.38	Izmit
24	1999	11	12	1657	40.81	31.19	7.2	6.17	Düzce

M_s yüzey dalgası büyüklüğü
M₀ sismik moment
*Sismik moment değerleri 10²⁶ dyne.cm birimi olarak Ekström ve Dziewonski (1988) tarafından global M_s-M₀ ilişkisi üzerinden yapılan bağlantı kullanılarak alınmıştır.

Özellikle 17 Ağustos 1999 Depremi sonrasında hızla artış gösteren istasyon sayısı ile birlikte elde edilen veriler bölgede özellikle Marmara Denizi'nin Batı Marmara ve Doğu Marmara-Çınarcık Açıkları, Yalova-Çınarcık ve Bursa'nın güneydoğusunda yoğun bir depremsellik gözlenmektedir (Şekil 2.2). Sonuçlar bölgede yoğun deformasyon sürecinin ve yaygın depremselliğinin devam ettiğini göstermektedir.

Gerek tarihsel; gerekse aletsel döneme ait bilgilere göre deprem yönünden son derece etkin görünen bu bölgede yapılacak olan sismolojik çalışmalar deprem tehlikesini azaltma ve depremi önceden belirleme çalışmalarına katkılar sağlayacaktır.



Şekil 2.2: Marmara Bölgesi'nin 2000-2009 yılları arasındaki deprem etkinliği (KRDAE).

2.4. Aletsel Büyüklük (Magnitüd)

Aletsel büyüklük bir deprem esnasında kırılan fayın, dolayısıyla açığa çıkan enerjinin ölçüsünü belirler. Bir depremin büyüklüğü aynı zamanda kırılan alanın yüz ölçümü ile doğrudan ilişkilidir. Depremleri oluşturan kırıklar yer kabuğunun derinliklerindedir ve sadece büyük depremlerde yer yüzeyine kadar ulaşarak fay kırığı denilen yüzey kırıklarını oluştururlar. Bir deprem meydana geldiğinde derinlerde oluşan kırığı doğrudan gözle görmek mümkün olmasa da, ortaya çıkardığı

etkileri inceleyerek büyüklüğü hakkında fikir edinmek mümkündür. Deprem kayıt ölçerlerinin gelişmesi ile beraber yer hareketlerinin ölçülerek büyüklük tahminlerinin yapılması da mümkün hale gelmiştir.

Depremlerin büyüklükleri:

- Depremi fiziksel büyüklüğünü hesaplamak,
- Depremden sonra meydana gelen potansiyel zararı tahmin etmek üzere enerji boşalımını tanımlamak,
- Yer hareketi ve sismik tehlikeyi belirlemek

gibi çeşitli amaçlara cevap bulmak amacı ile hesaplanabilir.

Bir depremin büyüklüğü çok küçük depremlerde eksi değerlerden başlayabileceği gibi bazılarında 9 ve üzerine kadar çıkabilir. Depremler büyüklük açısından aşağıdaki şekilde sınıflandırılırlar.

Çok büyük	$M \geq 8.0$
Büyük	$6.0 \leq M \leq 8.0$
Orta	$4.0 \leq M \leq 6.0$
Küçük	$2.0 \leq M \leq 4.0$
Çok küçük	$M \leq 2.0$

Aletsel büyüklük kavramı ilk olarak Charles Richter tarafından 1935 yılında Amerika Güney Kaliforniya’da meydana gelen yüksek frekanslı sığ depremler için tanımlanmış ve bu şekilde ölçülen büyüklük Richter Büyüklüğü (M_L) olarak adlandırılmıştır.

Dünya üzerinde yerel ve uluslararası ağ sayısının artması ile birlikte deprem kayıtçılarının sayıları ile beraber çeşitleri de artmaya başlamış, bu durum çeşitlenen ihtiyaçlar doğrultusunda şekillenen yeni büyüklük tanımlamalarını da beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda başlıcaları M_B cisim dalgası, M_S yüzey dalgası, M_D süreye dayalı, M_L yerel olmak üzere çeşitli büyüklük tayin yöntemleri geliştirilmiştir. Her

bir büyüklük tayin yönteminin kullanım alanlarına bağlı olarak değişen kuvvetli ve zayıf tarafları vardır.

Bir depremin büyüklüğünün hesaplanması gerek yerel, gerekse uluslararası nitelikte olsun sismoloji merkezleri için öncelikli hedeflerden bir tanesini oluşturur. Herhangi bir yerde bir deprem meydana geldiğinde ilgili merkezlere sıklıkla yöneltilen sorulardan bir tanesi depremin merkez üssü ise bir diğeri de ilgili depremin büyüklüğü hakkında olmaktadır. Bu amaca yönelik olarak büyüklük türlerinden hangisinin kullanılacağını depremlerin türü, kayıtçıların depreme olan uzaklıkları ve aletlerin donanımsal özellikleri gibi içinde bulundukları koşullar belirleyecektir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Büyüklük türleri ve kullanım alanları.

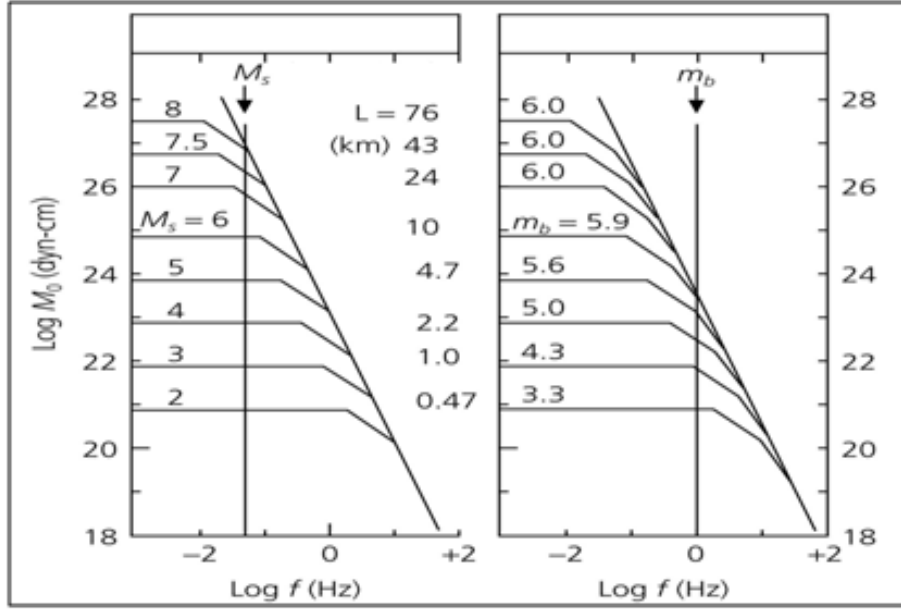
Büyüklük	Uzaklık	Büyüklük aralığı	Periyot	Dalga türü	Derinlik
M_L	0-600 km	$2.0 \leq M \leq 6.0$	0.1-1 sn.	S	$h < 15$ km
M_D	0-400 km	$M \leq 4.0$			
M_B	21° - 100°	$4.0 \leq M \leq 7.0$	~ 1 sn.	P	$h \sim 60$ km
M_S	20° - 160°	$5.0 \leq M \leq 8.0$	~ 20 sn.	Rayleigh	$h < 15$ km
M_w	hepsi	hepsi	hepsi	hepsi	hepsi

Depremlerin büyüklüklerini tespit etmek için kullanılan pek çok büyüklük tanımlaması (M_L , M_B , M_S) sismografların zaman ortamında ölçülen genlik değerlerine bağlı olarak verilmektedir. Ancak bahsedilen büyüklükler bir takım kısıtlı durumları da bünyesinde barındırır; bunlardan hemen hepsi deneysel (ampirik) bağıntılara dayandırılarak geliştirildiklerinden dolayı depremlerin fiziği hakkında doğrudan bir bilgi taşımazlar. Diğer taraftan dalgaların genliklerinin okunmasındaki temel düşünce bir genliğin depremin büyüklüğünü de yansıttığı yönündedir. Nitekim büyüklük logaritmik değer üzerinden hesaplandığından büyüklükteki bir birimlik bir artış sismogramdan okunan genliklerde 10 misli; depremin açığa çıkardığı enerji olarak ise 32 misli bir artışa denk gelmektedir. Ancak büyüklüğün doğrudan dalgaların genlikleri ile temsil edildiklerine yönelik düşüncedeki temel eksiklik; dalgaların yayılım esnasında meydana gelen soğurulma ve geometrik saçılım etkilerinin dalga genliği üzerinde de bir takım değişikliklere yol açabileceği durumunun göz ardı edilmiş olmalarından kaynaklanmaktadır (Stein

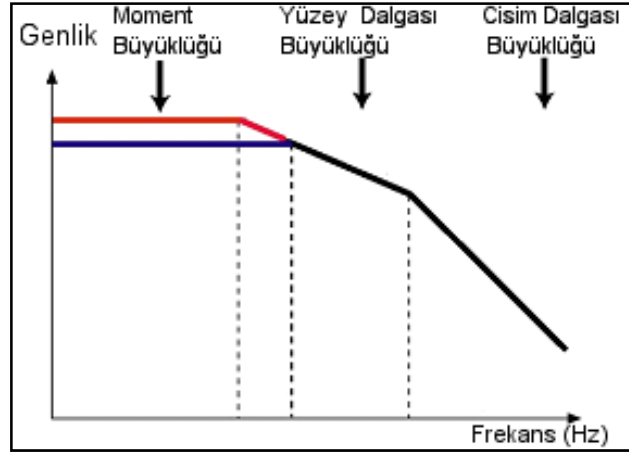
ve Wyssession, 2002). Sinyalin oluş süresine bağlı olarak ölçülen M_D ise daha çok yerel uzaklıklarda kullanılan bir birimdir. Bu nedenle bir depremin hemen arkasından verilen büyüklük değerleri pek çok durumda kesin bir bilgi niteliği taşımaz ve ilerleyen zaman içerisinde bu hesaplamaların tekrar gözden geçirilmesini gerektirir.

Sözü edilen tüm büyüklük çeşitleri farklı periyot aralıklarının kullanılmasını gerektirdiğinden kısıtlı kullanım alanı sunar ve özellikle büyük depremler için kullanılan frekans bantlarının limitli olması nedeniyle gerçek değerini veremezler. M_S büyüklüğü bir depremin $T=20$ sn periyotlu Rayleigh dalgalarını kullanır ki büyük depremlerde en büyük genlik değeri genellikle bu aralıkta oluşur. M_B büyüklüğü ise 1 sn periyotta oluşan cisim dalgalarını kullanır. $M_B \geq 6.5$; $M_S \geq 7.5$ değerlerinin üzerinde satürasyona uğrarlar (Şekil 2.3). Bu nedenle gerek M_B , gerekse daha büyük depremler için kullanılan M_S büyüklükleri depremlerde açığa çıkan enerjiyi tam olarak ifade edemez ve büyüklük değerini tam olarak yansıtamazlar.

Bahsedilen büyüklüklerdeki (M_L , M_B , M_D , M_S) kısıtlı kullanım alanları nedeniyle 1977 yılında Kanamori tarafından tanımlanan Moment Büyüklüğü (M_w) genliğe dayandırılarak ifade edilen diğer büyüklüklerden farklı olarak fiziksel ölçümlere ve parametrelere dayandırıldığından en büyük depremlerde dahi gerçek değerini vermesi (satürasyona uğramaması) açısından en güvenilir büyüklük türü olarak kabul görmüştür (Şekil 2.4). Bugün birçok sismologun ortak görüşü enerjiyi en iyi temsil eden M_w büyüklüğünün temel büyüklük birimi olarak kullanılması yönündedir.



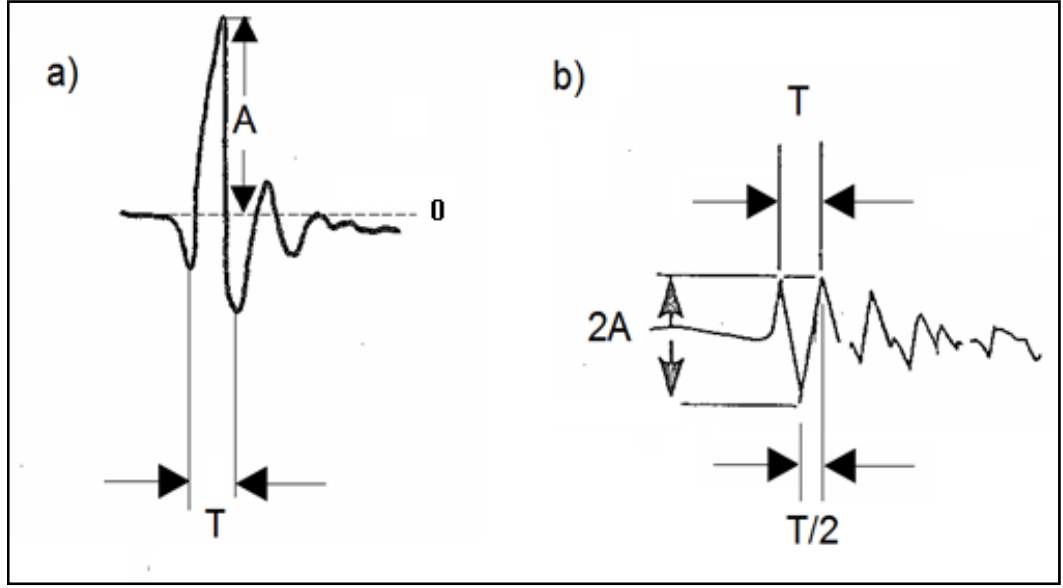
Şekil 2.3: Cisim ve yüzey dalgalarının kaynak spektrumları (IASPEI, 2002).



Şekil 2.4: M_w , M_s ve M_b büyüklüklerinin frekans aralıklarındaki kaynak spektrumları.

2.4.1. Büyüklük türleri

Aletsel Büyüklük Tayininde Kullanılan Genel Esaslar: Kullanılan birçok büyüklük türü uzaklıkla değişen periyot değerleriyle bağlantılı olarak en büyük genlik değerlerini kullanır. Genlik değerlerini okumak için Şekil 2.5 ile verilen a) en büyük T periyoduna ait başlangıç çizgisinden itibaren en büyük A genliği (zero to peak) veya b) en büyük T periyoduna ait en küçükten en büyüğe uzanan 2A genliğinin (peak to peak) yarısı olmak üzere iki yöntemden bir tanesi kullanılabilir.



Şekil 2.5: Genliğin okunma şekli (IASPEI, 2002).

2.4.1.1. Yerel Büyüklük (Richter Büyüklüğü), M_L

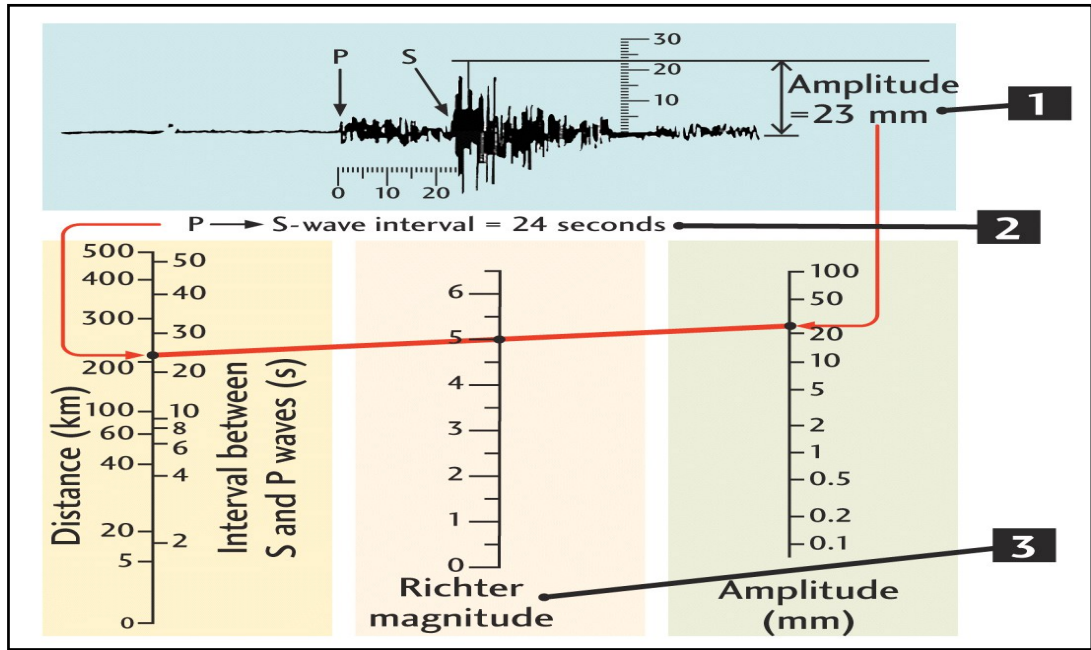
İlk defa Richter (1935) tarafından tanımlanmış ve uzun yıllar boyunca bu yöntem uygulanmıştır. Richter Büyüklüğü M_L her ne kadar Güney Kaliforniya’da meydana gelen $M_L=3.0$ büyüklüğünde sığ depremler ($h \leq 18$ km) için geliştirilmiş olsa da (2.1) denklemi ile tanımlanan bağıntı günümüzde farklı kayıtçı sistemleri, farklı uzaklık ve derinliklerdeki depremleri de kapsayacak şekilde geliştirilmiştir. Ayrıca Wood-Anderson sismograf sistemleri iki yatay bileşenden oluşmaktadır. Bu nedenle yapılan hesaplamalarda genelde iki yatay bileşenden ayrı ayrı büyüklük değerleri hesaplanarak iki değerin aritmetik ortalaması alınmaktadır.

$$M_L = \log_{10} A - \log_{10} A_0 \quad (2.1)$$

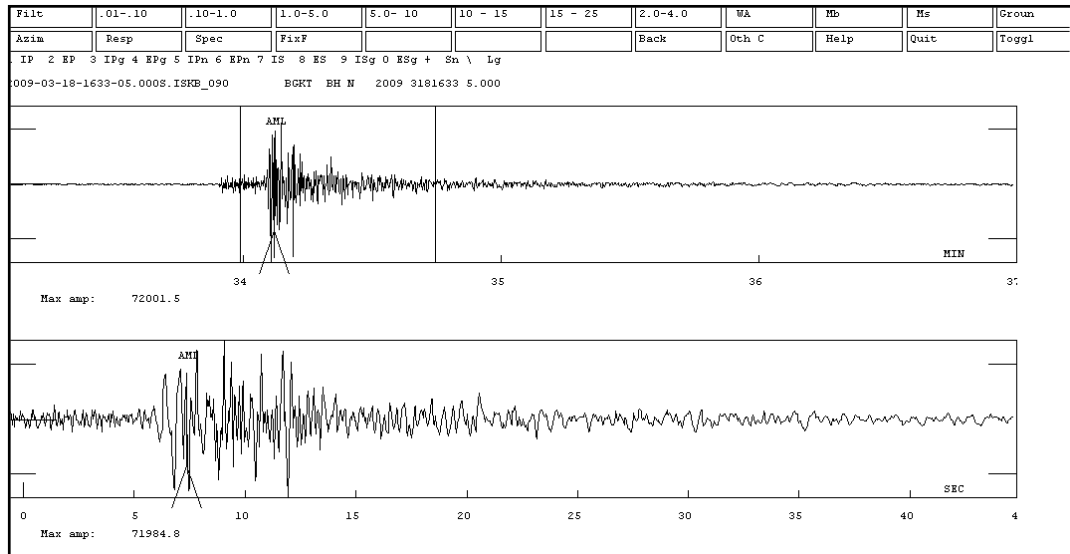
burada A Wood-Anderson aletinde ölçülen S dalgaları için en büyük genlik (μ veya mm), A_0 ($\Delta \leq 600$ km) olmak koşuluyla uzaklığa bağlı düzeltme fonksiyonudur.

Kullanılan eşitliğe (2.1) göre 100 km’ye karşılık gelen değerin 3.0 olduğu var sayımından yola çıkılarak uzaklığa bağlı olarak deprem büyüklükleri hesaplanmasına ilişkin bir örnek Şekil 2.6’de verilmiştir. Bu örneğe göre en büyük genlik değeri 23 mm, buna karşılık gelen uzaklık değeri veya P-S farkı 24 saniye ve bunlara karşılık

gelen Yerel Büyüklüğün $M_L=5.0$ olduğu görülmektedir. Öz periyodu 0.8 sn (1.25 Hz), sönüm sabiti $h=0.8$ ve büyütmesi 2800 olan Wood-Anderson torsiyon tipte bir sismograf eğer 100 km uzaklıktaki bir depremin en büyük genlik değerini 1 mm olarak kaydediyorsa depremin yerel büyüklüğü $M_L=3.0$ olarak alınmaktadır. Şekil 2.7’de ise 18 Mart 2009, 16:33 tarihinde Marmara Denizi’nde meydana gelen bir deprem için en büyük genlik değerine göre hesaplanan M_L büyüklüğüne bir örnek verilmiştir.



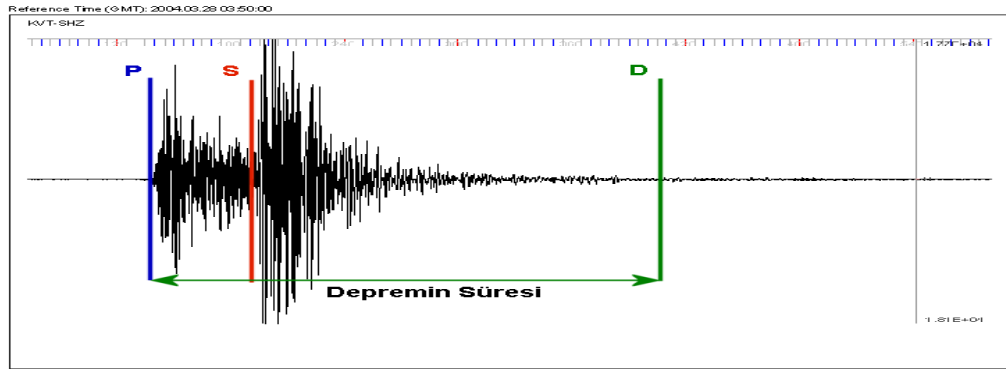
Şekil 2.6: M_L (Richter) Büyüklüğünün hesaplanması (Stein ve Wysession, 2002).



Şekil 2.7: M_L büyüklüğünün hesaplanmasına ilişkin bir örnek (18 Mart 2009, $M_L=5.1$).

2.4.1.2. Süreye Bağlı Büyüklük, M_D

Sarsıntının süresinin zamanla sismograf üzerindeki azalım değerine dayandırılarak hesaplanır. Özellikle analog kayıtçılarda sıklıkla karşılaşılan dinamik aralık (dynamic range) düştükçe bu salınımlarda genlik ölçümleri de güçleşir ve ‘clipped’ adı verilen genliğin traşlanması durumu meydana gelir (Şekil 2.8).

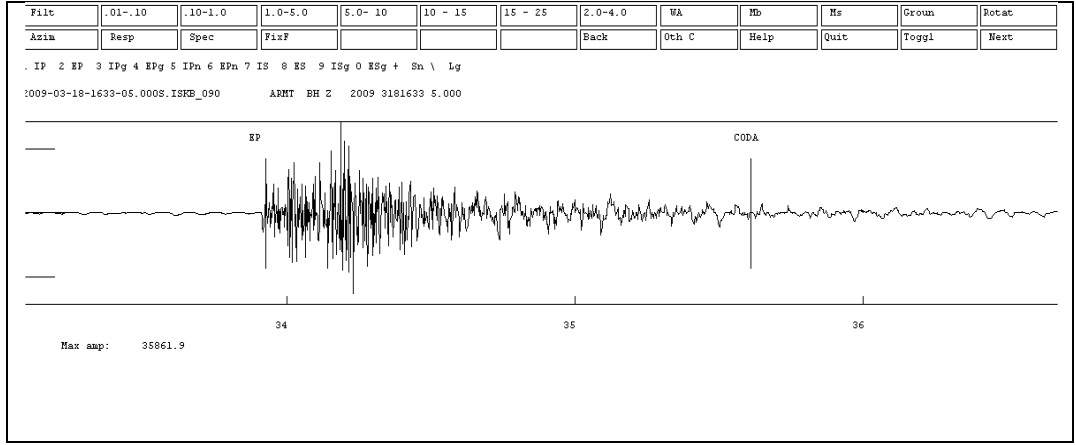


Şekil 2.8: Genliğin traşlanması durumuna bir örnek. 18 Mart 2004, $M_w=5.6$, Aşkale-ERZURUM Depremi, KVT istasyonu kaydı (Kalafat ve diğ., 2009).

Kaydedilen sinyalin traşlanması durumunda genliğin gerçek değeri sağlıklı olarak belirlenemeyeceğinden (2.2) denklemi ile tanımlanan M_D büyüklüğünün kullanılması tercih edilmektedir (Şekil 2.9).

$$M_D = a + b \log_{10} T + c\Delta \quad (2.2)$$

burada T sinyalin sismograftaki genlik seviyesinin sönümlenmesine kadar geçen zaman, Δ istasyonun depreme olan uzaklığı (km), a , b ve c ise bölgenin jeolojik yapılarına bağlı olarak her bir istasyon için değişen katsayıları ifade etmektedir. M_D daha çok uzaklığı $\Delta \leq 400$ km ve büyüklüğü $M \leq 4.0$ olan depremler için kullanılmaktadır.



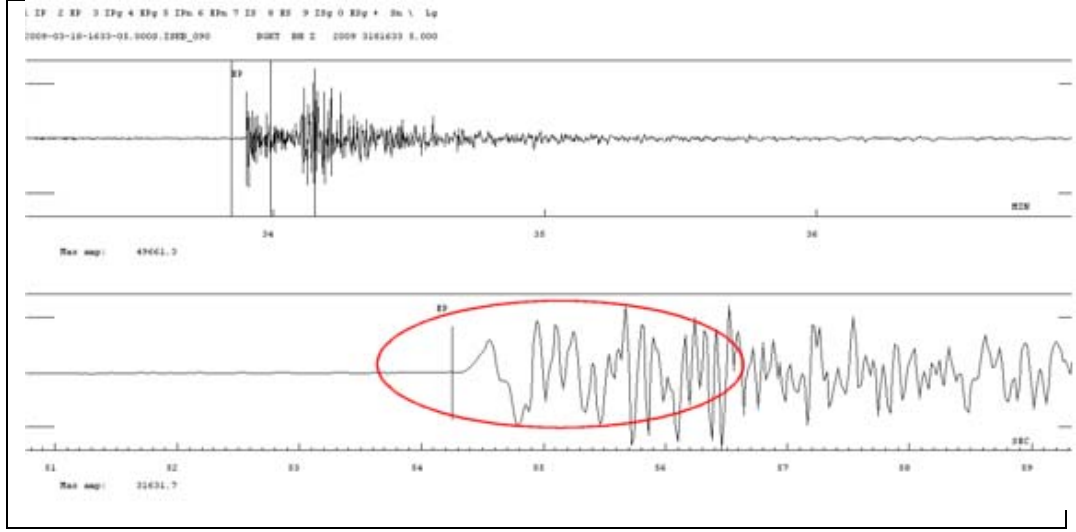
Şekil 2.9: Depreme ait sürenin okunmasına bir örnek (18 Mart 2009, $M_L=5.1$)

2.4.1.3. Cisim Dalgası Büyüklüğü, M_B

Tele-sismik uzaklıktaki ($21^\circ \leq \Delta \leq 100^\circ$) depremler için en sık kullanılan büyüklük birimidir. Prensip olarak M_L büyüklüğündeki gibi benzeştirilmiş (simulated) Wood-Anderson tipi sismometrelerdeki genliği temel alır (2.3). Ancak diğerinden farklı olarak bu büyüklükte 0-10 saniyeye (1 Hz) karşılık düşen en büyük P dalgası genlik değeri kullanılır. Şekil 2.10'da 18 Mart 2009, 16:33 tarihinde Marmara Denizi'nde meydana gelen bir deprem için M_B büyüklüğünün hesaplanmasına bir örnek verilmiştir.

$$M_B = \log \frac{A}{T} + Q(\Delta, h) \quad (2.3)$$

burada A mikron cinsinden genlik değeri $0.1 \leq T \leq 3.0$ (~1 sn) aralığına karşılık gelen saniye cinsinden periyot; $Q(\Delta, h)$ Δ dış merkez uzaklığına ve h derinliğine bağlı olarak değişen azalım fonksiyonudur. Azalım fonksiyonu olarak IASPEI tarafından tavsiye edilen 1956'da Gutenberg ve Richter tarafından düşey-bileşende kaydedilmiş olan P dalgası genliği için geliştirilmiştir. Bu fonksiyon günümüzde ISC (International Seismological Centre) ve USGS (U.S. Geological Survey) tarafından kullanılmaktadır.



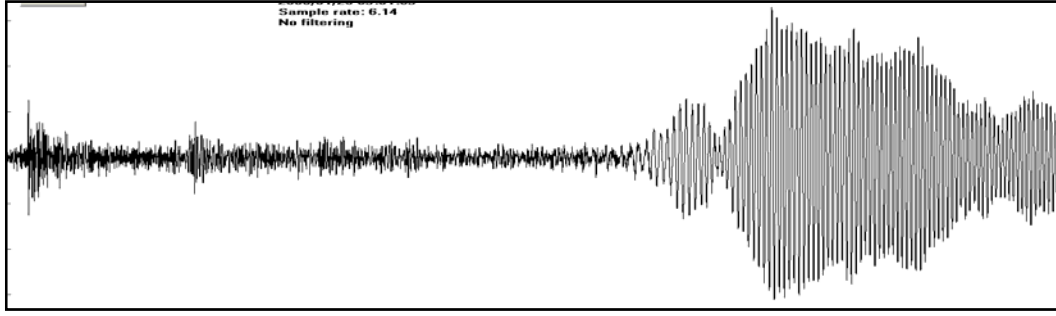
Şekil 2.10: M_B büyüklüğünün hesaplanmasına ilişkin bir örnek (18 Mart 2009, $M_L=5.1$).

2.4.1.4. Yüzey Dalgası Büyüklüğü, M_S

600 km'den daha büyük uzaklıklarda yaklaşık 20 saniyelik uzun periyotlu ($18^\circ \leq T \leq 22^\circ$) yüzey dalgaları için tanımlanmış olan büyüklüktür (Şekil 2.11). Derin depremlerde yüzey dalgalarının iyi gelişmemesi nedeniyle bu bağıntı sığ odaklı depremler için kullanılır. Karnik (1963) ve Vanek ve diğ. (1962) tarafından tanımlanan yüzey dalgası büyüklüğü; Moscow-Prague formülü (2.4) olarak da bilinmekte ve yaklaşık 50 yıldır kullanılmaktadır.

$$M_S = \log \frac{A}{T} + 1.66 \log(\Delta) + 3.3 \quad (2.4)$$

Burada A maksimum yer değiştirme genliğinin μ cinsinden değeri, T saniye cinsinden periyot değeri, Δ derece cinsinden uzaklıktır.



Şekil 2.11: Büyük bir deprem için uzun periyotlu düşey bileşen kaydı örneği (Havskov ve Ottemöller, 2003).

2.4.1.5. Moment Büyüklüğü, M_w

Sismik moment tektonik yapının büyüklüğünün (kırılma alanı ve statik yer değiştirmeye bağlı olarak) doğrudan bir ifadesidir ve bu nedenle satureasyona uğramaz (Hanks ve Kanamori, 1979). Fayın meydana gelmesindeki temel parametreler kayacın kaymaya karşı direnci, faylanma alanı ve fay üzerindeki ortalama yer değiştirme ile ilişkilidir. Bu nedenle sismik moment aynı zamanda yer değiştirme ile ilgili bilgi sağlaması nedeniyle ayrı bir önem taşır.

Sismik moment; doğrudan arazi ortamında yapılan fay ölçümleri kullanılarak (statik), veya sismograf kayıtlarından elde edilen sayısal veriler kullanılarak (dinamik) hesaplanabilir. Her ne şekilde hesaplanırsa hesaplanırsın her ikisi de birbirleriyle yakın değerler verir. Sismik moment arazi gözlemlerinden (2.5) denklemi ile tanımlanır.

$$M_0 = \mu A d \quad (2.5)$$

$$\text{Moment} = (\text{Makaslama modülü}) \times (\text{Fayın alanı}) \times (\text{Atım miktarı}) \quad (2.5a)$$

$$\text{dyne. cm} = \left[\frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2} \right] \times (\text{cm}^2) \times (\text{cm}) \quad (2.5b)$$

burada M_0 en iyi kuvvet çiftinin dyne.cm cinsinden sismik momenti, μ makaslama modülü (kayaçların makaslama gerilmesine karşı gösterdikleri direnç, dyne/cm²), A kayma yüzeyinin alanı (cm²), d ise atım miktarıdır (cm).

Elde edilen M_0 değerin (2.6) denkleminde yerine yerleştirilmesi ile ecek olursa Moment Büyüklüğü elde edilir.

$$M_w = \frac{2}{3} \log M_0 - 10.73 \quad (2.6)$$

M_w Moment büyüklüğü, Nm (Newton-metre) birimi ile ifade edilir.

Sismik moment, sayısal veriler üzerinden MTI veya Spektral olmak üzere iki şekilde hesaplanabilir. Sismik momentin belirlenmesinde bir üst sınır yoktur ve kullanılan alet türünden bağımsızdır, bu nedenle en güvenilir büyüklük tayin yöntemlerinden biridir. Geniş bantlı sismik kayıtçıların kullanılmaya başlamasından sonra daha çok önem kazanmıştır.

2.5. Veri Yapıları ve Format Dönüşümleri

KRDAE-UDİM’de sayısal olarak sisteme aktarılan veriler merkeze gerçek zamanlı olarak ortam koşullarına göre uydu veya internet hatları üzerinden sisteme taşınmaktadırlar. Bu bölümde çalışmada kullanılan geniş bantlı sayısal verilerin sisteme girişinden itibaren uygun formatlara dönüştürülmesi aşamasına kadar takip edilen işlemlerden kısaca bahsedilecektir.

2.5.1. GCF formatı

UDİM’de işletilmekte olan geniş bantlı sismometreler için Guralp tipi sayısallaştırıcılar ve bu sismometrelere ait olan sayısal verilerin gerçek zamanlı aktarımı ve izlenmesi için SCREAM adı verilen bir yazılım paketi kullanılmaktadır. İlgili paket herhangi bir Guralp Sistemine ait GCF (Guralp Compressed Format) formatlı sayısal verilerin sıkıştırma, görüntüleme ve yazdırma işlemlerini gerçekleştirmede kullanılmaktadır. Ayrıca program aracılığıyla görüntülenen veya kaydedilen veriler diğer formatlara da dönüştürülebilmektedir.

2.5.2. SAC formatı

SAC (Goldstein, 2008) dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir sayısal veri formatıdır. KRDAE-UDİM’de GCF formatı ile sisteme sayısallaştırıcılar üzerinden taşınan verilerin tamamı SAC formatına dönüştürülmekte; depremlerin çözümlenmesi, verilerin üzerinden sayısal işlemler yapılması, saklanması, web sayfası (<http://barbar.koeri.boun.edu.tr/sismo/zKDRS/zzTRlogin.asp>) üzerinden sunuculara aktarılması gibi tüm işlemler bu format üzerinden yapılmaktadır. SAC formatına dönüştürme işlemleri EARTHWORM yazılımı aracılığıyla yapılmaktadır.

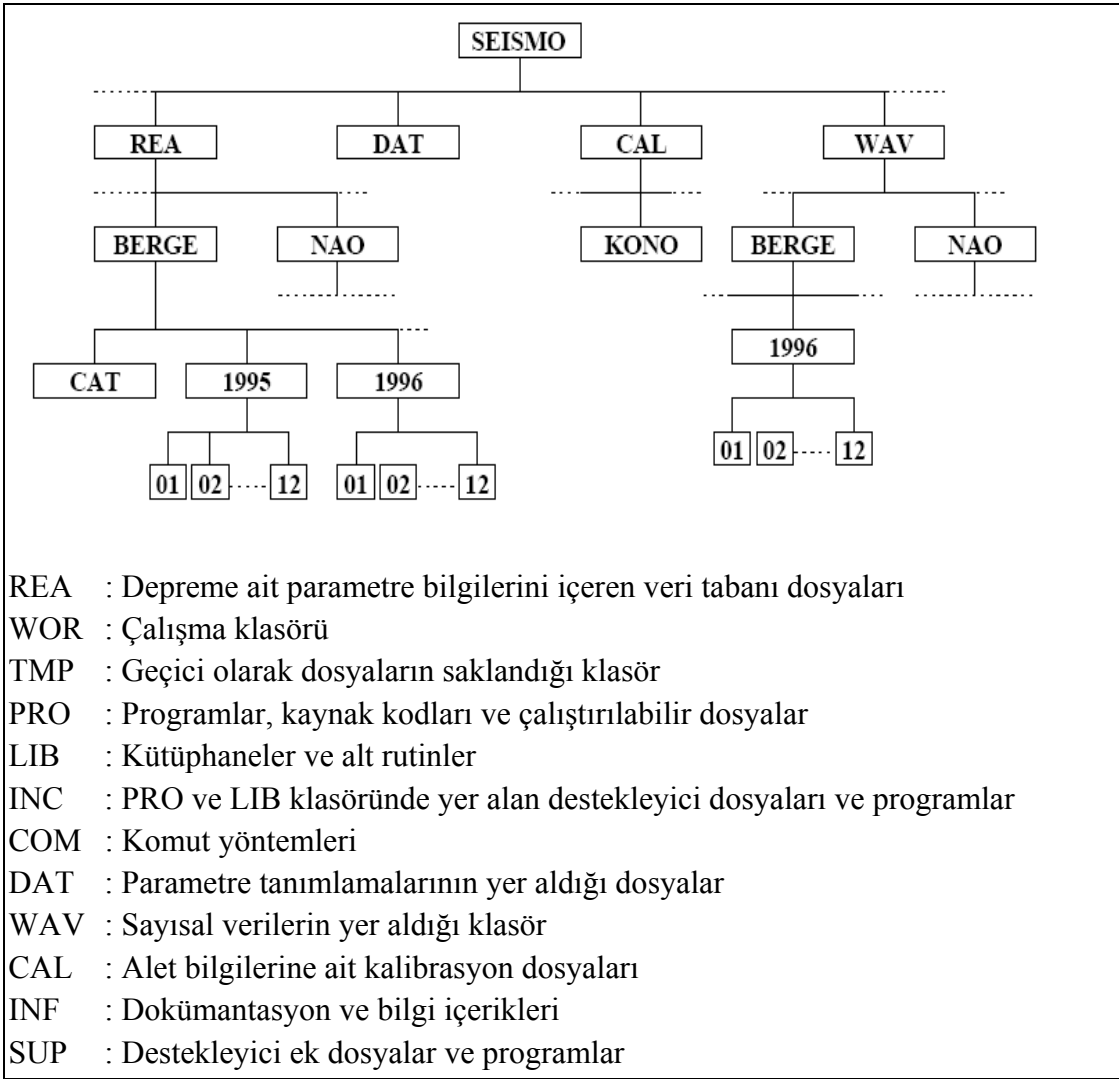
2.5.3. ZSACWIN yazılımı

SAC formatına dönüştürülen veriler, ZSACWIN (Yılmaz, 2003) yazılım paketinin kullanılması ile depremlere ait parametreler (enlem, boylam, odak derinliği, depremin büyüklüğü) belirlenir ve ilgili bilgiler çeşitli birimlere gönderilir. ZSACWIN programında veri üzerinden bir takım sayısal işlemlerin yapılması da mümkündür, ancak bu çalışmada ilgili yazılım sayısal veriyi görüntüleme, istenilen aralıklarda kesme ve ASCII (American Standard Code for Information Interchange) formata dönüştürme amacıyla kullanılmıştır. Söz konusu işlemler Windows işletim sistemi altında gerçekleştirilmiştir.

2.5.4. SEISAN yazılımı

Verilerin ASCII formatına dönüştürülmesinden itibaren kaynak parametrelerinin belirlenmesi ve moment büyüklüğünün hesaplanmasına kadar yapılan işlemlerin tamamı SEISAN (Havskov ve Ottemöller, 2003) paket programının içerisinde bulunan yazılımların kullanılması ve uyarlanması ile gerçekleştirilmiştir. SEISAN pek çok alt yazılım modüllerini içinde barındıran paket programlardan oluşmakta ve bu programların birçoğu birbirlerine bağlı olarak çalışmaktadır (Şekil 2.12). Programda yer alan yazılımlar ağırlıklı olarak FORTRAN, bazı rutinleri ise C programlama diliyle geliştirilmiş olup, açık kaynak kodlu olması sayesinde kullanıcıya limitsiz bir uyarlama ve geliştirme olanağı sunmaktadır. Bu doğrultuda hem Windows, hem de Sun/Solaris ve Linux ortamlarında çalıştırılabilen paket

programı içerisinde çalışma kapsamında kullanılan bazı yazılım uygulamalarının sadece Linux/Unix desteği olması nedeniyle ilgili yazılımların Windows ortamında da kullanılabilir duruma getirilmesi sağlanmıştır. Söz konusu uyarlamalar hakkında daha detaylı bilgiler Bölüm 4.3.2 ve 2.5.4.1’de ilgili konu başlıkları altında detaylı olarak anlatılmaktadır. Çalışma boyunca yapılan tüm uygulamalar Windows ortamında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.12: SEISAN paket programının iskelet yapısı.

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda kullanılmak üzere oluşturulan giriş ve çıkış dosyaları REA, WAV ve CAL klasörleri altında yer almaktadır. Klasörlerde bulunan ilgili dosyaların oluşturulma yöntemleri Bölüm 2.5.4.1’de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

2.5.4.1. SEISAN veri dönüşümleri

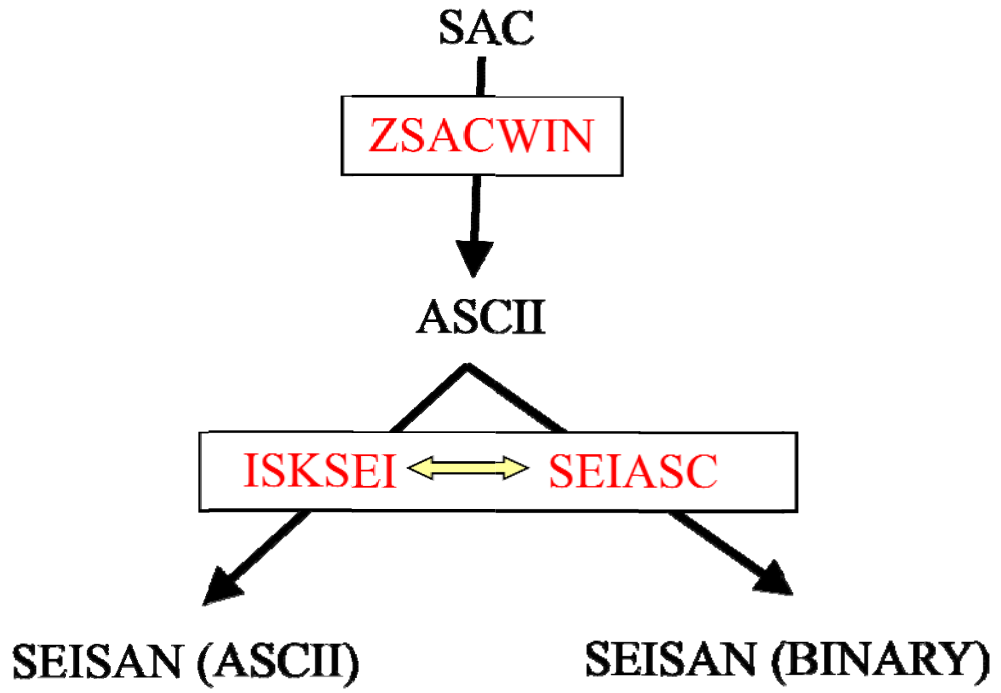
SEISAN Yazılımı; SAC, SEISAN ve GSE (Group of Scientific Experts, GSETT-3, 1997) formatlarında çalışabilen paket programlarından oluşmaktadır. Alet bilgilerinin yer aldığı dosyalar GSE, veri tabanı dosyaları NORDIC, sayısal veriler ise SEISAN formatlarında depolanmaktadır.

2.5.4.1.1. Sayısal veriler (WAV)

SEISAN Paket Programlarında kullanılan sayısal verilerin tamamı SEISAN formatında depolanmaktadır. Çalışma dönemi kapsamında kullanılan versiyonda (8.2.1., 2003) SAC ve ASCII formatındaki sayısal verileri SEISAN formatına dönüştüren yazılım modülleri sadece Linux/Unix ortamlarında çalıştırılabilecek şekilde derlenmiş olduklarından ilgili dosyaların Windows ortamında dönüşümlerini sağlamak amacıyla bir yazılım geliştirilmiştir. ISKSEI adı altında geliştirilen bu yazılım (EK-A) SEISAN içerisinde yer alan SEIASC yazılımını da beraberinde kullanarak ASCII formatlı giriş verilerini veri tabanı ve sayısal (binary numeral system, ikili sayı sistemi) olmak üzere uygun adlandırmaların da oluşturularak SEISAN formatına dönüştürmektedir (Şekil 2.13). Bu şekilde her bir deprem verisi için oluşturulan sayısal veriler aşağıdaki düzene uyacak şekilde adlandırılmış olur;

- YYYY-AA-GG-SSDD-SS-Network Kodu_Depremi kaydeden istasyon sayısı (2006-01-01-2109-31.000S.ISKB_051)

WAV klasörü altında yer alan bu sayısal verilerin arşivlenmesinde sırasıyla: ana klasör (örneğin UDIM Network Kodu altında), yıl, ay, dosya ismi olacak şekilde bir arşivleme sistemi kullanılır. Böylece sayısal verilerde her bir yıl için 12 ay ve bu aylara ait deprem verileri bulunacak şekilde alt klasörler dizisi oluşturulmuş olur (Şekil 2.14).



Şekil 2.13: SAC formatlı sayısal verilerin SEISAN formatına dönüştürülmesi.

Name	Size	Type	Date Modified
2006-01-01-2109-31.0005.ISKB_051	3,374 KB	ISKB_051 File	17.09.2008 12:09
2006-01-03-0747-04.0005.ISKB_009	702 KB	ISKB_009 File	07.10.2008 13:58
2006-01-04-0013-01.0005.ISKB_023	1,417 KB	ISKB_023 File	07.10.2008 14:00
2006-01-13-1709-01.0005.ISKB_027	1,385 KB	ISKB_027 File	07.10.2008 14:03
2006-01-18-0048-01.0005.ISKB_013	827 KB	ISKB_013 File	07.10.2008 14:05
2006-01-21-0148-01.0005.ISKB_040	3,234 KB	ISKB_040 File	07.10.2008 14:06
2006-01-23-1613-01.0005.ISKB_010	594 KB	ISKB_010 File	07.10.2008 14:08
filenr.lis	1 KB	LIS File	07.07.2010 15:44

Şekil 2.14: WAV klasörü altında yer alan sayısal verilerin isimlendirilme formatı ve oluşum düzeni.

2.5.4.1.2. Veri tabanı dosyaları (REA)

Depremlere ait tüm veri tabanı bilgileri NORDIC formatına göre REA klasörü altında her bir deprem için ayrı ayrı oluşturulan '*.S' (single event) dosyalarında depolanır (Şekil 2.15). İlgili dosyalarda faz okumaları, dış merkez uzaklıkları, derinlik, odak mekanizma çözümleri gibi depreme ait tüm veri tabanı bilgileri yer alır.

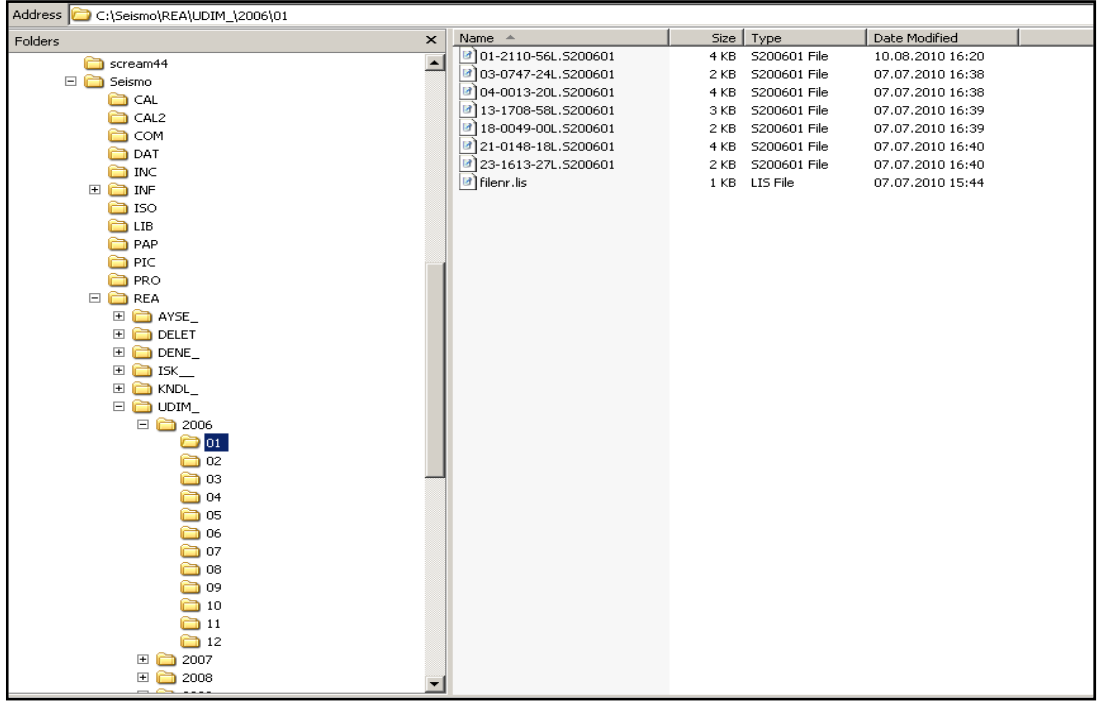
2006	1	3	0747	24.9	L	39.871	26.923	0.0	ISK	4	0.4	2.0	LISK	3.4	CISK	1
GAP=239				0.81		7.6	10.6	32.3	0.6407E+02		-0.5796E+02		0.3139E+01E			6
2006-01-03-0747-04.000S.ISKB_009																3
XNEAR	0.0	XFAR		0.0	SDEP	5.0										I
ACTION:UPD	10-04-28	13:46	OP:ak		STATUS:										ID:20060103074724	
STAT	SP	IPHASW	D	HRMM	SECON	CODA	AMPLIT	PERI	AZIMU	VELO	AIN	AR	TRES	W	DIS	CAZ7
LAP	SZ	EP	0A	747	36.50	88			-1.0	0.0	50		0.2710	57.4	346	
BALB	BZ	EP	0A	747	40.88	203			-1.0	0.0	50		-0.1710	85.9	107	
BALB	BN	AML		747	52.04		53.4	0.36							85.9	107
BALB	BZ	ES	3A	747	53.80						50		0.98	2	85.9	107
BALB	BE	AML		747	57.21		54.5	0.32							85.9	107
BNT	SZ	EP		747	43.55	201					50		0.3010	98.7	57	
MFTX	BZ	EP		747	44.12						50		-0.4610	106	17	

Şekil 2.15: Deprem bilgilerini içeren NORDIC format düzenine göre oluşturulmuş bir '*.S' veri tabanı dosyası örneği.

Bu klasör altında bulunan veri tabanı dosyaları için de WAV klasöründe tanımlandığı şekilde sırasıyla ana klasör, yıl, ay, dosya ismi olacak şekilde arşivleme sistemi kullanılır. Aynı şekilde her bir yıl için 12 ay ve bu aylara ait deprem veri tabanı '*.S' dosyaları bulunacak şekilde alt klasörler dizisi oluşturulmuş olur (Şekil 2.16). Diğer taraftan herhangi bir aya ait deprem çözümlerinin yer aldığı tüm '*.S' dosyalarının yeniden kullanılması ile katalog verilerinin depolandığı CAT klasörü de oluşturulur.

Her bir deprem verisi için oluşturulan '*.S' dosyaları aşağıdaki düzene uyacak şekilde adlandırılırlar:

- GG-SSDD-SSdepremintürü-SYYAA
(03-0747-24L.S200601)



Şekil 2.16: REA klasörü altında yer alan '*.S' veri tabanı dosyalarının isimlendirilme formatı ve oluşum düzeni.

2.5.4.1.3. Kalibrasyon dosyaları (CAL)

Geniş bantlı sismograf sistemlerine ait transfer fonksiyonlarının bulunması ve uluslararası ortamlarda kullanılabilmesi için çeşitli formatlar geliştirilmiştir. GSE bunların içerisinde en sık kullanılanlarından bir tanesidir. GSE2 (GSETT-3, 1997) ise GSE grubu tarafından tekrar geliştirilip düzenlenmiş olan veri protokolünden oluşur ve aynı zamanda SEISAN paketinde yer alan programlara da uyumludur. Bu çalışmada GSE2 formatı kullanılmıştır.

SEISAN Programı içerisinde yer alan RESP programı kullanılarak çeşitli sismometre tipleri için GSE2 formatında kalibrasyon dosyaları oluşturulabilmektedir. Ancak program kendi içerisinde sismometre modelleri için öngörülen (nominal) değerleri kullanmaktadır. Oysa alet bilgilerinin hassas değerler ile verilmesi büyüklük tayininin de doğruluğunu etkileyeceğinden dolayı son derece önemlidir. Bu nedenle geniş bantlı hız ölçer sismografların transfer fonksiyonlarının elde edilebilmesi için çalışmada SEISAN'dan bağımsız olarak çalıştırılabilecek bir yazılım geliştirilmiştir (EK-B). Geliştirilen yazılımın kullanılması ile her bir istasyon ve bileşene ait olmak üzere ayrı ayrı GSE2 formatında kalibrasyon dosyaları üretilmiştir.

Yazılımda kullanılan giriş dosyası çalışmada kullanılmış olan tüm geniş bantlı istasyonlara ait alet bilgilerini içermektedir. Oluşturulan çıkış dosyaları aşağıda yer alan formata göre isimlendirilir;

- İstasyon Kodu_Bileşen.YYYY-AA-GG-SSDD-GSE
(ISKB_BH_Z.1997-01-01-1230_GSE)

Böyle bir isimlendirme düzeninin kullanılması ile birlikte sismometre ile ilgili herhangi bir değişikliğin gerçekleştirilmesi durumunda sayısal veri üzerinde yapılan işlemlerde programın alet bilgilerini ilgili tarih aralığına göre okutması sağlanır (Şekil 2.17).

VAN_BH_E.2000-08-10-1230_GSE	1 KB	2000-08-10-1230_...	04.08.2009 11:40
VAN_BH_N.2000-08-10-1230_GSE	1 KB	2000-08-10-1230_...	04.08.2009 11:40
VAN_BH_Z.2000-08-10-1230_GSE	1 KB	2000-08-10-1230_...	04.08.2009 11:40
VANB_BH_E.2001-09-06-1230_GSE	1 KB	2001-09-06-1230_...	04.08.2009 11:40
VANB_BH_N.2001-09-06-1230_GSE	1 KB	2001-09-06-1230_...	04.08.2009 11:40
VANB_BH_Z.2001-09-06-1230_GSE	1 KB	2001-09-06-1230_...	04.08.2009 11:40

Şekil 2.17: GSE2 formatında oluşturulan kalibrasyon dosyalarının isimlendirilme düzeni

Tablo 2.3: GSE2 formatında oluşturulan bir kalibrasyon dosyası örneği (İlk satır CAL2, ikinci satır PAZ2, üçüncü-yedinci satırlar arası kutup-eksen, son satır ise DIG2 değerlerini ifade etmektedir).

CAL2	ISKB	BHZ	CMG	3T	0.16E+02	1.	50.00000	2000/01/05	23:00
PAZ2	1	V	0.30000001E-05			2	3	Laplace transform	
			-0.36651913E-01		0.37392434E-01				
			-0.36651913E-01		-0.37392434E-01				
			0.00000000E+00		0.00000000E+00				
			0.00000000E+00		0.00000000E+00				
			0.00000000E+00		0.00000000E+00				
DIG2	2		0.33660554E+04		50.00000	DM24			

GSE2 formatında hazırlanan bir kalibrasyon dosyası örneği Tablo 2.3’de verilmiştir. Burada yer alan kutup (pole) değerlerinin 2π (6.281632) ile çarpılması durumunda hız transfer fonksiyonu elde edilmektedir. Bir sıfır (zero) eksiltmekle yer değiştirme (displacement), bir sıfır eklemekle ivme (acceleration) tepki fonksiyonu elde edilmektedir.

Tablo 2.3’de yer alan DIG2, CAL2 ve PAZ2 değerleri (2.6), (2.7) ve (2.8) denklemlerine göre hesaplanmıştır.

$$DIG2 = \frac{1}{ADC * 1E^{-06}} \quad (2.6)$$

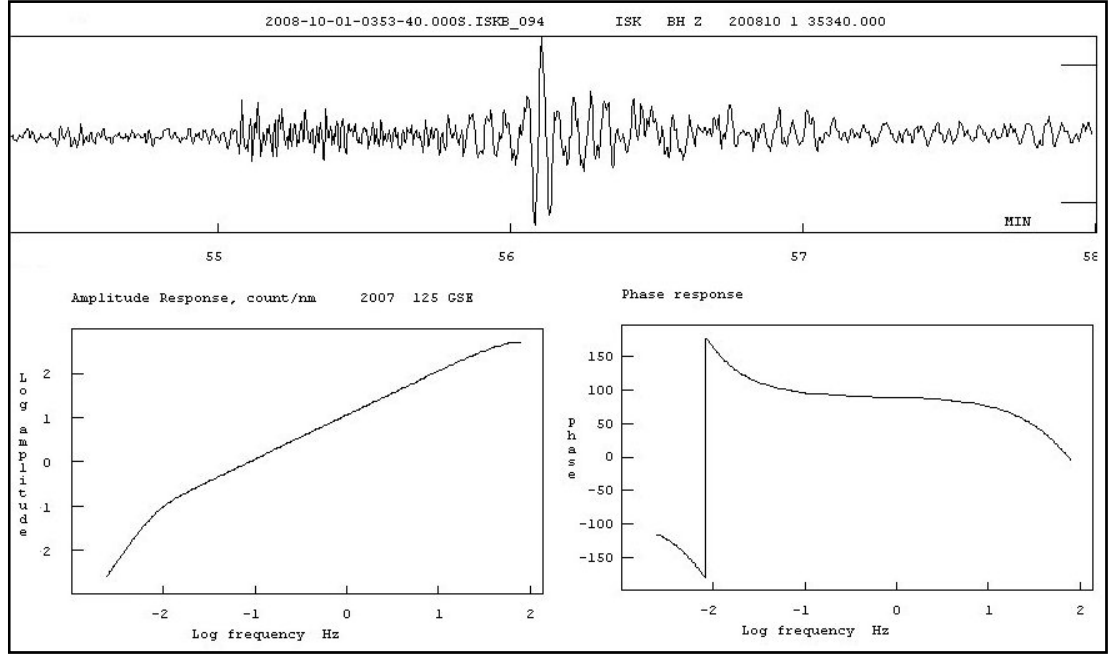
$$CAL2 = \frac{1E^{09}}{G * DIG2 * 2\pi} \quad (2.7)$$

$$PAZ2 = G * A_0 * (2\pi)^2 * 1E^{-09} \quad (2.8)$$

Burada kullanılan değerler:

G =2916	:Jeneratör sabiti (Generator constant, v/m/sn)
A ₀ =2304000	:Normalizasyon faktörü (Normalization factor)
ADC=1.264	:Analog-Sayısal dönüştürücü hassasiyeti (Analog-Digital converter sensitiviy, μ volt/count)

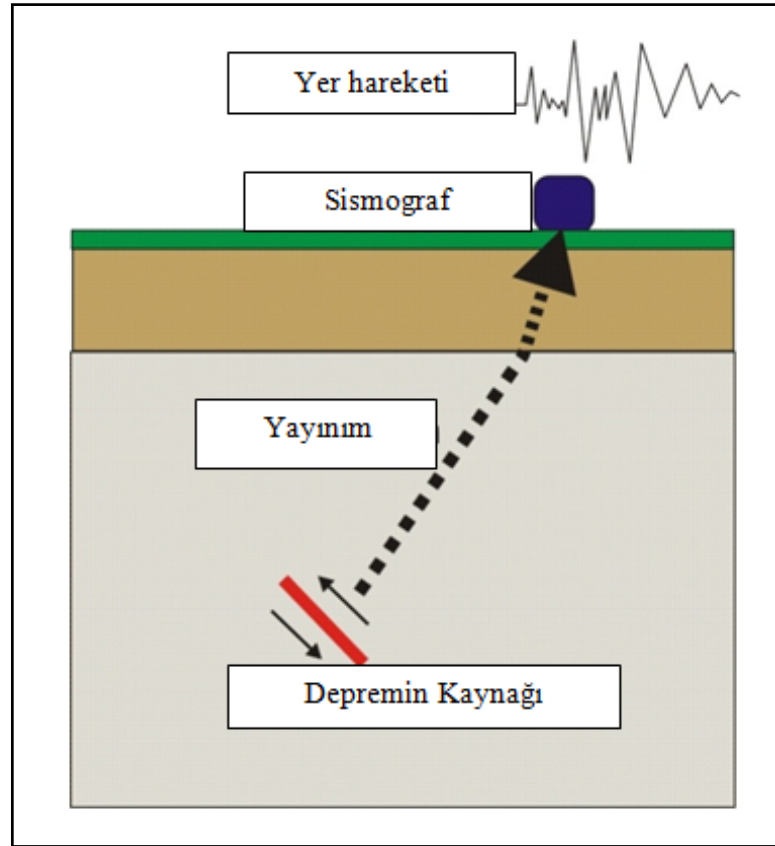
Böylece geniş bantlı sismometreye ait sayısal bir verinin herhangi bir bileşeni için hız, yer değiştirme ve ivme cinsinden spektrumlarını elde etmek (Şekil 2.18) ve bu şekilde görüntülenen herhangi bir sayısal veri üzerinden spektral işlemler yapabilmek mümkündür.



Şekil 2.18: ISK istasyonu düşey bileşeni için yer değiştirme cinsinden genlik (sol alt) ve faz tepki (sağ alt) fonksiyonları.

3. MOMENT BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİNDE TEMEL KAVRAMLAR

Sismografta görüntülenen bir sinyal kaynaktan alıcı noktasına ulaşınca kadar pek çok faktörden etkilenir (Şekil 3.1). Bunlar genel olarak depremin kaynağından (source effect) alıcı noktaya gelinceye kadar geçtiği ortamın fiziksel parametrelerine bağlı olarak dalgaların soğurulması (attenuation), sığ derinliklerdeki soğurulma (near surface attenuation) ve geometrik yayılım (geometrical spreading) etkilerinden kaynaklanır. Gerçek yer hareketi yayılım modeline (radiation pattern), dalganın seyahat yolu boyunca maruz kaldığı soğurma ve bölgesel koşullara bağlıdır. Bu faktörlerden her birisi depremin kaydını ve spektrumun boyutunu etkilerler ve bu nedenle söz konusu etkilerin çok iyi tanımlanması gerekir.



Şekil 3.1: Sinyalin kaynaktan çıkıp alıcıya gelişi esnasında izlediği yol.

3.1. Kaynak Spektrumu ve Kaynak Parametreleri

Hız ortamında kaydedilen bir sinyal (3.1) denklemi ile ifade edilir (Havskov ve Ottemöller, 2010).

$$A(f) = S(f)D(f)G(R)I(R) \quad (3.1)$$

Burada,

R Dış merkez uzaklığı

A(f) Spektral genlik

S(f) Kaynak fonksiyonu (source function)

D(f) Soğurulma (diminution) fonksiyonu

G(R) Geometrik yayılım (geometrical spreading)

I(R) Aletin tepki fonksiyonu (instrument response)

(3.1) denklemi dalga tiplerine göre farklılık gösteren S(f), D(f) ve G(R) düzeltmelerinin yapılması ön koşuluyla hem P, hem de S veya Lg dalgaları için geçerlidir.

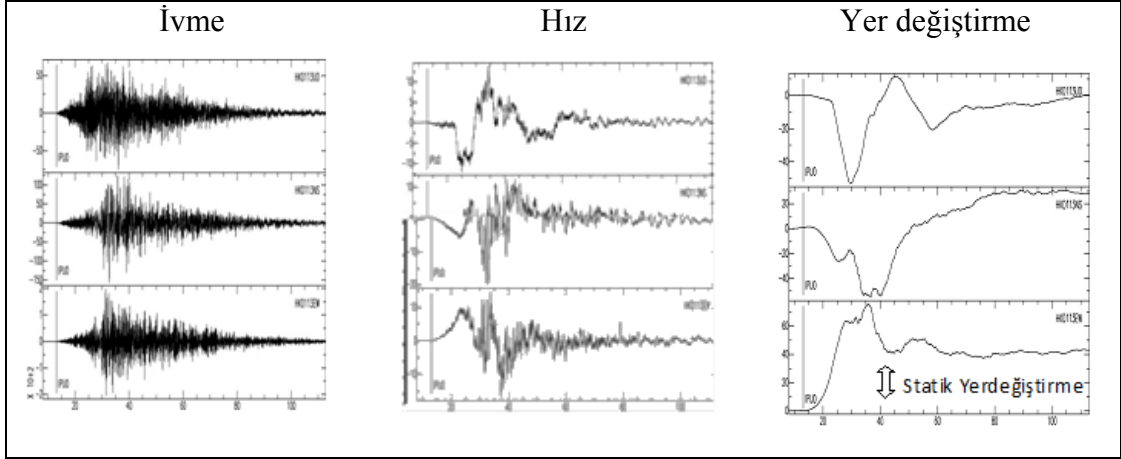
Kaynağa S(f) ulaşabilmek için (3.1) denklemi ile verilen yayılım etkilerini ortadan kaldırmak gerekir. Bu nedenle sinyal öncelikli olarak hızdan yer değiştirmeye dönüştürülür (Şekil 3.2) ve I(R) ile tanımlanan alet etkisinden arındırılır.

G(R) ile ifade edilen geometrik yayılım fonksiyonu için yapılan düzeltmelerde P dalgaları (3.2) ile tanımlanırken S veya Lg dalgaları için (3.3) denklemi kullanılır (Herrmann ve Kijko, 1980, 1983).

$$G(R) = \frac{1}{R} \quad (3.2)$$

$$G(R) = \begin{cases} \frac{1}{R} & , R \leq 100 \text{ km} \\ \frac{1}{\sqrt{100 \times R}} & , R \geq 100 \text{ km} \end{cases} \quad (3.3)$$

Geometrik yayınının P ve S veya Lg dalgaları için ayrı ayrı denklemlerde tanımlanmasının nedeni, $R \leq 100$ km için cisim dalgalarının, $R \geq 100$ km için ise yüzey dalgalarının baskın karakter taşımalarından kaynaklanır (Herrmann ve Kijko, 1980; 1983). Çalışmada S dalgaları için yapılan hesaplamalarda (3.3) denklemi kullanılmıştır.



Şekil 3.2: İvme, hız ve yer değiştirme kayıtlarının sismograf üzerindeki görüntüleri.

$D(f)$ ile verilen soğurulma fonksiyonu $P(f)$ ve $N(f)$ olmak üzere iki parametre ile tanımlanır (3.4), (3.5).

$$D(f) = P(f)N(f) \quad (3.4)$$

$$P(f) = \exp \left[\frac{-\pi T f}{Q(f)} \right] \quad (3.5)$$

burada $P(f)$ seyahat yolu boyunca meydana gelen soğurulmanın ifadesi, T (R uzaklık, V_g grup hızı olmak üzere) Lg ve yüzey dalgaları için R/V_g oranı ile tanımlanan seyahat zamanı, $Q(f)$ frekansa bağımlı soğurulmanın etkisidir ve en basit şekliyle (3.6) denklemi ile ifade edilir (Aki, 1980).

$$Q(f) = Q_0 f^\alpha \quad (3.6)$$

Q 'nın $P(Q_\alpha)$ ve $S(Q_\beta)$ dalgaları için birbirlerine olan oranları frekansa bağımlı olarak değişen bir fonksiyondur (3.7), (Sato ve Fehler, 1998).

$$\begin{aligned}
f < 1 & \rightarrow Q_\beta/Q_\alpha \sim 0.5 \text{ Hz.} \\
1 < f < 2 & \rightarrow Q_\beta/Q_\alpha > 1 \text{ Hz.}
\end{aligned} \tag{3.7}$$

(3.4) denkleminde yer alan $N(f)$ terimi ise sığ derinliklerdeki soğurulmayı (near surface attenuation) ifade eder (3.8).

$$N(f) = \exp(-\pi\kappa f) \tag{3.8}$$

burada κ sığ derinliklerdeki soğurulma değeridir (Singh ve diğ., 1982).

Söz konusu düzeltmelerin uygulanması ile $S(f)$ kaynak fonksiyonu elde edilir. Kaynak fonksiyonu en basit şekliyle Aki (1967) ve Brune (1970) tarafından tanımlanan ω^{-2} modeline göre ifade edilir (3.9).

$$S(f) = \frac{M_0}{4\pi\rho kv^3} \left[1 + \frac{f^2}{f_0^2} \right]^{-1} \tag{3.9}$$

burada f frekans, f_0 kesme frekansı, M_0 sismik moment (Nm), ρ yoğunluk (kg/m^3), v P veya S dalgasının kaynaktaki hız değeri (m/s), $k=0.83$ ise yayılım düzeltme faktörüdür.

Elde edilen M_0 değerlerinin Kanamori (1977) tarafından tanımlanan (3.10) denkleminde yerleştirilmesi ile M_w hesaplanmıştır.

$$M_w = \frac{2}{3} \log_{10} (M_0) - 10.7 \tag{3.10}$$

Burada M_0 Nm cinsinden sismik momenti ifade etmektedir.

(3.1) denklemi ile tanımlanan kaynak parametreleri aşağıda yer alan alt başlıklarda daha detaylı olarak anlatılmaktadır.

3.1.1. Geometrik yayılım, G(R)

Genel olarak G(R) tanımlanan geometrik yayılım, sismik dalgaların türüne bağlı olarak uzaklık ve derinlik ile değişen bir fonksiyondur. Bu nedenle G(Δ ,h) olarak da ifade edilebilmektedir (Şekil 3.3).

Cisim dalgalarının geometrik yayılımı yerel uzaklıklar için en basit şekliyle (3.11) denklemi ile ifade edilir.

$$G(\Delta, h) = \frac{1}{\sqrt{\Delta^2 + h^2}} = \frac{1}{r} \quad (3.11)$$

burada Δ dış merkez uzaklığı (m), h ise derinliği (m) ifade eder.

Herrmann ve Kijko (1983) uzaklığı olarak da bilinen geometrik yayılım fonksiyonu 100 km'ye kadar cisim dalgalarının; 100 km sonrasında ise yüzey dalgalarının baskın özellik taşıdıklarını varsayımından yola çıkılarak P, S veya Lg dalgaları için ayrı ayrı ifade edilir. Bu fonksiyon P dalgaları için:

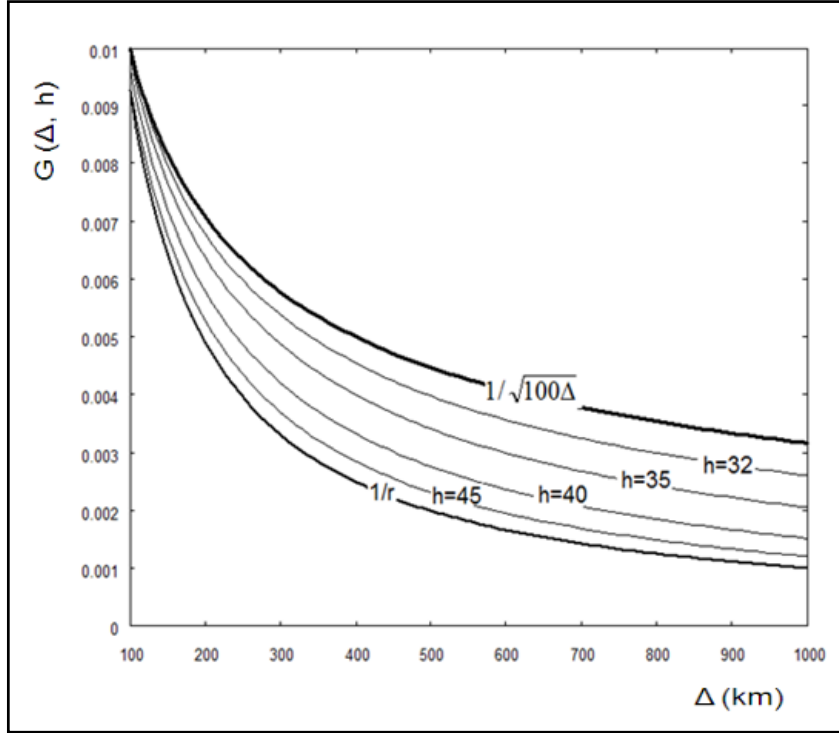
$$G(R) = \frac{1}{r} \quad (3.12)$$

olarak verilirken S veya Lg dalgaları için:

$$G(R) = \begin{cases} \frac{1}{r} & , \Delta \leq 100 \text{ km} \\ \sqrt{\frac{1}{100r}} & , \Delta \geq 100 \text{ km} \end{cases} \quad (3.13)$$

şeklinde tanımlanır. (3.12) ve (3.13) ile verilen denklemler daha çok sığ derinliklerdeki (<50 km) depremler için kullanılmaktadır.

Çalışmada Marmara Bölgesi'nde meydana gelen depremlerin birçoğunun sığ odaklı bulunmaları ve kaynak spektrumlarında S dalgaları kullanıldığından dolayı yayılım faktörü (3.13) denklemi ile tanımlanmıştır.



Şekil 3.3: Geometrik yayılım etkisinin uzaklık ve derinlikle değişimi (Havskov ve Ottemöller, 2010).

3.1.2. Sismik kaynak modeli, S(f)

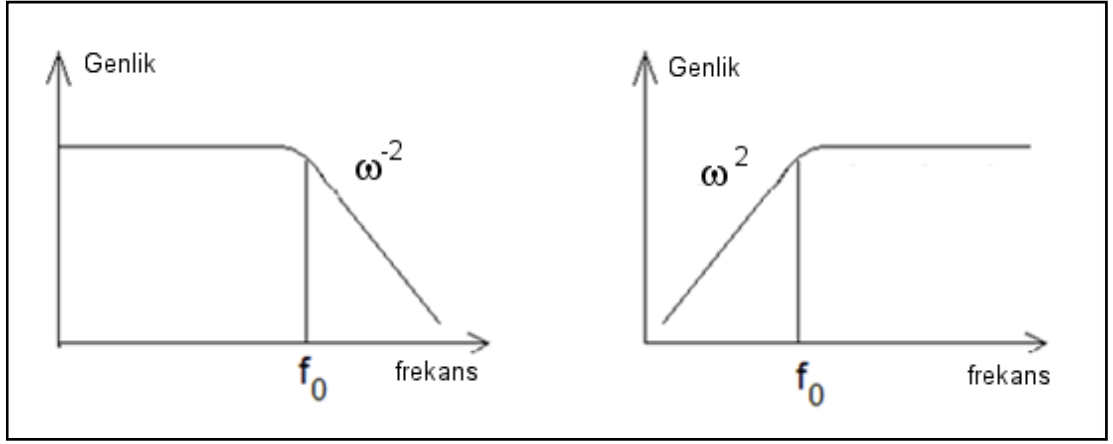
Sismik kaynağı tanımlamada yaygın olarak Aki (1967) ve Brune (1970) tarafından tanımlanmış olan ω^{-2} modeli kullanılır ve çalışmada sözü edilen kaynak modeli ifadelerinde Brune'un tanımlamış olduğu model temel alınmıştır. Söz konusu modelin ayrıca farklı bölgeler için uygulanan ve tektonik bölgelerden elde edilen kaynak modelleri ile son derece uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür (Chen ve Atkinson, 2002).

Brune modeli'ne göre kaynaktaki bir yer değiştirme spektrumu (3.14) denklemi ile tanımlanır.

$$S(f) = \frac{M_0}{\left(1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right) 4\pi\rho v^3} \quad (3.14)$$

burada f frekans, f_0 kesme frekansı, M_0 sismik moment (Nm), ρ yoğunluk (kg/m^3), v P veya S dalgasının kaynaktaki hız değeri (m/s).

Tanımlanan modele göre log-log kaynak spektrumunun boyutları Şekil 3.4'te verildiği gibi olacaktır. Düşük frekanslarda $f < f_0$, sismik moment Ω_0 seviyesi ile bağlantılı olarak düz (flat) gider, yüksek frekanslara doğru gidildikçe $f > f_0$, sismik moment ve ω^{-2} orantısına bağlı olarak lineer olarak düşer. Bu nedenle M_0 değeri kaynak spektrumunun uzun periyot aralığından kolaylıkla belirlenebilir.



Şekil 3.4: Sismik kaynak spektrumunun yer değiştirme (solda) ve ivme cinsinden (sağda) spektrumu (IASPEI, 2002).

Yer değiştirme spektrumu bir kaynak alıcısındaki geometrik yayılım $G(\Delta, h)$ ve soğurulma etkileri ile birlikte yeniden tanımlanırsa Δ dış merkez uzaklığı (m) ve h iç merkez derinliğine sahip bir spektrum (3.15) denklemi ile yeniden ifade edilir.

$$D(f, t) = G(\Delta, h) D(f) \frac{M_0 * 0.6 * 2.0}{\left(1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right) 4\pi\rho v^3} \quad (3.15)$$

burada $G(\Delta, h)$ geometrik yayılım, Δ dış merkez uzaklığı, h iç merkez derinliği, $D(f)$ anelastik soğurulmadan kaynaklanan soğurulma faktörleridir. Eğer $D(f)$ soğurulma faktörü (3.4), (3.5), (3.6) ve (3.7) denklemleri kullanılarak yeniden tanımlanırsa bu durumda yer değiştirme spektrumu (3.16) denklemi ile ifade edilir.

$$D(f, t) = \frac{M_0 * 0.6 * 20}{\left(1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right) 4\pi\rho v^3} G(\Delta, h) e^{-\pi f k} e^{\frac{-\mu f t}{Q(f)}} \quad (3.16)$$

Burada t seyahat zamanı, ρ yoğunluk (kg/m^3) (Not: Pratikte çoğunlukla gr/cm^3 olarak kullanılmaktadır), f frekans, f_0 kesme frekansı M_0 sismik moment (Nm), ρ yoğunluk (kg/m^3), v P veya S dalgasının kaynaktaki hız değeri (m/s).

Spektrumda uygulanan soğurulma düzeltmeleri D_c olarak isimlendirilir ve kaynak parametrelerindeki kesme frekansı f_0 ve spektrumun düz seviyesini Ω_0 (ms) belirlemek için kullanılır (3.17).

$$D_c(f) = \frac{\Omega_0}{\left(1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)} = \frac{M_0 * 0.6 * 20}{\left(1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right) 4\pi\rho v^3} G(\Delta, h) \quad (3.17)$$

Buradan sismik moment (3.18) denklemi ile hesaplanabilir.

$$M_0 = \frac{\Omega_0 4\pi\rho v^3}{0.6 * 2.0 * G(\Delta, h)} \quad (3.18)$$

(3.18) denkleminde eğer spektral seviye nm, yoğunluk g/cm^3 , hız km/s, uzaklık km ve çarpan değeri 10^6 olarak alınırsa sismik momentin birimi Nm olacaktır.

Cisim dalgaları için geometrik yayılım değeri en basit şekliyle $1/r$ olarak alınırsa sismik moment (3.19) denklemi ile ifade edilir.

$$M_0 = \frac{\Omega_0 4\pi\rho v^3}{0.6 * 2.0} \quad (3.19)$$

Geometrik yayılım birçok durumda $1/r$ olarak verilen basit bir ifadededen daha karmaşıktır ve bu nedenle tanımlamaları genelleştirmek açısından (3.18) denklemini kullanmak uygun olmaktadır. Yayılım modelleri için literatürde yer alan ortalama düzeltme değerleri 0.55 ile 0.85 arasında değişmektedir. Aki ve Richards (2002) bu değerlerin ortalamalarının P dalgaları için 0.52, S dalgaları için ise 0.63 olduğunu ifade etmektedirler.

Her ne kadar Brune tarafından tanımlanan kaynak spektrumunda SH dalgaları temel alınarak yatay bileşenlerin kullanılması gerektiği ifade edilse de, S veya Lg dalgaları

için katı kayaçlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda her üç bileşenin genlik değerleri arasında belirgin bir farkın oluşmadığı saptanmıştır (Alsaker ve diğ., 1991). Diğer taraftan yakın mesafelerde meydana gelen zemin büyütme özellikleri özellikle yatay bileşenleri daha fazla etkilemektedir ve bu nedenle özellikle P dalgaları kullanılarak spektrum alınıyorsa en güvenli yol düşey bileşeni kullanmaktır. S dalgası spektrumunu alınırken bazı çalışmalarda her üç bileşenin de ortalaması alınabilmektedir. Ancak çalışma kapsamında genlikte oluşabilecek zemin büyütme riskini en aza indirmek amacıyla yapılan hesaplamalarda düşey bileşenler kullanılmıştır.

Kaynak parametrelerinden f_0 değerinin kullanılması ile aynı zamanda fayın boyunu belirlemek de mümkündür. Dairesel fay modeline göre kaynağın yarıçapı α (source radius) (3.20) denklemi kullanılarak hesaplanabilir.

$$\alpha = K_s v_s / f_0 \quad (3.20)$$

Burada yarıçap kaynaktaki S hızı biriminin m/s veya km/s olarak kullanılmasına bağlı olarak m veya km cinsinden ifade edilir. K_s değeri spektrumun tipine bağlı olarak değişir. Bahsedilen değeri Brune (1970) P dalgaları için 0.37, S dalgaları için 0.50 olarak ifade ederken Maderiga (1976) bu değeri P için 0.33, S için 0.22 olduğu görüşündedir. Bu konuda yapılan gerek gözlemsel Abercrombie (1995) gerekse teorik çalışmalardan Maderiaga (1976) ortaya çıkan sonuçlar P ve S spektrumlarına ait f_0 değerlerinin birbirlerinden farklı olduğu tezini destekler niteliktedir. Diğer taraftan Hanks ve Wyss (1972) tarafından P ve S spektrumları için tanımlanan K_s değeri ile v_p/v_s arasında bir bağıntı olduğunu ve bu değerlerin aynı zamanda v_p/v_s ile P ve S dalgaları için verilen f_0 oranları arasında yakın değerlerin gözlemlendiğini ifade etmektedir. Bu nedenle (3.20) denklemini ($K_s=v_p/v_s$ olduğu var sayılarak) S dalgaları için $K_s=0.37$ olarak tanımlandığı Brune'un modeli üzerinden yeniden ifade etmek mümkündür (3.21).

$$\alpha = 0.37 v / f_0 \quad (3.21)$$

burada v sırasıyla P ve S spektrumları için tanımlanan P veya S hızıdır.

Statik gerilme düşümü ise (fayın alanına karşılık gelen ortalama) bar (1bar=10⁶ dyne/cm²) değeri cinsinden (3.22) denklemleri ile ifade edilir (Eshelby, 1957).

$$\Delta\sigma = \frac{7}{16} M_0 \frac{1}{\alpha^3} 10^{-14} \quad (3.22)$$

burada yarıçap km cinsinden verilmektedir ancak orijinal formülde sismik moment dyne.cm olarak verildiği için yarıçap da cm cinsinden ifade edilmektedir, bu nedenle 10⁻¹⁴ dönüşüm faktörü ile birlikte ifade edilmesi gerekir (3.23), (3.24).

$$1 \text{ Nm} = 10^5 \text{ dyne} * 100 \text{ cm} = 10^7 \text{ dyne.cm} \quad (3.23)$$

$$[(10^7 \text{ dyne} - \text{cm/Nm}) * 1/(10^5 \text{ cm/km})^3]/10^6 (\text{dyne/cm}^2)/\text{bar} = 10^{-14} \quad (3.24)$$

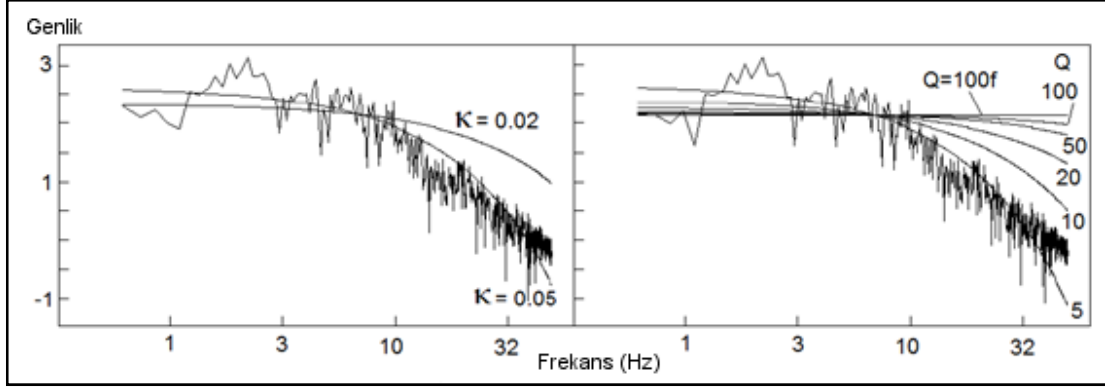
İdeal olarak bu değişkenlere ait olan birimler metrik sisteme göre düzenlenmeli ve bu doğrultuda gerilme düşümüne ait değer MPa (10⁶N/m²) olarak verilmelidir (1 MPa 10 bara karşılık gelmektedir). Ancak pratikte bu değerlerden hız km/s, yoğunluk g/cm³ ve yer değiştirme nm şeklinde ifade edildiklerinden dolayı bu değişkenler tanımlandığı birimler cinsinden kullanılmaktadır.

3.1.3. Soğurulmanın etkisi, D(f)

Yeryüzünde herhangi bir gözlem noktasında kaydedilmiş yer hareketleri ile zeminin hemen altında yer alan bir kayada kaydedilmiş yer hareketleri genlik ve frekans içerikleri bakımından farklı özellikler gösterirler (Abercrombie, 1997). Deprem kaydını etkileyen bu etkenler bir depremi tanımlamada önemli bilgiler sağlar. Bu etkenlerden bir tanesi de (3.1) denkleminde D(f) ile tanımlanan soğurulma faktörüdür. Deprem dalgaları kaynaktan alıcıya ulaşmaya kadar çeşitli ortamlardan geçerken bazı frekanslar soğurulmanın etkisinde kalırlar.

Soğurulmanın spektrum üzerindeki etkisi yerel alan içerisinde Q değeri ile ifade edilirken sığ derinliklerde soğurulma etkisi κ değeri ile tanımlanır. Frekansa bağımlı Q ve κ değerlerinin hesaplanmaları spektrum üzerinde meydana getirdikleri

etkilerden arındırmak spektrumun boyutunu ve kesme frekansını belirlemek açısından son derece önemlidir (Şekil 3.5).



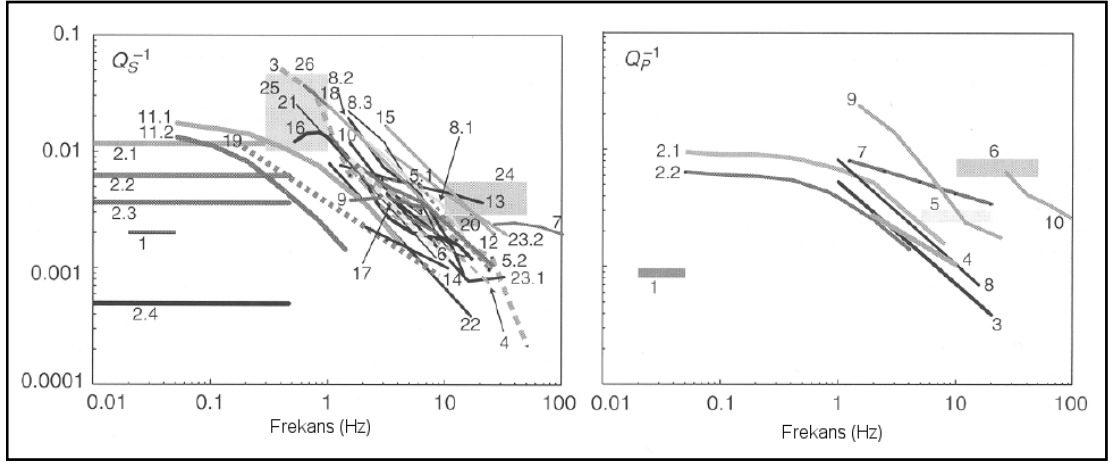
Şekil 3.5: $M_L=3.4$ büyüklüğünde bir deprem örneği için Q ve κ parametre düzeltmelerinin yer değiştirme spektrumu üzerindeki etkisi (Havskov ve Ottemöller, 2010).

3.1.3.1. Q soğurumu

Genlikte meydana gelen soğurulma elastik olmayan yayınım ve saçılmalardan kaynaklanır ve genellikle Q ile ifade edilir. Q değeri genellikle litosferde bölgesel çeşitlilik göstermesine karşın, yeryüzünün iç kısımlarında daha sabit bir değer almaktadır. Litosferde yer alan Q değerinin genel ifadesi (3.25) denklemi ile tanımlanır (Aki, 1980). P ve S dalgaları için Q değerinin litosferdeki etkilerinin farklı olmaları beklenir.

$$Q(f) = Q_0 f^\alpha \quad (3.25)$$

burada Q_0 1 Hz için sismik kalite faktörü, α frekansa bağımlı üssel katsayıdır. Bu değer $f > 1$ Hz için geçerlidir. $f < 1$ Hz için $f < 0.1$ -1 Hz aralığında tekrar yükselmeye başladığı yönünde bir takım görüşler mevcut olsa da yaygın düşünce Q değerinin $f < 0.1$ -1 Hz için sabit olduğu yönündedir (Stein ve Wysession, 2002). Ancak, bölgesel uzaklıklar için yapılan spektral analizlere bakıldığında düşük frekanslar için Q'nun etkisi çok fazla değildir. Genlikteki azalım ile ortaya çıkan Q soğurumu iki mekanizmadan kaynaklanır; sismik soğurulma (seismic absorption) olarak adlandırılan ısıdaki azalım etkisi ve geometrik saçılmanın etkisi.



Şekil 3.6: Litosferdeki Q_S^{-1} (solda) ve Q_P^{-1} (sağda) değerleri (Sato ve Fehler, 1998).

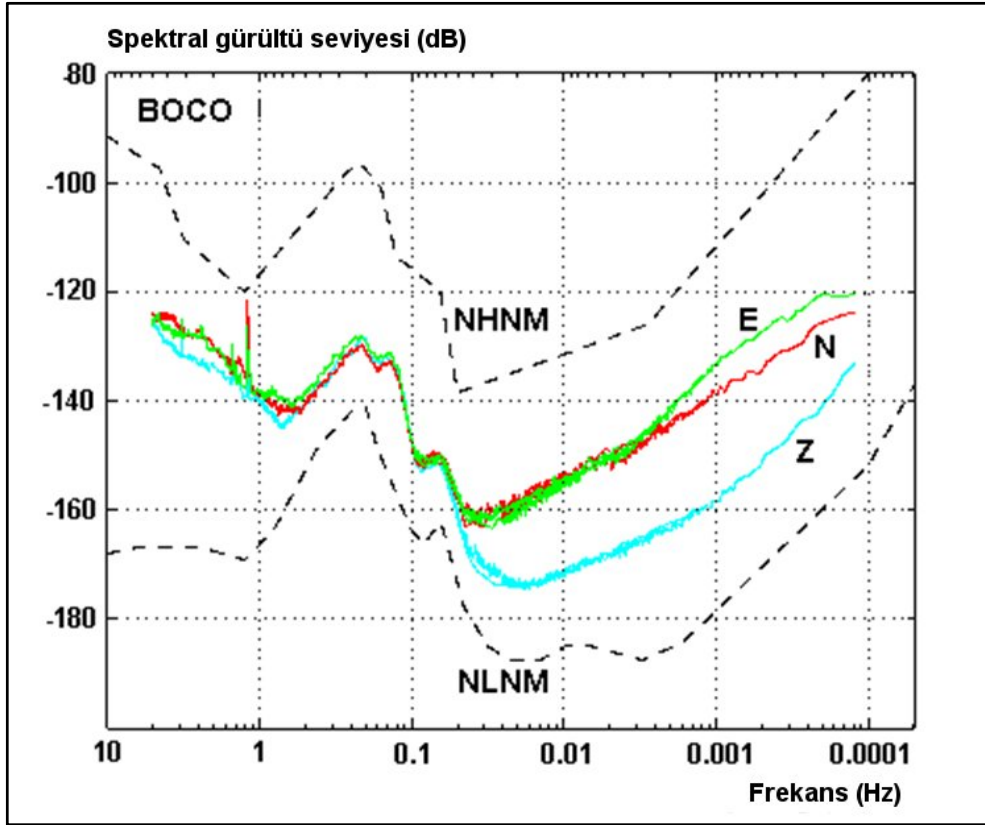
Q_S için yapılmış olan çalışmalar Q_P 'ye oranla çok daha fazladır (Şekil 3.6). Ayrıca yapılan çalışmalarda Q_P değerlerinin Q_S değerinden daha küçük olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler $Q_S/Q_P=1.5$ olarak tanımlanmıştır (Sato ve diğ., 2002; Carpenter ve Sanford, 1985; Kvamme ve Havskov, 1989).

3.1.3.2. κ soğurumu

(3.4) denkleminde $N(f)$ ile tanımlanan κ terimi sığ derinliklerde meydana gelen soğurulmayı (near surface attenuation) ifade etmektedir. Eğer sığ derinliklerde meydana gelen soğurulma etkileri spektrum üzerinde baskın bir karakter taşıyorlarsa κ soğurulması özellikle $f > 10$ Hz için etkili olmaya başlar ve $f < 10$ Hz için bu parametre fazla etkili değildir. Bu nedenle özellikle küçük depremlerde ($M < 3.0$) yüksek frekanslardaki S/N oranı da düşük ise bu terim ile kesme frekansını belirlemek de güçleşir ve yapılan çözümler fazla güvenilirlik taşımazlar. Bu nedenle özellikle yüksek frekanslarda κ düzeltmesi önemlidir (Şekil 3.5). Kısa mesafelerdeki küçük depremler için uygulanan $N(f)$ düzeltmesi konusu Singh ve diğ. (1982), Anderson ve Hough (1984), Abercrombie (1997), Prejean ve Ellsworth (2001) tarafından detaylı olarak anlatılmaktadır.

3.2. Sismik Gürültü ve Güç Yoğunluğu Spektrumu

Sismik kayıtlar ile birlikte sisteme gelen tüm sinyaller sinyalin yanı sıra gürültü de içerirler ve bu gürültülerin aletsel ve yerin altındaki gerçek gürültü olmak üzere iki kaynağı vardır. Burada bahsedilecek olan gürültü; yerin gerçek gürültüsüdür. Sismik gürültü spektrumu yaygın olarak dB birimi cinsinden $((1\text{m/s}^2)^2)/\text{Hz}$ görüntülenir ve ‘gürültü güç yoğunluğu ivme spektrumu’ olarak adlandırılır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: IRIS-BOCO istasyonuna ait gürültü seviyeleri ve Peterson tarafından verilen alt ve üst gürültü seviyesi eğrileri (kesikli çizgiler), (FDSN, 2004)

Şekil 3.7’de yer alan üst (NHNM) ve alt limit (NLNM) eğrileri dünya genelindeki çeşitli bölgelerde 75 adet sismik kayıttan gürültülü ve sakin olmak üzere her iki sinyal koşulu için derlenerek oluşturulan güç yoğunluğu ivme spektrumlarını göstermektedir. Peterson eğrileri (Peterson, 1993) adı ile de bilinen bu eğriler aynı zamanda herhangi bir istasyondaki gürültü seviyesini belirlemek açısından standart olarak kullanılmaktadır.

Güç yoğunluğu spektrumunu belirlemek için kullanılan diğer yollar hakkında detaylı bilgi Havskov ve Alguacil (2006) tarafından detaylı olarak anlatılmaktadır, ancak çalışma kapsamında bahsedilen gürültü spektrumları Peterson eğrileri referans alınarak oluşturulmuştur. Şekil 3.8’de BALB istasyonuna ait gürültü spektrumu ve Peterson eğrilerine bir örnek verilmiştir. Çalışmada gürültü spektrumlarının oluşturulmasında (3.26) denklemi kullanılmıştır.

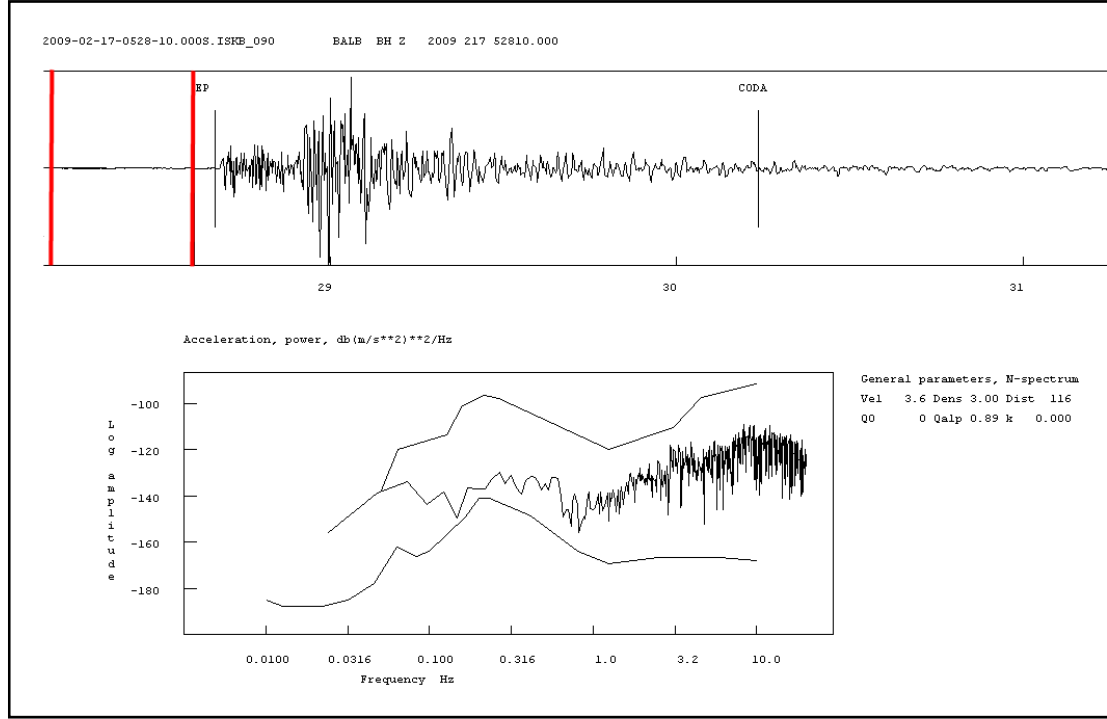
$$P = |F^{DFT}|^2 \times \frac{\Delta t^2}{T} \times 2 \quad (3.26)$$

burada P Peterson Güç Yoğunluğu Spektrumu, F^{DFT} ayrık Fourier dönüşümü, Δt örnekleme aralığı, T zaman penceresinin uzunluğudur. Denklemden sadece pozitif frekansların kullanılması ve enerjinin yarısının kullanılması nedeniyle gücün spektrumu 2 faktörü ile çarpılmaktadır. Her ne kadar gürültü normalde sabit bir karakter gösterse de, spektrum alınırken seçilen zaman penceresinin uzunluğu spektrumun boyutlarını değiştirmektedir. Bu durumda spektrumun denklemden kullanıldığı gibi T faktörü ile normalize edilmesi ile sonuçların sabitlemesi mümkün olacaktır.

Gürültü eğrilerini anlamak ve istasyon bazında karakteristik bir yorum getirebilmek kolay bir durum değildir, ancak tüm istasyonlar için frekans aralıklarına göre aynı geçerliliği taşıyan bir takım sistematik özelliklerden bahsetmek mümkündür. Bu kapsamda bir istasyonun yüksek frekanslarındaki (>1 Hz) gürültü seviyesi gün içerisindeki kültürel ve iklim koşullarından gündüz gürültü seviyesinin geceden daha fazla olacağı şeklinde değişim gösterir. Düşük frekans seviyelerinde (<1 Hz) ise yatay bileşenlerin (istasyonu sabitlerken meydana gelen eğimlerden kaynaklanan) düşey bileşene göre daha gürültülü olduğu tipik bir davranış modelidir. Ancak günümüz istasyonları için bahsedilen fark uygun zemin düzeltmeleri uygulandığından dolayı daha az söz konusudur.

Deprem verisini işlerken aynı zamanda güç spektrumu eğrilerinin de kullanılması bir takım avantajlar sağlar. Bunlardan bir tanesi veriyi işlerken söz konusu istasyonun sinyal kalitesi hakkında değerlendirme yapılması olanağı sağlar. Diğer taraftan aradan zaman geçse de bir istasyonun gürültü seviyesinin ve karakteristiğinin çok

fazla değişkenlik göstermemesi beklenir, ancak bahsedilen durum söz konusu olursa gürültü spektrumunun alınması ne türden bir operasyona ihtiyaç duyulacağı ile ilgili bir takım ön bilgiler taşır.



Şekil 3.8: Seçilen zaman penceresine ait (üstte) gürültü spektrumu ve Peterson eğrileri (altta).

4. MOMENT BÜYÜKLÜK TAYİNİNİN VERİ SETLERİNE UYGULANMASI

Bu bölümde çalışma kapsamında depremlerin koordinatlarının ve ilgili fazların belirlenmesi ile birlikte frekansa bağımlı Q parametresinin hesaplanışına ilişkin bilgiler verilecektir. Söz konusu değerler aynı zamanda kaynak parametrelerinin hesaplanmasında ön bilgi niteliği taşımaktadırlar. Daha sonra kaynak parametrelerinin hesaplanışı ile ilgili kullanılan yöntem sunulacaktır. İlk bölümde kaynak parametrelerinin kullanıcı denetiminde (diğer bir deyişle manual olarak) hesaplanması yer alırken; aynı zamanda bu çalışmada esas olarak kullanılmış olan parameterlerin otomatik olarak (diğer bir deyişle bilgisayar tarafından) teorik modele uyarlanarak hesaplanmasına yönelik uygulanan yöntemden bahsedilecektir.

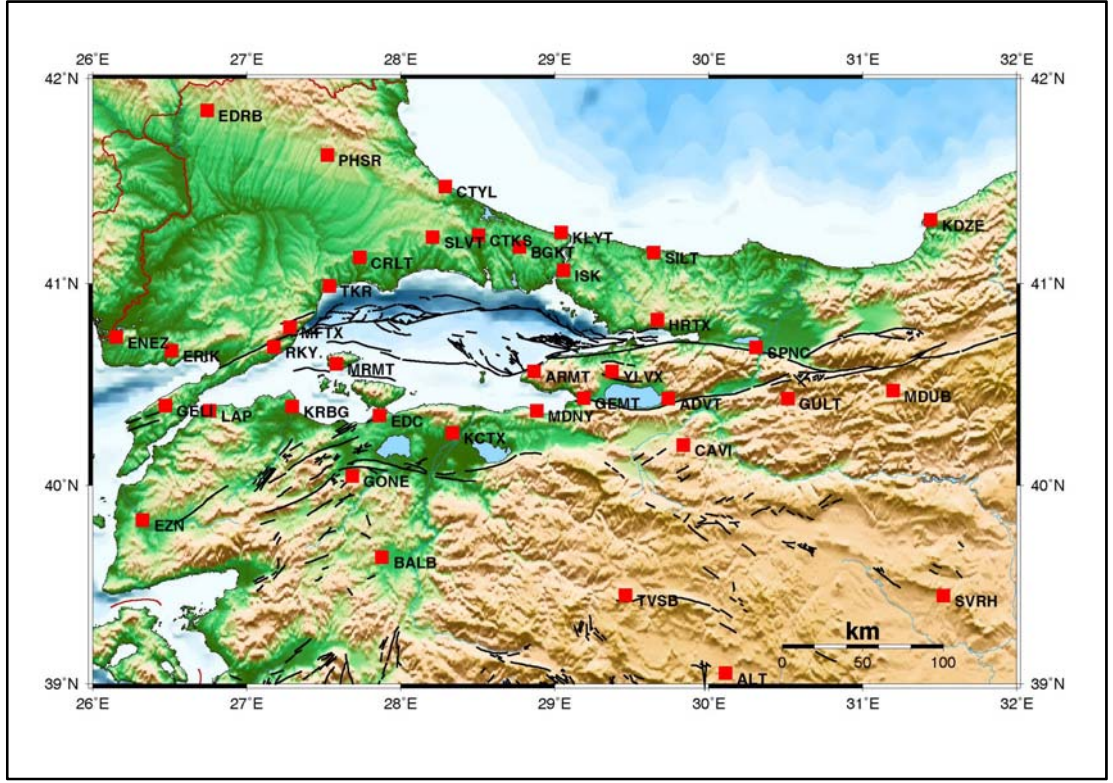
4.1. Veri Setlerinin Oluşturulması

Çalışmada kullanılan veri setinin tamamı Marmara Bölgesi içerisinde (26.00-32.00 °E boylam ve 39.00-42.00 °N enlem aralığı içerisinde) Ocak 2006-Eylül 2009 tarihleri arasında meydana gelen ve KRDAE-UDİM sismik ağına ait 39 adet üç bileşen geniş bantlı sismometreler tarafından kayıt edilmiş olan 271 adet küçük-orta büyüklükte ($1.6 \leq M_w \leq 5.0$) deprem verilerinden oluşmaktadır (Şekil 4.1). Tüm sayısal kayıtlar UDİM veri bankasından (<http://barbar.koeri.boun.edu.tr/sismo/zKDRS/>) alınmış; veriler seçilirken büyüklük eşiği açısından herhangi bir sınırlama getirilmemiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan geniş bantlı istasyonlar CMG-40T (30 sn), CMG-3T (120 sn ve 360 sn), ve CMG-3ESP (30 sn ve 120 sn) Guralp tipte, 24 bitlik ve çoğunlukla saniyede 50 örnekleme ile sayısallaştırılan sismometrelerden oluşmaktadır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: KRDAE–UDİM geniş bantlı deprem istasyonları ve özellikleri

No	İst. Kodu	İstasyon Adı	T(sn)	Δt	Sayısallaştırıcı	Kurulum	Sismometre	Enlem (K°)	Boylam (D°)	h (m)
1	ADVT	Abdülvahap-İZNİK	120	50	T3Y19/A524	19.05.2006	CMG-3T	40.4332	29.7383	193
2	ALT	Altıntaş-KÜTAHYA	120	50	T3V39/A640	31.03.2007	CMG-3T	39.0552	30.1103	1060
3	ARMT	Armutlu-YALOVA	30	50	T33973/DC60	17.12.2007	CMG-3ESP	40.5683	28.8660	320
4	BALB	BALIKESİR	120	50	T3U05/A612	05.06.2007	CMG-3T	39.6400	27.8800	120
5	BGKT	Boğazköy-İSTANBUL	30	50	T33972/A720	29.05.2007	CMG-3ESP	41.1810	28.7730	80
6	CAVI	Çavuşköy-BİLECİK	30	50	T3H33/A533	27.09.2007	CMG-3ESP	40.2018	29.8377	670
7	CRLT	Çorlu-TEKİRDAĞ	30	50	T33968/A708	16.05.2007	CMG-3ESP	41.1290	27.7360	230
8	CTKS	Kestanelik-ÇATALCA	30	50	T33974/A461	28.09.2007	CMG-3ESP	41.2373	28.5072	47
9	CTYL	Yeniköy-ÇATALCA	360	50	T3X32/A652	29.09.2007	CMG-3T	41.4760	28.2897	77
10	EDC	Edincik-BALIKESİR	120	50	T3V30/A636	27.11.2008	CMG-3T	40.3468	27.8633	269
11	EDRB	EDİRNE	360	50	T3X68/A606	18.04.2007	CMG-3T	41.8470	26.7437	209
12	ENEZ	Enez-EDİRNE	120	50	T3W94/A594	21.06.2006	CMG-3T	40.7362	26.1530	100
13	ERIK	Erikli-ÇANAKKALE	30	50	T35502/C802	02.07.2008	CMG-3ESP	40.6708	26.5132	35
14	EZN	Ezine-ÇANAKKALE	30	50	T33970/A525	09.11.2007	CMG-3ESP	39.8267	26.3258	48
15	GADA	Gökçeada-ÇANAKKALE	120	50	T3W90/A603	06.07.2006	CMG-3T	40.1908	25.8987	130
16	GELI	Gelibolu-ÇANAKKALE	30	50	T35498/C801	05.07.2008	CMG-3ESP	40.3980	26.4742	130
17	GEMT	Gemlik-BURSA	120	50	T3X29/A651	07.07.2006	CMG-3T	40.4350	29.1890	220
18	GONE	Gönen-BALIKESİR	30	50	T35493/C811	27.06.2008	CMG-3ESP	40.0467	27.6860	140
19	GULT	Gölveren-SAKARYA	30	50	T33969/A722	15.09.2007	CMG-3ESP	40.4320	30.5150	930
20	HRTX	Hereke-KOCAELİ	30	50	T35499/C810	25.06.2008	CMG-3ESP	40.8217	29.6680	645
21	ISK	Kandilli-İSTANBUL	120	50	T3V81/A592	25.01.2007	CMG-3T	41.0657	29.0592	132
22	KCTX	Karacabey-BURSA	30	50	T35496/C806	11.07.2008	CMG-3ESP	40.2625	28.3353	445
23	KDZE	Krdz. Ereğli-KARABÜK	120	50	T3Z10/A602	01.07.2006	CMG-3T	41.3132	31.4430	410
24	KLYT	Kilyos-İSTANBUL	120	50	T3Y17/A542	18.05.2006	CMG-3T	41.2530	29.0420	30
25	KRBG	Karabiga-ÇANAKKALE	30	50	T35494/C807	27.06.2008	CMG-3ESP	40.3932	27.2977	75
26	LAP	Lapseki-ÇANAKKALE	30	50	T3P65/A116	27.12.2007	CMG-3ESP	40.3727	26.7602	200
27	MDNY	Mudanya-BURSA	30	50	T35500/C808	09.07.2008	CMG-3ESP	40.3708	28.8847	115
28	MDUB	Mudurnu-BOLU	360	50	T3X34/A653	22.05.2008	CMG-3T	40.4712	31.1978	1108
29	MFTX	Mürefte-TEKİRDAĞ	30	100	T4601	10.10.1998	CMG-40T	40.7867	27.2812	924
30	MRMT	Marm. Adası-BALIKESİR	120	50	T3W27/A649	09.10.2008	CMG-3T	40.6058	27.5837	702
31	PHSR	Pınarhisar-KIRKLARELİ	30	50	T4861/D0622	09.07.2009	CMG-40T	41.6308	27.5238	263
32	RKY	Şarköy-TEKİRDAĞ	30	50	T3N96/A526	16.05.2006	CMG-3ESP	40.6875	27.1777	687
33	SILT	Şile-İSTANBUL	30	50	T33975/B087	31.05.2007	CMG-3ESP	41.1530	29.6430	100
34	SLVT	Silivri-İSTANBUL	30	50	T3B68/A543	01.06.2007	CMG-3ESP	41.2300	28.2100	180
35	SPNC	Sapanca-ADAPAZARI	30	50	T35501/C804	27.06.2008	CMG-3ESP	40.6860	30.3083	190
36	SVRH	Sivrihisar-ESKİŞEHİR	360	50	T3X35/A650	27.12.2007	CMG-3T	39.4470	31.5232	1000
37	TKR	TEKİRDAĞ	30	50	T33971/B086	18.05.2007	CMG-3ESP	40.9902	27.5357	140
38	TVSB	Tavşanlı-KÜTAHYA	120	50	T3G57/DC21	12.02.2009	CMG-3ESP	39.4497	29.4615	1090
39	YLVX	YALOVA	30	50	T4609	21.10.1998	CMG-40T	40.5667	29.3728	829



Şekil 4.1: KRDAE-UDİM geniş bantlı istasyon dağılımı.

Çalışmada kullanılacak olan sayısal veriler öncelikli olarak SEISAN formatına dönüştürülmüştür, sayısal verilerin uygun formata dönüştürülmesi ve kullanılan dönüşüm yöntemleri 2.5.4.1’de (veri yapıları ve format dönüşümleri başlığı altında) ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu aşamadan sonra yapılan işlemlerin tamamı Windows ortamında kullanılan SEISAN yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Depremlerin yerlerinin belirlenmesinde HYPOCENTER yazılımı kullanılmıştır. İlgili yazılımda, başlıcaları daha fazla faz okumasının kabul edilmesi, telesismik depremlerin de çözümlenebilmesi ve girdi olarak NORDIC formatlı veri tabanı dosyalarının kullanılması olmak üzere Lienert ve diğ. (1986), Lienert (1991), Lienert ve Havskov (1995) tarafından bir takım değişiklikler yapılmıştır. Depremlerin yerlerini belirlemek üzere UDİM tarafından deprem çözümlemelerinde kullanılan iki tabakalı kabuk modeli Kalafat ve diğ. (1987) ve istasyon koordinat bilgileri yazılıma uyarlanmıştır.

SEISAN formatında görüntülenen sayısal verilerin P ve S fazları okunarak depremlerin dış merkez çözümleri yapılmıştır. Okunan faz bilgilerinin ‘*.S’ veri

tabanı dosyaları altında tutuldukları bu dosyalar, spektrumun parametrelerinin hesaplanmasında kullanılmak üzere taşıdıkları yer ve zaman bilgilerinden dolayı önemlidir. SEISAN'ın altında yer alan AUTOPICK yazılımı faz okumalarını tanımlanmış olan kabuk ve hız modeline göre otomatik olarak hesaplanmaktadır. Ne var ki otomatik olarak yapılan hesaplamalarda fazların başlangıç zamanları zaman zaman yanlış veya uygunsuz değerler altında belirlenebilmektedir. Hesaplanan kaynak spektrumlarının güvenilirlikleri açısından fazların ve deprem çözümlerinin doğru yerlerden saptanmaları ayrıca önemli olduğundan faz okumaları kullanıcı tarafından oluşturulmuştur. Bölüm 4.3.2'de ayrıntılı olarak anlatıldığı gibi gerek spektrumu alınacak olan pencere seçiminde, gerekse yayılım etkilerini gidermede etkin parametreler spektrumun boyutunu etkileyeceğinden dolayı kullanılacak olan denklemlerde faz okumaları ve depremlerin yerleri son derece önemlidir. Bu doğrultuda okunmuş olan tüm sayısal veriler tekrar ekran üzerinde görüntülenerek doğrulamaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan 350 depremin yerlerinin belirlenmesinde güvenilirliği düşük olan ($RMS > 1.0$ ve/veya kullanılan faz sayısı < 10) 79 adet deprem devre dışı bırakılarak geriye kalan 271 depremi kapsayan veri setleri üzerinde çalışılmıştır. Oluşturulan veri setleri uzaklıkları 1 ile 300 kilometre arasında değişen 39 istasyonun kayıtlarını içermektedir (Şekil 4.2).

Elde edilen verilerin teorik olarak varsayılan modele uygun düşmemesi, sapma eğilimi göstermesi ve güvenilir olmaması durumunda ($RMS > 1.0$ ve kullanılan faz sayısı < 10 ise) ilgili veriler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Bu şekilde uzaklıkları 1 ile 300 km arasında değişen; 39 istasyon tarafından kayıt edilmiş olan 271 adet deprem veri seti elde edilmiştir (Şekil 4.2).

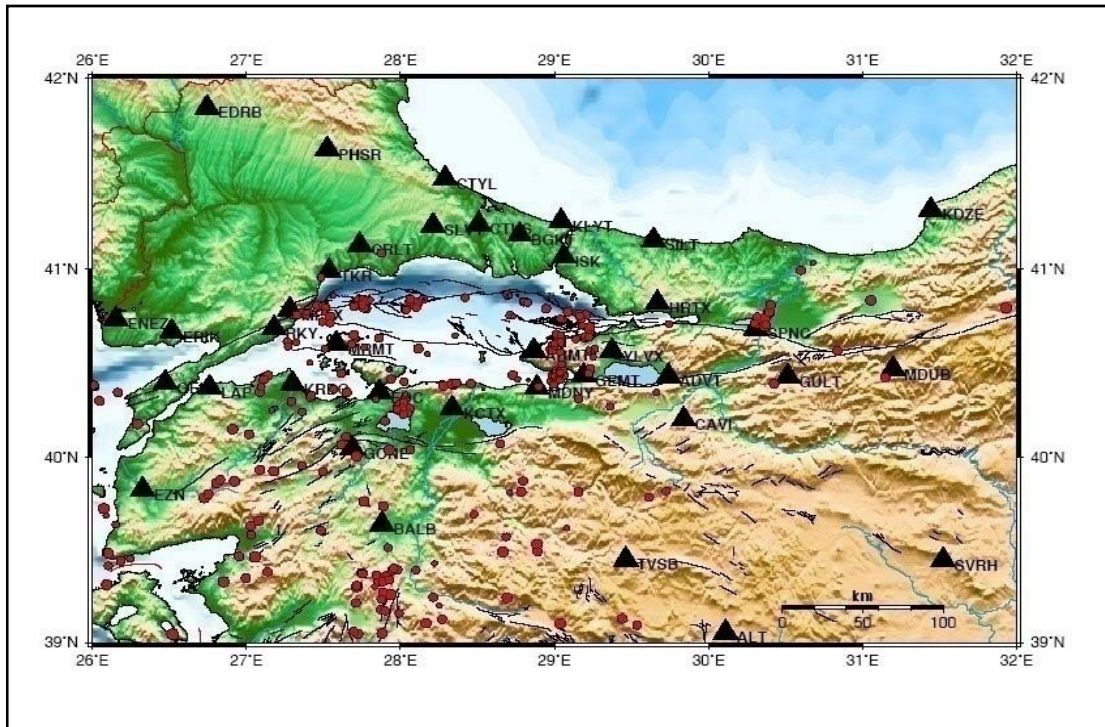
Veriler Marmara Bölgesi'nde 2006-2009 yılları arasında meydana gelen depremlerin tamamını karşılamamış olmasına rağmen tekrar dış merkez tayinleri yapılan veri setleri belirli bölgelerde kümelenmeler göstermiştir (Şekil 4.2). 1999 İzmit ve devamında meydana gelen Düzce depremleri uzun vadede sürecektir olan deprem kümelerini de beraberinde getirmiştir; bunlardan bir tanesi İzmit Bölgesi, bir diğeri ise Yalova Bölgesi civarında oluşan kümelenmelerdir. Bir diğer kümelenme ise Gemlik ve Tekirdağ-Şarköy civarında yer almaktadır. Meydana gelen tüm artçı

sarsıntı dağılımlarına zaman ve mekan olarak göz atıldığında meydana gelen tüm kümelenmelerin KAFZ'nun çeşitli kollarında yer aldığı görülmektedir.

Sayısal verilerin oluşturulmasında her ne kadar dış merkez tayinini belirlemek amacıyla uygulanan faz okumalarında hem yatay (S fazı) hem de düşey (P fazı) bileşenler kullanılmış olsa da zeminde meydana gelebilecek büyütmelerden en az seviyede etkilenecekleri var sayımı göz önünde bulundurulduğundan dolayı spektrum alınırken düşey bileşen verileri kullanılmıştır.

4.2. Çalışmada Kullanılan Q ve κ Parametreleri

Çalışmada elde edilen spektrumun boyutunu ve kesme frekansını doğru olarak tanımlayabilmek ve spektrumu bu etkilerden arındırmak üzere frekansa bağımlı Q değerinin elde edilmesi gerekmektedir. Daha önce bu konu ile ilgili bir takım çalışmalar Barış ve diğ. (1992), Horasan ve diğ. (1998) ve Horasan ve Güney (2004) yürütülmüş olmasına karşın tüm bölgeyi içine alabilecek bir Q değeri tanımlamasına ihtiyaç duyulmuştur.



Şekil 4.2: Çalışılan bölge, ana fay hatları, çözümlenen depremler (kırmızı yuvarlaklar) ve kullanılan istasyonların (siyah üçgenler) dağılımı.

Çalışmada veriler üzerindeki soğurulma etkisini gidermek amacıyla, frekans ortamında çeşitli Q_s fonksiyonları üretilmiştir. Bu doğrultuda Q değerinin S dalgaları için değişimlerini incelemek amacıyla 39 istasyon tarafından kaydedilmiş olan 188 deprem veri setinin yatay bileşenleri kullanılmıştır. Kullanılan depremlerin dış merkez uzaklıkları 10 ile 300 km; M_L büyüklükleri ise 2.0 ile 4.9 arasında değişmektedir. Her bir yatay bileşen sismogramı 1.0, 2.0, 4.0, 8.0 ve 16.0 Hz merkez frekansında sırasıyla 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 ve 8.0 Hz bant genişliklerinde Butterworth bant geçişli filtre ile süzgeçlenmiş ve ilgili frekans aralıkları için Q_s değerleri hesaplanmıştır. Q 'ya karşılık gelen f değeri çok istasyonlu çok depremler en küçük kareler yöntemi ile belirlenmiştir (Havskov ve Ottemöller, 2010). Q_s değerinin hesaplanmasında ise Aki (1980) tarafından tanımlanan $Q_s=Q_0f^\alpha$ bağıntısı kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında ortalama frekansa bağımlı olarak elde edilen ortalama Q_s değeri, $Q_s(f) = 81 \pm 3f^{0.90 \pm 0.02}$ ve sönümlenme zamanı (lapse-time) 57 saniye olarak bulunmuştur. Elde edilen Q_s değerleri, Horasan ve Güney (2004) tarafından Marmara Denizi için 5 farklı bölgeye ayrılarak $13 \pm 1f^{1.22 \pm 0.05}$ ile $94 \pm 3f^{0.83 \pm 0.04}$ aralığında değiştiği var sayılan çalışma sonuçları ile uyum göstermektedir.

Diğer taraftan (3.4) denkleminde $N(f)$ ile tanımlanan ve daha çok 'near surface attenuation' adı verilen sığ derinliklerdeki soğurulma κ parametresine bağlı olarak hesaplanır (Singh ve diğ., 1982). Ancak κ faktörü için Marmara Bölgesi'nin tamamını kapsayacak biçimde daha önceden yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada $N(f)$ düzeltilmesi uygulanmamıştır.

4.3. Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi

Yer değiştirme spektrumundan yararlanılarak hesaplanan M_0 ve f_0 kaynak parametreleri klasik biçimiyle gözlemsel olarak elde edilen genlik spektrumunun Brune'un tanımladığı ω^{-2} teorik kaynak modeline uyarlanması ile elde edilir. Çalışmada bu parametrelerin teorik modele uyarlanarak bilgisayar denetiminde (otomatik olarak) belirlenmesi temel alınmıştır. Ancak karşılaştırma amaçlı olarak

teorik modele uyarlanması işlemi birkaç deprem örneği için kullanıcı denetiminde hesaplanmıştır.

Her ne kadar iki yöntemin uygulanış biçimleri birbirlerinden farklı olsa da kullanılan varsayımları ortak bir noktada buluşturmak amacıyla yayılım, soğurulma ve alet etkisini giderme için yapılan düzeltmelerde ortak tanımlamalar kullanılmıştır.

Öncelikli olarak alet etkisinin giderilmesi her iki yöntem için de gerekli ön koşuldur, bu etki giderilmeksizin sinyal üzerinde herhangi bir spektral işlemin yapılması mümkün değildir.

Geometrik yayılımın etkisini gidermek amacı ile yapılan düzeltmelerde uzaklık faktörü önemlidir, depremlerin dış merkez uzaklığı ve derinlik ile birlikte dalgaların geometrik yayılım özellikleri de değişir (3.11). Kısa mesafelerde cisim dalgaları baskın karakter gösterirken, 100 km'den sonra yüzey dalgaları etkin olmaya başlar Hermann ve Kijko (1983) ve sinyal üzerinden geometrik yayılım etkisi giderilirken cisim ve yüzey dalgaları için farklı bağıntılar kullanılır (3.11), (3.12). Eğer çalışılan bölgede meydana gelen depremler derin odaklı (≥ 50 km) ise oluşturulan bu model geçerli değildir ve varsayılan tanımlamaların değiştirilmesini gerektirir. Çalışmada Marmara Bölgesi içerisinde meydana gelen depremlerin Hermann ve Kijko tanımlamasında verilen uzaklık ve derinlik karakterine uygun özellikler gösterdiği durumu göz önünde bulundurularak SEISAN.DEF tanım dosyası içerisinde yer alan HERKIJ_DISTANCE uzaklık değişim değeri 100 km olarak tanımlanmıştır.

Bu doğrultuda faz okumalarının gerçekleştirilmesi ile birlikte depremlere ait dış merkez ve zaman bilgilerinin tutulduğu '*.S' dosyaları oluşturulmuştur. İlgili dosyalar sadece uzaklığın belirlenmesinde değil, aynı zamanda S fazına ait spektrum oluşturulurken kullanılacak olan zaman penceresinin de başlangıç ve bitiş seviyelerinin verilen koşullar altında alınmasına olanak sağlar.

Spektrum alınırken kullanılacak olan faz ve pencere aralığının seçimi yapılan çalışmanın amacına göre değişir. Marmara Bölgesi içerisinde büyük bir depremin meydana gelmesi durumunda özellikle depreme yakın istasyonlarda P fazının hemen

arkasından S fazı geleceğinden P fazı için oluşturulan pencere aralığı da daralacak ve bu durumda hesaplanan büyüklükler gerçek değerleri yansıtmayacaktır. Bu nedenle çalışma kapsamında P fazı kullanılmamıştır. Ayrıca kullanılan büyüklük biriminde teorik olarak enerjinin düşük frekanslara kadar taşınıyor olması beklendiğinden S fazının kullanılması tercih edilmiştir.

Sinyal üzerinde meydana gelen soğurulma etkisi giderilirken bu etkiyi yayılım yolu boyunca ve sığ derinliklerde soğurulma olmak üzere iki madde altında incelemek daha doğru bir yaklaşım olur; yayılım boyunca sinyali etkileyen soğurulmanın etkisi Q_0 ve Q_α değerleri ile ifade edilirken; sığ derinliklerde oluşan etki κ terimi ile tanımlanır. Bu kapsamda frekansa bağlı olarak değişen Q_0 ve Q_α değerleri için çalışmada yapılmış olan hesaplamalar doğrultusunda bir düzeltme uygulanırken, κ soğurulma etkisi için herhangi bir düzeltme uygulanmamıştır.

4.3.1. Kaynak parametrelerinin kullanıcı tarafından belirlenmesi

Sismik sinyallerin kaynak parametreleri kullanıcı tarafından belirlenirken SPEC yazılımı kullanılmıştır. Program sinyal üzerinden yer değiştirme, ivme, hız gibi dönüşümlerin ve bir takım spektral işlemlerin yapılmasını sağlar, ancak çalıştırılmadan önce aşağıda verilen parametre giriş dosyalarının oluşturulmuş ve tanımlanmış olması gerekir.

Bu dosyalar ilgili alt klasörler ile birlikte tanımlanırsa:

/REA/'*.S'	NORDIC formatlı, her bir deprem için ayrı ayrı '*.S' dosyaları altında tutulan veri tabanı bilgileridir.
/WAV/	SEISAN formatlı, her bir deprem için ayrı ayrı oluşturulan sayısal verilerdir.
/CAL/(*.GSE)	Her bir istasyon ve bileşen için ayrı ayrı alacak şekilde GSE formatında oluşturulan aletlere ait bilgilerin tutulduğu kalibrasyon dosyalarıdır.

/DAT/MULPLT.DEF Sayısal verilerin ekran üzerinde istenilen şekilde görüntülenmesi ve spektrum alınırken kullanılması istenilen parametreler tanımlanır.

Alet bilgisi, sayısal veriler ve '*.S' dosyalarının nasıl oluşturuldukları daha önce detaylı olarak anlatıldığından dolayı bu kısımda ilgili dosyalardan sadece MULPLT.DEF dosyasına ait tanımlamalar hakkında bilgi verilecektir (Tablo 4.2).

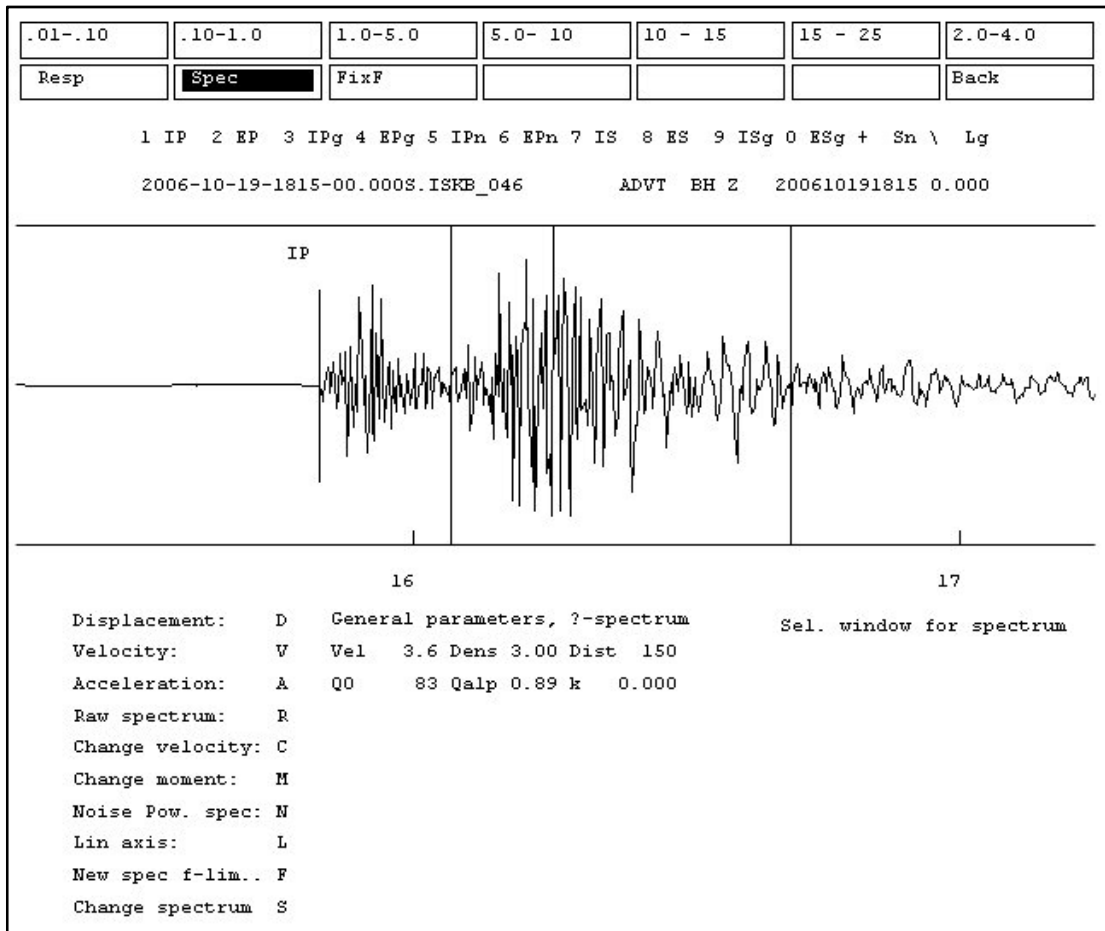
Tablo 4.2: Çalışmada kullanılmak üzere tanımlanan MULPLT.DEF parametre giriş dosyası formatı

KEYWORD.....	Comments.....	Par 1.....	Par 2
X_SCREEN_SIZE	Size in pixels	90.0	
PHASE NAME KEY	Phase key and phase		
PHASE NAME KEY			
PHASE WEIGHT KEY	Weight key and weight		
PHASE MOUSE KEY	Mouse key character		
SPECTRAL Q0	Q0	83.0	
SPECTRAL QALPHA	Q = Q0**Qalpha	0.89	
SPECTRAL KAPPA			
SPECTRAL P-VELOCITY	P velocity	6.2	
SPECTRAL S-VELOCITY	P velocity	3.6	
SPECTRAL DENSITY	Density		
3COMP VELOCITY	velocity for 3 comp		
RESOLUTIONX	# points pl. screen	1500.0	
RESOLUTIONHC	# points pl. hc	3000.0	
NSORT_DISTANCE	0: no sort, min ph.		
SPECTRAL F-BAND		0.01	20.0
AUTO_LOCATE	0,1,2 0,1,2	0.0	2.0
AUTO_PROCESS	0,1,2 name	0.0	ls
SPECTRAL OUTPUT		1.0	
WOOD ANDERSON HIGH CUT		20.0	
BANDPASS FILTER			
AUTOCODA FILTER		0.1	10.0
AUTOCODA STA		3.0	
AUTOCODA RATIO		1.2	
CODA AUTO		0.0	
PHASE NAME KEY			
PHASE MOUSE KEY			
SPECTRAL Q0			
SPECTRAL QALPHA			
### Set Filter type 0 for bndpas 1 for recfil routine			
FILTER TYPE		0.0	
### Setup user-defined filters			
FILTER 1		0.01	0.1
FILTER 2		0.1	1.0
FILTER 3		1.0	5.0
FILTER 4		5.0	10.0
FILTER 5		10.0	15.0
FILTER 6		15.0	25.0
FILTER 7		2.0	4.0
### Magnitude filters			
ML LOW CUT AND POLES			
ML HIGH CUT AND POLES			
MS LOW CUT AND POLES			
MS HIGH CUT AND POLES			
MB LOW CUT AND POLES			
MB HIGH CUT AND POLES			
###			
#DEFAULT CHANNEL		ISKB	BH_Z

Tablo 4.2’de yer alan bilgilerin bir kısmı parametre kartı içerisinde önceden tanımlı (default) halinde tutulurken çalışmada yapılacak olan hesaplamalar için kullanılması istenilen değerler yeniden tanımlanmıştır. Q_0 , Q_a ve κ değerleri sırasıyla 83.00, 0.89 ve 0.00 olarak tanımlanmıştır.

Kaynak parametrelerinin kullanıcı tarafından hesaplanmasında takip edilen izlence aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Zaman ortamında görüntülenen hız verisinin seçilen pencere aralığına göre spektrumu alınır ve integralinin de alınması ile hızdan yer değiştirmeye dönüştürülür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Kullanıcı denetiminde pencere seçimine ilişkin bir örnek (20 Ekim 2006, 18:15).

Pencere uzunluğunu tanımlamak için iki yöntem mevcuttur:

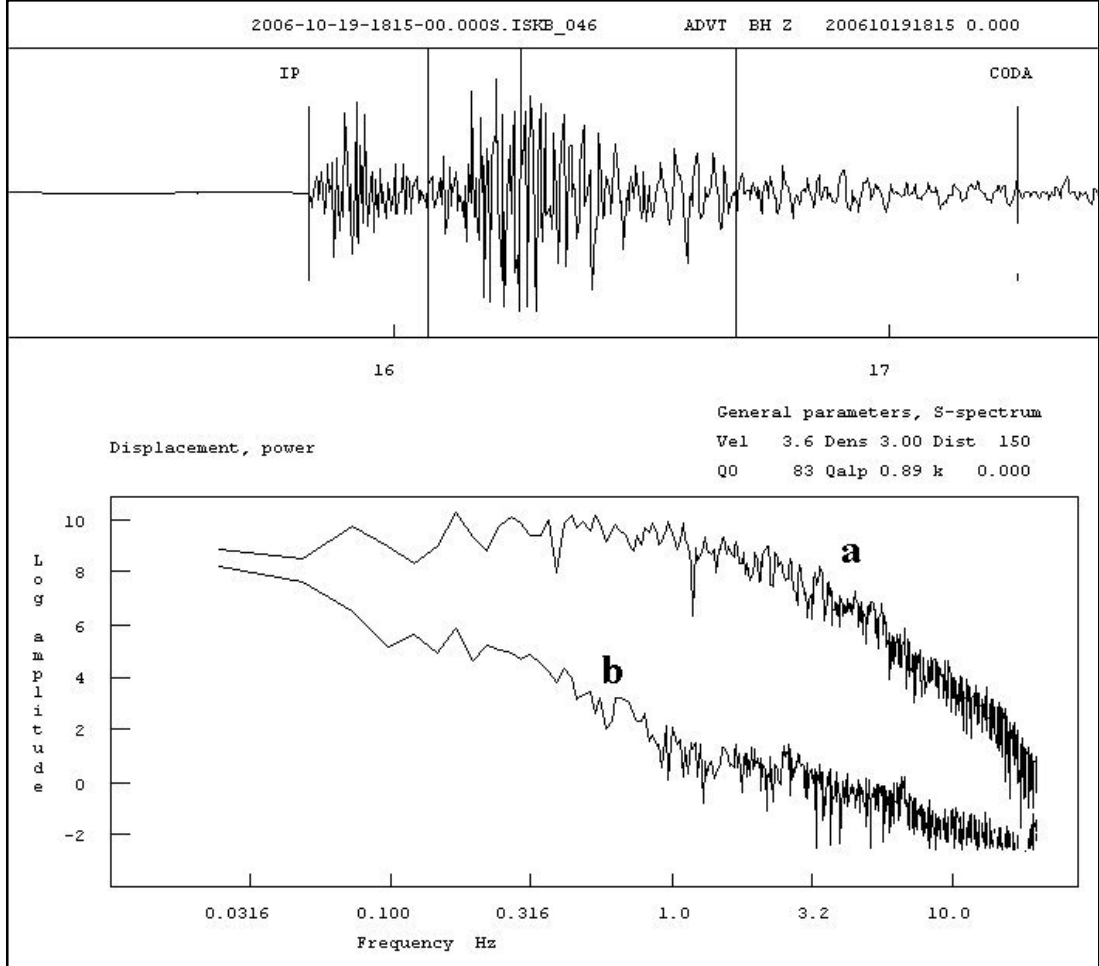
- S fazına yönelik önceden bir okuma yapılmışsa, program otomatik olarak pencerenin başlangıç noktasını ve uzunluğunu MULPLT.DEF dosyasında tanımlanmış olan modele uyacak şekilde seçer,
- İlgili faza ait herhangi bir okuma yoksa kullanıcı ekranda görüntülenen sinyal üzerinden S fazının başlangıç seviyesinden 1 saniye öncesinden başlatmak üzere 10 saniye alınacak şekilde seçer (Şekil 4.3).

Yer değiştirme ortamında görüntülenen sinyalin verilen pencere aralığına göre kaynak spektrumu ile birlikte gürültü spektrumu da hesaplanarak aynı şekil üzerinde frekansa (Hz) karşılık gelen yer değiştirme genlik değeri (nm-sn) log-log cinsinden görüntülenir (Şekil 4.4). Spektrum alınırken herhangi bir frekans aralığı seçilmez ve tüm frekans değerlerini kapsayacak şekilde çizimi yapılır. Kaynak parametreleri hesaplanırken yapılan otomatik hesaplamalarda kullanılan yöntemin güvenilirliğini oluşturan en önemli noktalardan bir tanesi de S/N oranıdır. Bu nedenle gözlenen sinyalin gürültüye oranla genlik seviyesini inceleyebilmek amacıyla gürültü ve genlik spektrumu bir arada olacak biçimde aynı grafik ekranı üzerinde çizdirilir, çünkü hesaplanacak olan kaynak parametre değerleri içerisinde istasyondaki güvenilirlik durumunun kullanıcı tarafından kontrol edilmesi ancak bu şekilde sağlanır.

Genlik ve gürültü spektrumları daha önceden tanımlanmış olan parametreler temel alınarak hesaplanır ve ilgili değerler ekran üzerinde görüntülenir (Şekil 4.4). Ekranda yer alan parametreler aşağıdaki şekildedir:

Vel	km/sn cinsinden kaynaktaki V_p veya V_s hız değeri
Dens	Yoğunluk (gr/cm^3)
Dist	Dış merkez uzaklığı (km)
Q0	Spektrumun genlik düzeltmesinde kullanılacak olan Q_0 değeri
Qalp	Q_a
k	κ

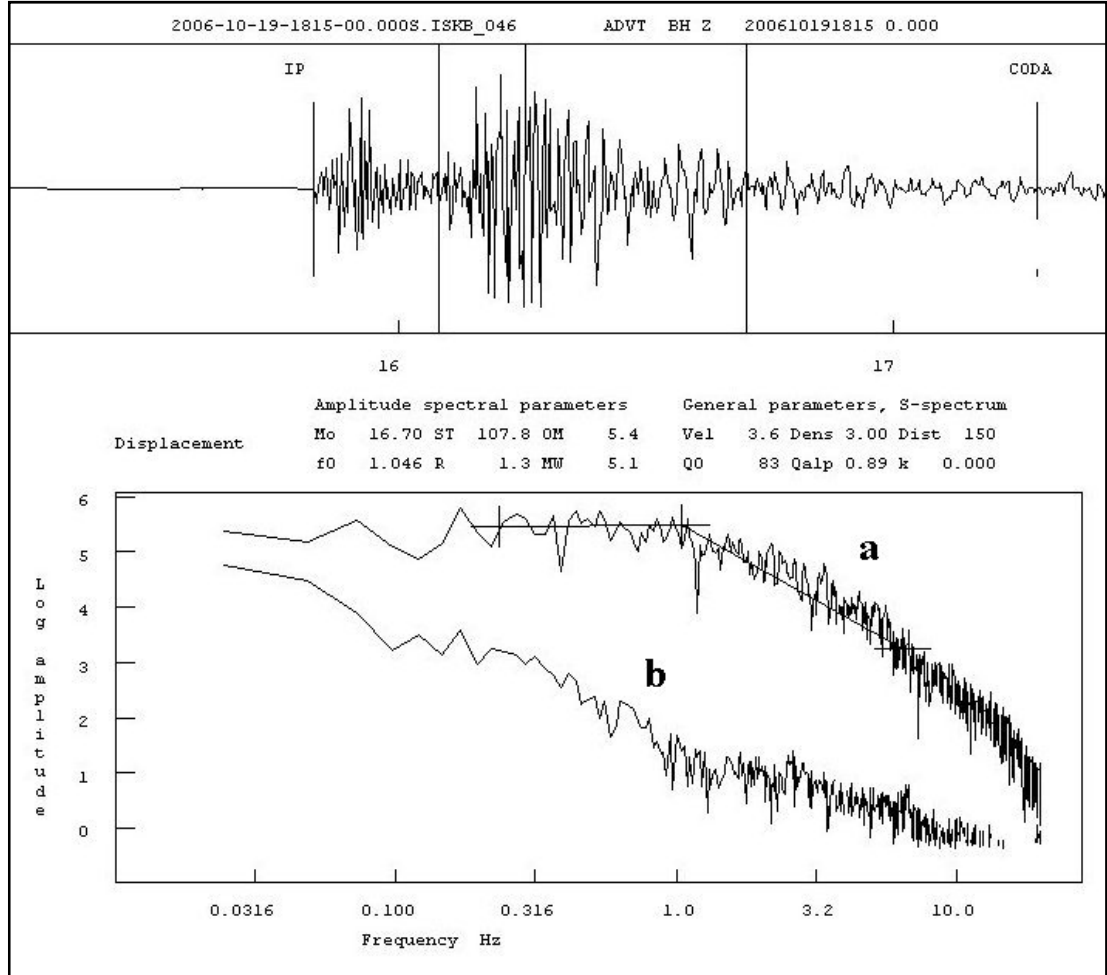
Bu değerlerden dış merkez uzaklığı hesaplanırken '*.S' veri tabanı dosyaları kullanılır.



Şekil 4.4: Kullanıcı denetiminde seçilen pencereye göre (üstte); yer değiştirme (a) ve gürültü spektrumunun (b) alınmasına ilişkin bir örnek (20 Ekim 2006, 18:15).

Bölüm 3.1.2’de ayrıntılı olarak anlatılan teorik kaynak modeline göre, kaynak spektrumunun boyutları log-log cinsinden ilgili bölümde (Şekil 3.4) ile verilen modeli takip edecektir. Spektrum düşük frekans asimptotu olarak da bilinen $f < f_0$ aralığında sismik moment M_0 seviyesi ile bağıntılı olarak düz (flat) gider, yüksek frekanslara doğru gidildikçe $f > f_0$ sismik moment ω^{-2} değerine bağlı olarak lineer olarak düşer. Bu durumda spektrumun düz çizgisi ile aşağı doğru inen doğrusal çizginin kesişim noktaları f_0 olacak şekilde tamamen kullanıcı tarafından çizdirilerek teorik kaynak modeline uyarlanır. Yer değiştirme spektrumunun teorik modele uyarlanması ile (3.18), (3.20) ve (3.22) denklemlerinde tanımlanan kaynak

parametreleri; elde edilen sismik moment değerinin (3.10) denkleminde kullanılması ile M_w hesaplanır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Alınan pencereye göre (üstte); yer değiştirme spektrumunu teorik modele uyarlama altta (a) ve gürültü spektrumu (b), (20 Ekim 2006, 18:15).

Şekil 4.5’de genlik spektrumuna ait yer alan kaynak parametreleri aşağıdaki gibidir.

Mo	Log Moment (Newton-m)
ST	Gerilme düşümü (Bar, 0.1 ile çarpılarak MPA elde edilir)
f0	Kesme frekansı (Hz)
OM	Spektrum seviyesinin logaritması (nm-sn)
R	Kaynak yarıçapı (km)
Mw	Moment Büyüklüğü

Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 ile tanımlanan işlemler depremi kaydeden tüm geniş bantlı istasyonlar için kullanıcı tarafından tekrarlanır. Her bir istasyon için ayrı ayrı elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak ilgili depremin büyüklüğü belirlenir.

4.3.2. Kaynak parametrelerinin otomatik olarak belirlenmesi

Kullanıcı tarafından hesaplanan kaynak parametre ve büyüklük değerleri çoğu zaman kullanıcıdan kullanıcıya değişebilen ve zaman alan işlemler dizisini de beraberinde getirir. Söz konusu sıkıntılar, yapılan tüm işlemlerin tek bir kalemde ve standart değerler altında oluşturulması amacıyla bir otomasyonun sağlanması gerekliliğini ortaya koyar. Bu nedenle çalışmada temel olarak büyüklüğün spektral yöntemlerle belirlenmesinde yaşanan zorlukları ortadan kaldırmak amacı ile bir hesaplama rutininin oluşturulması hedef alınmıştır.

Kaynak parametrelerinin otomatik olarak veya bir diğer deyişle bilgisayar denetimi altında belirlenmesi doğrultusunda Ottemöller ve Havskov (2003) tarafından geliştirilen AUTOSIG yazılım programı kullanılmıştır. Program her ne kadar bu çalışma kapsamında kaynak parametrelerini belirlemek ve moment büyüklüğünü hesaplamak amacıyla kullanılmış olsa da; yazılım aynı zamanda P fazını belirleme, sinyalin süresini tespit etme, genlik değerini belirleme gibi veri işlem yöntemlerini otomatik olarak hesaplayan birçok kullanım rutinlerini de içerisinde bulundurmaktadır. Diğer taraftan kullanılan yazılım halen aktif olarak geliştirilmeye devam etmektedir.

Kullanılan yazılımda kaynak parametreleri belirlenirken seçenekler dahilinde iki yöntem kullanılır; bunlardan bir tanesi CGS (Converging Grid Search/Yakınsayarak Grid Arama), diğeri ise Holland (1975) ve Michalewicz (1992) tarafından geliştirilen GA (Genetic Algorithm/Genetik Algoritma)'dır. İki yöntemin karşılaştırmalı olarak kullanılmaları sonucunda CGS yönteminin GA'ya göre daha kısa zaman içerisinde ve daha uygun değerler ürettiği gözlemlenmiştir (Ottemöller ve Havskov, 2003) ve bu nedenle çalışmada CGS yöntemi tercih edilmiştir.

Kullanılan yazılım kaynak parametrelerinin grafik olarak görüntülenmesini sadece Linux/Unix işletim sisteminde desteklemektedir. Bu nedenle yapılan çalışma kapsamında programın çıkış dosyalarını Windows ortamında otomatik olarak üretmek ve görselleştirmek üzere alt rutinler (ISKGSE, ISKSEI, XYLOGLIN) geliştirilmiştir.

Kaynak parametrelerinin bilgisayar denetiminde otomatik olarak hesaplanması için kullanıcı kontrolünde yapılan işlemlerde olduğu gibi daha önceden oluşturulması gereken bir takım program girdisi dosyalara ihtiyaç vardır:

/DAT/MULPLT.DEF	Sayısal verilerin istenilen koşullara göre ekran üzerinde görüntülenmesi sağlanır.
/DAT/AUTOSIG.PAR	Spektrum alınırken kullanılacak olan parametreler tanımlanır.
/REA/'*.S'	Her bir deprem için ayrı ayrı '*.S' adı altında tutulan bu dosyalar aynı zamanda veri tabanı bilgilerini oluşturur.
/WAV/	Her bir deprem için ayrı ayrı oluşturulan SEISAN formatlı sayısal verilerdir.
/CAL/(*.GSE)	Her bir istasyon ve bileşen için ayrı ayrı GSE formatında oluşturulan alet bilgilerini içerir.

Alet bilgisi, sayısal veriler, '*.S' ve MULPLT.DEF dosyalarının kullanım amaçları ve nasıl oluşturuldukları daha önceki kısımlarda detaylı olarak anlatıldığından dolayı burada sadece (Tablo 4.3) ile (Tablo 4.7) arasındaki format örnekleri ile verilen AUTOSIG.PAR parametre dosyasında yapılan tanımlamalar hakkında bilgi verilecektir.

Spektral parametreler: $Q(f)=Q_0f^\alpha$ denkleminde kullanılmak üzere $S-Q_0$ ve $S-Q_\alpha$ değerleri sırasıyla 82 ve 0.90 olarak verilirken; κ değeri kullanılmadığından dolayı tanımlanmamıştır.

Tablo 4.3: Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan spektral parametreler

# spectral parameters			
#			
SPECTRAL	S-Q0	Q0	82.0
SPECTRAL	P-Q0	Q0	337.0
SPECTRAL	S-QALPHA	Q = Q0**Qalpha	0.90
SPECTRAL	P-QALPHA	Q = Q0**Qalpha	0.45
SPECTRAL KAPPA			
SPECTRAL	QCORNER		1.58
SPECTRAL	P-VELOCITY	P velocity	6.2
SPECTRAL	S-VELOCITY	S velocity	3.5
SPECTRAL	DENSITY	Density	2.7

Veri işlem parametreleri: Sayısal veri işlenirken mean (ortalama) ve trend (eğilim) gidermeleri; spektrumun otomatik olarak alınması, kaynak parametrelerinin CGS yöntemi ile belirlenmesi, norm faktörü olarak 1 değerinin kullanılması tanımlanmıştır.

Tablo 4.4: Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan veri işlem parametreleri

#			
# auto signal processing parameters			
#			
REMOVE MEAN	1. for true		1.
REMOVE TREND	1. for true		1.
CHAR FUNCT	1. for true		1.
K IN CHAR FUNCT	K IN X=Y^2+K*Y'^2.		3.
STALTA NREC/REC	rec 0./ non-rec 1.		1.
STALTA SQUARE/ABS	square 1.		1.
AUTOCODA SQUARE/ABS	square 1.		0.
AUTO PHASE	1. for true		0.
	only if no phase		
WRITE ALL PHASE	0. for 1st only		1.
AUTO AMPLITUDE	1. for true		0.
AUTO LOCATE	1. for true		0.
AUTO SPECTRUM	1. for true		1.
NORM			1.
SEARCH ALGORITHM	1.=GA 2.=GRID		2.

Pencere seçimi: Pencerenin S fazına gelmeden 1 saniye öncesinden başlatılacak şekilde boyunun 10 saniye olarak alınması tanımlanmıştır.

Tablo 4.5: Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan pencere seçim parametreleri

```
#
# window selection
#
SPECTRUM P LENGTH   in seconds      3.
SPECTRUM S LENGTH   in seconds      10.
SPECTRUM PRE LENGTH in seconds      1.
GROUP VEL WINDOW P           5.0      8.0
GROUP VEL WINDOW S           2.5      3.7
SPEC DURATION CHOICE 0:SPEC. P/S LEN. 0.
                     1:GROUP VEL W. P/S
```

Faz seçimi: Spektrum alınırken sadece S fazının kullanılması tanımlanmıştır.

Tablo 4.6: Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan faz seçim parametreleri

```
#
# select phase
#
SELECT PHASE          0:auto P          4.
                     1:synth P
                     2:synth S
                     3:P from file only
                     4:S from file only
                     5:S or P from file
    --- for 3-5, if no phase and AUTO PHASE is 1. use auto phase pick ---
DIST FREQ SELECT      1.              10.
```

İstasyon parametreleri: Spektrum alınırken kullanılması istenilen tüm istasyonlar istasyon kodu, sismometre tipi ve bileşen adını içerecek şekilde listelenmiştir.

Tablo 4.7: Çalışmada kullanılmak üzere AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanan istasyon parametreleri

```
#
# station parameters
#
#####
#      STAT- COMP -sta-- -lta-- -ratio mincod -dtrle fill filh
#####
STATION ADVT BH Z    3.0    20.0    10.0    2.5    1.5    5.0    10.0
STATION AFSR BH Z    3.0    20.0    10.0    2.5    1.5    5.0    10.0
STATION ALT  BH Z    3.0    20.0    10.0    2.5    1.5    5.0    10.0
STATION ARMT BH Z    3.0    20.0    10.0    2.5    1.5    5.0    10.0
STATION BALB BH Z    3.0    20.0    10.0    2.5    1.5    5.0    10.0
STATION BGKT BH Z    3.0    20.0    10.0    2.5    1.5    5.0    10.0
```

Kaynak parametrelerinin hesaplanmasında izlenilen yola ilişkin ayrıntılar aşağıda verilmiştir.

Geniş bantlı sismograf kayıtlarından oluşturulan düşey bileşen verilerinin integral alınarak yer değiştirmeye dönüştürülür. Sığ derinlik etkilerinden (near source effect) kaynaklanan zemin büyötmelerinden düşey bileşenlerin en az seviyede etkilendikleri var sayılarak yapılan hesaplamalarda özellikle bu bileşenlerin kullanılması tercih edilmiştir.

Yer değıştirme ortamına aktarılan verilere ait AUTOSIG.PAR dosyasında tanımlanmış olan modele uyacak şekilde zaman penceresi seçilir. Zaman penceresi seçilirken iki yol izlenebilir:

- ‘*.S’ veri tabanı dosyaları içerisinde yer alan S fazına ait okumalardan yararlanılarak başlangıç zamanının belirlenmesi ve bu doğrultuda sabit zaman pencerelerinin oluşturulması,
- HYPOCENT dosyası içerisinde yer alan $V_P/V_S=1.73$ oranı temel alınarak S fazı başlangıç seviyesinin belirlenmesi.

Ancak teorik olarak var sayılan Poisson oranının bölge için tanımlanan kabuk modeline uymaması halinde fazın başlangıç noktası da yanlış bir seviye üzerinden hesaplanacaktır. Yanlış fazların kullanılması ile alınan bir spektrum üzerinden yapılacak olan hesaplamalar da güvenilirlik taşımayacaktır. Böylesi bir yanlışlığa fırsat tanımamak açısından her iki yöntemde de (kullanıcı denetiminde veya otomatik) P ve S fazları kullanıcı tarafından okunarak elde edilen dış merkez çözümleri kontrol edilmiştir. Bu doğrultuda faz okumaları her iki yöntemde de kullanıcı tarafından gerçekleştirilirken; otomatik çözümler sadece spektrumun teorik modele uyarlanması aşamasında tercih edilmiştir. Diğer taraftan spektrumlarının alınmasında 10 saniyelik sabit zaman pencereleri kullanılmıştır.

Verilerin mean ve trendi giderilerek standart FFT (Fast Fourier Transform) rutininin kullanılması ile zaman ortamından frekans ortamına dönüştürölmesi sağlanmıştır.

Frekans ortamına aktarılan veriler (3.1) denkleminde yer alan alet, geometrik yayınım ve soğurulma etkilerinden arındırılarak kaynak spektrumu elde edilmiştir. Soğurulma ve geometrik yayınım etkileri giderilirken kullanılan bağıntılar depreme olan uzaklığa bağlı olarak değiştiğinden dolayı dış merkez çözümlerinin de güvenilir olması esastır. Spektrumda yuvarlatılma yapılmamıştır. Elde edilen kaynak spektrumunun boyutları ise sadece iki parametreye bağlı olarak değişmektedir: M_0 ve f_0 (3.10).

Yer değiştirme spektrumu üzerinden kaynak parametrelerinin hesaplanması sırasında yaşanan en büyük problem, gerçek sinyalin teorik kaynak modelini tüm frekans bandı boyunca izlememesi durumunda söz konusu olmaktadır. Kaynağın karmaşık yapısı ve yayınım etkileri bu tür sapmalara yol açabilmektedir. Ayrıca depremin büyüklüğüne ve istasyona olan uzaklığına bağlı olarak zaman zaman sinyal ile gürültü aynı seviyelerde ve üstelik gürültü seviyesi hem düşük, hem de yüksek frekans bandı boyunca aynı baskın karakteristiği taşıyor olabilir. Bu nedenle, tüm frekans bandı boyunca gözlenen spektral seviyenin gürültüye oranla yüksek tutulması esastır. Bu kapsamda gürültülü sinyalleri değerlendirme dışı bırakmak amacıyla, ilk faz varışının başlangıcından önce gürültü spektrumu alınmış ve genlik spektrumunun gürültüye karşılık sinyal/gürültü (S/N) oranı en az 2.5 katı kadar olacak şekilde alınmıştır. Bu durumda kaynak spektrumunun genlik oranı değerlendirilirken eğer spektrumun genlik değeri başlangıç noktasının öncesinden alınan gürültü spektrumu seviyesine göre çok fark içermiyorsa sinyalin gürültülü olduğu var sayılır ve işleme girmez. Teoride geniş bantlı istasyonlar tarafından kaydedilen sinyallerde kaynak spektrum seviyelerinin gürültüye oranla daha yüksek seviyelerde bulunuyor olması beklenir.

Diğer önemli konu ise örnekleme aralığıdır. Kullanılan hemen hemen tüm geniş bantlı istasyonlardan gelen veriler saniyede 50 örnekleme ile sisteme taşınmaktadır. Her ne kadar örnekleme aralığının olabildiğince yüksek alınması tercih edilen bir durum olsa da, çok küçük depremlerin ($M < 2.0$) çalışılmadığı durumlarda saniyede 50 örneğin sonuçları olumsuz yönde etkilemediği gözlenmiştir. Teorik olarak

$f_N=1/2*\Delta t$ olarak tanımlanan Nyquist frekansına karşılık gelen 25 Hz değerinin çalışılan büyüklük aralığı için yeterli olduğu görülmüştür.

Burada yer alan tüm çıkış dosyaları otomatik olarak bilgisayar kontrolünde üretilmektedir. Bunların içerisinde sadece (tercih edilmesi durumunda) AUTOSIG.OUT çıkış dosyasının '*.S' veri tabanı dosyaları içerisine kopyalanması işlemi kullanıcı tarafından gerçekleştirilmektedir. Diğer taraftan veri çıkış dosyaları içerisinde yer alan isimler (isk.bh_z.full, isk.bh_z.noi, isk.bh_z.synth) herhangi bir istasyona ait örnek amaçlı olarak verilmiş olup söz konusu isimlendirmeler her bir istasyon ve bileşen için ayrı ayrı oluşturulmaktadır.

Programın çalıştırıldıktan sonra oluşturduğu çıkış veri tabanı dosyaları aşağıdaki şekildedir:

AUTOSIG.OUT	Dış merkez çözümleri, büyüklük ve kaynak parametre değerlerinin yer aldığı veri tabanı dosyası (Tablo 4.8),
autosig.err	Kaynak parametrelerinin bulunmasına yönelik yapılan hesaplamalar sırasında oluşan hataların tutulduğu veri tabanı dosyası,
iskb.bh_z.full	Kaynak spektrumu alınan ilgili istasyona ait veri tabanı dosyası (frekansa karşılık gelen dyn-cm değeri, log-log cinsinden verilmektedir),
iskb.bh_z.noi	Gürültü spektrumu alınan ilgili istasyona ait veri tabanı dosyası (frekansa karşılık gelen dyn-cm değeri, log-log cinsinden verilmektedir),
iskb.bh_z.synth	Kaynak modeline uyarlanan istasyonun sentetik spektrumuna ait veri tabanı dosyası (frekansa karşılık gelen dyn-cm değeri, log-log cinsinden verilmektedir).

Tablo 4.8: AUTOSIG.OUT çıkış dosyası örneği (20 Ekim 2006, 18:15, $M_L=5.2$, Kuş Gölü Depremi).

2006	1019	1815	24.1	L	40.266	27.985	7.5	ISK	19	0.6	5.0	LISK	3.4	CISK	4.4	W	1					
2006	1019	1815	24.1	L				ISK				4.4	WISK				1					
SPEC	AVERAGE	MO	15.7	ST163.9	OM	5.1	f0	1.46	R6.1257	AL	0.00	WI	10.0	MW	4.4	3						
SPEC	SD	MO	2.1	ST186.0	OM	2.2	f0	1.05	R11.01	AL		WI		MW	1.4	3						
GAP=161			1.52		3.4		2.1	3.5	-0.1125E+00	-0.4718E+00	0.1021E+01E											
SPEC	ADVTBH	Z	MO	16.5	ST	86.9	OM	5.3	f0	1.11	R1.2054	AL	2.60	WI	53.1	MW	5.0	3				
SPEC	ADVTBH	Z	T	1816	3	K	0.000	GD	122	VS	3.60	DE	3.00	Q0	83.0	QA	0.89	VS	3.60	3		
SPEC	CANBBH	Z	MO	18.6	ST0.618	OM	7.6	f00.040	R	30.62	AL	0.00	WI	10.0	MW	6.4	3					
SPEC	CANBBH	Z	T	0	0	0	K	0.020	GD	83.6	VS	3.50	DE	2.70	Q0	82.0	QA	0.90	VS	3.50	3	
SPEC	EDRBBH	Z	MO	11.6	ST0.000	OM	0.4	f00.340	R3.6029	AL	0.00	WI	10.0	MW	1.7	3						
SPEC	EDRBBH	Z	T	0	0	0	K	0.020	GD	142	VS	3.50	DE	2.70	Q0	82.0	QA	0.90	VS	3.50	3	
SPEC	GEMTBH	Z	MO	16.1	ST206.2	OM	5.0	f0	1.91	R0.6414	AL	0.00	WI	10.0	MW	4.7	3					
SPEC	GEMTBH	Z	T	0	0	0	K	0.020	GD	101	VS	3.50	DE	2.70	Q0	82.0	QA	0.90	VS	3.50	3	
SPEC	ISKBH	Z	MO	15.8	ST532.0	OM	4.7	f0	3.19	R0.3840	AL	0.00	WI	10.0	MW	4.5	3					
SPEC	ISKBH	Z	T	0	0	0	K	0.020	GD	112	VS	3.50	DE	2.70	Q0	82.0	QA	0.90	VS	3.50	3	
SPEC	RKY	BH	Z	MO	15.7	ST	40.9	OM	4.7	f0	1.50	R0.8167	AL	0.00	WI	10.0	MW	4.4	3			
SPEC	RKY	BH	Z	T	0	0	0	K	0.020	GD	83.2	VS	3.50	DE	2.70	Q0	82.0	QA	0.90	VS	3.50	3
2006-10-19-1815-00.000S	ISKB_046																				6	
XNEAR	0.0	XFAR	0.0	SDEP	5.0																3	
ACTION:UPD	10-04-28	13:49	OP:ak	STATUS:								ID:20061019181524									I	
STAT	SP	IPHASW	D	HRMM	SECON	CODA	AMPLIT	PERI	AZIMU	VELO	AIN	AR	TRES	W	DIS	CAZ7						
EDC	SZ	IP		1815	28.06	141					106		0.7210	13.7	311							
KCT	SZ	IP		1815	30.42	81					95		0.1610	31.6	90							
MRMX	BZ	IP		1815	34.18	160					93		0.5410	50.8	318							
MRMX	BE	IS		1815	40.85						93		0.2810	50.8	318							
RKY	BZ	IP		1815	39.50	159					92		0.4410	82.9	305							
RKY	BE	ES		1815	49.92						92		-0.0310	82.9	305							
RKY	BE	AML		1815	55.05		34803.1	0.68							82.9	305						
RKY	BN	AML		1815	59.58		34748.6	0.52							82.9	305						
MFTX	BZ	IP		1815	39.33	198					92		0.2110	83.1	314							
CANB	BZ	EP		1815	38.94	87					92		-0.1210	83.3	251							
CANB	BE	ES		1815	48.56						92		-1.3910	83.3	251							
CANB	BZ	ES		1815	50.72						9.2			83.3	251							
CANB	BE	AML		1816	2.89		14981.5	0.82							83.3	251						
CANB	BN	AML		1816	3.77		21058.0	0.60							83.3	251						
GEMT	BZ	EP		1815	42.37	78					91		-0.2010	104	79							

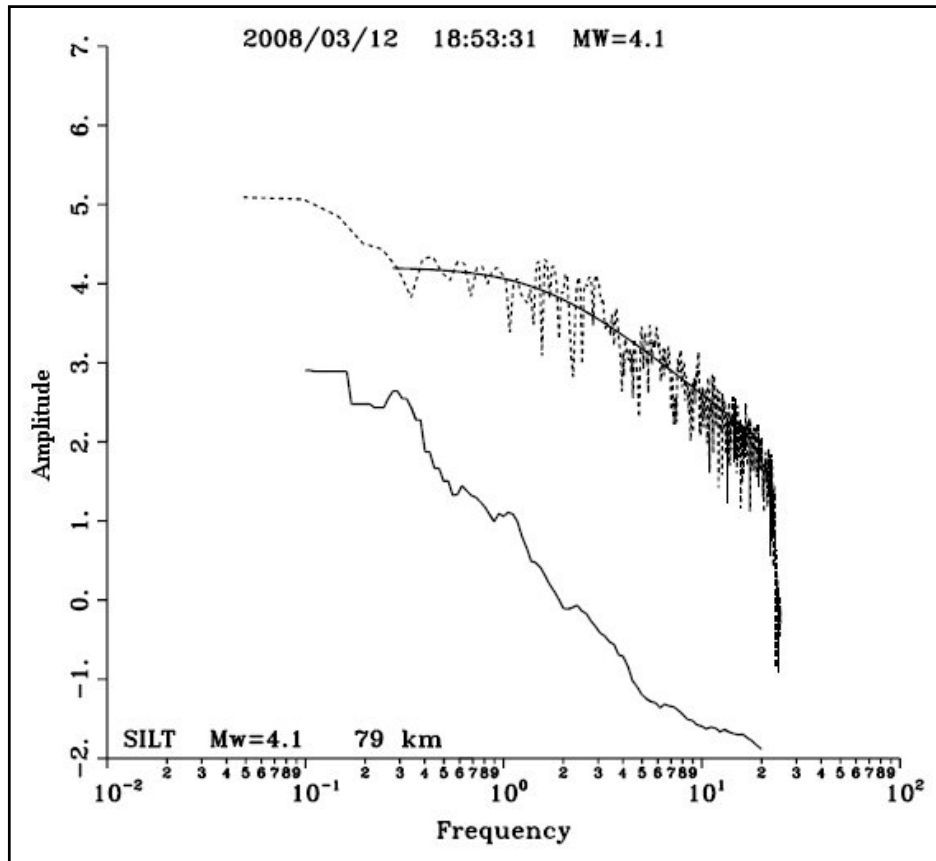
Gri satırlarda verilen kısaltma değerleri:

İlk satırda sırasıyla; yıl, ay, gün, saat, dakika, saniye, depremin türü (yerel/bölgesel), derinlik, network kodu, okunan faz sayısı, M_L , M_D ve M_w büyüklükleri.

MO	:	Momentin logaritması (Newton*m)
ST	:	Gerilme düşümü (bar)
OM	:	Spektrumun seviyesini belirleyen Ω değerinin logaritması (nm-sn)
F0	:	Kesme frekansı (Hz)
R	:	Kaynak yarıçapı (km)
AL	:	Logaritmik spektrumun eğimi
WI	:	Spektrumda kullanılan pencere boyu (sn)
MW	:	Moment büyüklüğü
T	:	Spektrumun alındığı başlangıç zamanı (saat, dakika, saniye)
K	:	κ (sığ derinlikteki soğurulma)
GD	:	Geometrik yayılım (km)
VS	:	Kaynaktaki S hız değeri (km/sn)
DE	:	Yoğunluk (gr/cm ³)
Q0	:	$Q(f)=Q_0f^\alpha$ denkleminde verilen Q_0 değeri
QA	:	Q alfa
VS	:	V_s hızı
SPEC AVERAGE	:	Aritmetik ortalama
SPEC SD	:	Standart sapma
SPEC ADVT	:	İlgili istasyona ait spektrum değeri

Kullanılan yazılımda kaynak parametrelerinin görüntülenmesi sadece Unix/Linux işletim sistemlerinde desteklendiğinden, çalışma kapsamında programın çıkış dosyalarının Windows ortamında otomatik olarak üretilerek görselleştirilmesine yönelik bir yazılım geliştirilmiştir (XYLOGLIN, EK-C).

İlgili modülün Windows ortamına uyarlanmaları sonucunda tek bir komutun kullanılması ile hem veri tabanı; hem de grafik postscript (*.ps) çıktılarının oluşturulmaları sağlanmıştır. Her bir istasyon için ayrı ayrı oluşturulan postscript dosyalarında; kaynak spektrumu, uyarlanan teorik (sentetik) model ve gürültü olmak üzere üç spektrum aynı ekran üzerinde depremin oluş zamanı, ilgili istasyonun depreme olan uzaklığı (km), istasyona ve depreme ait M_w değerleri de yer alacak şekilde (frekansa karşılık gelen nm-sn değeri log-lin cinsinden) görüntülenmektedir (Şekil 4.6).



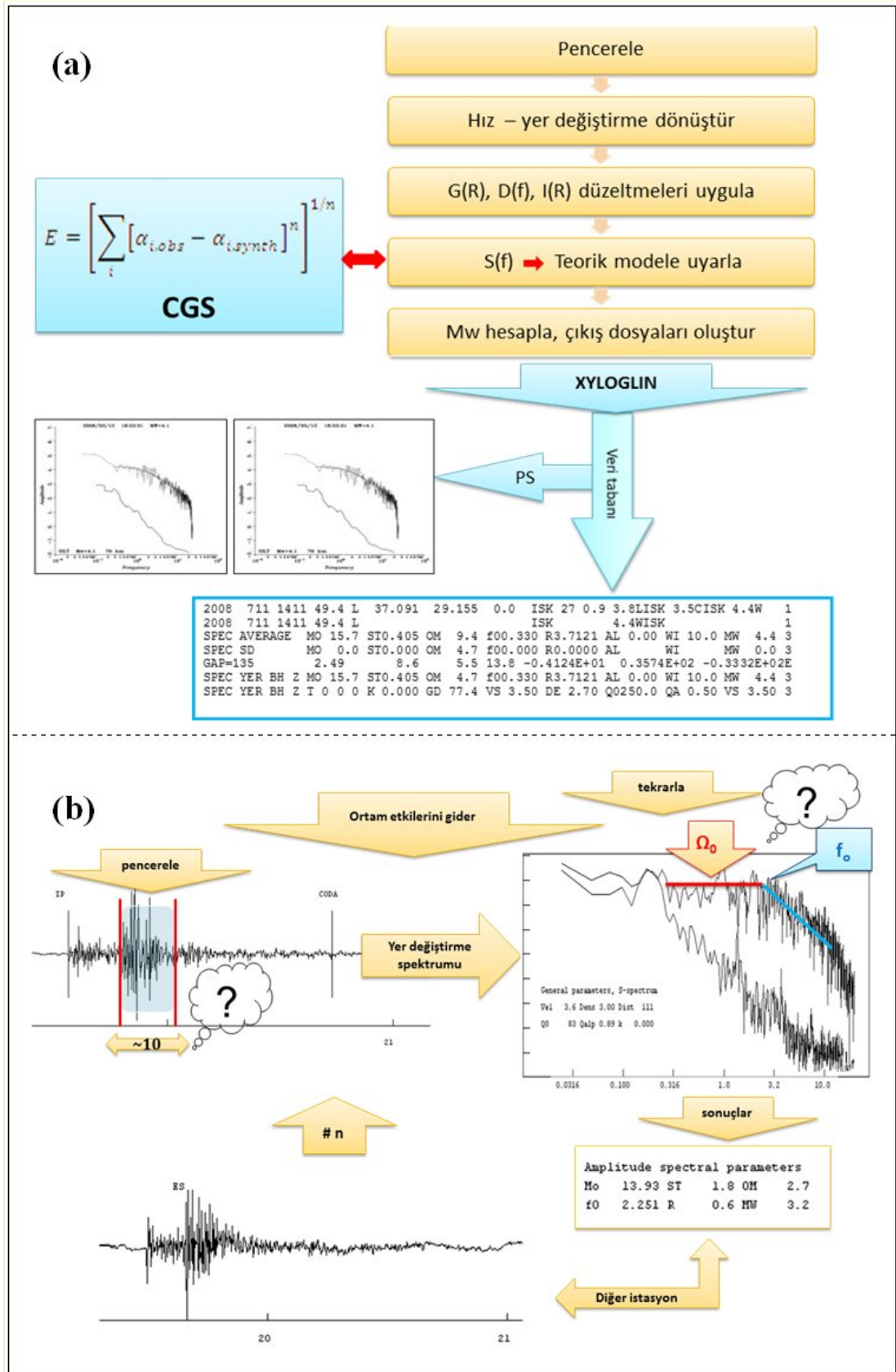
Şekil 4.6: Windows ortamına uyarlanan modülün çıkış dosyası örneği.

M_0 ve f_0 parametrelerinin CGS yöntemi ile belirlenmesi: Kullanılan yöntemde M_0 ve f_0 parametreleri belirlenirken gözlemsel ve sentetik olarak elde edilen kaynak spektrumlarının genlik değerleri arasındaki farkın en düşük olduğu seviye temel alınır. Spektral formun en düşük seviyede olduğu nokta E hata fonksiyonu ile belirlenir (4.1)

$$E = [\sum_i [\alpha_{i,obs} - \alpha_{i,synth}]^n]^{1/n} \quad (4.1)$$

burada $\alpha_{i,obs}$ teorik, $\alpha_{i,synth}$ gözlemsel kaynak spektrumlarının genlikleri, n ise norm faktörüdür. Bu faktör değerlerinden gerek $n=1$; gerekse $n=2$ için birbirlerine yakın ve her ikisinde de iyi sonuçlar elde edildiğinden (Ottemöller ve Havskov, 2003) çalışmada $n=1$ olarak kullanılmıştır.

Kullanılan CGS yöntemine göre gözlemsel kaynak modeli küçük grid aralıklarına bölünür ve tüm grid aralıkları için ayrı ayrı hata fonksiyonu hesaplanır. Yinelemeli yöntemde daha yoğun örnekleme aralığı ile birlikte daha küçük grid aralığı en iyi çözüm etrafında oluşturulur ve değerlendirilir. Sadece birkaç iterasyondan sonra en iyi seviyenin belirlenmesi tamamlanmış olur. Belirlenen M_0 değeri (3.10) denkleminde yerine koyularak M_w elde edilir. Bir deprem için birden fazla sayıda istasyondan M_0 değeri elde edilmişse M_0 ve M_w değerlerinin aritmetik ortalamaları alınır. Kaynak parametrelerinin otomatik olarak belirlenmesine yönelik akış diyagramı kullanıcı denetimindeki akış diyagramı ile birlikte Şekil 4.7’de kısaca özetlenmiştir.



Şekil 4.7: Zaman ortamında kaydedilen bir sinyalin kaynak parametrelerinin otomatik olarak (a) ve kullanıcı denetiminde (b) belirlenmesine ilişkin yürütülen işlemlerin akış diyagramı.

5. BULGULAR

Çalışma kapsamında Marmara Bölgesi içerisinde 2006-2009 yılları arasında oluşan 271 adet deprem için yer değiştirme spektrumlarından yararlanılarak Moment büyüklüğü tayini yapılmıştır. Hesaplamaların tamamı bilgisayar denetiminde otomatik olarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 5.1’de verilmiştir. Diğer taraftan Bölüm 5.1’de her iki yöntemden (otomatik ve kullanıcı denetimli) elde edilen sonuçları karşılaştırmak amacı ile bir deprem örneği üzerinde bulguların bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bölüm 5.2’de ise çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar CMT ve RMT sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.1: Elde edilen kaynak parametreleri ve büyüklük değerleri

No	Tarih	Saat	Enlem (K°)	Boylam (D°)	M _w	M _w ±sts	M ₀	M ₀ ±sts	SD	f ₀	f ₀ ±sts	GAP	n
1	20060101	21:10	39.392	27.946	2.6	0.0	13.0	0.0	0.739	3.06	0.00	74	1
2	20060103	07:47	39.871	26.923	2.2	0.0	12.3	0.0	0.040	2.01	0.00	239	1
3	20060104	00:13	39.241	28.692	2.3	0.0	12.6	0.0	1.200	5.03	0.00	89	1
4	20060121	01:48	39.861	26.804	2.9	0.0	13.5	0.0	3.100	3.56	0.00	99	1
5	20060123	16:13	39.781	26.724	2.6	0.0	13.0	0.0	2.900	5.02	0.00	116	1
6	20060207	03:07	39.045	26.521	3.1	0.0	13.7	0.0	2.700	2.71	0.00	288	1
7	20060208	04:07	40.770	30.393	3.8	0.0	14.7	0.1	27.600	2.20	1.04	144	2
8	20060208	05:24	40.774	30.392	3.2	0.1	13.9	0.2	35.700	4.41	1.62	160	2
9	20060211	05:53	40.296	25.280	2.9	0.0	13.4	0.0	1.200	2.65	0.15	270	2
10	20060212	08:48	40.651	27.696	3.2	0.1	13.8	0.1	32.000	5.40	1.00	80	2
11	20060214	03:14	40.692	29.224	2.4	0.1	12.6	0.2	1.400	4.33	1.31	151	3
12	20060217	00:09	40.039	27.926	3.1	0.0	13.7	0.0	16.500	5.28	0.00	82	1
13	20060220	09:27	40.385	25.723	2.6	0.0	13.0	0.0	0.855	3.42	0.00	247	1
14	20060220	12:08	40.492	25.738	2.6	0.0	13.0	0.0	1.200	3.54	0.00	243	1
15	20060314	19:45	40.073	28.646	2.9	0.2	13.4	0.3	8.400	5.13	0.66	68	2
16	20060315	10:03	40.715	30.313	2.8	0.0	13.2	0.0	22.900	8.39	0.00	149	1
17	20060406	07:29	39.658	27.079	2.7	0.0	13.1	0.0	1.900	3.93	0.00	143	1
18	20060415	20:54	40.773	29.086	2.4	0.0	12.7	0.1	18.300	8.76	4.44	67	2
19	20060418	00:03	40.415	27.111	2.4	0.0	12.7	0.0	0.553	3.60	0.00	102	1
20	20060423	23:08	39.314	26.093	3.3	0.0	14.0	0.0	2.600	2.24	0.00	290	1
21	20060503	22:28	40.387	25.899	3.0	0.1	13.5	0.1	1.300	2.59	0.12	232	2
22	20060505	21:05	39.954	27.359	2.3	0.0	12.5	0.0	5.600	8.79	0.00	218	1

YYYY: Yıl, AA: Ay, GG: Gün, SS: Saat (UTC), DD (Dakika), K(°): Enlem, D(°): Boylam, M_w: moment büyüklüğü, ±sts: standart sapma, n: istasyon sayısı, f₀ kesme frekansı, M₀: sismik moment (*10²⁰ dyne.cm), SD: gerilme düşümü.

Tablo 5.1(Devam): Elde edilen kaynak parametreleri ve büyüklük değerleri

No	Tarih	Saat	Enlem (K°)	Boylam (D°)	M _w	M _w ±sts	M ₀	M ₀ ±sts	SD	f ₀	f ₀ ±sts	GAP	n
23	20060507	11:44	39.933	27.088	2.3	0.0	12.5	0.0	7.400	10.23	0.00	145	1
24	20060520	01:06	40.797	28.103	1.8	0.0	11.7	0.0	5.300	16.18	0.00	193	1
25	20060520	02:40	40.843	28.062	2.3	0.0	12.6	0.0	0.274	3.16	0.00	121	1
26	20060520	13:32	40.774	27.505	1.9	0.1	12.0	0.1	0.224	4.57	0.64	157	2
27	20060521	10:16	39.872	28.796	2.3	0.1	12.6	0.2	3.700	7.13	3.68	166	3
28	20060526	23:59	40.607	29.045	1.9	0.0	11.9	0.0	0.919	7.93	0.00	90	1
29	20060527	19:51	39.172	27.899	2.3	0.0	12.6	0.0	1.600	5.48	0.00	152	1
30	20060528	03:41	39.339	27.927	2.2	0.0	12.3	0.0	0.638	5.07	0.00	127	1
31	20060528	16:57	40.297	27.292	2.8	0.0	13.3	0.1	2.400	3.38	1.21	133	3
32	20060601	19:52	40.723	27.494	2.4	0.1	12.6	0.1	1.600	4.93	0.98	122	2
33	20060605	02:39	39.693	28.476	2.1	0.2	12.3	0.3	2.400	6.97	3.88	135	4
34	20060605	13:41	40.041	28.064	2.5	0.1	12.8	0.2	2.500	5.07	0.70	69	3
35	20060606	17:00	39.215	27.711	2.8	0.1	13.2	0.2	2.000	3.44	1.43	116	3
36	20060606	17:22	39.177	27.873	2.7	0.0	13.2	0.0	0.323	2.05	0.00	136	1
37	20060611	08:24	40.804	27.500	2.7	0.1	13.1	0.1	4.000	4.92	0.88	67	4
38	20060611	12:58	40.786	28.039	2.5	0.0	12.8	0.0	1.900	4.80	1.45	157	2
39	20060612	21:36	40.460	25.855	3.1	0.0	13.8	0.1	0.576	1.58	0.08	268	2
40	20060616	20:28	39.513	27.919	2.0	0.1	12.0	0.2	1.400	7.59	0.93	311	2
41	20060617	02:25	40.569	30.837	2.5	0.0	12.9	0.0	0.151	2.06	0.00	172	1
42	20060617	09:13	39.093	29.535	2.5	0.2	12.8	0.3	0.872	3.64	0.47	167	3
43	20060626	00:23	40.806	27.704	2.5	0.1	12.8	0.2	0.572	3.18	0.37	92	5
44	20060626	12:43	40.799	27.513	2.3	0.4	12.5	0.5	0.280	3.60	1.87	82	3
45	20060627	19:24	40.801	27.697	2.4	0.1	12.7	0.2	0.531	3.33	0.63	91	3
46	20060702	05:59	39.103	28.167	3.4	0.1	14.1	0.2	8.500	3.08	0.68	171	2
47	20060708	10:07	39.245	28.213	2.5	0.1	12.9	0.2	2.900	5.19	2.27	183	4
48	20060711	14:21	40.579	29.262	2.5	0.0	12.9	0.0	0.050	1.34	0.39	165	2
49	20060714	23:29	41.311	25.312	2.6	0.1	13.0	0.2	2.400	4.36	1.88	265	4
50	20060715	20:13	39.688	26.088	2.4	0.1	12.6	0.2	1.700	5.14	0.40	278	2
51	20060718	05:44	40.861	28.708	2.1	0.0	12.3	0.0	4.500	10.11	0.00	231	1
52	20060720	15:08	40.756	28.710	2.4	0.1	12.7	0.1	3.200	6.23	1.02	121	3
53	20060725	06:52	40.365	27.566	2.6	0.2	13.0	0.3	1.600	4.05	1.96	134	4
54	20060726	01:00	40.758	29.204	2.2	0.0	12.4	0.0	3.300	7.41	2.86	94	3
55	20060727	00:02	40.831	28.804	2.1	0.2	12.3	0.3	2.400	7.63	2.72	69	3
56	20060729	03:53	40.420	25.821	2.4	0.0	12.7	0.0	0.230	2.65	0.00	233	1
57	20060729	05:41	40.406	25.795	2.7	0.1	13.1	0.2	0.830	3.08	0.68	226	3
58	20060729	05:49	40.400	25.823	3.1	0.1	13.8	0.2	0.708	1.76	0.43	221	2
59	20060729	05:57	40.358	25.745	2.9	0.1	13.5	0.2	0.622	2.04	0.41	242	3
60	20060729	06:31	40.412	25.870	2.5	0.0	12.9	0.0	0.455	2.92	0.42	210	3
61	20060729	10:10	40.750	28.732	2.2	0.1	12.4	0.1	1.000	5.60	0.95	118	3
YYYY: Yıl, AA: Ay, GG: Gün, SS: Saat (UTC), DD (Dakika), K(°): Enlem, D(°): Boylam, M _w : moment büyüklüğü, ±sts: standart sapma, n: istasyon sayısı, f ₀ kesme frekansı, M ₀ : sismik moment (*10 ²⁰ dyne.cm), SD: gerilme düşümü.													

Tablo 5.1(Devam): Elde edilen kaynak parametreleri ve büyüklük değerleri

No	Tarih	Saat	Enlem (K°)	Boylam (D°)	M _w	M _w ±sts	M ₀	M ₀ ±sts	SD	f ₀	f ₀ ±sts	GAP	n
62	20060730	13:07	40.370	25.934	2.8	0.2	13.2	0.3	0.759	2.74	0.78	194	4
63	20060730	16:50	40.376	25.815	3.2	0.1	13.9	0.2	1.300	1.87	0.59	235	3
64	20060730	16:57	40.374	25.922	2.6	0.1	13.0	0.2	0.953	3.51	0.98	200	3
65	20060731	21:40	40.788	28.036	2.8	0.1	13.3	0.2	8.100	4.26	2.35	73	4
66	20060801	15:47	40.318	25.623	3.4	0.1	14.1	0.1	0.785	1.29	0.31	257	4
67	20060802	06:17	40.579	27.508	2.1	0.0	12.3	0.0	0.253	3.83	0.00	163	1
68	20060804	02:06	39.607	27.483	2.6	0.1	12.9	0.2	0.682	3.33	0.66	100	2
69	20060804	04:28	39.736	27.888	2.2	0.0	12.3	0.0	1.600	6.64	1.02	116	2
70	20060806	19:11	40.827	28.801	2.2	0.0	12.4	0.0	2.600	7.43	0.00	92	1
71	20060807	01:51	40.824	28.824	2.0	0.0	12.1	0.0	5.800	12.24	0.00	104	1
72	20060807	21:42	39.329	26.852	3.4	0.1	14.2	0.2	14.000	3.21	0.32	159	3
73	20060808	03:20	39.802	26.752	2.5	0.1	12.8	0.2	1.600	4.28	1.92	104	3
74	20060808	08:06	39.818	29.724	2.8	0.0	13.2	0.0	0.022	0.82	0.00	296	1
75	20060814	16:12	40.574	29.220	2.4	0.1	12.7	0.1	0.053	1.55	0.18	264	2
76	20060817	09:16	39.879	26.830	2.9	0.1	13.4	0.2	3.900	3.97	0.65	152	2
77	20060820	14:27	39.466	26.951	3.3	0.2	14.0	0.3	13.400	3.61	0.29	145	3
78	20060822	13:22	39.571	28.687	2.6	0.0	13.0	0.0	0.239	2.12	0.37	134	2
79	20060822	16:38	39.125	28.270	2.6	0.0	13.0	0.0	0.528	2.75	0.00	195	1
80	20060825	08:34	40.383	26.008	2.9	0.1	13.4	0.2	3.200	3.65	0.28	174	4
81	20060826	23:02	40.432	25.872	2.4	0.1	12.6	0.2	0.576	3.79	0.10	209	2
82	20060826	23:12	40.642	27.787	1.8	0.0	11.8	0.0	1.100	9.13	0.00	200	1
83	20060902	06:42	40.858	28.693	1.9	0.1	12.0	0.2	3.100	10.38	0.89	127	2
84	20060902	16:26	39.813	28.783	2.5	0.0	12.8	0.0	0.442	3.09	0.00	112	1
85	20060911	07:25	40.595	28.999	2.3	0.1	12.5	0.1	19.500	12.23	5.49	117	3
86	20060911	18:18	40.792	28.946	2.6	0.2	13.0	0.2	21.600	10.10	3.24	174	2
87	20060918	05:45	40.412	28.829	2.5	0.3	12.9	0.4	0.224	2.44	1.62	282	3
88	20060924	17:54	40.839	27.805	2.4	0.0	12.7	0.0	30.900	13.68	0.00	107	1
89	20060925	09:04	40.629	29.139	2.4	0.2	12.6	0.3	1.200	4.65	0.04	101	2
90	20060929	15:58	40.841	28.145	2.5	0.0	12.8	0.0	0.287	2.70	0.00	136	1
91	20060930	00:15	40.840	28.150	2.4	0.1	12.6	0.2	0.126	2.14	0.30	177	2
92	20060930	16:28	39.376	27.749	3.3	0.0	14.0	0.0	1.900	1.96	0.40	111	2
93	20060930	16:59	39.351	27.865	3.0	0.3	13.6	0.4	1.700	2.68	0.47	154	3
94	20060930	19:08	39.326	27.852	2.9	0.0	13.4	0.0	0.381	1.68	0.56	154	2
95	20060930	22:43	39.235	27.876	2.9	0.0	13.5	0.0	1.100	2.45	0.00	272	1
96	20061002	14:46	39.372	27.753	2.5	0.0	12.9	0.0	0.780	3.51	0.00	156	1
97	20061004	18:37	40.243	27.361	2.2	0.0	12.4	0.0	1.800	6.68	0.00	265	1
98	20061005	15:14	40.066	27.616	2.3	0.1	12.6	0.2	2.600	6.03	3.42	253	2
99	20061006	15:42	40.636	27.862	2.2	0.0	12.4	0.0	11.900	12.46	0.00	153	1
100	20061010	18:58	39.331	27.885	2.6	0.0	13.0	0.0	0.360	2.48	0.00	158	1
YYYY: Yıl, AA: Ay, GG: Gün, SS: Saat (UTC), DD (Dakika), K(°): Enlem, D(°): Boylam, M _w : moment büyüklüğü, ±sts: standart sapma, n: istasyon sayısı, f ₀ kesme frekansı, M ₀ : sismik moment (*10 ²⁰ dyne.cm), SD: gerilme düşümü.													

Tablo 5.1(Devam): Elde edilen kaynak parametreleri ve büyüklük değerleri

No	Tarih	Saat	Enlem (K°)	Boylam (D°)	M _w	M _w ±sts	M ₀	M ₀ ±sts	SD	f ₀	f ₀ ±sts	GAP	n
101	20061011	12:58	40.560	29.038	2.0	0.0	12.1	0.0	1.400	8.05	0.00	311	1
102	20061011	18:12	40.397	28.363	3.0	0.0	13.6	0.1	12.900	4.67	1.91	75	4
103	20061012	00:22	40.706	30.373	2.4	0.1	12.7	0.1	9.500	8.92	2.14	255	3
104	20061019	18:15	40.265	27.985	4.5	0.1	15.8	0.1	46.200	1.42	0.27	161	3
105	20061019	20:09	40.377	25.707	2.6	0.0	12.9	0.0	2.500	4.78	0.86	249	2
106	20061019	22:11	40.279	28.010	2.4	0.0	12.7	0.0	0.657	3.89	0.00	216	1
107	20061019	23:29	40.251	28.031	2.4	0.1	12.7	0.2	12.000	9.88	0.24	168	2
108	20061019	23:49	40.234	28.051	2.3	0.1	12.6	0.1	5.500	7.43	2.44	170	3
109	20061020	00:57	40.596	28.985	2.0	0.1	12.0	0.2	1.500	7.81	1.42	135	3
110	20061020	01:40	40.312	28.032	2.2	0.1	12.3	0.2	2.400	6.81	2.35	160	4
111	20061020	07:30	40.254	27.981	3.1	0.0	13.7	0.0	2.200	2.69	0.00	144	1
112	20061020	07:30	40.254	27.981	3.1	0.0	13.7	0.0	2.200	2.69	0.00	144	1
113	20061020	10:07	40.284	27.994	2.1	0.1	12.2	0.1	6.800	11.17	1.71	209	2
114	20061020	11:18	40.290	28.007	2.7	0.1	13.1	0.1	7.000	5.92	0.62	164	3
115	20061022	06:49	40.229	28.019	2.3	0.0	12.5	0.0	1.100	5.30	0.00	170	1
116	20061023	08:55	40.334	28.032	2.3	0.0	12.5	0.0	1.700	6.19	0.10	169	2
117	20061023	14:00	40.411	29.003	4.7	0.2	16.2	0.3	5.300	0.54	0.17	58	2
118	20061023	14:52	40.441	29.019	2.6	0.0	13.0	0.0	0.660	3.03	0.47	129	2
119	20061023	16:06	40.842	27.758	2.7	0.1	13.1	0.1	1.600	3.42	1.06	96	5
120	20061023	18:00	40.445	29.004	2.3	0.1	12.5	0.2	3.200	6.54	1.58	156	3
121	20061023	22:07	40.436	29.066	1.7	0.1	11.7	0.1	0.165	5.23	0.08	330	2
122	20061023	22:10	40.497	29.048	2.2	0.0	12.3	0.1	0.779	4.81	1.40	205	2
123	20061024	00:06	40.467	29.015	1.6	0.0	11.5	0.1	0.385	7.74	0.39	326	2
124	20061024	00:56	40.420	29.011	3.3	0.1	14.1	0.2	1.000	1.53	0.42	132	3
125	20061024	01:01	40.414	29.036	2.1	0.0	12.3	0.1	0.611	4.59	1.63	273	3
126	20061024	03:37	40.438	28.983	1.9	0.1	11.9	0.1	1.600	8.98	2.37	173	3
127	20061024	03:41	40.452	29.008	2.2	0.1	12.4	0.2	7.700	10.21	3.37	166	3
128	20061024	11:56	40.433	29.015	3.2	0.1	13.9	0.2	5.800	2.95	1.00	130	4
129	20061024	20:17	40.465	29.011	2.0	0.0	12.0	0.1	0.582	5.91	0.56	176	2
130	20061027	01:07	40.604	27.684	2.1	0.2	12.3	0.4	3.600	7.58	1.07	125	2
131	20061027	01:21	39.785	29.615	3.3	0.2	14.0	0.4	0.779	1.38	0.13	173	2
132	20061027	11:36	40.634	29.194	2.5	0.1	12.8	0.2	0.353	2.91	0.09	131	2
133	20061027	12:01	40.645	29.198	2.6	0.1	12.9	0.1	1.700	3.91	1.47	74	3
134	20061027	15:26	40.111	27.645	2.8	0.0	13.3	0.0	15.200	7.04	0.00	220	1
135	20061027	15:28	40.655	29.236	3.1	0.1	13.7	0.2	4.900	3.43	0.51	77	3
136	20061027	16:53	40.654	29.231	2.1	0.0	12.2	0.0	2.800	8.07	2.16	181	2
137	20061027	20:35	40.642	29.226	2.3	0.1	12.6	0.2	4.000	6.87	3.42	122	3
138	20061102	00:20	40.428	28.995	2.7	0.1	13.1	0.2	2.900	4.55	1.38	130	3
139	20061108	11:20	40.865	28.697	1.9	0.0	12.0	0.0	3.700	11.38	2.43	255	2
YYYY: Yıl, AA: Ay, GG: Gün, SS: Saat (UTC), DD (Dakika), K(°): Enlem, D(°): Boylam, M _w : moment büyüklüğü, ±sts: standart sapma, n: istasyon sayısı, f ₀ kesme frekansı, M ₀ : sismik moment (*10 ²⁰ dyne.cm), SD: gerilme düşümü.													

Tablo 5.1(Devam): Elde edilen kaynak parametreleri ve büyüklük değerleri

No	Tarih	Saat	Enlem (K°)	Boylam (D°)	M _w	M _w ±sts	M ₀	M ₀ ±sts	SD	f ₀	f ₀ ±sts	GAP	n
140	20061111	10:12	40.563	29.239	2.3	0.2	12.6	0.3	0.056	1.90	0.43	251	2
141	20061115	06:17	40.442	29.004	2.3	0.2	12.6	0.2	0.834	4.22	0.33	158	3
142	20061115	16:08	40.645	29.206	2.2	0.1	12.4	0.1	2.400	6.83	2.59	162	3
143	20061115	23:49	40.735	29.039	2.1	0.1	12.2	0.2	1.700	7.36	0.51	105	3
144	20061115	23:51	40.732	29.051	2.2	0.1	12.4	0.1	1.200	5.52	1.01	118	3
145	20061116	01:44	40.387	28.995	2.1	0.0	12.2	0.0	1.100	6.31	0.00	159	1
146	20061119	01:36	40.759	27.389	2.2	0.0	12.4	0.0	0.271	3.48	0.00	148	1
147	20061119	09:57	40.426	31.147	2.8	0.1	13.3	0.2	1.700	3.15	0.07	242	2
148	20061121	01:30	40.833	27.782	2.5	0.2	12.8	0.3	2.000	4.69	1.14	103	5
149	20061125	04:04	40.378	28.897	2.3	0.0	12.6	0.0	3.800	7.39	0.05	160	2
150	20061128	06:23	39.044	27.726	3.2	0.1	13.9	0.1	1.300	1.86	0.55	108	3
151	20061201	05:24	40.332	27.423	2.5	0.2	12.8	0.3	4.400	6.56	2.62	135	3
152	20061203	22:32	39.206	25.928	2.8	0.0	13.3	0.0	1.300	3.03	0.41	233	2
153	20061204	09:38	40.812	28.075	2.8	0.2	13.2	0.4	0.900	2.96	1.01	86	4
154	20061204	10:29	40.842	28.064	2.4	0.0	12.7	0.0	0.176	2.46	0.00	187	1
155	20061204	10:47	40.829	28.061	2.6	0.2	13.0	0.3	0.174	1.90	0.47	85	3
156	20061206	22:22	40.265	28.011	2.6	0.1	12.9	0.2	1.600	4.03	1.46	69	5
157	20061207	08:58	40.445	29.223	3.2	0.2	13.8	0.2	0.017	0.42	0.05	117	2
158	20061215	01:44	39.393	25.965	2.8	0.1	13.3	0.1	1.300	2.89	0.65	232	2
159	20061216	08:19	39.392	28.101	2.1	0.0	12.2	0.0	0.356	4.65	0.00	168	1
160	20061218	03:01	39.383	27.134	2.3	0.3	12.6	0.4	2.500	6.93	2.47	198	2
161	20061218	19:15	40.386	28.340	3.6	0.1	14.5	0.1	107.700	5.05	1.78	55	3
162	20061224	10:10	40.282	25.734	2.6	0.0	13.0	0.1	1.500	3.67	0.80	251	3
163	20061224	13:57	40.302	26.044	3.0	0.2	13.5	0.2	3.100	2.83	1.12	215	4
164	20061224	19:50	39.274	27.885	2.5	0.0	12.8	0.0	1.700	4.36	1.56	184	2
165	20061227	04:57	40.352	25.858	2.6	0.1	13.0	0.1	1.000	3.44	0.62	238	3
166	20061227	05:01	40.350	25.905	2.4	0.2	12.7	0.3	2.100	5.78	1.25	238	2
167	20070107	22:19	40.811	30.402	3.0	0.0	13.7	0.0	410.200	13.08	6.91	124	2
168	20070107	23:25	39.483	26.104	2.9	0.0	13.4	0.0	16.000	6.36	1.08	248	2
169	20070108	05:43	41.724	25.267	2.9	0.0	13.5	0.0	9.900	4.95	1.31	323	2
170	20070111	04:16	40.577	28.975	2.3	0.0	12.5	0.0	8.200	10.52	0.00	131	1
171	20070111	18:22	40.393	28.457	2.3	0.2	12.5	0.3	17.000	11.69	3.97	178	3
172	20070111	20:04	40.612	29.039	2.8	0.1	13.3	0.1	11.700	6.09	1.45	182	2
173	20070113	17:12	40.615	27.264	2.2	0.0	12.3	0.1	0.070	2.34	0.45	118	3
174	20070114	15:36	39.393	27.982	2.8	0.0	13.3	0.0	3.000	4.03	0.00	143	1
175	20070114	16:35	40.809	27.462	3.5	0.1	14.3	0.2	56.400	3.33	2.09	105	5
176	20070201	12:16	40.260	27.183	2.6	0.3	13.0	0.4	2.000	4.78	2.43	180	2
177	20070205	11:43	40.771	27.403	3.1	0.1	13.7	0.2	6.800	3.76	0.96	93	11
178	20070206	11:00	40.452	29.038	2.0	0.1	12.0	0.1	0.293	4.79	0.10	262	3
YYYY: Yıl, AA: Ay, GG: Gün, SS: Saat (UTC), DD (Dakika), K(°): Enlem, D(°): Boylam, M _w : moment büyüklüğü, ±sts: standart sapma, n: istasyon sayısı, f ₀ kesme frekansı, M ₀ : sismik moment (*10 ²⁰ dyne.cm), SD: gerilme düşümü.													

Tablo 5.1(Devam): Elde edilen kaynak parametreleri ve büyüklük değerleri

No	Tarih	Saat	Enlem (K°)	Boylam (D°)	M _w	M _w ±sts	M ₀	M ₀ ±sts	SD	f ₀	f ₀ ±sts	GAP	n
179	20070208	13:18	40.862	28.760	2.0	0.0	12.1	0.0	4.400	10.65	2.30	134	2
180	20070214	19:19	40.417	28.761	2.0	0.0	12.1	0.1	2.900	9.08	3.24	195	3
181	20070216	01:12	40.447	27.615	2.5	0.1	12.8	0.1	3.600	5.60	1.46	76	3
182	20070216	16:13	40.468	27.926	2.3	0.0	12.5	0.0	1.600	5.86	0.00	159	1
183	20070221	15:53	40.551	28.174	2.4	0.1	12.7	0.1	0.643	3.82	0.80	96	2
184	20070223	18:49	39.443	26.182	2.8	0.2	13.3	0.3	3.100	4.00	1.19	196	4
185	20070228	00:53	39.428	28.221	2.5	0.0	12.9	0.0	0.444	2.95	0.00	150	1
186	20070306	14:28	40.271	29.361	2.4	0.0	12.7	0.1	0.099	1.86	0.45	181	2
187	20070307	00:59	40.713	30.296	2.4	0.1	12.6	0.1	1.500	5.31	0.02	297	2
188	20070308	15:16	40.535	29.251	2.4	0.2	12.7	0.4	0.052	1.69	0.72	139	3
189	20070310	08:38	39.158	27.992	2.8	0.1	13.2	0.1	3.800	4.53	0.73	157	2
190	20070312	04:47	39.380	25.633	3.2	0.2	13.8	0.3	7.700	3.71	0.72	265	3
191	20070316	00:22	40.710	29.742	2.1	0.0	12.3	0.1	9.500	12.24	3.25	236	3
192	20070319	01:32	39.200	28.251	2.7	0.6	13.1	1.0	0.765	3.92	2.68	172	3
193	20070319	12:05	40.504	27.412	2.3	0.2	12.5	0.3	2.400	7.02	2.50	127	3
194	20070320	09:05	39.303	27.831	2.6	0.0	13.0	0.0	2.100	4.54	0.00	154	1
195	20070323	05:08	40.364	26.028	2.1	0.1	12.2	0.1	0.406	4.68	0.27	165	2
196	20070323	20:22	40.147	25.072	2.3	0.0	12.5	0.0	0.591	4.20	0.41	306	2
197	20070328	23:18	40.753	29.161	2.1	0.3	12.2	0.4	1.200	6.64	2.94	140	3
198	20070404	14:18	39.401	27.955	2.2	0.3	12.3	0.4	0.017	1.50	0.37	141	4
199	20070404	17:34	40.251	27.164	2.6	0.1	12.9	0.1	8.600	7.42	2.16	99	5
200	20070407	08:58	39.351	26.996	1.9	0.1	12.0	0.1	0.015	1.79	0.19	191	4
201	20070412	17:20	40.613	27.322	2.5	0.1	12.8	0.1	4.100	5.99	2.14	208	4
202	20070414	00:52	40.650	28.356	2.4	0.0	12.6	0.1	4.500	6.67	2.80	121	5
203	20070418	10:15	39.700	24.290	4.2	0.1	15.4	0.2	10.300	1.18	0.42	292	2
204	20070421	01:27	40.365	28.537	1.8	0.0	11.7	0.1	2.200	11.16	2.02	168	3
205	20070422	04:45	39.811	28.708	2.4	0.4	12.8	0.5	0.613	3.92	1.95	91	3
206	20070422	23:20	40.652	29.041	1.6	0.1	11.5	0.2	3.500	16.31	4.89	208	3
207	20070424	01:04	39.365	27.844	2.6	0.1	12.9	0.1	1.200	3.57	1.32	149	5
208	20070424	04:14	40.129	27.734	2.0	0.1	12.0	0.2	2.200	9.01	3.80	203	2
209	20070429	14:58	40.563	29.221	2.5	0.0	12.9	0.0	0.155	1.90	0.38	99	2
210	20070504	00:42	39.920	27.496	2.9	0.1	13.4	0.2	9.200	4.47	2.37	136	4
211	20070506	07:27	40.347	29.661	2.7	0.3	13.1	0.4	13.900	5.56	3.06	130	3
212	20070507	04:30	40.807	27.505	3.1	0.1	13.7	0.1	360.700	12.75	4.17	97	5
213	20070508	23:05	39.532	25.936	2.5	0.1	12.9	0.1	24.600	10.05	4.46	312	2
214	20070509	12:01	40.658	29.011	2.3	0.0	12.5	0.0	1.500	4.97	2.12	214	2
215	20070511	13:38	39.476	25.746	3.3	0.0	14.0	0.0	36.600	5.40	0.87	257	3
216	20070513	20:50	40.860	27.562	2.4	0.0	12.7	0.0	106.000	19.99	0.00	102	1
217	20070515	19:58	40.347	27.086	2.8	0.2	13.3	0.2	22.500	7.79	0.82	83	4
YYYY: Yıl, AA: Ay, GG: Gün, SS: Saat (UTC), DD (Dakika), K(°): Enlem, D(°): Boylam, M _w : moment büyüklüğü, ±sts: standart sapma, n: istasyon sayısı, f ₀ kesme frekansı, M ₀ : sismik moment (*10 ²⁰ dyne.cm), SD: gerilme düşümü.													

Tablo 5.1(Devam): Elde edilen kaynak parametreleri ve büyüklük değerleri

No	Tarih	Saat	Enlem (K°)	Boylam (D°)	M _w	M _w ±sts	M ₀	M ₀ ±sts	SD	f ₀	f ₀ ±sts	GAP	n
218	20070515	21:53	40.591	27.270	2.3	0.2	12.5	0.3	13.300	9.01	4.45	88	3
219	20070516	00:08	40.375	27.096	2.3	0.1	12.5	0.2	5.000	8.44	1.98	87	4
220	20070516	15:11	39.618	29.081	2.6	0.0	13.0	0.0	26.400	7.82	4.80	147	2
221	20070517	01:30	40.433	28.995	2.4	0.2	12.6	0.2	41.200	13.05	4.92	80	3
222	20070518	09:53	40.417	27.938	2.7	0.2	13.1	0.2	214.800	14.99	3.62	95	3
223	20070519	08:49	39.581	27.031	1.8	0.3	11.8	0.5	0.041	3.15	0.98	115	2
224	20070521	04:01	39.631	27.026	2.9	0.2	13.4	0.2	49.000	8.88	1.84	159	4
225	20070521	19:15	40.771	27.391	2.2	0.3	12.4	0.5	7.900	7.91	1.32	163	2
226	20070522	20:07	39.546	25.957	2.5	0.0	12.9	0.0	12.700	8.81	0.00	307	1
227	20070523	15:58	40.957	27.486	2.4	0.0	12.6	0.1	1.600	5.01	1.90	90	2
228	20070526	19:43	40.758	27.326	3.1	0.3	13.7	0.4	87.800	6.36	4.21	61	6
229	20070527	22:47	40.764	29.153	2.6	0.2	13.0	0.4	35.900	10.71	3.37	136	4
230	20070801	19:03	40.752	30.081	3.5	0.1	14.4	0.1	227.800	6.00	2.67	158	7
231	20071227	21:14	39.421	25.557	4.4	0.2	15.7	0.3	647.600	3.97	1.48	269	8
232	20080105	05:10	38.620	26.967	4.0	0.1	15.0	0.1	113.500	3.20	1.22	179	3
233	20080107	18:26	39.441	33.080	4.0	0.0	15.1	0.0	7.400	1.32	0.25	79	2
234	20080110	03:02	39.391	33.120	3.7	0.1	14.7	0.2	7.100	1.91	0.36	75	2
235	20080112	15:06	38.832	25.915	4.7	0.1	16.1	0.2	69.800	1.36	0.12	248	2
236	20080115	07:44	38.834	25.904	4.2	0.1	15.4	0.1	23.000	1.55	0.00	224	2
237	20080120	05:25	38.737	31.140	3.3	0.1	14.1	0.2	155.100	6.94	2.04	119	3
238	20080312	18:53	40.633	29.022	4.2	0.2	15.4	0.3	255.000	3.41	2.03	105	9
239	20080315	10:15	39.485	33.078	4.9	0.1	16.5	0.1	53.700	0.85	0.10	196	2
240	20080315	11:52	39.049	27.878	3.9	0.1	14.9	0.1	87.500	3.48	0.81	91	2
241	20080601	03:35	40.178	26.917	3.9	0.0	15.0	0.0	55.600	2.85	0.60	56	2
242	20080616	15:49	39.491	28.665	3.8	0.1	14.8	0.2	57.600	2.82	1.21	218	7
243	20080629	08:28	40.406	28.985	3.5	0.1	14.3	0.2	46.100	4.24	1.77	113	10
244	20080911	23:12	39.724	26.074	3.6	0.2	14.5	0.2	31.800	3.47	1.25	251	6
245	20080930	07:29	38.971	29.830	4.6	0.2	16.0	0.3	1.500	0.37	0.09	48	4
246	20080930	07:30	38.977	29.870	4.5	0.1	15.9	0.2	3.800	0.57	0.22	59	3
247	20081001	03:53	37.006	29.113	3.8	0.0	14.8	0.0	0.332	0.61	0.09	74	2
248	20081005	06:04	40.626	29.041	3.6	0.1	14.5	0.2	10.700	2.12	0.92	39	11
249	20081112	11:57	40.747	32.035	3.8	0.1	14.7	0.1	0.973	0.88	0.07	255	2
250	20081112	14:25	40.838	32.068	3.7	0.2	14.6	0.3	2.900	1.32	0.27	195	5
251	20081124	11:34	36.686	28.110	3.3	0.9	14.0	1.3	15.900	2.12	1.29	189	6
252	20081224	05:54	37.912	29.111	4.6	0.0	16.0	0.0	0.484	0.28	0.00	69	1
253	20081227	20:09	40.157	23.822	4.4	0.0	15.7	0.0	2.600	0.59	0.00	274	1
254	20081228	22:58	40.390	25.790	4.7	0.2	16.2	0.2	22.900	0.86	0.18	228	9
255	20090111	01:51	40.441	32.277	3.9	0.2	14.9	0.3	14.800	1.73	1.07	219	4
256	20090118	19:39	38.791	31.392	3.7	0.3	14.7	0.5	32.900	2.77	0.75	79	3
YYYY: Yıl, AA: Ay, GG: Gün, SS: Saat (UTC), DD (Dakika), K(°): Enlem, D(°): Boylam, M _w : moment büyüklüğü, ±sts: standart sapma, n: istasyon sayısı, f ₀ kesme frekansı, M ₀ : sismik moment (*10 ²⁰ dyne.cm), SD: gerilme düşümü.													

Tablo 5.1(Devam): Elde edilen kaynak parametreleri ve büyüklük değerleri

No	Tarih	Saat	Enlem (K°)	Boylam (D°)	M _w	M _w ±sts	M ₀	M ₀ ±sts	SD	f ₀	f ₀ ±sts	GAP	n
257	20090124	15:58	40.793	27.776	3.9	0.2	14.9	0.2	105.500	3.04	0.94	48	10
258	20090125	03:26	40.797	27.764	3.3	0.1	14.0	0.1	79.400	6.50	2.10	50	5
259	20090209	08:23	40.289	32.196	3.5	0.2	14.4	0.2	6.000	1.89	0.35	277	2
260	20090217	05:28	39.103	29.035	5.0	0.3	16.6	0.5	208.200	1.33	0.51	104	6
261	20090311	20:15	39.353	32.471	3.1	0.2	13.8	0.3	2.500	2.36	0.04	106	2
262	20090318	16:33	40.836	27.732	3.5	0.1	14.3	0.2	14.700	2.57	1.25	50	5
263	20090329	21:19	38.752	30.332	3.2	0.2	13.9	0.3	113.100	6.51	2.41	89	4
264	20090401	18:08	40.835	31.053	3.7	0.2	14.7	0.3	61.800	3.21	1.00	234	7
265	20090426	19:03	40.748	27.544	3.8	0.2	14.8	0.3	408.000	5.58	2.97	62	18
266	20090506	23:46	39.258	27.937	4.0	0.1	15.1	0.2	25.900	1.83	0.55	152	16
267	20090627	20:55	41.647	24.940	3.1	0.1	13.7	0.2	88.000	8.44	1.00	304	4
268	20090731	16:42	40.382	28.277	3.7	0.2	14.6	0.3	266.600	6.13	2.31	43	23
269	20090807	13:52	40.323	27.416	4.1	0.2	15.2	0.3	558.200	5.61	2.18	124	15
270	20090825	05:34	40.716	27.542	2.9	0.2	13.4	0.3	91.900	9.01	5.54	43	9
271	20090914	09:23	38.996	29.034	3.9	0.2	15.0	0.3	331.600	4.93	2.52	230	6
YYYY: Yıl, AA: Ay, GG: Gün, SS: Saat (UTC), DD (Dakika), K(°): Enlem, D(°): Boylam, M _w : moment büyüklüğü, ±sts: standart sapma, n: istasyon sayısı, f ₀ kesme frekansı, M ₀ : sismik moment (*10 ²⁰ dyne.cm), SD: gerilme düşümü.													

5.1. Kullanıcı Denetimli ve Otomatik Çözümlerin Karşılaştırılması

Kullanıcı denetiminde ve otomatik olarak hesaplanan kaynak parametreleri ve büyüklük değerlerinin uyumunu irdelemek amacı ile çeşitli deprem örnekleri üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Bu doğrultuda 12 Mart 2008, 18:53, M_w=4.2, Çınarcık-Yalova Depremi için elde edilen sonuçlar EK-D’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

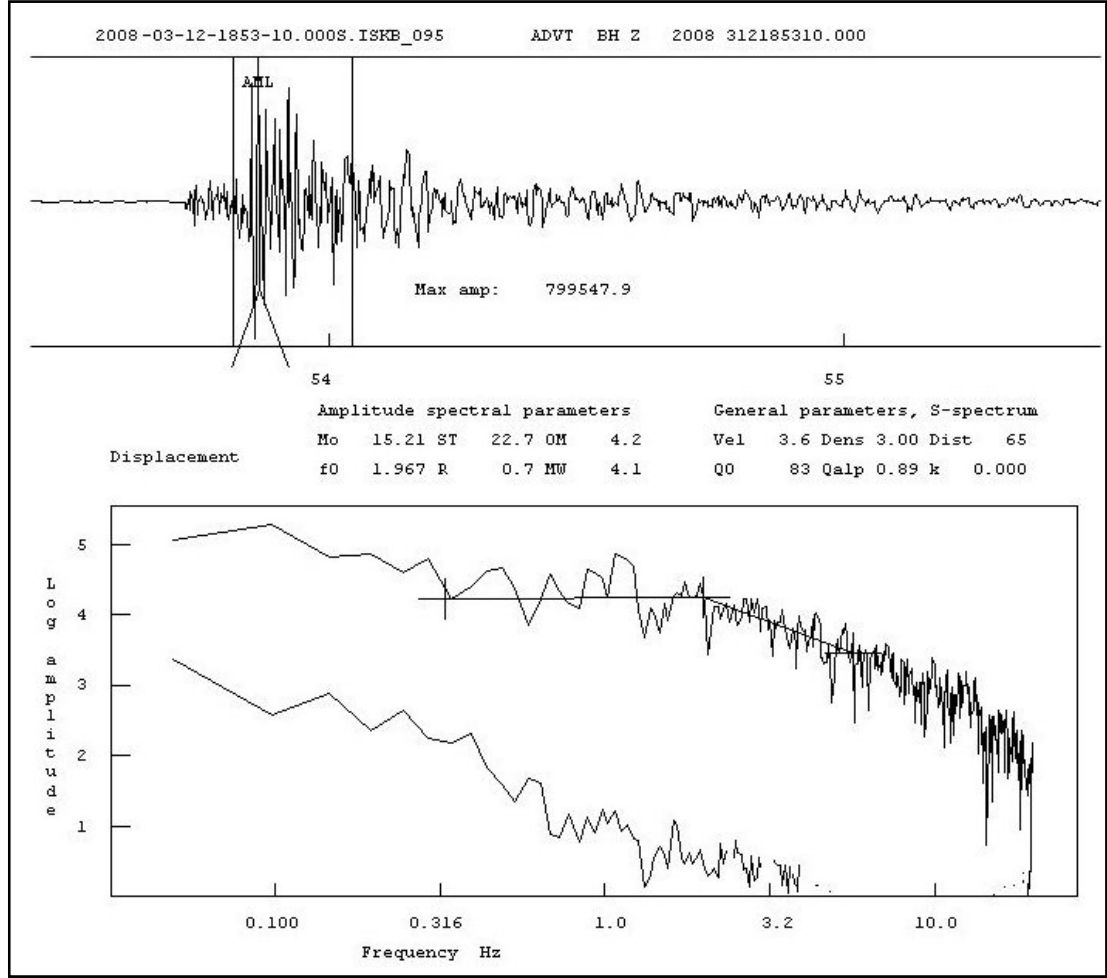
İlgili bulgular iki ana başlık altında yer almaktadır; ilk kısımda kullanıcı tarafından oluşturulan değerler, ikinci kısımda ise otomatik olarak elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Yapılan karşılaştırmalarda her iki yöntem için de eşit koşullar oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu çerçevede her iki yöntem için aynı istasyonların (12 adet) düşey bileşenlerinden elde edilen S-spektrumları kullanılmıştır. Ayrıca geometrik yayılım ve soğurulma gibi yayılım özellikleri için her iki yöntemle yapılan hesaplamalar için de aynı parametre değerleri tanımlanmıştır.

5.1.1. Kullanıcı denetimli (Manual) hesaplanan kaynak parametreleri

12 Mart 2008, 18:53, $M_w=4.2$, Çınarcık-Yalova Depremi için kullanıcı denetiminde çözümü yapılan 12 istasyona ait kaynak parametreleri Tablo 5.2’de verilmektedir. Çözüme örnek olarak ADVT istasyonundan elde edilen sonuçlar Şekil 5.1’de sunulmuştur. Aynı deprem için çözümü yapılan diğer 11 istasyona ilişkin bilgiler konu bütünlüğü açısından EK-D’de verilmiştir.

Tablo 5.2: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova, $M_w=4.2$ depreminin kullanıcı denetiminde çözümlenmesi ile elde edilen sonuçlar

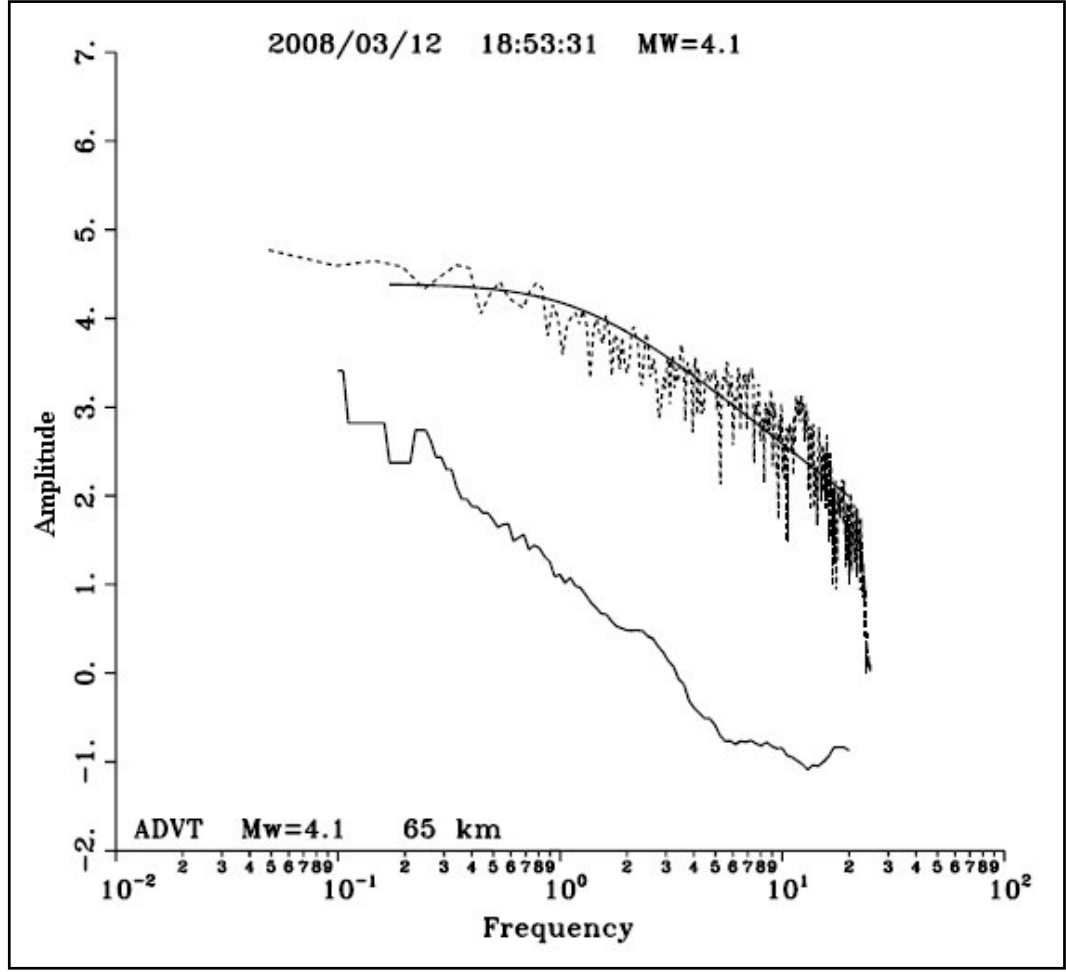
Kısaltma	MO	ST	OM	FO	R	M_w	Uzaklık
GEMT	15.38	12.8	4.8	1.423	0.9	4.2	27
ISK	15.05	13.6	4.2	1.863	0.7	4.0	49
ADVT	15.21	22.7	4.2	1.967	0.7	4.1	65
BGKT	15.02	296.8	3.3	1.983	0.2	4.0	65
KLYT	15.27	103.3	4.3	3.117	0.4	4.1	70
SILT	15.22	78.9	4.2	2.954	0.5	4.1	79
CTKS	15.26	27.9	3.5	3.47	0.7	4.1	80
CAVI	15.71	7.3	3.9	1.572	1.5	4.4	84
CTYL	15.50	170.3	4.3	3.075	0.4	4.3	112
CRLT	15.56	30.1	4.3	1.65	0.8	4.3	122
GULT	15.57	178.4	4.4	2.949	0.5	4.3	129
KULA	15.09	99.9	3.7	3.517	0.4	4.0	236
MO Sismik moment ST Gerilme düşümü OM Spektrum seviyesinin logaritması FO Kesme frekansı R Kaynak yarıçapı M_w Moment büyüklüğü							



Şekil 5.1: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova, $M_w=4.2$ depremi ADVT istasyon kaydının kullanıcı denetiminde çözülmesi.

5.1.2. Bilgisayar kontrolünde (Otomatik) hesaplanan kaynak parametreleri

12 Mart 2008, 18:53, $M_w=4.2$, Çınarcık-Yalova Depremi için otomatik olarak çözümü yapılan 12 istasyona ait kaynak parametreleri Tablo 5.3’de verilmektedir. Çözüme örnek olarak ADVT istasyonundan elde edilen sonuçlar Şekil 5.2’de yer almaktadır. Aynı deprem için çözümü yapılan diğer 11 istasyona ilişkin bilgiler konu bütünlüğü açısından EK-D’de sunulmuştur.



Şekil 5.2: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova, $M_w=4.2$ depremi ADVT istasyon kaydının otomatik olarak çözülmesi.

Tablo 5.3: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova, $M_w=4.2$ depreminin otomatik olarak çözülmesi ile elde edilen sonuçlar.

Kısaltma	MO	ST	OM	FO	R	Mw	Uzaklık
GEMT	15.40	12.8	4.8	1.42	0.9	4.2	26
ISK	15.10	27.2	4.3	2.11	0.5	4.0	49
ADVT	15.20	22.7	4.2	1.97	0.6	4.1	65
BGKT	15.10	27.2	4.3	2.111	0.5	4.0	65
KLYT	15.00	0.6	3.9	0.62	1.97	4.0	70
SILT	15.30	35.1	4.3	1.97	0.6	4.1	79
CTKS	14.70	0.8	3.5	0.94	1.38	3.7	80
CAVI	15.70	7.3	3.9	1.57	1.4	4.4	84
CTYL	15.50	170.0	4.3	3.08	1.79	4.3	113
CRLT	15.70	28.0	4.6	1.3	0.9	4.4	122
GULT	15.60	178.4	4.4	2.95	0.4	4.3	129
KULA	15.10	245.4	4.1	4.26	0.28	4.0	236

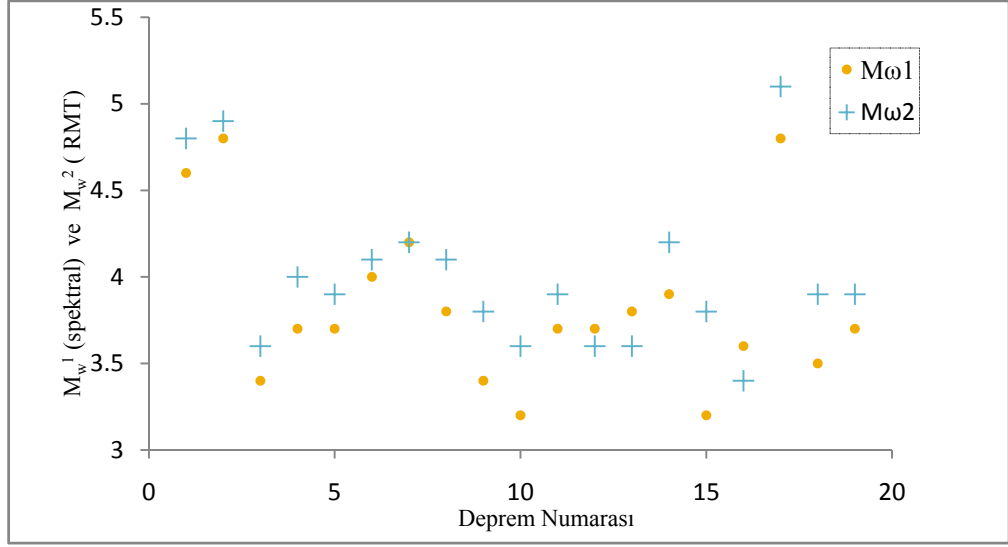
5.2. Spektral ve RMT-CMT Çözümlerinin Karşılaştırılması

İkinci bir karşılaştırma yöntemi olarak Yılmaz (2009) tarafından doktora tezi kapsamında RMT ile hesaplanan M_w değerleri kullanılmıştır. Tablo 5.4’de karşılaştırılan depremler listesi ve elde edilen büyüklük değerleri yer alırken; Şekil 5.3’de bu değerler grafik üzerinde gösterilmiştir.

Çalışma dönemini kapsayan 2006-2009 yılları içerisinde 24 Ekim 2006 $M_{CMT}^w = 5.0$, Gemlik Körfezi Depremi dışında Marmara Bölgesi’nde büyük bir deprem ($M \geq 5.0$) meydana gelmediğinden kullanılan yöntemin diğer depremler üzerinden Harvard CMT çözümleri ile karşılaştırılabilmesi mümkün olmamıştır (Tablo 5.4).

Tablo 5.4: Spektral çözümlerin RMT ve CMT sonuçları ile karşılaştırılması.

No	YYYYAAAGG	SSDD	K(°)	D(°)	h(km)	$M_w \pm ss$	M_w^2	M_w^3	n	$\Delta M(1-2)$	$\Delta M(1-3)$
1	20061020	1815	40.266	27.985	7.5	4.6±0.1	4.8		4	-0.2	
2	20061024	1400	40.414	29.006	11.3	4.8±0.1	4.9	5.0	2	-0.1	-0.2
3	20061025	1156	40.434	29.016	2.6	3.4±0.1	3.6		4	-0.2	
4	20061219	1915	40.393	28.332	1.0	3.7±0.1	4.0		5	-0.3	
5	20070929	2235	39.765	27.762	8.0	3.7±0.1	3.9		15	-0.2	
6	20071025	502	39.303	27.718	8.0	4.0±0.1	4.1		6	-0.1	
7	20080312	1853	40.626	29.017	9.8	4.2±0.2	4.2		15	0.0	
8	20080616	1549	39.492	28.664	3.0	3.8±0.2	4.1		7	-0.3	
9	20080629	0828	40.406	29.985	3.4	3.4±0.1	3.8		10	-0.4	
10	20080714	1602	40.767	27.362	16.5	3.2±0.1	3.6		7	-0.4	
11	20081005	0604	40.626	29.040	6.9	3.7±0.1	3.9		10	-0.2	
12	20081022	0100	40.742	29.184	4.4	3.7±0.1	3.6		8	0.1	
13	20081112	1425	40.840	32.070	10.0	3.8±0.1	3.6		5	0.2	
14	20090124	1558	40.793	27.776	13.2	3.9±0.2	4.2		10	-0.3	
15	20090125	0326	40.797	27.764	16.4	3.2±0.1	3.8		5	-0.6	
16	20090209	0823	40.289	32.196	8.0	3.6±0.2	3.4		2	0.2	
17	20090217	0528	39.103	29.103	6.0	4.8±0.1	5.1		3	-0.3	
18	20090318	1633	40.836	27.732	19.1	3.5±0.1	3.9		5	-0.4	
19	20090401	1808	40.832	31.052	1.1	3.7±0.2	3.9		7	-0.2	
YYYY: Yıl, AA: Ay, GG: Gün, SS: Saat (UTC), DD (Dakika), K(°): Enlem, D(°): Boylam, h: derinlik (km), $M_w \pm ss$: Çalışma kapsamında hesaplanan M_w ve standart sapma değeri, M_w^2 : RMT ile çözümlenmiş referans deprem, M_w^3 : Harvard CMT ile çözümlenmiş referans deprem, n: Spektrum hesaplamada kullanılan istasyon sayısı, $\Delta M(1-2)$: Spektral ve RMT çözümleri arasındaki fark, $\Delta M(1-3)$: Spektral ve CMT çözümleri arasındaki fark.											



Şekil 5.3: Tablo 5.4 ile verilen M_w^1 spektral ve M_w^2 RMT çözümlerinin karşılaştırılması. Yatay eksen referans deprem numarası, düşey eksen ise M_w^1 ve M_w^2 değerlerini ifade etmektedir.

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çalışmada Marmara Bölgesi içerisinde 2006-2009 yılları arasında meydana gelen depremler için yer değiştirme spektrumlarından yararlanılarak M_w tayini yapılmıştır. Bu doğrultuda 39 adet geniş bantlı sismograf sistemleri tarafından kaydedilen 271 adet deprem veri seti kullanılmıştır. Depremler $39.0-42.0^\circ K$ ve $26.0-32.0^\circ D$ koordinatları aralığında yer almakta olup büyüklükleri $1.6 \leq M_w \leq 5.0$ arasında değişmektedir.

Yapılan çalışmada Havskov ve Ottemöller (2003) tarafından geliştirilen SEISAN paket programı kullanılmıştır. Kullanılan yazılım kaynak parametrelerinin grafik olarak görüntülenmesini sadece Linux/Unix işletim sisteminde desteklemektedir. Bu nedenle yapılan çalışma kapsamında programın çıkış dosyalarını Windows ortamında otomatik olarak üretmek ve görselleştirmek üzere alt rutinler (ISKGSE, ISKSEI, XYLOGLIN) geliştirilmiştir.

Moment büyüklüğünün yanı sıra depremlerin oluş zamanı, dış merkezi, M_0 , f_0 , ve gerilme düşümü olmak üzere kaynak parametreleri de standart sapmaları ile birlikte hesaplanmıştır (Tablo 5.1). Bu doğrultuda M_0 , f_0 , ve M_w değerleri her bir istasyon için aritmetik ortalamaları standart sapmaları ile birlikte ayrı ayrı belirlenmiştir. İstasyonların her birinde hesaplanan bu değerlerin diğer istasyonlarda hesaplanan değerlerle genel olarak uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan istasyonlar arasında, sinyal kalitesi iyi olmasına ($S/N \geq 2.5$) karşın, bazı depremlerde EDRB istasyonunda hesaplanan değerler diğer istasyonlarla uyumsuzluk göstermektedir. Böylesi durumlarda EDRB istasyonu değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Büyüklük hesaplamalarında spektrumu alınan istasyonların sayısı depremin büyüklüğü, depremin merkezine olan uzaklığı ve veri kalitesine bağlı olarak 1 ile 23 arasında değişmektedir (Tablo 5.1). Bu sayıya etki eden bir diğer neden ise 2008 yılı öncesinde bölgede yer alan geniş bantlı istasyon sayısının son derece sınırlı olmasıdır. İstasyon sayısındaki artışa paralel olarak depremi kaydeden istasyon sayısında 2008

ve 2009 yılları için bir artış söz konusudur. Bu artış, depremi kaydeden istasyonların sadece sayı olarak değil; aynı zamanda spektrumlarının da istenilen kriterlere ($S/N \geq 2.5$ olacak şekilde) daha uygun olarak alınmalarına olanak sağlamıştır. Bu nedenlerle özellikle 2006 yılı için yapılan hesaplamalarda veri işleme giren istasyon sayısı çoğu zaman bir istasyon ile sınırlı kalırken; özellikle 2008 ve sonrası için bu sayı önemli ölçüde artış göstermiştir.

Ön koşul olarak tanımlanan sinyal/gürültü oranını ($S/N \geq 2.5$) sağlayan istasyon sayısı depremin büyüklüğünden ve çözüme giren faz okumalarının sayısından bağımsız olarak değişkenlik göstermektedir. Bazı durumlarda deprem küçük olmasına karşın spektrumu alınan istasyon sayısı, daha büyük bir depremdeki istasyon sayısından fazla olabilmektedir.

S/N oranının yüksek tutulması işleme giren sinyalin kalitesinin yükseltilmesinin yanı sıra sığ derinliklerdeki soğurulmayı temsil eden κ parametresinin etkisinin azaltılması yönünde de bir katkı sağlar. Teorik olarak küçük depremlerde ($M \leq 2.0$) yüksek frekanslardaki kesme frekansını belirleyen κ düzeltmesi uygulanmadan hesaplanan büyüklük değerleri güvenilirlikten uzaktır. Çalışmada κ parametresi verilemediğinden yakın mesafelerde meydana gelen küçük depremlerde S/N oranı yüksek tutularak bu parametrenin etkisi en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Böylelikle κ düzelmesi uygulanmamış olmasına rağmen yöntemin çok küçük depremlerde dahi ($M_w \leq 2.0$) güvenilir sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Tablo 5.1).

Kaynak parametrelerinin hesaplanmasında en önemli parametrelerden bir tanesi de frekansa bağımlı Q soğurulma faktörüdür. Alınan bir spektrum üzerinde Q düzeltmesi yapılmaksızın Ω_0 ve f_0 boyutlarının sağlıklı olarak belirlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle çalışma kapsamında tüm bölgeyi temsil edilebilecek bir Q_s değeri hesaplanmıştır. Bu doğrultuda 39 geniş bantlı sismometre tarafından kaydedilmiş olan 271 veri seti içerisinde büyüklükleri $2.0 < M_L < 5.0$ ve veri kalitesi $S/N > 3.0$ uyacak nitelikleri taşıyan 188 adet deprem verisi aynı zamanda Q_s sönüm katsayısını incelemek amacıyla kullanılmıştır. Frekansa bağımlı ortalama Q değeri $Q_s(f) = 81 \pm 3 f^{0.90 \pm 0.02}$ ve sönümlenme zamanı (lapse-time) 57 saniye olarak bulunmuştur ve tüm bölge için aynı değer temel alınmıştır. Elde edilen Q değerinin

özellikle orta büyüklükteki depremlere uygulanması sonucunda M_w değerlerinde 0.1 ile 0.2 arasında değişen artışlar gözlenmiştir.

Çalışmada ana yöntem olarak kullanılan otomatik çözümlerden elde edilen sonuçlar (Bölüm 5.1.2) birkaç deprem örneği için kullanıcı denetiminde hesaplanan değerler ile karşılaştırılmış (Bölüm 5.1.1) ve sonuçların gerek istasyon, gerekse deprem bazında tutarlı oldukları gözlenmiştir. Ne var ki aynı giriş parametrelerinin kullanılmasına karşın kullanıcı denetiminde yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar uygulamayı yapan kişiye bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Sonuçların değişkenliğinde etkin olan üç temel neden vardır: zaman penceresinin boyu, sinyal/gürültü oranının seçimi ve Ω_0 ile f_0 değerleri kullanılarak belirlenen doğrultuların seçimi.

Zaman penceresine örnek olarak 10 saniyelik bir pencere boyu seçilmesi durumunda pencere sınırlarını her kullanıcının aynı değerler altında belirleyebilmesi oldukça zordur. Diğer taraftan otomatik olarak yapılan hesaplamalarda sinyal sayısal değerler çerçevesinde pencerelendiğinden böylesi bir sorun yaşanmamaktadır.

Kullanıcı tarafından alınan spektrumda $S/N > 2.5$ gürültü düzeyini sağlayan oran gözlemsel boyutla sınırlı olduğundan sonuçlar kullanıcıdan kullanıcıya değişim gösterebilmektedir. Oysa otomatik hesaplamalarda bu oranın sayısal bir koşul olarak tanımlanması ve bu koşulu sağlamayan verilerin otomatik olarak değerlendirme dışı bırakılması mümkündür.

Kullanıcı kontrolünde yapılan hesaplamalar sırasında karşılaşılan en önemli sorunlardan bir diğeri ise elde edilen yerdeğiştirme spektrumunun teorik kaynak modeline uyarlanmasıdır. Doğrultuları Ω_0 ve f_0 değerleri ile belirlenen iki doğrusal çizginin spektrum üzerinde teorik modele uyarlanması oldukça zaman alıcı bir işlemdir ve kullanıcıdan kullanıcıya değişebilmektedir. Alınan genlik spektrumu zaman zaman tüm frekans bandı boyunca ω^{-2} kaynak modeli ile tam bir uyumluluk göstermez ve modele uyarlanıncaya kadar işlemlerin tekrarlanmasını gerektirir. Bu açıdan değerlendirildiğinde kullanıcı tarafından uyarlanan kaynak modeli ve dolayısıyla yapılan hesaplamaların çoğu zaman fazla güvenilirlik taşımadığı

anlaşılmaktadır. Ayrıca büyük bir depremin meydana gelmesi durumunda sözü edilen tüm işlemlerin depremi kaydeden istasyonlar için ayrı ayrı uygulanmasının gerekliliği durumu düşünüldüğünde yöntemin ne derece zaman kaybettirici olduğu ortaya çıkar. Diğer taraftan bilgisayar denetiminde (CGS yöntemi kullanılarak) elde edilen genlik spektrumu teorik modele sadece birkaç saniye içerisinde güvenli bir şekilde uyarlanabilmektedir (Şekil 4.7).

Söz konusu sıkıntılar çerçevesinde bir değerlendirme yapıldığında oluşan durum aynı zamanda kaynak spektrumunun ve parametrelerinin otomatik olarak belirlenmesine yönelik yapılan bu çalışmanın sağladığı en önemli avantajlardan bir tanesini de ortaya koymaktadır.

Bir diğer karşılaştırma yöntemi olarak Yılmaz (2009) tarafından RMT çözümlerinden hesaplanan M_w değerleri 19 deprem için kullanılmıştır. Bir depreme ait RMT ile çözüm yapılabilmesi için düşük frekanslara taşınabilen enerjiye bağlı olarak depreme ait büyüklüklerin $M_w \geq 4.0$ olması gerekmektedir. Çalışma kapsamında 271 deprem veri grubu kullanılmış olsa da söz konusu olan kısıtlılık nedeniyle bunlardan sadece 19 tanesi RMT yöntemi ile karşılaştırılabilmiştir. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırıldığında büyüklük değerlerinin genellikle uyumluluk gösterdikleri gözlenmiştir (Tablo 5.4). Bununla birlikte küçük depremlerde ($M_w \leq 4.0$) spektral M_w değerlerinin RMT ile elde edilen M_w değerlerine göre nispeten daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 5.3). Söz konusu durumun kullanılan yöntemler arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. İki yöntem için tanımlanan yapılar, kullanılan istasyonların uzaklıkları ve filtreleme etkileri bu farklılıklara neden olabilmektedir. RMT yöntemi ile yapılan hesaplamalarda kullanılan istasyonlar en az ≥ 100 km uzaklıkta olacak şekilde seçilirken buna karşılık spektral analizde özellikle yakın istasyonların (≤ 100 km) tercih ediliyor olması da iki yöntemin taşıdıkları farklı koşulları temsil etmektedir. Bu durumda karşılaştırmanın aynı depremi kaydeden istasyonlar arasında yapılması daha sağlıklı bir değerlendirme olanağı sağlayabilir. Aynı yöntemlerin kullanılması durumunda dahi pencere boyu, S/N oranları gibi bir takım parametrelerin sonuçları değiştirebildikleri göz önünde bulundurulursa kullanılan iki farklı yöntem için bu gibi farklılıkların normal olacağını düşünmek mümkündür.

RMT yönteminde özellikle büyük depremlerde düşük frekanslara ulaşabilmek için yüksek frekansların atılması doğrultusunda bir filtrelemenin kullanılması bazı frekans aralıklarında enerji kaybına neden olabilmektedir. Diğer taraftan spektral M_w tayininde tüm frekans bandı boyunca herhangi bir filtreleme uygulanmaz. Söz konusu bu durum spektral yöntemin RMT'ye göre taşıdığı olduğu bir avantaj olarak nitelendirilebilir.

Çalışma dönemini kapsayan 2006-2009 yılları arasında Marmara Bölgesi'nde $M=5.0$ büyüklüğünde sadece bir tane deprem meydana gelmiştir. Bu deprem üzerinde yapılan spektral çözümlemelerden elde edilen büyüklük ($M_w=4.8$) Harvard CMT çözümlerinde verilen büyüklüğe ($M_w=5.5$) göre 0.2 daha küçüktür (Tablo 5.4).

Spektrumun tüm frekans bandı boyunca gösterdiği karakteristik özellikleri depremlerin büyüklüğüne ve merkez üssüne olan uzaklıkları ile değişmektedir. Kesme frekansları teorik olarak beklendiği üzere uzak ve orta büyüklükteki depremler için düşük frekanslarda (0.01-10 Hz) yer alırken yakın ve küçük depremlerde daha yüksek frekanslara (0.1-15 Hz) kaymaktadır.

Kaynak parametrelerinin otomatik olarak elde edilmesine yönelik yapılan bu çalışma uygulanan yöntemin sadece küçük değil aynı zamanda orta büyüklükteki depremlerde de güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Yöntemin hem büyüklük, hem de depreme olan uzaklık açısından uygulanabilirlik durumu ele alındığında herhangi bir kısıtlamanın olmadığı, kullanılacak olan fazın amaca yönelik olarak değiştirilmesiyle $S/N \geq 2.5$ ön koşulunu da taşıması durumunda uzak mesafeler için de uygulanabileceği söylenebilir.

Sinyal kalitesini belirlemeye yönelik olarak hesaplanan S/N oranının çıkış dosyalarına yazdırılması hesaplamalarda kullanılan istasyonlar arasında bir ağırlık sıralaması yapabilmek açısından önemlidir. Bu nedenle S/N oranlarının çıkış dosyasına eklenmesi bir öneri olarak düşünülmelidir.

Güncel olarak KRDAE-UDİM ve KOU-YUBAM’da depremlerin büyüklüklerinin belirlenmesinde (M_D , M_L ve RMT yöntemi ile M_w) ZSACWIN yazılımı kullanılmaktadır. Çalışmada kaynak parametreleri ve büyüklüklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin ZSACWIN programına uyarlanması bir öneri olarak düşünülebilir. Bu uyarlama depremlerin büyüklüklerinin yanı sıra farklı yöntemlerden elde edilen kaynak parametrelerini bir arada yorumlanmasına olanak sağlayacaktır.

Yapılan çalışmanın devamı kapsamında frekansa bağımlı Q değerlerinin hesaplanması ön koşulunu sağlamak üzere uygulanan yöntemin sadece Marmara Bölgesi için değil, Türkiye genelinde uygulanarak genişletilmesi önerilmektedir. Böylelikle depremlerin büyüklük ve uzaklık açısından daha geniş bir alanda değerlendirilmeleri sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

Abercrombie, R.E., "Earthquake source scaling relationships from -1 to 5 ML using seismograms recorded at 2.5 km depth", *J. Geophys. Res.*, 100, 24015-24036, (1995).

Abercrombie, R.E., "Near-surface attenuation and site effects from comparison of surface and deep borehole recordings", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 87, 731-744, (1997).

Aki, K., "Scaling law of seismic spectrum", *J. Geophys. Res.*, 72, 1217-1231, (1967).

Aki, K., Richards, P.G., "Quantitative seismology", *Freeman, San Francisco*, Vol. I and II, 932 pp, (1980).

Aki, K., Richards, P.G., "Quantitative seismology", Second Edition, ISBN 0-935702-96-2, *University Science Books*, 704 pp, (2002).

Al-Eqabi, G.I., Koper, K.D., Wyssession M.E., "Source characterization of Nevada test site explosions and western U.S. earthquakes using Lg waves: implications for regional source discrimination", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 140-153, (2001).

Alsaker, A., Kvamme, L.B., Hansen, R.A., Dahle, A., Bungum, H., "The ML scale in Norway", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 81, 2, 379-389, (1991).

Ambraseys, N.N., "Some characteristic features of the Anatolian Fault Zone", *Tectonophysics*, 9, 143-165, (1970).

Ambraseys, N., "The Seismic Activity of the Marmara Sea Region over the Last 2000 Years", *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 92, No.1, pp.1-18, (2002).

Anderson, J.G., Hough, S.E., "A model for the shape of the fourier amplitude spectrum of acceleration at high frequencies", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 74, 1969-1993, (1984).

Anderson, J.G., Humphrey, J.R., "A least squares method for objective determination of earthquake source parameters", *Seism. Res. Lett.*, 62, 201-209, (1991).

Armijo, R., Meyer, B., Navarro, S., King, G. Barka, A. "Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: A clue to propagation processes of the North Anatolian Fault", *Terra Nova*, 14(2), 80-86, (2002).

Atakan, K., Anibal, O., Meghraoui, M., Barka, A., Erdik, M., Bodare, A., "Seismic hazard in Istanbul following the 17 August 1999 Izmit and 12 November 1999 Duzce earthquakes", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 92, 466-482, (2002).

Ayhan, M.A., Demir, C., Kilicoglu, A., Sanli, I., Nakiboglu, S.M., “Crustal motion around the western segment of the north Anatolian fault zone: Geodetic measurements and geophysical interpretation”, *IUGG99*, Int. Union of Geodesy and Geophys., Birmingham, U. K., (1999).

Barış, Ş, Pinar, A., Gürbüz, C., Üçer, S.B., Nishigami, K., “The Coda Q Estimation and Its Spatial Distribution in the Western Part of the North Anatolian Fault Zone, Turkey”, *Bogaziçi University Press*, No: 501, p.43-60, (1992).

Barka, A., Kadinski-Cade, K., “Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity”, *Tectonophysics*, 7, 663-684, (1988).

Barka, A., “Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with the large earthquakes of the period 1939 to 1967”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, 1238-1254, (1996).

Borrmann, P., “New Manual of Seismological Observatory Practice”, Volume 1, *IASPEI, GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany*, (2002).

Brune, J., “Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes”, *J. Geophys. Res.*, 75, 4997-5009, (1970).

Carpenter, P.J., Sanford, A.R., “Apparent Q for upper crustal rocks of the central Rio Grande Rift”, *J. Geophys. Res.*, 90, 8661-8674, (1985).

Chen, S., Atkinson, G.M., “Global comparison of earthquake source spectra”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 92, 885-895, (2002).

Erdik, M., Demircioğlu, M.B., Sesetyan, K., Durukal, E., Siyahi, B., “Earthquake Hazard in Marmara Region, Turkey”, *Soil Dyn Earthquake Eng.*, 24, 605-631, (2004).

Eshelby, J.D., “The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion and related problems”, *Proc. R. Soc. London A*, 241, 376-396, (1957).

Espinosa Aranda, J.M., Jimenez A., Ibarrola G., Alcantar F., Aguilar A., Inostroza M., Maldonado, S., “Mexico City seismic alert system”, *Seism. Res. Lett.*, 66, 42-53, (1995).

FDSN, 2004, *Boco Station Instrumentation* [online], International Federation of Digital Seismograph Networks, http://www.fdsn.org/station_book/IU/BOCO/boco_2.html (**Ziyaret Tarihi: 22 Kasım 2010**).

Gee, L.S., Neuhauser, D.S., Dreger, D.S., Pasyanos, M.E., Urhammer, R.A., Romanowicz, B., “Real-time seismology at U.C. Berkeley: The rapid earthquake data integration project”, *Bull. Seism.Soc. Am.*, 86, 936-945, (1996).

Goldstein, P., 2008, *Seismic Analysis Code SAC2000* [online], Lawrence Livermore National Laboratory. <http://www-ep.es.lnl.gov/www-ep/esd/seismic/sac.html> (**Ziyaret Tarihi: 11 Temmuz 2010**).

Gök, R., Hutchings, L., Mayeda, K., Kalafat, D., “Source Parameters for 1999 North Anatolian Fault Zone Aftershocks”, *Pure and Applied Geophysics*, Volume 166, Number 4, 547-566, (2009).

Görür, N., Çagatay, M.N., Sakıncı, M., Yaltrak, C., Tchapygala, A., “Origin of the Sea of marmara as deduced from the Neogene to Quaternary palaeogeographic evolution of its frame”, *International Geology Review*, 39, 342-352, (1997).

Grant, J.A., Maninsha, L., “Seismic magnitude from fourier analysis”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 67, 453-461, (1977).

GSETT-3, 1997, *Provisional GSE2.1 Formats and Protocols , Operations Annex 3* [online], http://www.seismo.ethz.ch/prod/autodrm/manual/provisional_GSE2.1.pdf (**Ziyaret Tarihi: 22 Kasım 2010**).

Gutenberg, B., Richter, C.F., “Magnitude and energy of earthquakes”, *Annali di Geofisica*, 9, 1, 1-15, (1956).

Hanks, T.C., Wyss, M., “The use of body-wave spectra in the determination of seismic source parameters”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 62, 561-589, (1972).

Hanks, T.C. Kanamori, H., “A Moment Magnitude Scale”, *J. Geophys. Res.*, 84, 3248-2350, (1979).

Havskov, J., Ottemöller, L., “SEISAN: The Earthquake Analysis Software, Version 8.2.1”, *University of Bergen*, Bergen, (2003).

Havskov, J., Ottemöller, L., “Moment Magnitude Determination for Local and Regional Earthquakes Based on Source Spectra”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 93, 203-214, (2003).

Havskov, J., Alguacil, G., “Instrumentation in earthquake seismology”, *Springer*, 358 pp, (2006).

Havskov, J., Ottemöller, L., “Routine Data Processing in Earthquake Seismology”, 1th Edition, *Springer*, (2010).

Herrmann, R.B., Kijko, A., “Short-period Lg magnitudes: Instrument, attenuation, and source effects”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 73, 1835-1850, (1980).

Herrmann, R.B., Kijko, A., “Modelling some empirical vertical component Lg relations”, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 73:157-171, (1983).

Holland, J.H., “Adaptation in Natural and Artificial Systems”, *University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan*, (1975).

- Horasan, G., Kaşlılar-Özcan, A., Boztepe-Güney, A., Türkelli, N., “S-wave attenuation in the Marmara region, northwestern Turkey”, *Geophys. Res. Lett.*, 25, pp. 2733-2736, (1998).
- Horasan, G., Boztepe-Güney, A., “S-wave attenuation in the Sea of Marmara, Turkey”, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 142, 215-224, (2004)
- Johnson, C.E., Bittenbinder, A., Bogaert, B., Dietz, L., Kohler, W., “EARTHWORM: a flexible approach to seismic network processing”, *IRIS Newsletter*, XIV 2, 1-4, (1995).
- Kalafat, D., Gürbüz, C., Üçer S.B., “Batı Türkiye’de kabuk ve üst manto yapısının araştırılması”, *Deprem Araştırma Bülteni*, 14, 43-64, (1987).
- Kalafat, D., Kekovalı, K., Güneş, Y., Yılmaz, M., Kara, M., Deniz, P., Berberoğlu, M., “Türkiye ve Çevresi Faylanma-Kaynak Parametreleri (MT) Kataloğu (1938-2008)”, *Boğaziçi Üniversitesi, Bebek-İSTANBUL*, (2009),
- Kanamori, H., “The energy release in great earthquakes”, *J. Geophys. Res.*, 82, 1981-1987, (1977).
- Karnik, V., “Seismicity of Europe”, *III. IUGG Monograph*, No. 23, pp.1-23, (1963).
- Kawakatsu, H., “Automated near-realtime CMT inversion”, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2569-2671, (1995).
- KRDAE, 2010, *Sayısal Veri Dağıtım Sistemi* [online], Boğaziçi Üniversitesi, <http://barbar.koeri.boun.edu.tr/sismo/zKDRS/> (**Ziyaret Tarihi: 30 Ağustos 2010**).
- Kvamme, L.B., Havskov, J., “Q in Southern Norway”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 79, 1575-1588, (1989).
- Le Pichon, X., Sengor, A.M.C., Demirbag, E., Rangin, C., Imren, C., Armijo, R., Gorur, N., Cagatay, N., de Lepinay, B.M., Meyer, B., Saatchilar, R., Tok, B., “The active main Marmara fault”, *Earth and Planetary Sc. Letters*, Vol.192, 595-616, (2001).
- Lienert, B.R.E., Berg, E., Frazer, L.N., “Hypocenter: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively least squares”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76:771-783, (1986).
- Lienert, B.R.E., “Report on modifications made to Hypocenter. Technical report”, *Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, Bergen, Norway*, (1991).
- Lienert, B.R.E., Havskov, J., “A computer program for locating earthquakes both locally and globally”, *Seism. Res. Lett.*, 66, 26-36, (1995).
- Maderiaga, R., “Dynamics of an expanding circular fault”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 66, 639-666, (1976).

- Malone, S., "Near realtime seismology", *Seism. Res. Lett.*, 67, 52-54, (1996).
- McClusky, S., "Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus", *J. Geophys. Res.*, 105, 5695-5719, (2000).
- McKenzie, D., "Active tectonics of the Mediterranean Region", *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 30, 109-185, (1972).
- McEvelly, T.V., Majer, E.L., ASP: "an automated seismic processor for microearthquake Networks", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 72, 303-325, (1982).
- Michalewicz, Z., "Genetic Algorithms + Data Structure = Evolution Programs", *A.B.D., Springer & Verlag*, (1992).
- Miyamura, S., "On the importance of continuity of magnitude scales", *Tectonophysics*, 84, 47-55, (1982).
- Nortmann, R., Duda, S.J., "Determination of spectral properties of earthquakes from their magnitudes", *Tectonophysics*, 93, 251-275, (1983).
- Okay, A.I., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E., Kuşçu, İ., "Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: a multichannel seismic reflection study", *Tectonophysics*, 321, 189-218, (2000).
- Ottmøller, L., Havskov, J., "Moment Magnitude Determination for Local and Regional Earthquakes Based on Source Spectra", *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 93, No.1, pp.203-214, (2003).
- Örgülü, G., Aktar, M., "Regional moment tensor inversion for strong aftershocks of the August 17, 1999 Izmit Earthquake ($M_w=7.4$)", *Geophys. Res. Lett.*, 28, 371-374, (2001).
- Parolai, S., Bindi, D., Durukal, E., Grosser, H., Milkereit, C., "Source Parameters and Seismic Moment Magnitude Scaling for Northwestern Turkey", *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 97, No. 2, pp. 655-660, (2007).
- Parsons, T., "Recalculated probability of $M \geq 7$ earthquakes beneath the Sea of Marmara, Turkey", *J. Geophys. Res.*, 109, B05304, (2004).
- Pasyanos, M.E., Dreger, D.S., Romanowicz, B., "Toward realtime estimation of regional moment tensors", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, 1255-1269, (1996).
- Peterson, J., "Observation and modeling of seismic background noise", *USGS Tech. Rept.*, 93-322, 1-95, (1993).

Pınar, A., Kuge, K., Honkura, Y., “Moment tensor inversion of recent small to moderate sized earthquakes: implications for seismic hazard and active tectonics beneath the Sea of Marmara”, *Geophys. Res. Lett.*, 153, 133-145, (2003).

Prejean, S.G., Ellsworth, W.L., “Observations of earthquake source parameters and attenuation at 2 km depth in the Long Valley Caldera, Eastern California”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 165-177, (2001).

Pulido, N., Ojeda, A., Atakan, K., Kubo, T., “Strong ground motion estimation in the Sea of Marmara region (Turkey) based on a scenario earthquake”, *Tectonophysics*, 391, 357-374, (2004).

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., Arrajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G., “GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions”, *J. Geophys. Res.*, 111, B05411, (2006).

Richter, C.F., “An instrumental earthquake magnitude scale”, *Bull. Seism. Soc. Am.* 25, 1-32, (1935).

Sato, H., Fehler, M., “Seismic wave propagation and scattering in the heterogeneous earth”. *AIP Press/Springer Verlag*, New York, (1998).

Sato, H., Fehler, M., Wu, R., “Scattering and attenuation of seismic waves in the lithosphere. International handbook of earthquake and engineering seismology”, *Academic Press*, 81 A, 195-208, (2002).

Schindele, F., Reymond, D., Okal, E.A., “Analysis and automatic processing in near-field of eight 1992–1994 tsunamigenic earthquakes: Improvements towards real-time tsunami warning”, *Pageoph*, 144, 381-408, (1995).

Singh, S.K., Havskov, J., “On Moment Magnitude Scale”, *Bull. Seism. Soc. Am.* Vol. 70, No. 1, pp. 379-383, (1980).

Singh, S.K., Aspel, R.J., Fried, J., Brune, J.N., “Spectral attenuation of SH waves along the Imperial fault”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 72, 2003-2016, (1982).

Soysal, H., “Tsunami (deniz tasması) ve Türkiye kıyılarını etkileyen tsunamiler”, *I.Ü. Deniz. Bilimleri Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 2, 59-67, (1985).

Stein, S., Wysession, M., “An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure”, *Blackwell Publishing*, (2002).

Sengor, A.M.C., “The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance”, *J. Geol. Soc.*, 136(3), 269-282, (1979).

Tajima, F., Me'ngin, C., Dreger, D.S., Romanowicz, B., "Feasibility of real-time broadband waveform inversion for simultaneous moment tensor and centroid location determination", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 92, 739-750, (2002).

Toksöz, M.N., Reilinger, R.E., Doll, C.G., Barka, A., Yalçın, N., "Izmit (Turkey) earthquake of 17 August 1999: first report", *Seism. Res. Lett.*, 70, 669-679, (1999).

Uçarkus, G., Çakır, Z., Armijo, R., "Western Termination of the Mw 7.4, 1999 Izmit Earthquake Rupture: Implications for the Expected Large Earthquake in the Sea of Marmara", *Turkish Journal of Earth Sciences*, in press, (2010).

Vanek, J., Zatopek, A., Karnik, V., Kondorskaya, N.V., Riznichenko, Yu.V., Savarensky, E.F., Solov'yev, S.L., Shebalin, N.V., "Standardization of magnitude scales", *Izv. Akad. Nauk. SSR, Ser. Geofiz.*, 2, 153-158, (1962).

Withers, M., Aster, R., Young, C., Beiriger, J., Harris, M., Moore, S., Trujillo, J.A., "Comparison of select trigger algorithms for automated seismic phase and event detection", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 88, 95-106, (1998).

Wu, Y., Shin, T., Chen, C., Tsai, Y., Lee, W.H.K., Teng, T.L., "Taiwan rapid earthquake information release system", *Seism. Res. Lett.*, 68, 931-943, (1997).

Yılmazer, M., ZSACWIN: Deprem Analiz Yazılımı, Version 4.0, *Boğaziçi Üniversitesi KRDAE*, İstanbul, (2010).

Yılmazer, M., "Türkiye'de 3-Bileşenli Kuvvetli Yer Hareketi ve Geniş Bantlı Deprem Kayıtlarından Faylanma Mekanizmalarının Belirlenmesi ve Sismotektonik Yorumları", Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2009).

Yılmazer, M., "Deprem Kaynak Parametrelerinin On-Line Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2003).

EKLER

EK-A ASCII formatlı verileri SEISAN formata dönüştüren ISKSEI yazılımı

EK-B Alet bilgilerini GSE2 formatına dönüştüren ISKGSE yazılımı

EK-C Spektral çizimleri Windows ortamında görüntüleyen XYLOGLIN yazılımı

EK-D 12.Mart.2006, 18:53, $M_w=4.2$, Çınarcık-Yalova Depremi için kullanıcı denetiminde ve otomatik çözümü yapılan istasyonlara ait kaynak parametreleri

EK-A ASCII formatlı verileri SEISAN formata dönüştüren ISKSEI yazılımı

10 'ISKSEI3.BAS S.B UCER A. KOSEOGLU

```
120 CLEAR:CLS:COLOR 15
130 SHELL "DEL *.ISK"
140 SHELL "CLS"
150 NS=0:REM NUMBER OF STATION
160 MARK=0:MAXDUR=500
170 DIM DOSYA$(200),STA$(200),CMP$(200),V(10)
180 DIM SC$(200),DELAY(200)
190 '
200 REM GOSUB 3610:REM SUBR. MINT
210   GOSUB 4200:REM SUBR. MINT
220 '
230 SHELL "DIRF *.TXT"
240 '
250 SHELL "CLS":GOR$="H"
260 '
270 '
280 '
290 OPEN "O", #2, "ISKSEI.OUT"
300 OPEN "I", #1, "FILENR.LIS"
310 '
320 LINE INPUT #1, V$
330 IF EOF(1) THEN GOTO 440
340 IF GOR$="H" THEN PRINT V$
350 NS=NS+1
360 DOSYA$(NS)=MID$(V$, 8,12)
370 REM PRINT DOSYA$(NS)
380 TIRE$ =MID$(V$,11, 1)
390 IF TIRE$= " _ " THEN STA$(NS)=MID$(V$, 8, 3)+" "
400 IF TIRE$<>" " THEN STA$(NS)=MID$(V$, 8, 4)
410 CMP$(NS)=MID$(V$,12, 4)
420 REM PRINT STA$(NS); " ";CMP$(NS)
430 GOTO 320
440 CLOSE #1
450 PRINT:PRINT "NUMBER OF STATION : ";NS
460 REM PRINT:INPUT "Kac istasyon istiyorsunuz ? ",NS
470 IF GOR$="E" THEN PRINT:INPUT "PLEASE PRESS <ENTER> !",BASS:CLS
480 '
490 FOR I=1 TO NS
500 N=0:SUMV=0:COLOR 14
510 PRINT:PRINT "STATION FILE NAME : ",DOSYA$(I)
520 OPEN "I", #1, DOSYA$(I)
530 IF GOR$="E" THEN PRINT STA$(I),CMP$(I)
540 LINE INPUT #1, VERI$
550 IF EOF(1) THEN GOTO 730
560 IF N<12 THEN PRINT VERI$
570 N=N+1
580 IF N= 3 THEN  SLA$=MID$(VERI$,24, 7):SLA =VAL(SLA$)
590 IF N= 4 THEN  SLO$=MID$(VERI$,24, 7):SLO =VAL(SLO$)
600 IF N= 5 THEN  NDATA$=MID$(VERI$,24, 5):NDATA=VAL(NDATA$)
610 IF N= 6 THEN  DT$=MID$(VERI$,24, 4):GOSUB 4080:REM VIRGUL YERINE NOKTA
620 IF N=11 THEN  YIL$=MID$(VERI$,24, 4):YIL =VAL(YIL$)
630 IF N=11 THEN  JDY$=MID$(VERI$,29, 3):JDY =VAL(JDY$)
640 IF N=12 THEN  HR$=MID$(VERI$,24, 2):HR =VAL( HR$)
650 IF N=12 THEN  MN$=MID$(VERI$,27, 2):MN =VAL( MN$)
660 IF N=12 THEN  SN$=MID$(VERI$,30, 6):SN =VAL(SN$)
670 IF GOR$<>"E" THEN GOTO 700
680 IF N=12 THEN PRINT:PRINT SLA$," ";SLO$," ";NDATA$," ";DT$," ";YIL$," ";JDY$," ";HR$," ";MN$," ";SN$," "
690 IF N=12 THEN PRINT:INPUT "PLEASE <ENTER> ! ",X$
700 VERI=VAL(VERI$)
710 SUMV=SUMV+VERI
720 GOTO 540
730 CLOSE #1
740 '
750 IF I=1 THEN GOSUB 2490:REM Converts jday to mount and day
760 '
770 MEAN=SUMV/NDATA
780 DUR=(NDATA-1)*DT
790 IF DUR<MAXDUR THEN GOTO 890
800 PRINT "NUMBER OF ORIGINAL DATA : ";NDATA
```

```

810 PRINT:PRINT "BE CAREFUL !"
820 PRINT "TOTAL NUMBER OF DATA   :";NDATA
830 PRINT "DURATION OF ORIGINAL DATA : ";DUR;" sec"
840 PRINT:PLAY "A20 C10 A20":DUR=240:NDATA=INT(DUR/DT)+1
850 DUR=MAXDUR:NDATA=INT(MAXDUR/DT)+1
860 PRINT "FOLLOWING VALUES WILL BE TAKEN : "
870 PRINT USING "SIGNAL DURATION #### / NUMBER OF DATA #### ";DUR,NDATA
880 PRINT:INPUT "ENTER TUSUNA BASINIZ ! ",X$
890 SRATE=INT(1/DT):PRINT
900 '
910 '
920 IF MARK>0 THEN GOTO 960
930     GOSUB 1360:REM Write Event Header
940     GOSUB 1570:REM Line 2 and Line 3
950     GOSUB 1820:REM Write Empty Lines
960     GOSUB 1870:REM Station Channel Header
970     GOSUB 2110:REM Convert Kandilli raw data to NORDIC format
980 REM PRINT "SAMPLING/SEC   ";SRATE
990 REM PRINT "SIGNAL DURATION : ";DUR
1000 REM PRINT "SUM OF DATA   :";SUMV
1010 REM PRINT "MEAN OF DATA   :";MEAN
1020 IF GOR$="E" THEN PRINT:COLOR 15:INPUT "PRESS ENTER FOR FOLLOWING
STATION !",BASS:CLS:COLOR 12
1030 NEXT I
1040 CLOSE
1050 '
1060 COLOR 15
1070 SHELL "CLS"
1080 PRINT:COLOR 14
1090 PRINT "ONCE 2 YAZINIZ SONRADA DOSYA ADI OLARAK ISKSEL.OUT YAZINIZ !"
1100 PRINT "----- "
1110 COLOR 15:PRINT
1120 '
1130 SHELL "SEIASC.EXE"
1140 '
1150 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
1160 SHELL "CLS"
1170 PRINT:PRINT "OUT-PUT FILE NAME : "
1180 OPEN "O", #2, "FNAME.BAT"
1190 PRINT #2, "COPY SEIBIN.OUT ";
1200 PRINT #2, YIL$,"-";AY$,"-";GN$,"-";MINHR$;MINMN$,"-";MINSN$;"S.ISKB_";
1210 PRINT  YIL$,"-";AY$,"-";GN$,"-";MINHR$;MINMN$,"-";MINSN$;"S.ISKB_";
1220 IF NS<10 THEN PRINT #2, USING "00#";NS
1230 IF NS<10 THEN PRINT USING "00#";NS
1240 IF NS>9 AND NS<100 THEN PRINT #2, USING "0##";NS
1250 IF NS>9 AND NS<100 THEN PRINT USING "0##";NS
1260 IF NS>99 THEN PRINT #2, USING "###";NS
1270 IF NS>99 THEN PRINT USING "###";NS
1280 CLOSE #2
1290 '
1300 'SHELL "FNAME.BAT"
1310 SHELL "DEL FILENR.LIS"
1320 'SHELL "DIRF *.ISK"
1330 PRINT:PRINT:INPUT "THANK YOU VERY MUCH ... <ENTER> PLEASE ",X$
1340 SYSTEM:END
1350 '.....
1360 'Event file header
1370 'Line 1
1380 MARK=MARK+1:COLOR 15
1390 PRINT #2, " KANDILLI OBSERVATORY ";SPACES(7);
1400 PRINT  " KANDILLI OBSERVATORY ";SPACES(7);
1410 PRINT #2, USING " ##";NS;
1420 PRINT USING " ##";NS;
1430 YL=YIL-1900
1440 PRINT #2, USING "###";YL;
1450 PRINT USING "###";YL;
1460 PRINT #2, USING " ### ## ##";JDY,AY,GN;
1470 PRINT USING " ### ## ##";JDY,AY,GN;
1480 PRINT #2, USING " ## ## ##.###";MINHR,MINMN,MINSN;
1490 PRINT USING " ## ## ##.###";MINHR,MINMN,MINSN;
1500 PRINT #2, USING "#####.###";DUR;
1510 PRINT USING "#####.###";DUR;
1520 PRINT #2, SPACES(11)
1530 PRINT SPACES(11)

```

```

1540 COLOR 14:RETURN
1550 '
1560 '.....
1570 'Line 2
1580 PRINT #2, SPACES(80)
1590 '
1600 'Line 3
1610 COLOR 15:NBOS=9:BASLA=1:BITIR=3
1620 FOR J=BASLA TO BITIR
1630 IF J=NS THEN GOTO 1760
1640 IF J=BITIR THEN GOTO 1680
1650 PRINT #2,STAS(J);CMP$(J);:PRINT #2, USING " ###.###.###";DELAY(J),DUR;
1660 PRINT STAS(J);CMP$(J);:PRINT USING " ###.###.###";DELAY(J),DUR;
1670 GOTO 1710
1680 PRINT #2,STAS(J);CMP$(J);:PRINT #2, USING " ###.###.###";DELAY(J),DUR
1690 PRINT STAS(J);CMP$(J);:PRINT USING " ###.###.###";DELAY(J),DUR
1700 REM PRINT USING "### ";J;:PRINT STAS(J);CMP$(J)
1710 NEXT J
1720 BASLA=BITIR+1:BITIR=BASLA+2
1730 REM PRINT BASLA,BITIR
1740 NBOS=NBOS-1
1750 GOTO 1620
1760 PRINT #2,STAS(NS);CMP$(NS);:PRINT #2, USING " ###.###.###";DELAY(J),DUR
1770 PRINT STAS(NS);CMP$(NS);:PRINT USING " ###.###.###";DELAY(J),DUR
1780 REM PRINT:PRINT USING "NS=### BASLA=### BITIR=###";NS,BASLA,BITIR
1790 PRINT:INPUT "ENTER TUSUNA BASINIZ ! ",X$:PRINT
1800 RETURN
1810 '
1820 'Write empty lines
1830 FOR L=1 TO NBOS:PRINT #2, SPACES(80):NEXT L
1840 RETURN
1850 '
1860 '.....
1870 'Event file channel header
1880 COLOR 15:SON=NDATA-1
1890 SRATE=INT(1/DT)
1900 DOY=YIL-1900
1910 PRINT #2, STAS(I);" ";CMP$(I);
1920 PRINT STAS(I);" ";CMP$(I);
1930 PRINT #2, USING "###.###.###";DOY,JDY,AY,GN;
1940 PRINT USING "###.###.###";DOY,JDY,AY,GN;
1950 PRINT #2, USING " ###.###.###";HR,MN,SN;
1960 PRINT USING " ###.###.###";HR,MN,SN;
1970 PRINT #2, USING "###.###.###";SRATE;
1980 PRINT USING "###.###.###";SRATE;
1990 PRINT #2, USING "#####";SON;
2000 PRINT USING "#####";SON;
2010 PRINT #2, USING " #####";SLA;
2020 PRINT USING " #####";SLA;
2030 PRINT #2, USING " #####";SLO;
2040 PRINT USING " #####";SLO;
2050 PRINT #2, SPACES(8);"4 "
2060 PRINT SPACES(8);"4 "
2070 FOR L=1 TO 12:PRINT #2, SPACES(80):NEXT L
2080 IF GOR$="E" THEN PRINT:INPUT "CHANNEL HEADER, PLEASE <ENTER> !",BAS$:PRINT
2090 RETURN
2100 '.....
2110 'Write row data of Kandilli in NORDIC form
2120 REM DIM V(10)
2130 COLOR 15:REM NDATA=6001
2140 REM OPEN "O", #2, "TEST.OUT"
2150 SATIR=0:ND=0
2160 OPEN "I", #1, DOSYAS(I)
2170 REM OPEN "I", #1, "AKS_SHZ.TXT"
2180 FOR L=1 TO 12:LINE INPUT #1, VERIS:NEXT L
2190 J=0:BASLA=1:BITIR=BASLA+6
2200 '
2210 FOR K=BASLA TO BITIR
2220 LINE INPUT #1, VERIS
2230 REM PRINT VERIS
2240 J=J+1:ND=ND+1
2250 V(J)=VAL(VERIS)
2260 V(J)=V(J)-MEAN
2270 REM PRINT V(J)

```

```

2280 IF ND=>SON THEN GOTO 2310
2290 NEXT K
2300 '
2310 FOR M=1 TO 6
2320     PRINT #2, USING " #####";V(M);
2330 IF GOR$="E" THEN PRINT USING " #####";V(M);
2340 NEXT M
2350     PRINT #2, USING " #####";V(7)
2360 IF GOR$="E" THEN PRINT USING " #####";V(7)
2370 IF ND=>SON THEN GOTO 2440
2380 SATIR=SATIR+1
2390 REM PRINT:PRINT "SATIR : ";SATIR;" VERI SAYISI : ";ND:INPUT XS
2400 FOR M=1 TO 7:V(M)=0:NEXT M
2410 REM PRINT BASLA,BITIR
2420 J=0:BASLA=BITIR+1:BITIR=BASLA+6
2430 GOTO 2190
2440 CLOSE #1
2450 REM PRINT:PRINT ND; " SATIR ADEDI : ";SATIR
2460 RETURN:REM END
2470 '
2480 '.....
2490 'CONVERTS JULDAY TO MOUNT AND DAY
2500 COLOR 15
2510 'YIL$="2004":YIL=VAL(YIL$)
2520 'LOCATE 16,20:INPUT "JULIAN DAY ? ",JDY
2530 '
2540 DAY1=0:DAY2=31:REM OCAK
2550 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 2610
2560 GUN=JDY-DAY1
2570 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## OCAK ####";GUN,YIL
2580 AY$="01"
2590 GOTO 3420
2600 '
2610 DAY1=DAY2:      DAY2=DAY1+28:REM SUBAT
2620 IF YIL=1996 THEN DAY2=DAY1+29:REM SUBAT
2630 IF YIL=2000 THEN DAY2=DAY1+29:REM SUBAT
2632 IF YIL=2004 THEN DAY2=DAY1+29:REM SUBAT
2634 IF YIL=2008 THEN DAY2=DAY1+29:REM SUBAT
2640 IF YIL=2012 THEN DAY2=DAY1+29:REM SUBAT
2650 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 2710
2660 GUN=JDY-DAY1
2670 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## SUBAT ####";GUN,YIL
2680 AY$="02"
2690 GOTO 3420
2700 '
2710 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+31:REM MART
2720 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 2780
2730 GUN=JDY-DAY1
2740 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## MART ####";GUN,YIL
2750 AY$="03"
2760 GOTO 3420
2770 '
2780 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+30:REM NISAN
2790 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 2850
2800 GUN=JDY-DAY1
2810 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## NISAN ####";GUN,YIL
2820 AY$="04"
2830 GOTO 3420
2840 '
2850 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+31:REM MAYIS
2860 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 2920
2870 GUN=JDY-DAY1
2880 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## MAYIS ####";GUN,YIL
2890 AY$="05"
2900 GOTO 3420
2910 '
2920 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+30:REM HAZIRAN
2930 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 2990
2940 GUN=JDY-DAY1
2950 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## HAZIRAN ####";GUN,YIL
2960 AY$="06"
2970 GOTO 3420
2980 '
2990 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+31:REM TEMMUZ

```

```

3000 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 3060
3010 GUN=JDY-DAY1
3020 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## TEMMUZ #####";GUN,YIL
3030 AY$="07"
3040 GOTO 3420
3050 '
3060 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+31:REM AGUSTOS
3070 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 3130
3080 GUN=JDY-DAY1
3090 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## AGUSTOS #####";GUN,YIL
3100 AY$="08"
3110 GOTO 3420
3120 '
3130 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+30:REM EYLUL
3140 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 3200
3150 GUN=JDY-DAY1
3160 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## EYLUL #####";GUN,YIL
3170 AY$="09"
3180 GOTO 3420
3190 '
3200 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+31:REM EKIM
3210 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 3270
3220 GUN=JDY-DAY1
3230 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## EKIM #####";GUN,YIL
3240 AY$="10"
3250 GOTO 3420
3260 '
3270 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+30:REM KASIM
3280 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 3340
3290 GUN=JDY-DAY1
3300 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## KASIM #####";GUN,YIL
3310 AY$="11"
3320 GOTO 3420
3330 '
3340 DAY1=DAY2:DAY2=DAY1+31:REM ARALIK
3350 IF JDY>DAY2 THEN GOTO 3410
3360 GUN=JDY-DAY1
3370 AY$="12"
3380 REM LOCATE 18,26:PRINT USING " ## ARALIK #####";GUN,YIL
3390 AY$="12"
3400 GOTO 3420
3410 BEEP:LOCATE 20,20:PRINT "DIKKAT ! YANLIS JULIAN DAY ?"
3420 YIL$=STR$(YIL):YIL$=MID$(YIL$,2,4)
3430 GN$=STR$(GUN):GN$=MID$(GN$,2,2)
3440 IF GUN= 1 THEN GN$="01"
3450 IF GUN= 2 THEN GN$="02"
3460 IF GUN= 3 THEN GN$="03"
3470 IF GUN= 4 THEN GN$="04"
3480 IF GUN= 5 THEN GN$="05"
3490 IF GUN= 6 THEN GN$="06"
3500 IF GUN= 7 THEN GN$="07"
3510 IF GUN= 8 THEN GN$="08"
3520 IF GUN= 9 THEN GN$="09"
3530 '
3540 AY=VAL(AY$):GN=VAL(GN$)
3550 DOY=YIL-1900
3560 IF GOR$="E" THEN GOTO 3580 ELSE GOTO 3640
3570 PRINT
3580 PRINT "JDAY = ";JDY$
3590 PRINT "YIL = ";YIL$
3600 PRINT "DOY = ";DOY
3610 PRINT "AY = ";AY
3620 PRINT "GUN = ";GN
3630 REM INPUT "<ENTER> Please !",X$
3640 RETURN:REM SYSTEM:END
3650 '
3660 '.....
3670 'SUBR. MINT
3680 'BU PROGRAM ISTASYONLARA AIT ASCII *.TXT DOSYALARINDAN EN ERKEN
3690 'KAYDA BASLAYAN ISTASYONU BULUR
3700 'DIKKAT ! PROGRAM DIRF.EXE yi KULLANARAK CALISIR
3710 '
3720 CLS:COLOR 15:MINT=100000!:REM GOR$="E"
3730 '

```

```

3740 'HELL "DIRF *.TXT"
3750 '
3760 OPEN "I", #1, "FILENR.LIS"
3770 LINE INPUT #1, VERIS$
3780 IF EOF(1) THEN GOTO 4000
3790 REM PRINT VERIS$
3800 DOSYA$=MID$(VERIS$, 8,12)
3810 REM PRINT "Station file name   : ";DOSYA$
3820 SATIR=1
3830 OPEN "I", #3, DOSYA$
3840 LINE INPUT #3, V$
3850 REM PRINT V$
3860 SATIR=SATIR+1
3870 IF SATIR=2 THEN STAS=MID$(V$,24,4)
3880 IF SATIR<>13 THEN GOTO 3970
3890 REM COLOR 14:PRINT:PRINT V$:COLOR 15
3900 HR$=MID$(V$,24, 2):HR=VAL(HR$)
3910 MN$=MID$(V$,27, 2):MN=VAL(MN$)
3920 SN$=MID$(V$,30, 6):SN=VAL(SN$)
3930 T=(HR*3600)+(MN*60)+SN
3940 IF T<MINT THEN MINT=T:SAD$=STAS:MINHR$=HR$:MINMN$=MN$:MINSN$=SN$
3950 REM PRINT:COLOR 14:PRINT STAS;" : ";HR$;" ";MN$;" ";SN$;"   ";T:COLOR 15
3960 IF SATIR=13 THEN GOTO 3980
3970 GOTO 3840
3980 CLOSE #3
3990 GOTO 3770
4000 CLOSE
4010 MINHR=VAL(MINHR$):MINMN=VAL(MINMN$):MINSN=VAL(MINSN$)
4020 COLOR 10:REM LOCATE 15,16:PRINT USING " ### ##.###";MINHR,MINMN,MINSN
4030 LOCATE 16,16:PRINT "EN ERKEN ";SAD$;" ISTASYONU : ",MINHR$,"hh ";MINMN$,"mm ";MINSN$,"ss "
4040 LOCATE 17,16:PRINT "SANIYE OLARAK ";MINT;" sn."
4050 IF GOR$="E" THEN LOCATE 19,16:INPUT "ENTER TUSUNA BASINIZ !",BASS$:CLS
4060 RETURN:COLOR 15:REM SYSTEM:END OF SUBR.MINT
4070 '
4080 REM VIRGULLE YAZILMIS DT DEGERINI NOKTALI YAP
4090 DT1$=MID$(VERIS$,24, 1)
4100 DT2$=MID$(VERIS$,25, 1)
4110 DT3$=MID$(VERIS$,26, 2)
4120 REM PRINT DT1$;DT2$;DT3$:INPUT X$
4130 IF DT2$="." THEN DT=VAL(DT$):RETURN
4140 DT$=DT1$+"."+DT3$
4150 DT=VAL(DT$)
4160 REM PRINT DT1$;" ";DT3$:INPUT X$
4170 RETURN
4180 RETURN
4190 '.....
4200 'SUBR. MINT
4210 'BU PROGRAM ISTASYONLARA AIT ASCII *.TXT DOSYALARINDAN EN ERKEN
4220 'KAYDA BASLAYAN ISTASYONU BULUR
4230 'DIKKAT ! PROGRAM DIRF.EXE yi KULLANARAK CALISIR
4240 '
4250 CLS:COLOR 15:MINT=99999!:GOR$="H"
4260 '
4270 REM DIM SC$(200),DELAY(200)
4280 SHELL "DIRF *.TXT"
4290 '
4300 I=0
4310 OPEN "I", #1, "FILENR.LIS"
4320 LINE INPUT #1, VERIS$
4330 IF EOF(1) THEN GOTO 4560
4340 REM PRINT VERIS$
4350 DOSYA$=MID$(VERIS$, 8,12)
4360 REM PRINT "Station file name   : ";DOSYA$
4370 SATIR=1
4380 OPEN "I", #3, DOSYA$
4390 LINE INPUT #3, V$
4400 REM PRINT V$
4410 SATIR=SATIR+1
4420 IF SATIR=2 THEN STAS=MID$(V$,24,4)
4430 IF SATIR<>13 THEN GOTO 4520
4440 REM COLOR 14:PRINT:PRINT V$:COLOR 15
4450 HR$=MID$(V$,24, 2):HR=VAL(HR$)
4460 MN$=MID$(V$,27, 2):MN=VAL(MN$)
4470 SN$=MID$(V$,30, 6):SN=VAL(SN$)

```

```

4480 T=(HR*3600)+(MN*60)+SN
4490 IF T<MINT THEN MINT=T:SAD$=STAS:MINHR$=HR$:MINMN$=MN$:MINSN$=SNS
4500 REM PRINT:COLOR 14:PRINT STAS;" : ";HR$;" ";MN$;" ";SN$;"   ";T:COLOR 15
4510 IF SATIR=13 THEN GOTO 4530
4520 GOTO 4390
4530 CLOSE #3
4540 REM PRINT:INPUT "ENTER TUSUNA BASINIZ !",BAS$:CLS
4550 GOTO 4320
4560 CLOSE #1
4570 MINHR=VAL(MINHR$):MINMN=VAL(MINMN$):MINSN=VAL(MINSN$)
4580 SHELL "CLS"
4590 REM LOCATE 15,16:PRINT USING "  ## ## ##.###";MINHR,MINMN,MINSN
4600 LOCATE 16,16:PRINT "EN ERKEN ";SAD$;" ISTASYONU : ";MINHR$,"hh ";MINMN$,"mm ";MINSN$,"ss "
4610 LOCATE 17,16:PRINT "SANIYE OLARAK ";MINT;" sn."
4620 PRINT
4630 REM PRINT:INPUT "ENTER TUSUNA BASINIZ !",BAS$
4640 '
4650 OPEN "I", #1, "FILENR.LIS"
4660 LINE INPUT #1, VERIS
4670 IF EOF(1) THEN GOTO 4900
4680 REM PRINT VERIS
4690 DOSYA$=MID$(VERIS, 8,12)
4700 REM PRINT "Station file name   : ";DOSYA$
4710 SATIR=1
4720 OPEN "I", #3, DOSYA$
4730 LINE INPUT #3, V$
4740 IF EOF(3) GOTO 4880
4750 IF GOR$="E" THEN PRINT V$
4760 IF SATIR=1 THEN STAS=MID$(V$,24, 4):COMP$=MID$(V$,28,4)
4770 IF SATIR=12 THEN GOTO 4800
4780 SATIR=SATIR+1
4790 GOTO 4730
4800 I=I+1
4810 HR$=MID$(V$,24, 2):HR=VAL(HR$)
4820 MN$=MID$(V$,27, 2):MN=VAL(MN$)
4830 SN$=MID$(V$,30, 6):SN=VAL(SN$)
4840 T=(HR*3600)+(MN*60)+SN
4850 DELAY(I)=T-MINT:SC$(I)=STAS
4860 REM PRINT:COLOR 14:PRINT SC$(I);:PRINT USING " T=##### MINT=##### DELAY=##.###
NO=####";T,MINT,DELAY(I),I:COLOR 15
4870 IF GOR$="E" THEN PRINT:INPUT "ENTER TUSUNA BASINIZ !",BAS$:CLS
4880 CLOSE #3
4890 GOTO 4660
4900 CLOSE #1
4910 COLOR 15:PRINT
4920 COLOR 15:PRINT
4930 IF GOR$="E" THEN FOR J=1 TO I:PRINT SC$(J);:PRINT USING " #####.### ###";DELAY(J),J:NEXT J
4940 CLOSE
4950 RETURN:REM END OF SUBR. MINT

```

EK-B Alet bilgilerini GSE2 formatına dönüştüren ISKGSE yazılımı

```
*****
C -----
C ISKGSE.FOR
c
C THIS PROGRAM PRODUCE THE CALIBRATION FILES IN GSE2 FORMAT
C FOR ALL KANDILLI BROAD-BAND STATION USING POLEZERO.LST FILE
C BE CAREFULL, ALL CALIBRATION FILES UDJUSTED FOR DISPLACEMENT
c paz2=g*a=(twopi*power)*1e-09 gore derlendi
CHARACTER FILE*40
CHARACTER GSETEXT*96
CHARACTER STA*5,COMP*4,GOR*1
CHARACTER INST*8,DIGMODEL*12
INTEGER NPOLE,NZERO,PERIOD
REAL RPOLE(12),IPOLE(12),RZERO(12),IZERO(12)
C
C DATA PI/3.1415926/
C TWOPI=2*PI
C
c write(*,*) ' Program runs only POLEZERO.MAR inputfile !'
c write(*,*) ' islemleri tek tek gormek ister misiniz ? E/H '
c read (*, '(a1)') gor
gor='H'
c
C OPEN (2, FILE='POLEZERO.MAR')

20 READ (2,10, END=88) STA,IYR,IMON,IDY,COMP,IA0,ICNS,IG,ADC,
*NPOLE,NZERO,
*RPOLE( 1),IPOLE( 1),RPOLE( 2),IPOLE( 2),RPOLE( 3),IPOLE( 3),
*RPOLE( 4),IPOLE( 4),RPOLE( 5),IPOLE( 5),RPOLE( 6),IPOLE( 6),
*RPOLE( 7),IPOLE( 7),RPOLE( 8),IPOLE( 8),RPOLE( 9),IPOLE( 9),
*RPOLE(10),IPOLE(10),RPOLE(11),IPOLE(11),RPOLE(12),IPOLE(12),
*INST,DIGMODEL,PERIOD,SRATE

C WRITE(*,10) STA,IYR,IMON,IDY,COMP,IA0,ICNS,IG,ADC,
C *NPOLE,NZERO,
C *RPOLE( 1),IPOLE( 1),RPOLE( 2),IPOLE( 2),RPOLE( 3),IPOLE( 3),
C *RPOLE( 4),IPOLE( 4),RPOLE( 5),IPOLE( 5),RPOLE( 6),IPOLE( 6),
C *RPOLE( 7),IPOLE( 7),RPOLE( 8),IPOLE( 8),RPOLE( 9),IPOLE( 9),
C *RPOLE(10),IPOLE(10),RPOLE(11),IPOLE(11),RPOLE(12),IPOLE(12),
C *INST,DIGMODEL,PERIOD,SRATE
C PAUSE
C
10 FORMAT (1X,A5,I4,I2,I2,1X,A4,2X,I7,1X,I1,1X,I4,E12.4,1X,I2,I2,
*E12.3,E12.3,E12.3,E12.3,20F5.0,3X,A8,A12,1X,I3,1X,F3.0)
C
C DO J=1, 10
C RZERO(J)=0.
C IZERO(J)=0.
C ENDDO
C
C
c -----
c
c
c ihr=12
c imn=30
c A0=FLOAT(IA0)
c DIG2=1/ADC
c G=FLOAT(IG*ICNS)
c Aall=G*DIG2
c CAL2=1.E+9/(G*DIG2*TWOPI*1)
c POWER=NPOLE-NZERO
c PAZ2=G*A0*(TWOPI**POWER)*1E-9
c PAZ2=G*1E-09
c WRITE (*,*) ' Type of Broad-band max. 8 character : ',INST
c write (*,*) ' Digitizer model max. 12 characters : ',DIGMODEL
c WRITE (*,*) ' Station code, max. 5 characters : ',STA
c WRITE (*,*) ' Component name, max. 4 characters : ',COMP
c WRITE (*,45) IYR,IMON,IDY
45 FORMAT (' Installation date : ',I4,'/',I2,
*/',I2)
```

```

WRITE (*,*) ' Generator constant v/m/s : ',G
IF (ICNS.EQ.1) WRITE (*,*) ' Single ended input'
IF (ICNS.EQ.2) WRITE (*,*) ' Differantial input'
WRITE(*,*) ' Normalization factor Ao : ',A0
WRITE(*,*) ' ADC sensitivity microvolt/count : ',ADC
WRITE(*,*) ' ADC sensitivity Count/volt : ',DIG2
WRITE(*,*) ' Digitizer Sampling rate (sample/sec : ',SRATE
WRITE(*,*) ' Number of poles and zeros : ',NPOLE,NZERO
24 FORMAT (I4,I2,I2)
write (*,*)
c

WRITE(*,*) ' Normalization Constant as counts/m/s : ', Aall
WRITE(*,*) ' Sensitivity CAL2 lines nanom/counts : ', CAL2
WRITE(*,*) ' Gain fact. in PAZ2 line volt/meter : ',PAZ2
WRITE(*,*) ' Total gain in DIG2 line count/volt : ',DIG2
WRITE(*,*)
if (gor.eq.'E') pause
WRITE(*,*)
DO I=1,NPOLE
WRITE(*,40) RPOLE(I),IPOLE(I)
ENDDO
40 FORMAT(1X,E15.8,1X,E15.8)
25 FORMAT(1X,/)
C
write(*,*) ' '
C For displacement NZERO+1
C For velocity only NZERO
C For accelaration NZERO-1
C
NZERO=NZERO+1
DO I=1,NZERO
WRITE(*,40) RZERO(I),IZERO(I)
ENDDO
c
gsetext(1:7)='DIG2 2'
write(gsetext(9:23),'(e15.8)') DIG2
write(gsetext(25:35),'(f11.5)') SRATE
gsetext(37:61)=digmodel
write(*,'(a66)') gsetext
C
c-----
c make file name
c
file=' '
file(1:5)=sta(1:5)
file(6:9)=comp(1:4)
do i=1,9
if(file(i:i).eq.' ' .or. file(i:i).eq.char(0)) file(i:i)='_ '
enddo
file(10:10)=' '
write(file(11:25),150)iyр,imon,idy,ihr,imn
150 format(i4,'-',i2,'-',i2,'-',i2,'-',i2)
file(26:29)='_ GSE'
do i=10,25
if(file(i:i).eq.' ') file(i:i)='0'
enddo
c
open(1,file=file(1:30), status='unknown')
c
write(*,*)
write(*,*) 'File name : '
write (*,*) file
c
C
WRITE(1,30) STA,COMP,INST,CAL2,SRATE,iyр,imon,idy,ihr,imn
30 FORMAT('CAL2',1X,A5,1X,A4,5X,A6,E11.2,6X,'1.',F11.5,1X,i4,
* /',i2,'/',i2,'/',i2,'-',i2)
C
gsetext(1:7)='PAZ2 1'
gsetext(9:9)='V' ! Volts
write(gsetext(11:25),'(e15.8)') paz2
write(gsetext(26:40),'(a15)') '
write(gsetext(41:43),'(i3)') npole

```

```

        write(gsetext(44:47),'(i4)' nzero
        write(gsetext(50:67),'(a16)' 'Laplace transform'
        write(1,'(a70)' gsetext
c
DO I=1,NPOLE
RPOLE(I)=RPOLE(I)*TWOPI
IPOLE(I)=IPOLE(I)*TWOPI
WRITE(1,40) RPOLE(I),IPOLE(I)
ENDDO
C
DO I=1,NZERO
RZERO(I)=RZERO(I)*TWOPI
IZERO(I)=IZERO(I)*TWOPI
WRITE(1,40) RZERO(I),IZERO(I)
ENDDO
c
c
        gsetext(1:96)='
&/'
        gsetext(1:7)='DIG2 2'
        write(gsetext(9:23),'(e15.8)' DIG2
        write(gsetext(25:35),'(f11.5)' SRATE
        gsetext(37:61)=digmodel
        write(1,'(a96)' gsetext
C
CLOSE (1)
c-----
WRITE(*,*)
WRITE (*,*) 'The end of station file : Now next file'
WRITE(*,*)
if (gor.eq.'E') pause
GOTO 20
c
88 CLOSE(2)
write(*,*)
write(*,*) 'End of case !'
PAUSE
STOP
END
*****

```

EK-C Spektral çizimleri Windows ortamında görüntüleyen XYLOGLIN yazılımı

* xyloglin.for version 2. April 4, 2009
* Program coded with the help of Prof. Dr. Ali Pinar
* Some changes made by S.B.Ucer and A. Koseoglu
*

* Program plots three different files with different
* colors in a semi-logarithmic form. These three files
* should be *.ful, *.syn and *.noi for same station.

parameter(np=2048)
dimension x1(np),y1(np),x2(np),y2(np),x3(np),y3(np)

character cev*1,fname1*8,fname2*8,fname3*8,xyloglin*8
character sta*4,title*30,file*34,mw*16,text*22

c
do l=1,5
write(*,*)
enddo
write(*,*) ' Do you want postscript files y/n '
read (*,'(a1)') cev

open(2,file='xyloglin.inp')

read (2,'(a30)',end=100) title

11 read (2,'(a8,a16)',end=100) fname1,mw
read (2,'(a8,a16)',end=100) fname2,mw
read (2,'(a8,a16)',end=100) fname3,mw
sta(1:4)=fname1(1:4)
do l=1,10
write(*,*)
enddo

c
c write(*,*) ' These are the following station files : '
c write(*,*)
c write(*,*) ' ',fname1
c write(*,*) ' ',fname2
c write(*,*) ' ',fname3
c write(*,*)
c

open(7,file=fname1)
open(8,file=fname2)
open(9,file=fname3)

c
xyloglin(1:4)=fname1(1:4)
xyloglin(5:7)='ps'
if (cev.eq.'y') model=111
if (cev.eq.'y') open(90,file=xyloglin)
c)

c read data named full
np1=1
1 read(7,*,end=2) x1(np1),y1(np1)
np1=np1+1
goto 1
2 np1=np1-1
c
c read data named synth
np2=1
4 read(8,*,end=3) x2(np2),y2(np2)
np2=np2+1
goto 4
3 np2=np2-1

```

c
c  read data named noise
np3=1
6  read(9,*,end=5) x3(np3),y3(np3)
  np3=np3+1
  goto 6
5  np3=np3-1

  x0=1.5
  y0=1.5
  axlenx=10.0
  axleny=9.0
  inc=1

c
c  write(*,*) 'output device vga=91, laser=64, ps=111'
c
  model=91
  if(cev.eq.'y') model=111
  if(model.eq.91) call plots(0, 91, 91)
  if(model.eq.64) call plots(0, 0, 64)
  if(model.eq.64) call newpen(4)
  if(model.eq.111) call plots(1, 11, 111)
  if(model.eq.111) call newpen(6)
  call plot(x0, y0, -3)
  call factor(0.625)
  call triplx
  call staxis(0.20, 0.20, 0.12, 0.12, 0)

c
  file(1:30)=title
  call symbol(1.50, 7.50, 0.20, file, 0.0, 34)
  text(1: 4)=sta
  text(5:20)=mw
  call symbol(0.20, 0.15, 0.20, text, 0.0, 20)

c
  call scale(x1,axlenx,np1,inc)
  call scale(y1,axleny,np1,inc)
  call scalg(x2,axlenx,np2,inc)
  call scale(y2,axleny,np2,inc)
  call scalg(x3,axlenx,np3,inc)
  call scale(y3,axleny,np3,inc)

c
  fx=0.01
  dx=0.4
  fy=-2
  dy=1

c
  x1(np1+1)=fx
  x1(np1+2)=dx
  x2(np2+1)=fx
  x2(np2+2)=dx
  x3(np3+1)=fx
  x3(np3+2)=dx

c
  y1(np1+1)=fy
  y1(np1+2)=dy
  y2(np2+1)=fy
  y2(np2+2)=dy
  y3(np3+1)=fy
  y3(np3+2)=dy

c
  call lgaxs(0.0, 0.0, 'Frequency', -9, axlenx, 0., fx, dx)
  call axis (0.0, 0.0, 'nm*sec' , 6, axleny, 90., fy, dy)

c
  call color(14,ierr)
  call stline(-1, 0.2, 0.0)

```

```

call lglin(x1, y1, np1, inc, 0,0, -1)

call stline(1,0, 0, 0.0)

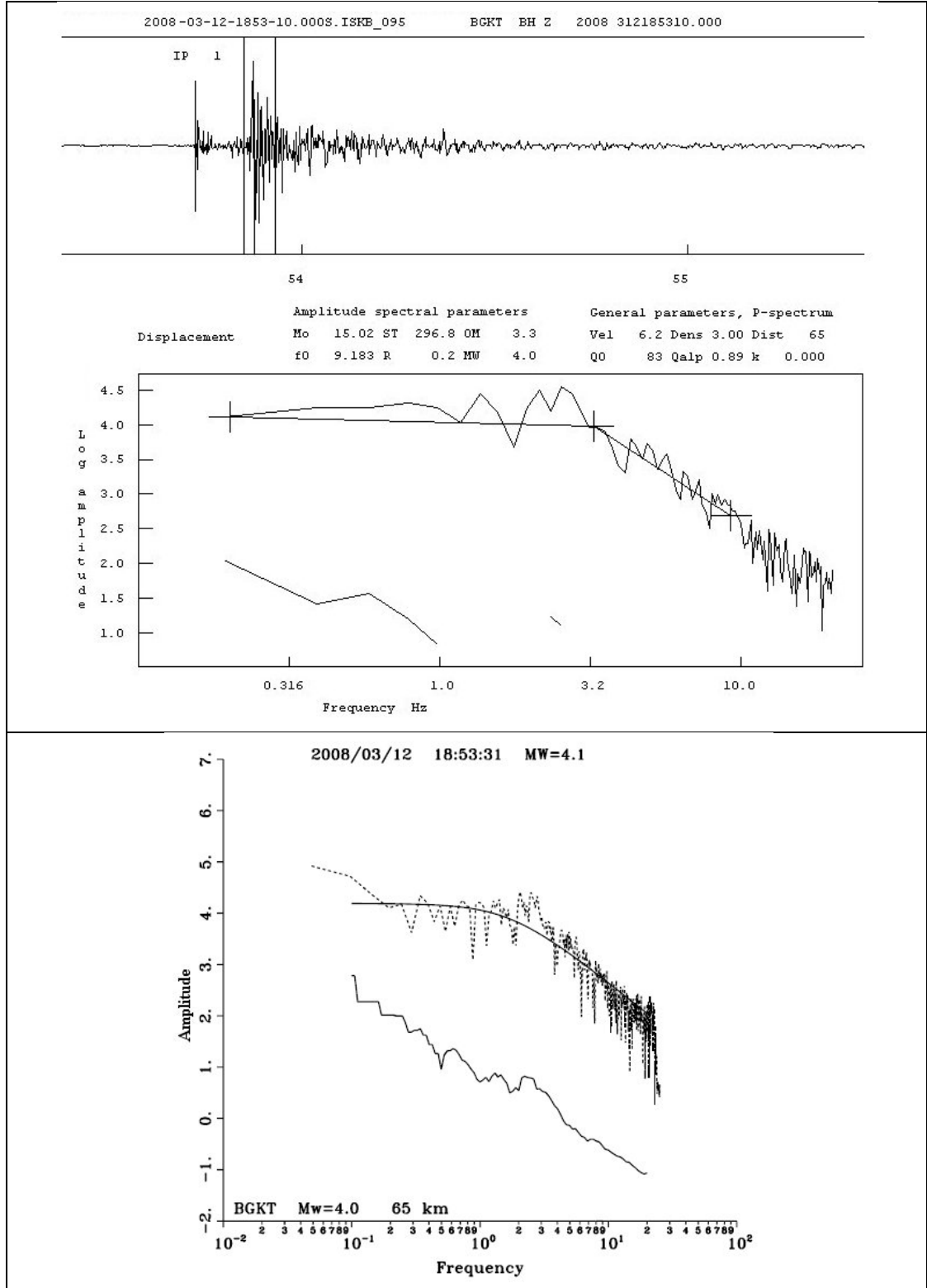
call color(10,ierr)
call lglin(x3, y3, np3, inc, 0,0, -1)

call color(12,ierr)
if(model.eq.91) then
call newpen(2)
call lglin(x2, y2, np2, inc, 0,0, -1)
endif
if(model.ne.91) call lglin(x2, y2, np2, inc, 0,0, -1)

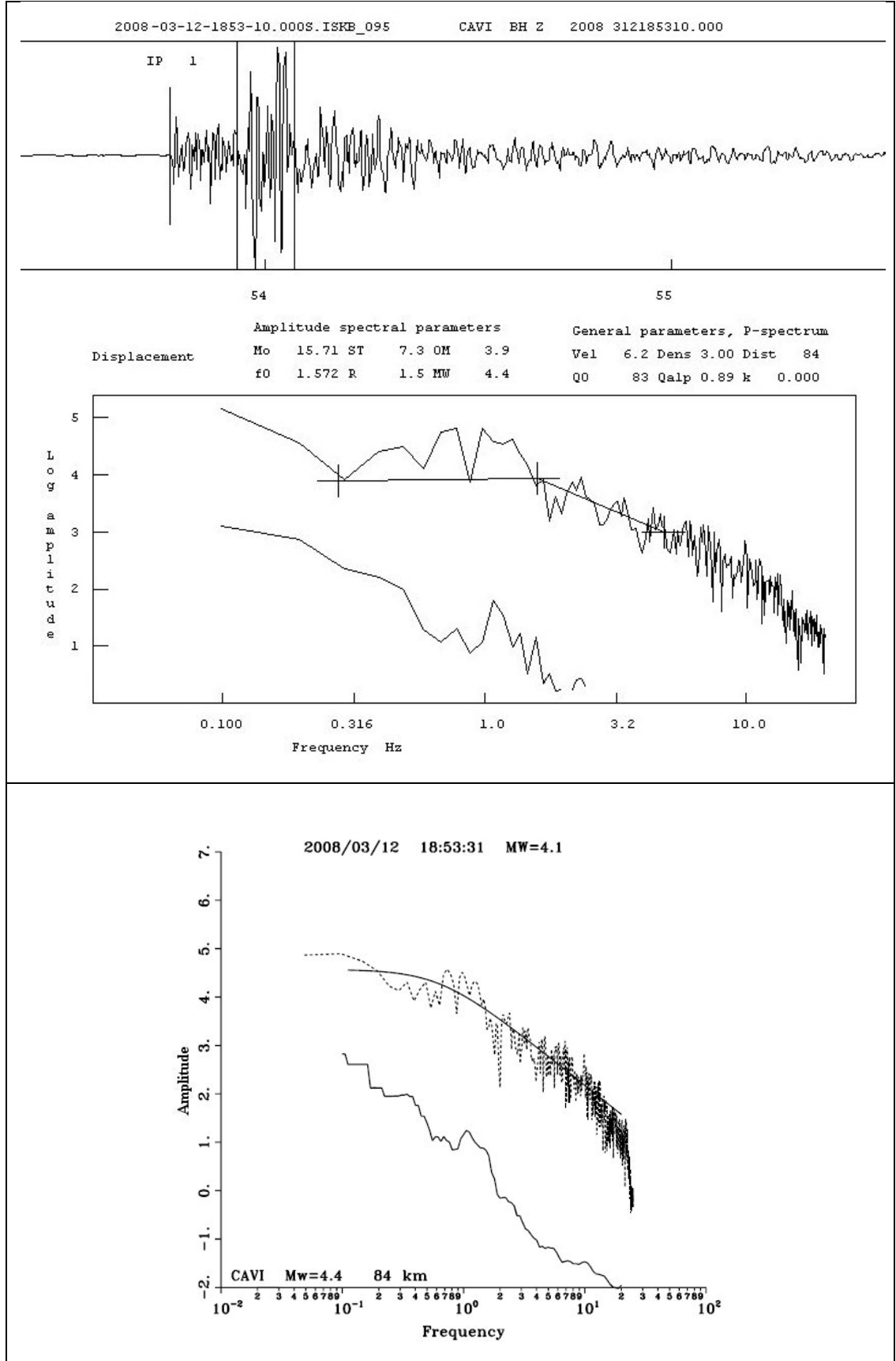
call plot(0., 0., 999)
c
    close(7)
    close(8)
    close(9)
99    goto 11
c
100   close(2)
    stop
    end
*****

```

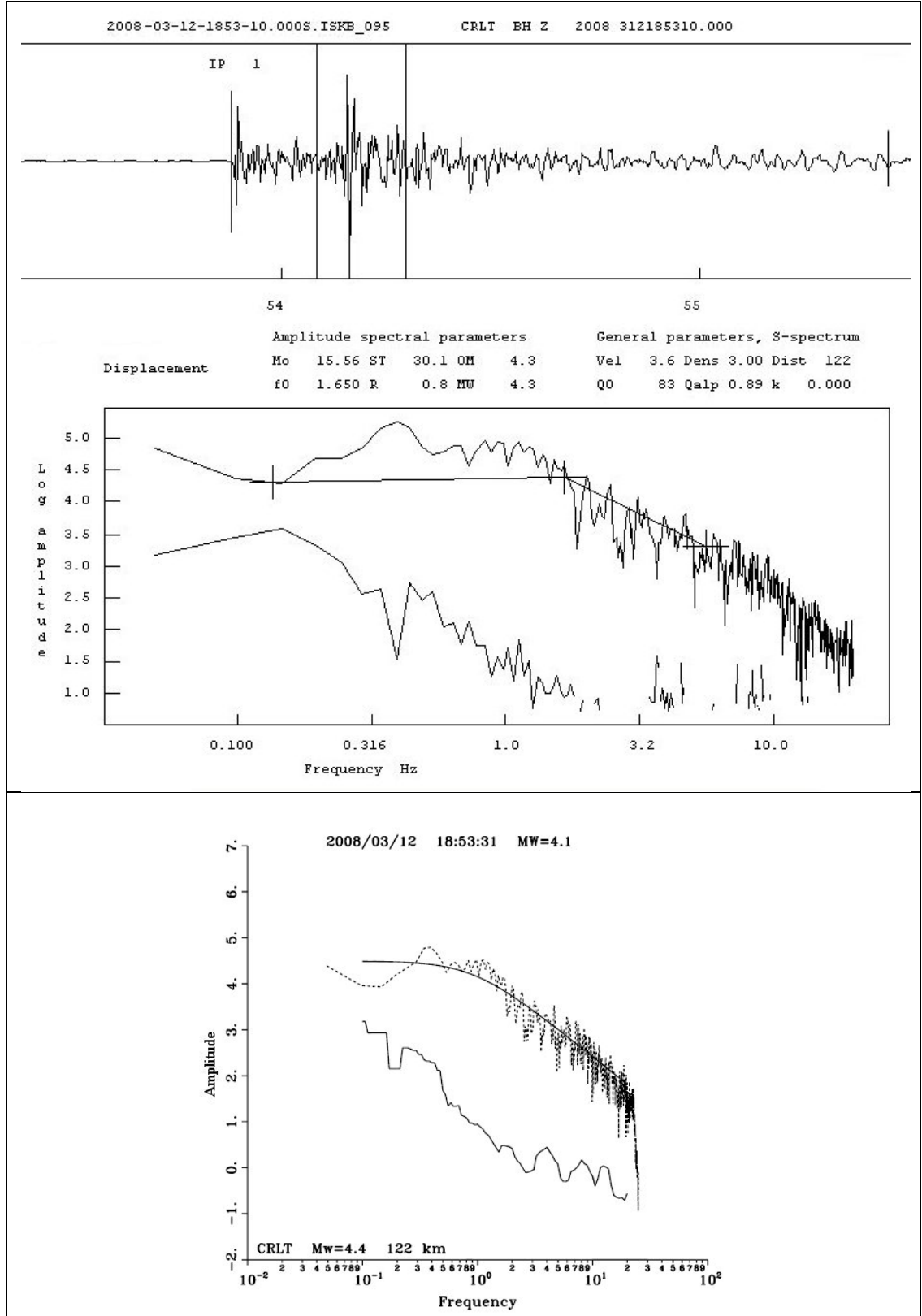
EK-D 12 Mart 2008, 18:53, $M_w=4.2$, Çınarcık-Yalova Depremi için kullanıcı denetiminde ve otomatik çözümü yapılan istasyonlara ait kaynak parametreleri



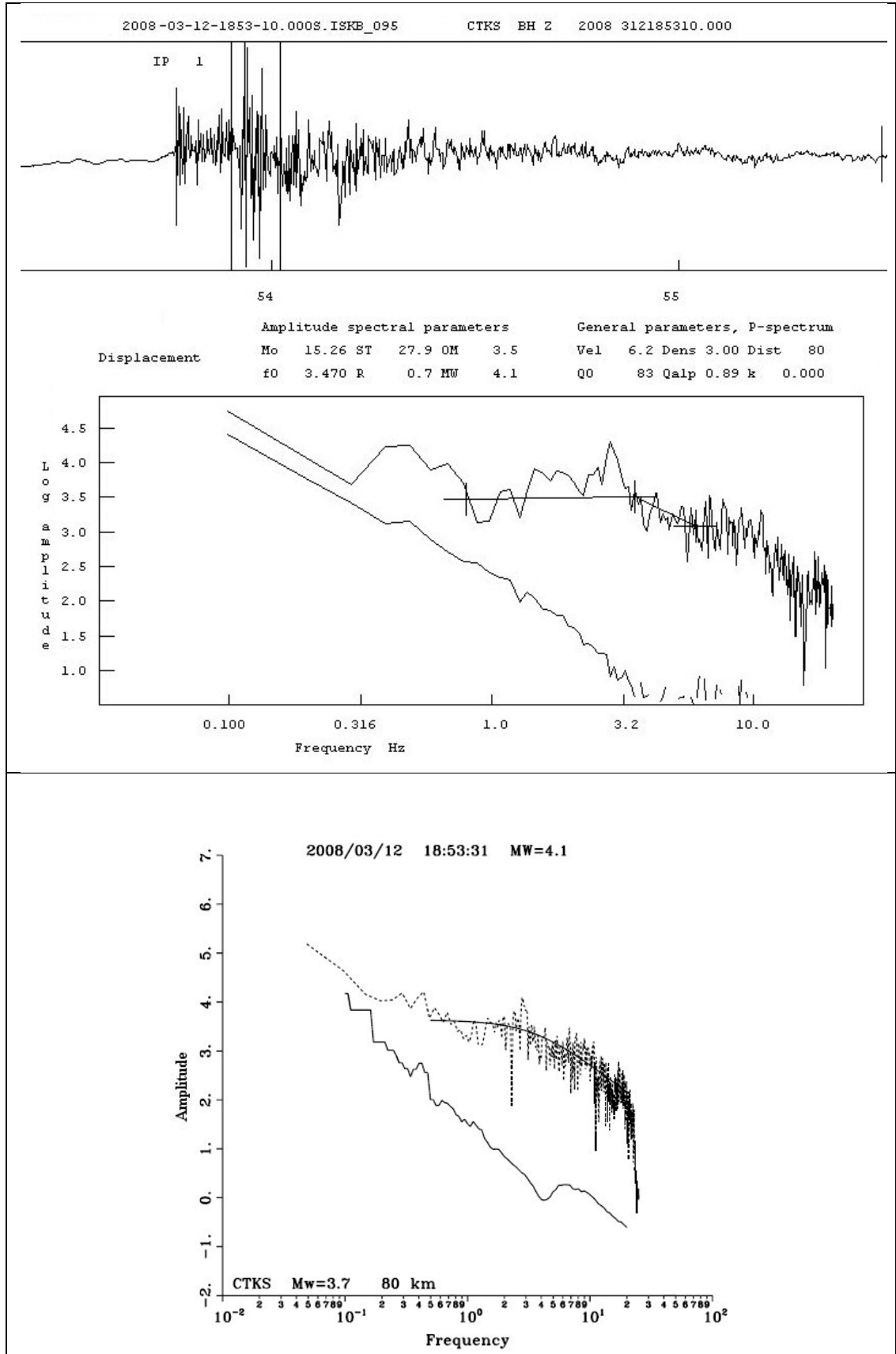
Şekil D1: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin BGKT istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.



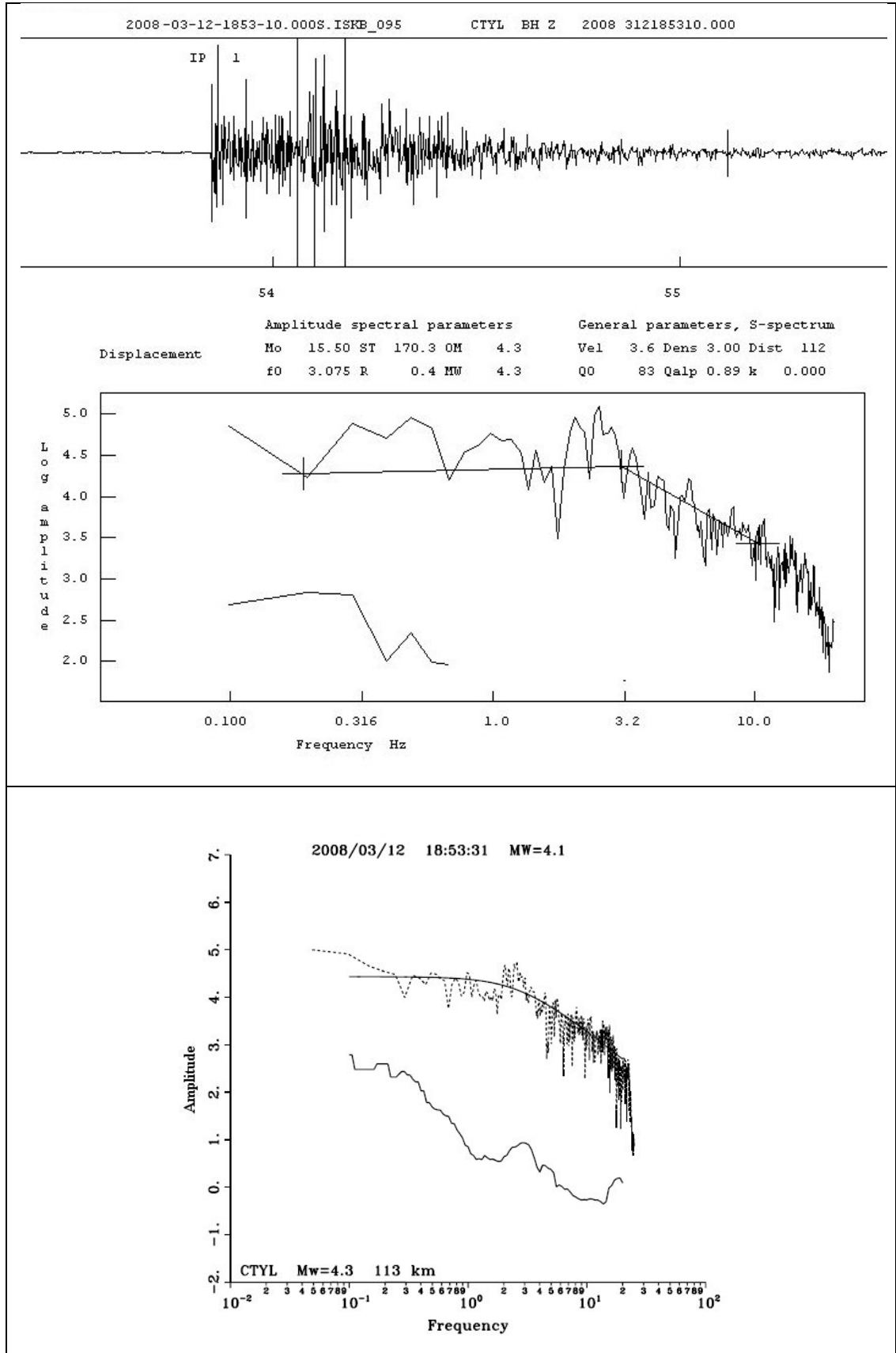
Şekil D2: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin CAVI istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.



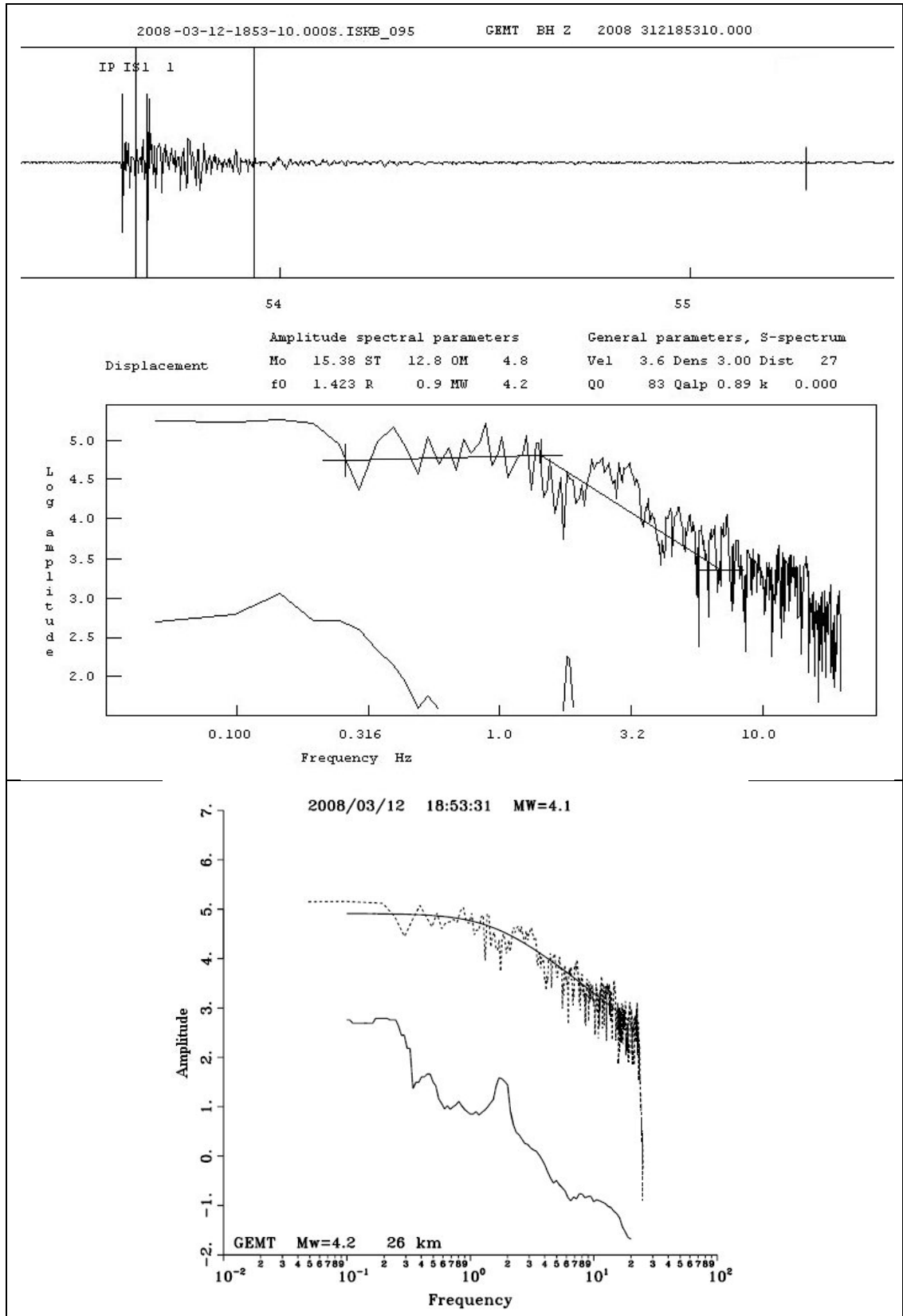
Şekil D3: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin CRLT istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.



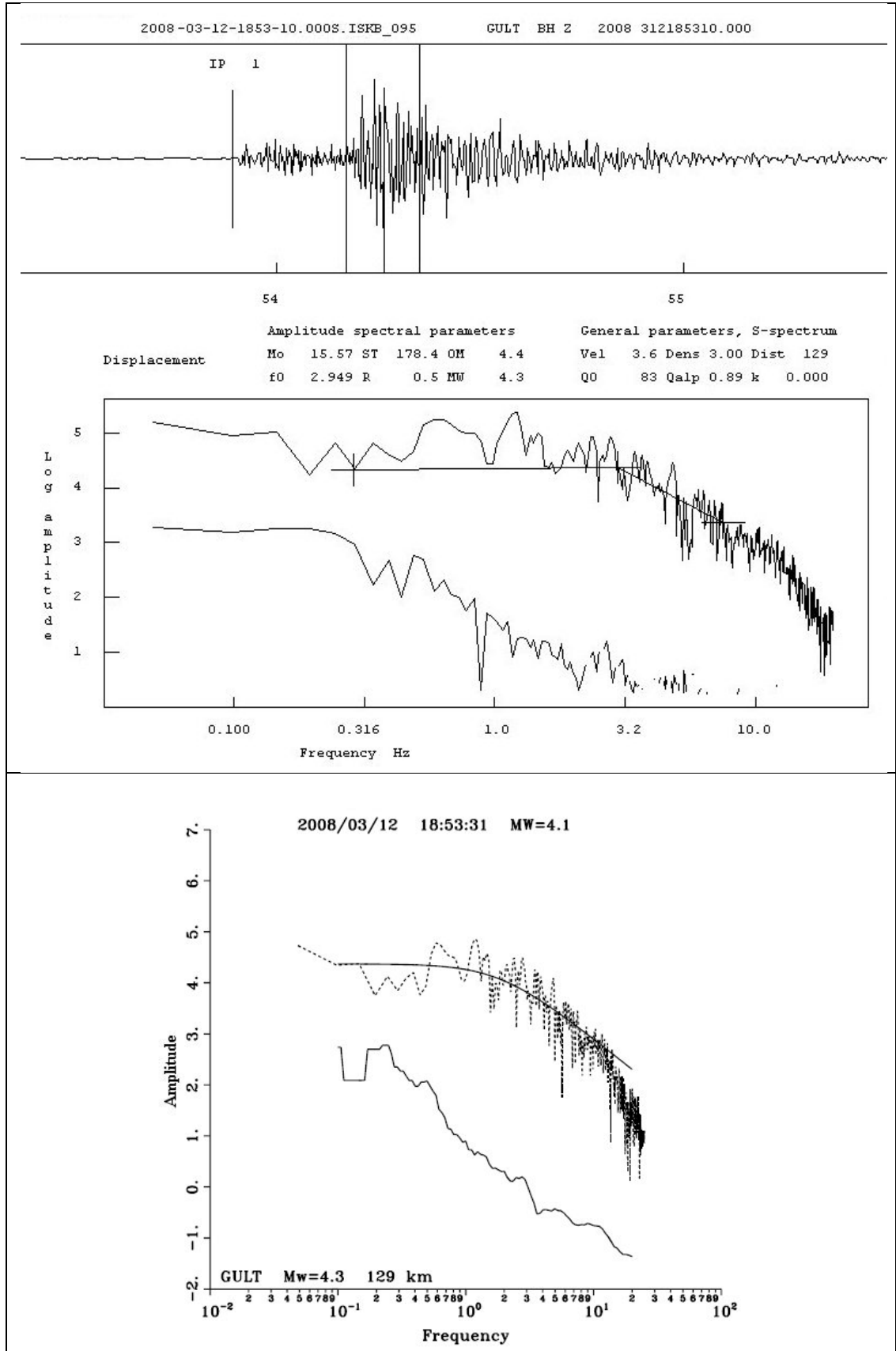
Şekil D4: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin CTKS istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.



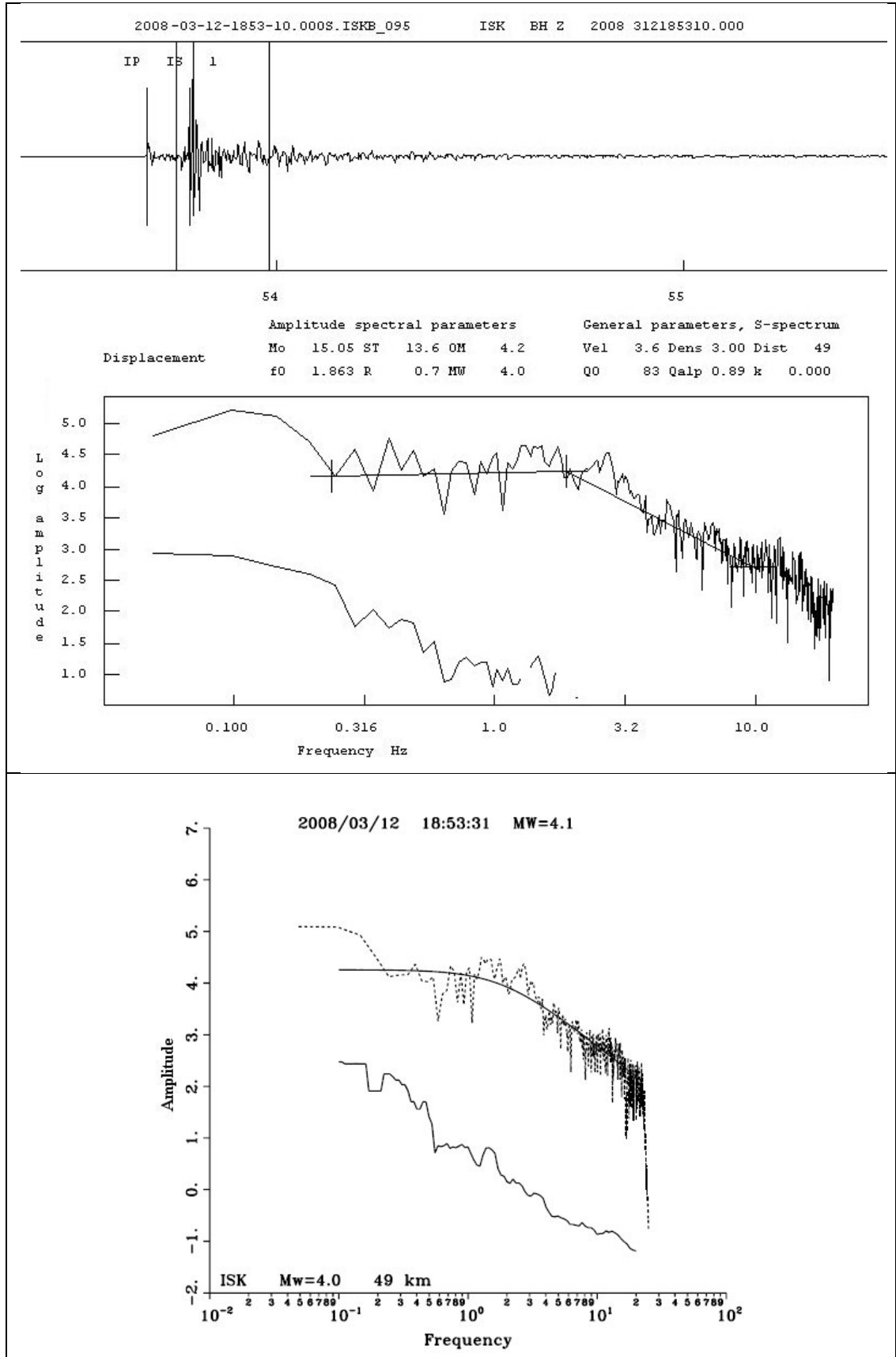
Şekil D5: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin CTYL istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.



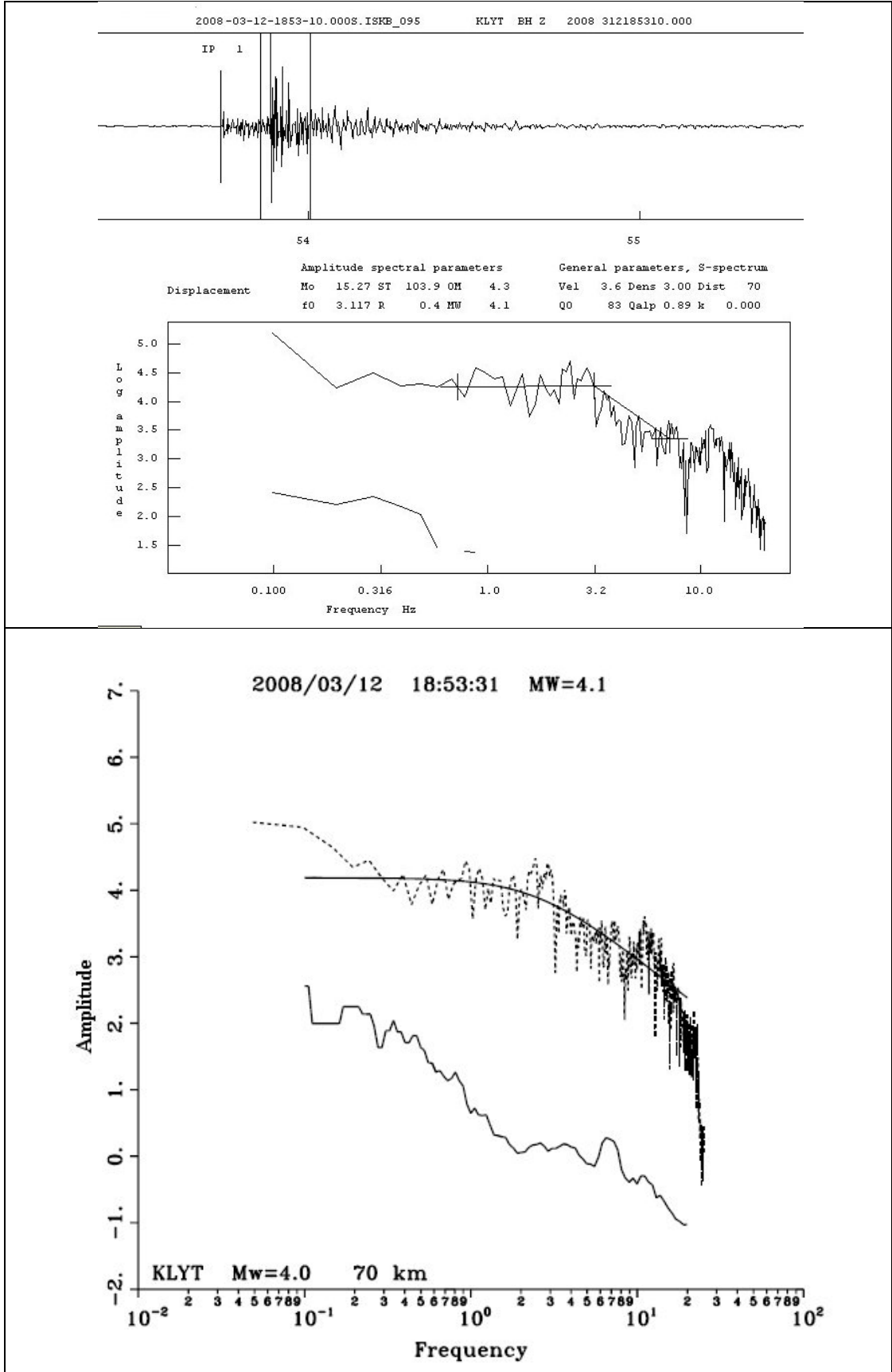
Şekil D6: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin GEMT istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.



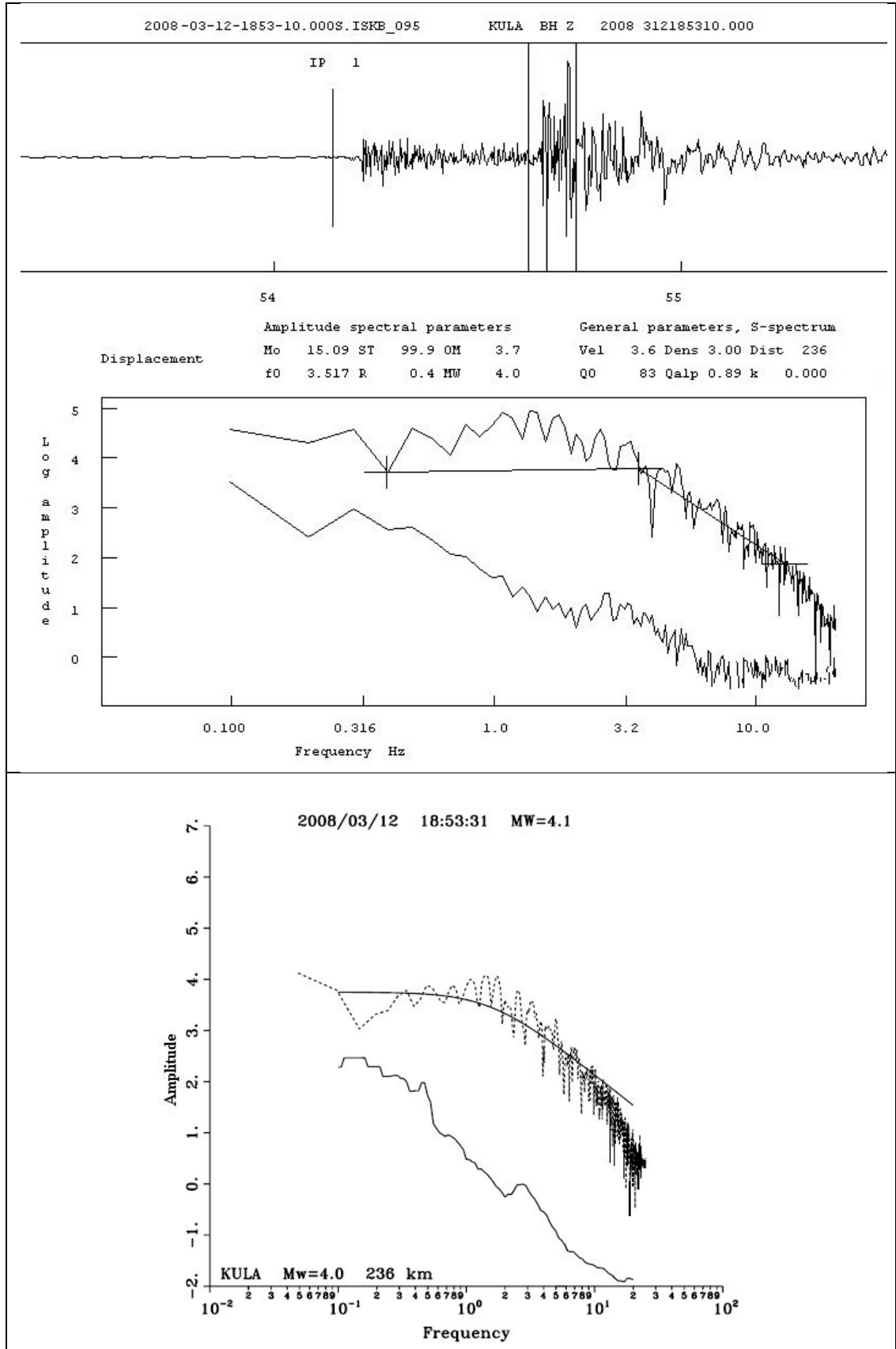
Şekil D7: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin GULT istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.



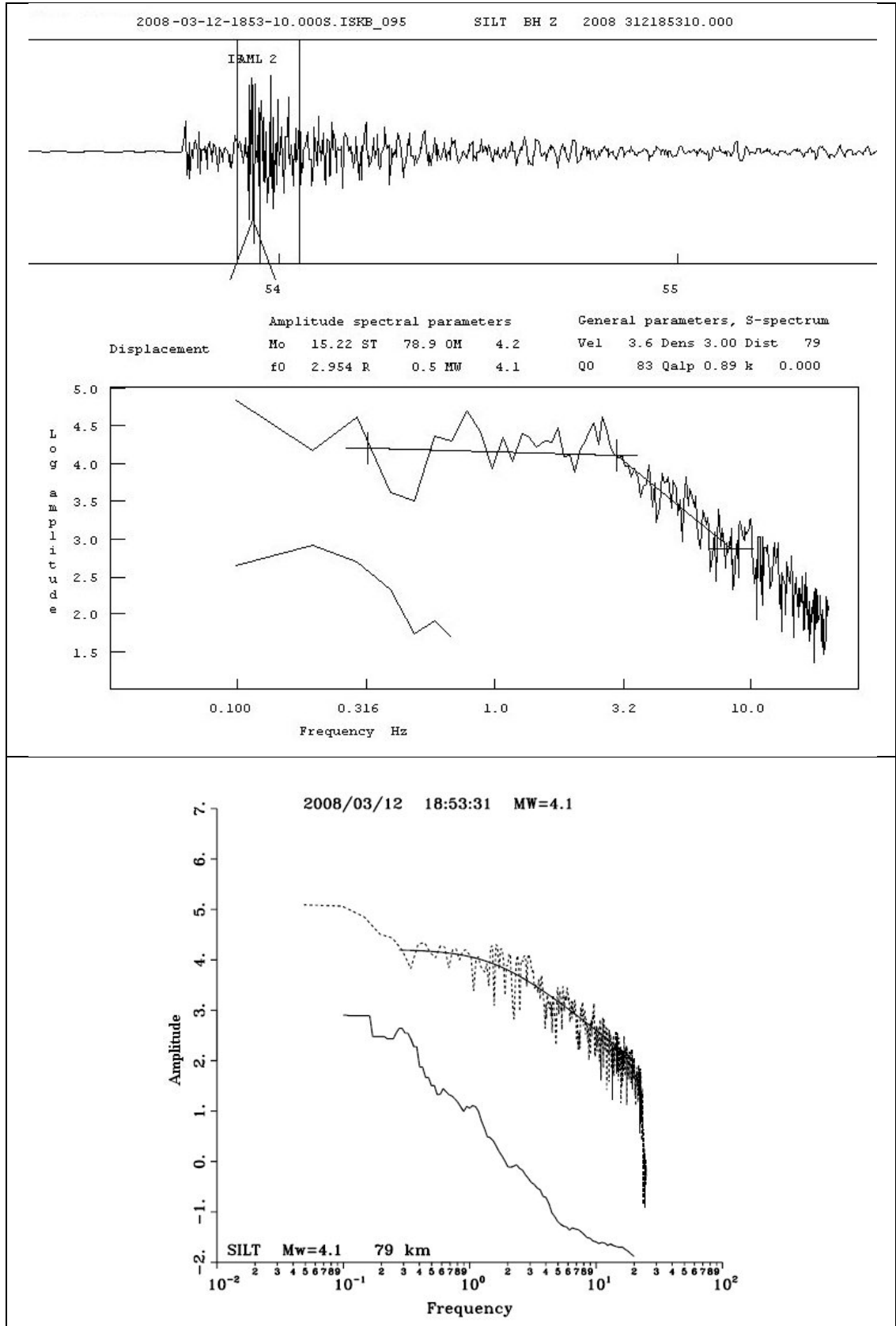
Şekil D8: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin ISK istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.



Şekil D9: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin KLYT istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözümlenmesinden elde edilen sonuçlar.



Şekil D10: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin KULA istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.



Şekil D11: 12 Mart 2008, 18:53, Çınarcık-Yalova Depreminin SILT istasyonu kaydının kullanıcı denetiminde (üstte) ve otomatik (altta) çözülmesinden elde edilen sonuçlar.

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğrenimini İstanbul'da, orta ve lise öğrenimini Kayseri'de tamamladı. 1995 yılında İstanbul Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2001 yılında Boğaziçi Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisansını tamamladı.

1999 yılından bu yana Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Merkezi Ulusal Deprem İzleme Merkezi'nde görev yapmaktadır.