

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE FREKANS
BAĞIMLI SOĞURULMA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Argun AYANOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gündüz HORASAN

Ocak 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE FREKANS
BAĞIMLI SOĞURULMA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Argun AYANOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

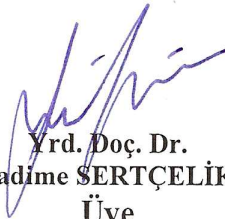
Bu tez 20 / 01 /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



**Prof. Dr.
Gündüz HORASAN
Jüri Başkanı**



**Doç. Dr.
Murat UTKUCU
Üye**



**Yrd. Doç. Dr.
Fadime SERTÇELİK
Üye**

ÖNSÖZ

Türkiye önemli bir deprem ülkesidir. Geçmişte yaşadığımız şiddetli ve yıkıcı depremler ülkemizde acı kayıplara ve zararlara neden olmuştur. Yakın zamanda meydana gelen 17 Ağustos 1999 Gölcük depremi ile 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinde ülkemizin batısı maddi ve manevi ağır sonuçlarla karşılaşmıştır. Aynı şekilde Güneydoğu Anadolu Bölgesinde geçmişte olan yıkıcı depremler, bölgede kayıplara ve zararlara neden olmuş, bölgenin kalkınmasında engelleyici bir durum oluşturan nedenler arasına girmiştir. Bu çalışma, Doğu Anadolu Fayı'nın bölge için oluşturduğu sismik riski ve aktif tektoniği, soğurulma parametresine bağlı olarak ortaya koymaya çalışmıştır. Böylelikle bölgede yapılacak çalışmalarda aktif tektonizmanın göz önünde bulundurulmasına dikkat edileceği düşünülmektedir.

Tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübesiyle her zaman bana yardımcı ve destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Gündüz HORASAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda fikir ve yardımları nedeniyle Sayın Doç. Dr. Murat UTKUCU'ya, arkadaşlarım Jeofizik Müh. Nilay BAŞARIR, Jeofizik Müh. Zeynep COŞKUN'a ve Jeofizik Yük. Müh. Aylın TAN'a teşekkür eder, bu çalışmayı bitirmem konusunda motive eden ve her zaman desteklerini gördüğüm, dostlarıma ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ JEOLJİSİ, TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ.....	3
BÖLÜM 3. SİSMİK DALGALARIN SAÇINIMI VE SOĞURULMASI.....	7
3.1. Sismik Dalgaların Saçınımı.....	7
3.2. Sismik Dalgaların Soğurulması.....	8
3.2.1. Koda dalgalarının özellikleri.....	8
BÖLÜM 4. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM VE VERİ İŞLEM UYGULAMALARI.....	11
4.1. Koda Normalizasyon Yöntemi.....	11
4.2. Çalışmada Kullanılan Veriler.....	12
4.3. Veri İşlem Uygulamaları.....	19
BÖLÜM 5. FARKLI FREKANSLAR İÇİN NORMALİZE GENLİĞİN UZAKLIĞIN FONKSİYONU OLARAK TÜM İSTASYONLARDA GÖRÜNTÜLENMESİ.	24

5.1. Malatya (MLT) İstasyonu İçin Q_s Hesabı.....	24
5.2. Şanlıurfa (URFA) İstasyonu İçin Q_s Hesabı.....	26
5.3. Pertek (PTK) İstasyonu İçin Q_s Hesabı.....	28
5.4. Sivrice (SVRC) İstasyonu İçin Q_s Hesabı.....	30
5.5. Gaziantep (GAZ) İstasyonu İçin Q_s Hesabı.....	32
BÖLÜM 6. TÜRKİYE’DE FARKLI BÖLGELERDE YAPILAN Q_s ÇALIŞMALARINA ÖRNEKLER.....	39
BÖLÜM 7. SONUÇLAR.....	42
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	48

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A(f)	: Dalga Genliği
A_c(f)	: Koda Dalga Genliği
A_s(f)	: S Dalgası Genliği
b	: Soğurulma
BZZK	: Bitlis Zagros Kenet Kuşağı
D	: İstasyon – Kaynak Arası Uzaklık
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
GAZ	: Gaziantep İstasyonu
Hz	: Hertz
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
km	: Kilometre
KRDAE	: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
M_d	: Süre Magnitüd
M_L	: Lokal Magnitüd
MLT	: Malatya İstasyonu
M.T.A.	: Maden Tetkik Arama Kurumu
PTK	: Pertek İstasyonu
SVRC	: Sivrice İstasyonu
s	: Zaman
URFA	: Şanlıurfa İstasyonu
Q	: Kalite Faktörü
Q_c	: Toplam Soğurulma Kalite Faktörü

Q_i	: Intrinsic Soğurulma Kalite Faktörü
Q_0	: 1 Hz'deki S Dalga Faktörü
Q_s	: S Dalgası Kalite Faktörü
Q_s^{-1}	: $1/Q_s$
ω	: Açısal Frekans
f	: Frekans
f^n	: Frekans Bağımlılığı
β	: Ortalama S Dalga Hızı
γ	: Geometrik Yayınım Faktörü
π	: Pi Sayısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Türkiye'nin neotektonik haritası (Şengör, 1980).....	4
Şekil 2.2.	Güneydoğu Anadolu Bölgesini etkileyen Doğu Anadolu Fay zonu (MTA).....	5
Şekil 3.1.	Güneydoğu Anadolu'da 03.01.2007 tarihinde 37.34° K enlemi ve 38.44° D boylamında oluşan ve Şanlıurfa (URFA) istasyonunda kaydedilen ML= 3.1 büyüklüğünde olan depremin sismogram üzerinde P ve S fazları ile koda dalga varışları gösterilmiştir.....	9
Şekil 4.1.	Doğu Anadolu Fayı'nı, çalışmada kullanılan depremleri (içi dolu daireler), kayıt istasyonlarını (içi dolu üçgenler) gösteren harita. PTK : Pertek, MLT: Malatya, SVRC : Sivrice, URFA : Şanlıurfa, GAZ : Gaziantep, DAF : Doğu Anadolu Fayı. Deprem verileri KRDAE veri bankasındandır.....	13
Şekil 4.2.	Çalışmada kullanılan bir depremin sismogramı ve $A_s(f)$ hesaplaması için bu sismogram üzerinden seçilen zaman penceresi.....	20
Şekil 4.3.	Çalışmada kullanılan bir depremin sismogramı ve $A_c(f)$ hesaplaması için bu sismogram üzerinden seçilen zaman penceresi	20
Şekil 4.4.	Genliklerin normalize edilerek yuvarlatma işlemi yapılmadan uzaklığın grafiği olarak çizdirimi.....	23
Şekil 4.5.	Genliklerin normalize edilerek yuvarlatma işlemi yapılmadan uzaklığın grafiği olarak çizdirimi.....	23

Şekil 5.1.a.	Malatya (MLT) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda dalga genlikleri ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemini göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-80 km arasındadır.....	24
Şekil 5.1.b.	Malatya (MLT) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, $Q_s = Q_0 f^n$ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması.....	25
Şekil 5.2.a.	Şanlıurfa (URFA) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda dalga genlikleri ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemini göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-100 km arasındadır.....	26
Şekil 5.2.b.	Şanlıurfa (URFA) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, $Q_s = Q_0 f^n$ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması.....	27
Şekil 5.3.a.	Pertek (PTK) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda dalga genlikleri ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemini göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-120 km arasındadır.....	28
Şekil 5.3.b.	Pertek (PTK) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, $Q_s = Q_0 f^n$ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması.....	29

Şekil 5.4.a.	Sivrice (SVRC) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda genliği ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemini göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-80 km arasındadır.....	30
Şekil 5.4.b.	Sivrice (SVRC) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, $Q_s = Q_0 f^n$ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması.....	31
Şekil 5.5.a	Gaziantep (GAZ) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda dalga genlikleri ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemini göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-120 km arasındadır.....	32
Şekil 5.5.b	Gaziantep (GAZ) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, $Q_s = Q_0 f^n$ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması	33
Şekil 5.6.	Merkez frekansın 8 Hz'e kadar alınması durumunda Q_s değerlerinin grafiği.....	34
Şekil 5.7.	Merkez frekansın 18 Hz'e kadar alınması durumunda Q_s değerlerinin grafiği.....	35
Şekil 5.8.	Güneydoğu Anadolu Bölgesi için seçilen tüm istasyonların 50 s kesme zamanında frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin grafiği.....	36
Şekil 5.9.	Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 50 s kesme zamanı için frekans bağımlı Q_s grafiği.....	37
Şekil 5.10.	Güneydoğu Anadolu Bölgesi 50 s kesme zamanı için frekansa bağımlı Q_s^{-1} değerlerinin grafiği	38
Şekil 6.1.	Marmara Bölgesi 50 s kesme zamanı için frekans bağımlı Q_s değerlerinin grafiği (Horasan vd., 1998).....	39

Şekil 6.2.	Güneybatı Anadolu Bölgesi için frekans bağımlı Q_s değerlerinin grafiği (Şahin ve Alptekin, 2006).....	40
Şekil 6.3.	Erzincan ve çevresi için frekans bağımlı Q_s değerlerinin grafiği (Akıncı ve Eyidoğan, 1996).....	40
Şekil 6.4.	Güneydoğu Anadolu bölgesinde hesaplanan frekans bağımlı Q_s değerinin, Türkiye’de diğer bölgelerdeki Q_s değerleriyle karşılaştırılması (Horasan vd., 1998; Şahin ve Alptekin, 2006; Akıncı ve Eyidoğan, 1996).....	41
Şekil 7.1.	Çalışma alanında, kırmızı çerçeve ile sınırlı bölgede bulunan MLT, PTK, GAZ, URFA ve SVRC istasyonlarından hesaplanan Q_0 değerlerinin dağılımı (Kırmızı düşük, beyaz yüksek Q_0 değerlerini göstermektedir).....	44

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve civarında meydana gelen bazı tarihsel depremler (Özmen, 1999 ve Atabey, 2000).....	6
Tablo 4.1. Çalışmada Q_s değerlerini hesaplamak için kullanılan depremler...	14
Tablo 4.2. Koda normalizasyon yöntemiyle, farklı frekans değerleri için hesaplanan a, b ve Q_s değerleri ($Q_s = \{(\pi * f) / (b * \beta)\}$; $\beta = 3.55$ km/s alınmıştır, Gök vd., 2003).....	21
Tablo 4.3. 50 s kesme zamanı için frekansın fonksiyonu olarak tüm istasyonlardan elde edilen Q_s değerlerinin ortalaması.....	37

ÖZET

Anahtar kelimeler: Güneydoğu Anadolu Bölgesi, heterojenite, S dalgası, koda dalgası, saçınım, soğurulma

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun doğrultu atımlı hareketi nedeniyle aktif bir tektonizma ile önemli bir depremselliğe sahiptir. Soğurulma çalışmasıyla bölgenin sismik etkinliği hakkında bilgi edinilebilir. Bu çalışmada, koda normalizasyon yöntemini kullanarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde S dalgasının frekans bağımlı soğurulması deprem verileriyle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarla bölgenin aktif tektonizması ve depremselliği ile ilgili sonuçlara varılmıştır.

Çalışmada, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsüne ait Pertek (PTK), Malatya (MLT), Sivrice (SVRC), Şanlıurfa (URFA) ve Gaziantep(GAZ) istasyonları kullanılmıştır. Bu istasyonlarda kaydedilen depremlerin episantr mesafeleri 5-110 km arasında büyüklükleri (M_d) 2.8-3.8 arasında değişmektedir. Çalışmada kullanılan deprem verileri 1.5, 3.0, 6.0, 8.0, 12 ve 18 Hz merkez frekanslarında Butterworth filtresi ile süzgeçlenmiştir. S dalgası ile koda dalgası genlik oranı, kaynak-alıcı uzaklığının fonksiyonu olarak hesaplanmış, bölgedeki Q_s soğurulma değerleri elde edilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için, $Q_s = (37 \pm 1.19) f^{1.2 \pm 0.11}$ olarak hesaplanmıştır.

A STUDY ON THE FREQUENCY DEPENDENCE OF ATTENUATION IN SOUTHEASTERN ANATOLIA

SUMMARY

Key Words: Southeastern Anatolia region, heterogeneity, S wave, coda wave, scattering, attenuation

Southeastern Anatolia region has an active tectonism and considerable seismicity due to strike-slip movement of the East Anatolian Fault Zone. The seismic risk of the region can be approximated by the attenuation value. In this study, the frequency dependent attenuation of the S wave in Southeastern Anatolia region is examined by using the coda normalization method. The results relevant with the active tectonism and seismicity of the region are deduced by the obtained results.

In the study, seismograms of the earthquake occurred along and near the East Anatolian Fault Zone recorded by Pertek (PTK), Malatya (MLT), Sivrice (SVRC), Şanlıurfa (URFA) and Gaziantep (GAZ) seismic stations operated by Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute are used. The epicentral distances of the recorded earthquakes are between 5–110 kilometers and magnitudes are between (M_d) 2.8-3.8. The selected earthquake data are filtered by Butterworth filter with central frequencies 1.5, 3.0, 6.0, 8.0, 12 ve 18 Hz in order to use in this study. The amplitude ratio of the S wave and coda wave is calculated as a function of source-receiver distance and Q_s attenuation values in the region are obtained. For Southeastern Anatolia region Q_s value is calculated as $(37 \pm 1.19) f^{1.2 \pm 0.11}$.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Arabistan levhası ile Anadolu levhası arasında sınır oluşturan Doğu Anadolu Fayı, doğrultu atımlı sol yönlü bir fay olup, 580 km. uzunluğundadır (Allen, 1969; Arpat ve Şaroğlu, 1972; 1975; Mc Kenzie, 1972, 1976; Seymen ve Aydın, 1972; Şaroğlu vd., 1987; Ambrasseys, 1989; Taymaz vd., 1991; Herece ve Akay, 1992). Doğu Anadolu Fayı, Türkiye'nin en önemli fay zonlarından birisi olup, aktif yapısıyla Güneydoğu Anadolu Bölgesini etkilemektedir. Bu nedenle Güneydoğu Anadolu Bölgesi aktif bir tektonizma ve deprenselliğe sahiptir. Bu çalışma, koda normalizasyon yöntemi kullanılarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde S dalgasının frekans bağımlı soğurulması incelenerek elde edilen sonuçlarla bölgenin deprenselliği ve aktif tektonizması hakkında yorumlarda bulunulacaktır.

Soğurulma, sismik dalgaların genliklerinin kabuk içerisindeki heterojenite (kırık, fay, magma sokulumu) ve/veya elastik olmayan etkiden dolayı zamanla ve uzaklıkla azalımıdır. Soğurulma parametresi, kabuk içindeki çatlakların dağılımına, yapıların sürekliliğine ve sıcaklık farklılıkları gibi kayaçların fiziksel durumunu açıklamada kullanılır (Aki, 1969; Aki ve Chouet, 1975; Sato, 1977; Aki 1980 a; Frankel ve diğ., 1990). Koda dalgalarının oluşum mekanizmaları üzerine ilk çalışmalar Aki (1969) ve Aki ve Chouet (1975) tarafından kodanın oluşumu üzerine modeller geliştirilmiştir. Koda dalgalarından elde edilen kalite faktörü Q , tektonik olarak aktif ve durağan bölgelerin ayırımı en iyi gösteren değişkendir. Koda normalizasyon yöntemi ile S dalgasının koda dalgasına genlik oranları istasyonlara olan uzaklığın fonksiyonu olarak çizdirilip, genlik oranının azalımından soğurulma parametresi Q_s^{-1} hesaplanmıştır (Aki, 1980; Frankel vd., 1990). Çalışmada kullanılan deprem verileri, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem ve Araştırma Enstitüsü'nün (KRDAE) PTK (Pertek), SVRC (Sivrice), MLT (Malatya), URFA (Şanlıurfa), GAZ (Gaziantep) istasyonlarından alınmıştır. İstasyonlar, geniş bantlı üç bileşen sismometrelerden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan 156 adet deprem verisinin

büyükükleri (M_d) 2.8-3.8 arasında değişmektedir. Depremlerin episantr mesafeleri 5-110 km arasında olup, derinlikleri 40 km'den daha küçüktür.

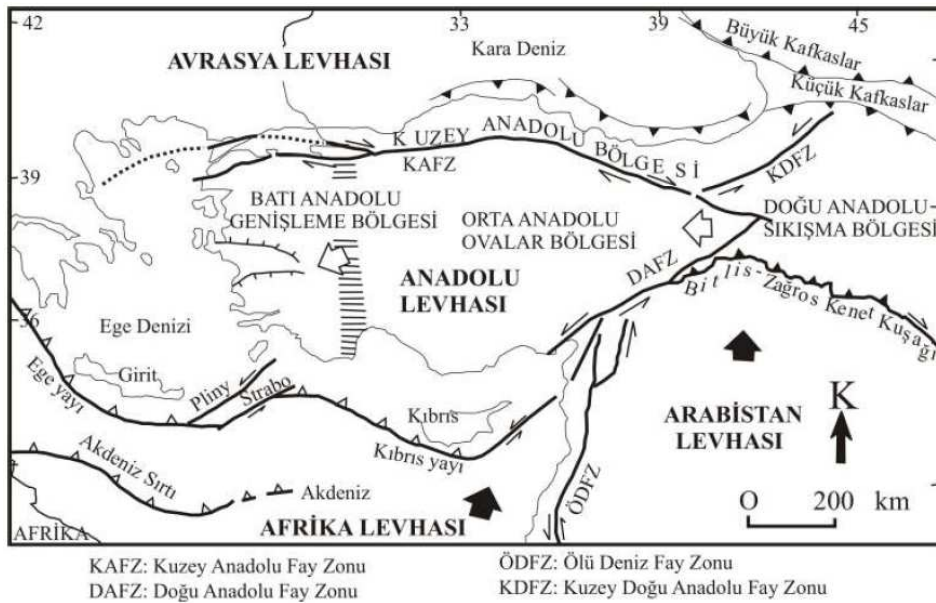
BÖLÜM 2. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ JEOLJİSİ, TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ

Afrika Plakası kendisini çevreleyen okyanus ortası sırtlarındaki ıraksayan levha sınırlarındaki hareketlilik nedeniyle sürekli kuzeye doğru hareket halinde olmuştur. Kızıldeniz'deki açılma nedeniyle Arap Plakası daha da hızlı hareket etmiş ve kuzeye doğru kaymıştır. Afrika-Arabistan ve Avrasya levhalarının kuzey-güney doğrultuda yakınsamaları sonucu Alt-Orta Mestrihtiyen'de Akdeniz'in eski atası sayılan Tetis Denizi kapanmış ve bunu takiben Tortoniyen'de (yaklaşık 10 milyon yıl önce) Arabistan ve Avrasya levhaları, Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı (BZKK) veya Güneydoğu Anadolu Bindirmesi boyunca çarpışmışlardır (Bknz. Şekil 2.1.) (Şengör, 1980). Bu dönemden Pliyosen'e kadar (2-5 milyon yıl önce) kuzey-güney yönlü sıkışmalar, kuzeyden bindiren bindirme fayları ve eksen doğrultuları yaklaşık doğu-batı istikametinde olup, BZKK'na paralel olan kıvrımlanmalar ile karşılanmıştır. Geç Pliyosen'de bu sıkışmalar, bindirme fayları ve kıvrımlanmalar ile karşılanamaz duruma gelmiş ve yanallı faylar egemen duruma geçmiştir (Perinçek ve Eren, 1990 ; Herece ve Akay, 1992; İmamoğlu, 1993, 1996). Bu arada Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) gelişmiş ve bu fay zonları boyunca Anadolu Bloğu batıya doğru hareket etmeye başlamıştır (Bknz. Şekil 2.1). Bu hareket sırasında, doğrultu atımlı fay modellerine uygun olarak KAFZ boyunca sağ yönlü, DAFZ boyunca ise sol yönlü doğrultu atım gelişmiştir.

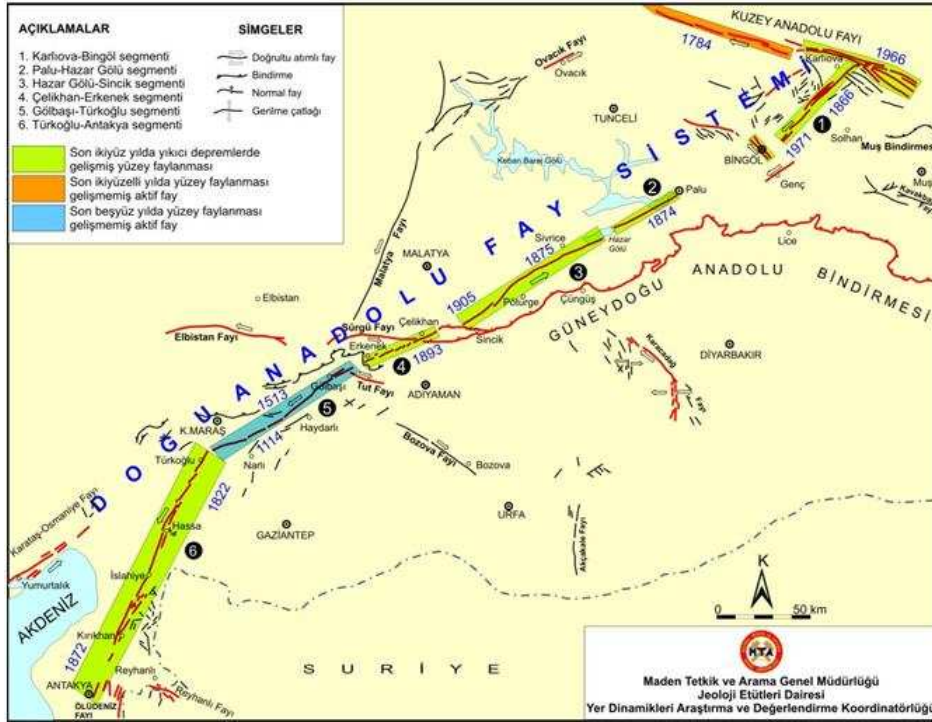
Türkiye'nin en etkin ve diri olan iki ana fay kuşağından birini oluşturan DAFZ, Karlıova-Antakya arasında 580 kilometrelik bir uzanım göstermekte olup, bölgenin jeodinamik evrimi ve depremselliğinde önemli bir rol oynamaktadır (Bknz. Şekil 2.2), (Allen, 1969; Arpat ve Şaroğlu, 1972; 1975; Mc Kenzie, 1972, 1976; Seymen ve Aydın, 1972; Ambrasseys, 1989; Taymaz vd., 1991; Herece ve Akay, 1992). Pötürge kuzeyinde Şiro Çayı boyunca batıya devam eden segment, Karakaya baraj gövdesinin 14 km. kuzeyinden geçerek, Fırat Nehri üzerinde 13 km'lik sol yönlü bir atım oluşturmaktadır (Şaroğlu vd., 1987). Güneybatıya doğru devam eden DAFZ,

Çelikhan'ın güneyinden ve Adıyaman Gölbaşı ilçe merkezinden geçerek, Gölbaşı batısında 4750 m'lik bir atım oluşturmakta (İmamoğlu, 1993, 1996) ve Kahramanmaraş'ın güneyinde, Türkoğlu'nda, çatallanmaktadır. Bir kolu doğrultu atımın yanı sıra, eğim atım karakteri de kazanarak, güneye dönerek Amanos Fayı'nı oluştururken; bir kolu da Türkoğlu'nda doğrultu değiştirmeden güneybatıya doğru devam eder ve Bahçe kuzeyinden, Osmaniye'den ve Ceyhan'ın güneyinden geçerek, Karataş'ta Akdeniz'e girer.

Son birkaç yüzyıl içinde bu fay üzerinde meydana gelen en önemli depremler, 1875 Sivrice depremi, 1893 Çelikhan depremi, 1905 Pötürge depremi, 1971 Bingöl depremi, 1975 Lice depremi (Ateş ve Bayülke, 1977), Haziran-Temmuz 1986 Sürgü depremleri (Şaroğlu vd.,1987) (Bknz Tablo 2.1).



Şekil 2.1. Türkiye'nin neotektonik haritası (Şengör, 1980)



Şekil 2.2. Güneydoğu Anadolu Bölgesini etkileyen Doğu Anadolu Fay zonu (MTA)

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, yanal atımlı faylara paralel veya yanal atımlı fay modellemelerine uygun gelişmiş, pek çok küçük fay ile Bitlis Zagros Kenet Kuşağı'na paralel birkaç küçük bindirme veya ters fay gelişmiş bulunmaktadır (Bknz. Şekil 2.2). Bu fay zonları boyunca pek çok heyelan meydana gelmektedir. Meydana gelen bu heyelanlar, bu fayların diriliğini ortaya koymaktadır.

Kandilli Rasathanesi ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü deprem kayıtları ve bu kayıtlara dayanarak yapılan Türkiye deprem etkinliği haritaları incelendiğinde, her yıl Richter ölçeğine göre magnitüd değerleri 3-4 civarında olan yüzü aşkın deprem ile 4'ü aşan onun üzerinde depremin meydana geldiği görülür (İmamoğlu, 2006).

Tablo 2.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve civarında meydana gelen bazı tarihsel depremler (Özmen, 1999 ve Atabey, 2000)

Tarih	Enlem	Boylam	Depremin Merkezi	Büyükük	Şiddet
718	37.15	38.80	Urfa		VIII
995	38.50	39.50	Palu Sivrice		VI
21.03.1003	37.10	38.80	Urfa ve yöresi		VIII
18.12.1037	37.10	38.80	Urfa		VII
29.11.1114	37.60	36.90	Maraş, Urfa, Harran		VIII
1115	37.10	38.80	Urfa	7	
05.1789	38.70	39.90	Palu Elazığ		VIII
04.05.1874	38.40	39.50	Maden Elazığ, Diyarbakır	6.1	VIII
31.03.1893	38.40	38.30	İzoli Yöresi-Malatya	6.7	IX
14.06.1964	38.35	38.30	Malatya yöresi	6.0	VIII
22.05.1971			Bingöl	6.7	VIII
06.09.1975			Lice-Diyarbakır	6.9	VIII
05.05.1986			Sürgü – Malatya	5.8	VII
06.06.1986			Sürgü – Malatya	5.6	
09.1999			Şanlıurfa	5.0	
01.05.2003			Bingöl	6.4	
11.08.2004	38.41	39.20	Sivrice - Elazığ	5.5	
12.03.2004	39.38	40.85	Karlıova - Bingöl	5.7	
14.03.2004	39.35	40.89	Karlıova – Bingöl	5.9	
26.01.2007			Karakoçan - Elazığ	4.7	
09.02.2007	38.38	39.06	Sivrice - Elazığ	5.3	
21.02.2007	38.37	39.32	Sivrice - Elazığ	5.9	
26.08.2007	39.20	41.05	Karlıova - Bingöl	5.4	

BÖLÜM 3. SİSMİK DALGALARIN SAÇINIMI VE SOĞURULMASI

3.1. Sismik Dalgaların Saçınımı

Deprem kaynağı tarafından oluşturulan birincil dalganın yayıldığı ortamda var olan heterojeniteler nedeniyle ikincil dalgaların oluşması olayı “sismik saçılma” olarak tanımlanır. Saçılma kökenli dalganın temelini P ve S dalgalarının oluşturduğu kabul edilir (Kaşlılar, 1999).

Dalganın yayıldığı ortam, rastgele ve sürekli değişim gösteriyorsa heterojen ortam söz konusudur. Dalganın seyahat ettiği ortamda saçıcı miktarın fazla olması dalganın seyahat ettiği yolun uzamasına neden olur.

Sismik dalganın saçıcıya geliş açısına bağlı olarak saçılma etkisi farklılıklar gösterir. Sato (1984) ve Aki (1980) erken gelen koda dalgalarının, geç gelen koda dalgalarına oranla daha fazla açısal bağımlılık gösterdiğini ve erken gelen koda dalgalarının kaynak yayılım örüntüsüne daha duyarlı olduğunu göstermişlerdir.

Saçılmış enerjinin büyük bölümü gelen birincil dalga doğrultusunda iletiliyorsa ileri saçılma, ters yönde iletiliyorsa geri saçılma söz konusudur.

Koda dalgaları yer içinde rastgele dağılmış saçıcılardan kaynaklandığında rastgele verilerin özelliklerini taşırlar. Koda dalgalarının rastgele bir olayın sonucu olduğu, sismogramların incelenmesi ile belirlenmiş ve bu rastgele olayı tanımlamak için rastgele ortam modelleri geliştirilmiştir.

3.2. Sismik Dalgaların Soğurulması

Soğurulma, kabuktaki elastik özellik taşımayan ortamlar ya da heterojenlikler veya her ikisinin birden sebep olduğu genlikteki azalmalarıdır. Kabuk ve manto yapısının belirlenmesinde elastik dalga yayılımının ve buna bağlı soğurulma özelliklerinin araştırılması çok önemlidir. Sismik dalgaların soğurulması, kabuk içerisindeki heterojenite ve/veya elastik olmayan etkiden dolayı dalga enerjisinin zamanla ve uzaklıkla azalmasıdır. Soğurulma parametresi, kabuk içindeki çatlakların dağılımı, yapıların sürekliliği ya da sıcaklık farklılıkları gibi kayaçların fiziksel durumunu açıklamada kullanılır (Aki, 1969; Aki ve Chouet, 1975; Sato, 1977; Aki 1980; Frankel ve diğ., 1990; Novelo-Casanova ve Lee, 1991).

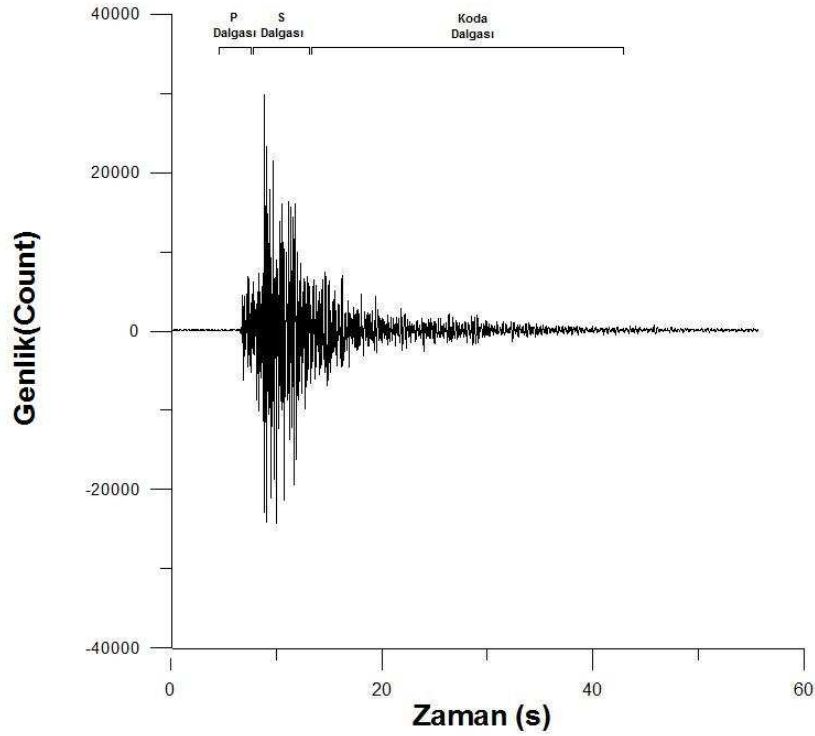
Soğurulma, koda dalgasının ya da doğrudan S ya da Lg dalgasının genliğinin, zamana ve uzaklığa bağlı olarak azalım hızından daha güçlü olduğu saptanır. Koda dalgası, S dalgasının varışından hemen sonra sismogramda gözlenen kuyruk kısmı olarak tanımlanır (Bknz. Şekil 3.1.) Kabuk içindeki ara yüzeylerden yansıyan S dalgaları ve kabukta doğrudan ilerleyen S dalgaları tarafından yaratılır.

3.2.1. Koda dalgalarının özellikleri :

Aki ve Chouet (1975), çalışmalarında koda dalgaları ile ilgili önemli özellikler saptamışlardır.

Farklı yerel depremlerin koda dalgaları güç spektrumu, zamana bağlı olarak azalmaktadır. Ancak episantr-istasyon arası uzaklığa ve sismik dalganın ilerlediği yola bağlı değildirler. Deprem büyüklüğünün $M < 6$ olması durumunda koda dalgaları güç spektrumu deprem büyüklüğünden de bağımsızdır (Aki , 1969, Aki ve Chouet, 1975).

Kısa aralıklarla yerleştirilmiş sismograflara yapılan koda çalışmaları, bu dalgaların episantrdan gelen düzgün düzlem dalgalar olmadığını göstermiştir (Aki ve Tsujiura, 1958).



Şekil 3.1. Güneydoğu Anadolu'da 03.01.2007 tarihinde 37.34° K enlemi ve 38.44° D boylamında oluşan ve Şanlıurfa (URFA) istasyonunda kaydedilen $M_L = 3.1$ büyüklüğünde olan depremin sismogram üzerinde P ve S fazları ile koda dalga varışları gösterilmiştir

Episantr uzaklığı 100 km'den az olan yerel depremlerde, koda dalgaları yaklaşık olarak episantr uzaklığı ve azimuttan bağımsızdır ve deprem büyüklüğünün saptanmasında kullanılabilir (Soloviev, 1965; Tsumura, 1967).

Koda dalgalarının oluşumu, istasyonun yerleştiği jeolojik birime bağlıdır. Sedimentlerde, granit üzerinde olduğundan 5-8 kat daha büyük olabilir (Aki, 1969). Ancak yer gürültüsünün genliği, koda uyarımına sebep olan zemin etkisi ile orantılı olduğundan değişik zeminlerde kayıt edilen toplam süreyi yerel jeolojiden bağımsız kılar. Koda dalgalarının bu özelliklerinden yola çıkarak, koda dalgalarının oluşumu ile ilgili yaklaşımlar yapılmıştır.

Koda dalgalarının atenüasyonu sismolojide önemli bir araştırma alanı olmuştur (Aki ve Chouet, 1975; Herraiz ve Espinosa, 1987). Koda dalgalarının atenüasyonuna dalgaların ortamdaki heterojenite ve engellerle etkileşimi nedeniyle scattering (saçılım) ve anelasticity (anelastik) gibi iki farklı etki neden olmaktadır.

Toplam atenüasyon her iki etkinin dahil olduğu, koda Q faktörüyle verilir, Q_c :

$$1/Q_c = 1/Q_i + 1/Q_s \quad (3.1.)$$

Koda dalgalarının ilk oluşum mekanizmaları üzerinde ilk çalışma Aki (1969) ve Aki ve Chouet (1975) tarafından yapılmış ve Aki (1980) tarafından kodanın oluşumu üzerine modeller geliştirilmiştir. Koda dalgası atenüasyonunu açıklamada pek çok model kullanılmıştır. Prensipde koda dalgalarının atenüasyonu, kabuk malzemesinin hem anelastisitesi (Q_i) hem de heterojenitesinin (Q_s) belirlenmesine olanak sağlar.

Koda normalizasyon yöntemi ile S dalgasının koda dalgasına spektral genlik oranları, depremlerin geniş bant deprem istasyonlarına olan uzaklığın fonksiyonu olarak grafikleri çizdirilmiş, genlik oranının azalımından soğurulma parametresi Q_s^{-1} hesaplanmıştır (Aki, 1980;Frankel vd.,1990).

BÖLÜM 4. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM VE VERİ İŞLEM UYGULAMALARI

4.1. Koda Normalizasyon Yöntemi

Sonsuz homojen ortamdaki doğrudan S dalgalarının Fourier dönüşümünün mutlak değeri $A_s(\omega)$ şu şekilde yazılabilir;

$$A_s(\omega) = S(\omega, \theta) R(\omega, \theta) D^{-1} \exp(-\omega D/2Q_s, \beta) \quad (4.1.)$$

t kesme zamanlarında (deprem orijin zamanından ölçülen) koda dalgalarının spektral genlikleri $A_c(\omega, t)$, S dalgasının seyahat zamanından yaklaşık iki kat daha büyüktür, şöyle yazılabilir (Rautian and Khalturin, 1978).

$$A_c(\omega, t) = S_c(\omega) R_c(\omega) C(\omega, t) \quad (4.2.)$$

Burada $S_c(\omega)$ ve $R_c(\omega)$ sırasıyla kaynak faktörü ve alıcıdaki yerel zemin etkisidir ve $C(\omega, t)$ ise koda azalım fonksiyonudur, frekans ve kesme zamanına bağlı, kaynak-alıcı uzaklığı ve doğrultusundan bağımsızdır.

$$\ln\{ D^\gamma * A_s(f) / A_c(f) \} = a - b * D \quad (4.3.)$$

formülünde, uzaklığın fonksiyonu olarak grafiği çizilmiştir. Burada; D kaynak-alıcı uzaklığı, γ geometrik yayılım etkisi, $A_s(f)$; S dalgası genliği ve $A_c(f)$: koda dalgası genliğidir. Elde edilen sonuçlar, episantr uzaklığına bağlı olarak işaretlenerek noktaları temsil eden en uygun doğru geçirilir.

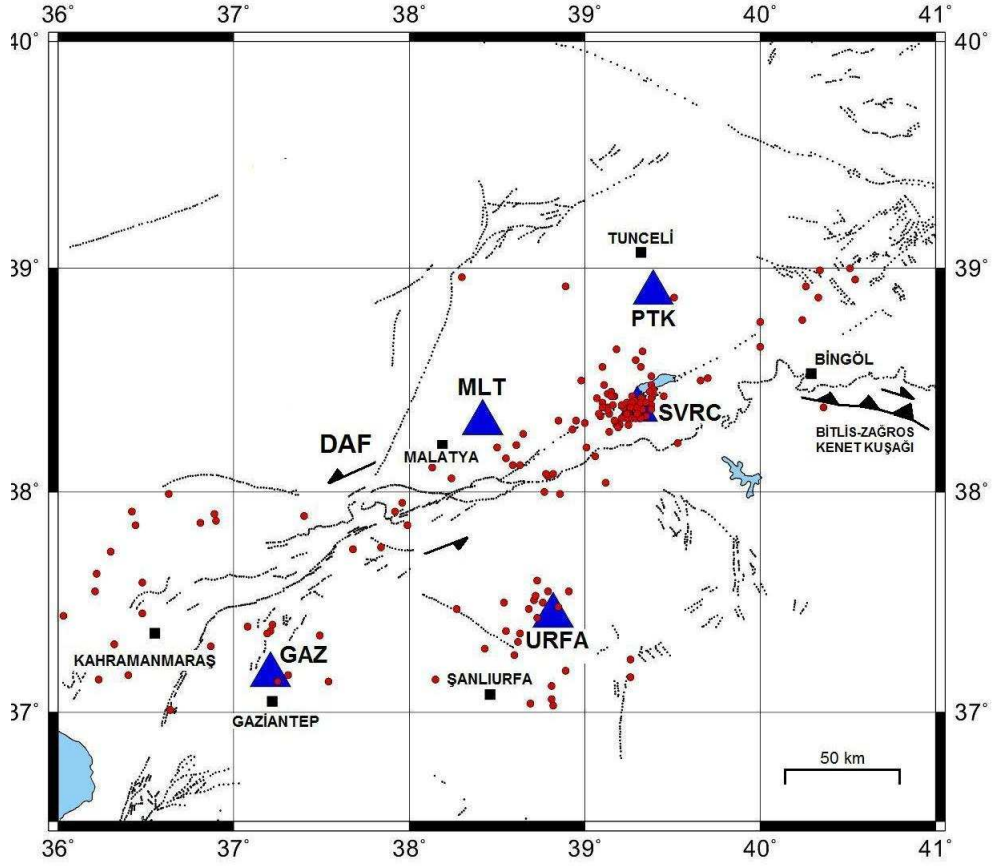
S dalgası genliğinin, koda genliğine bölünmesiyle kaynak, zemin ve alet ile ilgili etkiler giderilmektedir (Aki, 1980). Her istasyonda, elastik olmayan koşullar ya da saçınım tarafından sebep olan kabuğa ait Q_s değeri eğimden hesaplanır (Bknz. Şekil 6.1.), (Aki, 1980 a ve Frankel ve diğ., 1990).

$$Q_s = \{ (\pi * f) / (b * \beta) \} \quad (4.4.)$$

Burada b : soğurulma, f : frekans ve β : S-dalgası hızıdır [β , 3.55 km/s alındı, (Gök ve diğ., 2003)].

4.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu'da meydana gelen depremlerin beş istasyonda (MLT, URFA, PTK, SVRC, GAZ) üç bileşen olarak kaydedilen 156 tane depreme ait sismogramlar kullanılmıştır (Şekil 4.1., Tablo 4.1.). Depremler, Güneydoğu Anadolu'da ($37.00^\circ - 39.00^\circ$ N) enlem ve ($36.00^\circ - 41.00^\circ$ E) boylamları arasında olup 2007-2008 yılları arasında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından kaydedilmiştir. Seçilen depremlerin büyüklükleri (M_d) 2.8 - 3.8 arasında değişmektedir. Depremlerin episantr uzaklıkları ise 5 km ile 110 km arasında olup derinlikleri 40 km'den küçüktür. Malatya (MLT) ve Şanlıurfa (URFA) istasyonlarının sismograf tepki fonksiyonu 0.05-20 Hz'dir. Pertek (PTK), Sivrice (SVRC) ve Gaziantep (GAZ) istasyonlarının sismograf tepki fonksiyonu ise 0.02-50 Hz'dir.



Şekil 4.1. Doğu Anadolu Fayı'nı, çalışmada kullanılan depremleri (içi dolu daireler), kayıt istasyonlarını (içi dolu üçgenler) gösteren harita. PTK : Pertek, MLT : Malatya, SVRCE : Sivrice, URFA : Şanlıurfa, GAZ : Gaziantep, DAF : Doğu Anadolu Fayı. Deprem verileri KRDAE veri bankasındadır

Tablo 4.1. Çalışmada Qs değerlerini hesaplamak için kullanılan depremler

No	Tarih Yıl Ay Gün	Oluş Zamanı Sa:Dk:Sn	Enlem (N)	Boylam (E)	Derinlik	Büyüklüğü Magnitüd (Md)
1	03.01.2007	05.32.35.75	37.34	38.44	6.30	3.10
2	03.01.2007	13.13.32.30	37.47	38.27	12.10	2.90
3	03.01.2007	23.17.09.25	37.99	38.86	3.10	3.70
4	04.01.2007	00.53.36.89	38.00	38.77	5.00	3.80
5	27.01.2007	02.45.27.73	38.76	40.00	10.10	3.00
6	05.02.2007	09.15.19.58	38.92	40.26	10.60	3.40
7	09.02.2007	03.02.13.16	38.43	39.17	8.10	3.20
8	09.02.2007	08.51.51.02	38.34	39.09	2.00	3.80
9	09.02.2007	22.00.41.51	38.38	39.13	4.40	3.40
10	13.02.2007	07.41.03.71	38.26	38.65	5.00	3.50
11	15.02.2007	18.06.46.50	38.44	39.13	2.10	3.20
12	15.02.2007	22.07.39.34	38.15	38.55	10.90	2.80
13	17.02.2007	05.39.48.58	38.48	39.11	14.40	3.60
14	19.02.2007	11.59.54.22	38.77	40.24	6.40	2.80
15	21.02.2007	13.24.11.92	38.33	39.24	3.50	3.40
16	21.02.2007	14.33.37.19	38.59	39.29	17.10	3.00
17	21.02.2007	20.53.58.17	38.40	39.24	3.10	3.40
18	21.02.2007	21.32.57.71	38.40	39.27	7.00	3.10
19	22.02.2007	07.55.43.60	38.52	39.38	7.10	3.10
20	22.02.2007	10.28.48.29	38.40	39.10	3.00	3.10
21	22.02.2007	18.54.38.13	38.30	39.25	7.60	3.30
22	22.02.2007	19.32.50.72	38.56	39.32	37.10	3.00
23	22.02.2007	20.58.59.56	38.35	39.25	3.50	3.10
24	23.02.2007	00.40.35.55	38.35	39.24	9.20	3.60
25	23.02.2007	07.41.42.24	38.43	39.27	11.40	3.00
26	23.02.2007	11.13.13.91	38.33	39.27	2.00	3.10
27	23.02.2007	16.28.26.74	38.43	39.16	27.80	3.30
28	25.02.2007	02.47.36.35	38.42	39.38	1.60	3.50
29	25.02.2007	06.01.47.66	38.44	39.39	2.10	3.20
30	25.02.2007	08.09.17.89	38.35	39.24	2.70	3.70

Tablo 4.1.'in devamı

31	25.02.2007	13.24.53.62	38.33	39.21	2.70	3.20
32	25.02.2007	14.01.11.05	38.37	39.29	3.20	3.40
33	25.02.2007	15.36.35.49	38.35	39.24	2.80	3.10
34	25.02.2007	15.38.10.23	38.38	39.22	5.70	3.40
35	26.02.2007	08.17.46.75	38.39	39.31	5.00	3.50
36	27.02.2007	09.02.43.02	37.50	38.76	1.00	2.90
37	27.02.2007	11.38.42.80	38.30	39.20	5.70	2.90
38	01.03.2007	13.20.06.65	38.06	38.24	5.00	3.40
39	02.03.2007	09.17.47.27	38.64	39.18	5.00	3.00
40	03.03.2007	17.35.00.35	38.33	39.31	4.20	3.10
41	02.03.2007	00.40.30.22	38.27	39.14	1.80	3.40
42	04.03.2007	22.18.03.15	38.34	39.35	6.80	3.00
43	06.03.2007	17.21.41.35	38.37	39.33	8.10	3.50
44	06.03.2007	22.18.33.17	38.33	39.29	5.00	3.40
45	07.03.2007	01.09.25.55	38.08	38.78	10.60	3.00
46	08.03.2007	03.46.08.22	38.99	40.34	40.10	3.20
47	09.03.2007	18.13.14.57	37.51	38.71	3.20	2.90
48	11.03.2007	03.43.47.23	38.87	39.51	8.10	3.00
49	12.03.2007	08.17.12.92	37.14	37.25	7.00	3.10
50	14.03.2007	18.45.17.97	38.48	39.38	15.70	3.40
51	15.03.2007	01.10.30.81	37.48	38.85	2.00	2.80
52	16.03.2007	17.50.36.42	38.41	39.28	3.70	3.70
53	20.03.2007	12.16.45.12	38.45	39.15	5.00	3.10
54	20.03.2007	15.14.19.81	38.40	39.27	19.80	3.20
55	21.03.2007	03.06.30.87	38.08	38.82	2.20	3.20
56	26.03.2007	23.48.43.64	38.38	39.30	20.40	3.20
57	29.03.2007	21.59.26.22	38.42	39.33	6.70	3.50
58	05.04.2007	16.26.24.30	37.12	38.81	5.30	3.00
59	12.04.2007	06.53.23.98	37.55	36.21	2.90	3.10
60	19.04.2007	01.26.22.00	37.91	37.92	9.40	3.10

Tablo 4.1'in devamı

61	19.04.2007	23.31.36.56	37.85	36.44	6.90	3.50
62	20.04.2007	12.41.28.00	38.30	39.18	7.20	3.20
63	20.04.2007	17.22.18.81	38.38	39.26	15.20	3.60
64	28.04.2007	18.53.00.66	37.24	39.26	7.00	3.00
65	28.04.2007	19.39.26.54	38.42	39.32	6.50	3.00
66	29.04.2007	10.51.43.37	38.87	40.33	5.00	2.90
67	01.05.2007	05.08.41.40	38.38	40.36	4.40	3.10
68	01.05.2007	22.53.30.81	38.33	39.32	7.00	3.50
69	01.05.2007	23.38.39.59	37.39	37.08	7.00	2.80
70	01.05.2007	23.54.44.35	38.42	39.32	5.00	3.10
71	02.05.2007	08.00.40.26	38.56	39.10	5.00	2.80
72	03.05.2007	02.37.16.54	38.04	39.12	25.80	2.90
73	16.05.2007	17.55.57.97	38.28	38.93	7.00	3.00
74	17.05.2007	15.15.30.69	37.63	36.22	12.50	3.00
75	18.05.2007	13.09.34.83	38.63	39.33	7.00	3.00
76	19.05.2007	22.46.20.89	38.43	39.45	7.00	2.80
77	19.05.2007	23.49.15.71	37.85	37.99	7.00	3.40
78	20.05.2007	17.55.31.40	37.40	37.22	7.00	2.90
79	23.05.2007	01.59.37.78	38.42	39.07	6.70	2.90
80	24.05.2007	08.28.37.51	39.00	40.51	7.20	3.00
81	24.05.2007	17.17.54.28	38.40	39.32	8.30	3.60
82	25.05.2007	00.59.17.89	38.95	40.54	7.00	2.90
83	25.05.2007	02.45.43.97	37.37	37.21	6.30	3.00
84	26.05.2007	00.46.18.09	37.36	37.19	7.00	2.90
85	30.05.2007	09.17.30.15	37.45	36.48	6.80	3.40
86	01.06.2007	23.44.30.96	38.22	39.53	7.20	2.90
87	01.06.2007	23.25.18.85	38.35	39.14	6.90	3.50
88	06.06.2007	18.05.28.48	38.37	39.13	7.00	3.10
89	07.06.2007	01.57.36.97	37.31	36.32	3.70	3.20
90	08.06.2007	06.36.57.36	38.35	39.08	7.00	3.10

Tablo 4.1'in devamı

91	11.06.2007	19.58.23.27	37.99	36.63	9.80	3.30
92	12.06.2007	14.02.40.44	38.46	39.39	7.00	2.90
93	13.06.2007	09.41.10.69	37.89	37.40	5.00	3.50
94	15.06.2007	17.51.01.47	38.50	38.98	7.30	2.80
95	19.06.2007	19.21.54.76	38.29	39.19	7.00	2.80
96	21.06.2007	19.23.37.55	38.96	38.30	7.00	3.10
97	24.06.2007	00.31.02.20	38.45	39.37	7.00	2.90
98	26.06.2007	17.48.22.29	38.32	39.17	5.00	3.20
99	27.06.2007	03.06.39.83	37.17	36.40	5.00	3.20
100	28.06.2007	23.25.35.48	38.39	39.38	7.00	2.80
101	30.06.2007	08.49.36.90	37.74	37.68	6.90	3.00
102	30.06.2007	09.14.12.80	38.32	38.95	7.00	2.90
103	11.07.2007	22.27.40.14	38.40	39.35	22,80	3.20
104	03.08.2007	13.47.17.13	38.37	39.38	1.10	3.60
105	08.07.2007	22.27.47.62	38.65	40.00	7.10	3.30
106	09.07.2007	19.46.25.00	38.38	39.10	9.80	3.20
107	10.07.2007	01.12.29.76	38.43	39.15	7.00	3.10
108	11.07.2007	10.02.41.62	37.87	36.90	8.90	3.80
109	20.07.2007	12.44.58.85	37.55	38.91	7.20	3.10
110	21.07.2007	10.39.30.85	37.75	37.84	7.00	3.00
111	21.07.2007	23.13.29.63	38.31	39.00	7.10	3.00
112	22.07.2007	07.30.10.28	37.59	36.48	7.00	2.90
113	22.07.2007	18.04.37.84	37.01	36.64	7.10	3.10
114	24.07.2007	21.27.30.85	38.11	38.13	7.00	2.90
115	26.07.2007	17.05.03.85	37.16	39.26	7.10	3.00
116	28.07.2007	06.56.11.82	37.55	38.79	7.00	2.90
117	31.07.2007	08.46.10.44	37.91	36.42	8.00	2.90
118	03.08.2007	13.47.17.13	38.37	39.38	1.10	3.60
119	08.08.2007	01.12.04.77	38.51	39.70	16.70	2.80
120	08.08.2007	02.41.15.61	38.50	39.66	13.00	3.30

Tablo 4.1.'in devamı

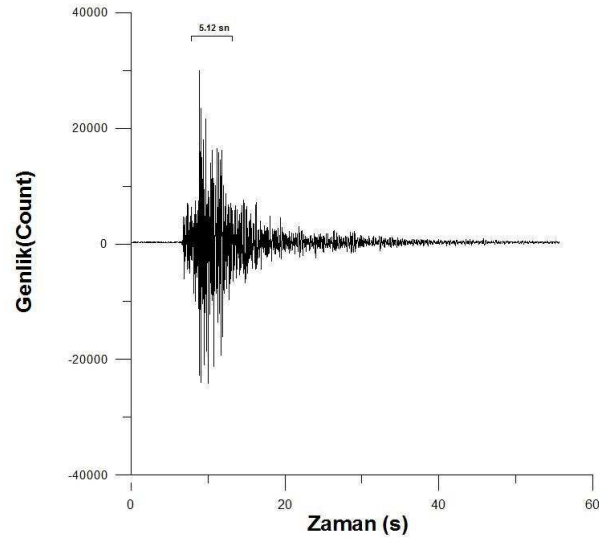
121	12.08.2007	20.21.18.11	37.44	36.03	7.00	3.00
122	20.08.2007	07.09.22.99	37.90	36.89	7.10	3.00
123	20.08.2007	16.33.19.21	37.86	36.81	7.00	2.90
124	20.08.2007	16.48.17.95	38.39	39.16	5.80	2.80
125	22.08.2007	23.50.51.74	38.35	39.30	6.90	2.90
126	24.08.2007	20.30.20.34	38.12	38.59	7.30	3.00
127	25.08.2007	03.40.32.64	38.92	38.89	5.80	3.00
128	29.08.2007	10.26.01.80	37.17	37.31	6.90	2.80
129	31.08.2007	15.29.54.78	37.73	36.30	7.00	3.50
130	03.09.2007	14:48:06.96	37.04	38.69	7.00	2.90
131	06.09.2007	11:08:20.24	37.47	38.68	7.10	2.90
132	06.09.2007	17:52:11.67	37.43	38.73	7.00	2.90
133	07.09.2007	16:01:06.22	38.12	38.63	3.10	3.30
134	07.09.2007	09.10.56.35	37.35	37.49	7.20	2.90
135	07.09.2007	16:01:06.22	38.12	38.63	3.10	3.30
136	14.09.2007	01.29.08.85	37.15	36.23	7.10	3.30
137	19.09.2007	01:08:59.41	38.20	38.50	7.00	3.10
138	20.09.2007	09:20:54.11	38.32	38.85	15.40	3.40
139	21.09.2007	21:51:60.00	38.39	39.21	15.70	3.20
140	08.10.2007	00:02:49.78	37.15	38.15	7.00	2.80
141	09.10.2007	18:51:02.52	38.21	38.61	12.00	3.10
142	10.10.2007	19:12:36.32	37.95	37.96	4.40	3.70
143	15.10.2007	07:18:53.69	38.20	39.01	7.00	2.90
144	17.10.2007	08.00.51.37	37.14	37.54	7.00	3.00
145	20.10.2007	05.30.04.65	37.30	36.87	22.60	3.00
146	21.10.2007	01:30:30.84	37.60	38.73	3.00	2.90
147	26.10.2007	12:01:54.88	37.03	38.82	7.00	2.90
148	06.11.2007	13:42:22.95	37.06	38.81	7.00	3.10
149	07.11.2007	20:05:12.43	38.16	39.06	5.00	2.80
150	16.11.2007	13:46:08.51	37.26	38.60	6.40	2.80

Tablo 4.1.'in devamı

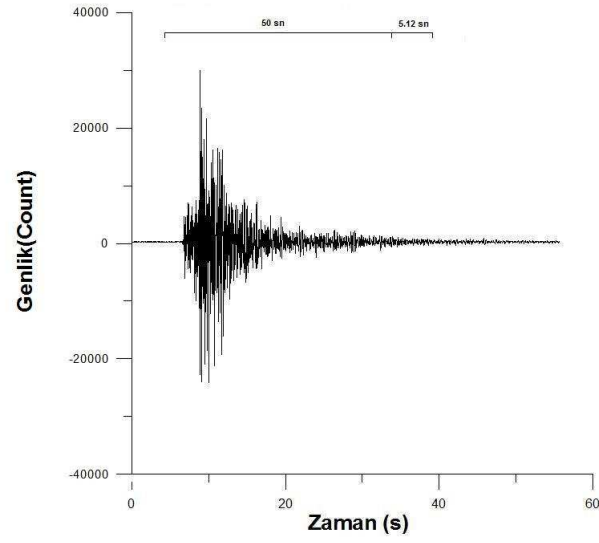
151	03.01.2008	23:38:13.81	37.53	38.72	7.00	3.00
152	06.01.2008	14:27:13.15	37.19	38.89	9.20	3.10
153	17.01.2008	23:12:11.50	37.32	38.62	7.10	2.90
154	22.01.2008	01:44:21.86	37.37	38.55	12.20	3.40
155	03.02.2008	07:01:06.19	37.36	38.63	7.00	3.00
156	03.02.2008	07:28:02.16	37.50	38.54	7.00	3.10

4.3. Veri İşlem Uygulamaları

S dalgası ve koda dalgası için zaman penceresi 5.12 saniye alınmıştır. Bu çalışmada tüm depremler için kesme zamanı (lapse time) 50 saniyedir (Bknz. Şekil 4.2, Şekil 4.3). Zaman pencerelerinde seçilen sinyallere sırası ile Hanning penceresi, Butterworth filtresi, Fourier dönüşümü ve yuvarlatma işlemleri uygulanmıştır. Zaman ortamındaki sinyaller 1-2 Hz, 2-4 Hz, 4-8 Hz, 6-10 Hz, 10-14 Hz ve 14-22 Hz aralıklarında band pass filtre ile süzgeçlenmiştir. Dolayısıyla merkez frekanslar 1.5, 3, 6, 8, 12 ve 18 Hz olarak alınmıştır. Malatya(MLT) ve Şanlıurfa(URFA) istasyonları için örnekleme aralığı saniyede 20 örnek olduğundan dolayı merkez frekanslar 1.5, 3, 6 ve 8 Hz'e kadar alınmıştır. Pertek(PTK), Sivrice(SVRC) ve Gaziantep(GAZ) istasyonlarında örnekleme aralığı saniyede 50 olduğundan merkez frekanslar 1.5, 3, 6, 8, 12 ve 18 Hz'e kadar alınmıştır. Her bir merkez frekans için normalize genlikler uzaklığın fonksiyonu olarak çizdirilmiştir. Saçılmayı azaltmak amacıyla seçilen bir ΔD uzaklığı (20 km) alınarak yuvarlatma işlemi yapılmıştır (Bknz. Şekil 4.4, Şekil 4.5). γ üstel ifadesi Frankel vd. 1990'nın çalışmalarında olduğu gibi 1 olarak kabul edilmiştir. Daha sonra hesaplanan değerler, D'nin fonksiyonu olarak çizdirilerek eğimden Q_s değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3., Şekil 5.1.a.). Eşitlik 4.4.'de β değeri 3.55 km/s olarak alınmıştır (Gök vd., 2003). Her frekans için hesaplanan Q_s değerleri çizdirilip, $Q_s = Q_0 f^n$ fonksiyonuna yaklaştırılarak Q_s 'in frekans bağımlılık derecesi (n) saptanır (Bknz. Şekil 5.1.b., Şekil 5.2.b., Şekil 5.3.b., Şekil 5.4.b., Şekil 5.5.b., Şekil 5.9.)



Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan bir depremin sismogramı ve $A_s(f)$ hesaplaması için bu sismogram üzerinden seçilen zaman penceresi



Şekil 4.3. Çalışmada kullanılan bir depremin sismogramı ve $A_c(f)$ hesaplaması için bu sismogram üzerinden seçilen zaman penceresi

Tablo 4.2. Koda normalizasyon yöntemiyle, farklı frekans değerleri için hesaplanan a, b ve Q_s değerleri ($Q_s = \{ (\pi * f) / (b * \beta) \}$; $\beta = 3.55$ km/s alınmıştır, Gök vd., 2003)

ŞANLIURFA (URFA)			
Hz	a	b	Q_s
1,5	6.06500 ± 0.09719	0.01970 ± 0.00169	67
3	7.00050 ± 0.06634	0.00925 ± 0.00115	287
6	7.40100 ± 0.55154	0.01330 ± 0.00960	399
8	7.47350 ± 0.56627	0.00635 ± 0.00986	1114

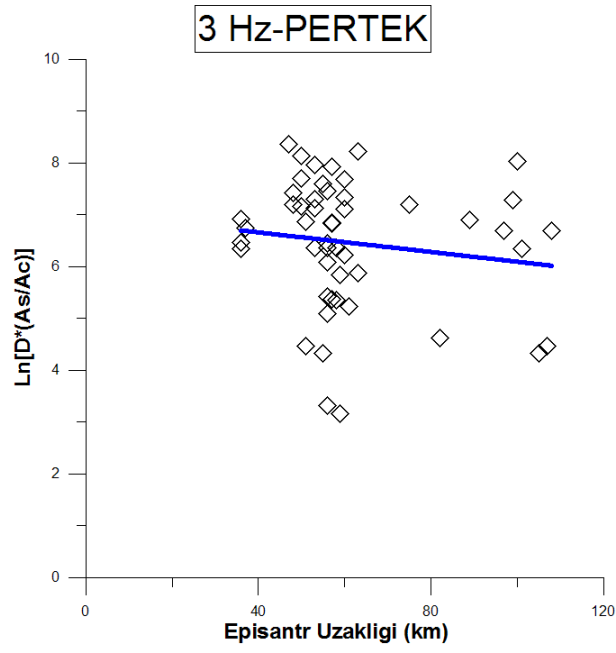
MALATYA (MLT)			
Hz	a	b	Q_s
1,5	8.45917 ± 0.18967	0.02825 ± 0.00361	47
3	8.32333 ± 0.42518	0.02200 ± 0.00808	121
6	8.30504 ± 0.27322	0.02250 ± 0.00519	236
8	8.31917 ± 0.76678	0.02125 ± 0.01458	339

Tablo 4.2.'nin devamı

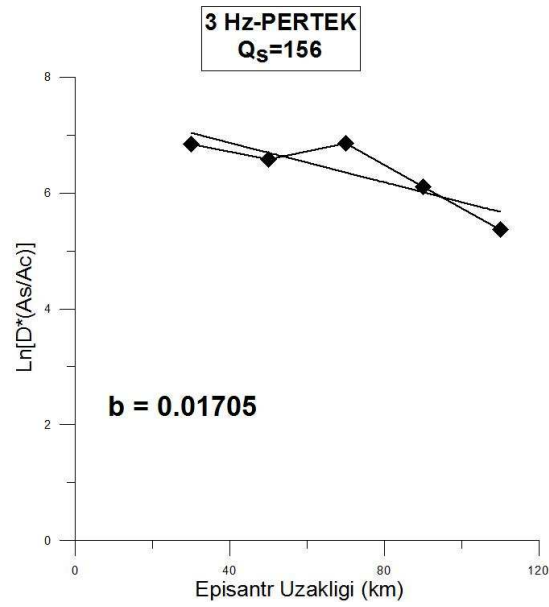
PERTEK (PTK)			
Hz	a	b	Q_s
1,5	7.32500 ± 0.46569	0.01960 ± 0.00617	68
3	7.58050 ± 0.46346	0.01705 ± 0.00614	156
6	7.41850 ± 1.07432	0.01815 ± 0.01423	293
8	7.97400 ± 0.94486	0.01680 ± 0.01251	422
12	7.59450 ± 0.82257	0.01215 ± 0.01090	874
18	7.02250 ± 0.15681	0.01385 ± 0.00208	1150

SİVRİCE (SVRC)			
Hz	a	b	Q_s
1,5	7.820 ± 0.36809	0.02885 ± 0.00672	46
3	8.460 ± 0.47276	0.02065 ± 0.00863	129
6	8.910 ± 0.15350	0.02915 ± 0.00280	182
8	8.595 ± 0.53610	0.02130 ± 0.00979	332
12	8.465 ± 0.23240	0.02215 ± 0.04240	479
18	8.445 ± 0.27433	0.02525 ± 0.00501	631

GAZİANTEP (GAZ)			
Hz	a	b	Q_s
1,5	7.07591 ± 0.69972	0.02111 ± 0.01013	63
3	6.94929 ± 0.26449	0.01392 ± 0.00383	191
6	7.63176 ± 0.40403	0.01255 ± 0.00585	423
8	6.43290 ± 0.72023	0.01002 ± 0.01043	706
12	6.72724 ± 0.57369	0.00870 ± 0.00831	1220
18	5.73181 ± 0.88703	0.00758 ± 0.01285	2099



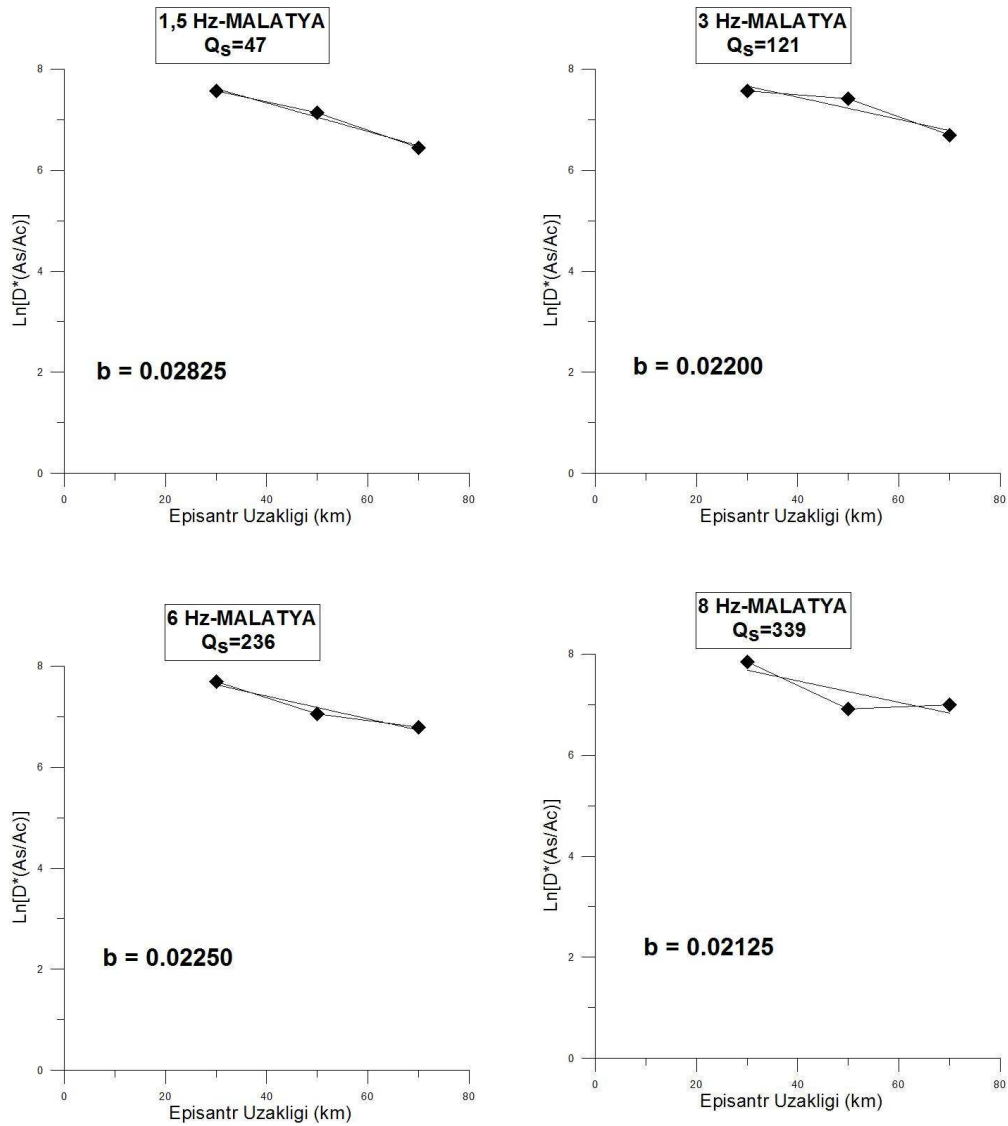
Şekil 4.4. Genliklerin normalize edilerek yuvarlatma işlemi yapılmadan uzaklığın grafiği olarak çizdirimi.



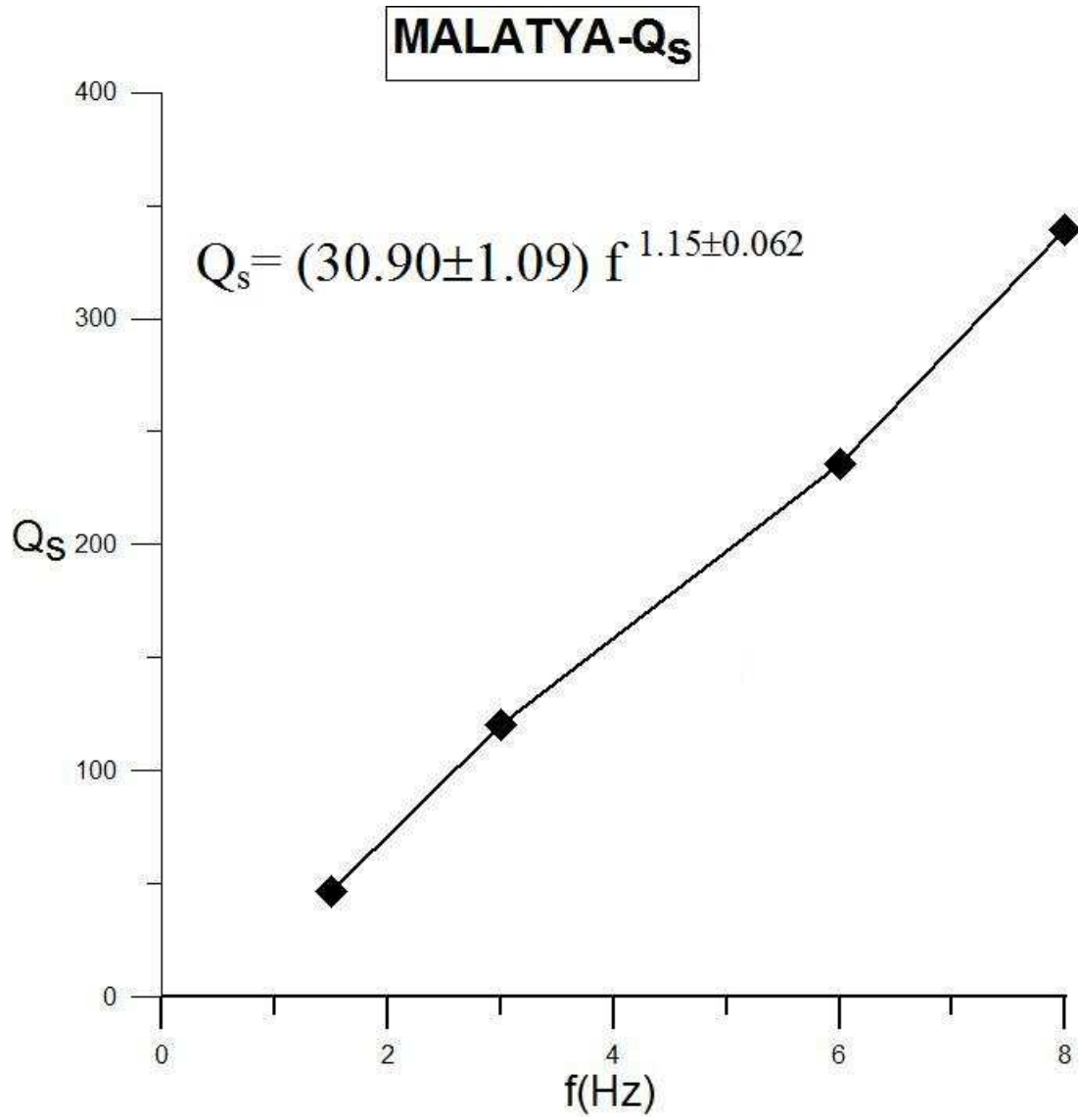
Şekil 4.5. Genliklerin normalize edilerek yuvarlatma işlemi yapılarak uzaklığın grafiği olarak çizdirimi.

BÖLÜM 5. FARKLI FREKANSLAR İÇİN NORMALİZE GENLİĞİN UZAKLIĞIN FONKSİYONU OLARAK TÜM İSTASYONLARDA GÖRÜNTÜLENMESİ

5.1. Malatya (MLT) İstasyonu İçin Q_s Hesabı

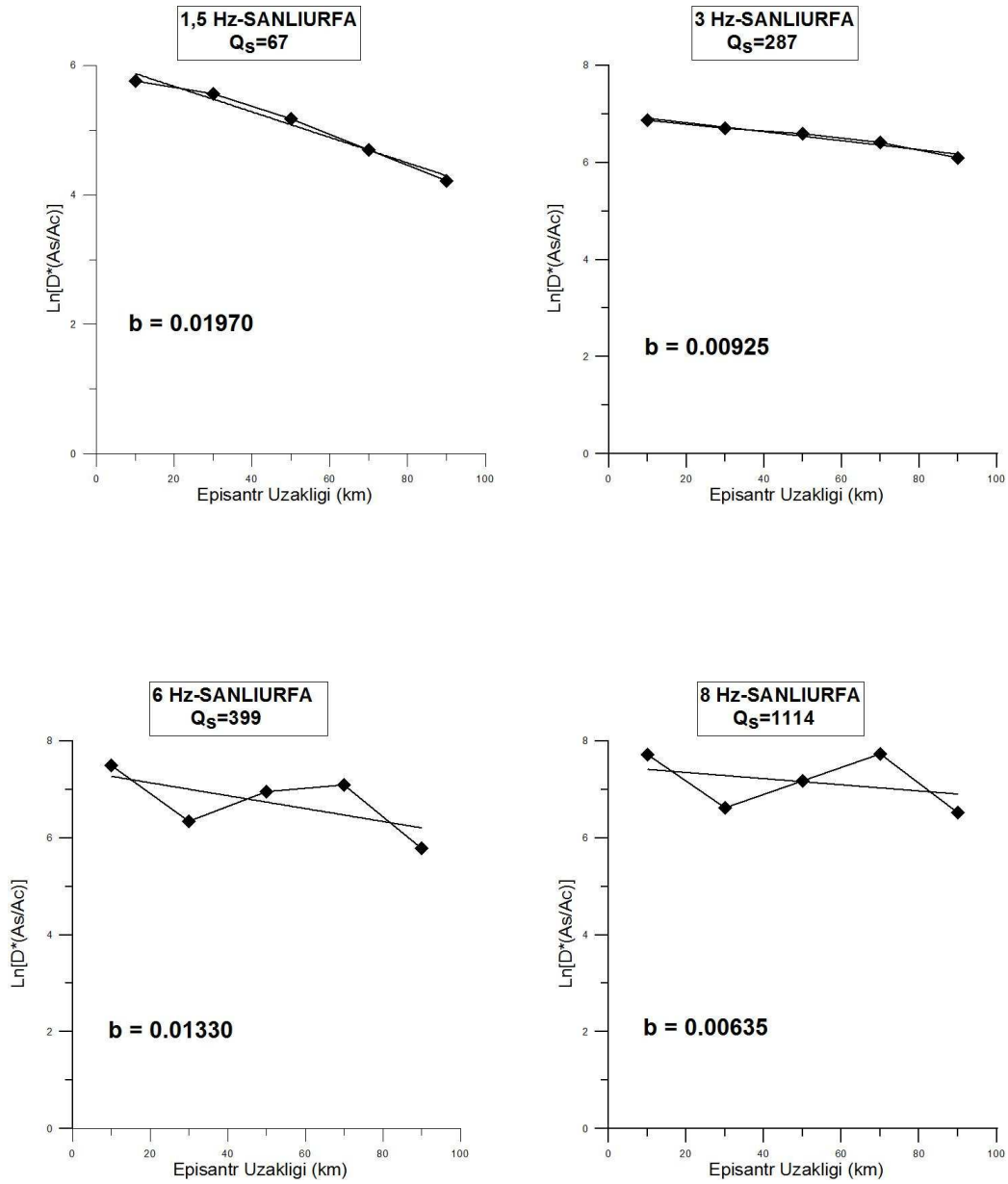


Şekil 5.1.a. Malatya (MLT) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda dalga genlikleri ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemi göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-80 km. arasındadır

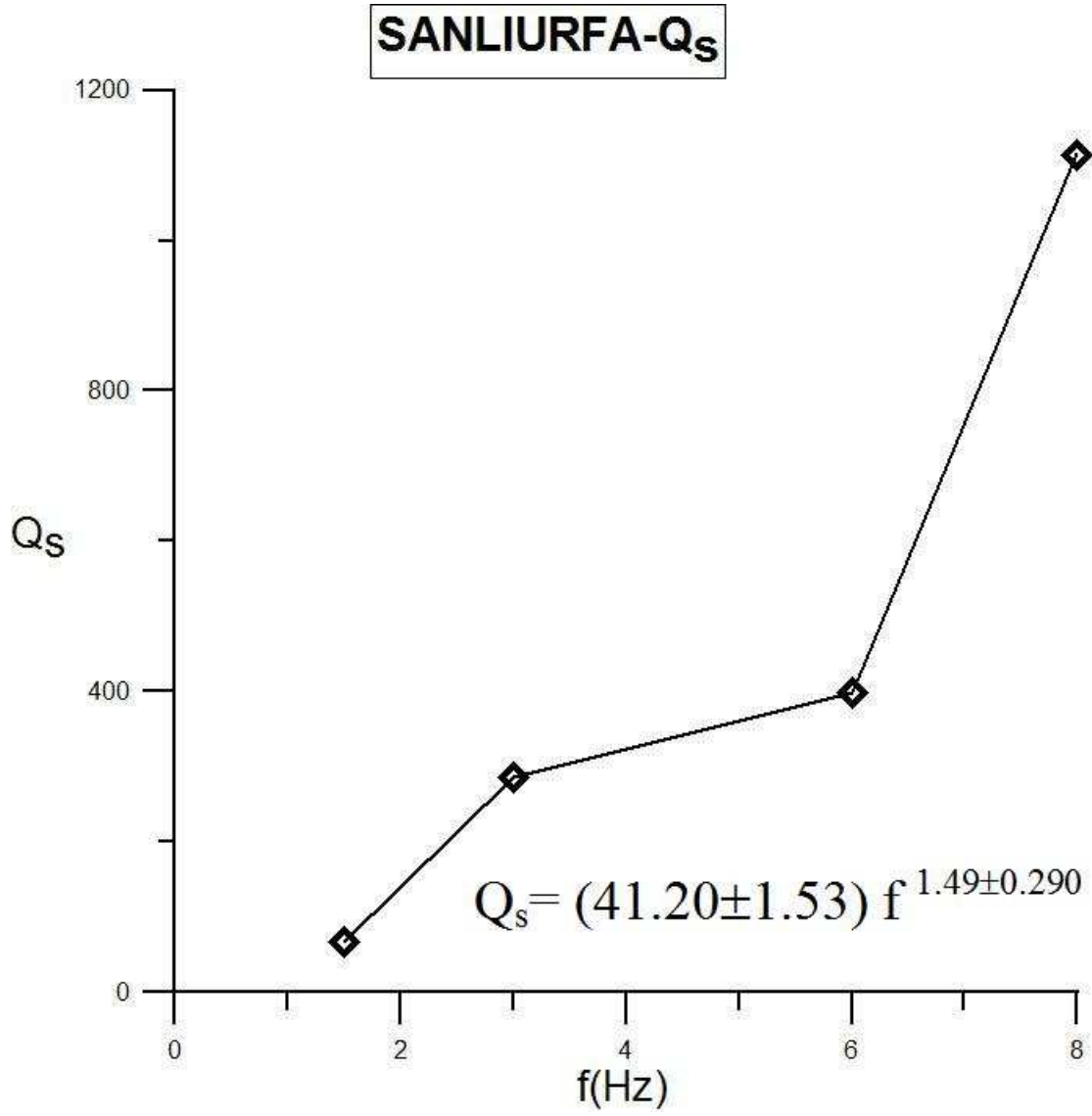


Şekil 5.1.b. Malatya (MLT) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, Q_s = Q₀fⁿ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması

5.2. Şanlıurfa (URFA) İstasyonu İçin Q_s Hesabı

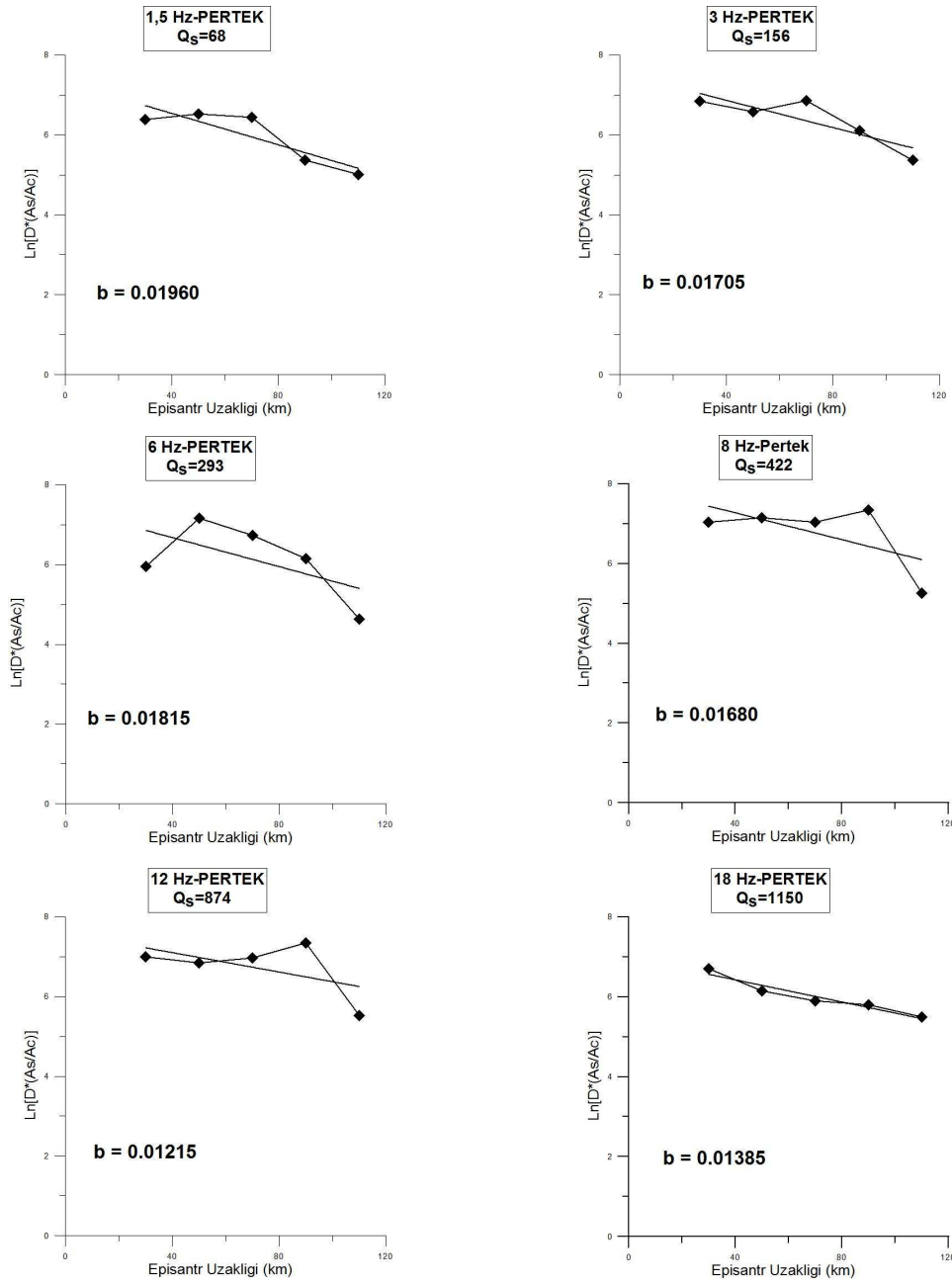


Şekil 5.2.a. Şanlıurfa (URFA) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda dalga genlikleri ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemi göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-100 km arasındadır

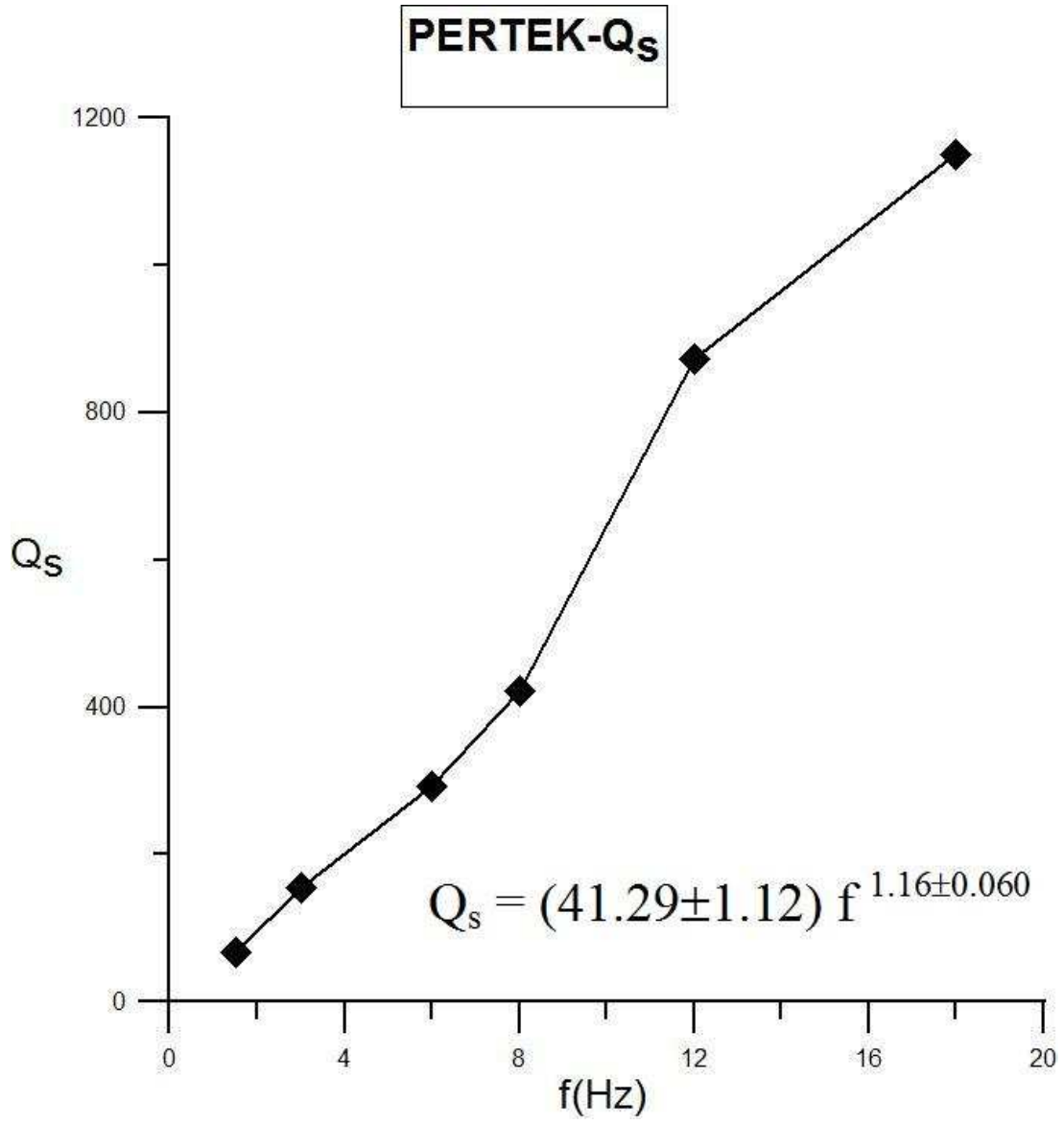


Şekil 5.2.b. Şanlıurfa (URFA) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, $Q_s = Q_0 f^n$ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması

5.3. Pertek (PTK) İstasyonu İçin Q_s Hesabı

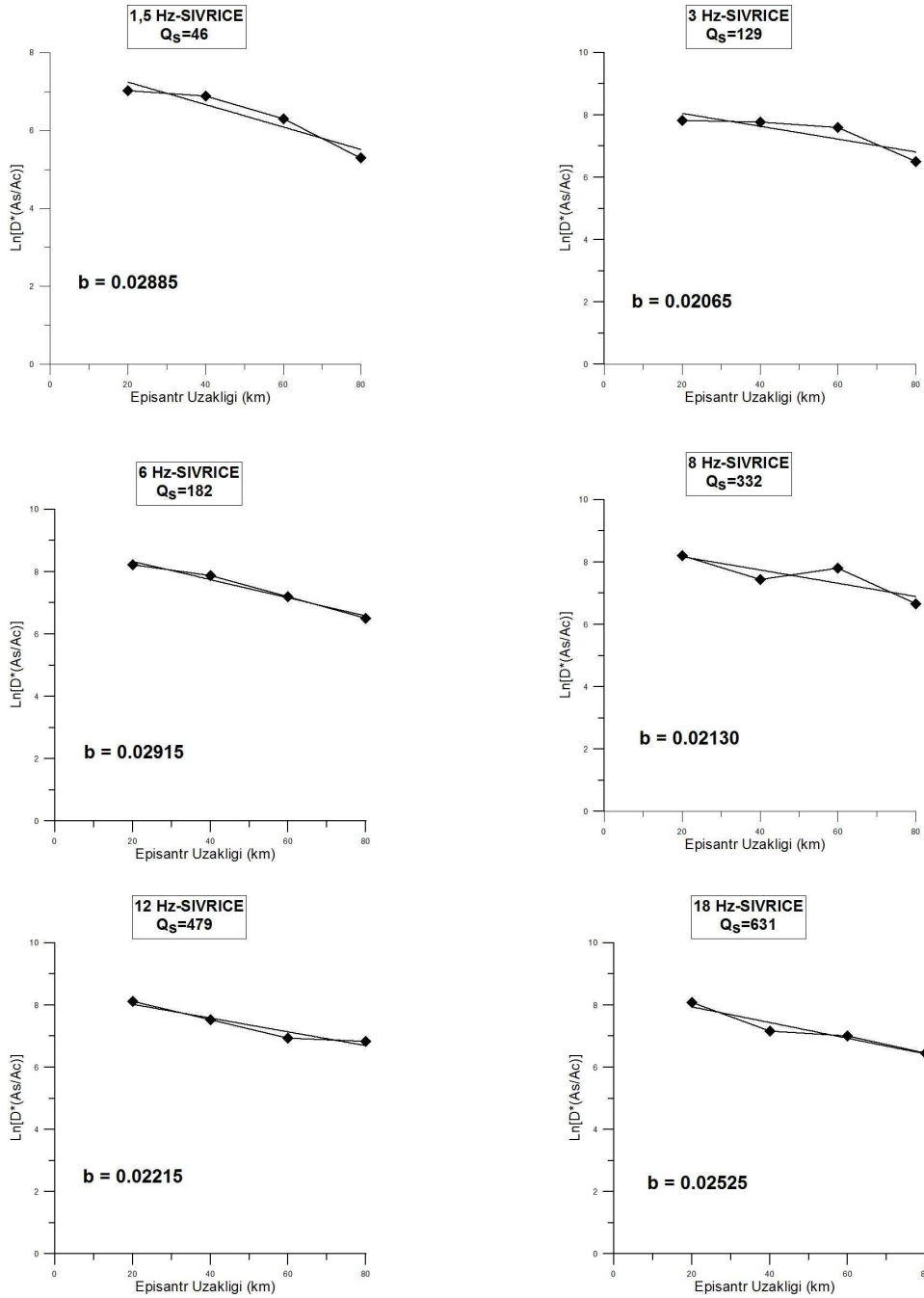


Şekil 5.3.a. Pertek (PTK) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda dalga genlikleri ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemini göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-120 km arasındadır

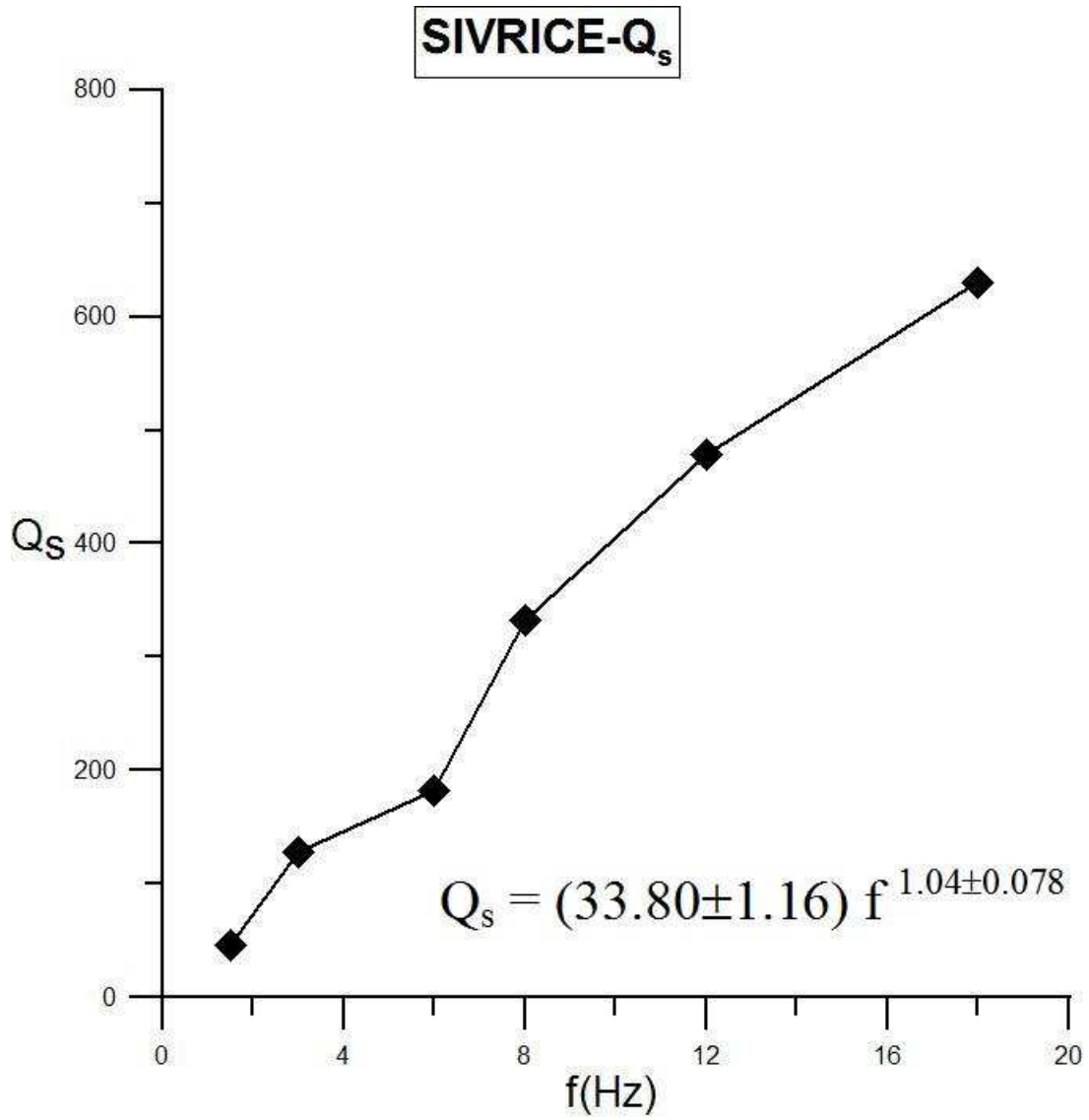


Şekil 5.3.b. Pertek (PTK) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, Q_s = Q₀fⁿ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması

5.4. Sivrice (SVRC) İstasyonu İçin Q_s Hesabı

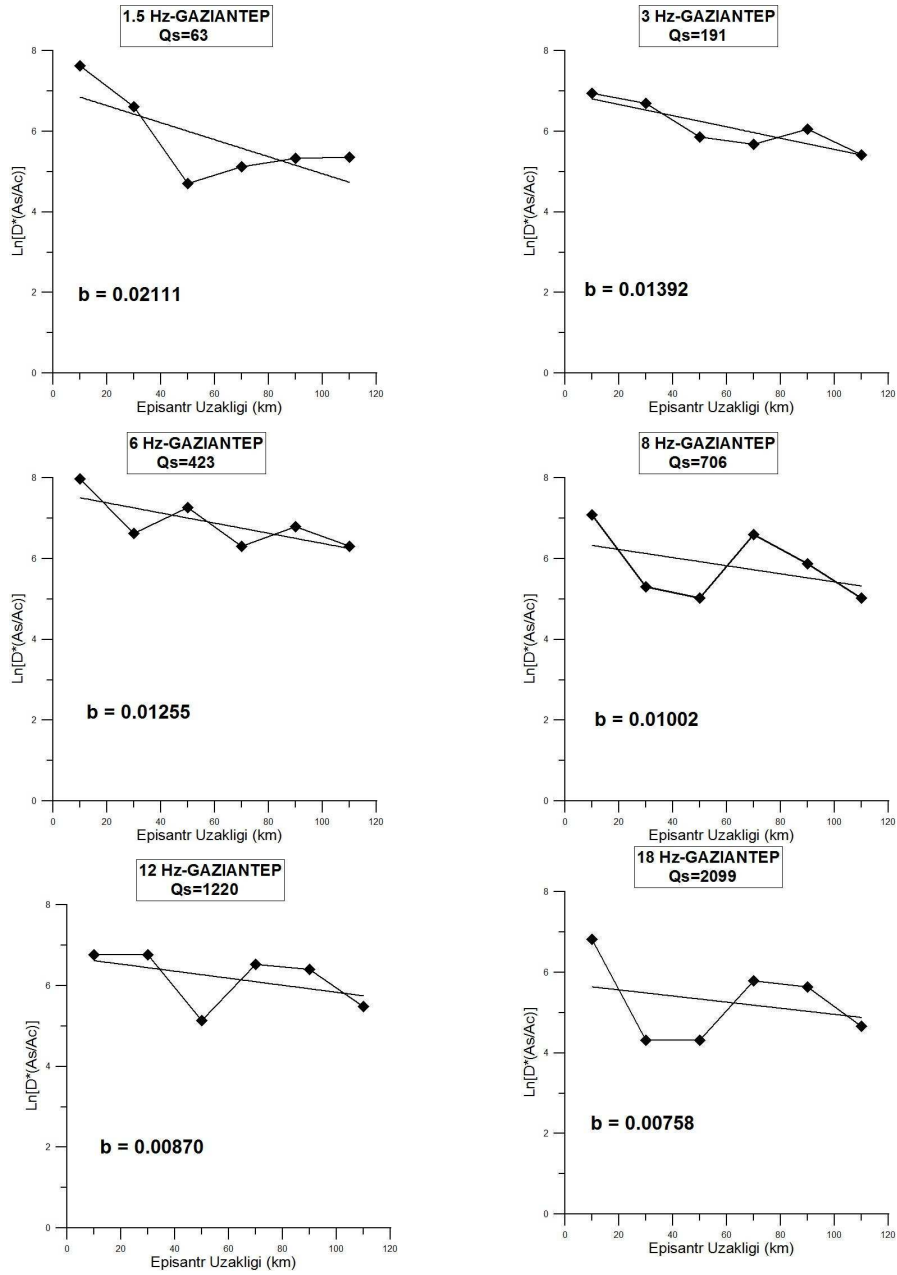


Şekil 5.4.a. Sivrice (SVRC) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda genliği ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemini göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-80 km arasındadır

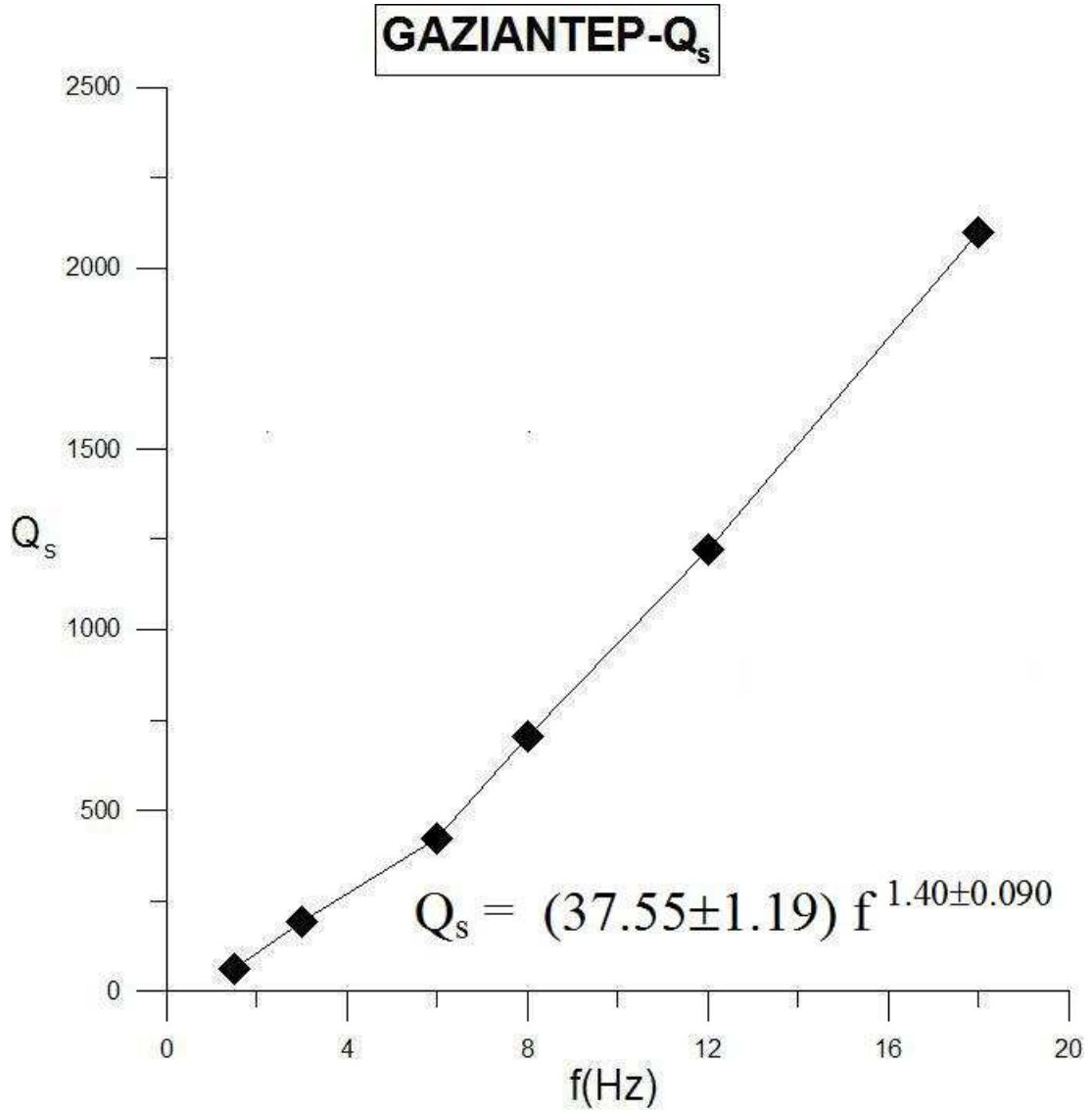


Şekil 5.4.b. Sivrice (SVRC) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, Q_s = Q₀fⁿ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması

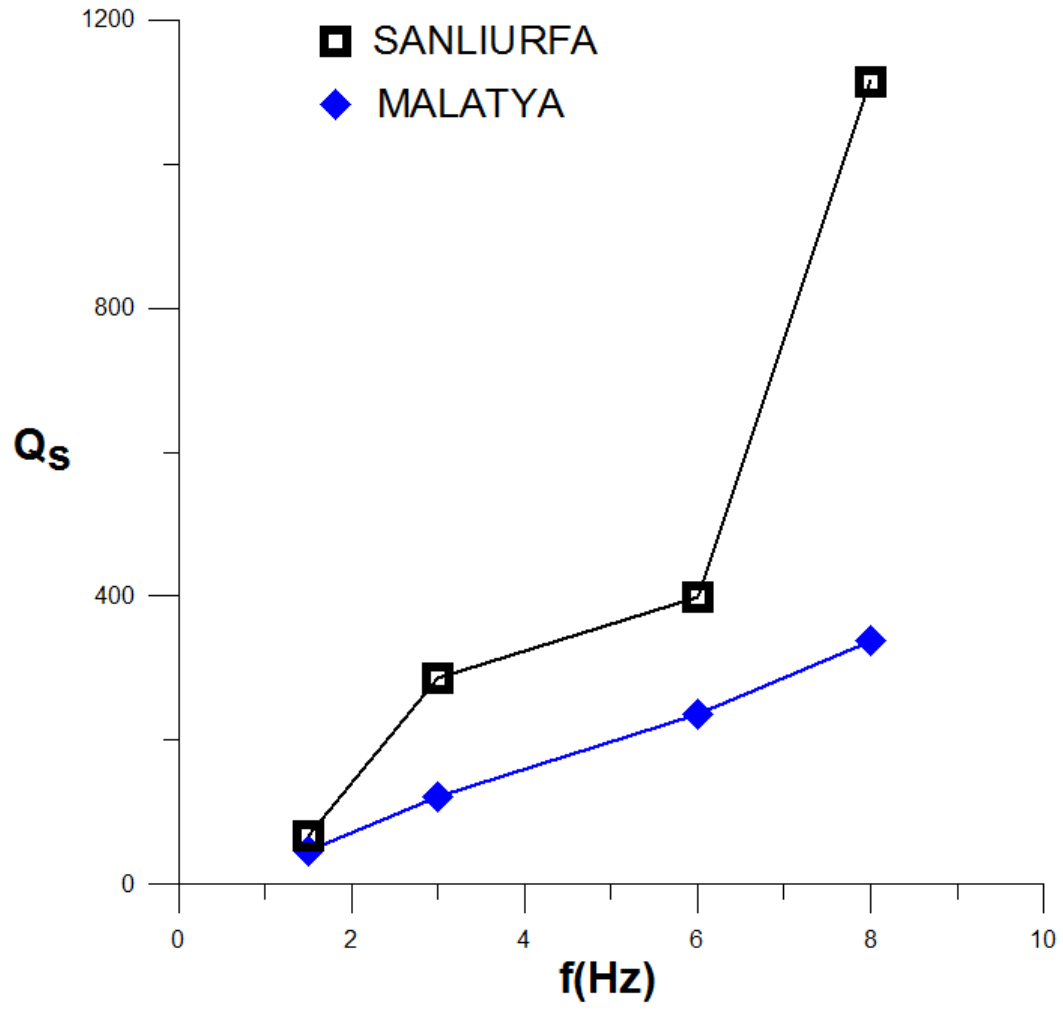
5.5. Gaziantep (GAZ) İstasyonu İçin Q_s Hesabı



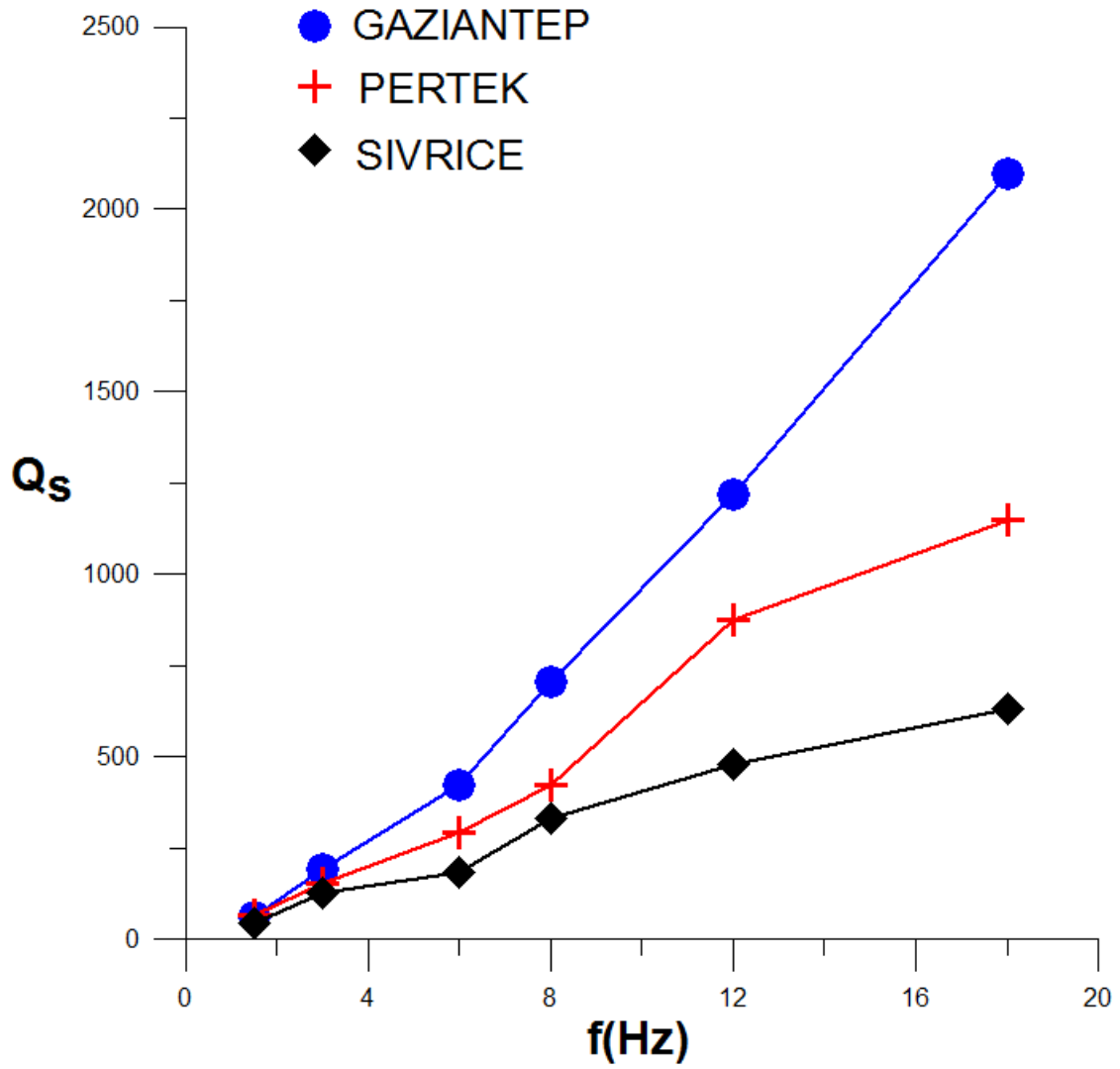
Şekil 5.5.a. Gaziantep (GAZ) istasyonunda kaydedilen depremlerin doğrudan gelen S dalgası genliklerinin, koda dalga genlikleri ile normalize edilerek, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterimi. Doğrusal çizgiler en küçük kareler yöntemi kullanılarak veriden doğru geçirme işlemi göstermektedir. Episantr uzaklığı 0-120 km arasındadır



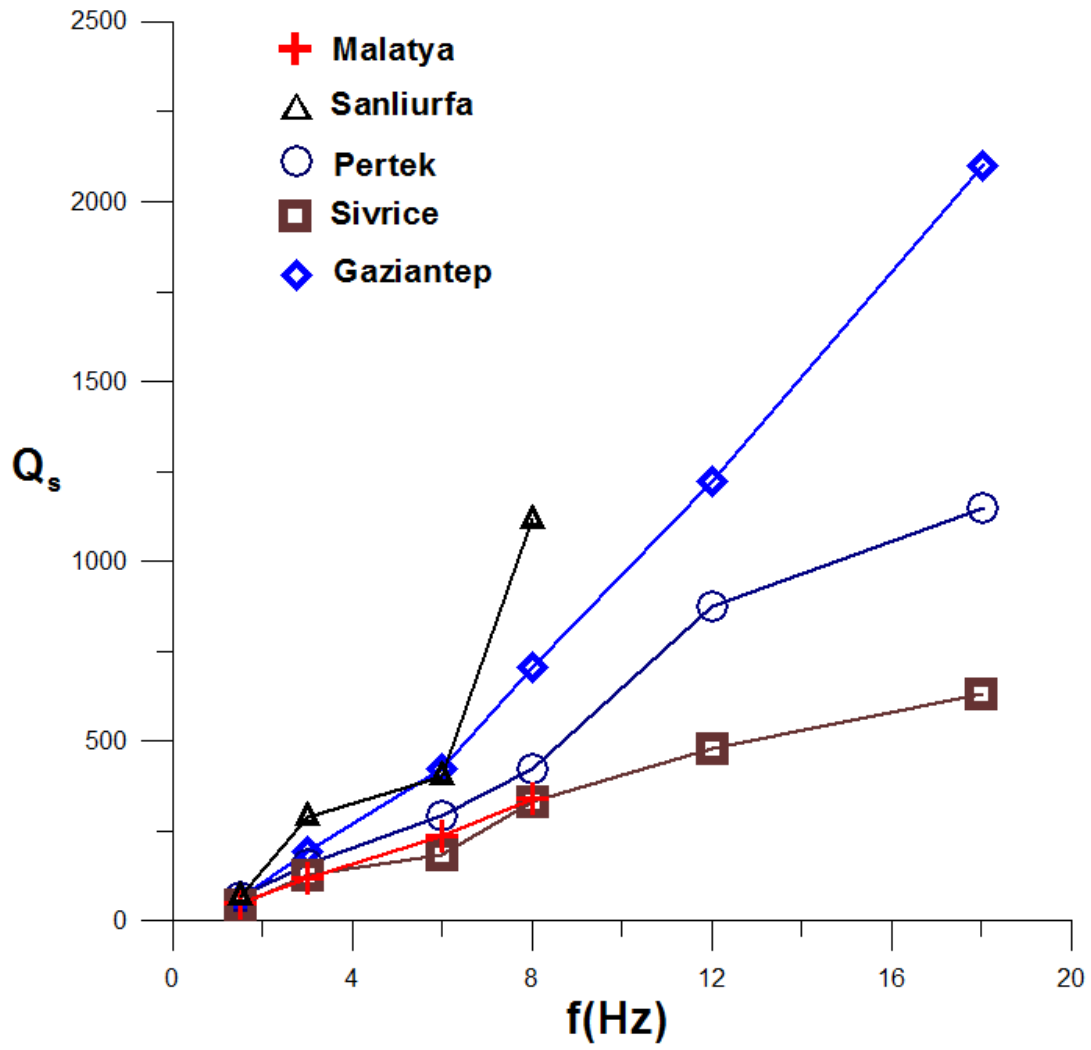
Şekil 5.5.b. Gaziantep (GAZ) istasyonunda frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin çizimi, $Q_s = Q_0 f^n$ referans frekansındaki kalite faktörü ve frekans bağımlılığının (n) saptanması



Şekil 5.6. Merkez frekansın 8 Hz'e kadar alınması durumunda Q_s değerlerinin grafiği



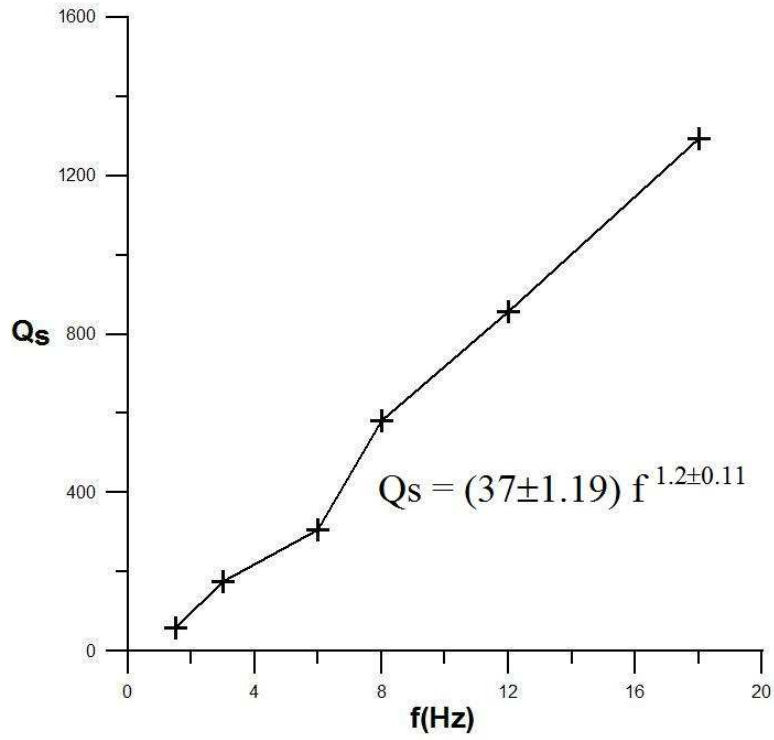
Şekil 5.7. Merkez frekansın 18 Hz'e kadar alınması durumunda Q_s değerlerinin grafiği



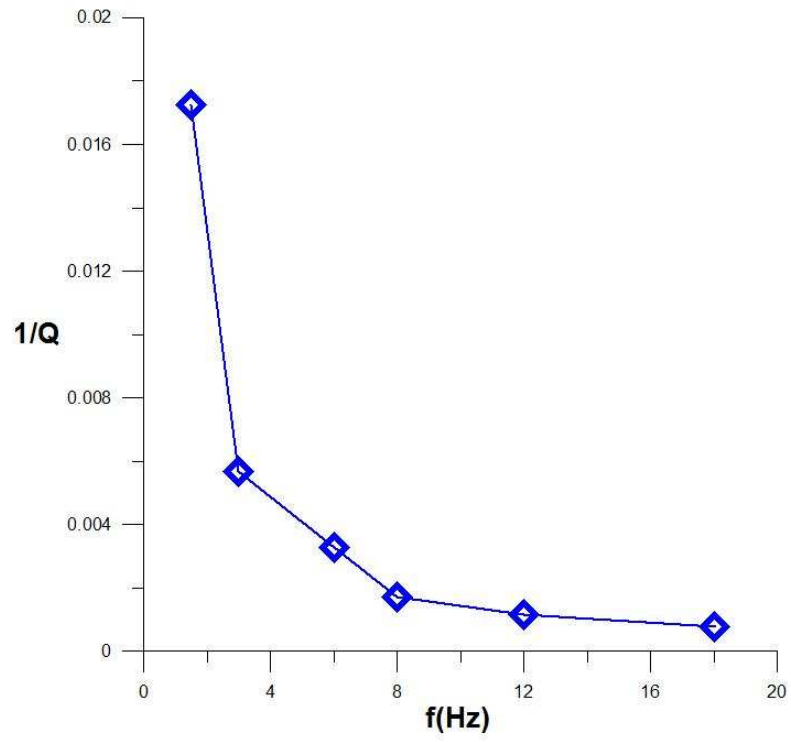
Şekil 5.8. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için seçilen tüm istasyonların 50 s kesme zamanında frekansın fonksiyonu olarak Q_s değerlerinin grafiği

Tablo 4.3. 50 s kesme zamanı için frekansın fonksiyonu olarak tüm istasyonlardan elde edilen Q_s değerlerinin ortalaması

Frekans (Hz)	Lapse Zamanı (s) 50
1.5	58
3	176
6	306
8	582
12	858
18	1293



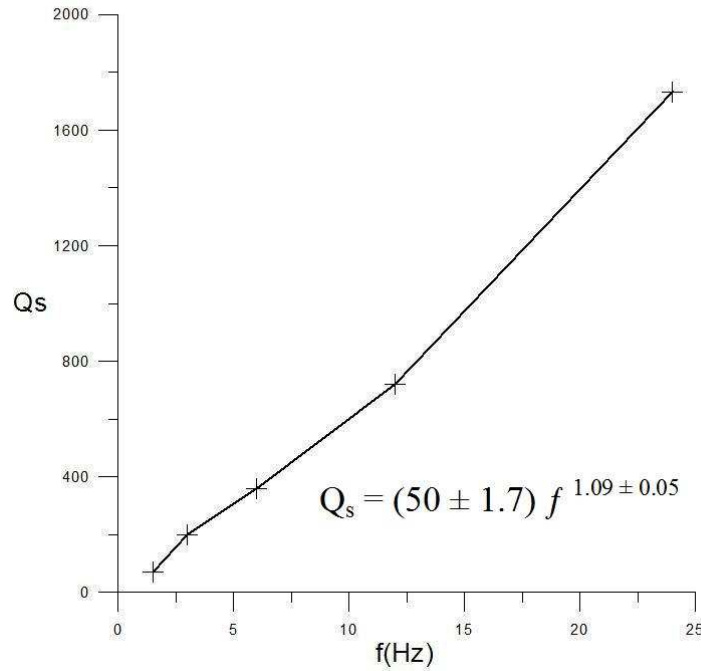
Şekil 5.9. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 50 s kesme zamanı için frekans bağımlı Q_s grafiği



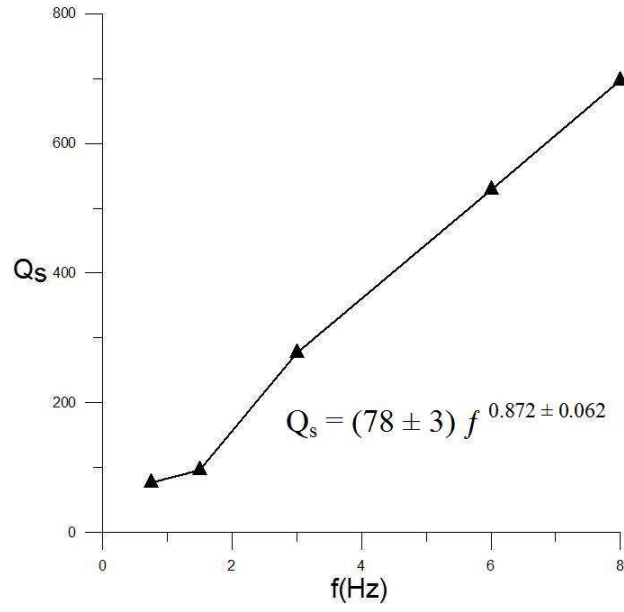
Şekil 5.10. Güneydoğu Anadolu Bölgesi 50 s kesme zamanı için frekansa bağımlı Q_s^{-1} değerlerinin grafiği

BÖLÜM 6. TÜRKİYE’DE FARKLI BÖLGELERDE YAPILAN Q_s ÇALIŞMALARINA ÖRNEKLER

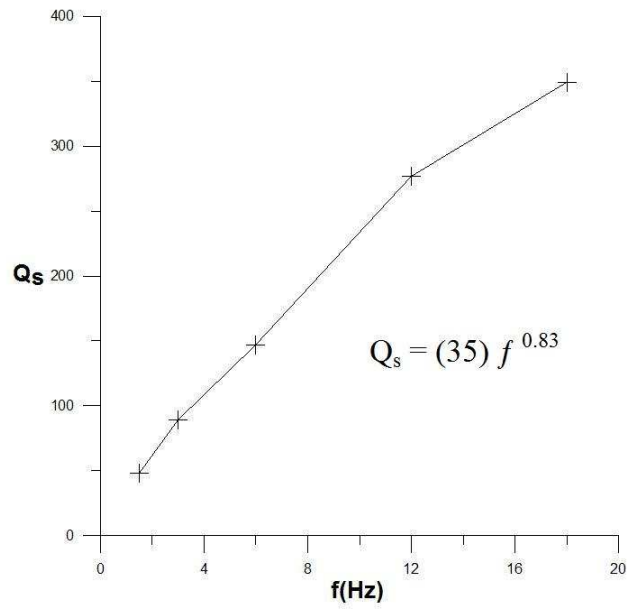
Türkiye’de farklı bölgelerde Koda Normalizasyon yöntemiyle yapılan Q_s çalışmalarına örnekler verecek olursak, Marmara Bölgesi için 50 s kesme zamanında $Q_s = (50 \pm 1.7) f^{1.09 \pm 0.05}$ (Horasan vd., 1998, Şekil 6.1.), Güneybatı Anadolu Bölgesinde $Q_s = (78 \pm 3) f^{0.872 \pm 0.062}$ (Şahin ve Alptekin, 2006, Bknz. Şekil 6.2.), Erzincan ve çevresi için $Q_s = (35) f^{0.83}$ (Akıncı ve Eyidoğan, 1996, Şekil 6.3.) hesaplanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yapılan çalışma ve diğer çalışmaların karşılaştırması Şekil 6.4’te gösterilmiştir.



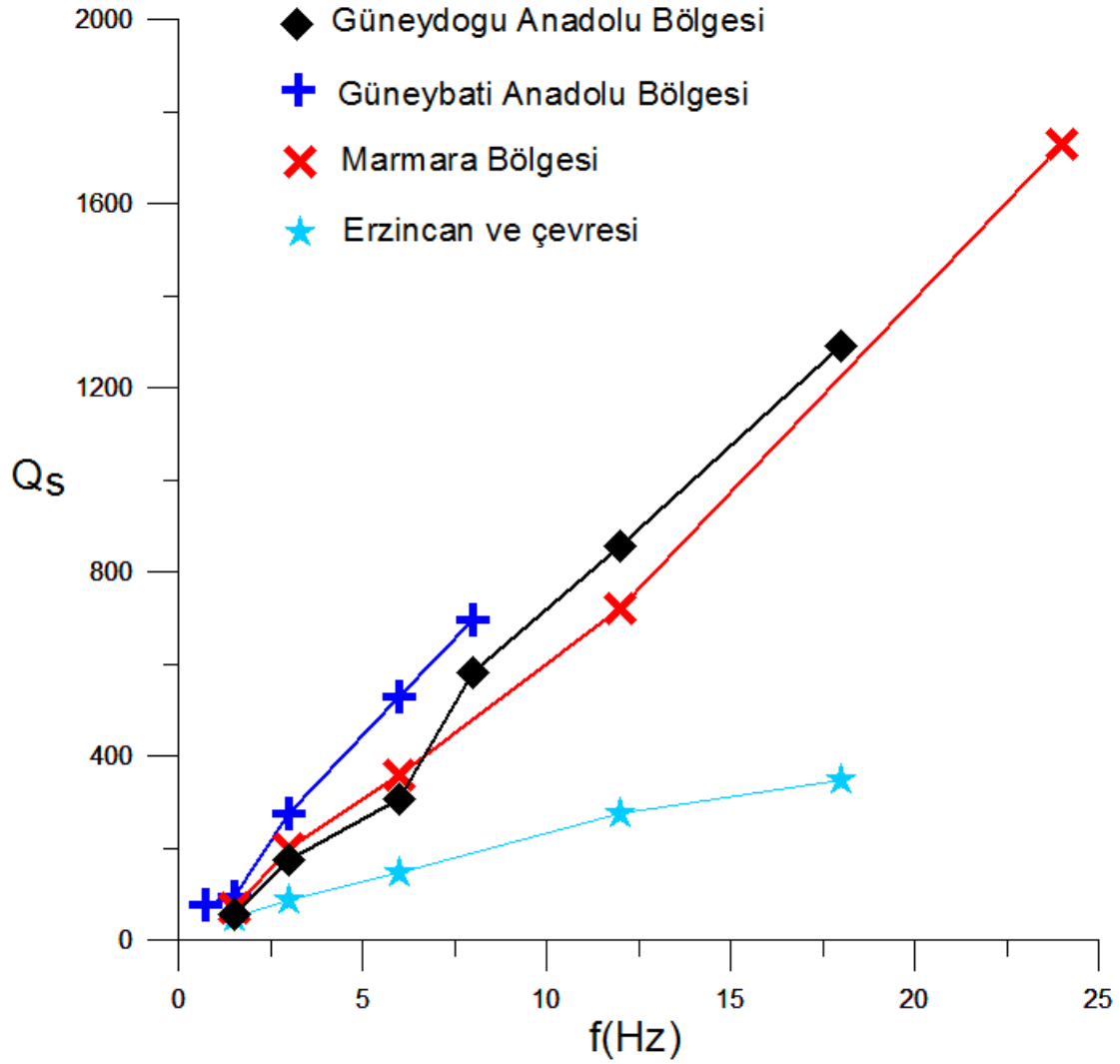
Şekil 6.1. Marmara Bölgesi 50 s kesme zamanı için frekansın fonksiyonu olarak ortalama Q_s değerlerinin grafiği (Horasan vd., 1998)



Şekil 6.2. Güneybatı Anadolu Bölgesi için frekans bağımlı Q_s değerlerinin grafiği (Şahin ve Alptekin, 2006)



Şekil 6.3. Erzurum ve çevresi için frekans bağımlı Q_s değerlerinin grafiği (Akıncı ve Eyidoğan, 1996)



Şekil 6.4. Güneydoğu Anadolu bölgesinde hesaplanan frekans bağımlı Q_s değerinin, Türkiye’de diğer bölgelerdeki Q_s değerleriyle karşılaştırılması (Horasan vd., 1998; Şahin ve Alptekin, 2006; Akıncı ve Eyidoğan, 1996)

BÖLÜM 7. SONUÇLAR

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun doğrultu atımlı hareketi nedeniyle aktif bir tektonizma ile önemli bir deprenselliğe sahiptir. Bu çalışmada, koda normalizasyon yöntemini kullanarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde S dalgasının frekans bağımlı soğurulması deprem verileriyle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarla bölgenin aktif tektonizması ve deprenselliği ile ilgili sonuçlara varılmıştır.

Çalışmada toplam 156 tane deprem verisi kullanılmıştır. Bu depremler Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsüne ait olan Pertek (PTK), Malatya (MLT), Sivrice (SVRC), Şanlıurfa (URFA) ve Gaziantep (GAZ) istasyonlarında kaydedilmiştir. Çalışmada kullanılmak için seçilen deprem verileri 1.5, 3.0, 6.0, 8.0, 12 ve 18 Hz merkez frekanslarında Butterworth filtresi ile süzgeçlenmiştir. S dalgası ile koda dalgası genlik oranı, kaynak-alıcı uzaklığının fonksiyonu olarak hesaplanmış, bölgedeki Q_s soğurulma değerleri elde edilmiştir.

Elde edilen Q_s değerleri, Malatya istasyonu için $Q_s = (30.90 \pm 1.09) f^{1.15 \pm 0.062}$, Sivrice istasyonu için $Q_s = (33.80 \pm 1.16) f^{1.04 \pm 0.078}$, Gaziantep istasyonu için $Q_s = (37.55 \pm 1.19) f^{1.40 \pm 0.090}$, Pertek istasyonu için $Q_s = (41.29 \pm 1.12) f^{1.16 \pm 0.060}$, Şanlıurfa istasyonu için $Q_s = (41.20 \pm 1.53) f^{1.49 \pm 0.290}$ olarak bulunmuştur. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için S dalgası nitelik faktörü ortalaması, $Q_s = (37 \pm 1.19) f^{1.2 \pm 0.11}$ olarak hesaplanmıştır.

Q kalite faktörü tektonik olarak aktif ve durağan bölgelerin ayrımını en iyi gösteren değişkendir (Aki, 1969). Tektonik olarak aktif olan bölgelerde saçınım ve soğurulma yüksektir. Q değerinin düşüklüğü ortamdaki saçınımın ve soğurulmanın yüksek olduğunu göstermektedir. Çalışmada Malatya ve Sivrice istasyonlarında Q_s değerinin düşüklüğü, o bölgede saçınım ve soğurulmanın oldukça etkin olduğunu gösterir. Gaziantep istasyonundan elde edilen Q_s değeri ise Malatya ve Sivrice istasyonundan

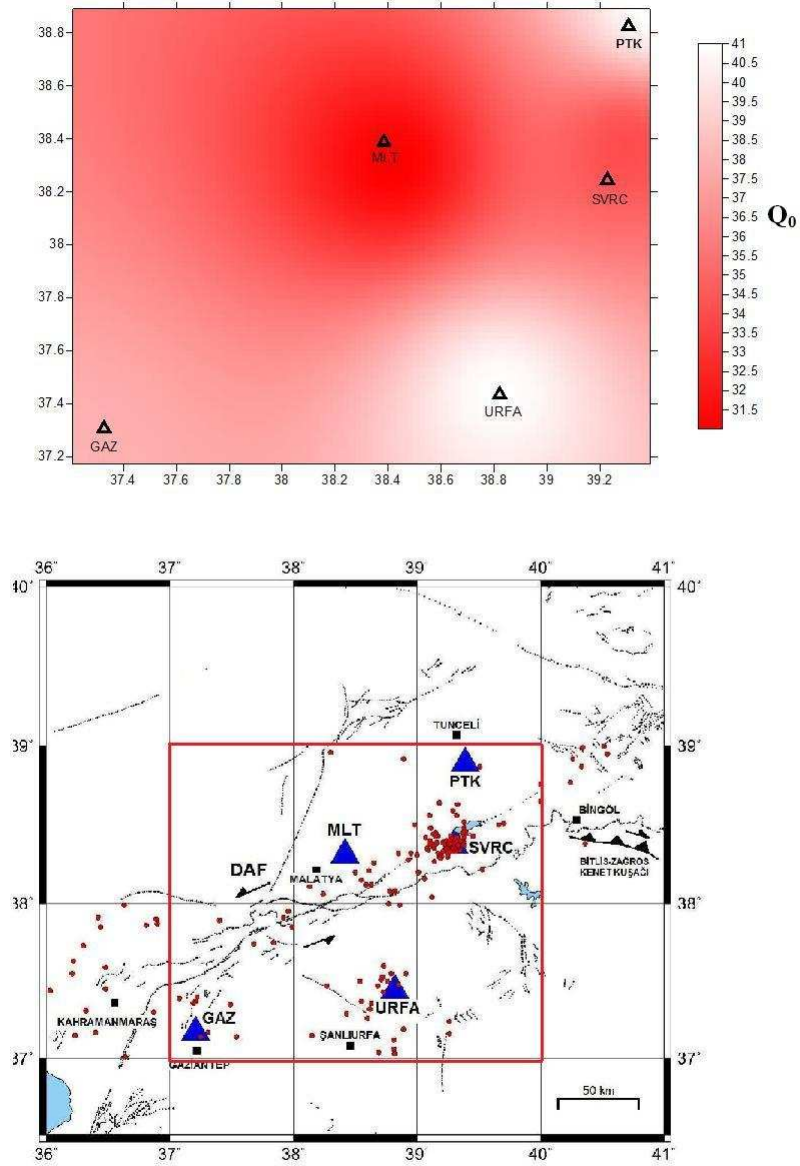
elde edilenden biraz büyüktür (Şekil 7.1). Pertek ve Şanlıurfa istasyonlarında elde edilen Q_s değerleri ise diğer istasyonlardan elde edilen Q_s değerlerine oranla daha yüksektir. Bulunan bu değerlerle, Pertek ve Şanlıurfa istasyonlarında saçınımın ve soğurulmanın diğer istasyonlara oranla daha az olduğu görülmektedir. 50 saniyelik kesme zamanı için elde edilen bu düşük Q_s değerleri ortamdaki soğurulmanın daha çok ısısal (intrinsic) olabileceğini düşündürmektedir.

Türkiye’de farklı bölgelerde Koda Normalizasyon yöntemiyle yapılan diğer çalışmalar ve sonuçlarına bakacak olursak : Marmara Bölgesi için $Q_s = (50 \pm 1.7)f^{1.09 \pm 0.05}$ (Horasan vd., 1998), Güneybatı Anadolu Bölgesi için $Q_s = (78 \pm 3)f^{0.872 \pm 0.062}$ (Şahin ve Alptekin, 2006), Erzincan ve çevresi için $Q_s = (35)f^{0.83}$ (Akıncı ve Eyidoğan, 1996) hesaplanmıştır.

Sertçelik (2009)’da Koda Q yöntemini kullanarak Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca Q_c değerlerini, Gaziantep için $Q_c = (58 \pm 4)f^{0.96 \pm 0.02}$, Malatya için $Q_c = (72 \pm 7)f^{0.7 \pm 0.05}$, Pertek için $Q_c = (56 \pm 5)f^{0.71 \pm 0.03}$ ve Sivrice için $Q_c = (68 \pm 3)f^{0.75 \pm 0.02}$ hesaplamıştır.

Doğu Anadolu bölgesinde yapılan çeşitli çalışmalardan (Şengör, vd., 2003; Gök vd., 2003) elde edilen bilgilere göre bölgenin büyük bir kısmında manto litosferinin var olmadığı belirtilmiştir. Manto litosferinin bulunmaması nedeniyle bölge doğrudan astenosferik sıcaklığa maruz kalıp, büyük oranda kısmi ergimeye uğramıştır (Şengör vd., 2003).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi için bulunan Q_0 değeri, Erzincan ve çevresi için bulunan değere yakın, diğer bölgelerdeki değerlerden düşük değerdedir. Ortalama Q_s değerlerinin frekans bağımlılığının $f^{1.2}$ olması kabuktaki heterojenitenin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Bu heterojeniteninde fay zonundaki çatlaklı ve kırıklı yapı tarafından oluştuğunu düşündürmektedir.



Şekil 7.1. Çalışma alanında, kırmızı çerçeve ile sınırlı bölgede bulunan MLT, PTK, GAZ, URFA ve SVRC istasyonlarından hesaplanan Q_0 değerlerinin dağılımı (Kırmızı düşük, beyaz yüksek Q_0 değerlerini göstermektedir)

KAYNAKLAR

- [1] ALLEN, C.R., Active faulting in northern Turkey. Contribution 1577. *Div. Geol. Sciences California Inst. Technology*, 32, 1969.
- [2] AKINCI A., EYİDOĞAN H., Frequency-dependent attenuation of S and coda waves in Erzincan region (Turkey), *Phys.Earth Planet Inter* 3155, 1996.
- [3] AKI, K. and TSUJIURA, M., Correlation study of near earthquake waves, *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Of Tokyo*, 37, 207-232, 1958.
- [4] AKI,K., Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered waves, *J. Geophys.Res.*, 74, 615-631, 1969.
- [5] AKI,K.,CHOUET, B.A., Origin of coda waves: Source, attenuation and scattering effects. *J. Geophys. Res.* 80, 3322-3342, 1975.
- [6] AKI,K., Attenuation of shear waves in the lithosphere for frequencies from 0.05 to 25 Hz., *Phys.Earth Planet. Inter.*, 21. 50-60, 1980.
- [7] AMBRASSEYS, N. N. Temporary Seismic Quiescence. SE Turkey. *Geophysical Journal*,96, 311-331, 1989.
- [8] ARPAT, E., ŞAROĞLU, F., Doğu Anadolu fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler, *MTA Enstitüsü Dergisi*, 78 44-50, 1972.
- [9] ARPAT, E., ŞAROĞLU, F., Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18, 1, 91-101, 1975.
- [10] ATABEY, E. *Deprem*, MTA Yayınları Eğitim Serisi No:34., Ankara, 2000.
- [11] ATEŞ, R. ve BAYÜLKE N., 26 Mart 1977 Palu Elazığ Depremi, *Deprem Araştırma Daire Başkanlığı*, Ankara, 1977.
- [12] FRANKEL, A., A. MCGARR, J. BICKNELL, J. MORI, L. SEEBER, and E.CRANSWICK, Attenuation of high frequency shear waves in the crust : Measurements from New York State, South Africa, and Southern California, *J. Geophys. Res.*, 95,17441-17457, 1990.
- [13] GÖK, R., SANDVOL, E., TÜRKELLİ, N., SEBER, D., BARAZANGİ, M., Sn attenuation in the Anatolian and Iranian plateau and surrounding regions.*Geophysical Research Letters* 30, 8042, 2003.

- [14] HERECE, E., AKAY, E., Karlıova-Çelikhan arasında Doğu Anadolu Fayı, Türkiye 9. Petrol Kongresi Bildirileri, 361-372, 1992.
- [15] HERRAIZ, M. and ESPINOZA A.F., Coda waves: A review, *Pure and Appl. Geophys.*, 125, 499-577., 1987.
- [16] HORASAN G., BOZTEPE - GÜNEY A., KAŞLILAR - ÖZCAN A., TÜRKELLİ N., S-wave attenuation in the Marmara Region, northwestern Turkey, 1998.
- [17] İMAMOĞLU, M. Ş., “Gölbaşı (Adıyaman) – Pazarcık - Narlı(K.Maraş) Arasındaki Sahada Doğu Anadolu Fayı'nın Neotektonik İncelemesi.”Yayımlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1993.
- [18] İMAMOĞLU, M.Ş., Doğu Anadolu fay zonu Gölbaşı kesimi neotektonik özellikleri ve Gölbaşı-Saray fay kaması havzası, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 11, 176-184, 1996.
- [19] İMAMOĞLU, M.Ş.,Diyarbakır Lice’de aktif faylanma, *ATAG 10*,s 41, 2006.
- [20] KAŞLILAR A., Marmara Bölgesi’nde Soğurulma Yapısının İncelenmesi, 1999.
- [21] MC KENZIE, D. P. Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophysics J. R. Asr.Soc.*, 30, 109-185, 1972.
- [22] MC KENZIE D.P, The East Anatolian Fault: a major structure in eastern Turkey, *Earth Planet. Sci. Lett.* 29, 189–193, 1976.
- [23] M.T.A, Doğu Anadolu Fayının Depremselliği <http://www.mta.gov.tr/v1.0/bolgeler/malatya/index.php?id=depremsellik>, Kasım, 2009.
- [24] NOVELO-CASANOVA D. A., W. H. K. Lee, Comparison of techniques that use the single scattering model to compute the quality factor Q from coda waves, *Pageoph 135*, 77-89, 1991.
- [25] ÖZMEN, Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğunun Bölgesel Düzenlemesi, *Deprem Araştırma Bülteni, Afet İşleri Genel Müdürlüğü*, Sayı 82, 5-83, 1999.
- [26] PERİNÇEK, D., EREN A.G., Doğrultu Atımlı Doğu Anadolu Fayı ve Ölü Deniz Fay Zonları etki alanında gelişen Amik Havzasının kökeni, Türkiye 8. Petrol Kongresi Bildiri Kitabı, 180-192, 1990.
- [27] RAUTIAN, T.G. and V.I. KHALTURIN, The use of coda for determination of earthquake source spectrum, *Bull. Seism. Soc. Am.* 68, 923-948, 1978.

- [28] SATO, H., Energy propagation including scattering effects: single isotropic scattering approximation. *J. Phys. Earth.* 25, 27–51, 1977.
- [29] SATO, H., Attenuation of envelope formation of three - component seismograms of small local earthquakes in randomly inhomogeneous lithosphere, *J. Geophys. Res.*, 89, 1221-1241, 1984.
- [30] SERTÇELİK, F., Doğu Anadolu Fay Zonu Boyunca Koda Dalga Azalımı, International Earthquake Symposium Kocaeli, *Abstract Book*, 15, 2009.
- [31] SEYMEN , İ. ve AYDIN, A., Bingöl deprem fayı ve bunun Kuzey Anadolu Fayı ile ilişkisi, *MTA Dergisi*, 79, 1-8, 1972.
- [32] SOLOVIEV, S.L., Seismicity of Sakhalin, *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ.*, 43, 95-102, 1965.
- [33] ŞAHİN Ş., ALPTEKİN Ö., Güneybatı Anadolu’da kabuk ve üst mantoda sismik dalgaların frekans bağımlı soğurulması *Yerbilimleri*, 27 (2) 53-62, 2006.
- [34] ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö. ve BORAY, A. Türkiye’nin diri fayları ve depremsellikleri, *MTA Derleme No:8174*, 394, 1987.
- [35] ŞENGÖR, A. M. C. Türkiye’nin neotektoniğinin esasları, Türkiye Jeoloji Kurumu, 40, Ankara, 1980.
- [36] ŞENGÖR, A. M. C. Doğu Anadolu Litosfer Mekaniğine yeni bir yaklaşım, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Kuvaterner Çalışmayı IV 104-110, İstanbul, 2003.
- [37] TAYMAZ T., JACKSON J., MCKENZIE D.P., Active tectonics of the North and Central Aegean Sea, *Geophy. J. Inter.* 106, 433–490, 1991.
- [38] TSUMURA, K., Determination of earthquake magnitude from total duration of oscillation, *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ.*, 45, 7-18, 1967.

ÖZGEÇMİŞ

Argun AYANOĞLU, 25.10.1984 yılında Kocaeli'nde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmit'te tamamladı. 2002 yılında eğitimine başladığı Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği bölümünden 2006 yılında mezun oldu. Aynı yılda Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başladı.