

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SOĞRULMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE DEPREM
BÜYÜKLÜĞÜ ÖLÇEKLERİNİN KALİBRASYONU**

Ömer KILIÇARSLAN

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2015**

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

10/02/2015

Ömer KILIÇARSLAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SOĞRULMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ ÖLÇEKLERİNİN KALİBRASYONU

Ömer KILIÇARSLAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç Dr. Bülent KAYPAK

Türkiye’de geleneksel deprem büyüklüğü hesaplama yöntemleri standart dışı bir ölçek ve genlik okuma prosedürü içermektedir. Eski ölçek sistemine göre hesaplanan büyüklüklerin bilinen herhangi bir standart büyüklük ölçeği ile karşılaştırılması mümkün değildir. Bu tez çalışmasının amacı da uluslararası standartlarda deprem büyüklük ölçeklerinin elde edilmesidir. Tez çalışması kapsamında dünya genelinde bu amaç için kullanılan yöntemlerden Tekil Değer Ayrışımı, Optimum Soğrulma Parametrelerinin Yinelemeli Olarak Belirlenmesi ve Lg Dalgalarının Ters Çözümü yöntemleri tercih edilmiştir. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) bünyesindeki Deprem Dairesi Başkanlığı’nın 2008-2014 yıllarında veri tabanına kaydettiği toplam 314 adet deprem esas alınarak, Türkiye ve yakın çevresi için Yerel (ML) ve Moment (M_w) büyüklük ölçekleri kalibre edilmiştir. Türkiye geneli ve coğrafi bölgelere göre ayrılmış 17 alt bölge için ML kalibrasyon ölçekleri çıkarılmıştır. M_w spektrum yöntemi için ihtiyaç duyulan soğrulma parametreleri, iki farklı yaklaşımla, Lg Dalgalarının Ters Çözümü ve Yinelemeli Optimizasyon ile yeniden hesaplanmıştır. Lg Dalgalarının Ters Çözümü Yöntemi ile Q-frekans bağıntısı coğrafi bölgelere göre ayrılan 8 adet alt bölge için hesaplanmıştır. Aynı alt bölgeler için Yinelemeli Optimizasyon ile de Q-frekans bağıntıları çıkarılmıştır. Veri dağılımında bir miktar saçılma gözlemlense de her iki yöntem için de birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda uluslararası standartlarda ülkemiz geneli ve coğrafi bölgelere göre ayrılmış alt bölgeler için farklı ML ve M_w büyüklük ölçekleri çıkarılmıştır. Bu yeni büyüklük ölçekleri de AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı’nın deprem çözümünde kullandığı programda depremlerin değerlendirilmesinde kullanılacaktır. Elde edilecek tüm bu veriler de tüm bilim camiası ve kamuoyu ile paylaşılacaktır.

Şubat 2015, 123 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yinelemeli optimizasyon, Moment Büyüklüğü, ML Büyüklüğü, ML kalibrasyonu, Soğrulma parametresi, Kalite faktörü

ABSTRACT

Master Thesis

DETERMINATION OF ATTENUATION PARAMETERS AND CALIBRATION OF EARTHQUAKE MAGNITUDE SCALES

Ömer KILIÇARSLAN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geophysical Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Bülent KAYPAK

In Turkey, the traditional methods of the calculating earthquake magnitude involve a non-standard scale and an amplitude reading procedure. To compare the calculated magnitudes according to the old scale system with any known standard magnitude scale is not possible. The aim of this thesis to obtain earthquake magnitude scales in international standards. In the thesis, the methods used for this purpose throughout the world which are Singular Value Decomposition, Iteratively Determination Method of Optimum Attenuation Parameters and Lg Wave Inversion were preferred. Basing on a total of 314 earthquakes recorded in the database within 2008-2014 year of the Earthquake Department in Prime Ministry Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), the Local (ML) and Moment (M_w) magnitude scales were calibrated for Turkey and its close surroundings. The ML calibration scales were derived for overall Turkey and 17 sub-regions divided according their geographic regions. Attenuation parameters required for M_w spectrum methods were re-calculated with two different approaches which were, Inversion of Lg Waves and Iterative Optimization. The Q-frequency correlation was calculated using Lg Wave Inversion Solution Method for 8 sub-regions separated by the geographic regions. Q-frequency correlations were also derived with the Iterative Optimization for the same sub-regions. Even though some scattering were observed in data distribution, close values were obtained for both methods. In this thesis, the different ML and M_w scales were derived in international standards for overall Turkey and sub-regions divided by their geographic regions. This new magnitude scale will use in the evaluation of the earthquakes in the program used in the earthquake solution of the Department of Earthquake of AFAD. All these obtained data will share with the scientific community and the public.

February 2015, 123 pages

Key Words: Iterative optimization, Moment Magnitude, ML Magnitude, ML calibration, Attenuation parameter, Quality factor

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeye katkıda bulunan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Bülent KAYPAK'a (Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı), çalışmalarım süresince manevi desteklerini esirgemeyen Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Deprem Dairesi Başkanım Sayın Dr. Murat NURLU'ya, Deprem Dairesi Grup Başkanım Sayın Jeofizik Yük. Müh. Tuğbay KILIÇ'a, Deprem Dairesi Başkanlığı Ulusal Sismolojik Gözlem Ağları personelleri Sayın Jeofizik Müh. Meltem TÜRKOĞLU, Jeofizik Yük. Müh. Kenan YANIK, Jeoloji Yük. Müh. Bengi ERAVCI, Jeofizik Yük. Müh. Mehmet KAPLAN'a ve tez çalışması kapsamında verilerin hazırlanmasından sonuna kadar sürekli destek olan çok değerli mesai arkadaşım Jeofizik Yük. Müh. Fatih ALVER'e çok teşekkür ederim. Bilimsel çalışmaların yanında her aşamada pratik çözümleriyle destek olan Prof. Dr. Jens HAVSKOV (Bergen Üniversitesi Sismoloji Anabilim Dalı) ve Prof. Dr. Lars OTTEMOLLER'e (Bergen Üniversitesi Sismoloji Anabilim Dalı) öğretim üyelerinden, çalışmalarım süresince birçok fedakarlıklar göstererek beni destekleyen annem, babam ve kardeşlerime en derin duygularla teşekkür ederim.

Ömer KILIÇARSLAN

Ankara, Şubat 2015

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. TÜRKİYE'nin JEOLJİSİ, TEKTONİĞİ ve SİSMOTEKTONİĞİ.....	4
2.1 Türkiye'nin Jeolojisi ve Tektoniği.....	4
2.2 Türkiye'nin Sismotektoniği.....	9
3. SİSMİK DALGALAR ve DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ	17
3.1 Sismik Dalgalar	17
3.2 Deprem Büyüklüğü Kavramı ve Ölçümü	20
3.3 Deprem Büyüklüğü Türleri.....	21
4. KAYNAK ÖZETLERİ	27
5. MATERYAL ve YÖNTEM.....	30
5.1 ML Büyüklüğü Kalibrasyonu Yöntemi	39
5.2 Q_{LG} Yöntemi	41
5.3 Optimum Soğrulma Parametrelerinin Yinelemeli Olarak Belirlenmesi Yöntemi.....	43
6. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	46
6.1 ML Büyüklüğü Kalibrasyonu	46
6.2 Optimum Soğrulma Parametrelerinin Yinelemeli Olarak Belirlenmesi	93
6.3 Optimum Soğrulma Parametrelerinin Q_{LG} Yöntemi İle Belirlenmesi	95
7. SONUÇLAR	112

7.1 Öneriler	113
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ.....	123

SİMGELER DİZİNİ

A	Yerdeğiştirme (deplasman) genliği
A	Geometrik azalım terimi
A ₀	Başlangıç genliği
A(f,t)	İstasyondaki genlik
A	Soğrulma faktörü
B	Soğrulma terimi
C	Referans büyüklüğü terimi
D	Data faktörü
DDA	Deprem Dairesi Başkanlığı ajans kodu
D(f)	Yerdeğiştirme spektrumu
F	Frekans
F ₀	Köşe frekansı
G	Çekirdek (kernel) matrisi
G(R)	Geometrik azalım
G(D,h)	Geometrik azalım terimi
Hz	Frekans birimi (hertz)
κ	Yüzey soğrulma faktörü
Li(f)	Yerel saha terimi
M	Tahmini model vektörü
M ₀	Sismik moment
ML	Yerel (lokal) büyüklük
M _s	Yüzey dalgası büyüklüğü
M _w	Moment büyüklüğü
M _{WE}	Ters çözüm öncesi moment büyüklüğü
M _{WN}	Ters çözüm sonrası moment büyüklüğü
Q _d	Dış merkez (episantr) uzaklığına bağlı düzeltme terimi
Q _{LG}	L _g dalgası kalite faktörü
Q ₀	Kalite faktörü
R	İç merkez (hiposantral) uzaklık
R _s	Kabuk kalınlığı
S _i	İstasyon düzeltme terimi
V	Hız
Δ	Dış merkez (episantr) uzaklığı
ρ	Yoğunluk
Ω ₀	Spektral düşük frekans seviyesi

Kısaltmalar

AFAD	Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
B	Batı
D	Doğu
DAF	Doğu Anadolu Fayı
EMSC	Avrupa/Akdeniz Sismoloji Merkezi (European/Mediterranean Seismological Centre)
G	Güney
GB	Güney batı
<i>GCF</i>	Guralp Sıkıştırılmış Format (Guralp Compressed Format)
GD	Güney doğu
GFZ	Alman Araştırma Merkezi (German Research Centre)
K	Kuzey
KAF	Kuzey Anadolu Fayı
KB	Kuzey batı
KD	Kuzey doğu
SVD	Tekil Değer Ayrışımı (Singular Value Decomposition)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Türkiye'nin tektonik yapısı.....	4
Şekil 2.2 Geç Karbonifer–Neojen arası Türkiye'yi oluşturan mikro plakaların hareketlerinin Afrika-Doğu, Akdeniz-Batı, Karadeniz–Avrasya boyunca kesit üzerinde şematik gösterimi	7
Şekil 2.3 Geç Eosen – Erken Pliyosen arasında Türkiye'nin Neotektonik evrimi	8
Şekil 2.4 Türkiye'nin sismotektoniği.....	10
Şekil 2.5 Marmara Denizi ve yakın çevresinin sismotektonik haritası.....	11
Şekil 2.6 Türkiye ve yakın çevresindeki tektonik birimleri gösterir harita.....	15
Şekil 3.1 <i>P</i> dalgası tanecik hareketi	18
Şekil 3.2 <i>S</i> dalgası tanecik hareketi.....	18
Şekil 3.3 Rayleigh dalgası tanecik hareketi	19
Şekil 3.4 Love dalgası tanecik hareketi	19
Şekil 5.1 Belirlenen 164 adet ($ML>3.5$) depremi kaydeden deprem gözlem istasyonları ile bu depremlere ait lokasyonları gösteren harita	30
Şekil 5.2 Belirlenen 314 adet ($1<ML<6.5$) depremi kaydeden deprem gözlem istasyonları ile bu depremlere ait lokasyonları gösteren harita	31
Şekil 5.3 $e^{-\pi ft}$ (noktalı) ve $e^{\frac{-\pi ft}{Q1}}$ (kesik çizgi) terimlerinin ve toplam düzeltme (koyu çizgi) grafiği	44
Şekil 5.4 Sismik kaynak yer değiştirme grafiği	44
Şekil 6.1 Türkiye geneli için, <i>MAG2</i> alt programına girdi verisi olarak kullanılacak bölgeler ve bölge sınırları	46
Şekil 6.2 Batı-alt bölgesi için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği	47
Şekil 6.3 Batı-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	48
Şekil 6.4 Batı-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	48

Şekil 6.5 Batı-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi.....	49
Şekil 6.6 Batı-üst bölgesi için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği	50
Şekil 6.7 Batı-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	50
Şekil 6.8 Batı-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	51
Şekil 6.9 Batı-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi.....	51
Şekil 6.10 Doğu-üst bölgesi için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği	52
Şekil 6.11 Doğu-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	53
Şekil 6.12 Doğu-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	53
Şekil 6.13 Doğu-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi.....	54
Şekil 6.14 Doğu-alt bölgesi için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği.....	55
Şekil 6.15 Doğu-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklüğe ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	56
Şekil 6.16 Doğu-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	56
Şekil 6.17 Doğu-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi.....	57
Şekil 6.18 Orta Anadolu Bölgesi için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği.....	58
Şekil 6.19 Orta Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları.....	59
Şekil 6.20 Orta Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	59

Şekil 6.21 Orta Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi	60
Şekil 6.22 Ege denizi için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği.....	61
Şekil 6.23 Ege denizine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	62
Şekil 6.24 Ege denizine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	62
Şekil 6.25 Ege denizine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi.....	63
Şekil 6.26 Akdeniz için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği	64
Şekil 6.27 Akdeniz'e düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	65
Şekil 6.28 Akdeniz'e düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	65
Şekil 6.29 Akdeniz'e düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi	66
Şekil 6.30 Türkiye geneli için, <i>MAG2</i> alt programına girdi verisi olarak kullanılacak bölgeler ve bölge sınırları	67
Şekil 6.31 Akdeniz Bölgesi için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği.....	68
Şekil 6.32 Akdeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları.....	69
Şekil 6.33 Akdeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	69
Şekil 6.34 Akdeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi	70
Şekil 6.35 Doğu Anadolu Bölgesi için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği.....	71
Şekil 6.36 Doğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	71

Şekil 6.37 Doğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	72
Şekil 6.38 Doğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi	72
Şekil 6.39 Ege Bölgesi için $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ karşılaştırma grafiği	73
Şekil 6.40 Ege Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	74
Şekil 6.41 Ege Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	74
Şekil 6.42 Ege Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi	75
Şekil 6.43 Güneydoğu Anadolu Bölgesi için $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ karşılaştırma grafiği	76
Şekil 6.44 Güneydoğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	77
Şekil 6.45 Güneydoğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	77
Şekil 6.46 Güneydoğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi	78
Şekil 6.47 İç Anadolu Bölgesi için $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ karşılaştırma grafiği	79
Şekil 6.48 İç Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	79
Şekil 6.49 İç Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	80
Şekil 6.50 İç Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi	80
Şekil 6.51 Karadeniz Bölgesi için $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ karşılaştırma grafiği	81
Şekil 6.52 Karadeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	82

Şekil 6.53 Karadeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	82
Şekil 6.54 Karadeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi.....	83
Şekil 6.55 Marmara Bölgesi için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği.....	84
Şekil 6.56 Marmara Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	85
Şekil 6.57 Marmara Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	85
Şekil 6.58 Marmara Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi.....	86
Şekil 6.59 Türkiye geneline düşen ($1 \leq ML \leq 3.0$) $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği.....	87
Şekil 6.60 Türkiye geneline düşen ($3 \leq ML \leq 6.5$) $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği.....	88
Şekil 6.61 Türkiye geneline düşen ($1 \leq ML \leq 6.5$) $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği.....	89
Şekil 6.62 Türkiye geneline düşen ($1.0 \leq ML \leq 6.5$) depremin büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları	91
Şekil 6.63 Türkiye geneline düşen ($1.0 \leq ML \leq 6.5$) depremin ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi	92
Şekil 6.64 Türkiye geneli, Türkiye'nin doğusu ve batısı için elde edilen ML düzeltme terimi (Richter, Q_d)- $\log A_0$ 'ın dünyadaki diğer ölçeklerle karşılaştırılması	92
Şekil 6.65 Akdeniz Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği.....	96
Şekil 6.66 Doğu Anadolu Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği	97
Şekil 6.67 Ege Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği.....	98
Şekil 6.68 Güneydoğu Anadolu Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği.....	99
Şekil 6.69 İç Anadolu Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği	100

Şekil 6.70 Karadeniz Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği.....	101
Şekil 6.71 Marmara Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği	102
Şekil 6.72 Kullanılan deprem istasyonları ile depremlerin lokasyonları ve ışın yolları gösterim haritası.....	103
Şekil 6.73 Tüm Türkiye geneli (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği	104
Şekil 6.74 $HRV-M_W-M_{WN}(DDA)$ karşılaştırılması	107
Şekil 6.75 $GFZ-M_W-M_{WN}(DDA)$ karşılaştırılması	108
Şekil 6.76 $EMSC-M_W-M_{WN}(DDA)$ karşılaştırılması	108
Şekil 6.77 $M_{WN}(DDA)-M_W(Dreger)$ karşılaştırılması	109
Şekil 6.78 $ML_{ESKI}(DDA)-M_{WE}(DDA)$ karşılaştırılması.....	110
Şekil 6.79 $ML_{YENI}(DDA)-M_{WN}(DDA)$ karşılaştırılması.....	111

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1 Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı'na kaydedilen depremler içinden kayıt kalitesi yüksek olanlar içinden belirlenen 314 adet ($1 < M < 6.5$) depreme ait bilgiler.....	32
Çizelge 5.2 <i>MAG2</i> programı örnek parametre dosyası.....	40
Çizelge 5.3 <i>MAG2</i> programı örnek katalog dosyası.....	40
Çizelge 5.4 <i>MAG2</i> programı örnek istasyon dosyası.....	41
Çizelge 6.1 Farklı <i>ML</i> ölçeklerinin verdikleri ortalama standart sapma değerleri.....	90
Çizelge 6.2 <i>AUTOMAG</i> alt programı yardımıyla optimum <i>Qo</i> soğrulma parametresi belirlenirken kullanılan parametreler.....	93
Çizelge 6.3 <i>AUTOMAG</i> alt programı yardımıyla optimum <i>Qo</i> soğrulma parametresi belirlenirken kullanılan parametreler.....	94
Çizelge 6.4 <i>AUTOMAG</i> alt programı yardımıyla optimum <i>Qo</i> soğrulma parametresi belirlenirken kullanılan parametreler.....	94
Çizelge 6.5 <i>Qo</i> , <i>qalpha</i> , <i>kappa</i> soğrulma parametrelerinin farklı modellere göre Brune spektrumuna uyumları.....	95
Çizelge 6.6 <i>Qo</i> , <i>qalpha</i> , <i>kappa</i> soğrulma parametrelerinin farklı modellere göre Optimum Soğrulma parametrelerinin Yinelemeli Olarak Tayini ve <i>QLG</i> yöntemlerine göre hesaplanan karşılaştırılmış değerler.....	104
Çizelge 6.7 Deprem lokasyonu değiştirilmeden, hesaplanan yeni soğrulma parametreleri (<i>Qo</i> , <i>qalpha</i> , <i>kappa</i>) kullanılarak elde edilen <i>M_{WN}</i> değerleri.....	106

1. GİRİŞ

Yerküre'nin iç yapısının araştırılmasında sismik dalgalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Yeryüzündeki tektonik aktiviteler ile mantonun dinamik yapısı arasındaki ilişkinin araştırılması, depremlerin, volkanik faaliyetlerin ve ayrıca yerkürenin gelişim sürecinin belirlenmesinde sismik dalgalar kullanılarak yapılan sismolojik çalışmalar önemli yer tutar. Bu tür çalışmalarla tekdüze olmayan yer yapısı ve yer içinin fiziksel özelliklerinin araştırılması mümkündür. Özellikle son yıllarda gelişen teknoloji ve artan ulusal ağlar sismolojik araştırmalarda önemli ilerlemelere olanak sağlamıştır.

Ülkemiz genelinde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı 2003 yılından beri büyük bir gelişim göstermiştir. AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı'nın büyüklüğüne ve kaydedilen deprem sayısının fazlalığına rağmen, ağ üzerindeki büyüklük ölçeklerine ilişkin Türkiye genelini kapsayan geniş kapsamlı herhangi bir çalışma yapılmamış, daha çok yerel ölçekli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. (Akinci vd. 2001)

Bu tez çalışmasında AFAD'a ait Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı veri tabanında Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde kayıt edilen depremler kullanılmıştır. 2008 yılında 50 adet olan genişbant deprem gözlem istasyonundan oluşan Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı, 2014 yılında 214 adet genişbant deprem gözlem istasyonuna ulaşmıştır. 2008 öncesine ait veri gerek dalga kayıt formatının farklı oluşu gerekse bazı eski istasyonların iptal edilmiş olması nedeniyle bu tez çalışması sırasında kullanılmamıştır.

Bu tez çalışmasının amacı ve kapsamı, AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı verilerini kullanarak Türkiye için genel ve yerel büyüklük ölçeğinin (ML) kalibrasyonunu, ülke geneli için ve bölgesel ortalama soğrulma parametrelerinin (Q_0 , $qalpha$, $kappa$) tayinini gerçekleştirmek, M_w ölçeğini bu soğrulma parametrelerine göre yeniden güncellemek ve AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı veri tabanında kullanılan EA.v2.0 (Earthquake Analysis, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi

Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı 2013) deprem analiz programına, uluslararası hesaplama tekniklerinedayanan, ML ve M_w hesaplama ölçeklerini hazırlanmasını ve test edilmesini sağlamaktır.

Tezin ilk bölümünde Türkiye' nin jeolojisi, tektoniği ve sismotektoniği hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ayrıca, Türkiye' deki önemli faylar, olası sismik boşluklar konusunda genel bilgilere değinilmiştir. Bahsedilen konulara ait özet haritalar da bu bölümde sunulmuştur.

İkinci bölümde, sismik dalgalar ve deprem büyüklükleri hakkında genel bilgiler ile tez çalışmasında ayrıntılı olarak çalışılan ML (Lokal) ve M_w (Moment) büyüklükleri hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, kaynak taramasına ait çalışmalar sunulmuş, bu kaynaklardan bazıları ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde, tez çalışmasında nasıl bir yöntem izlendiği, gerçekleştirilen ML kalibrasyonu, Q_{LG} yöntemi ve Optimum Soğrulma Parametrelerinin Yinelemeli Olarak Tayini yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

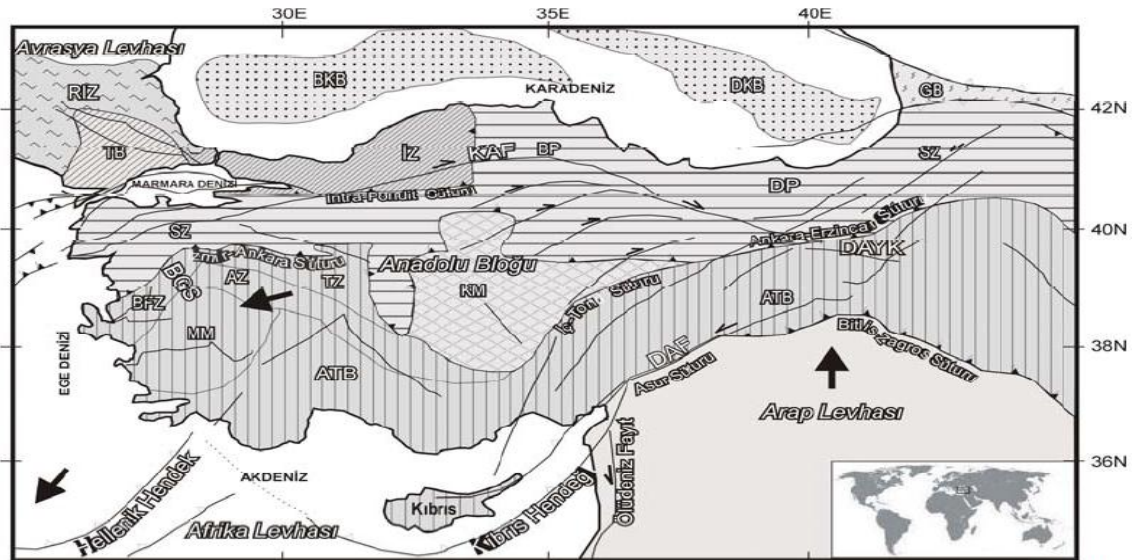
Beşinci bölümde, ML kalibrasyonunun Türkiye genelinde hangi bölgeler için yapıldığı ve bu bölgeler için $MAG2$ alt programı ile hesaplanan yeni ML ölçekleri verilmiştir. Optimum soğrulma parametrelerinin (Q_0 , $qalpha$, $kappa$) hangi yöntemlerle hangi bölgeler için elde edildiği ve elde edilen parametrelere göre yeniden hesaplanan M_w ölçekleri gösterilmiştir. Bunlara ek olarak tez çalışması öncesi kullanılan ML ve M_w ölçekleri ile ters çözüm sonrası elde edilen yeni ML ve M_w ölçekleri de bu bölümde sunulmuştur. Ayrıca uluslararası ajansların ($EMSC$, GFZ , $HARVARD$) verdiği ML ve M_w değerleri ters çözüm sonrası elde edilen yeni ML ve M_w ölçekleri ile bu bölümde karşılaştırılmıştır.

Son bölümde ise yukarıda bahsedilen çalışmalara ait tüm sonuçlar yorumlanmaya çalışılmış; çalışmanın iyileşmesi ve devamı için önerilerde bulunulmuştur.

2. TÜRKİYE’NİN JEOLJİSİ, TEKTONİĞİ , SİSMOTEKTONİĞİ

2.1 Türkiye’nin Jeolojisi ve Tektoniği

Türkiye birçok yıkıcı depremin yaşandığı, dünyadaki en aktif tektonik kuşaklarından birisi olan Alp-Himalaya orojenik kuşağında yer almaktadır. Bölgenin sismik etkinliği kendisini çevreleyen levhaların hareketliliğinden kaynaklanır. Ülkenin büyük bölümü Anadolu bloğu üzerinde yer almaktadır. Bu bloğun Doğu Anadolu kısmı güneyde Arap levhası ve kuzeyde Avrasya levhası tarafından sıkıştırılmaktadır. Anadolu bloğunun bu kısmı sıkışma sonucunda batıda Afrika levhasına doğru harekete zorlanmakta ve batıya saat yönünün tersine doğru dönerek hareket etmektedir (McKenzie 1972, Dewey ve Şengör 1979, Şengör ve Yılmaz 1981, Westaway 1994, Straub ve Kahle 1997, Reilinger vd. 1997 McClusky vd. 2000 (Gürer vd. 2003; (Şekil 2.1). Bu tektonik hareketler kuzeyde Kuzey Anadolu Fayı (KAF), batıda Ege Graben Sistemleri (EGS) ve doğuda Doğu Anadolu Fayı (DAF) üzerinde yoğun sismik hareketler olarak gözlenmektedir (McKenzie 1972, Barka ve Reilinger 1997, Aydan 1997).



Şekil 2.1 Türkiye'nin tektonik yapısı (Gürer vd. 2003)

RIZ: Rodop-Istranca Zonu, TB: Trakya Baseni, İZ: İstanbul Zonu, SZ: Sakarya Zonu, BKB: Batı Karadeniz Baseni, DKB: Doğu Karadeniz Baseni GB: Gürcistan Baseni, BFZ: Bornova Filiş Zonu, AZ: Afyon Zonu, TZ: Tavşanlı Zonu, MM: Menderes Masifi, ATB: Anatolide Torid Bloğu, KM: Kırşehir Masifi, DAYK: Doğu Anadolu Yığılım Karmaşığı, BP: Batı Pontidler, DP: Doğu Pontidler, EGS: Ege Graben Sistemi, KAF: Kuzey Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu Fayı

Türkiye'nin jeolojik evrimi Laurasia ve Gondwana arasındaki yer alan Tetis okyanusuna dayanır (Şengör ve Yılmaz 1981, Şengör 1987, Ricou 1994, Stampfli 1996). Bu bölge Paleozik ve Mesozoik okyanusal basenlerin açılması ve kapanmasına bağlı olarak küçük okyanusal ve kıtasal bileşenlerden oluşur. Türkiye'nin günümüz tektoniği altı ana litosferik parçadan oluşur. Bunlar Rodop-Istranca Zonu (*RIZ*), İstanbul Zonu (*İZ*), Sakarya Zonu (*SZ*), Anatolid Torid Bloğu (*ATB*), Kırşehir Masifi (*KM*), Arap levhasıdır (Şengör ve Yılmaz 1981, Şengör vd. 1982, Okay ve Tüysüz 1999).

Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Rodop-Istranca Zonu, volkanik ve plütonik kayalardan oluşan Geç Kretase yaşlı bir magmatik kuşaktır. Bu zon Intra-Pontid okyanusun kuzey yönlü dalımı süresince andezitik volkanik ve volkanoklastik kayalar ve granodiyoritlerden oluşmuştur (Boccaletti vd. 1974, Moore vd. 1980, Şengör ve Yılmaz 1981).

İstanbul Zonu Karadeniz'in güneybatısında yer alan küçük kıtasal bir parçadır. Genel yapısı Prekambriyen kristalin tabanı üzerine Ordovisyen ve Karbonifer sediman dizilimlerinden oluşmaktadır. Tek tek yer alan ters faylar, küçük ama geniş uzunluklara kadar uzanan doğrultu atımlı faylar ve makaslama zonlarından oluşur. Anatolid-Torid Bloğu ile Rodop-Istranca Zonu, İstanbul Zonu ve Karadeniz arasında doğu batı yönlü uzanan Sakarya Zonu genelini Pontidlerin oluşturduğu Triyasik dalım yığışım karmaşığının geniş ölçüde yer aldığı kıtasal bir parçadır. Jurasik döneme ait sığ deniz klastik kayalar, volkanik ve sedimanter kayalar içermektedir (Okay ve Tüysüz 1999).

Türkiye'nin güneyinde doğu-batı yönlü uzanan Anatolid-Torid Bloğu'nun geneli metamorfik komplekslerden oluşur. Senoniyen ofiyolitler ve yığışım karmaşığı bu blok üzerinde yer alır. Anatolid-Torid bloğunun kuzey kenarı yüksek basınç-düşük sıcaklık metamorfizması geçirmiştir. Bu blok kendi içerisinde üç bölgesel metamorfik kompleksden meydana gelir. Bunlar Tavşanlı Zonu Afyon Zonu ve Menderes Masifi'dir. Ayrıca Menderes Masifi ile İzmir-Ankara süturu arasına Bornova Filiş Zonu yer alır (Okay ve Tüysüz 1999). Türkiye'nin merkezinde bulunan Kırşehir Masifi metamorfik ve büyük kütleli granitik kayalardan oluşmaktadır. Bölgedeki en önemli

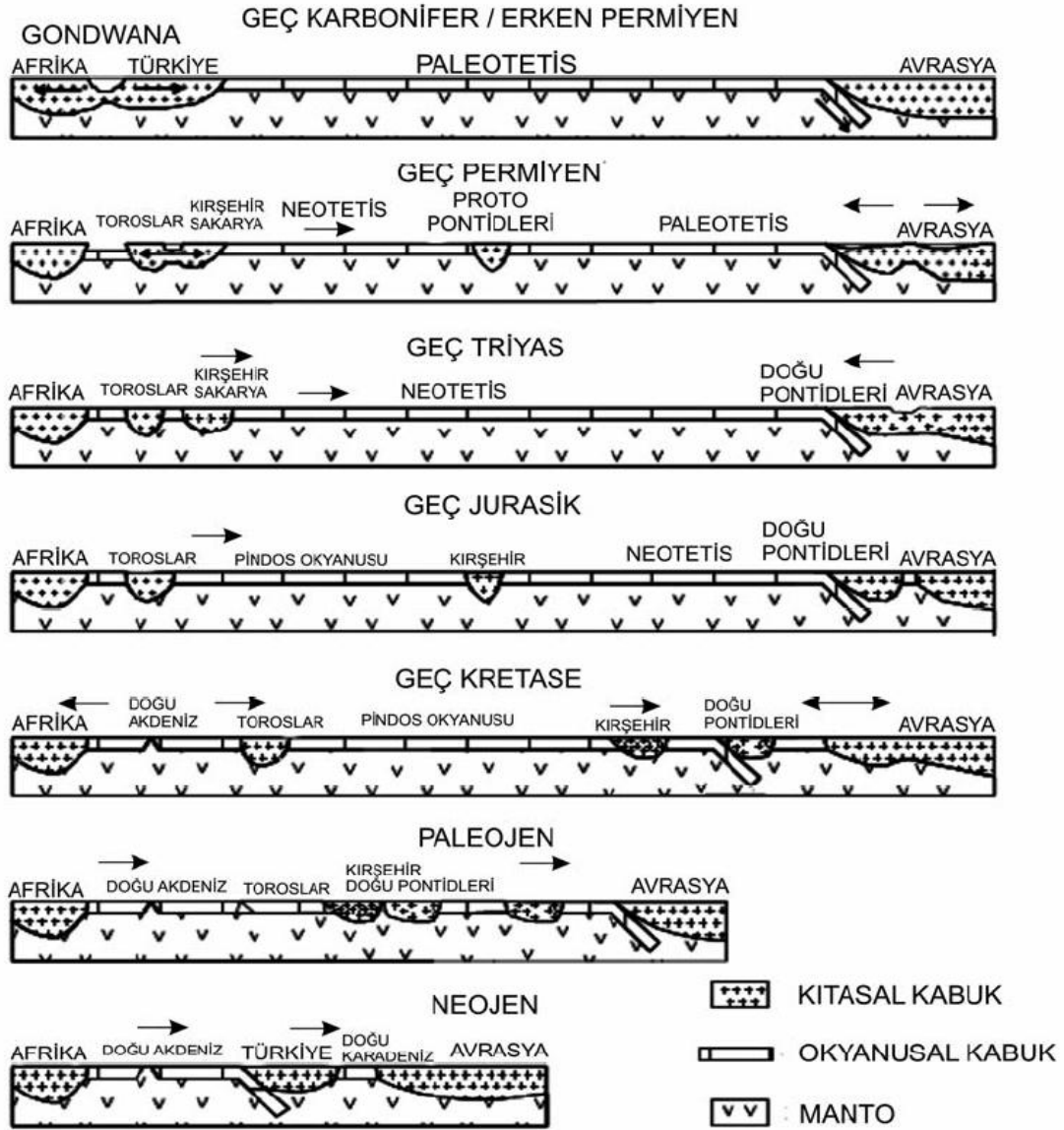
jeolojik unsur, Afrika levhasının kuzeyindeki okyanusal dalım nedeniyle oluşan geniş ölçekli volkanizmalardır (Innocenti vd. 1982). İzmir-Ankara-Erzincan sùturlarındaki dalma ve çarpışma ile ilişkili olarak Kırşehir Masifi'nde bölgesel metamorfizma ve granitik mağmatizma gözlenir (Okay ve Tùysüz 1999).

Tùrkiye'nin güney doğusunda bulunan Arap levhası gösterdiği Paleozoik stratigrafisiyle Anatolid-Torid bloğuna benzer. Bu bölge Erken Kambriyen'den orta Miyosen zamanına kadar biriken denizel sedimanter istiflerden oluşur. Orta-geç Miyosen dönemlerinde Arap levhasının kuzeyi, Avrasya levhasının güney ucu ile çarpışarak Bitlis bindirme kuşaağını oluşturmuştur (Perinçek 1979). Tùrkiye'yi çevreleyen levhaların jeodinamik evrimi incelendiğinde bölgenin karmaşık tektonik yapısı daha iyi anlaşılacaktır. Gondwana ve Laurasia'nın çarpışması ile tamamlanan Hersinyen orojenezi sonrasında, Tetis okyanusu Laurasia ve Gondwana arasında körfez halinde bulunmaktadır. Geç Triyas ve Geç Kretase dönemleri arasında (~210-100Ma) Tùrkiye'yi oluşturan mikro levhaların (doğu ve batı pondidleri, Kırşehir, Sakarya ve Toros levhacıkları) Gondwana levhasından ayrılıp kuzeye doğru ilerlemesi ve Avrasya kıyılarına yapışması ile Paleotetis okyanusu kapanmıştır (Kimmerid orojenezi) (Şekil 2.2). Paleotetis' in kuzeye dalımı, yay gerisi havza okyanuslarının/denizlerinin açılmasını tetiklemiş bölgede Karadeniz'in oluşumunu başlatmıştır. (Stampfli 2000; Stampfli ve Borel 2002; Golonka 2004).

Geç Paleosen döneminde Laurasia levhası ile Anadolu-İran platformunun çarpışması ve eklenmesi sonucunda Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolu tamamen kapanmıştır. Orta ve Geç. Miyosen'de (~15-5Ma) Arap ve Avrasya Levhaları arasında kıta-kıta çarpışması yaşanmış, Neotetis-Bitlis okyanusu kapanmış ve Bitlis-Zagros bindirme kuşaağı meydana gelmiştir (Alpid orojenezi) (Şekil 2.3 a, b, c, d).

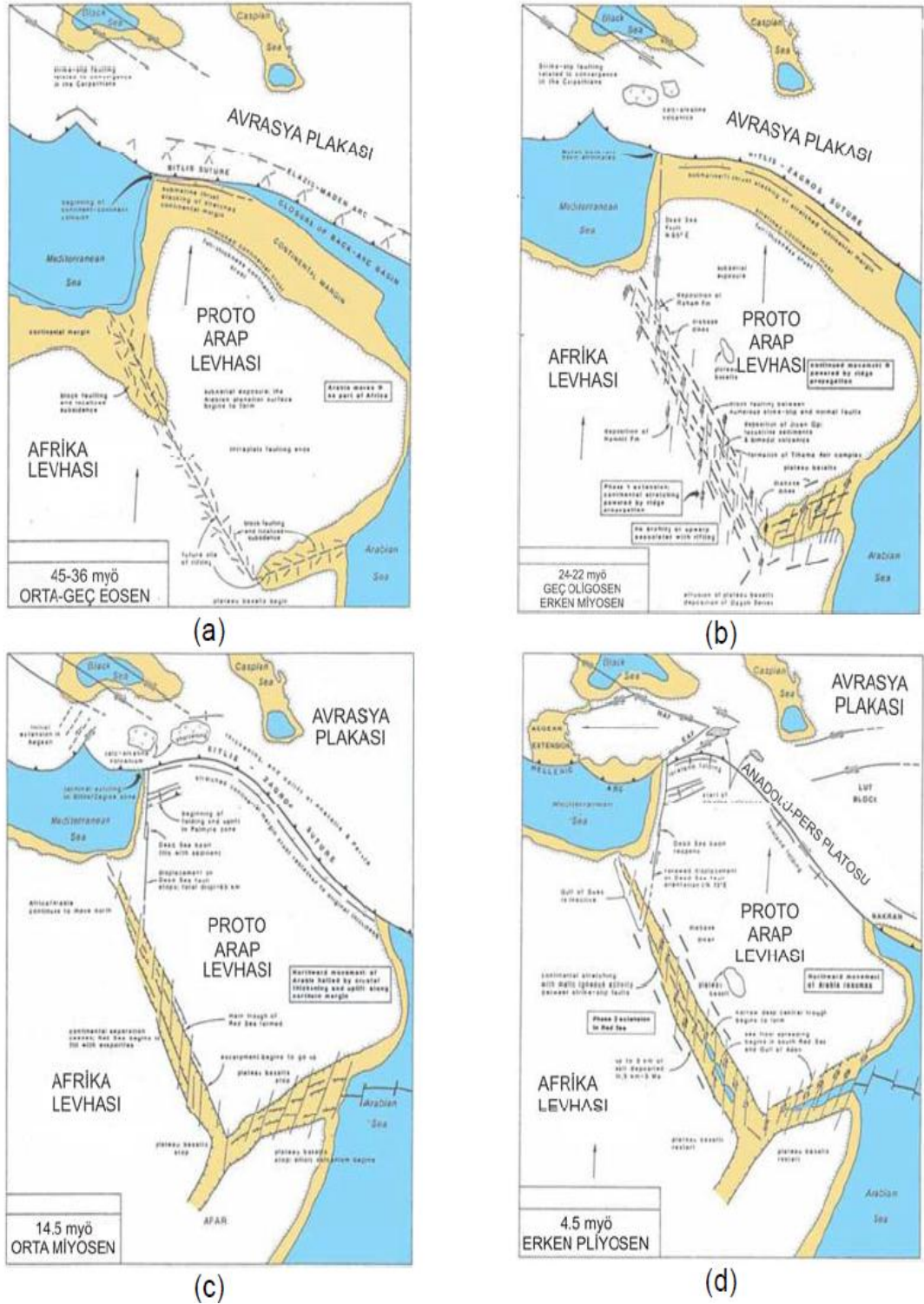
Sonuç olarak; Geç-Orta Miyosen-Erken Pliyosen dönemleri arasında Anadolu bloğu'nun doğusunda uzun süre devam eden kıtalararası yakınsama yaşanmıştır. Bu dönem ayrıca doğu-batı uzanımlı bindirme-ters faylanmalar ve buna bağlı oluşan basenlere, kıvrımlanmalara, yani sıkıştırma nedeniyle oluşan birçok farklı yapıya sahne

olmuştur. Anadolu bloğundaki sol yönlü kaçış hareketi ve Kızıldeniz'in güneyindeki deniz tabanı yayılmasının eş zamanlı uyumu Türkiye ve komşu bölgelerdeki aktif tektoniğin Kızıldeniz'in açılması ve Arap levhasının Afrika levhasına göre kuzey yönlü farklı hareketinin sonucu olduğuna işaret etmektedir (Hempton 1987, Robertson vd. 1991, Yılmaz vd. 1998, Bozkurt 2001).



Şekil 2.2 Geç Karbonifer-Neojen arası Türkiye'yi oluşturan mikro plakaların hareketlerinin Afrika- Doğu Akdeniz- Batı Karadeniz – Avrasya boyunca kesit üzerinde şematik gösterimi (Golonka 2004).

GCS: Proto-Karadeniz-Büyük Kafkasya-Proto-Hazar Denizi güneyi, EBS: Doğu Karadeniz



Şekil 2.3 Geç Eosen–Erken Pliyosen arasında Türkiye'nin Neotektonik evrimi (Hempton 1987).

(a) Arap levhasının Avrasya levhası ile çarpışması, (b) Bitlis Zagros Sütür zonu boyunca kıtasal yapışma ve Kızıldeniz'in oluşumunun başlaması, (c) Türkiye içerisindeki sıkışma ve açılma bölgelerinin oluşumu ve Hellenik yayın oluşumu, (d) KAF, DAF zonları oluşumu, Anadolu bloğu'nun batıya doğru kaçışı ve Kızıldeniz'in açılması

Bölgede baskın olan karasal bindirme ve sıkıştırma rejimi Erken Pliyosen (~4Ma) döneminde yerini sıkıştırma-çekme rejimine (kaçma tektoniği/püskürme tektoniği) bırakmıştır. Bu durum sonucunda Kuzey Anadolu Fay Zonu (*KAF*) olarak adlandırılan kıta içi dönüşüm fay meydana gelmiştir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun (*DAF*) ise büyük olasılıkla Geç Pliyosen döneminde oluştuğu ve *KAF* Zonun'dan daha genç olduğu düşünülmektedir (Barka ve Reilenger 1997, Bozkurt 2001).

2.2 Türkiye'nin Sismotektoniği

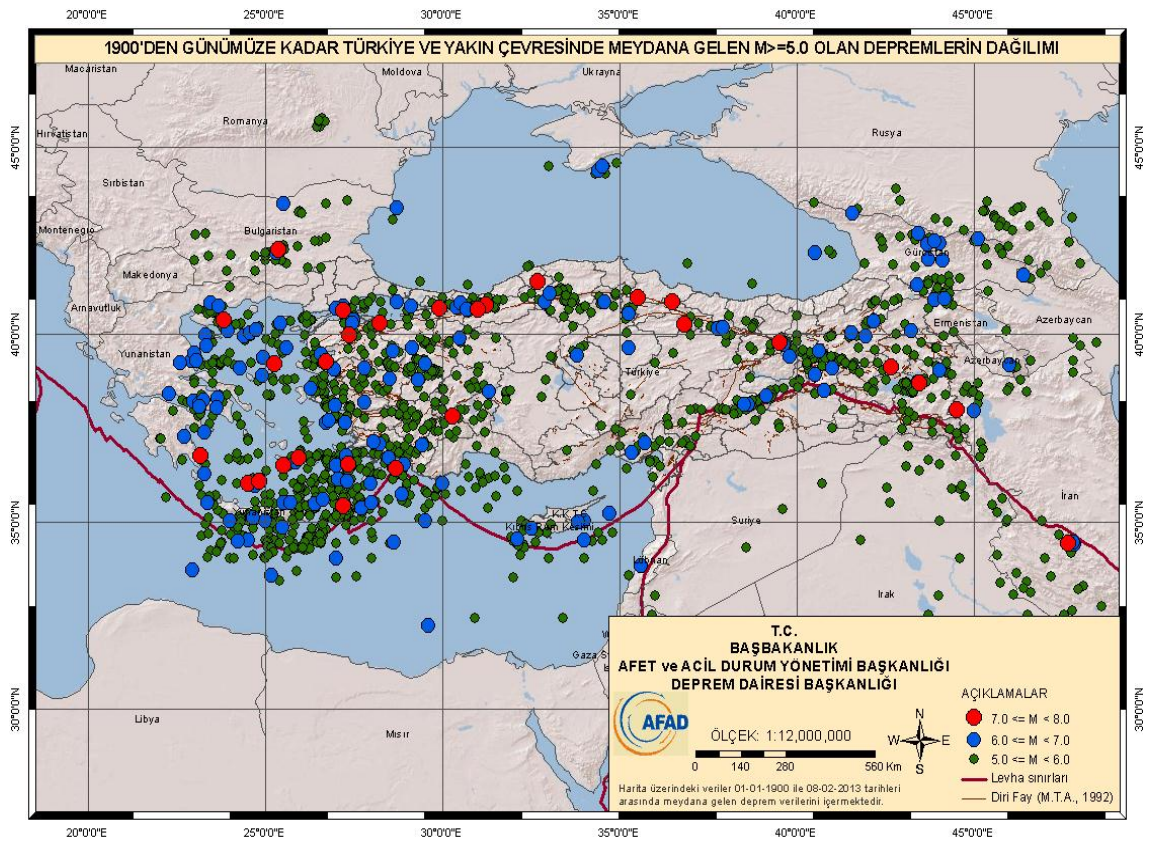
Arap levhasının kuzeye doğru Afrika levhasından daha hızlı hareket etmesi ve Anadolu bloğunun da batıya doğru saat yönünün tersine dönerek ilerlemesi sonucu *KAF* (Kuzey Anadolu Fayı) ve *DAF* (Doğu Anadolu Fayı) zonları oluşmuştur. Günümüz kinematığında Arap levhasının 18-25 mm/yıl hızıyla *K-KB* yönünde, Afrika levhasının 8-10 mm/yıl hızla kuzeye hareket ettiği bilinmektedir (McKenzie 1972, Oral vd. 1995, Reilenger vd. 1997, McClusky vd. 2000, Şengör vd. 2003). Ölüdeniz Fayındaki kayma oranı *KAF* ve *DAF* zonlarından daha düşük (>7 mm/yıl) olsa da Ölüdeniz Fayı boyunca gözlenen sol yönlü hareketin nedeni de aynı şekilde Afrika ve Arap levhalarının kayma hızlarının birbirinden farklı olmasıdır (Westaway 1994).

Türkiye'nin batısı ise, Ege Denizi'ne doğru *KKD-GGB* yönlü çekme etkisi altındadır. Bu nedenle bölgede *D-B* uzanımlı normal faylarla sınırlanmış birçok horst ve graben sistemleri gözlenmektedir (Alptekin 1973, McKenzie 1978, Dewey ve Şengör 1979, Taymaz vd. 1991). Ege bölgesindeki düşük hızlı (< 2 mm/yıl) levha hareketi bölgede içsel deformasyonlara neden olmaktadır. Ege Denizi içerisinde levha hareketinin hızı Ege Yayı'na doğru gidildikçe *GB* yönlü olarak artarak Avrasya levhasına göre 30-40 mm/yıl 'a ulaşmaktadır (McClusky vd. 2000).

Özetle; levha hareketlerine bağlı olarak Türkiye dört farklı neotektonik bölgeye ayrılmaktadır. Bu neotektonik sistemler Doğu Anadolu'daki daralma bölgesi, Kuzey Anadolu doğrultu atımlı hareketler, Orta Anadolu ova bölgesi ve Batı Anadolu'daki

açılma bölgesi olarak tanımlanabilir (Şengör vd. 1985). Bu neotektonik yapıların oluşumu ile Ege-Kıbrıs yayı (Afrika levhasının Anadolu levhasının altına daldığı sınır), sağ yanal hareketli Kuzey Anadolu Fay zonu, sol yanal hareketli Doğu Anadolu Fay zonu olarak adlandırılan üç ana tektonik bölge gelişmiştir. Böylece Türkiye’de, *KAF*, *DAF* ile sınırlanmış Anadolu bloğunun batısında *EGS* açılma sistemleri gelişmiş ve batıya doğru bir kaçma hareketi gözlenmektedir (Bozkurt 2001).

Şekil 2.4’ de 1900’ den günümüze kadar Türkiye ve yakın çevresinde meydana gelen $M > 5$ depremler verilmiştir.



Şekil 2.4 Türkiye'nin sismotektoniği

Şekil 2.5’ de Marmara Denizi ve yakın çevresinin sismotektonik haritası verilmiştir.

Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde 1939 yılında Erzincan'da başlayan 6 büyük depremin batıya doğru göçü sonucunda Kuzey Anadolu Fay Zonunun toplam 900 km lik bir kısmı kırılmıştır. Bu kırıklarda 7.5 m ye varan yer değiştirmeler vardır (Barka 1992). Mevcut tarihsel ve aletsel deprem verileri ve jeolojik gözlemlere göre, Türkiye'nin önemli sanayi, ticaret ve turizm bölgesi olan Marmara Bölgesinin deprem potansiyeli oldukça yüksektir. Tarihsel depremler olarak MS 11 ile MS 1894 arasında bölgede kayıtlara geçmiş en az 145 adet deprem bilinmektedir. Bunlardan en önemli olanlar; 29 (İzmit), 363 (Marmara ?), 434 (Marmara), 446 (Marmara), 477 (Marmara), 15 Ağustos 553 (Marmara ve İzmit), Ekim-Kasım 557 (Marmara), Ocak 1010 (Marmara), İlkbahar 1034 (Marmara), 18 Aralık 1037, 10 Eylül 1509 (Kıyamet-i Sugra), 12 Haziran 1542 (Marmara), 10 Mayıs 1556, 11 Temmuz 1690, Yaz 1718 (İstanbul-İzmit), 25 Mayıs 1719 (İzmit-Yalova), 2 Eylül 1754 (İzmit Körfezi), 3 Eylül 1763 (Marmara), 22 Mayıs 1766 ve 10 Temmuz 1894 depremleridir (Ambreseys ve Finkel, 1995).

Doğu Anadolu Fayı

Karlıova-Antakya arasında değişik özellikte olan birbirlerini tamamlayan birçok sol yönlü doğrultu atımlı faydan oluşan zon, Doğu Anadolu Fay Zonu olarak adlandırılmıştır (Arpat ve Şaroğlu 1972). Fay zonu, 21 Mayıs 1971 tarihinde Bingöl yöresini etkileyen ve birçok can ve mal kaybına neden olan depremle dikkati çekmiştir. DAFZ'nun farklı kesimlerinde birçok jeolojik (Altınlı 1963, Ketin 1966, 1968, Allen 1969, Arpat 1977, Arpat ve Şaroğlu 1972, 1975, Yalçın 1979, Hempton ve Dewey 1983, Hempton vd.1983, Kasapoğlu ve Toksöz 1984) ve sismolojik (Ergin 1966, Ambraseys 1970,1971, McKenzie 1972, Tezuçan 1976, Ercan 1979, Alptekin 1978, Jackson ve McKenzie 1984) amaçlı çalışmalar yapılmıştır.

DAFZ' nun Maraştan sonraki devamı tartışmalıdır. Arpat ve Şaroğlu (1972, 1975), fayın Karlova'dan başlayıp Bingöl, Palu, Hazar Gölü, Sincik, Çelikhan ve Gölbaşı'ndan geçerek yön değiştirdiğini, Hatay grabenini oluşturan faylarla devam ettiğini ve Ölüdeniz fayına birleştiğini belirtmektedir. Buna karşılık diğer bazı araştırmacılar (McKenzie 1972, 1975, Alptekin 1978, Şengör 1980), Hatay grabenini oluşturan fayları

Ölüdeniz fayı ile birleştirirken, bu sistemi DAFZ'nundan ayırmışlardır. McKenzie (1975), DAFZ'nun Ölüdeniz fayından farklı olduğunu, DAFZ'nun Adana-Misis dağlarına ulaşarak bindirme bileşenli karakter kazandığını, burada bindirme bileşeninin olmasının Ölüdeniz fayının hareketinden daha hızlı hareket etmesiyle mümkün olabileceğini savunmaktadır. Seymen ve Aydın (1972), DAFZ'nundaki toplam atımın 15 km olduğunu ve DAFZ'nun KAFZ' nun ikincil faylanması sonucu oluştuğunu belirtmektedir. Arpat ve Şaroğlu (1972), Göynük vadisinde fay atımının 22-27 km arasında olduğunu, K-G yönlü bir sıkışma sonucu gelişebileceğini ve yaşının Miyosen'den genç olması gerektiğini ileri sürmüştür. Yalçın (1979), DAFZ'nun Türkoğlu-Karağaç kesiminde, fayın Kuvaterner'den beri olan toplam atımının 2 km olduğunu ve fayın Ölüdeniz fayına bağlandığını, Hatay grabeni içinde DAF ile ilişkili olmayan birbirini dar açıyla kesen iki ayrı fay sisteminin yer aldığını vurgulamaktadır.

Ege Graben Sistemi

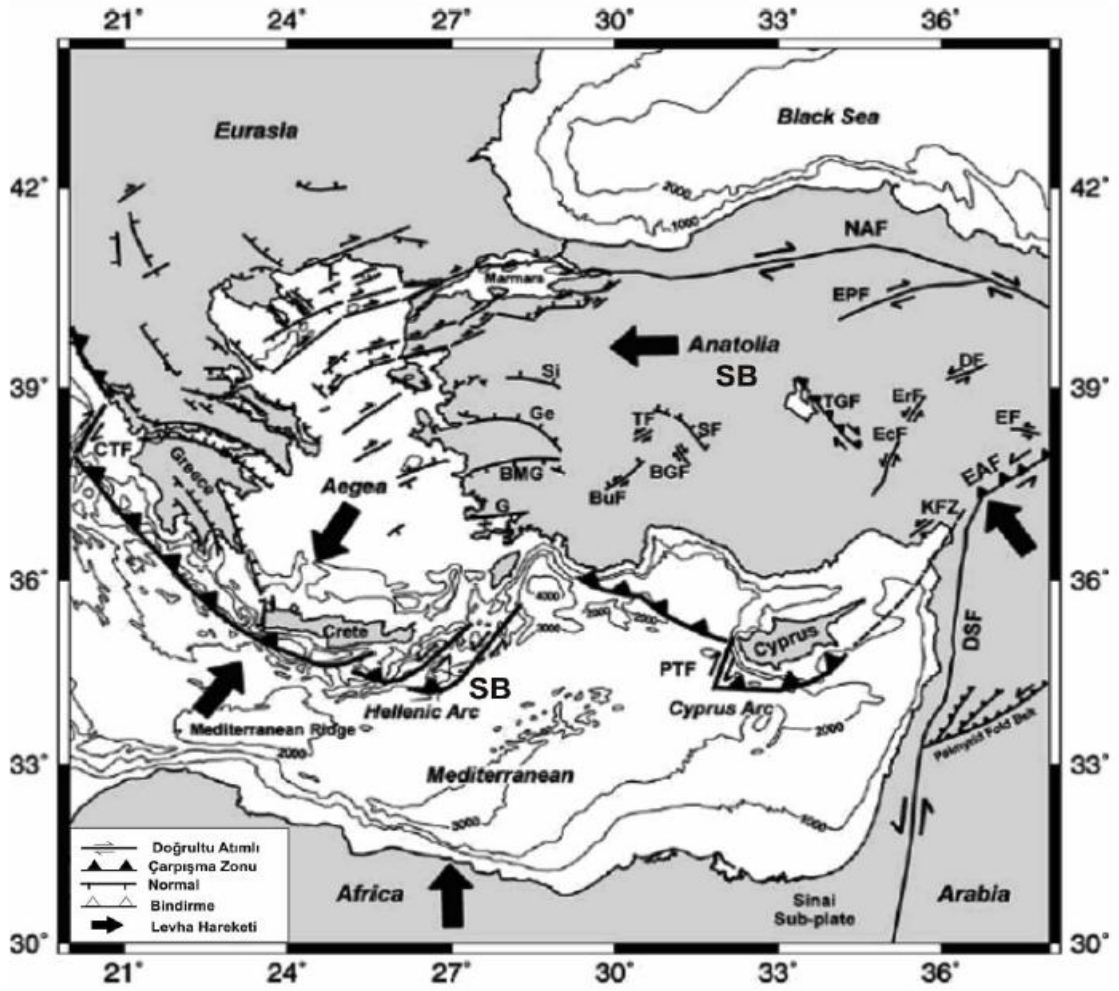
Batı Anadolu'da yaklaşık K-G yönlü genişleme tektoniğine bağlı olarak D-B ve BKB-DGD doğrultulu birçok graben gelişmektedir (Philippon 1910-1915, Ketin 1968, McKenzie 1978, Dewey ve Şengör 1979, Jackson ve McKenzie 1984, Şengör vd. 1984, Şengör 1987). Bunlar Gökova, Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz, Bakırçay ve Simav riflileri, Kütahya ve Eskişehir'dir. Bunların yanısıra KD-GB hatların normal bileşeni olan doğrultu atımlı faylara karşılık geldiği ve bu yörenin tektoniğinde önemli rol oynamaktadır. Bunlar Fethiye-Burdur fay zonu, Bergama Foça fayıdır. KB-GD normal faylar daha çok GB Anadolu' da yer almaktadır. Batı Anadolu' da orta kısmında D-B doğrultulu Gediz, Büyük Menderes ve Küçük Menderes fayları yer almaktadır. Bu fayların Kuzeyinde Simav, Kütahya ve Eskişehir fayları yine benzer özellikler sunmaktadırlar. Bu D-B ve BKB-DGD doğrultulu normal faylar arasında KD-GB basenler yer almaktadır. Büyük Menderes grabenin güneyinde ise KB-GD basenler vardır ve bu doğrultuda gelişen fayların aktif olduğu güncel depremler tarafından da doğrulanmaktadır (Price ve Scott 1994). Tarihsel ve aletsel dönem depremlerinin iyi bilinmesi Batı Anadolu' nun tektoniğinin anlaşılması açısından son derece önemlidir Fay sistemlerine bağlı olarak Batı Anadolu' da yoğun bir deprem aktivitesi görülmektedir. Çok sayıdaki eski uygarlıkların yerleşim birimlerine ait veriler ve tarih

kaynaklarından elde edilen bilgilere göre, bölgenin tarihsel dönemde de (1900 yılı öncesi) birçok yıkıcı depremin etkisinde kaldığı ortaya çıkmaktadır (Ambraseys 1970, Altunel ve Hancock 1993, Altunel ve Barka 1997).

Ege grabenleri, kenarları doğrultu atım bileşenli normal faylar olan büyük çöküntü alanlarını temsil ederler. Ege Graben Sistemini gösterir bir harita şekil 2.6'da verilmektedir. Simav grabeni, Simav çayı boyunca yaklaşık 100 km uzanır (Gülkan vd. 1993). Gediz Grabeni, 10-20 km genişlikte ve 140 km uzunlukta *BKB-DGD* doğrultulu büyük bir çöküntü alanını temsil eder. Bu graben boyunca Pliyosen'den günümüze kadar olan zaman aralığı içerisinde 1.5 km civarında bir düşey atımın meydana geldiği bildirilmektedir (Gülkan vd. 1993). Gediz Grabeni'nin güneyinde 10-25 km genişlikte ve 200 km uzunlukta Büyük Menderes Grabeni yer alır (Gülkan vd. 1993, Şengör vd. 2005).

Ege Graben bölgesinde 1900-1910 yılları arasında suskun bir dönem gözlenirken, 1910-1930 yılları arasında deprem sayısında oldukça fazla bir artış görülmektedir. Benzer şekilde, 1930-1960 yılları arasında tekrar sakin bir dönem bulunmaktadır. 1960-1975 yılları arasında tekrar oldukça yoğun bir sismik aktivite gözlenmektedir. 1975-Günümüz arasında tekrar bir suskunluk dönemine girilmiştir. Bu dönem içerisinde en son meydana gelen yıkıcı ve 10 km uzunlukta yüzey faylanması meydana getirmiş olan deprem 1 Ekim 1995 Dinar depremidir (Demirtaş vd. 1996a, 1996b, 1996c, Eyidoğan ve Barka 1996, Öncel vd. 1998, Pınar 1998 , Wright vd. 1999).

Yukarıda belirtilen özellikler Ege Graben Sistemi içerisinde bir depremden hemen sonra yakın bir segmentde bir deprem oluşma olasılığı oldukça fazla olduğunu göstermektedir. Ege grabenini gösteren bir tektonik harita şekil 2.6'da verilmektedir. Bu haritada ayrıca Türkiye ve yakın çevresinin ana tektonik unsurları da gösterilmektedir. (Yolsal vd. 2007)



Şekil 2.6 Türkiye ve yakın çevresindeki tektonik birimleri gösterir harita (Yolsal vd. 2007)

Si: Simav grabeni, Ge: Gediz grabeni, BMG: Büyük Menderes grabeni, SB: Olası sismik boşlukları göstermektedir. Oklar Anadolu'nun saatin tersi yönünde dönmesini ve Afrika levhasının dalmasını göstermektedir. NAF: Kuzey Anadolu Fayı, EAF: Doğu Anadolu Fayı, DSF: Ölüdeniz Fayı, Ge: Gediz Fayı, G: Gökova Fayı, PTF: Paphos Transform Fayı, BGF: Beyşehir Gölü Fayı, TF: Tatarlı Fayı, SF: Sultandağı Fayı, EcF: Ecemiş Fayı, DF: Deliler Fayı, ErF: Erciyes Fayı, KfZ: Karataş Fay Zonu, EF: Elbistan Fayı.

Batı Anadolu'da yer alan graben yapılarındaki sediman kalınlıkları gravite verilerinin 2 ve 3 boyutlu analizleri ile Sarı ve Şalk (2006) tarafından yapılmış olup, bölgenin jeotermal potansiyeli Bilim (2007) tarafından araştırılmıştır. (Çiftçi vd. 2010) ise Ege grabenlerinin hidrokarbon potansiyeline yönelik çalışma yapmışlardır.

Ege-Kıbrıs Yayı

Tarihsel dönem içerisinde Doğu Akdeniz kıyılarını etkileyen en önemli doğal olaylar yıkıcı büyük depremlerdir ve bunların çoğu çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş ve kataloglanmıştır (Ambraseys 1962, Ambraseys ve Melville 1995, Guidoboni vd. 1994, Guidoboni ve Comastri 2005a, b, Sbeinati vd. 2005, Fokaefs ve Papadopoulos 2006). Afrika, Arabistan ve Avrasya levhaları arasındaki tektonik hareketlerden dolayı oldukça karmaşık bir tektonik yapıya sahip olan Doğu Akdeniz Bölgesi'nde geçmişten günümüze kadar birçok sayıda kuvvetli depremin gözlemlendiği yoğun deprem aktivitesi meydana gelmektedir (Taymaz vd. 2004, 2007). Akdeniz okyanusal litosferinin Ege Denizi içerisinde Helenik Yayı boyunca dalma batmaya uğraması bölgede şiddetli deprem aktivitesinin ve deformasyonunun oluşmasına neden olmaktadır (Taymaz vd. 1990, 1991).

Kıbrıs yayı boyunca gözlenen deprem aktivitesi çoğunlukla Kıbrıs adasının güneyi ve güneybatısı boyunca yoğunlaşmaktadır. Oluşan sığ ve orta odaklı depremlerin kaynak mekanizması parametreleri ve yırtılma dağılımları Yolsal ve Taymaz (2004, 2005, 2007) tarafından incelenmiştir.

3. SİSMİK DALGALAR ve DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ

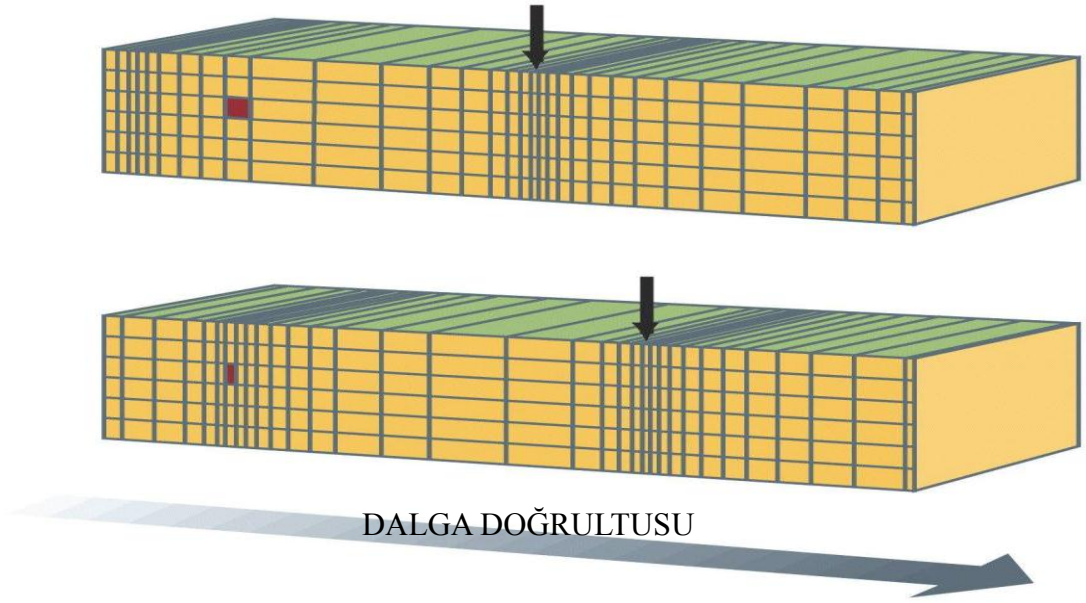
3.1 Sismik Dalgalar

Yer içerisinde meydana gelen bir deprem ya da patlatma anında çok büyük miktarda enerji açığa çıkar. Bu enerjinin bir kısmı faylanma ile kayaçların deformasyonu için kullanılırken, kalan kısmı ise ortamın özelliklerine bağlı olarak yer içerisinde elastik dalgalar şeklinde yayılır. Sismik dalgalar olarak bilinen bu elastik dalgalar, depremi oluşturan kırılma ve faylanma nedeniyle kaynaktan uzaklaşacak şekilde tüm yönlere doğru farklı türlerde yayılırlar. Deprem esnasında başlıca iki dalga türü açığa çıkar. Bunlar cisim dalgaları ve yüzey dalgalarıdır.

Cisim dalgaları, kaynaktan bütün yönlere doğru yayılarak, yer içerisinde seyahat ederler. *P* ve *S* dalgası olarak ikiye ayrılırlar.

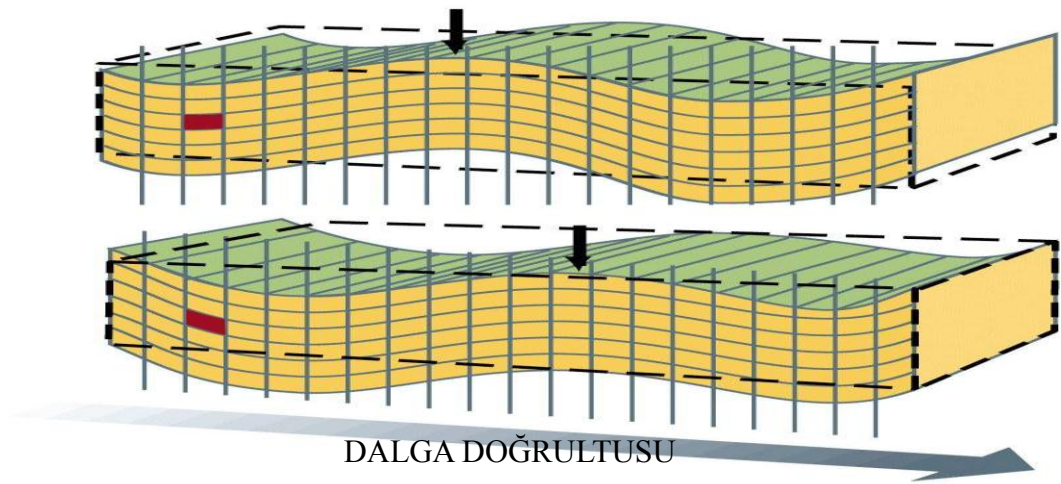
Yüzey dalgaları ise hemen hemen yerkürenin yüzeyine paralel bir şekilde yayılırlar. *Rayleigh* ve *Love* dalgası olarak ikiye ayrılırlar.

P dalgası yer içerisinde en hızlı yayılan ve deprem kayıt aletleri tarafından ilk olarak algılanan dalgalardır. *P* dalgalarında, titreşim hareketi yayılma doğrultusu ile aynıdır. *P* dalgaları, hareketleri sırasında kayaları itip çekerek, yani dalgaların ilerleyiş yönüne paralel olarak hareket ederler. *P* dalgaları, yaptıkları bir çeşit itme-çekme hareketinden dolayı, geçtikleri ortamın hacimsel değişimine neden olurlar. Ortam üzerinde herhangi bir şekil bozukluğu gözlenmez. *P* dalgaları, hem katılar, hem sıvılar hem de gazlar içerisinde kolayca yayılabilirler.



Şekil 3.1 *P* dalgası tanecik hareketi

S dalgaları kayıt aletlerinde ikincil olarak görülen ve titreşim hareketi yayılma doğrultusuna dik olan dalgalardır. *S* dalgaları yayılırken tanecikler, yayılma doğrultusuna dik, aşağı-yukarı veya sağdan-sola doğru titreşirler. Şekil değişimine neden olan *S* dalgaları, ancak şekil değişimine direnci olan ortamlardan geçebilirler. Sıvı ve gazların şekil değişimine karşı herhangi bir direnci olmaması nedeniyle, *S* dalgaları bu ortamlardan geçemezler.



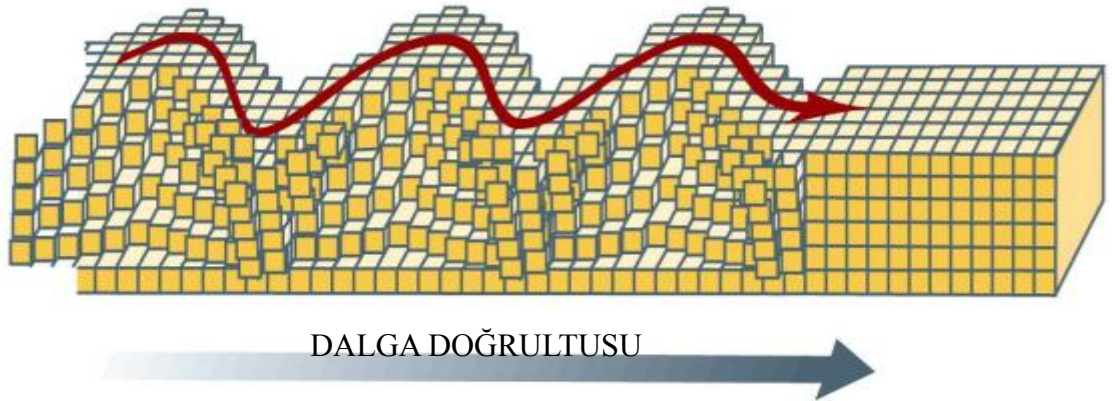
Şekil 3.2 *S* dalgası tanecik hareketi

Rayleigh dalgaları tıpkı bir su birikintisinde (göl, deniz) yayılan dalgalar gibi yerin yüzeyi boyunca yuvarlanarak ilerleyen dalgalardır. *Rayleigh* dalgaları yerkürenin yüzeyi boyunca yayılırken bir çeşit yuvarlanma hareketi yaptıklarından dolayı, geçtikleri ortam içerisinde bulunan tanecikler, yayılma doğrultusu boyunca ters bir elips hareketi çizerler.



Şekil 3.3 *Rayleigh* dalgası tanecik hareketi

Love dalgaları, *Rayleigh* dalgalarından daha hızlıdır. Bu yüzden sismogramlarda *Rayleigh* dalgalarından daha önce görülür. Bu iki dalga arasındaki hız farkı sismogramlar üzerinde gözlenemeyecek kadar küçüktür. *Love* dalgalarının geçtiği ortamda tanecikler tamamen yayılma doğrultusuna dik yatay düzlemde titreşirler.



Şekil 3.4 *Love* dalgası tanecik hareketi

3.2 Deprem Büyüklüğü Kavramı ve Ölçümü

Deprem, yerkabuğunun gerilme etkisi sonucu, belirli bir derinlikte kırılması olarak tanımlanabilir. Deprem büyüklüğü ise kırılan yüzeyin büyüklüğünü ve dolayısıyla ortaya çıkan enerjinin düzeyini belirten bir ölçüdür. Örneğin ($M=2.0$) büyüklüğünde bir deprem yeryüzünün derinliklerinde yaklaşık bir futbol sahası büyüklüğünde bir kırığın meydana geldiğini gösterir. Büyüklük bir birim artarsa yani ($M=3.0$) büyüklüğünde bir deprem oluşmuş ise, yaklaşık 10 futbol sahasına eşit bir alanın kırılmış olduğu anlaşılır.

Gerçekte, depremin büyüklüğü sadece kırılan yüzeyin alanı ile oranlı değildir. Büyüklüğü etkileyen iki etmen daha vardır. Bunlar *atım* ve *berklik* (*rijidite*). Atım, kırılan yüzeyin iki tarafında kalan kayaçların birbirlerine göre bağıl olarak ne kadar yer değiştirdiğini belirtir. *Berklik* ise, kırılan kayaçların sertliğine bağlı bir parametredir. Ancak depremin meydana geldiği derinliklerde genelde *Berklik* değeri hemen hemen hep aynıdır ve sabit kabul edilebilir. *Atım* değerinin ise genelde kırılan yüzeyin büyüklüğüne hep orantılı olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, büyüklüğün bilinmesi için sadece kırılan alanın yüzölçümünün tahmin edilmesi yeterli sayılabilir.

Depremi oluşturan kırık genelde yer kabuğunun derinliklerindedir, ancak büyük depremlerde yer yüzeyine kadar ulaşır ve yüzey kırıklarını oluşturur. Bir deprem olduğunda, derinlerde oluşan kırığı doğrudan gözle görmek mümkün olmadığından, onun yüzölçümünü dolaylı olarak tahmin etmek zorunda kalırız. Bir başka deyişle deprem kırığını kendisini görmesek de, onun ortaya çıkardığı etkileri inceleyerek büyüklüğü hakkında bir fikir edinebiliriz.

Yerkabuğunda oluşan dalgalanmaları ölçmek için sismometre dediğimiz aygıtlar kullanılır. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, büyüklük hesaplanırken, depremin merkezinin doğru bir şekilde belirlenmiş olması esastır. Depremi farklı yönlerden ve farklı uzaklıklardan izleyebilmiş birçok sismometre ölçümünün ortalaması alınarak daha güvenli bir sonuç elde edilir.

3.3 Deprem Büyüklüğü Türleri

Yukarıda değinildiği gibi depremin büyüklüğünü belirlemek dolaylı biçimde yapıldığı için pek de kolay değildir. Üstelik deprem büyüklüğünü belirlerken, tüm ölçek için tek bir yöntemin kullanılması maalesef mümkün değildir.

Belirli bir yöntem belirli bir büyüklük aralığında ve belirli bir uzaklıktaki depremler için geçerliiyken, daha büyük veya daha uzak depremler için daha farklı yöntemler kullanmak gerekir. Benzer şekilde, deprem büyüklüğünü belirlerken de, bulunduğumuz uzaklığa ve depremin büyüklüğüne göre farklı farklı yöntemlere başvurmak zorunda kalırız. Hatta bu farklı yöntemleri aynı depreme uyguladığı takdirde, farklı değerler elde etme olasılığı da vardır. Ancak en güvenli olanı, o büyüklük ve uzaklık için en uygun olan yöntemin verdiği sonuçtur.

Süreye Bağlı Büyüklük (Md)

Daha büyük bir depremin, sismometre üzerinde daha uzun bir süre için salınımlara yol açacağı ilkesinden hareket edilir. Depremin, sismometre üzerinde ne kadar uzun süreli bir titreşim oluşturduğu ölçülür ve deprem merkezinin uzaklığı ile ölçeklenir. Bu yöntem küçük ($M < 5.0$) ve yakın (Uzaklık < 300 km) depremler için kullanılır.

Yüzey Dalgası Büyüklüğü (Ms)

Bu yöntem ilk yöntemin yetersiz kaldığı büyük depremleri ($M > 6.0$) ölçmek için geliştirilmiştir. Havuz örneğine geri dönecek olursak, suyun yüzeyinde oluşan ve halkalar şeklinde merkezden çevreye yayılan dalgaların en yüksek genliğinin ölçülmesi esasına dayanır. Bu tür dalgalar yeryüzünde kaynaktan çok uzak mesafelere yayılabilirler. Diğer yöntemlerin aksine bu yöntemin güvenilirliği uzak mesafeden yapılan ölçümlerde daha da artar.

Cisim Dalgası Büyüklüğü (Mb)

Bu yöntem yüzey dalgası yöntemine benzer, tek farkı yüzeyden yayılan dalgalar yerine derinlerde ilerleyen dalgaların kullanılmasıdır. Havuz örneğine dönersek, taşın suya çarpması ile oluşan ses dalgaları (akustik dalga) suyun içerisinde uzak mesafelere yayılabilir. Bu ses dalgalarının bir mikrofon ile dinlenebilir ve ulaştığı en yüksek genlik taşın büyüklüğü konusunda bilgi verir. Deprem için de durum benzerdir. Ancak yer kabuğu içerisinde sadece ses dalgası değil, kesme dalgası adı verilen bir başka dalga türü de üretilir. Bu iki dalga türünün tümüne cisim dalgaları adı verilir. Sismometreler, mikrofondan farklı olarak her iki dalga türünü de kaydedebilir.

Diğer deprem büyüklükleri ML ve M_w 'ye ait bilgiler aşağıdaki başlıklar altında detaylı olarak açıklanmıştır. Bu büyüklükler tez çalışmasında kullanılan deprem büyüklük türleri olduğu için diğerlerine göre detaylı olarak incelenmiştir.

ML (Richter) Büyüklüğü

Bu yöntem 1935'da *Richter* tarafından depremleri ölçmek için önerilen ilk yöntemdir. Bu yöntem, havuza atılan taş örneğine dönecek olursak, taşın suya çarparken oluşturduğu ses dalgalarının suyun içerisine yerleştirilmiş bir mikrofon ile dinlenmesine benzetilebilir. Ses kaydında oluşan en yüksek genlik değeri, uzaklık ile ölçeklenerek taşın büyüklüğü hakkında bilgi verecektir. Depremin büyüklüğünü kestirirken de aynı ilke uygulanır. Bu yöntem de görece küçük (büyüklüğü 6.0'dan az) ve yakın (uzaklığı 700 km'den az) depremler için kullanılır. Doğru değerlerin bulunması için sismometrelerin çok iyi kalibre edilmiş olması esastır.

Bir depremin büyüklüğünü belirlemek için geliştirilmiş ilk ölçek (Richter 1935) olması nedeni ile çok yaygınlaşmıştır. Orjinal biçimiyle;

$$ML = \log(A) + Q_d \quad (3.1)$$

Verilen bu ölçekte, A (milimetre, mm) Richter'in kullandığı Wood Anderson sismografından ölçülen en büyük yerdeğiştirme genliği olup, $Q_d(\Delta)$ terimi, dışmerkez uzaklığına bağlı bir düzeltme terimidir (Richter 1958). Richter ölçeği, 100 km dış merkez uzaklığında ($A=1\text{mm}$) genlik için ($ML=3$) olacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Richter bu ölçeği Kaliforniya depremleri için geliştirmiş olduğuna göre, diğer bölgelerde düzeltme teriminin yeniden hesaplanması gerekmektedir.

(3.2) denkleminde geçen $A(r)$ yerdeğiştirme genliğini, A_0 başlangıç genliğini, r hiposantral (iç merkez) uzaklığını, β sönüm katsayısını, f frekansı (Hz), v , S dalgası hızını, Q soğrulma faktörünü ifade etmektedir.

Bir yerel deprem için S dalgalarının genliği, iç merkez uzaklığının bir fonksiyonu olarak;

$$A(r) = A_0 r^{-\beta} e^{\frac{-\pi f r}{vQ}} \quad (3.2)$$

şeklindeki bağıntıyla azaldığı kabul edilir.

(3.2) bağıntısında her iki tarafın logaritması alınır;

$$\log(A(r)) = -\beta \log(r) - 0.43 \frac{\pi f r}{vQ} + \log(A_0) \quad (3.3)$$

bağıntısı elde edilir. Dış merkez uzaklığına bağlı bir düzeltme terimi olan $Q_d(\Delta)$ ise,

$$Q_d(\Delta) = -\beta \log(r) - 2.3 \frac{\pi f r}{vQ} \quad (3.4)$$

bağıntısı ile tanımlanır (Richter 1958). (3.4) bağıntısındaki f sabit sayılarak ML için genel bir ifade;

$$M_L = \log(A) + a \log(r) + br + c \quad (3.5)$$

ifadesine ulaşılır. Burada, a , b , c katsayıları sırasıyla geometrik azalım, soğrulma ve referans büyüklük değerini temsil etmektedir, buna göre (3.5) denkleminde c sayısı, Richter'in orjinal tanımına uygun olarak ($r=100$ km) ve ($A=1$ mm) için ($ML=3$) olacak şekilde tayin edilmelidir.

(Hutton ve Boore 1987), (3.5) denkleminde hareketle, Kaliforniya depremleri için ML ölçeğini yeniden kalibre ederek;

$$ML = \log(A) + 1.11 \log(r) + 0.00189r - 2.09 \quad (3.6)$$

ifadesine ulaşmışlardır.

Dünyada farklı bölgeler için geliştirilmiş diğer ML ölçekleri için (Havskov ve Ottemöller 2013) bakılabilir.

Modern sismometrelerde genlik okuması yapılmadan önce, Wood-Anderson sismografından farklı tepkiye sahip oldukları için, kayıtların ters evrişimi ile cihaz tepkisi giderilerek gerçek yer değiştirmenin hesaplanması, ardından Wood-Anderson sismometresi kaydına geçilmesi gerekmektedir.

M_w (Moment) Büyüklüğü

Bu büyüklük türü, diğerlerine göre en güvenilir olanıdır. Bilim dünyasında, eğer bir deprem için moment büyüklüğü hesaplanabilmişse, diğer büyüklük türlerine gerek kalmadığı düşünülür. Belirleme açısından hepsinden çok daha karmaşıktır. Esas olarak depremin oluşumunun matematiksel bir modelinin yapılmasına karşılık gelir. Bir araştırmacının gerçekleştirebileceği bilimsel bir çalışma süreci ile hesaplanabilir ve bu yüzden hesaplamaların belirli bir zaman alması kaçınılmazdır. Otomatik olarak uygulamaya konulabilmesi ise zordur, dünyada sayılı birkaç gözlemevinde, sadece belirli bir büyüklüğün üzerindeki depremler için rutin olarak hesaplanmaktadır.

Uygulamada, sadece belli bir büyüklüğün üzerindeki depremler için ($M > 3.5$) Moment Büyüklüğü hesaplanabilir.

Kanamori (1977) tarafından sismoloji dünyasına kazandırılan moment büyüklüğü (M_w), sismik moment M_o (Nm) olmak üzere;

$$M_w = \frac{2}{3} \log(M_o) - 6.07 \quad (3.7)$$

ifadesi ile hesaplanır. Bu çalışma kapsamında hazırlanan program modüllerinde sismik moment, spektrum yöntemi (P veya S dalgaları için) ile hesaplanmaktadır.

Konumlandırılmış bir yerel deprem için bir istasyon kaydında P veya S fazına ait gerçek yer hareketi spektrumu, $D(f)$ oluşturulur. Kaynak için (Brune 1970) spektrumunun geçerli olduğu kabul edilirse ($f = f_o$) olana kadar;

$$D(f) = S(f)G(\Delta, h)e^{-\pi f \kappa} e^{\frac{\pi f \tau}{Q(f)}} * 2 * 0.6 \quad (3.8)$$

biçimindedir. Burada v , P veya S dalga hızını, ρ yoğunluğu, κ , kappa değerini, $Q(f)$, soğrulma faktörünü, $S(f)$, Brune spektrumunu, M_o sismik momenti, f_o köşe frekansını, 2 ve 0.6 faktörleri (hem P hem de S fazı için kullanılmaktadır) sırasıyla serbest yüzey ve ortalama yayılım örüntüsüzeltmeleri için uygulanmakta olup;

$$S(f) = \frac{M_o}{\left(1 + \frac{f}{f_o}\right)^{*4} * \pi * \rho * v^3} \quad (3.9)$$

$G(\Delta, h)$ geometrik azalımı temsil etmektedir (Havskov ve Ottemöller 2013).

Amaç M_o sismik momenti hesaplamak olduğuna göre, öncelikle $D(f)$, soğrulma terimleri için düzeltilir ve (3.10) eşitliği elde edilir.

$$D_c(f) = S(f)G(\Delta, h) * 2 * 0.6 \quad (3.10)$$

Bu spektrumdan köşe frekansı (f_o) ve düşük frekans seviyesi (Ω_o) okunur.

Sismik moment,

$$M_o = \frac{4\pi v^3 \Omega_o}{2 * 0.6 * G(\Delta, h)} \quad (3.11)$$

şeklinde hesaplanır.

Hesaplanan sismik moment, M_o , (3.7) denkleminde yerine yazılarak M_w bulunur.

4. KAYNAK ÖZETLERİ

Dünya genelinde çeşitli lokasyonlarda ML , M_w kalibrasyonu ve soğrulma parametreleri (Q_0 , q ve k) tayini ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. (Uski vd. 1996, Ojeda vd. 2002, Ottemöller vd. 2002, Havskov vd. 2003, Wu vd. 2005, Lian-Qing vd. 2008, Bobbio vd. 2009, Askari vd. 2009, Sargeant vd. 2009, Saunders vd. 2013).

Uski vd. 1996 yılında yaptıkları çalışmada, Finlandiya ve yakın civarında meydana gelen toplam 216 adet deprem verisi kullanarak ML ölçeğini;

$$ML(f) = \log A + 1.27 \log R + (0.00009 + 0.00041f^{0.36})R + 0.363 \quad (4.1)$$

şeklinde elde etmişlerdir.

Ottemöller vd. 2002 yılında Meksika' da yapmış oldukları çalışmada, Q_{LG} bağıntısını $Q_{LG}=204f^{0.85}$ şeklinde elde etmişlerdir. ($Q:204$, q :0.85) Bu bağıntıyı elde ederken k değerini 0.030 almışlardır.

Ojeda vd. 2002 yılında Kolombiya' da yapmış oldukları çalışmada, Q_{LG} bağıntısını $Q_{LG}=230f^{0.60}$ şeklinde elde etmişlerdir. ($Q:230$, q :0.60) Bu bağıntıyı elde ederken k değerini 0.040 almışlardır.

Havskov vd. 2003 yılında Antartika' da yapmış oldukları çalışmada, Q_c bağıntısını $Q_c=58f^{0.40}$ şeklinde elde etmişlerdir. ($Q:58$, q :0.40) Bu bağıntıyı elde ederken k değerini 0.020 almışlardır.

Wu vd. 2005 yılında yaptıkları çalışmada, Taiwan ve yakın civarında meydana gelen toplam 90 adet deprem verisi kullanarak ML ölçeğini;

$$ML = 0.332\log_{10}(A) - 1.568\log_{10}(R) \pm 0.2238 \quad (4.2)$$

şeklinde elde etmişlerdir.

Lian-Qing vd. 2008 yılında Çin’ de yapmış oldukları çalışmada, Q_{LG} bağıntısını $Q_{LG} = 138f^{0.72}$ şeklinde elde etmişlerdir. ($Q:138$, $qalpha:0.72$) Bu bağıntıyı elde ederken $kappa$ değerini 0.025 almışlardır.

Askari vd. 2009 yılında yaptıkları çalışmada, Kuzey İran ve yakın civarında meydana gelen toplam 59 adet deprem verisi kullanarak ML ölçeğini;

$$ML = \log_{10}(A) + 1.1725\log_{10} R + 0.0021R - 0.4450 \quad (4.3)$$

şeklinde elde etmişlerdir.

Bobbio vd. 2009 yılında yaptıkları çalışmada, Güney İtalya ve yakın civarında meydana gelen toplam 100 adet deprem verisi kullanarak ML ölçeğini;

$$ML = \log A + 1.79\log R - 0.58 \quad (4.4)$$

şeklinde elde etmişlerdir.

Sargeant vd. 2009 yılında İngiltere’de yapmış oldukları çalışmada, Q_{LG} bağıntısını $Q_{LG} = 266f^{0.53}$ şeklinde elde etmişlerdir. ($Q:266$, $qalpha:0.53$) Bu bağıntıyı elde ederken $kappa$ değerini 0.045 almışlardır.

Saunders vd. 2013 yılında yaptıkları çalışmada, Güney Afrika ve yakın civarında meydana gelen toplam 263 adet deprem verisi kullanarak ML ölçeğini;

$$ML = \log_{10}(A) + 1.1149 \log_{10} R + 0.00063R + 2.04 - S \quad (4.5)$$

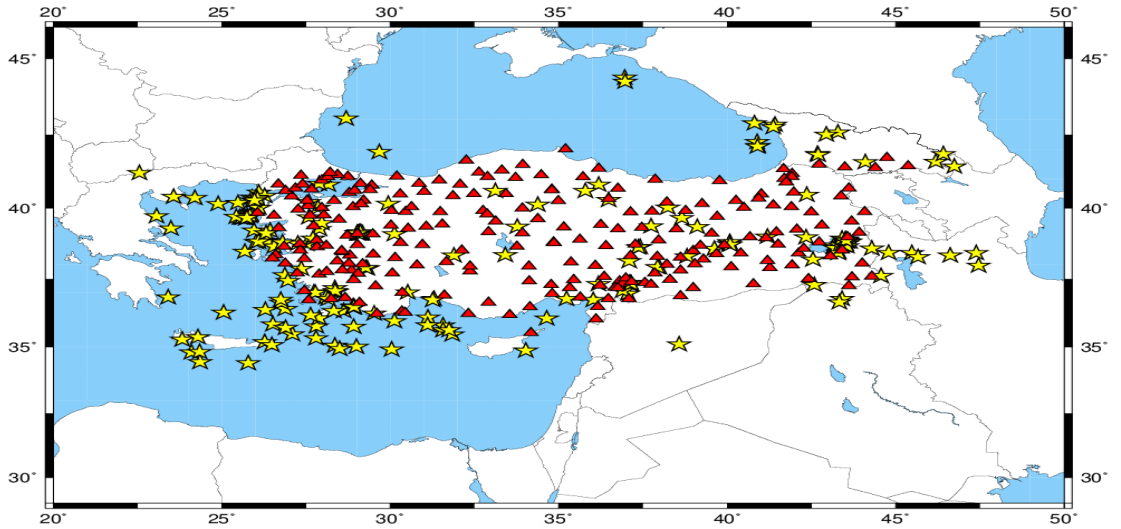
şeklinde elde etmişlerdir.

5. MATERYAL ve YÖNTEM

AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı veri tabanında tüm dalga kayıtları *GCF* (Güralp Compressed Format) formatında 15 dakikalık dosyalar halinde kaydedilmektedir. Bu kayıtların, bu tez çalışması kapsamında *SEISAN10.1* (Havskov ve Ottemöller 2013) programı ile kullanılabilmesi için *msd* (miniseed) formatında 1 saatlik dosyalara dönüştürülmesi gerekmiştir. İlk başta bu dönüşüm işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bilindiği üzere, *ML* ölçeği, genellikle ($3.5 < ML < 6.5$) aralığındaki depremler için sağlıklı sonuç vermektedir ve *M_w* ile uyumludur (Kanamori 1983). Ayrıca büyük depremler çok daha fazla istasyon tarafından kaydedildiği için ters çözüm işlemi de daha sağlıklı olmaktadır. Kalibrasyon ve soğrulma çalışması için AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı veri tabanında 2008 yılı ve sonrasına ait depremler taranmış, şiddetli ana şoklara ait artçılar (23 Ekim 2011 Van depremi $M_w=7.2$ gibi) homojenliği bozmamaları amacıyla ayrıştırılarak, bulunan 164 adet ($ML > 3.5$) deprem belirlenmiştir.

Belirlenen 164 adet ($ML > 3.5$) depremin lokasyonlarını ve bu depremleri kaydeden deprem gözlem istasyonlarını gösteren özet harita şekil 5.1’de verilmiştir.



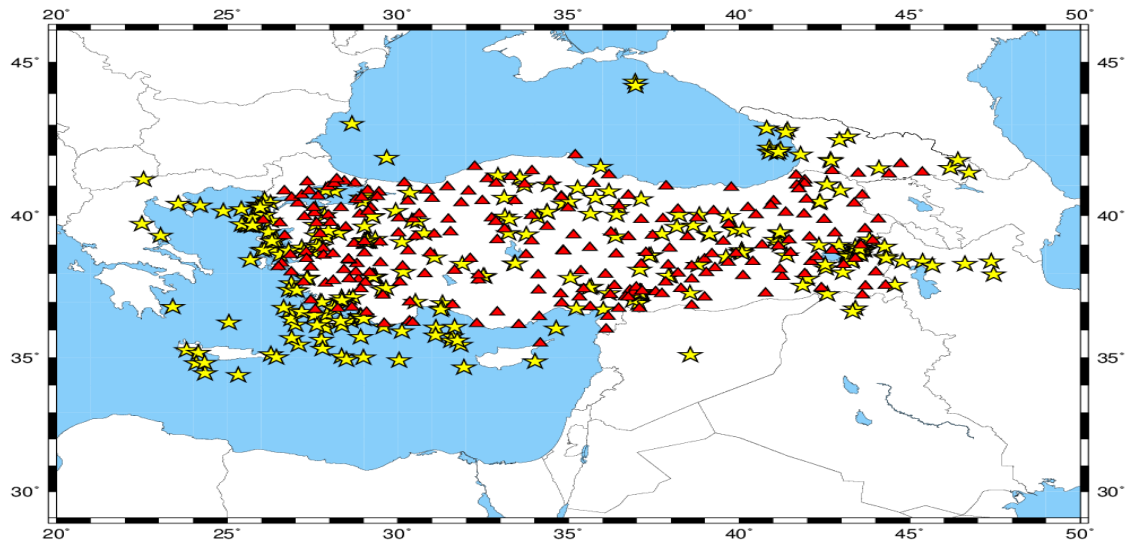
Şekil 5.1 Belirlenen 164 adet ($ML > 3.5$) depremi kaydeden deprem gözlem istasyonları ile bu depremlere ait lokasyonları gösteren harita

Kırmızı üçgenler: deprem istasyonları, sarı yıldızlar: deprem lokasyonları

Daha sonra tez çalışması için ülke geneline homojen dağılmış, 164 adet ($ML>3.5$) depremin yanına küçük ölçekte depremlerin ML kalibrasyonu için 100 adet ($1.0<ML<3.5$) deprem veri tabanına eklenmiş, son olarak AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı' na düşen 50 adet ($ML>4$) deprem veri setine dahil edilmiştir ve 164 adet deprem için çıkarılan ML ölçeğinin veri sayısı artırılarak yeni ML ölçekleri tekrardan test edilmiştir.

Yukarıda açıklaması verilen 314 adet depremin tamamında faz okumaları, *SEISANIO.1* programında yeniden yapılmış, okumaların doğru faz isimleri (P veya S yerine, Pg , Pn , Sg , $Sn...$ gibi) ile yapılmasına dikkat edilmiştir. Okumaların doğruluğu, her olayda, S dalgası P dalgası zaman farkının P dalgasına göre gösterimi (*Wadati*) ve Seyahat zamanı (*Travel Time*) grafikleri ile kontrol edilmiştir. Depremlerin konumları da diğer uluslararası ajansların verdiği lokasyonlarla (*EMSC*, *GFZ*, *HRV*) karşılaştırılmıştır.

Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı' na kaydedilen depremler içinden kayıt kalitesi yüksek olanlar içinden belirlenen 314 adet ($1<ML<6.5$) depremin lokasyonlarını ve bu depremleri kaydeden deprem gözlem istasyonlarını gösteren özet harita şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2 Belirlenen 314 adet ($1<ML<6.5$) depremi kaydeden deprem gözlem istasyonları ile bu depremlere ait lokasyonları gösteren harita

Kırmızı üçgenler: deprem istasyonları, sarı yıldızlar: deprem lokasyonları

314 adet deprem seti oluşturulduktan sonra *SEISAN10.1* programının içinde bulunan alt programlardan *ML* büyüklük kalibrasyonu için *MAG2* alt programı (Ottemöller 2013), Soğrulma parametreleri (Q_0 , α , κ) değerlerinin tayini ve M_w kalibrasyonu için ise *AUTOMAG* alt programı (Ottemöller 2013) ve Q_{LG} alt programı (Ottemöller 2013) alt programları kullanılmıştır.

Çizelge 5.1 Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı' na kaydedilen depremler içinden kayıt kalitesi yüksek olanlar içinden belirlenen 314 adet ($1 < M < 6.5$) depreme ait bilgiler

YIL	AY/GÜN	SAAT	SS,NN	ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK	RMS	(M_L)	(M_w)
2008	612	00:20	47,50	35,194	26,268	50,3	0,6	4,8	4,7
2008	715	03:26	32,90	35,772	27,796	51,4	0,9	6,2	5,6
2008	8 3	00:39	4,90	39,714	22,501	15,0	0,8	5,0	5,2
2008	1228	22:58	59,20	40,370	25,895	32,9	0,6	5,1	4,9
2009	319	14:15	25,30	35,280	23,814	15,0	0,6	4,1	4,5
2009	620	08:28	20,00	37,662	26,881	5,4	0,7	4,5	4,9
2009	626	20:37	28,90	36,272	25,047	15,0	0,8	4,5	4,7
2009	7 1	09:30	43,80	36,201	27,002	8,0	0,8	4,5	5,2
2009	8 5	07:49	6,10	43,029	28,657	22,4	0,7	4,3	4,4
2009	9 7	22:41	35,80	42,619	43,188	14,3	0,2	5,3	5,6
2009	911	01:58	29,9	37,904	32,542	29,2	0,9	4,3	4,7
2009	911	07:32	20,4	37,925	32,505	17,1	0,8	3,1	3,8
2009	10 4	22:36	20,2	39,951	34,086	21,9	0,8	2,6	3,3
2009	10 9	18:19	44,7	40,401	34,841	10,0	0,8	2,5	3,0
2009	11 8	10:13	14,4	41,004	33,711	9,3	1,0	3,0	3,3
2009	1122	02:01	48,3	41,266	33,569	23,0	0,9	4,3	4,5
2009	12 4	17:19	46,9	37,447	29,536	23,9	0,7	4,3	4,8
2009	1222	06:06	20,60	35,782	31,581	35,0	0,8	5,0	5,1
2010	218	18:00	47,9	39,401	33,237	11,3	0,1	2,7	3,3
2010	219	00:34	59,2	39,958	33,144	20,3	0,7	3,8	4,1
2010	221	08:47	50,2	42,025	41,802	29,8	0,7	3,3	3,8
2010	3 8	10:14	23,30	38,804	40,092	18,7	0,5	4,6	4,8
2010	3 8	11:12	10,40	38,749	40,061	19,9	0,6	4,7	5,0
2010	324	14:11	30,50	38,811	40,076	15,0	0,9	4,9	5,0
2010	716	18:53	2,30	39,308	23,052	15,0	0,6	4,9	4,9
2010	8 6	02:37	50,20	34,374	25,315	15,0	0,2	4,2	4,4
2010	812	02:23	3,90	39,682	27,584	29,4	0,9	4,5	4,6
2010	10 3	15:21	1,70	35,024	26,439	18,0	0,9	4,8	4,9
2010	10 3	17:49	3,10	40,823	28,148	23,9	0,9	4,2	4,2

Çizelge 5.1 Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı' na kaydedilen depremler içinden kayıt kalitesi yüksek olanlar içinden belirlenen 314 adet ($1 < M < 6.5$) depreme ait bilgiler (devam)

2010	1025	07:40	55,90	35,193	24,161	26,3	0,8	3,8	4,2
2010	11 3	02:51	23,90	40,543	26,103	26,3	0,9	5,3	5,2
2010	1111	20:08	2,10	37,863	27,356	24,3	0,8	4,5	4,8
2010	1211	23:02	19,50	38,469	25,679	32,0	0,9	4,0	4,4
2010	1220	21:31	11,70	35,100	38,567	15,0	0,8	3,9	4,0
2010	1223	01:35	49,70	40,141	24,892	38,1	0,9	4,1	4,3
2011	119	09:17	49,00	41,858	42,678	19,6	0,8	4,9	5,1
2011	119	09:51	11,50	41,826	42,696	7,2	0,7	3,5	3,9
2011	222	09:08	15,20	38,980	42,342	15,0	0,9	3,9	4,4
2011	314	18:57	7,80	38,582	44,293	15,0	0,9	4,3	4,9
2011	330	17:07	19,50	40,015	27,851	20,5	0,9	3,9	4,1
2011	430	15:26	3,60	38,193	42,548	15,9	0,9	3,8	4,1
2011	5 8	06:50	16,50	36,397	26,875	15,0	0,9	4,9	5,3
2011	519	20:15	22,40	39,149	29,065	9,5F	0,9	5,6	5,7
2011	519	20:25	31,90	39,140	29,107	10,0	0,7	4,2	4,3
2011	519	21:12	50,20	39,124	29,041	21,1	0,8	4,2	4,7
2011	528	05:47	16,30	39,130	29,025	16,7	0,8	4,8	5,1
2011	529	01:31	38,90	39,128	29,094	15,2	0,8	3,9	4,4
2011	529	11:02	4,20	37,275	42,587	17,8	0,8	4,2	4,6
2011	614	23:14	25,40	35,007	28,990	35,3	0,7	3,6	3,9
2011	618	14:57	18,00	35,328	27,786	30,4	0,9	4,2	4,6
2011	623	07:34	42,80	38,573	39,622	15,5	0,8	5,0	5,3
2011	627	21:13	58,10	39,133	29,012	17,2	0,8	4,5	4,8
2011	7 2	21:30	46,40	36,694	26,831	135,0	0,7	4,0	4,3
2011	711	16:09	11,80	40,153	29,945	15,0	0,9	4,1	4,5
2011	727	09:58	13,40	38,329	31,890	17,3	0,9	4,3	4,7
2011	8 2	08:12	28,90	41,582	44,104	2,4	0,5	3,0	3,4
2011	818	11:57	41,10	42,509	42,944	5,0	0,7	4,6	4,6
2011	922	03:22	33,20	39,664	38,647	3,7	0,9	5,4	5,4
2011	1023	10:41	20,40	38,700	43,462	15,0	0,6	6,3	6,4
2011	1023	11:32	38,80	38,744	43,421	17,3	0,7	5,3	5,6
2011	1023	18:10	44,30	38,638	43,150	15,0	0,6	4,5	5,0
2011	1024	15:28	5,30	38,688	43,180	4,1	0,8	4,3	4,7
2011	1027	08:04	15,60	37,605	44,571	76,3	0,3	5,2	5,1
2011	1029	22:24	22,10	38,913	43,534	15,7	0,8	4,6	5,0
2011	1129	02:17	46,5	44,378	36,958	53,7	0,7	3,5	3,9
2011	1130	00:47	20,70	38,466	43,315	8,7	0,6	4,6	4,8
2011	12 5	08:17	26,8	38,851	26,343	28,4	0,9	4,5	4,7
2012	112	00:26	30,1	36,091	31,115	43,0	0,8	3,7	4,0

Çizelge 5.1 Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı' na kaydedilen depremler içinden kayıt kalitesi yüksek olanlar içinden belirlenen 314 adet ($1 < M < 6.5$) depreme ait bilgiler (devam)

2013	112	20:50	10,60	38,812	26,009	37,6	0,5	3,7	4,0
2013	113	08:55	15,1	39,691	25,638	26,8	0,5	4,4	4,5
2013	113	17:54	32,7	39,662	25,711	24,6	0,5	3,6	4,0
2013	119	19:26	41,50	39,648	25,719	28,9	0,9	3,4	3,9
2013	120	06:11	38,90	38,808	43,680	9,8	0,5	2,9	
2013	120	11:58	38,30	36,653	27,176	106,5	0,6	2,9	3,3
2013	121	16:13	0,40	38,724	40,092	23,6	0,7	3,0	3,5
2013	122	20:04	39,70	38,635	43,209	5,6	0,6	3,3	3,9
2013	127	05:58	16,20	39,092	30,118	15,0	0,9	3,2	3,6
2013	129	01:48	53,50	35,482	27,092	14,3	0,7	3,7	4,3
2013	129	18:38	4,20	40,593	33,119	20,3	0,9	3,0	3,5
2013	130	22:30	0,70	39,675	25,597	30,4	0,2	3,5	3,6
2013	131	01:45	52,30	38,830	43,644	12,9	0,6	3,5	4,0
2013	2 1	02:23	42,6	37,892	29,266	19,0	0,5	2,9	
2013	2 4	11:24	28,6	40,024	38,841	6,8	0,4	1,6	
2013	2 6	03:39	46,1	37,891	29,342	7,1	0,3	3,0	
2013	2 7	16:51	31,1	38,735	43,486	14,6	0,7	2,1	
2013	2 9	03:49	46,6	39,433	26,209	25,5	0,4	2,8	
2013	210	18:10	44,40	39,755	25,866	21,6	0,8	3,4	3,9
2013	211	15:00	31,2	39,734	25,830	28,0	0,7	3,1	3,4
2013	212	01:18	36,4	38,976	27,616	20,8	0,6	2,2	
2013	212	17:00	17,0	38,595	43,216	18,5	0,5	3,9	4,2
2013	212	20:20	32,0	37,068	36,902	17,7	0,8	3,3	3,7
2013	215	14:42	53,60	40,337	24,214	1,7	0,8	4,0	4,4
2013	219	06:46	40,6	34,655	31,936	52,5	1,3	2,5	
2013	219	12:34	55,8	35,054	28,353	23,8	0,6	3,4	3,6
2013	220	06:59	0,70	37,884	29,323	20,5	0,8	3,2	3,7
2013	221	10:18	50,10	37,419	26,960	20,8	0,8	4,2	4,7
2013	222	01:11	59,7	38,049	30,164	17,1	0,5	2,2	
2013	222	03:07	57,9	39,980	29,264	8,7	0,9	2,6	
2013	222	03:07	57,6	39,958	29,257	26,0	0,9	2,8	
2013	223	06:08	37,8	38,312	42,524	25,4	0,7	1,9	
2013	223	16:53	27,7	40,432	42,342	2,0	0,9	2,8	
2013	223	20:35	57,9	36,405	28,999	34,7	0,9	2,6	
2013	224	05:09	6,1	40,756	30,352	15,8	0,9	2,3	
2013	224	11:11	29,5	38,928	44,260	8,6	0,3	1,8	
2013	226	17:19	17,5	37,538	35,669	17,8	0,7	2,4	
2013	226	20:26	40,1	40,843	42,973	28,8	0,5	1,6	
2013	227	16:20	8,0	40,283	36,481	13,5	0,8	3,0	
2013	227	22:05	59,80	36,800	26,653	124,4	0,7	3,5	3,9

Çizelge 5.1 Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı' na kaydedilen depremler içinden kayıt kalitesi yüksek olanlar içinden belirlenen 314 adet ($1 < M < 6.5$) depreme ait bilgiler (devam)

2013	3 3	11:22	24,50	36,062	34,640	7,9	0,9	3,7	4,0
2013	3 5	04:44	25,9	39,282	36,376	17,2	0,9	2,3	
2013	3 5	09:44	31,20	39,699	25,435	25,7	0,3	3,4	3,7
2013	3 5	20:55	15,2	42,203	41,211	2,9	0,3	1,8	
2013	3 7	03:21	11,40	38,753	43,527	8,9	0,8	3,9	4,3
2013	3 7	21:50	58,20	40,812	36,178	22,0	0,9	3,6	4,2
2013	310	00:16	31,30	38,723	43,537	18,4	0,3	2,7	
2013	310	04:09	29,9	39,409	28,244	16,0	1,1	2,6	
2013	310	10:04	14,20	38,695	43,353	14,0	0,6	3,7	4,2
2013	310	13:54	18,6	39,388	28,264	17,7	0,5	2,7	
2013	311	14:57	8,60	36,773	43,412	9,0	0,9	4,6	5,2
2013	311	21:43	34,3	36,156	28,362	43,0	0,8	2,5	
2013	312	19:40	30,2	39,504	39,868	7,1	0,6	2,0	
2013	312	20:47	3,10	39,128	29,095	23,7	0,9	3,3	3,7
2013	313	01:12	7,2	40,705	29,181	26,8	0,8	2,4	
2013	313	06:22	59,50	36,653	43,332	5,9	0,5	4,4	4,9
2013	313	16:14	7,2	40,109	34,370	7,1	0,4	2,1	
2013	313	18:28	11,80	40,116	34,378	22,1	0,7	3,4	3,7
2013	315	16:21	42,60	36,074	27,875	63,7	0,2	3,6	3,9
2013	317	14:03	4,10	39,274	27,891	25,4	0,8	3,3	3,7
2013	318	07:02	33,4	39,174	41,060	30,1	0,6	2,4	
2013	319	00:00	54,2	35,469	31,843	15,8	0,8	3,0	
2013	319	12:44	34,10	41,921	29,673	50,5	0,9	4,1	4,1
2013	319	15:49	10,4	37,154	28,565	20,0	1,2	1,9	
2013	320	17:14	38,30	34,944	28,486	15,0	0,2	3,8	4,0
2013	325	02:39	43,7	39,609	38,178	6,1	0,8	2,4	
2013	325	07:12	8,4	38,628	41,399	38,0	0,5	2,1	
2013	325	12:53	25,5	40,589	35,792	25,7	0,8	3,0	
2013	325	18:45	40,0	38,417	43,302	17,4	0,2	3,0	
2013	326	23:35	24,80	42,838	41,418	15,0	0,9	4,2	4,6
2013	327	00:04	42,8	36,308	27,835	25,4	1,2	2,2	
2013	328	04:38	45,4	38,557	31,070	5,2	1,2	2,3	
2013	329	07:25	55,7	39,509	40,112	5,9	0,6	1,8	
2013	330	08:35	44,9	38,841	43,554	14,6	0,2	3,1	
2013	4 1	09:07	16,9	40,915	35,267	9,7	0,8	2,3	
2013	4 1	16:54	56,20	38,826	26,093	35,3	0,5	3,8	4,1
2013	4 2	10:46	29,9	38,868	43,566	37,1	0,2	2,8	
2013	4 3	06:10	19,2	36,574	27,923	40,2	0,5	2,3	
2013	4 3	14:00	47,6	37,838	35,065	27,4	0,6	1,8	
2013	4 3	19:08	9,7	40,548	37,131	17,8	0,9	1,6	

Çizelge 5.1 Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı' na kaydedilen depremler içinden kayıt kalitesi yüksek olanlar içinden belirlenen 314 adet ($1 < M < 6.5$) depreme ait bilgiler (devam)

2013	4 4	22:55	28,9	37,344	37,106	17,3	0,9	2,6	
2013	4 6	11:26	2,20	34,804	24,095	15,0	1,1	4,6	4,7
2013	4 7	04:23	35,1	39,183	43,825	4,9	0,5	1,5	
2013	4 8	10:23	24,8	37,506	35,622	12,0	0,3	1,6	
2013	4 8	11:37	5,2	38,992	42,934	18,9	0,3	2,0	
2013	4 9	03:36	29,70	36,827	23,401	15,0	0,1	3,9	4,5
2013	4 9	12:18	9,20	37,163	28,354	28,3	0,8	3,1	3,6
2013	410	09:28	43,3	36,532	27,549	32,7	0,0	2,8	
2013	410	11:53	26,1	36,959	31,309	2,6	0,1	1,6	
2013	411	08:39	39,50	39,214	26,430	30,6	0,7	3,2	3,5
2013	411	11:17	43,30	35,633	31,752	34,5	0,8	3,3	3,6
2013	411	22:31	36,00	42,881	40,807	18,3	1,0	3,8	4,2
2013	412	13:02	15,6	39,124	26,399	25,8	0,3	2,9	
2013	412	22:18	4,0	39,120	26,307	15,0	0,8	3,0	
2013	413	17:07	17,9	39,390	30,769	18,3	0,9	2,0	
2013	414	09:32	18,4	37,313	38,559	24,0	1,0	2,4	
2013	414	16:44	20,1	42,082	41,101	39,0	0,8	1,7	
2013	414	18:25	20,40	37,306	36,174	2,1	0,7	3,5	3,6
2013	414	19:09	52,8	39,978	39,666	19,9	0,8	1,5	
2013	415	11:23	56,0	38,528	44,311	39,3	0,7	1,7	
2013	415	13:33	10,30	39,932	25,729	27,4	0,1	2,2	
2013	418	10:39	36,50	38,415	45,384	15,0	1,0	4,1	5,0
2013	418	11:39	55,1	38,278	45,662	4,0	0,1	3,0	
2013	419	20:49	59,80	37,326	37,140	15,7	0,6	3,5	3,9
2013	420	17:03	3,6	39,866	33,272	29,5	0,6	1,7	
2013	420	23:23	9,6	37,312	37,143	20,1	1,0	3,0	
2013	420	23:42	45,9	37,166	28,691	5,8	1,2	1,8	
2013	421	01:45	38,40	36,326	28,315	37,5	0,7	3,5	3,7
2013	421	13:52	23,80	37,262	37,075	34,6	0,9	2,9	3,3
2013	421	19:57	15,0	37,309	37,116	8,9	0,9	2,2	
2013	421	21:06	29,90	37,314	37,111	3,9	0,8	3,3	3,7
2013	422	19:18	53,2	38,036	43,042	14,1	0,4	1,9	
2013	424	08:49	29,7	37,492	29,645	7,4	0,6	1,5	
2013	424	10:52	0,7	41,340	32,926	3,0	0,3	2,3	
2013	425	22:54	14,70	37,334	37,100	19,4	0,7	4,0	4,3
2013	426	03:32	51,5	39,822	26,285	7,0	0,6	1,7	
2013	427	14:04	18,90	40,010	26,099	28,5	0,7	3,2	3,5
2013	427	23:58	54,70	40,473	35,038	11,3	0,8	2,8	
2013	428	00:47	5,10	41,053	42,576	13,6	0,2	2,5	

Çizelge 5.1 Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı' na kaydedilen depremler içinden kayıt kalitesi yüksek olanlar içinden belirlenen 314 adet ($1 < M < 6.5$) depreme ait bilgiler (devam)

2013	428	16:30	52,90	36,995	27,774	25,1	0,7	3,7	4,0
2013	428	20:13	17,10	40,020	38,240	12,0	0,8	3,1	3,5
2013	430	05:20	0,10	37,310	37,110	18,1	0,6	3,1	3,4
2013	430	09:29	14,2	37,820	41,997	39,1	1,0	2,2	
2013	430	19:06	16,10	39,343	39,109	8,8	0,9	3,3	3,7
2013	5 1	01:44	17,30	44,253	36,965	39,2	0,5	3,2	3,5
2013	5 1	04:20	35,5	39,631	29,022	10,5	0,8	2,0	
2013	5 1	06:50	51,40	37,306	37,115	17,7	0,8	3,9	4,2
2013	5 1	07:47	22,3	37,351	37,098	10,1	0,8	2,6	
2013	5 1	14:19	9,3	37,273	37,121	27,6	1,2	2,9	
2013	5 1	14:19	9,80	37,289	37,079	22,5	0,9	2,9	3,4
2013	5 2	07:59	48,0	39,388	41,214	13,8	0,9	2,5	
2013	5 3	16:21	56,00	41,207	22,549	15,0	0,2	3,4	3,9
2013	5 4	10:06	22,5	38,901	27,184	14,1	0,8	2,3	
2013	5 5	04:11	14,40	39,321	27,618	23,6	0,7	2,5	
2013	5 5	04:46	36,9	39,204	29,338	22,3	0,8	2,3	
2013	5 5	09:56	32,2	37,582	41,856	24,4	0,7	1,9	
2013	5 5	13:01	38,1	37,832	27,336	18,0	0,6	2,2	
2013	5 6	18:33	18,00	37,319	37,154	17,4	0,9	3,6	3,9
2013	5 6	19:16	11,8	37,328	37,113	10,8	0,5	2,4	
2013	5 7	06:58	19,5	39,426	41,200	7,5	0,3	1,5	
2013	5 7	07:57	33,6	40,605	28,935	7,4	0,3	1,6	
2013	5 7	20:37	6,80	38,346	33,409	6,2	0,9	3,2	3,7
2013	5 7	23:45	15,2	38,354	33,437	6,1	0,9	1,9	
2013	5 8	00:42	19,9	39,357	39,144	14,7	0,7	1,7	
2013	5 9	19:09	44,10	36,118	31,660	40,1	0,7	2,5	
2013	510	00:16	45,10	42,116	41,152	26,5	0,8	2,4	
2013	510	20:16	47,60	39,813	30,591	12,4	0,8	2,9	
2013	512	09:23	30,40	38,298	38,807	22,7	0,7	3,0	3,5
2013	513	12:05	52,20	35,961	30,123	22,9	0,9	3,0	3,5
2013	515	04:50	55,10	39,656	25,738	40,0	0,6	3,2	3,5
2013	515	07:09	57,80	38,997	41,192	17,8	0,8	3,9	4,5
2013	515	16:52	25,80	37,007	30,516	86,2	0,8	3,3	3,5
2013	516	03:02	2,30	37,042	28,381	25,5	0,6	4,4	5,1
2013	516	05:59	23,50	37,331	37,099	10,0	0,9	2,1	
2013	516	21:21	17,80	37,029	28,388	13,7	0,9	3,9	4,5
2013	516	21:26	39,10	37,059	28,362	15,3	0,9	3,5	4,0
2013	520	22:48	40,80	35,711	26,892	11,1	0,6	3,1	3,4
2013	521	10:05	21,9	40,455	28,966	21,9	1,1	2,7	3,0
2013	522	12:33	1,70	37,413	27,041	9,3	0,8	2,9	3,7

Çizelge 5.1 Haziran 2008-Temmuz 2014 döneminde AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı' na kaydedilen depremler içinden kayıt kalitesi yüksek olanlar içinden belirlenen 314 adet ($1 < M < 6.5$) depreme ait bilgiler (devam)

2013	529	14:43	31,60	39,150	29,103	11,2	0,9	3,3	3,7
2013	64	04:12	26,60	38,617	37,361	13,2	0,8	3,6	4,0
2013	65	13:03	16,10	40,207	27,582	19,3	0,8	3,0	3,1
2013	69	04:31	47,10	38,757	27,250	20,2	0,8	3,5	3,6
2013	69	14:18	57,00	39,122	29,020	19,1	1,0	3,6	3,8
2013	69	15:15	8,80	38,800	26,800	30,0	0,6	3,7	4,0
2013	612	19:02	52,00	38,659	43,550	15,9	0,4	4,1	4,7
2013	616	10:34	39,00	38,926	43,413	6,4	0,1	3,7	3,9
2013	616	20:31	37,60	38,125	37,089	15,0	0,9	3,7	4,0
2013	621	18:26	43,60	36,766	28,151	66,7	0,6	3,8	4,0
2013	627	23:03	1,40	36,766	31,297	72,6	0,8	3,6	3,8
2013	630	13:16	17,50	36,175	27,625	40,7	0,7	3,4	4,0
2013	712	00:36	58,20	40,331	26,062	28,3	0,6	4,0	4,0
2013	730	05:33	8,8	40,270	25,909	34,0	1,0	4,8	5,0
2013	730	06:28	7,9	40,267	25,960	31,4	0,7	3,6	3,9
2013	128	17:31	56,90	36,727	31,259	71,6	0,8	4,5	4,4
2013	1224	02:17	43,00	38,885	43,533	10,3	0,6	3,5	4,1
2014	12	00:48	54,1	40,063	35,648	14,7	0,6	3,3	3,7
2014	110	07:20	45,9	39,478	27,970	17,6	0,6	3,8	4,0
2013	21	02:23	42,6	37,892	29,266	19,0	0,5	3,0	3,5
2014	213	21:23	24,5	41,042	34,429	24,5	0,9	3,3	3,8
2014	214	00:33	37,6	36,730	36,021	27,0	0,8	4,3	4,4
2014	218	21:51	33,2	38,841	43,564	15,5	,70	4,1	4,5
2014	32	04:25	59,7	36,767	35,226	40,2	0,8	3,9	4,4
2014	318	14:33	10,3	38,890	43,501	7,60	,90	3,3	4,0
2014	524	09:25	1,8	40,206	25,417	21,0	0,9	6,5	6,6
2014	527	00:16	14,5	38,864	43,529	15,6	0,8	3,9	4,4
2014	528	00:03	41,1	40,463	42,373	5,9	0,8	3,9	4,1
2014	61	12:05	47,8	34,819	24,337	15,0	0,5	4,2	4,9
2014	623	10:13	8,6	40,021	36,414	20,8	0,8	3,5	3,9
2014	720	14:07	51,4	41,622	35,936	40,3	0,8	3,8	4,1

5.1 *ML* Büyüklüğü Kalibrasyonu Yöntemi

ML için genel ifade;

$$ML = \log(A) + a \log(r) + br + c + s \quad (5.1)$$

denklemleri ile verilmektedir, bu denklemler (3.3)'den farklı olarak istasyon düzeltme terimi, s , eklenmiştir. Cihazlar aynı olsa bile farklı noktalardaki istasyonlardan hesaplanan büyüklükler doğal olarak farklı olabilmektedir. Büyüklüklerdeki saçılmayı azaltmak üzere istasyon düzeltme katsayıları uygulanmaktadır.

Konumlandırılmış bir depremde, her istasyonda genlik A ve episantral uzaklık, r bilinmektedir. Data setindeki i numaralı deprem için, j istasyonunda (5.1) ifadeden;

$$\log(A_{ij}) = ML_i - a \log(r_{ij}) - br_{ij} - c - s_j \quad (5.2)$$

Ayrıca Richter'in ölçeğine sadık kalınmak üzere, referans deprem için (genellikle $r=100$ km, $A=1$ mm veren deprem olarak alınır) büyüklük ($ML=3$) alınacağına göre;

$$c = ML_{ref} - \log(A_{ref}) - a \log(r_{ref}) - br_{ref} \quad (5.3)$$

ve istasyon düzeltme katsayılarının toplamının sıfıra eşit olması için;

$$\sum s = 0 \quad (5.4)$$

Şeklinde iki denklem daha yazılır.

Ağda, k tane istasyon varsa, bilinmeyenler $(m + k + 3)$ tanedir. Burada m her bir istasyon için büyüklükleri, aynı sayıdaki istasyon düzeltme katsayılarını, 3 ise (5.1) denklemindeki a , b ve c katsayılarını ifade eder.

$m > k$ ve her depremin en az 4 istasyonda kaydedildiği koşulu ile, denklem sayısı $(m + k + 3)$ adet) bilinmeyenlerden fazla olur. Bu denklem takımı, birçok ters çözüm yöntemiyle optimum katsayılar için a , b , c , s_j çözülmektedir.

MAG2 alt programı (Ottemöller 2013) , kullanılacak depremleri içeren Nordic formatta bir katalog dosyası, istasyon koordinatlarının yer aldığı istasyon dosyası, bir de parametre dosyası olmak üzere üç girdi dosyası istemektedir. Denklemleri, katalog dosyasındaki episantr uzaklıkları ve genliklerle oluşturan MAG2 alt programı (Ottemöller 2013) , denklem sistemini SVD algoritması (Press 1986) ile çözmektedir.

Çizelge 5.2 MAG2 programı örnek parametre dosyası

INVERSION TYPE	1.	
DISTANCES	50.	800.
MINIMUM NUMBER OF OBS/EVENT	10.	
ORIENTATION	0.	
SYNTHETIC	0.	
NOISE	0.	
REFERENCE DISTANCE	100.	
REFERENCE AMPLITUDE	1.	
REFERENCE MAGNITUDE	3.	

Çizelge 5.3 MAG2 programı örnek katalog dosyası

Year	Date	HRMM	Sec	Lat	Long	Depth	RMS
2008	612	0020	47.5	35.194	26.268	50.3	0.6
2008	715	0326	32.9	35.772	27.796	51.4	0.9

Çizelge 5.4 *MAG2* programı örnek istasyon dosyası

İSTASYON KODU	ENLEM	BOYLAM	YÜKSEKLİK (m)
SGAZ	39,5293	30,8387	958
ANDZ	39,5094	29,8990	1122
BOYA	41,5330	34,6806	443
BILE	40,1615	29,8750	999
KAYN	40,9654	30,3405	130
OZAP	38,6614	43,9928	2058
DEVR	41,1417	31,9724	388
VIZE	41,5785	27,8400	345
CKRK	40,0732	35,4998	991
PERV	37,9461	42,5417	1377
ARMN	41,8639	27,4289	406
CAVK	40,6917	26,1677	99
NIDE	37,9999	34,7768	1420
MIDY	37,4063	41,3983	972
ECEA	40,0445	26,1742	23

ML kalibrasyonu dinamik bir çalışma olup, çalışma alanı belirli sınırlara ayrılarak o bölgeye düşen depremler ve bu depremleri kaydeden deprem gözlem istasyonları kullanılıp, yukarıda bahsedilen *MAG2* alt programı yardımıyla ilgili parametreler programa tanıtılarak yeni *ML* ölçekleri elde edilebilir. Bu sınırlar belirlenirken sınırlandırılmış alana düşen deprem ve bu depremleri kaydeden deprem gözlem istasyonunun sayısının fazlalığı, yapmış olduğumuz ters çözümün güvenilirliğini artırıp, elde edeceğimiz *ML* büyüklük değerlerinin ortalama standart sapmasını azaltacaktır.

5.2 Q_{LG} Yöntemi

Bu yöntemin ana hedefi soğrulma parametrelerinin (Q_0 , α , κ) belirlenmesi değildir. Amaç moment büyüklüğünün spektrum yöntemi ile hesaplanması için bu parametrelerin sağlıklı olarak belirlenmesidir. Bu nedenle Türkiye genelinde ortalama kalite faktörü, Q 'nun, rasyonel ve hızlı bir yöntemle hesaplanması için Lg dalgalarının ters dönüşümü metodu benimsenmiştir. Yöntem kısaca şöyle çalışmaktadır;

Lg dalgalarının i olayı ve j istasyonu için yerdeğiştirme genliği;

$$A_{ij}(f) = S_i(f) L_j(f) G(R) \exp\left(-\frac{\pi f R Q_{LG}}{v}\right) \quad (5.5)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $S_i(f)$ kaynak terimi $L_j(f)$ yerel saha terimini, R hiposantral uzaklığı v ortalama Lg dalgası hızını (3.35 km/s), Q_{LG} , Lg dalgası kalite faktörünü ve $G(R)$ geometrik azalımı temsil etmektedir. Bu çalışmada, Herrmann (1983) azalım ilişkisi kullanılmıştır;

$$G(R) = \begin{cases} 1/R, & R < R_s \\ 1/\sqrt{R_s R}, & R > R_s \end{cases} \quad (5.6)$$

burada, R_s kabuk kalınlığının iki katı olarak alınmaktadır.

Uzak mesafeler için $R > R_s$ (5.5) denkleminin logaritması alınarak;

$$\log[A_{ij}(f)] + 0.5 \log[R_s R] = \log[S_i(f)] + \log[L_j(f)] - \frac{\pi f R Q_{LG}}{v} \quad (5.7)$$

Yerel saha terimleri için ilave bir kısıt olarak;

$$\sum L_j(f) = 0 \quad (5.8)$$

Alınırsa, denklemler (5.7, 5.8) matris formunda

$$\mathbf{d} = \mathbf{G} \mathbf{m} \quad (5.9)$$

biçiminde yazılabilmektedir. Burada \mathbf{d} data vektörü, \mathbf{G} çekirdek (kernel) matrisi ve \mathbf{m} , tahmini model vektörü olarak isimlendirilmektedir.

Tahmin edilen model, kaynak, saha ve ortalama kalite faktörü Q_{LG} 'yi içermektedir. (5.9) ile verilen aşırı belirli doğrusal denklem takımı SVD algoritması (Press 1986) ile çözülmüştür.

Ortalama Q_{LG} hesaplanırken, Türkiye genelini temsil etmeyen verimsiz izler göz ardı edilmiştir. Spektral yatay bileşen genliği, Doğu-Batı ve Kuzey-Güney bileşenlerin karelerinin karekökü olarak alınmıştır.

Q_{LG} yöntemi dinamik bir çalışma olup, çalışma alanı belirli sınırlara ayrılarak o bölgeye düşen depremler ve bu depremleri kaydeden deprem gözlem istasyonları kullanılıp, yukarıda bahsedilen Q_{LG} alt programı yardımıyla ilgili parametreler programa tanıtılarak yeni soğrulma parametreleri (Q_o , $qalpha$, $kappa$) elde edilebilir. Bu sınırlar belirlenirken sınırlandırılmış alana düşen deprem ve bu depremleri kaydeden deprem gözlem istasyonunun sayısının fazlalığı, yapmış olduğumuz ters çözümün güvenilirliğini artırıp, elde edeceğimiz soğrulma parametre değerlerinin ortalama standart sapmasını azaltacaktır.

5.3 Optimum Soğrulma Parametrelerinin Yinelemeli Olarak Belirlenmesi

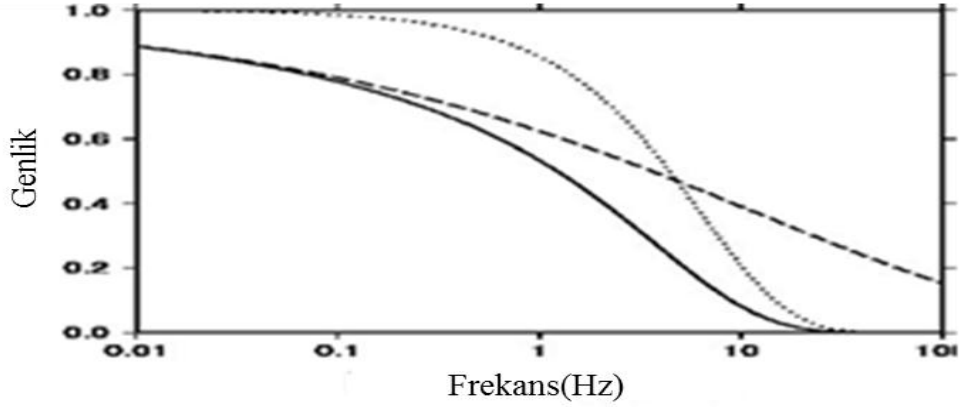
Sdalgalarının bir istasyondaki yerdeğiştirme genliği;

$$A(f, t) = A_o e^{-\pi f \kappa} e^{\frac{\pi f t}{Q(f)}} \quad (5.10)$$

ifadesi ile düzeltilir, burada $A(f, t)$, istasyondaki genlik, A_o , başlangıç genliği, κ , yüzey soğrulma faktörü ve $Q(f)$, frekansa bağlı kalite faktörünü göstermektedir;

$$Q(f) = Q_o f^\alpha \quad (5.11)$$

(5.10) denklemi şekil 5.3'de örnek parametrelerle çizilmiştir.

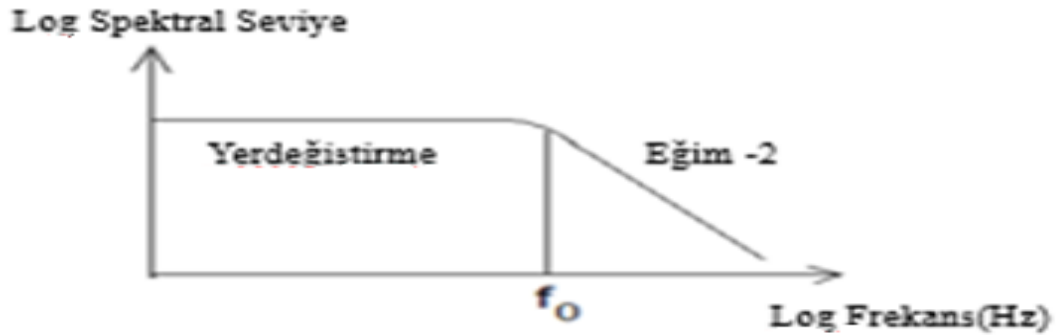


Şekil 5.3 $e^{-\pi f t}$ (noktalı) ve $e^{-\frac{\pi f t}{Q}}$ (kesik çizgi) terimlerinin ve toplam düzeltme (koyu çizgi) grafiği ($Q(f)=240f^{0.4}$, $\kappa=0.03$ ve $t=30s$) (Ottemöller vd. 2013).

(Brune, 1970) modeli kaynak yerdeğiştirme spektrumu $S(f)$ şöyle vermektedir;

$$S(f) = \frac{M_o}{\left(1 + \frac{f}{f_o}\right)^4 \cdot 4 \cdot \pi \cdot \rho \cdot v^3} \quad (5.12)$$

Burada M_o (Nm) sismik moment, ρ yoğunluğu (kg/m^3), v kaynaktaki dalga yayılım hızı (m/s) (P veya S) ve f_o köşe frekansını göstermektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Sismik kaynak yer değiştirme grafiği (Ottemöller vd. 2013).

Düşük frekanslarda spektrum yaklaşık olarak yatay olup değeri M_o ile orantılıdır. Yüksek frekanslarda ise -2 eğimle azalır. Soğrulma parametreleri için düzeltme yapıldıktan sonra, spektrum biçiminin şekil 5.4'de yaklaşması beklenmektedir.

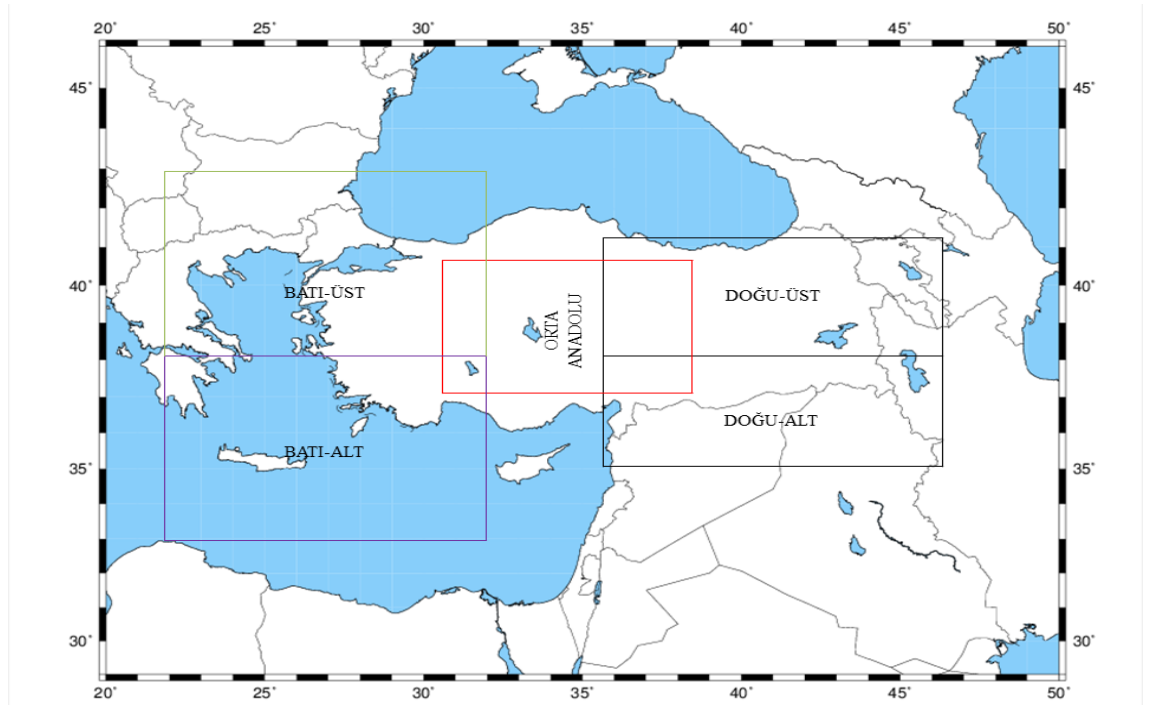
Soğrulma parametrelerinin tahmini için, *SEISAN10.1* programının içinde bulunan *AUTOMAG* (Ottemöller 2013) ismiyle geliştirilen yeni bir alt programla, (Q_0 , α , κ)değerleri belli adımlarla değiştirilerek, veri setimizdeki depremlerden uluslararası ajansların (*HARVARD*, *GFZ*, *EMSC*) kataloğunda moment büyüklüğü bulunan örnek olaylarda, Brune spektrumuna en iyi şekilde yaklaşılmaya çalışılmıştır.

Optimum Soğrulma Parametrelerinin Yinelemeli Olarak Tayini Yöntemi dinamik bir çalışma olup, çalışma alanı belirli sınırlara ayrılarak o bölgeye düşen depremler ve bu depremleri kaydeden deprem gözlem istasyonları kullanılıp, yukarıda bahsedilen *AUTOMAG* alt programı yardımıyla ilgili parametreler programa tanıtılarak yeni soğrulma parametreleri (Q_0 , $qalpha$, $kappa$) elde edilebilir. Bu sınırlar belirlenirken sınırlandırılmış alana düşen deprem ve bu depremleri kaydeden deprem gözlem istasyonunun sayısının fazlalığı, yapmış olduğumuz ters çözümün güvenilirliğini artırıp, elde edeceğimiz soğrulma parametre değerlerinin ortalama standart sapmasını azaltacaktır.

6. BULGULAR ve TARTIŞMA

6.1 *ML* Büyüklüğü Kalibrasyonu

ML kalibrasyonu ters çözümü işlemini *SEISAN10.1* programı içerisinde yer alan *MAG2* alt programında gerçekleştirmek için ilk olarak AFAD Ulusal Sismolojik Kayıt Ağına Haziran 2008-Temmuz 2014 kaydedilen toplam 314 adet deprem ($1 \leq ML \leq 6.5$) bölgesel değerlendirmeler yapmak adına öncelikle Batı Bölgesi batı alt- batı üst, Doğu Bölgesi doğu- alt doğu- üst olmak üzere ikiye, son olarak Orta Anadolu kısmı da ayrılarak Türkiye geneli 5 ayrı bölgeye ayrılmıştır (Şekil 6.1). Bu ayrımın nasıl gerçekleştirildiği tezin materyal ve yöntem kısmında ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Batı-alt kısmı Enlem: 33° - 38° , Boylam: 22° - 32° , Batı-üst kısmı Enlem: 38° - 43° , Boylam: 22° - 32° , Doğu-alt kısmı Enlem: 35° - 38° , Boylam: 36° - 46° , Doğu-üst kısmı Enlem: 38° - 40° , Boylam: 36° - 46° , Orta Anadolu kısmı Enlem: 37° - 41° , Boylam 30° - 38° şeklinde ayrılmıştır.



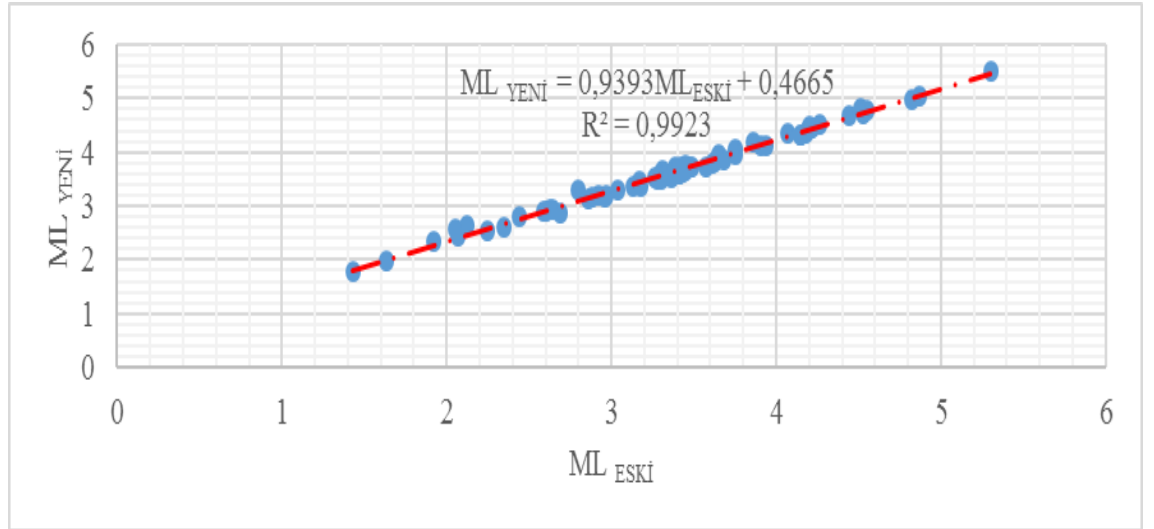
Şekil 6.1 Türkiye geneli için, *MAG2* alt programına girdi verisi olarak kullanılacak bölgeler ve bölge sınırları

Batı-alt kısmı Enlem: 33° - 38° , Boylam: 22° - 32° , Batı-üst kısmı Enlem: 38° - 43° , Boylam: 22° - 32° , Doğu-alt kısmı Enlem: 35° - 38° , Boylam: 36° - 46° , Doğu-üst kısmı Enlem: 38° - 40° , Boylam: 36° - 46° , Orta Anadolu kısmı Enlem: 37° - 41° , Boylam 30° - 38°)

Bu işlem gerçekleştirildikten sonra oluşturulan veri tabanında Batı-alt bölgesine düşen depremler için *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 68 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 146 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 1.11725 \log(R) + 0.00163(R) - 2.07933 + S \quad (6.1)$$

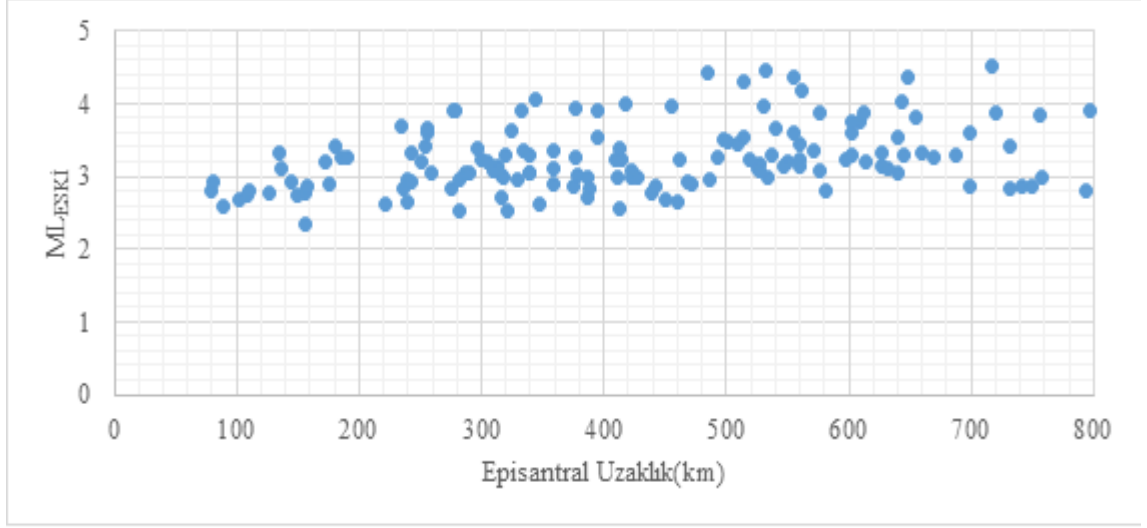
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.1)'de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan *ML_{YENI}* büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen *ML_{ESKI}* büyüklükleri şekil 6.1'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



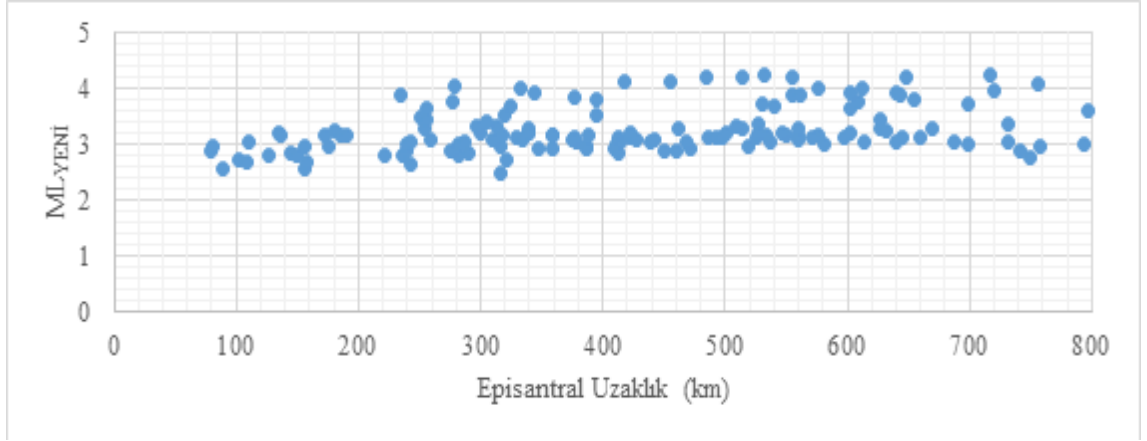
Şekil 6.2 Batı-alt bölgesi için ML_{YENI} - ML_{ESKI} karşılaştırma grafiği

Şekil 6.2'den ML_{YENI} - ML_{ESKI} arasındaki bağıntı görülmektedir.

Batı-alt bölgesine düşen depremlerde *MAG2* alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan *ML_{ESKI}* büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.3'de verilmiştir. Şekil 6.4'de ise *MAG2* alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan *ML_{YENI}* büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



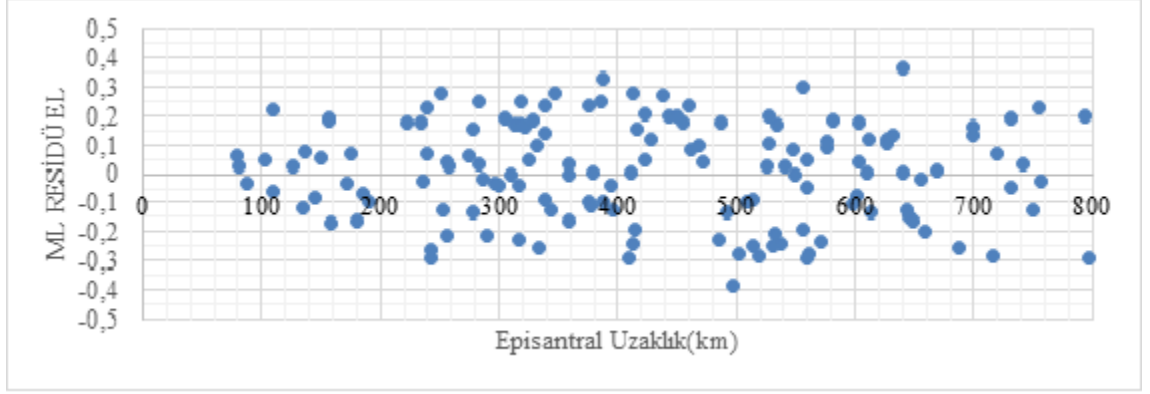
Şekil 6.3 Batı-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.4 Batı-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.3-şekil 6.4 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.5’de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



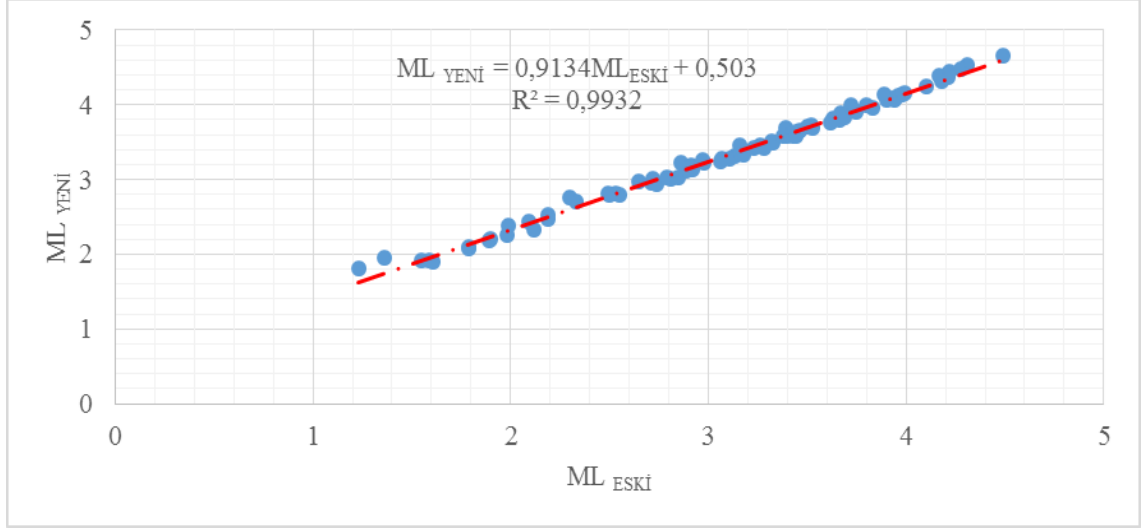
Şekil 6.5 Batı-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.5’de, daha önceki ML_{ESKI} büyüklüklerine -0.4 ile 0.4 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle ML_{YENI} büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında Batı-üst bölgesine düşen depremler için *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 83 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 163 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 1.10523 \log(R) + 0.00126(R) - 2.01844 + S \quad (6.2)$$

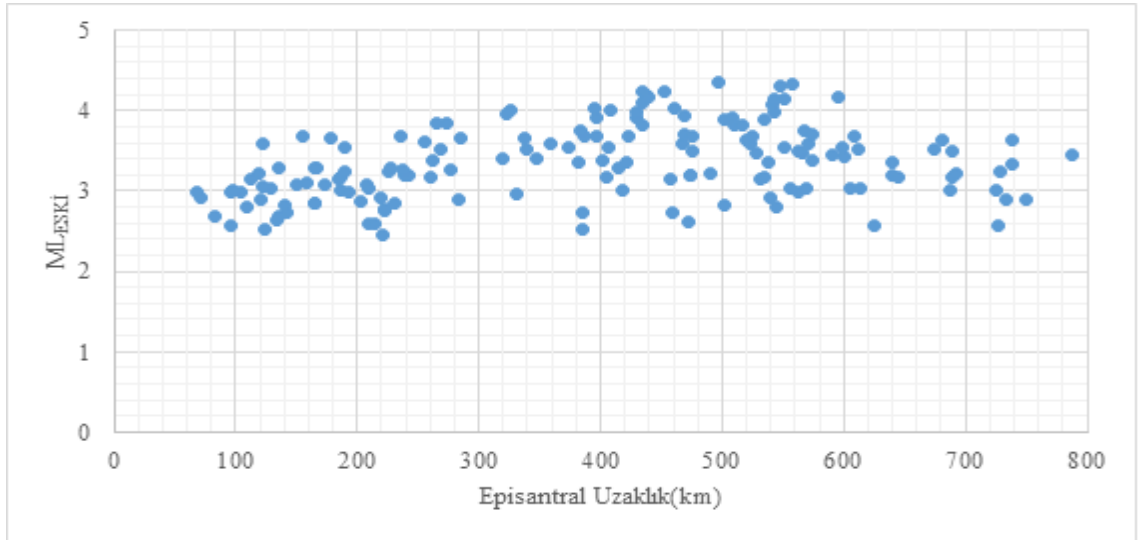
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.2)’de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.6’da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



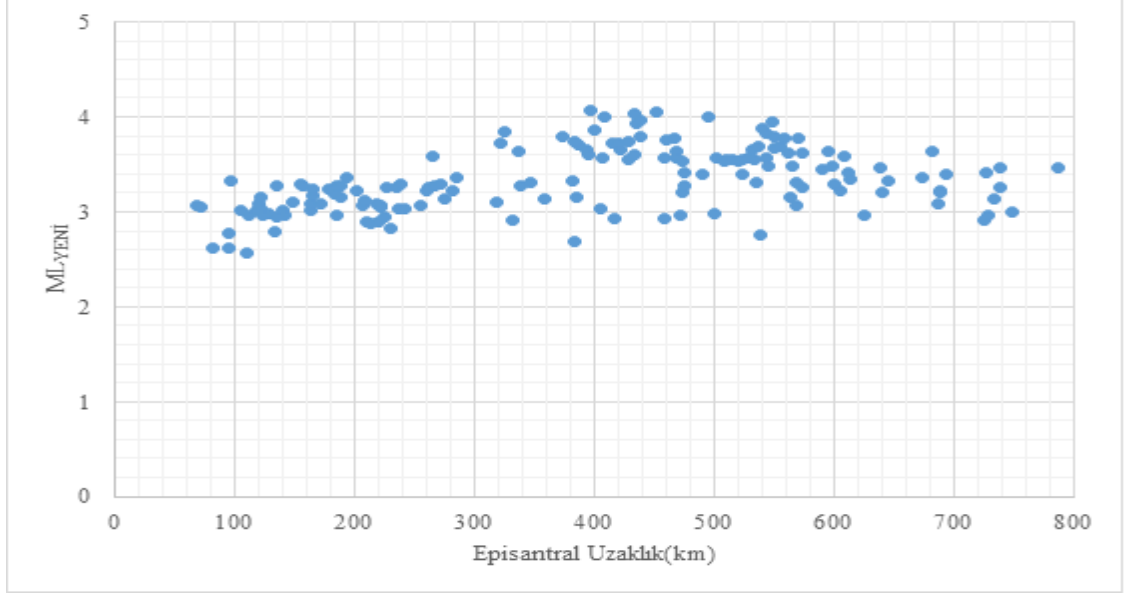
Şekil 6.6 Batı-üst bölgesi için $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ karşılaştırma grafiği

Şekil 6.6'dan $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ arasındaki bağıntı görülmektedir.

Batı-üst bölgesine düşen depremlerde *MAG2* alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.7'de verilmiştir. Şekil 6.8'de ise *MAG2* alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



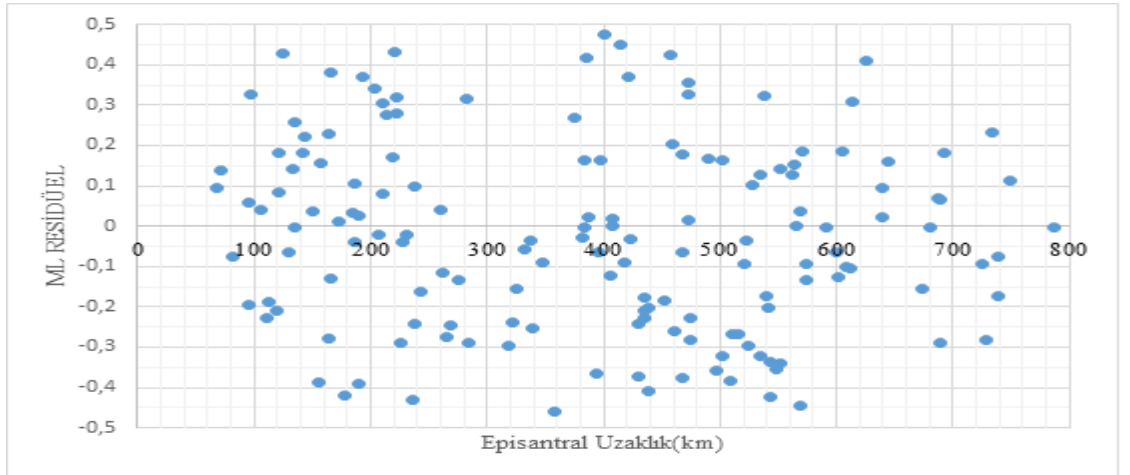
Şekil 6.7 Batı-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.8 Batı-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.7-şekil 6.8 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.9'da ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalize edilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



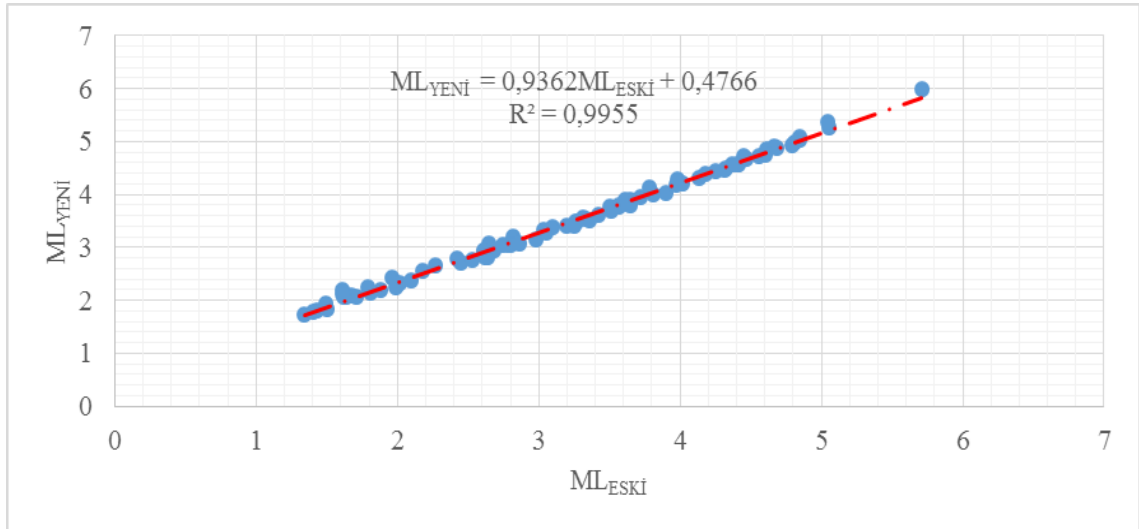
Şekil 6.9 Batı-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalize edilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.9’da, daha önceki $ML_{ESKİ}$ büyüklüklerine -0.48 ile 0.48 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle $ML_{YENİ}$ büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında Doğu-üst bölgesine düşen depremler *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 86 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 132 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENİ} = \log A + 1.10994 \log(R) + 0.00188(R) - 2.08950 + S \quad (6.3)$$

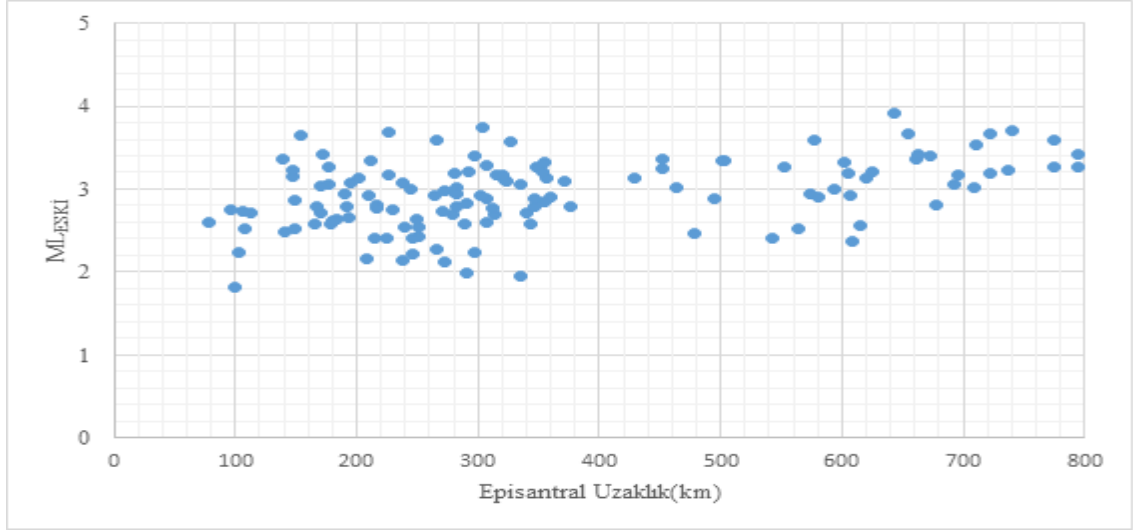
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.3)’de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan $ML_{YENİ}$ büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKİ} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen $ML_{ESKİ}$ büyüklükleri şekil 6.10’da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



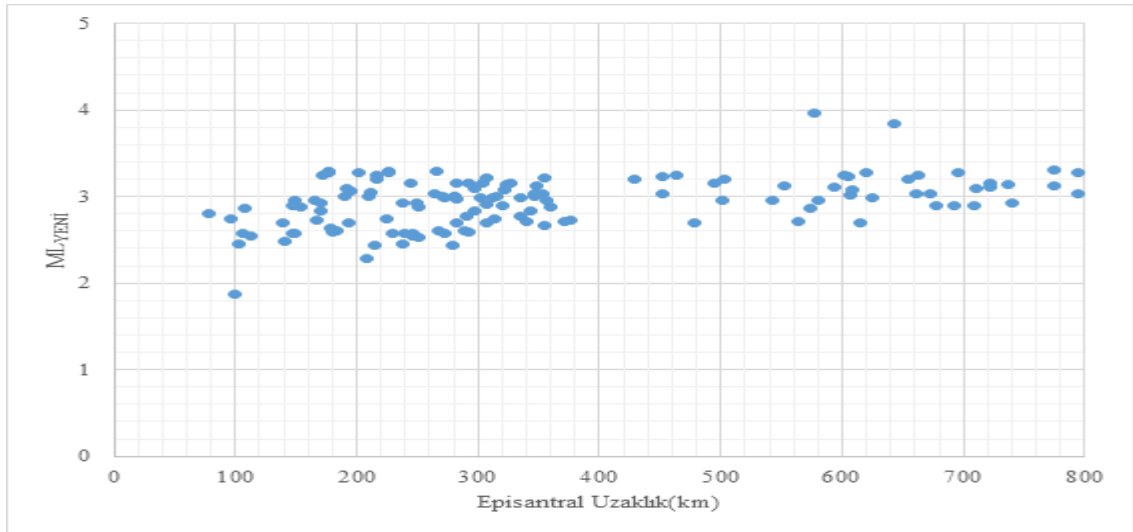
Şekil 6.10 Doğu-üst bölgesi için $ML_{YENİ}$ - $ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği

Şekil 6.10’dan $ML_{YENİ}$ - $ML_{ESKİ}$ arasındaki bağıntı görülmektedir.

Doğu-üst bölgesine düşen depremlerde *MAG2* alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.11’de verilmiştir. Şekil 6.12’de ise *MAG2* alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



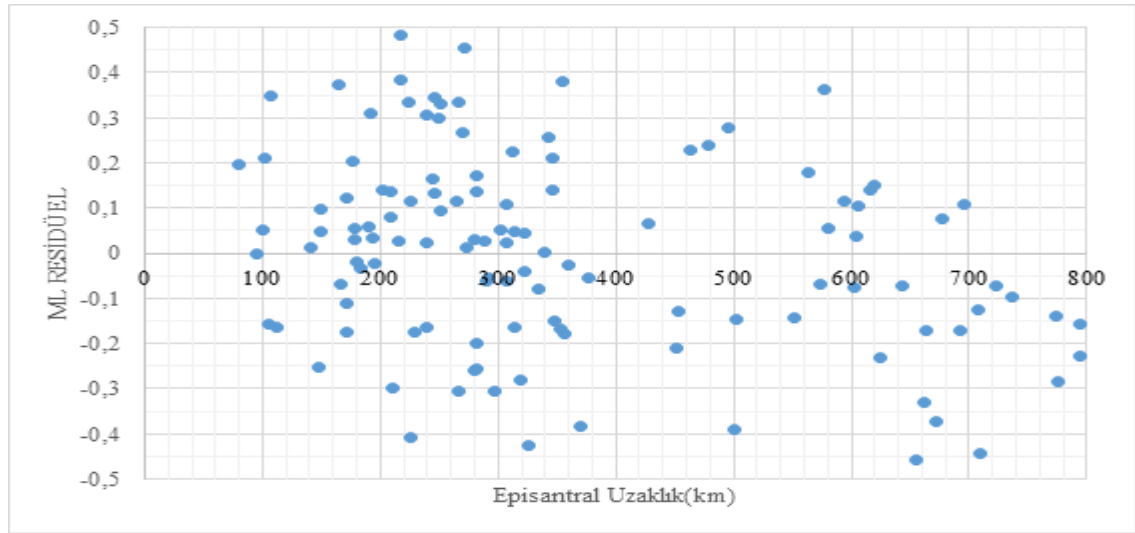
Şekil 6.11 Doğu-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.12 Doğu-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.11-şekil 6.12 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.13’de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



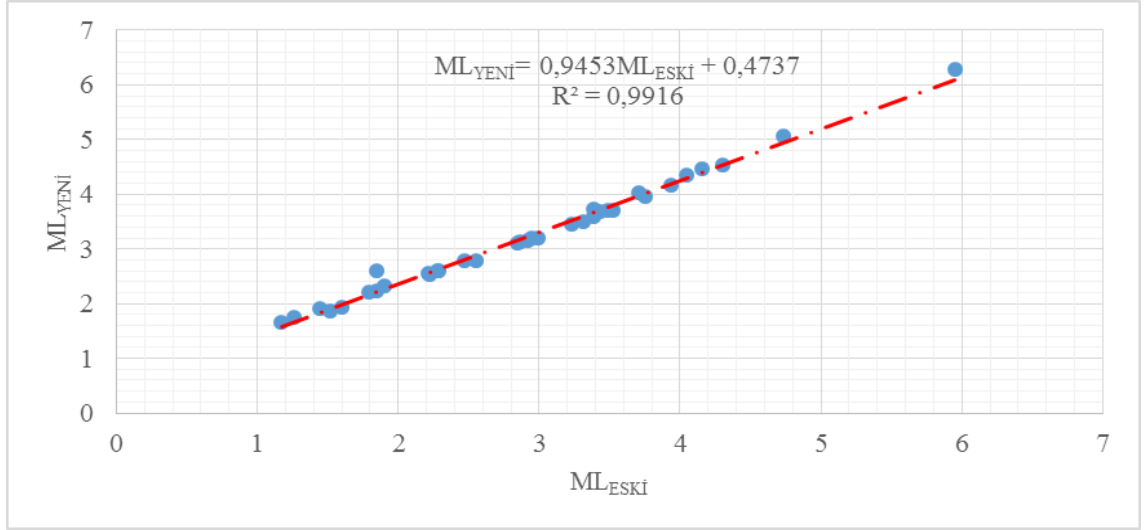
Şekil 6.13 Doğu-üst bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.13’de, daha önceki $ML_{ESKİ}$ büyüklüklerine -0.46 ile 0.46 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle $ML_{YENİ}$ büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında doğu-alt bölgesine düşen depremler için *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 36 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 132 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 1.22006 \log(R) + 0.00131(R) - 2.25296 + S \quad (6.4)$$

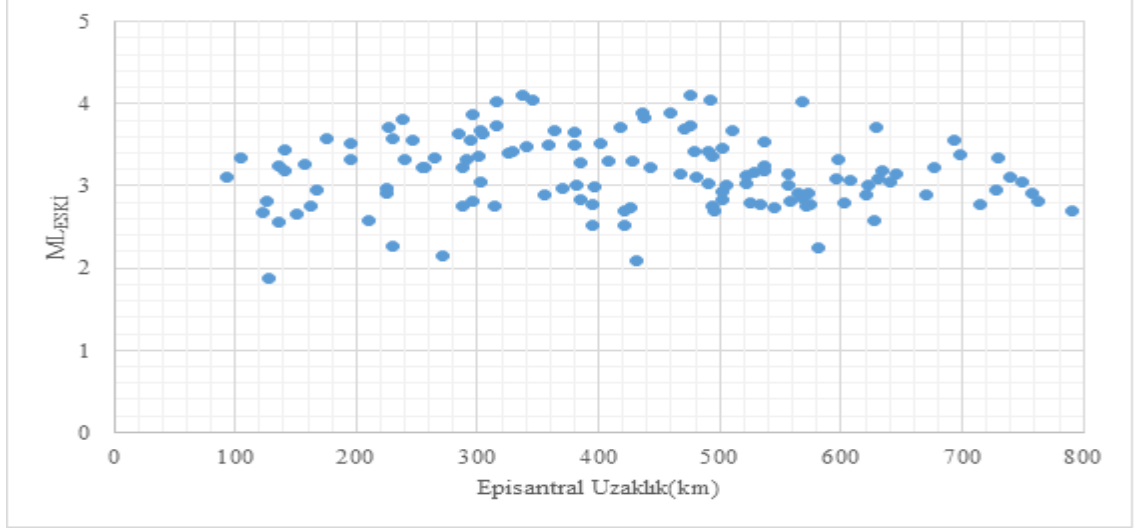
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.4)'de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.14'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



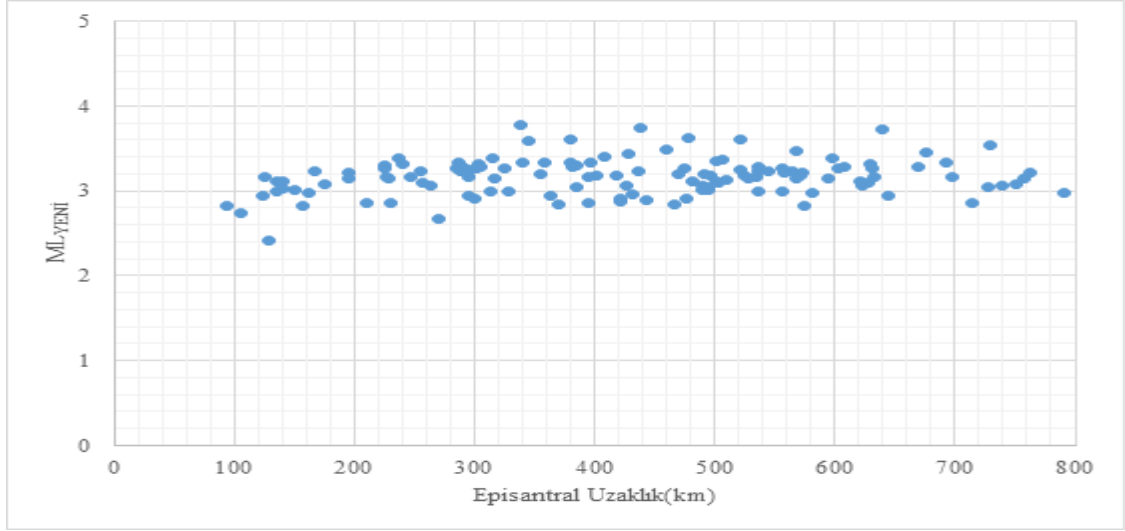
Şekil 6.14 Doğu-alt bölgesi için $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ karşılaştırma grafiği

Şekil 6.14'den $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ arasındaki bağıntı görülmektedir.

Doğu-alt bölgesine düşen depremlerde MAG2 alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.15'de verilmiştir. Şekil 6.16'da ise MAG2 alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



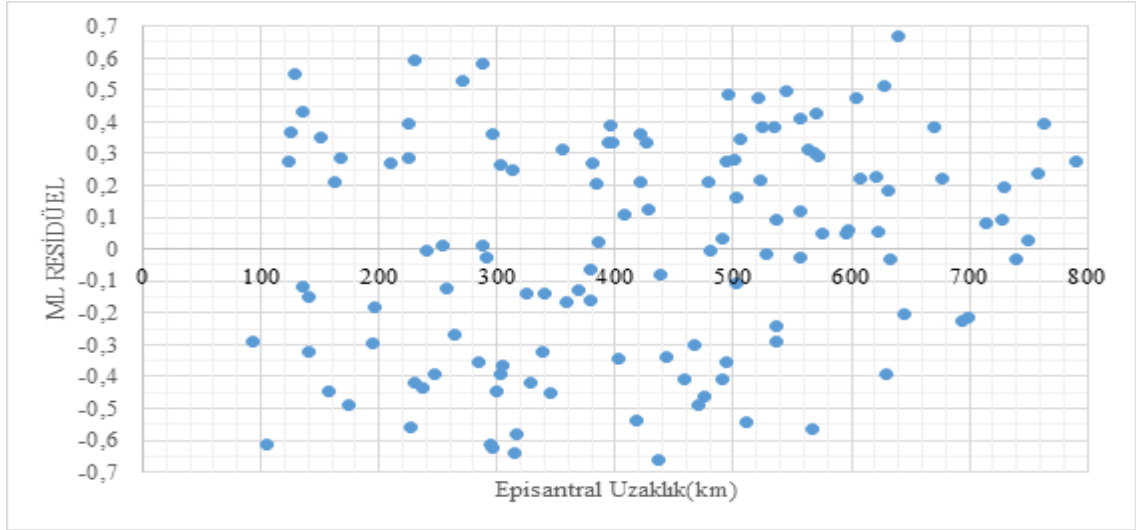
Şekil 6.15 Doğu-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.16 Doğu-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.15-şekil 6.16 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.17’de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



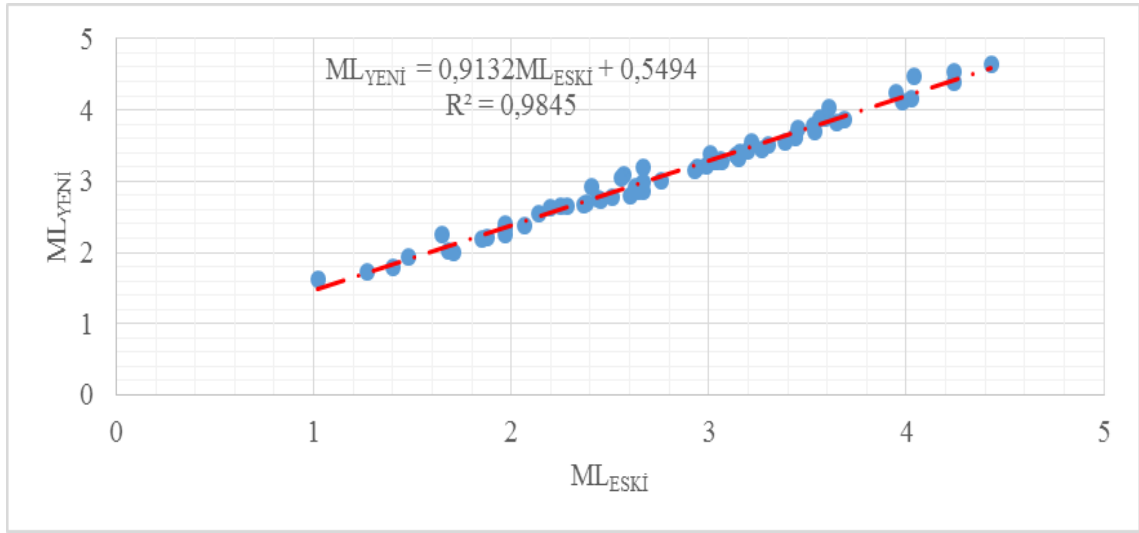
Şekil 6.17 Doğu-alt bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.17’de, daha önceki ML_{ESKI} büyüklüklerine -0.65 ile 0.68 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle ML_{YENI} büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında Orta Anadolu Bölgesine düşen depremler için $MAG2$ alt programı ile gerçekleştirilen ML kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 65 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 184 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni ML bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 1.21263 \log(R) + 0.00216(R) - 2.32360 + S \quad (6.5)$$

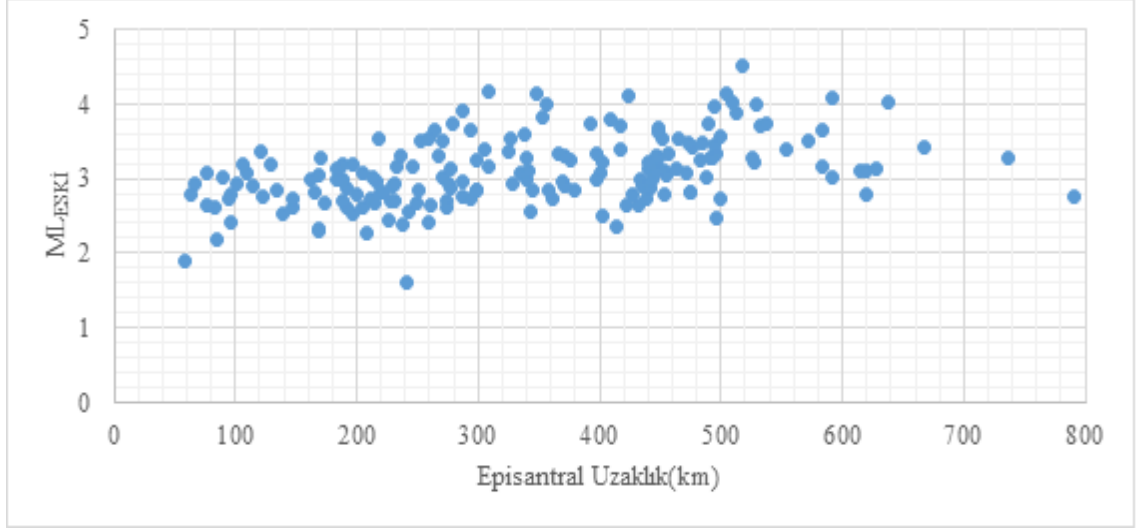
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.5)'de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan $ML_{YENİ}$ büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKİ} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen $ML_{ESKİ}$ büyüklükleri şekil 6.18'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



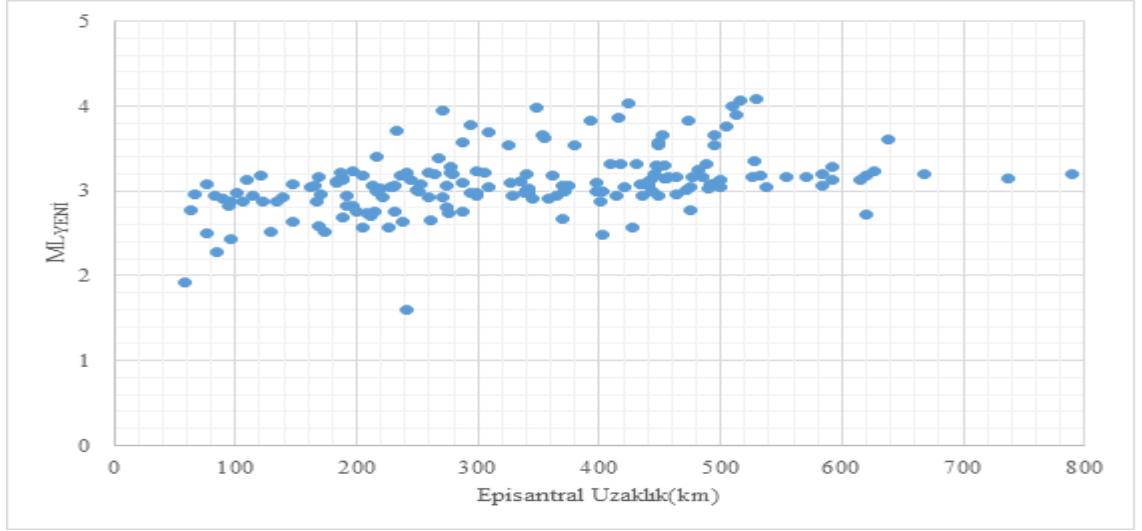
Şekil 6.18 Orta Anadolu için $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği

Şekil 6.18'den $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ arasındaki bağıntı görülmektedir.

Orta Anadolu bölgesine düşen depremlerde MAG2 alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan $ML_{ESKİ}$ büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.19'da verilmiştir. Şekil 6.20'de ise MAG2 alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan $ML_{YENİ}$ büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



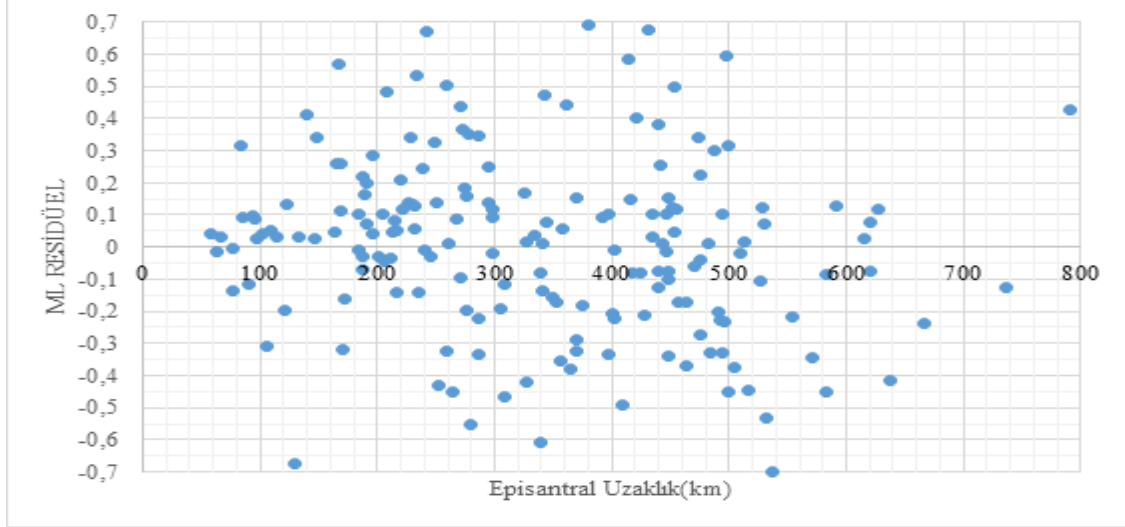
Şekil 6.19 Orta Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.20 Orta Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.19-şekil 6.20 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.21’de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



Şekil 6.21 Orta Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.21’de, daha önceki ML_{ESKI} büyüklüklerine -0.70 ile 0.70 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle ML_{YENI} büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Yukarıda *MAG2* alt programı ile yapılan ters çözüm sonucunda elde edilen (6.1), (6.2), (6.3), (6.4), (6.5) yeni *ML* ölçekleri sonrasında Akdeniz ve Ege denizine düşen depremler için de aynı çalışma gerçekleştirilmiştir.

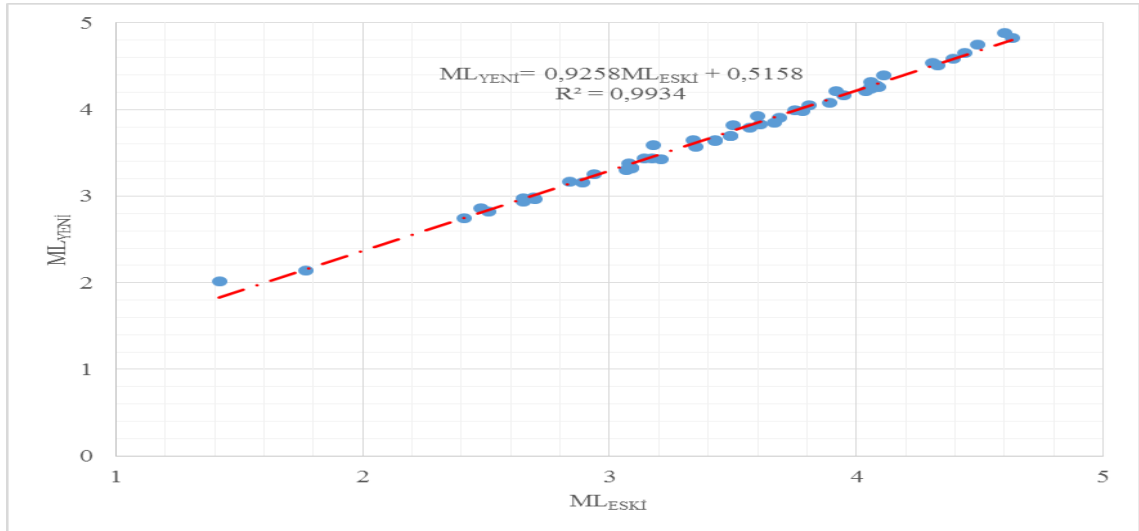
Ege denizi Enlem: 34°-42°, Boylam: 21°-28°, Akdeniz Enlem: 32°-36°, Boylam 22°-36° şeklinde ayrılmıştır.

Yukarıda belirtildiği gibi ayrılan Akdeniz ve Ege denizi için, *MAG2* alt programına girdi verisi olarak kullanılacak bölgeler ve bölge sınırları Şekil 6.30’ da verilmiştir.

Bu işlem gerçekleştirildikten sonra oluşturulan veri tabanında Ege denizine düşen depremler için *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 53 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 122 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 0.63979 \log(R) + 0.00247(R) - 1.20847 + S \quad (6.6)$$

MAG2 alt programı ile eşitlik (6.6)'da elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan *ML_{YENI}* büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen *ML_{ESKI}* büyüklükleri şekil 6.22'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

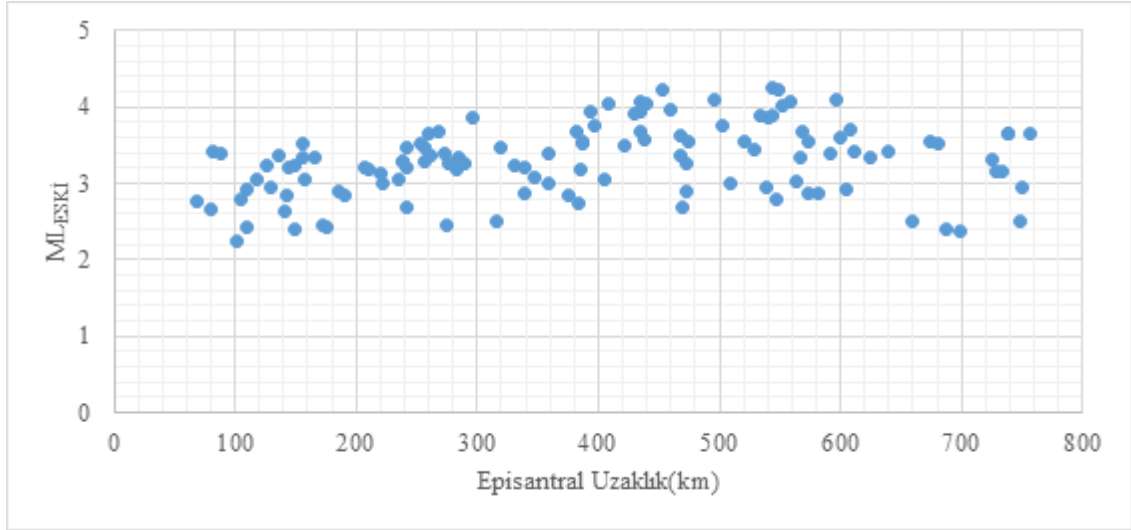


Şekil 6.22 Ege denizi için *ML_{YENI}*-*ML_{ESKI}* karşılaştırma grafiği

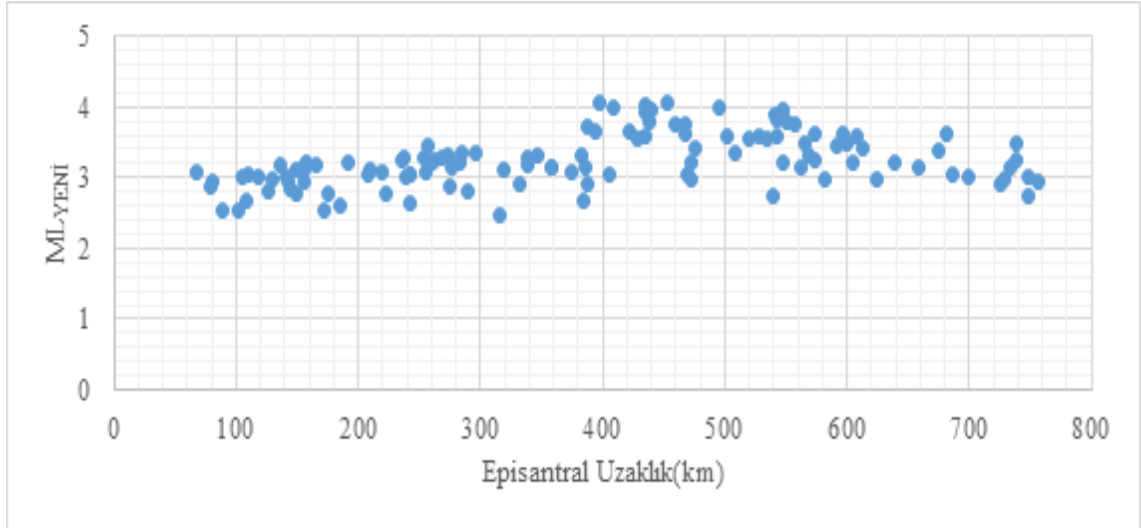
Şekil 6.22'den *ML_{YENI}*-*ML_{ESKI}* arasındaki bağıntı görülmektedir.

Ege denizine düşen depremlerde *MAG2* alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan *ML_{ESKI}* büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.23'de verilmiştir. Şekil 6.24'de ise *MAG2* alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen

yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



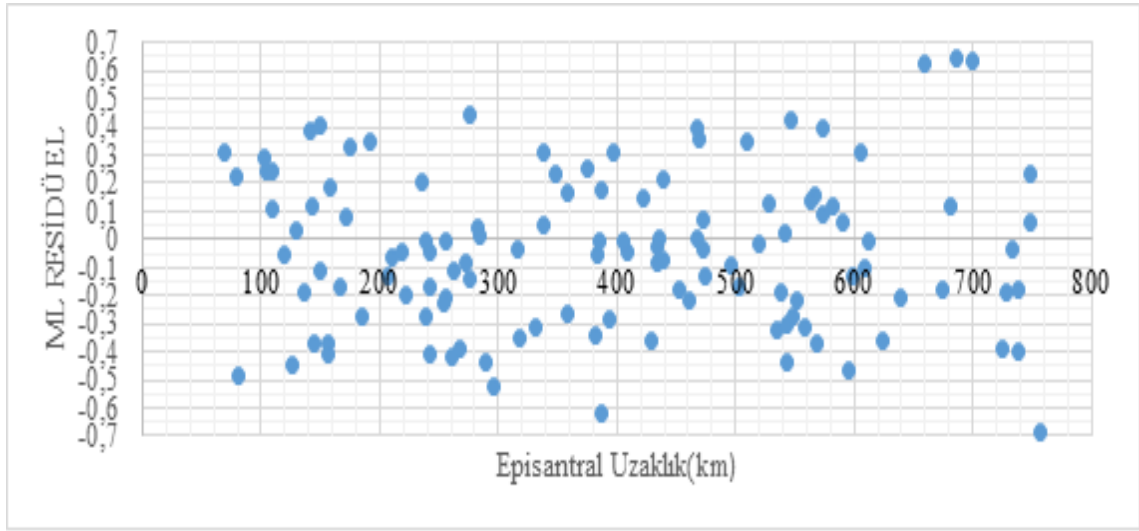
Şekil 6.23 Ege denizine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.24 Ege denizine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.23-şekil 6.24 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.25’de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



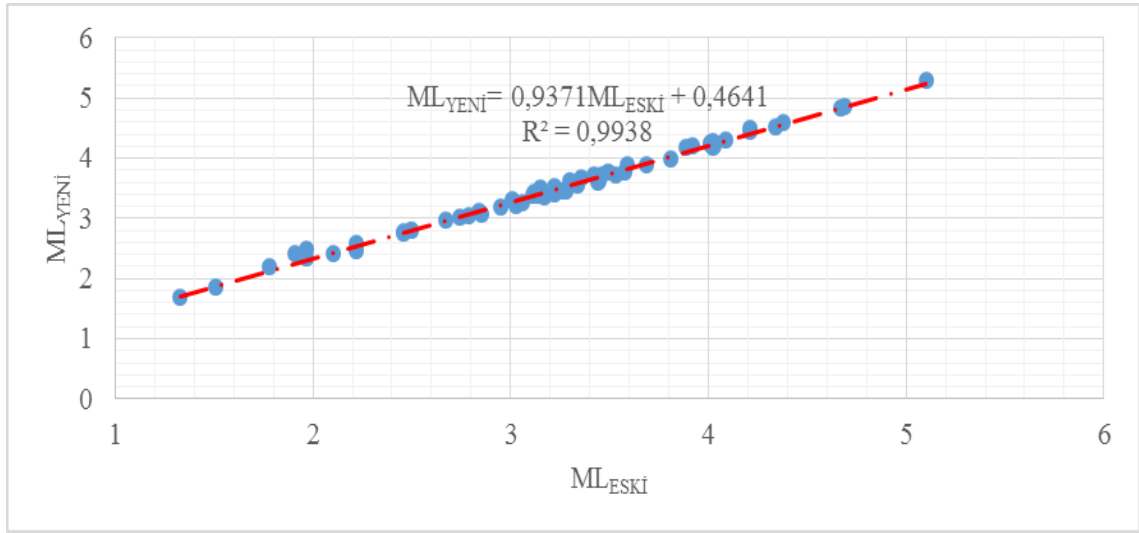
Şekil 6.25 Ege denizine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.25’de, daha önceki ML_{ESKI} büyüklüklerine -0.70 ile 0.68 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle ML_{YENI} büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında Akdeniz’ e düşen depremler için $MAG2$ alt programı ile gerçekleştirilen ML kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 66 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 149 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni ML bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 1.09818 \log(R) + 0.00120(R) - 1.99801 + S \quad (6.7)$$

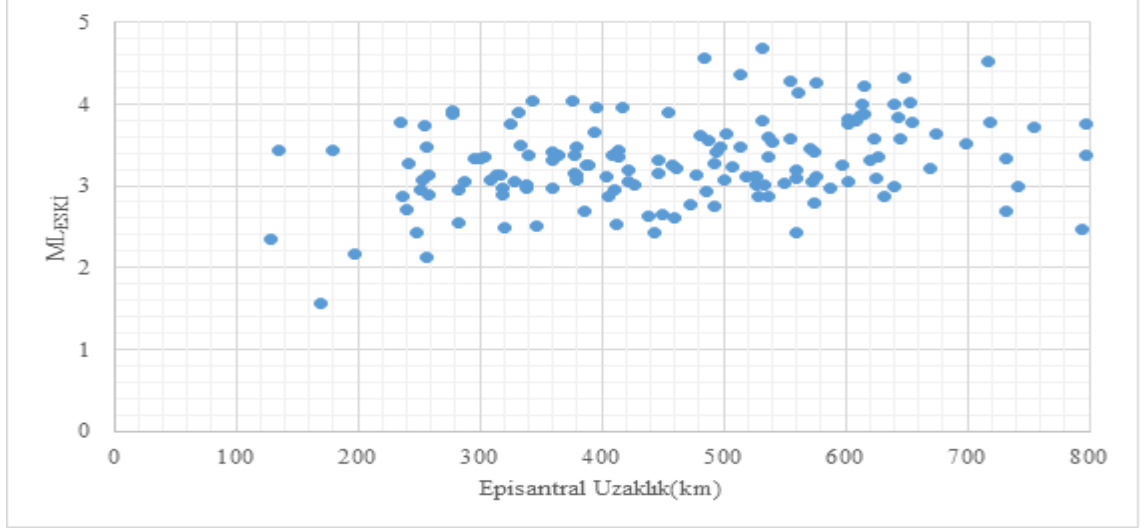
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.7)'da elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.26'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



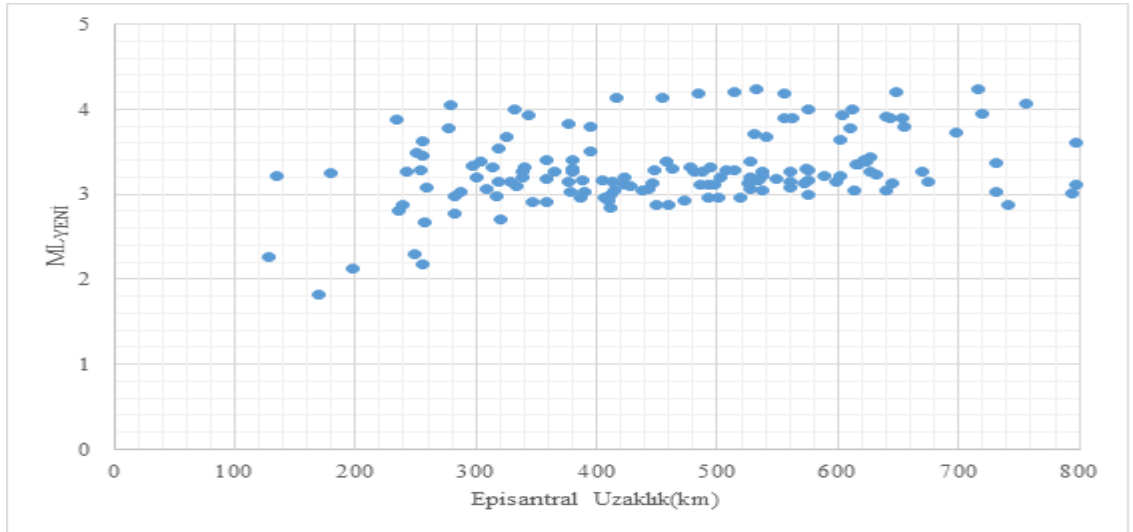
Şekil 6.26 Akdeniz için ML_{YENI} - ML_{ESKI} karşılaştırma grafiği

Şekil 6.26' dan ML_{YENI} - ML_{ESKI} arasındaki bağıntı görülmektedir.

Akdeniz'e düşen depremlerde MAG2 alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.27'de verilmiştir. Şekil 6.28'de ise MAG2 alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



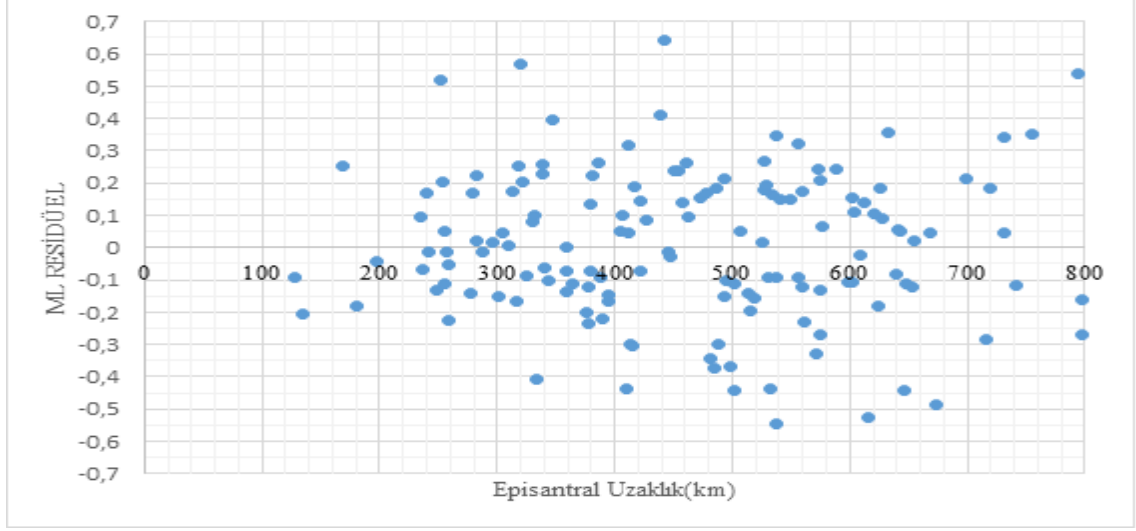
Şekil 6.27 Akdeniz' e düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.28 Akdeniz' e düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.27-şekil 6.28 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.29'da ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalize edilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



Şekil 6.29 Akdeniz'e düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

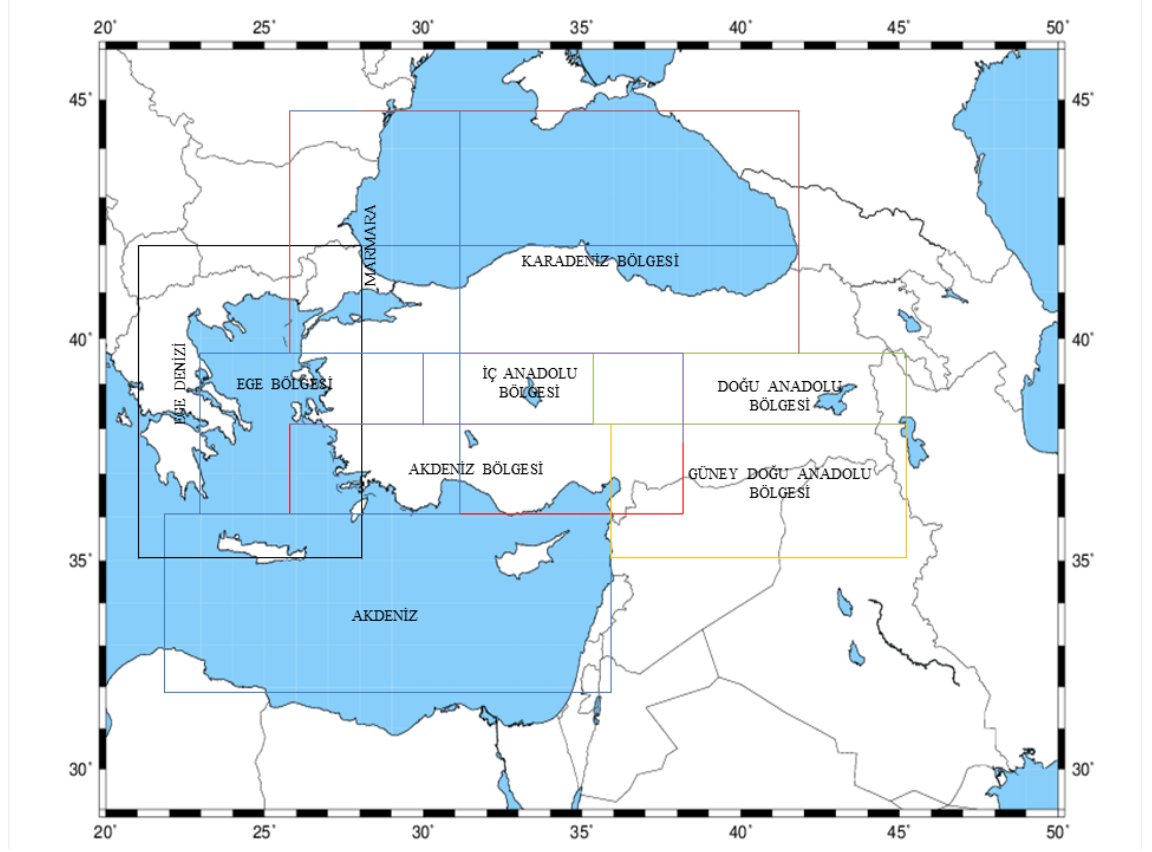
Şekil 6.29'da, daha önceki ML_{ESKI} büyüklüklerine -0.55 ile 0.65 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle ML_{YENI} büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Yukarıda belirtilen (6.6) ve (6.7) eşitlikleri de elde edildikten sonra tüm Türkiye coğrafi bölgelere ayrılmış ve *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonu işlemine devam edilmiştir.

Akdeniz Bölgesi Enlem: 36°-38°, Boylam: 26°-38°, Doğu Anadolu Bölgesi Enlem: 38°-40°, Boylam 36°-46°, Ege Bölgesi Enlem: 36°-40°, Boylam 25°-31°, Güney Doğu Anadolu Bölgesi Enlem: 35°-38°, Boylam 36°-45°, İç Anadolu Bölgesi Enlem: 38°-40°, Boylam 30°-38°, Karadeniz Bölgesi Enlem: 42°-46°, Boylam 28°-42°, Marmara Bölgesi Enlem: 40°-45°, Boylam 26°-31° şeklinde ayrılmıştır.

Bu ayrımın nasıl gerçekleştirildiği tezin materyal ve yöntem kısmında ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Yukarıda belirtildiği gibi ayrılan Türkiye geneli için, *MAG2* alt

programına girdi verisi olarak kullanılacak bölgeler ve bölge sınırları şekil 6.30'da verilmiştir.



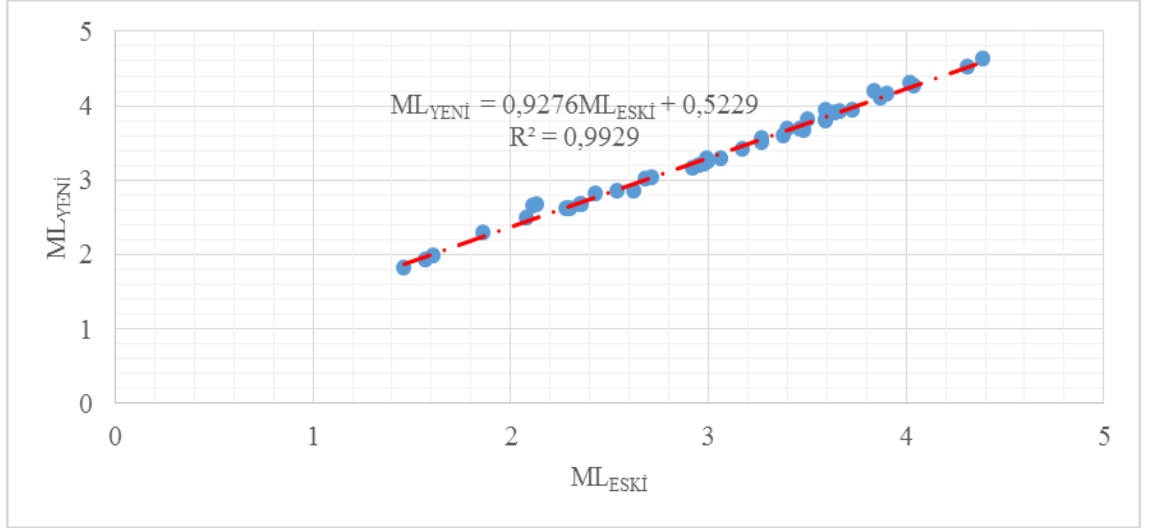
Şekil 6.30 Türkiye geneli için, *MAG2* alt programına girdi verisi olarak kullanılacak bölgeler ve bölge sınırları

Akdeniz Bölgesi Enlem: 36°-38°, Boylam: 26°-38°, Doğu Anadolu Bölgesi Enlem: 38°-40°, Boylam 36°-46°, Ege Bölgesi Enlem: 36°-40°, Boylam 25°-31°, Güney Doğu Anadolu Bölgesi Enlem: 35°-38°, Boylam 36°-45°, İç Anadolu Bölgesi Enlem: 38°-40°, Boylam 30°-38°, Karadeniz Bölgesi Enlem: 42°-46°, Boylam 28°-42°, Marmara Bölgesi Enlem: 40°-45°, Boylam 26°-31°

Bu işlem gerçekleştirildikten sonra oluşturulan veri tabanında Akdeniz Bölgesine düşen depremler için *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 43 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 163 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENİ} = \log A + 1.49706 \log(R) + 0.00144(R) - 2.31958 + S \quad (6.8)$$

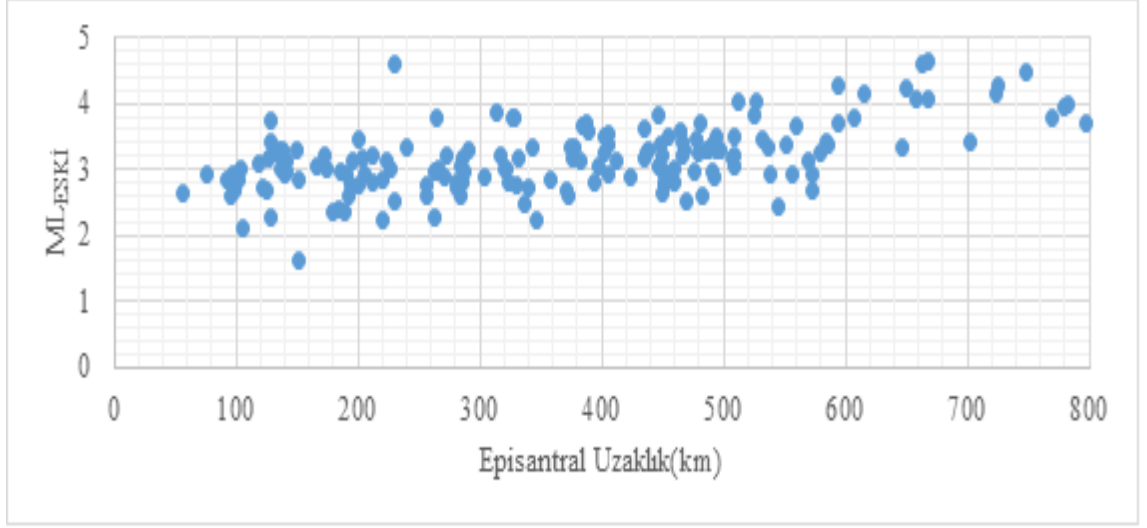
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.8)'de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.31'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



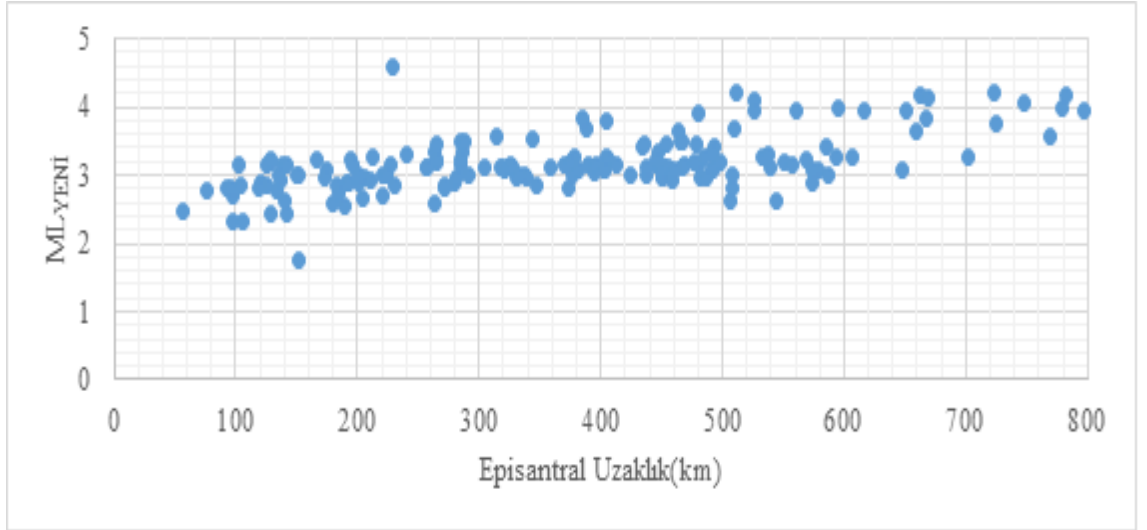
Şekil 6.31 Akdeniz Bölgesi için ML_{YENI} - ML_{ESKI} karşılaştırma grafiği

Şekil 6.31'den ML_{YENI} - ML_{ESKI} arasındaki bağıntı görülmektedir.

Akdeniz bölgesine düşen depremlerde MAG2 alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.32'de verilmiştir. Şekil 6.33'de ise MAG2 alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



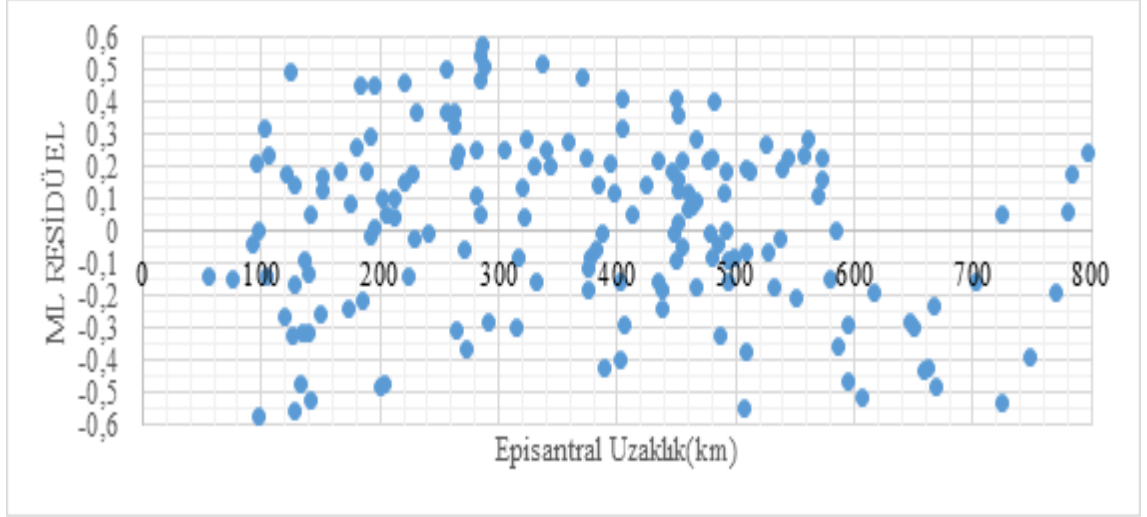
Şekil 6.32 Akdeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.33 Akdeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.32-şekil 6.33 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.34'de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



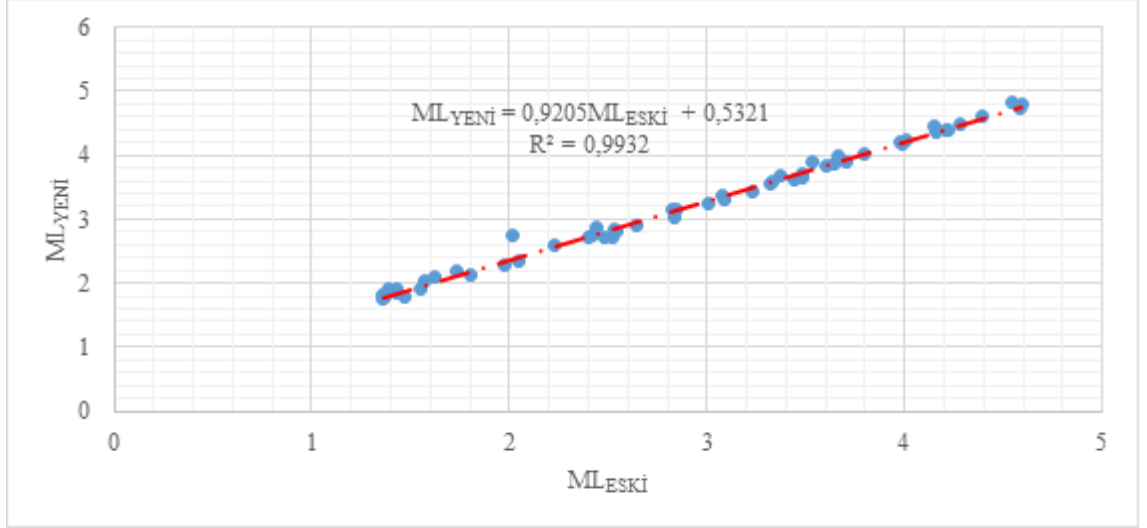
Şekil 6.34 Akdeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.34’de, daha önceki ML_{ESKI} büyüklüklerine -0.59 ile 0.58 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle ML_{YENI} büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında Doğu Anadolu Bölgesine düşen depremler için *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 55 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 113 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 0.98789 \log(R) + 0.00122(R) - 1.77935 + S \quad (6.9)$$

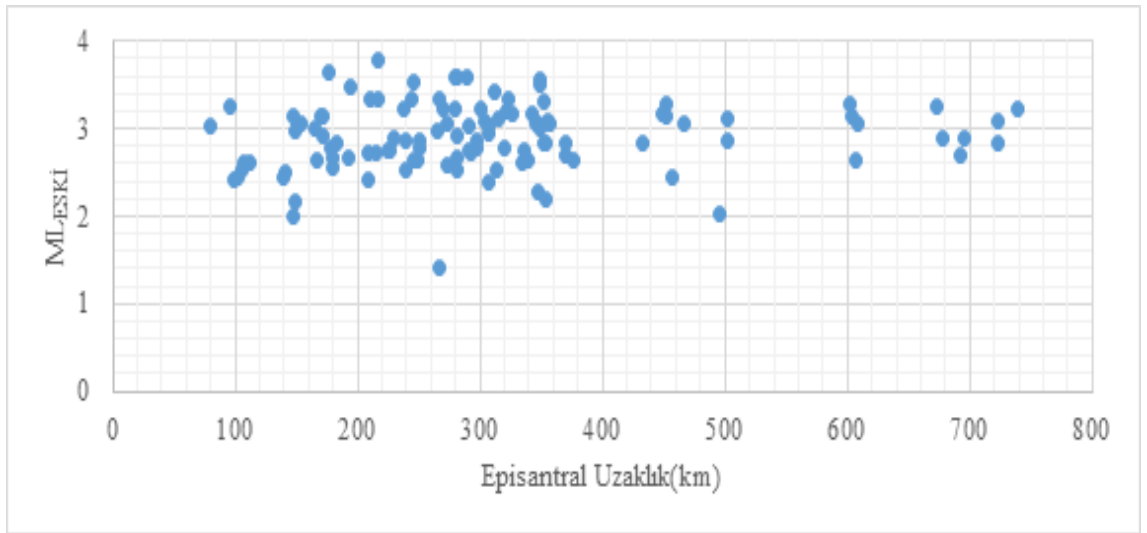
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.9)’da elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.35’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



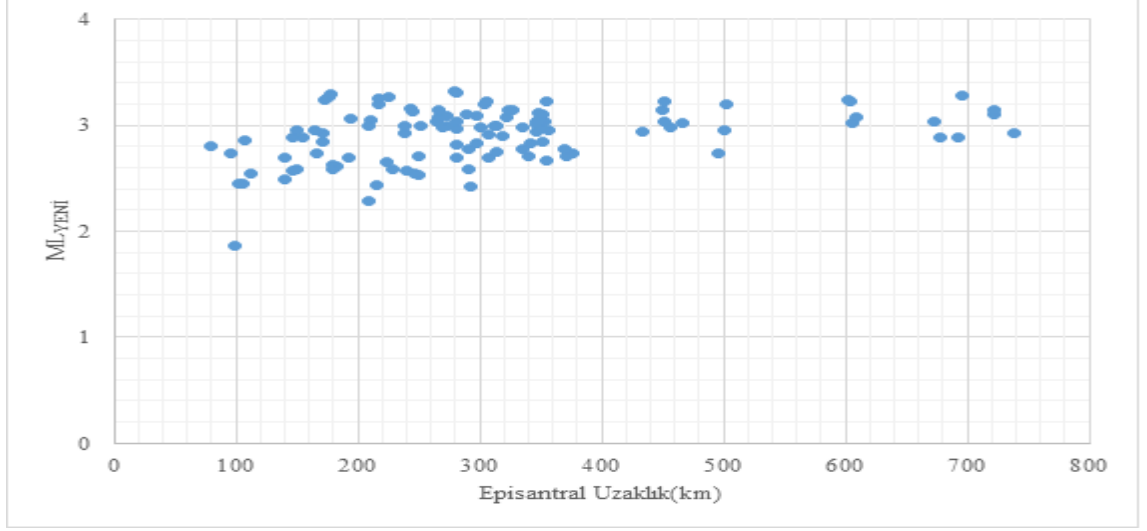
Şekil 6.35 Doğu Anadolu Bölgesi için ML_{YENI} - ML_{ESKI} karşılaştırma grafiği

Şekil 6.35’den ML_{YENI} - ML_{ESKI} arasındaki bağıntı görülmektedir.

Doğu Anadolu bölgesine düşen depremlerde *MAG2* alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.36’da verilmiştir. Şekil 6.37’de ise *MAG2* alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



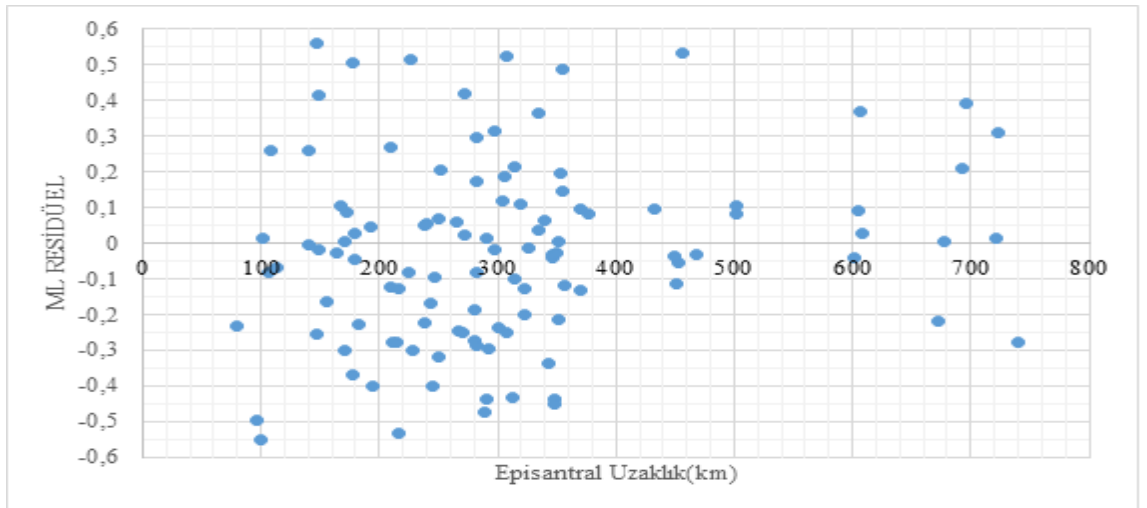
Şekil 6.36 Doğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.37 Doğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.36-şekil 6.37 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.38’de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalize edilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



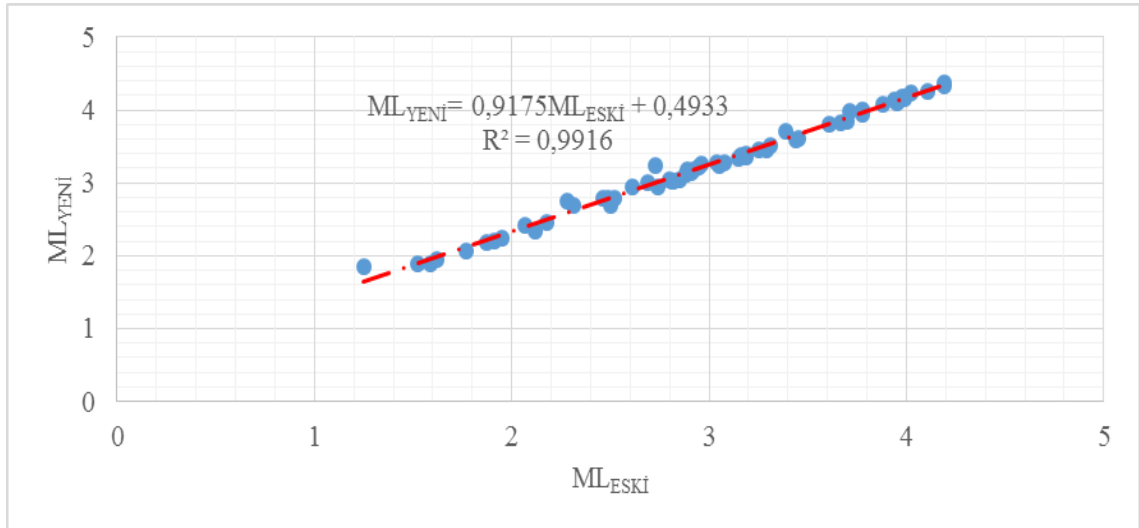
Şekil 6.38 Doğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalize edilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.38’de, daha önceki $ML_{ESKİ}$ büyüklüklerine -0.59 ile 0.58 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle $ML_{YENİ}$ büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında Ege Bölgesine düşen depremler için *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 62 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 136 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENİ} = \log A + 1.31224 \log(R) + 0.00073(R) - 2.37966 + S \quad (6.10)$$

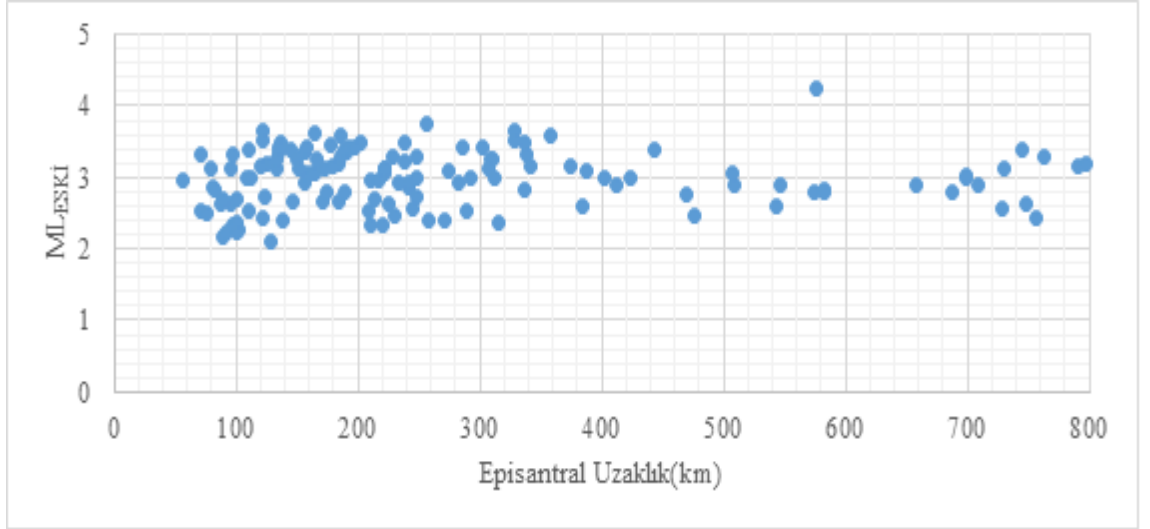
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.10)’da elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan $ML_{YENİ}$ büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKİ} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen $ML_{ESKİ}$ büyüklükleri Şekil 6.39’da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



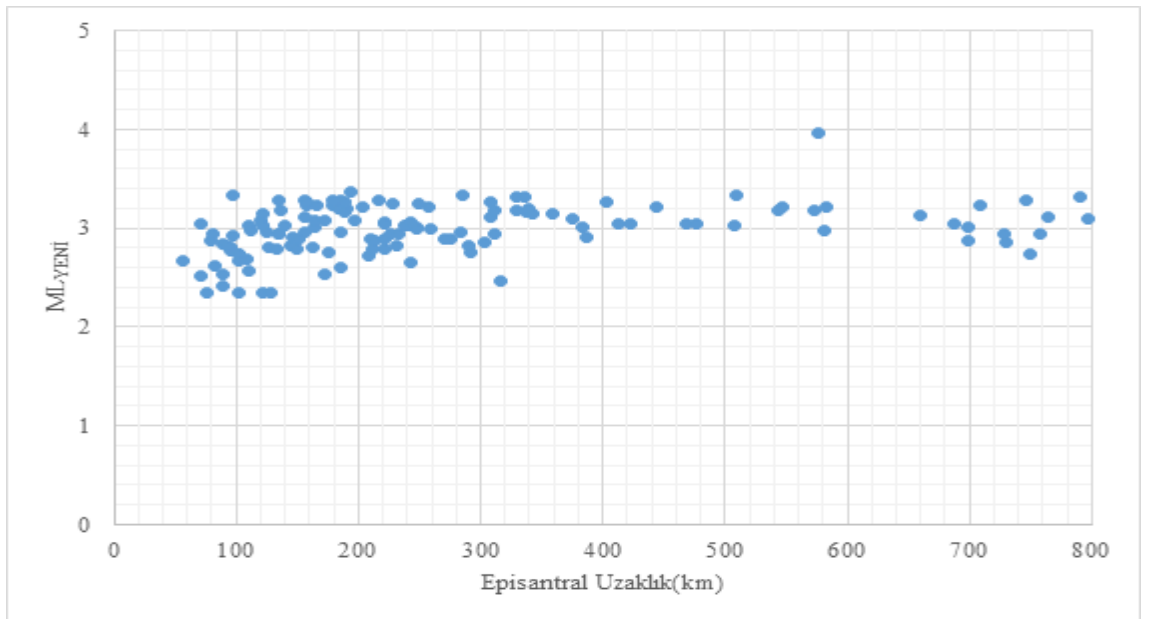
Şekil 6.39 Ege Bölgesi için $ML_{YENİ}$ - $ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği

Şekil 6.39’den $ML_{YENİ}$ - $ML_{ESKİ}$ arasındaki bağıntı görülmektedir.

Ege bölgesine düşen depremlerde *MAG2* alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.40'da verilmiştir. Şekil 6.41'de ise *MAG2* alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



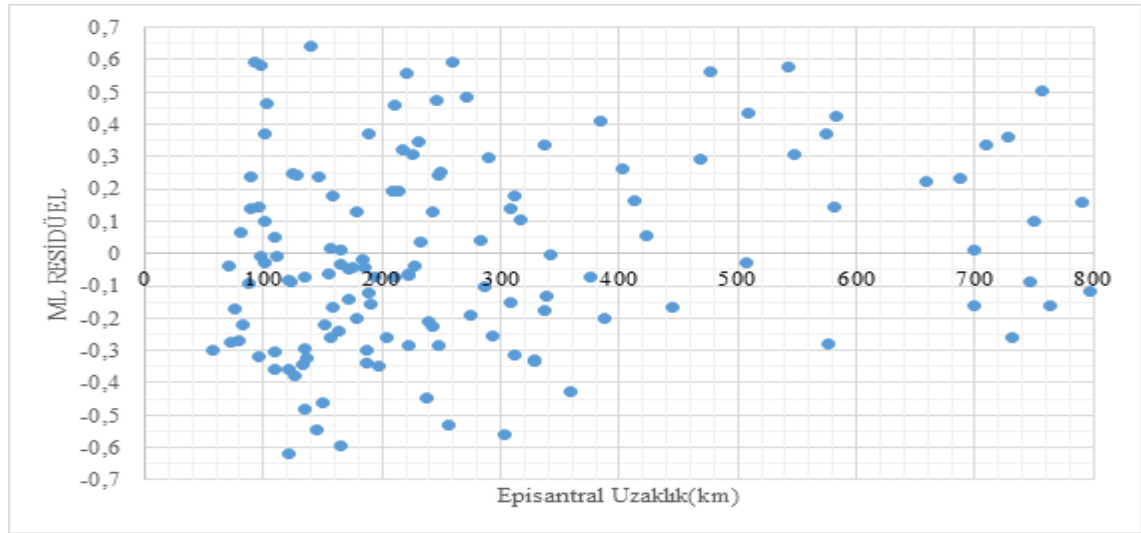
Şekil 6.40 Ege Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.41 Ege Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.40-şekil 6.41 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.42’de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



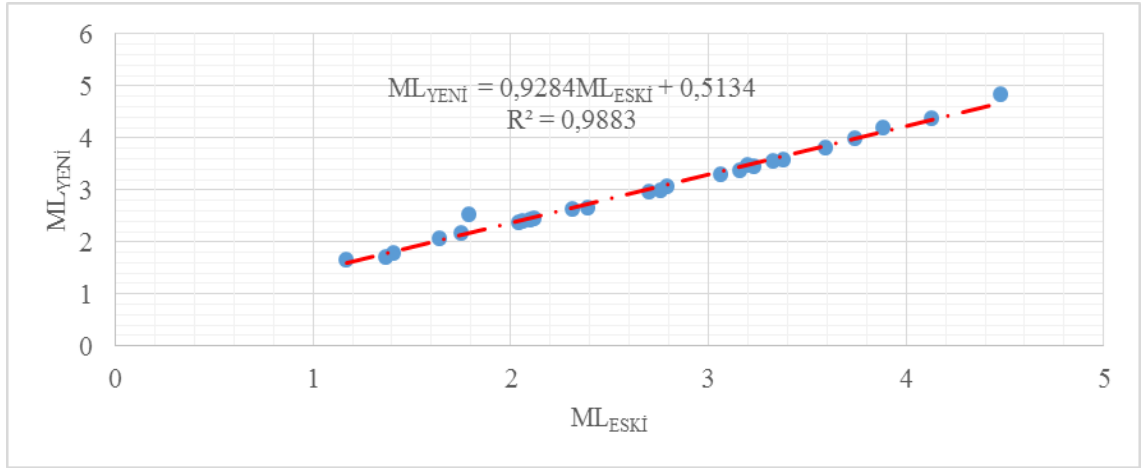
Şekil 6.42 Ege Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.42’de, daha önceki ML_{ESKI} büyüklüklerine -0.62 ile 0.65 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle ML_{YENI} büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında Güneydoğu Anadolu Bölgesine düşen depremler için $MAG2$ alt programı ile gerçekleştirilen ML kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 26 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 105 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni ML bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 0.85995 \log(R) + 0.00149(R) - 1.55089 + S \quad (6.11)$$

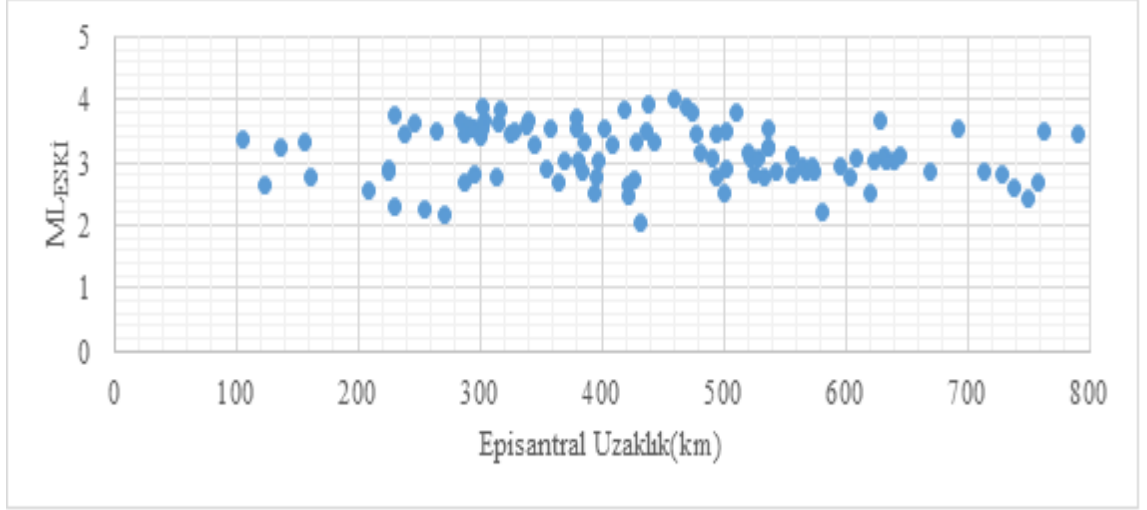
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.11)'de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.43'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



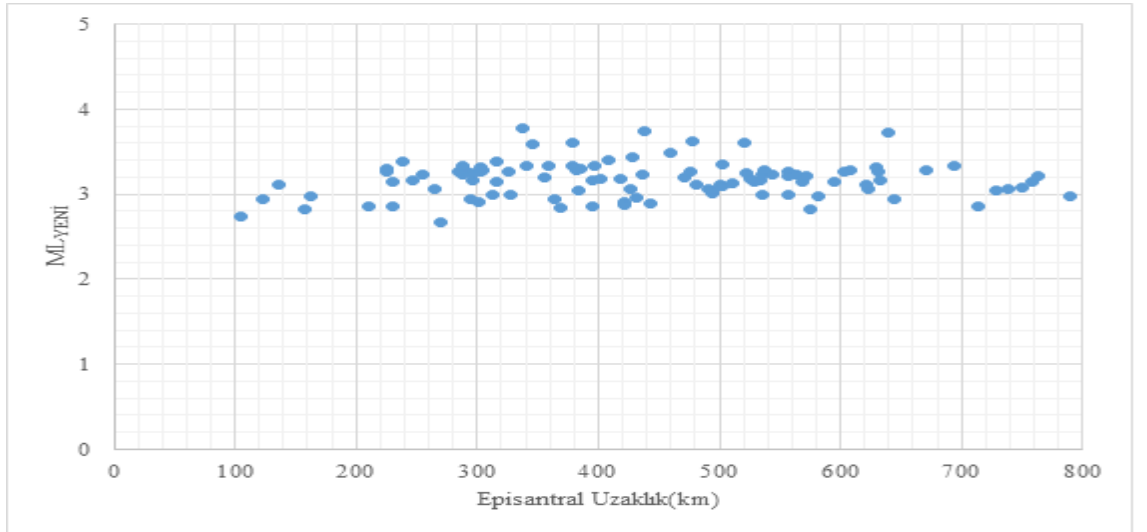
Şekil 6.43 Güneydoğu Anadolu Bölgesi için $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ karşılaştırma grafiği

Şekil 6.43'den $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ arasındaki bağıntı görülmektedir.

Güneydoğu Anadolu bölgesine düşen depremlerde MAG2 alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.44'de verilmiştir. Şekil 6.45'de ise MAG2 alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



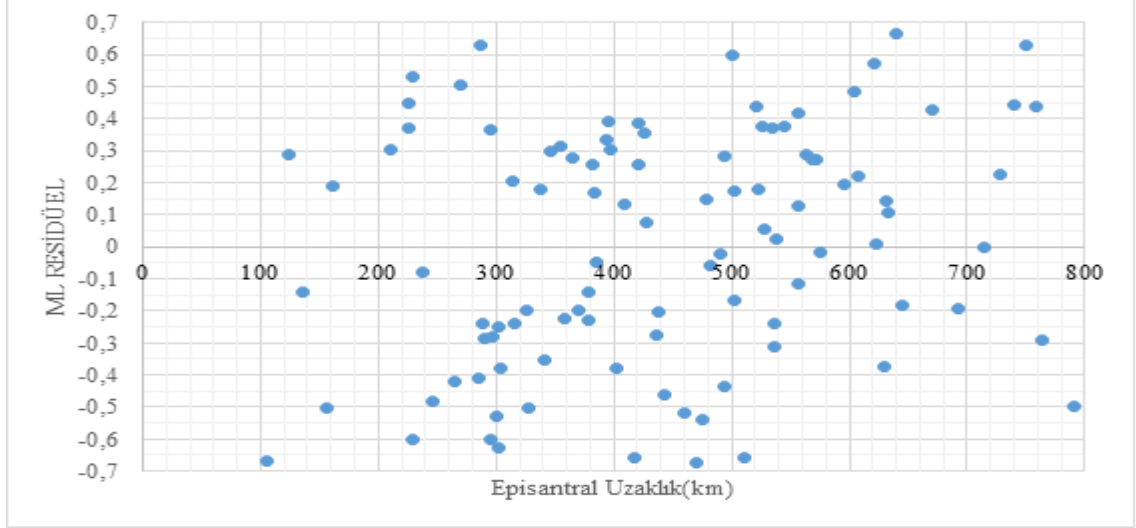
Şekil 6.44 Güneydoğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.45 Güneydoğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.44-şekil 6.45 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.46'da ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalize edilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



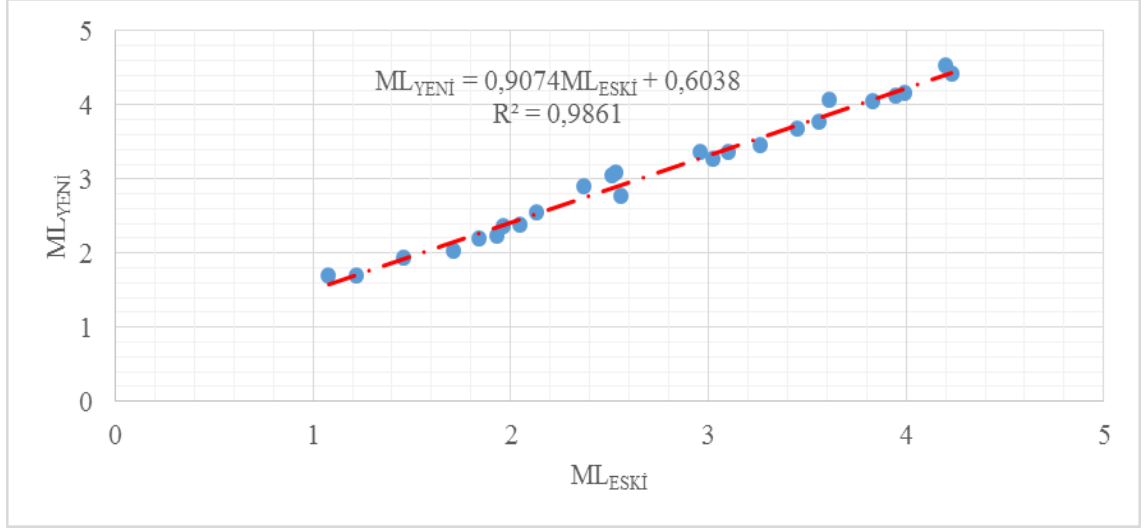
Şekil 6.46 Güneydoğu Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.46’da, daha önceki ML_{ESKI} büyüklüklerine -0.66 ile 0.68 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle ML_{YENI} büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında İç Anadolu Bölgesine düşen depremler için *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 25 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 166 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 1.33251 \log(R) + 0.00192(R) - 2.53864 + S \quad (6.12)$$

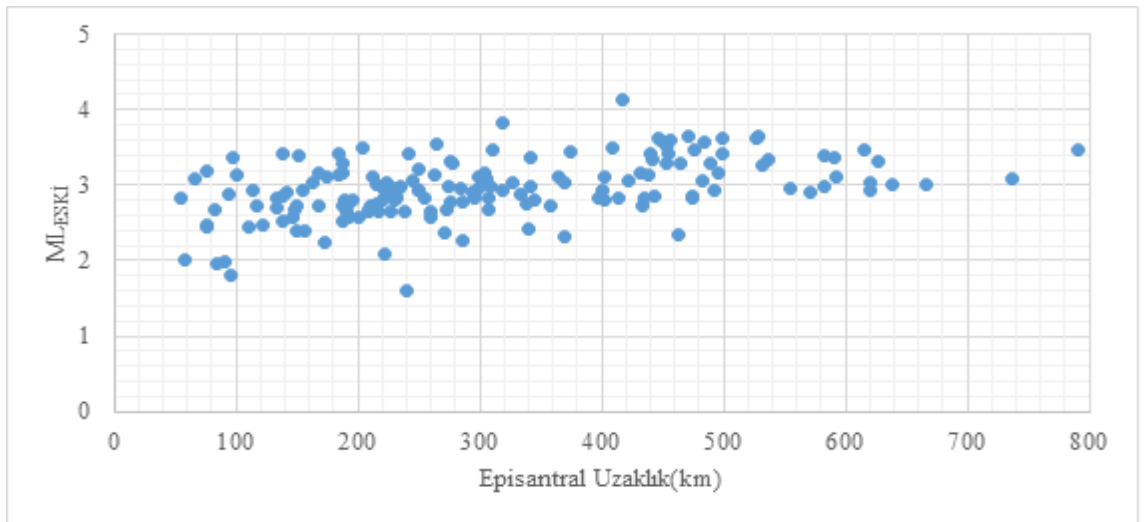
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.12)’de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.47’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



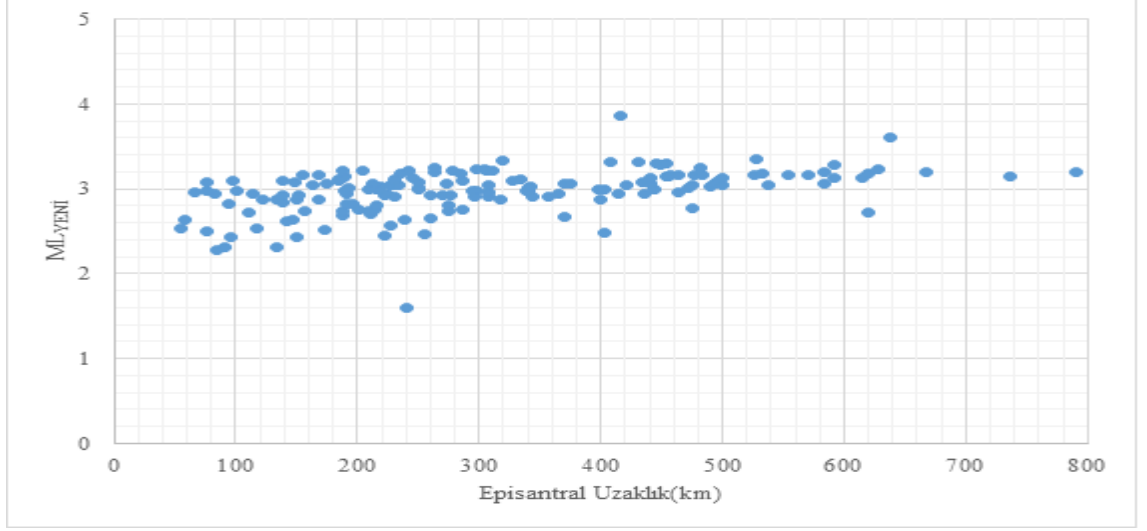
Şekil 6.47 İç Anadolu Bölgesi için ML_{YENI} - ML_{ESKI} karşılaştırma grafiği

Şekil 6.47' den ML_{YENI} - ML_{ESKI} arasındaki bağıntı görülmektedir.

İç Anadolu bölgesine düşen depremlerde *MAG2* alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.48'de verilmiştir. Şekil 6.49'da ise *MAG2* alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



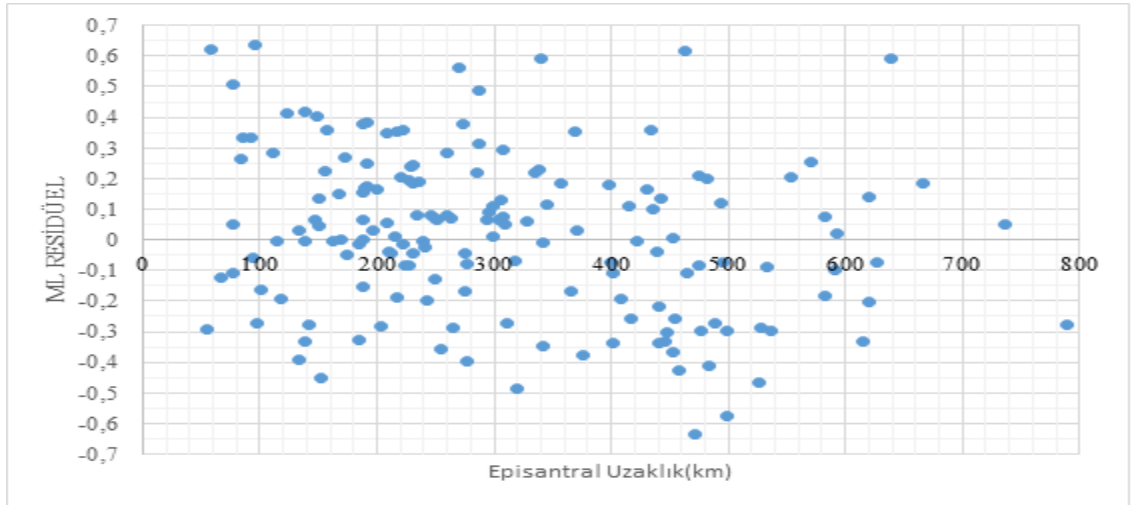
Şekil 6.48 İç Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.49 İç Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.48-şekil 6.49 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.50'de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



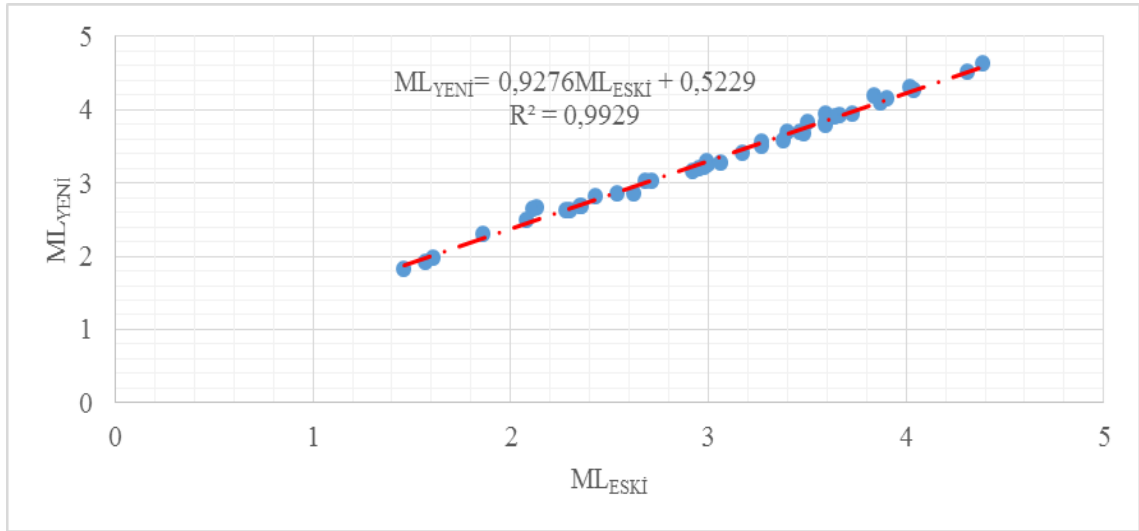
Şekil 6.50 İç Anadolu Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.50’de, daha önceki ML_{ESKI} büyüklüklerine -0.64 ile 0.65 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle ML_{YENI} büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında Karadeniz Bölgesine düşen depremler için *MAG2* alt programı ile gerçekleştirilen *ML* kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 43 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 163 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 1.49706 \log(R) + 0.00144(R) - 2.81958 + S \quad (6.13)$$

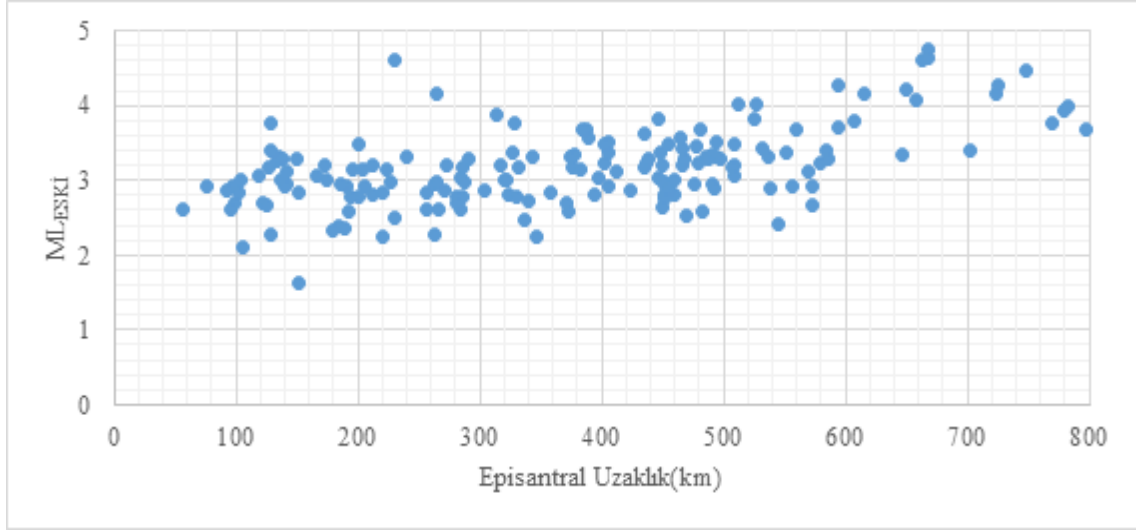
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.13) ‘de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.51’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



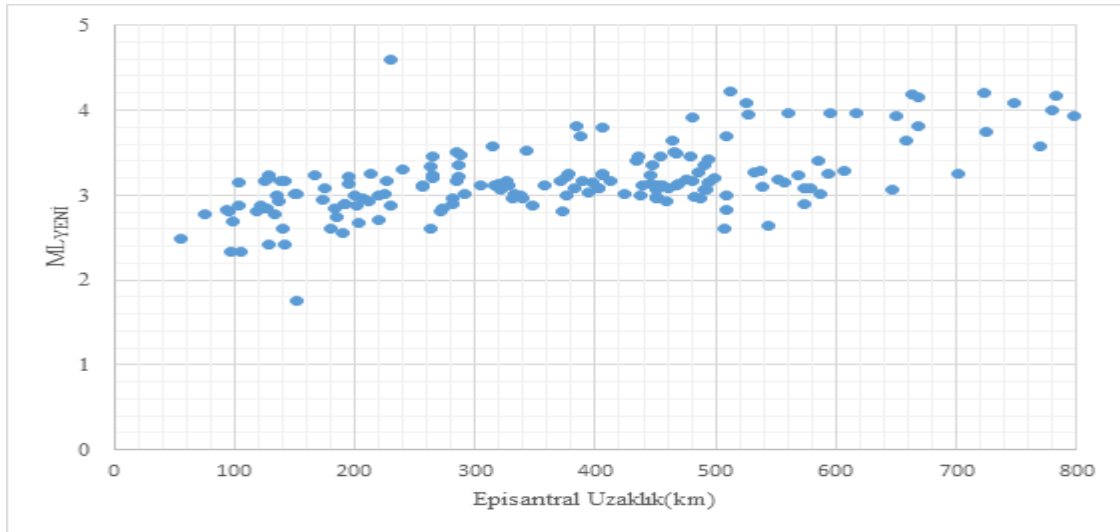
Şekil 6.51 Karadeniz Bölgesi için $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ karşılaştırma grafiği

Şekil 6.51’den $ML_{YENI}-ML_{ESKI}$ arasındaki bağıntı görülmektedir.

Karadeniz bölgesine düşen depremlerde *MAG2* alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.52’de verilmiştir. Şekil 6.53’de ise *MAG2* alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



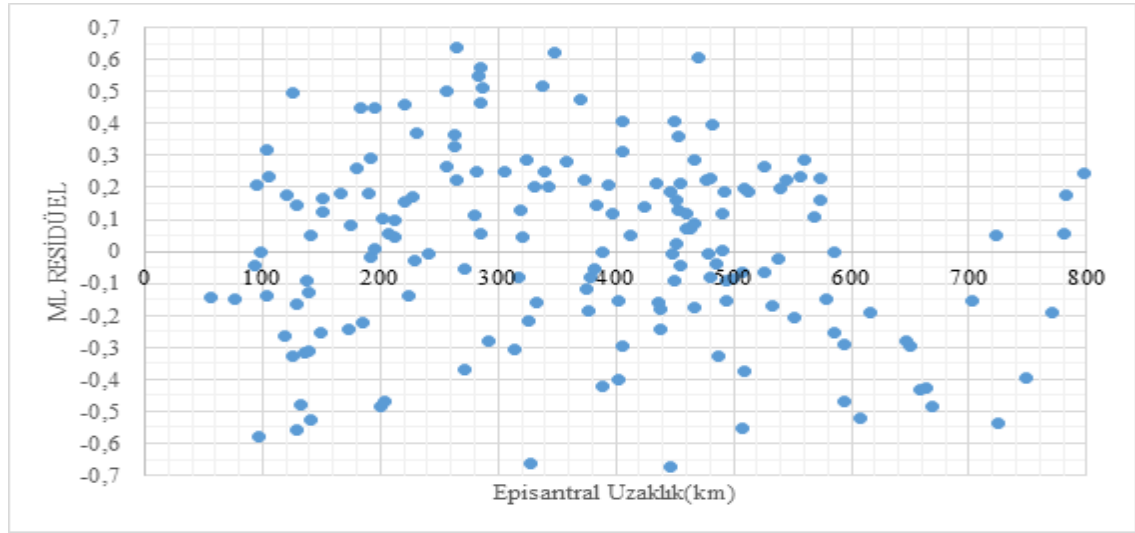
Şekil 6.52 Karadeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.53 Karadeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.52-şekil 6.53 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.54’de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



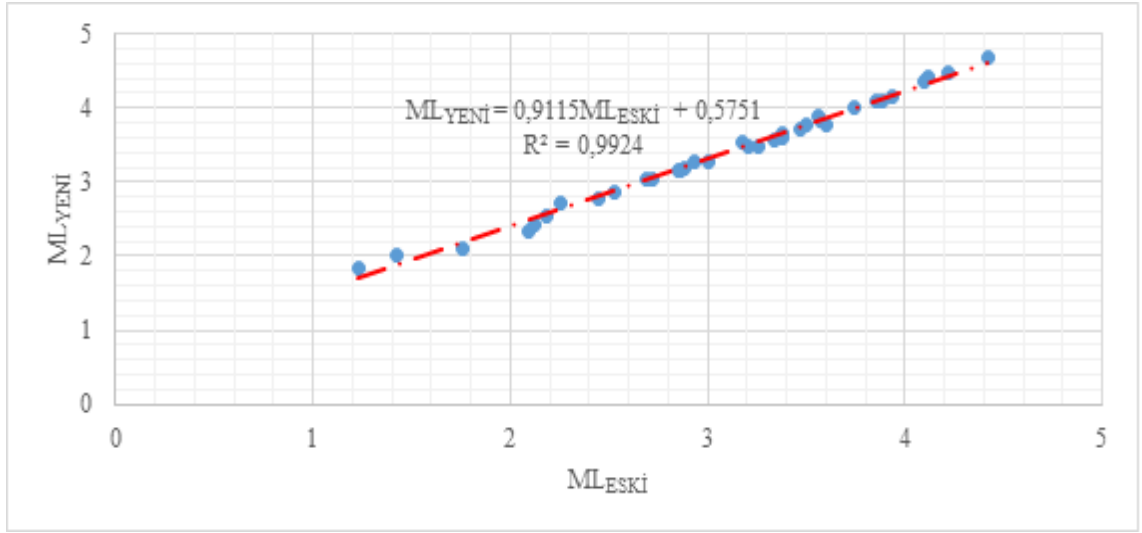
Şekil 6.54 Karadeniz Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.54’de, daha önceki $ML_{ESKİ}$ büyüklüklerine -0.69 ile 0.65 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle $ML_{YENİ}$ büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Oluşturulan veri tabanında Marmara Bölgesine düşen depremler için $MAG2$ alt programı ile gerçekleştirilen ML kalibrasyonunda, seçilen bölgeye düşen toplam 35 adet deprem ve bu depremleri kaydeden toplam 133 adet deprem istasyonu kullanılmıştır. Bu ters çözüm işlemi sonucunda yeni ML bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 0.89781 \log(R) + 0.00129(R) - 1.60631 + S \quad (6.14)$$

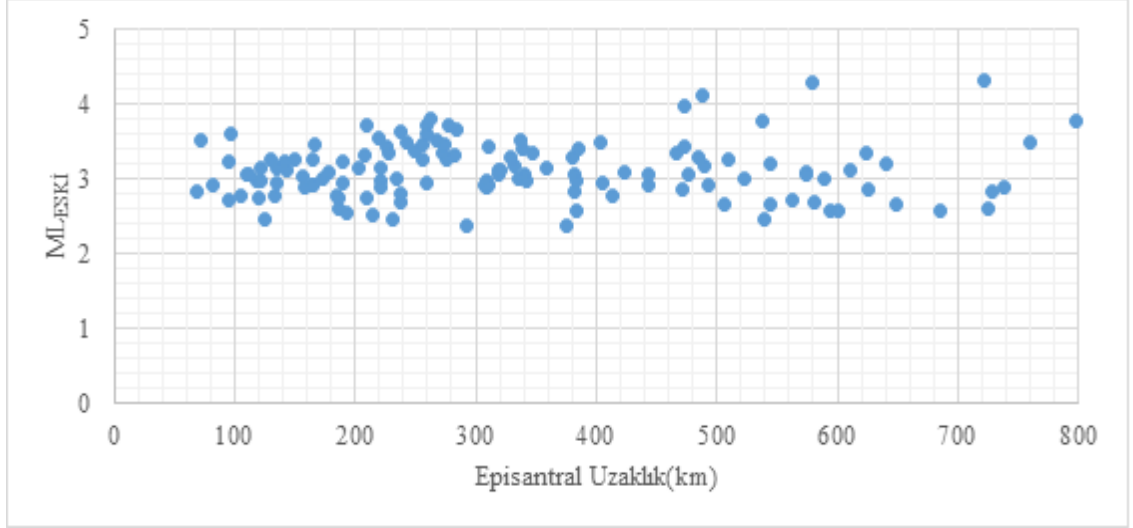
MAG2 alt programı ile eşitlik (6.14)'de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.55'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



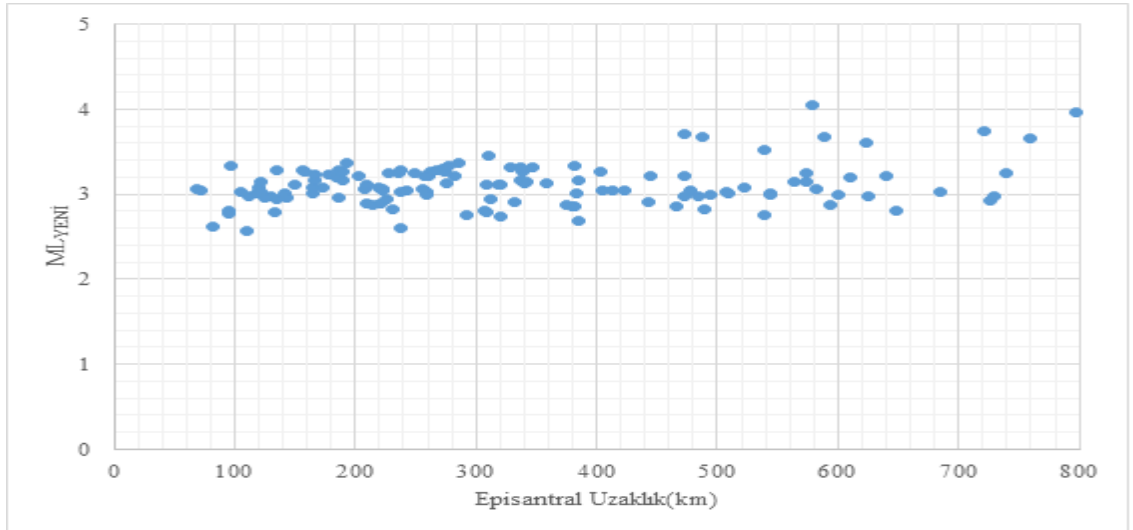
Şekil 6.55 Marmara Bölgesi için ML_{YENI} - ML_{ESKI} karşılaştırma grafiği

Şekil 6.55'den ML_{YENI} - ML_{ESKI} arasındaki bağıntı görülmektedir.

Marmara bölgesine düşen depremlerde MAG2 alt programı kullanılmadan önceki katsayılara göre hesaplanan ML_{ESKI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği şekil 6.56'da verilmiştir. Şekil 6.57'de ise MAG2 alt programı sonucunda bu bölge için elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklüklerine karşılık episantral uzaklık grafiği verilmiştir.



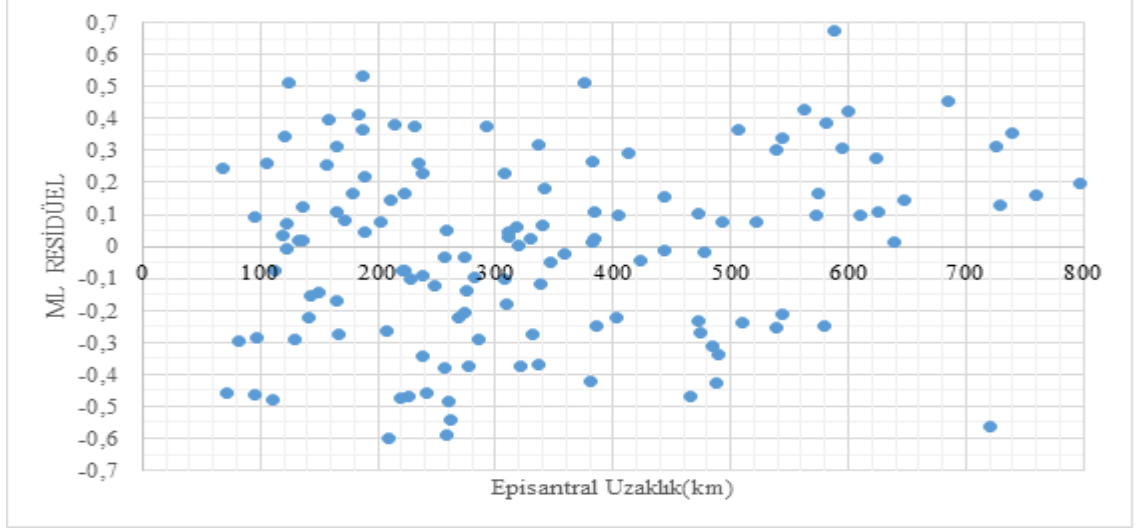
Şekil 6.56 Marmara Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm öncesi büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları



Şekil 6.57 Marmara Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Şekil 6.56-şekil 6.57 karşılaştırıldığında, ters çözüm sonucunda lokal büyüklüklerdeki saçılmaların azaldığı görülmektedir. Bu durum, yapılan ters çözüm işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Şekil 6.58'de ise bu bölgeye düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalize edilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi verilmiştir.



Şekil 6.58 Marmara Bölgesine düşen depremlerin ters çözüm sonrası ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Şekil 6.58’de, daha önceki $ML_{ESKİ}$ büyüklüklerine -0.60 ile 0.68 arasında değişen düzeltme katsayılarının eklenmesiyle $ML_{YENİ}$ büyüklüklerinin elde edilebileceği görülmektedir. Ters çözüm sonucu elde edilen bu yeni lokal büyüklüklerde daha tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır.

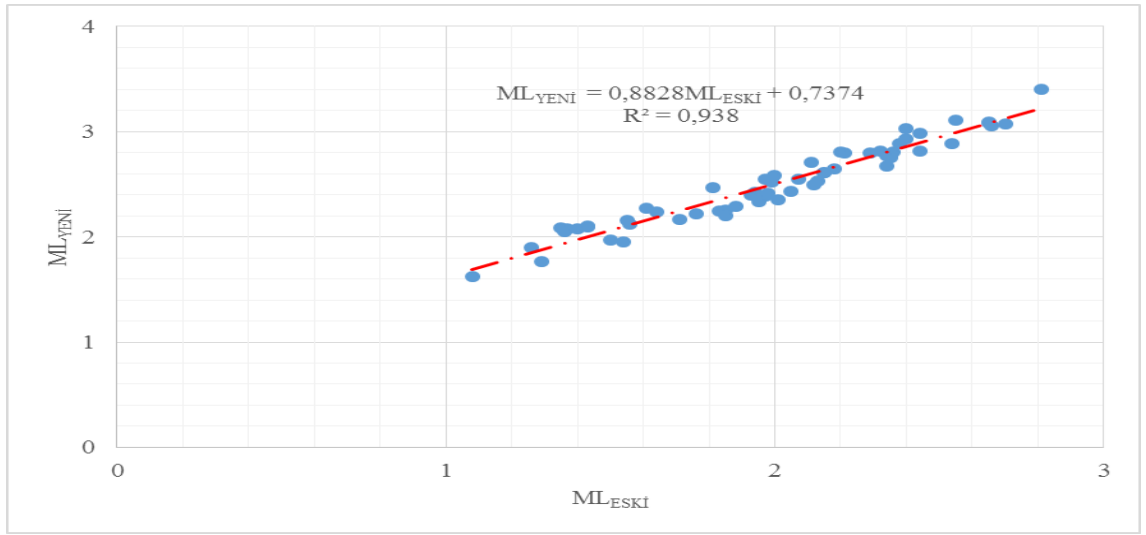
Türkiye genelini kapsayan ve AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Kayıt Ağına düşen ($1.0 \leq ML \leq 3.0$) toplam 59 adet deprem ve ($3.0 \leq ML \leq 6.5$) toplam 215 adet deprem için *MAG2* alt programı kullanılarak *ML* kalibrasyonları ayrı ayrı çıkarılmıştır.

Son olarak ise AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Kayıt Ağına düşen ($1 \leq ML \leq 6.5$) toplam 263 adet deprem için *MAG2* alt programı kullanılarak *ML* kalibrasyonu çıkarılmıştır.

Türkiye genelini kapsayan ve AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Kayıt Ağına düşen ($1 \leq ML \leq 3.0$) toplam 59 adet deprem ve bu depremleri kaydeden 133 adet deprem istasyonu kullanılarak *MAG2* alt programı ile yapılan *ML* kalibrasyonunda elde edilen yeni *ML* bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 1.79047 \log(R) + 0.00040(R) - 3.30249 + S \quad (6.15)$$

MAG2 alt programı ile eşitlik (6.15)'de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen ML_{ESKI} büyüklükleri şekil 6.59'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 6.59 Türkiye geneline düşen ($1 \leq ML \leq 3.0$) ML_{YENI} - ML_{ESKI} karşılaştırma grafiği

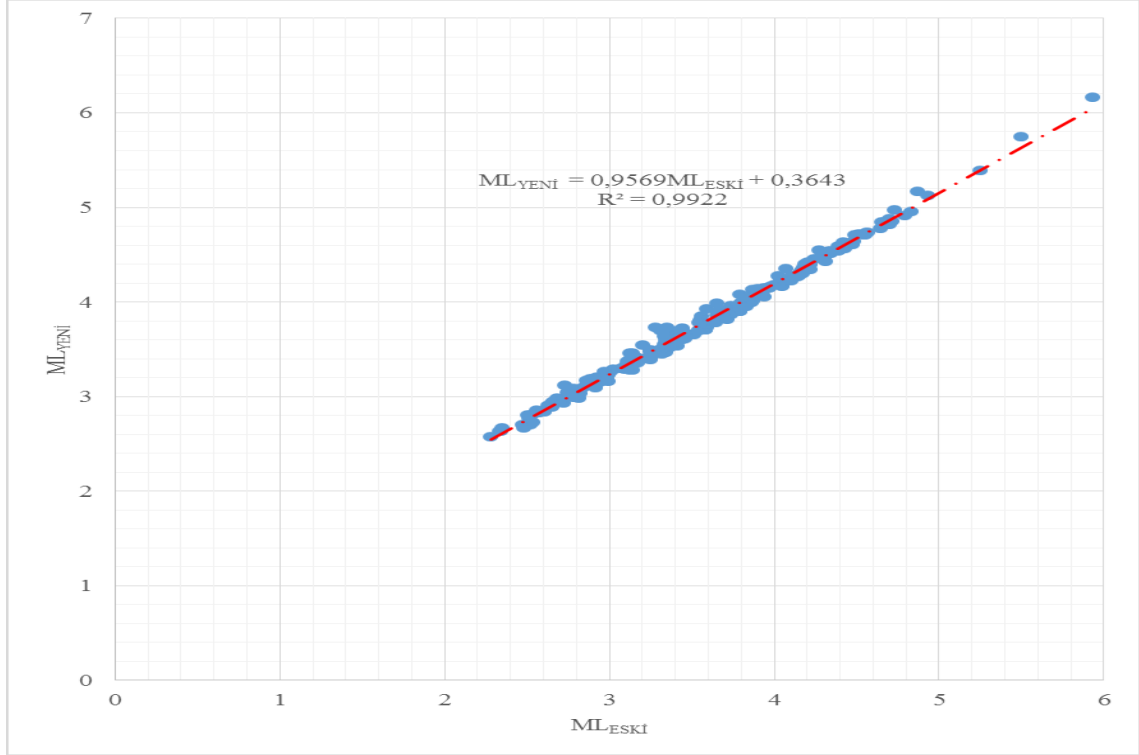
Şekil 6.59'dan ML_{YENI} - ML_{ESKI} arasındaki bağıntı görülmektedir.

Türkiye genelini kapsayan ve AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Kayıt Ağına düşen ($3.0 \leq ML \leq 6.5$) toplam 215 adet deprem ve bu depremleri kaydeden 216 adet deprem istasyonu kullanılarak MAG2 alt programı ile yapılan ML kalibrasyonunda elde edilen yeni ML bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENI} = \log A + 1.05321 \log(R) + 0.00183(R) - 1.97134 + S \quad (6.16)$$

MAG2 alt programı ile eşitlik (6.16)'de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan ML_{YENI} büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKI} = \log(A) + 1.11 \log(R) +$

$0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen $ML_{ESKİ}$ büyüklükleri şekil 6.60'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

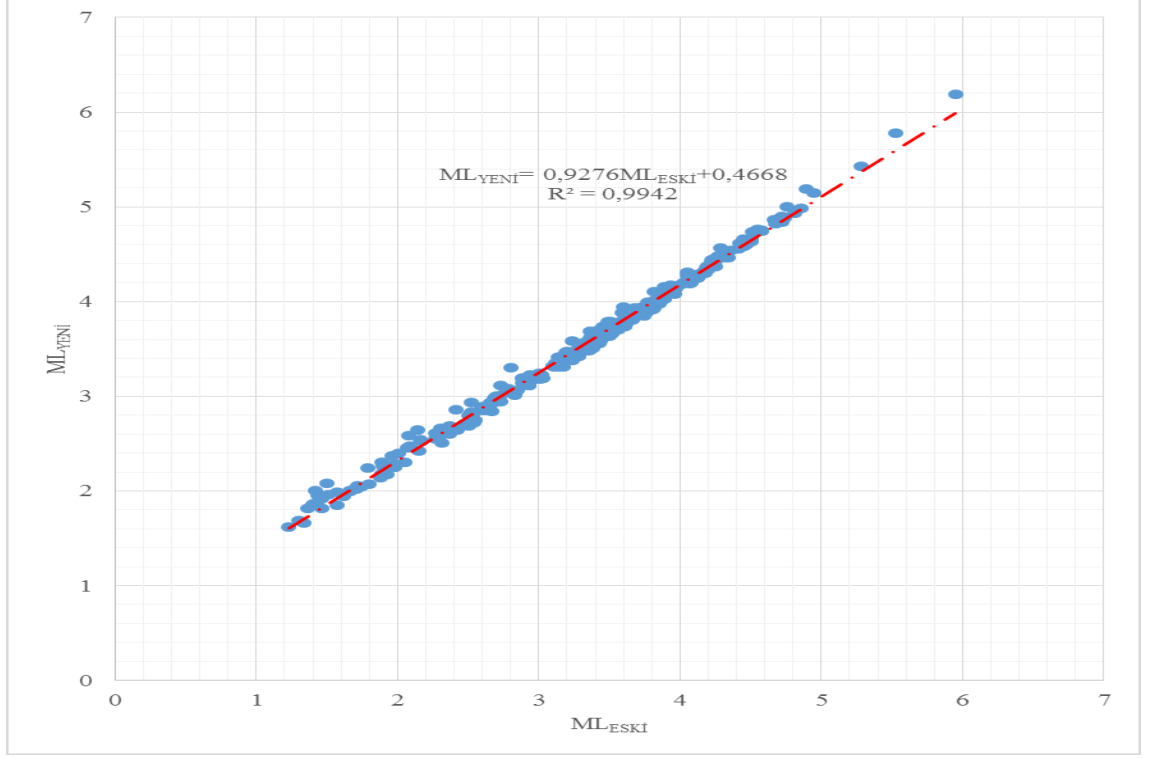


Şekil 6.60 Türkiye geneline düşen ($3.0 \leq ML \leq 6.5$) $ML_{YENİ}-ML_{ESKİ}$ karşılaştırma grafiği

Türkiye genelini kapsayan ve AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Kayıt Ağına düşen ($1.0 \leq ML \leq 6.5$) toplam 263 adet deprem ve bu depremleri kaydeden 216 adet deprem istasyonu kullanılarak MAG2 alt programı ile yapılan ML kalibrasyonunda elde edilen yeni ML bağıntısı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$ML_{YENİ} = \log A + 1.15650 \log(R) + 0.00170(R) - 2.16534 + S \quad (6.17)$$

MAG2 alt programı ile eşitlik (6.17)'de elde edilen yeni katsayılara göre hesaplanan $ML_{YENİ}$ büyüklükleri ve ters çözüm öncesi kullanılan $ML_{ESKİ} = \log(A) + 1.11 \log(R) + 0.00189(R) - 2.09$ göre elde edilen $ML_{ESKİ}$ büyüklükleri şekil 6.61'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



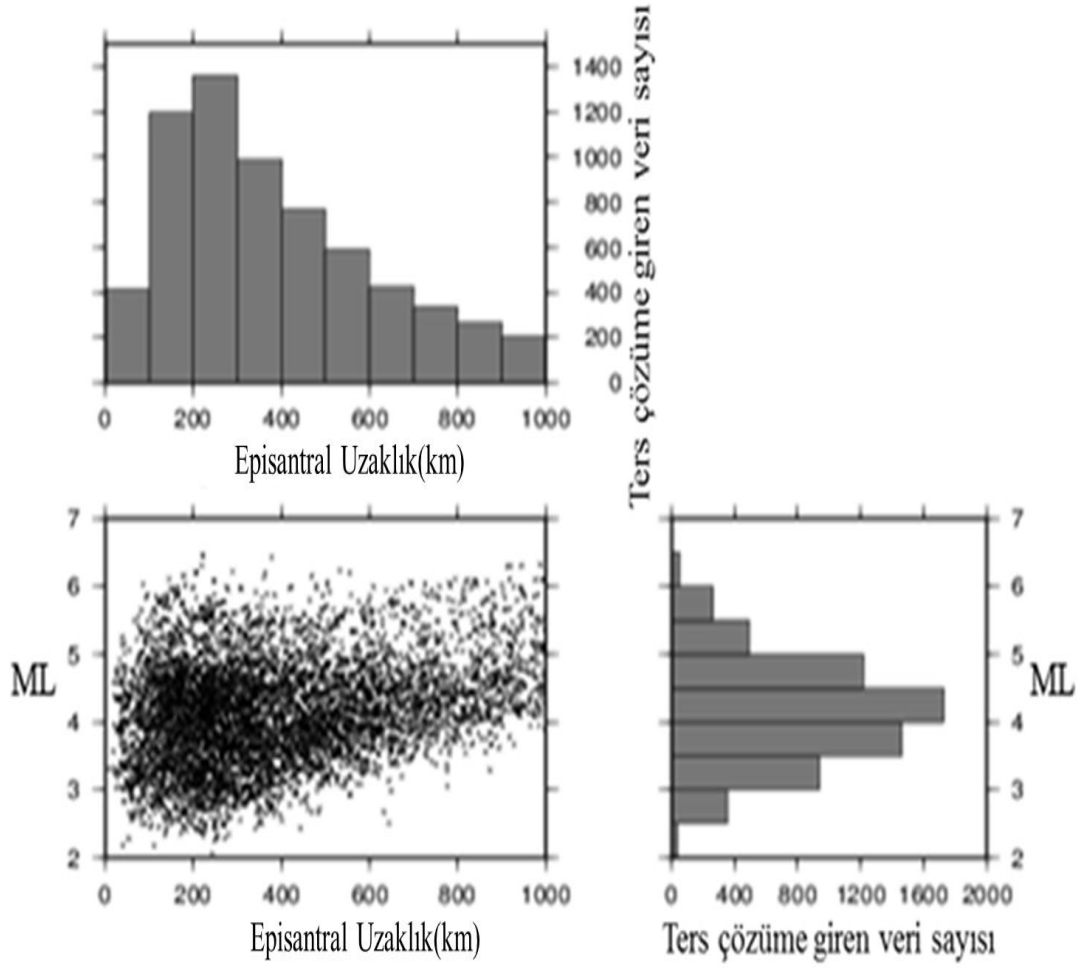
Şekil 6.61 Türkiye geneline düşen ($1.0 \leq ML \leq 6.5$) $ML_{YENI} - ML_{ESKI}$ karşılaştırma grafiği

Çizelge 6.1 Farklı *ML* ölçeklerinin verdikleri ortalama standart sapma değerleri

Model	Ortalama Standart Sapma
Bakun ve Joyner (1984)	0.3334
Hutton ve Boore (1987)	0.2686
Batı-alt bölgesi	0.2283
Batı-üst bölgesi	0.2462
Doğu-alt bölgesi	0.2832
Doğu-üst bölgesi	0.2531
Orta Anadolu	0.2984
Ege denizi	0.2180
Akdeniz	0.2881
Ege Bölgesi	0.3040
Akdeniz Bölgesi	0.2630
Doğu Anadolu Bölgesi	0.2841
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	0.2633
İç Anadolu Bölgesi	0.2931
Karadeniz Bölgesi	0.2129
Marmara Bölgesi	0.2889
Tüm Türkiye $1 \leq ML \leq 3.0$	0.2032
Tüm Türkiye $3 \leq ML \leq 6.5$	0.2018
Tüm Türkiye $1 \leq ML \leq 6.5$	0.1931

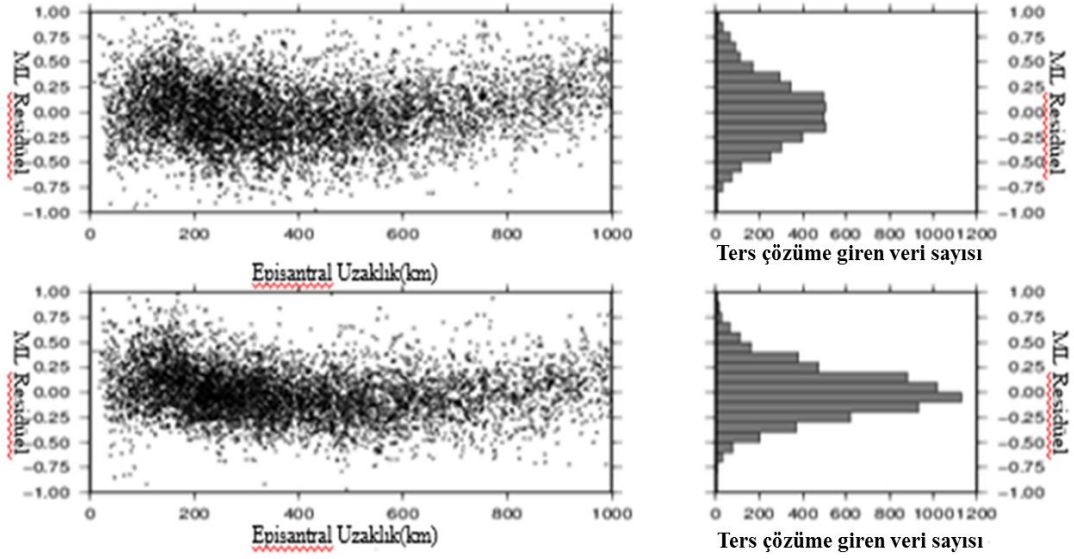
Çizelge 6.1'den görüleceği üzere, istasyonlarda hesaplanan büyüklüklerin ortalama standart sapması bu çalışmada elde edilen modellerle birlikte istasyon düzeltmeleri kullanıldığında en aza inmektedir; bu durum, üretilen modelin Türkiye geneli için uygunluğunun bir göstergesidir.

Tüm Türkiye geneli için yapılan *ML* kalibrasyonu çalışmasında kullanılan depremlerin büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları şekil 6.62'de verilmiştir.



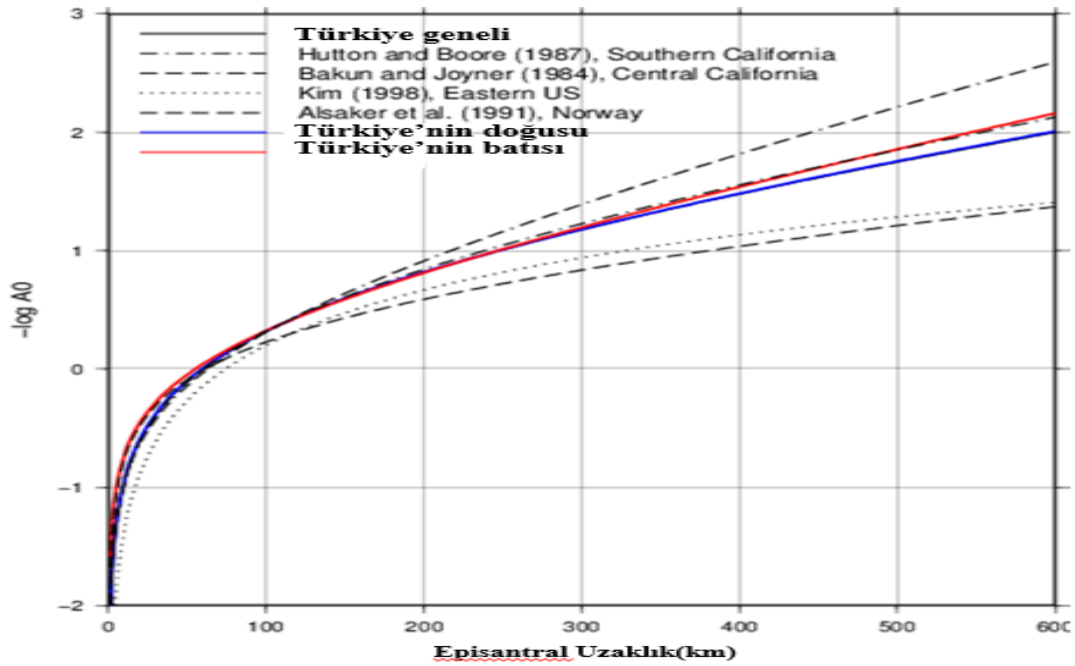
Şekil 6.62 Türkiye geneline düşen ($1.0 \leq ML \leq 6.5$) depremlerin büyüklük ve episantral uzaklıklarına göre dağılımları

Tüm Türkiye geneli için yapılan ML kalibrasyonu çalışmasında kullanılan depremlerin ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla ilişkisini Şekil 6.63 'de verilmiştir.



Şekil 6.63 Türkiye geneline düşen ($1.0 \leq ML \leq 6.5$) depremlerin ortalama büyüklüğe göre normalleştirilmiş büyüklük residüellerinin episantral uzaklıkla değişimi

Türkiye geneli, Türkiye' nin doğusu ve batısı için elde edilen ML düzeltme terimi (Richter Q_d) $-\log A_0$ ' ın dünyadaki diğer ölçeklerle karşılaştırılması Şekil 6.64' de verilmiştir.



Şekil 6.64 Türkiye geneli, Türkiye' nin doğusu ve batısı için elde edilen ML düzeltme terimi (Richter Q_d) $-\log A_0$ ' ın dünyadaki diğer ölçeklerle karşılaştırılması

6.2 Optimum Soğurulma Parametrelerinin Yinelemeli Olarak Belirlenmesi

Soğurulma parametrelerinin (Q_0 , $qalpha$ ve $kappa$) belirlenmesi için ilk olarak Optimum Soğurulma Parametrelerinin Yinelemeli Olarak Belirlenmesi yöntemine başvurulmuştur. Bu bağlamda *SEISAN10.1* programı içerisindeki *AUTOMAG* alt programı kullanılmıştır. Bu çalışma yapılırken Türkiye geneli öncelikle tektonik özelliklere göre 7 tane farklı bölgeye ayrılmıştır. Bu ayrımın nasıl gerçekleştirildiği tezin materyal ve yöntem kısmında ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Daha sonra ise tüm Türkiye geneli için aynı çalışma tekrar edilmiştir. *AUTOMAG* alt programı ile gerçekleştirilen ters çözüm sonucunda Q_0 soğurulma parametresi için Çizelge 6.2'deki parametreler kullanılmıştır. Sonuç olarak optimum Q_0 değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 6.2 *AUTOMAG* alt programı yardımıyla optimum Q_0 soğurulma parametresi belirlenirken kullanılan parametreler

BÖLGE	DEPREM SAYISI	İSTASYON SAYISI	Q_0 ARALIĞI	İTERASYON	OPTİMUM Q_0
Akdeniz	43	163	200-210	3	200
Doğu Anadolu	55	113	165-180	3	180
Ege	62	136	125-135	3	125
Güneydoğu	26	105	180-190	3	190
İç Anadolu	25	166	130-140	3	140
Karadeniz	43	163	170-200	3	185
Marmara	43	133	145-155	3	150
Türkiye geneli	263	216	205-225	5	210

AUTOMAG alt programı ile gerçekleştirilen ters çözüm sonucunda Q_0 soğurulma parametresi için Çizelge 6.3'deki parametreler kullanılmıştır. Sonuç olarak optimum $qalpha$ değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 6.3 *AUTOMAG* alt programı yardımıyla optimum q_{α} soğrulma parametresi belirlenirken kullanılan parametreler

BÖLGE	DEPREM SAYISI	İSTASYON SAYISI	q_{α} ARALIĞI	İTERASYON	OPTİMUM q_{α}
Akdeniz	43	163	0.22-0.24	3	0.24
Doğu Anadolu	55	113	0.32-0.34	3	0.34
Ege	62	136	0.24-0.28	3	0.28
Güneydoğu	26	105	0.30-0.34	3	0.32
İç Anadolu	25	166	0.42-0.46	3	0.46
Karadeniz	43	163	0.46-0.50	3	0.48
Marmara	43	133	0.44-0.48	3	0.48
Türkiye geneli	263	216	0.42-0.50	5	0.50

AUTOMAG alt programı ile gerçekleştirilen ters çözüm sonucunda Q_0 soğrulma parametresi için Çizelge 6.4'deki parametreler kullanılmıştır. Sonuç olarak optimum k_{α} değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 6.4 *AUTOMAG* alt programı yardımıyla optimum k_{α} soğrulma parametresi belirlenirken kullanılan parametreler

BÖLGE	DEPREM SAYISI	İSTASYON SAYISI	k_{α} ARALIĞI	İTERASYON	OPTİMUM k_{α}
Akdeniz	43	163	0.02-0.04	3	0.03
Doğu Anadolu	55	113	0.02-0.04	3	0.02
Ege	62	136	0.02-0.04	3	0.03
Güneydoğu	26	105	0.02-0.04	3	0.03
İç Anadolu	25	166	0.02-0.04	3	0.02
Karadeniz	43	163	0.02-0.04	3	0.02
Marmara	43	133	0.02-0.04	3	0.03
Türkiye geneli	263	216	0.01-0.05	5	0.03

Çizelge 6.5 Q_0 , $qalpha$, $kappa$ soğrulma parametrelerinin farklı modellere göre (Brune, 1970) spektrumuna uyumları

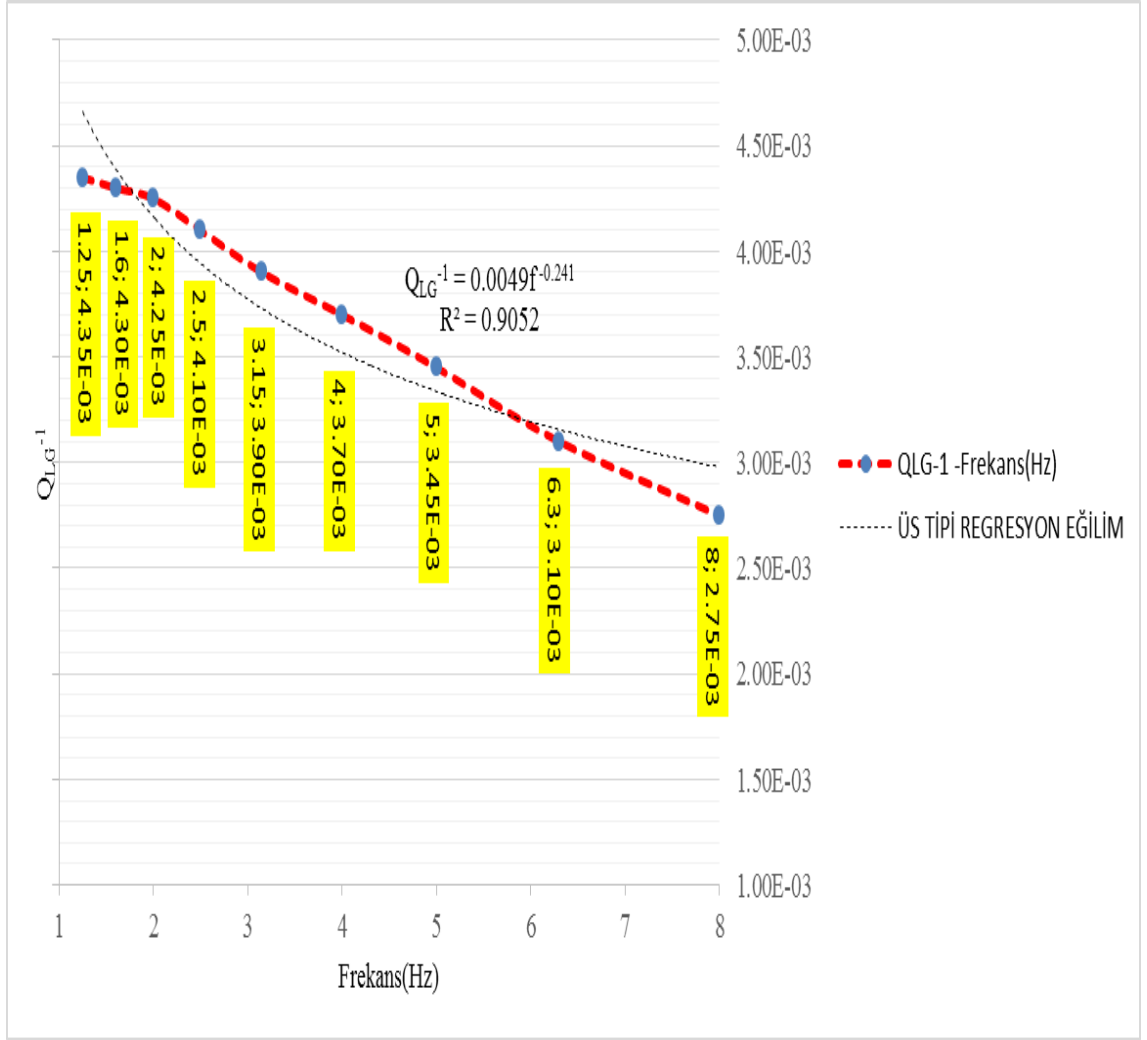
Model	(Brune, 1970) Spektrumuna Uyumu
Ege Bölgesi	0.399
Akdeniz Bölgesi	0.380
Doğu Anadolu Bölgesi	0.396
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	0.383
İç Anadolu Bölgesi	0.361
Karadeniz Bölgesi	0.360
Marmara Bölgesi	0.361
Tüm Türkiye $3 \leq ML \leq 6.5$	0.363

6.3. Optimum Soğrulma Parametrelerinin Q_{LG} Yöntemi ile Belirlenmesi

Soğrulma parametrelerinin belirlenmesi için ikincil olarak Q_{LG} yöntemi benimsenmiştir. Bu yöntemin ana hedefi soğrulma parametrelerinin (Q_0 , $alpha$, $kappa$) belirlenmesi değildir. Bu yöntemin asıl hedefi moment büyüklüğünün spektrum yöntemi ile hesaplanması için bu parametrelerin sağlıklı olarak belirlenmesidir. Bu nedenle Türkiye genelinde 7 adet farklı bölgede ortalama kalite faktörü, Q 'nun, rasyonel ve hızlı bir yöntemle hesaplanması için Lg dalgalarının ters dönüşümü metodu olan Q_{LG} benimsenmiştir. Bu ayırımın nasıl gerçekleştirildiği tezin materyal ve yöntem kısmında ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Bu çalışma sırasıyla aşağıdaki izleyen şekilde gerçekleştirilmiştir.

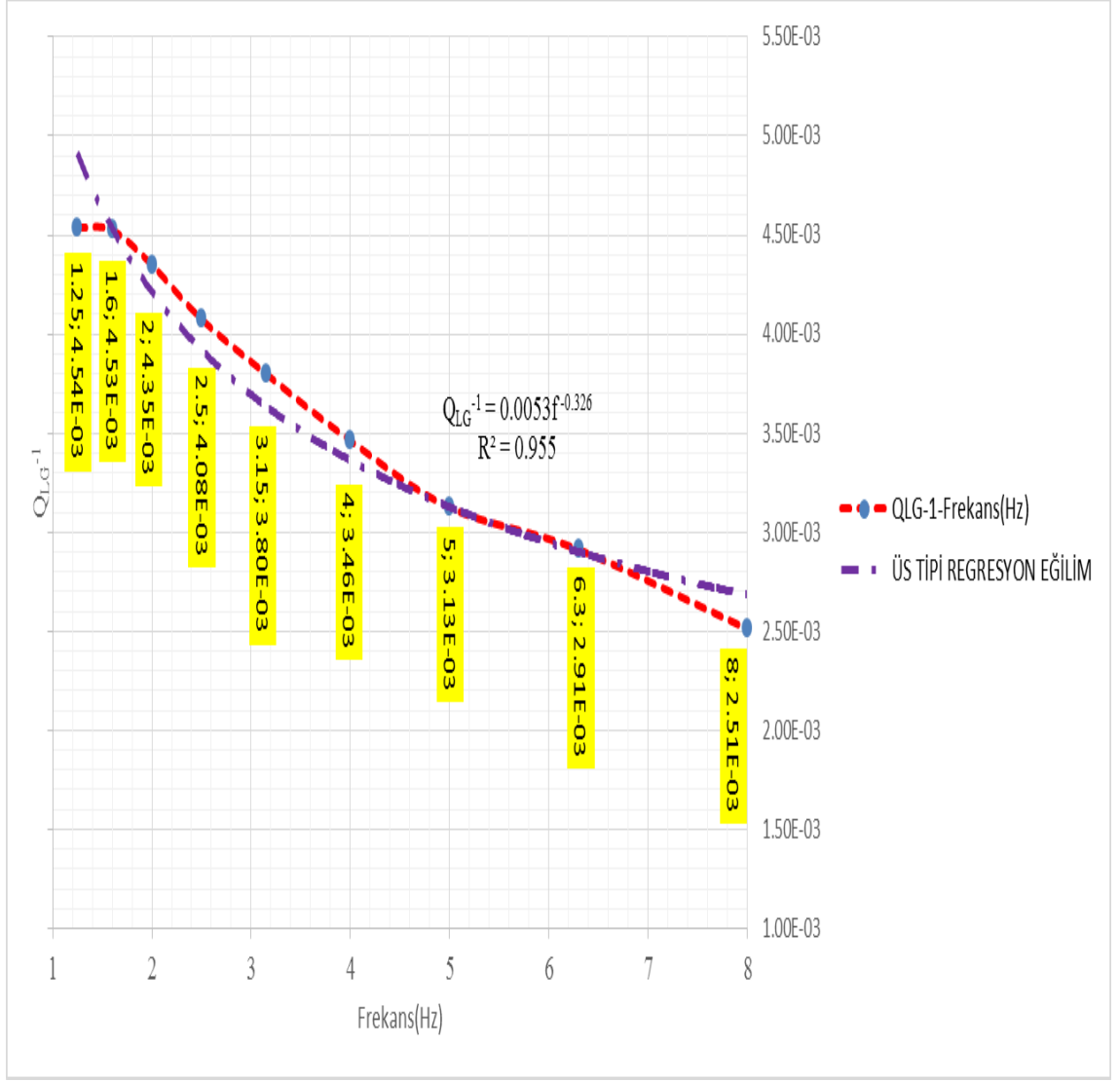
İlk olarak Akdeniz Bölgesi için Q_{LG} alt programı kullanılarak 1,25-8Hz aralığında 9 adet farklı frekans (1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0) kullanılmış, episantral uzaklık 200-800 km aralığında seçilmiştir. Bu kriterlere göre bu bölgeye düşen toplam 43 adet deprem ve bu depremleri bu kriterlere göre kaydeden 135 adet deprem istasyonu her frekans için ayrı ayrı ters çözüm işlemine tabi tutulmuştur ve 559 dalga izi vermiştir. Yukarıdaki gibi seçilen 9 adet ayrık frekans için elde edilen Q_{LG}^{-1} değerleri şekil 6.65'de verilmiştir. Elde edilen bu değerlerden üs tipi regresyon eğilim çizgisi geçirilerek Q_0 , $qalpha$ ve $kappa$ değerleri elde edilmiştir ve şekil 6.65' de belirtilmiştir.



Şekil 6.65 Akdeniz Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği

Bu grafikten elde edilen Q_0 değeri: 204, $qalpa$ değeri: 0.241, $kappa$ değeri 0.03' tür.

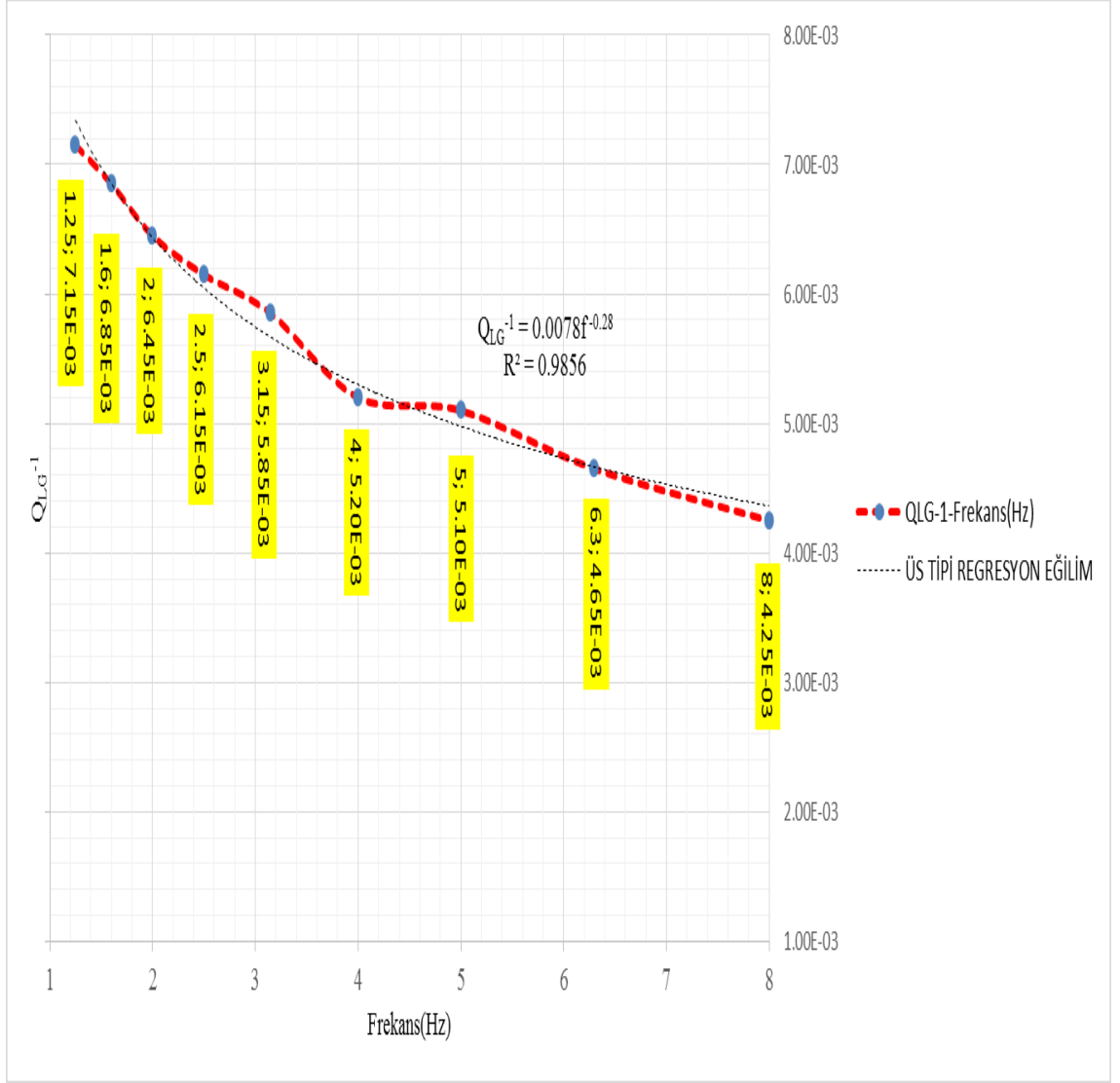
Doğu Anadolu Bölgesi için Q_{LG} alt programı kullanılarak 1,25-8Hz aralığında 9 adet farklı frekans (1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0) kullanılmış, episantral uzaklık 200-800 km aralığında seçilmiştir. Bu kriterlere göre bu bölgeye düşen toplam 55 adet deprem ve bu depremleri bu kriterlere göre kaydeden 113 adet deprem istasyonu her frekans için ayrı ayrı ters çözüm işlemine tabi tutulmuştur ve 416 dalga izi vermiştir. Yukarıdaki gibi seçilen 9 adet ayrık frekans için elde edilen Q_{LG}^{-1} değerleri şekil 6.66'da verilmiştir. Elde edilen değerlerden üs tipi regresyon eğilim çizgisi geçirilerek Q_0 , $qalpa$ ve $kappa$ değerleri elde edilmiştir ve şekil 6.66'da belirtilmiştir.



Şekil 6.66 Doğu Anadolu Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği

Bu grafikten elde edilen Q_0 değeri: 185, q değeri: 0.339, k değeri 0.02' dir.

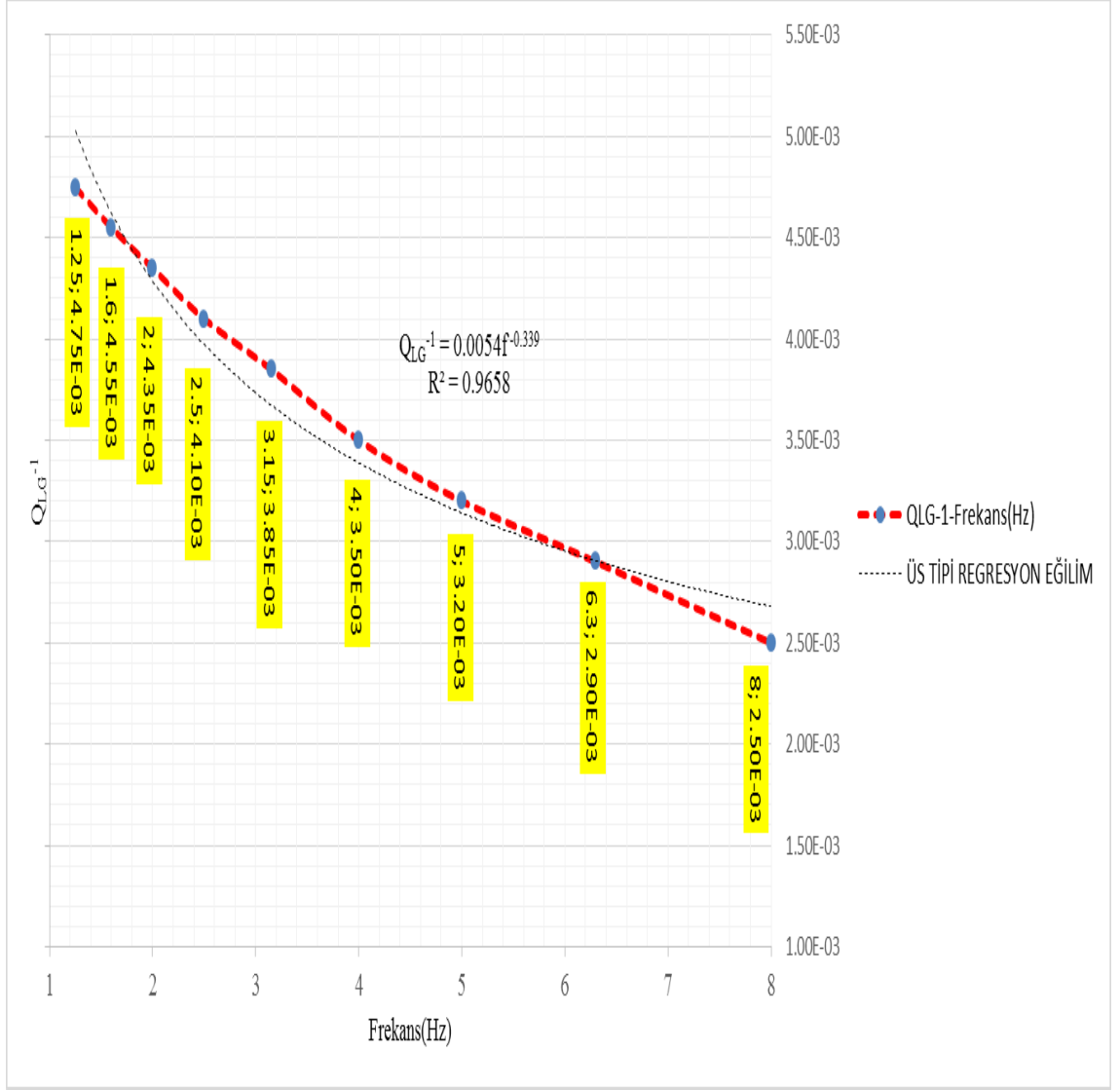
Ege Bölgesi için Q_{LG} alt programı kullanılarak 1,25Hz-8Hz aralığında 9 adet farklı frekans (1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0) kullanılmış, episantral uzaklık 200-800 km aralığında seçilmiştir. Bu kriterlere göre bu bölgeye düşen toplam 62 adet deprem ve bu depremleri bu kriterlere göre kaydeden 136 adet deprem istasyonu her frekans için ayrı ayrı ters çözüm işlemine tabi tutulmuştur ve 966 dalga izi vermiştir. Yukarıdaki gibi seçilen 9 adet ayrık frekans için elde edilen Q_{LG}^{-1} değerleri şekil 6.67' de verilmiştir. Elde edilen değerlerden üs tipi regresyon eğilim çizgisi geçirilerek Q_0 , q ve k değerleri elde edilmiştir ve şekil 6.67'de belirtilmiştir.



Şekil 6.67 Ege Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği

Bu grafikten elde edilen Q_0 değeri: 128, q değeri: 0.280, k değeri 0.03' tür.

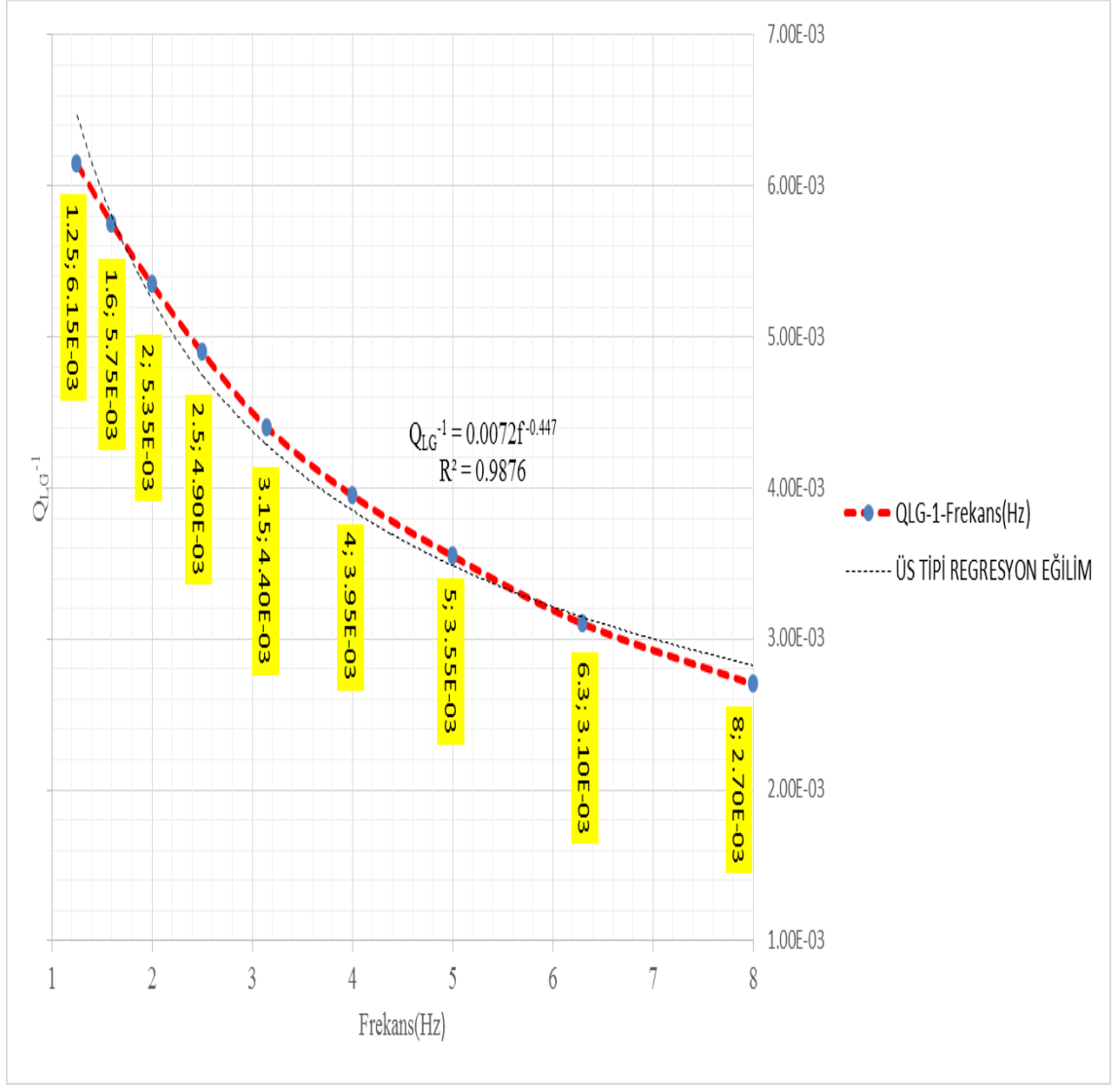
Güneydoğu Anadolu Bölgesi için Q_{LG} alt programı kullanılarak 1,25Hz-8Hz aralığında 9 adet farklı frekans (1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0) kullanılmış, episantral uzaklık 200-800 km aralığında seçilmiştir. Bu kriterlere göre bu bölgeye düşen toplam 26 adet deprem ve bu depremleri bu kriterlere göre kaydeden 105 adet deprem istasyonu her frekans için ayrı ayrı ters çözüm işlemine tabi tutulmuştur ve 624 dalga izi vermiştir. Yukarıdaki gibi seçilen 9 adet ayrı frekans için elde edilen Q_{LG}^{-1} değerleri şekil 6.68' de verilmiştir. Elde edilen değerlerden üs tipi regresyon eğilim çizgisi geçirilerek Q_0 , q ve k değerleri elde edilmiştir ve şekil 6.68'de belirtilmiştir.



Şekil 6.68 Güneydoğu Anadolu Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği

Bu grafikten elde edilen Q_0 değeri: 185, q_{alpha} değeri: 0.339, $kappa$ değeri 0.03' tür.

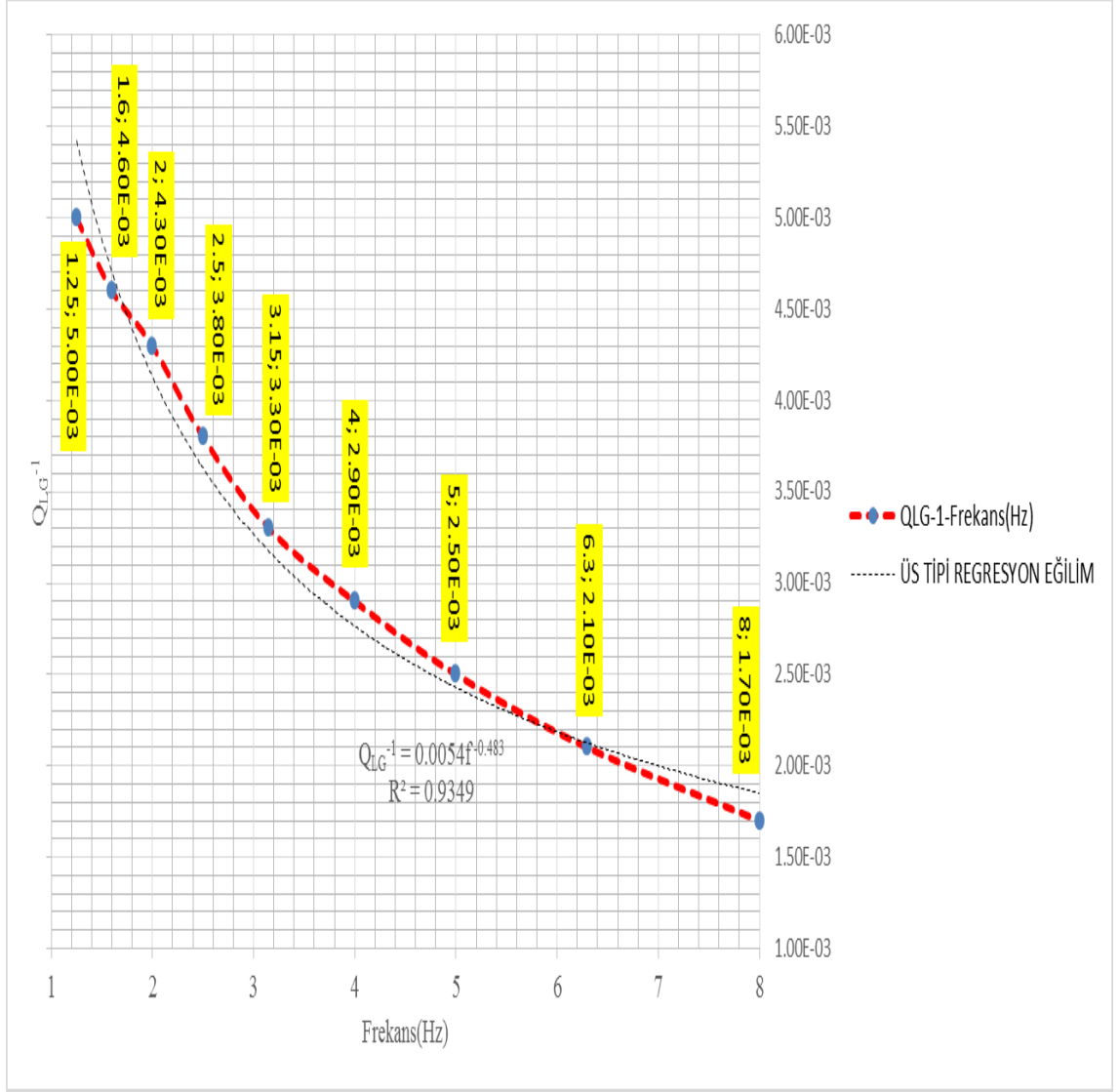
İç Anadolu Bölgesi için Q_{LG} alt programı kullanılarak 1,25Hz-8Hz aralığında 9 adet farklı frekans (1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0) kullanılmış, episantral uzaklık 200-800 km aralığında seçilmiştir. Bu kriterlere göre bu bölgeye düşen toplam 25 adet deprem ve bu depremleri bu kriterlere göre kaydeden 166 adet deprem istasyonu her frekans için ayrı ayrı ters çözüm işlemine tabi tutulmuştur ve 640 dalga izi vermiştir. Yukarıdaki gibi seçilen 9 adet ayrık frekans için elde edilen Q_{LG}^{-1} değerleri şekil 6.69' da verilmiştir. Elde edilen değerlerden üs tipi regresyon eğilim çizgisi geçirilerek Q_0 , q_{alpha} ve $kappa$ değerleri elde edilmiştir ve şekil 6.69'da belirtilmiştir.



Şekil 6.69 İç Anadolu Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği

Bu grafikten elde edilen Q_0 değeri: 139, q_{alpha} değeri: 0.446, $kappa$ değeri 0.02' dir.

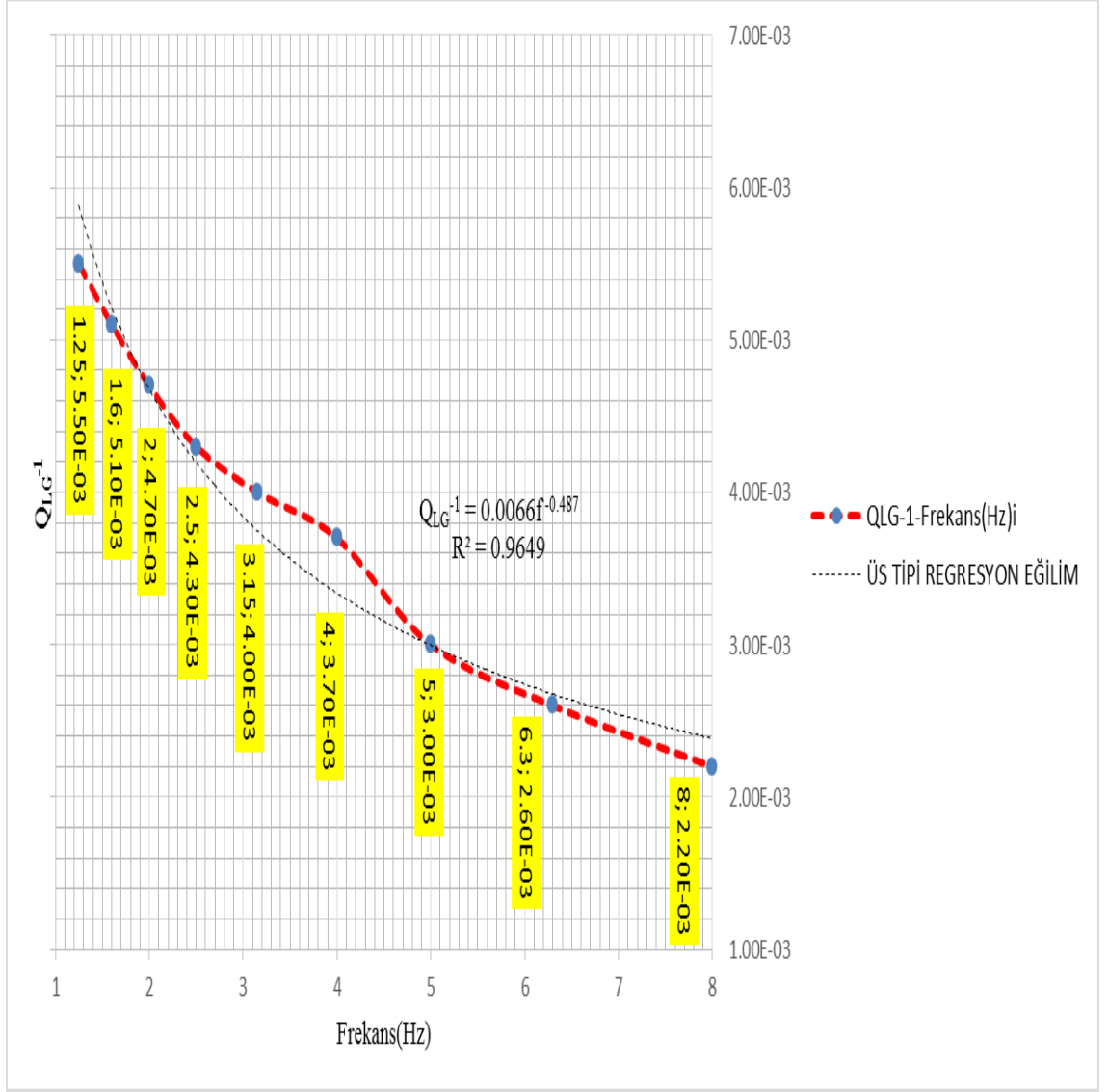
Karadeniz Bölgesi için Q_{LG} alt programı kullanılarak 1,25Hz-8Hz aralığında 9 adet farklı frekans (1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0) kullanılmış, episantral uzaklık 200-800 km aralığında seçilmiştir. Bu kriterlere göre bu bölgeye düşen toplam 43 adet deprem ve bu depremleri bu kriterlere göre kaydeden 163 adet deprem istasyonu her frekans için ayrı ayrı ters çözüm işlemine tabi tutulmuştur ve 640 dalga izi vermiştir. Yukarıdaki gibi seçilen 9 adet ayırık frekans için elde edilen Q_{LG}^{-1} değerleri şekil 6.70' de verilmiştir. Elde edilen değerlerden üs tipi regresyon eğilim çizgisi geçirilerek Q_0 , q_{alpha} ve $kappa$ değerleri elde edilmiştir ve şekil 6.70'de belirtilmiştir.



Şekil 6.70 Karadeniz Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği

Bu grafikten elde edilen Q_0 değeri: 185, $qalpha$ değeri: 0.483, $kappa$ değeri 0.02' dir.

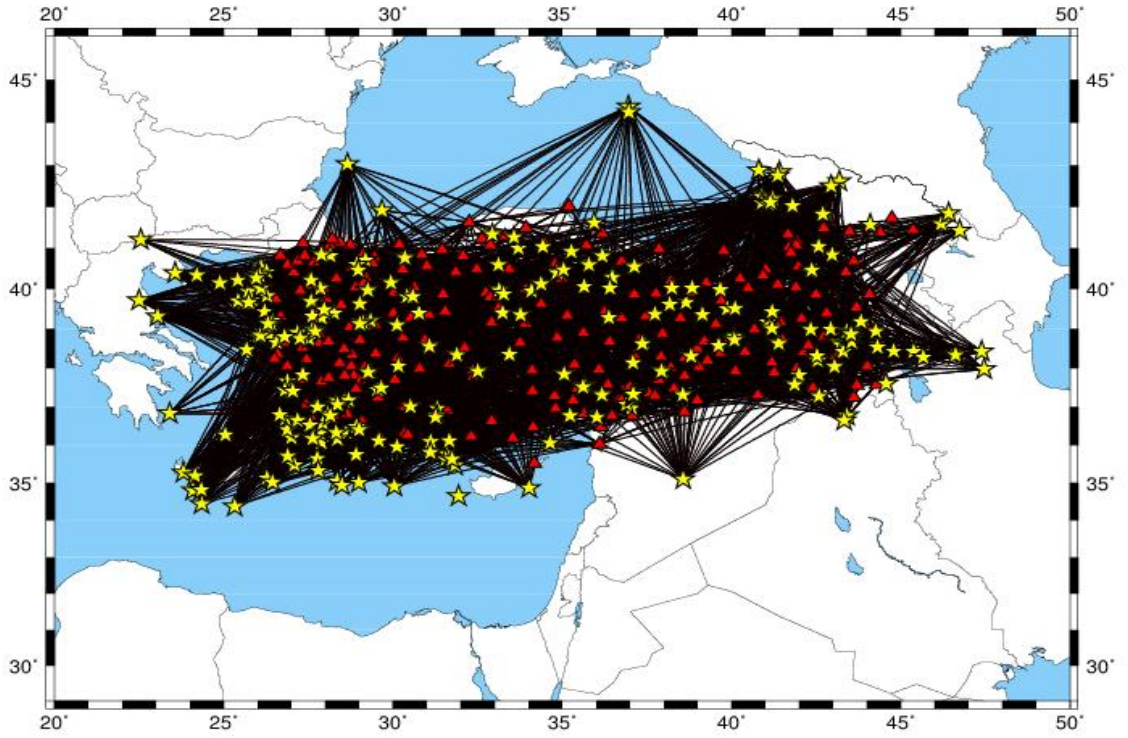
Marmara Bölgesi için Q_{LG} alt programı kullanılarak 1,25Hz-8Hz aralığında 9 adet farklı frekans (1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0) kullanılmış, episantral uzaklık 200-800 km aralığında seçilmiştir. Bu kriterlere göre bu bölgeye düşen toplam 35 adet deprem ve bu depremleri bu kriterlere göre kaydeden 133 adet deprem istasyonu her frekans için ayrı ayrı ters çözüm işlemine tabi tutulmuştur ve 315 dalga izi vermiştir. Yukarıdaki gibi seçilen 9 adet ayrık frekans için elde edilen Q_{LG}^{-1} değerleri şekil 6.71' de verilmiştir. Elde edilen değerlerden üs tipi regresyon eğilim çizgisi geçirilerek Q_0 , $qalpha$ ve $kappa$ değerleri elde edilmiştir ve şekil 6.71'de belirtilmiştir.



Şekil 6.71 Marmara Bölgesi (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği

Bu grafikten elde edilen Q_0 değeri: 151, q değeri: 0.487, k değeri 0.03' tür.

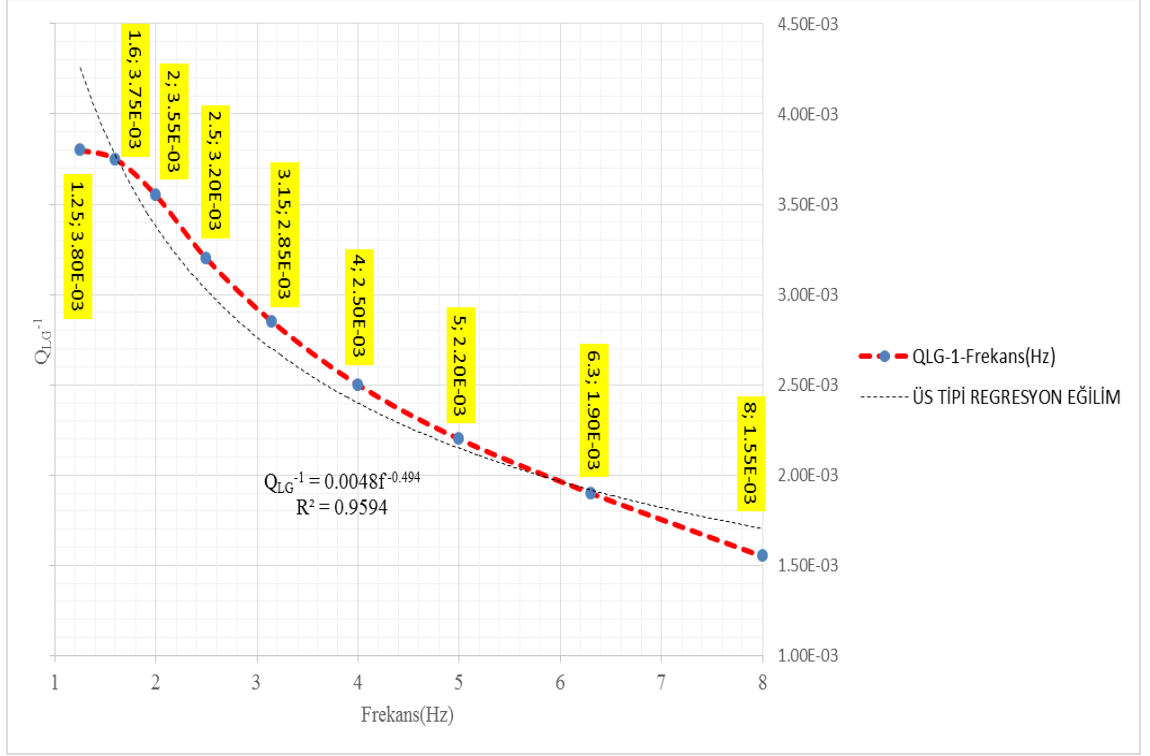
Son olarak tüm Türkiye geneli için aynı çalışma yapılmıştır. Kullanılan deprem istasyonları ile depremlerin lokasyonları ve ışın yolları gösterim haritası (kırmızı üçgenler: deprem istasyonları, sarı yıldızlar: deprem lokasyonları, - : ışın yolları) şekil 6.72' de verilmiştir.



Şekil 6.72 Kullanılan deprem istasyonları ile depremlerin lokasyonları ve ışın yolları gösterim haritası

kırmızı üçgenler: deprem istasyonları, sarı yıldızlar: deprem lokasyonları, - : ışın yolları

Tüm Türkiye geneli için Q_{LG} alt programı kullanılarak 1,25Hz-8Hz aralığında 9 adet farklı frekans (1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0) kullanılmış, episantral uzaklık 200-800 km aralığında seçilmiştir. Bu kriterlere göre bu bölgeye düşen toplam 216 adet deprem ve bu depremleri bu kriterlere göre kaydeden 263 adet deprem istasyonu her frekans için ayrı ayrı ters çözüm işlemine tabi tutulmuştur ve 1536 dalga izi vermiştir. Yukarıdaki gibi seçilen 9 adet ayrık frekans için elde edilen Q_{LG}^{-1} değerleri şekil 6.73’ de verilmiştir. Elde edilen değerlerden üs tipi regresyon eğilim çizgisi geçirilerek Q_0 , q_{alpha} ve $kappa$ değerleri elde edilmiştir ve şekil 6.73’de belirtilmiştir.



Şekil 6.73 Tüm Türkiye geneli (Q_{LG}^{-1} -Frekans(Hz)) grafiği

Bu grafikten elde edilen Q_0 değeri: 208, $qalpa$ değeri: 0.494, $kappa$ değeri 0.03' tür.

Çizelge 6.6 Q_0 , $qalpa$, $kappa$ soğrulma parametrelerinin farklı modellere göre Optimum Soğrulma parametrelerinin Yinelemeli Olarak Tayini ve Q_{LG} yöntemlerine göre hesaplanan karşılaştırılmış değerler

Model	<i>AUTOMAG</i> (Q_0 , $qalpa$, $kappa$)	Q_{LG} (Q_0 , $qalpa$, $kappa$)
Ege Bölgesi	125, 0,260, 0.03	128, 0.280, 0.03
Akdeniz Bölgesi	200, 0.240, 0.03	204, 0.241,0.03
Doğu Anadolu Bölgesi	180, 0.340, 0.02	189, 0.326, 0.02
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	190, 0.320, 0.03	185, 0.339, 0.03
İç Anadolu Bölgesi	140, 0.460, 0.02	139, 0.446, 0.02
Karadeniz Bölgesi	185, 0.480, 0.02	185, 0.483, 0.02
Marmara Bölgesi	150, 0.480, 0.03	151, 0.487, 0.03
Tüm Türkiye $3 \leq ML \leq 6.5$	210, 0.500, 0.03	208, 0.494, 0.03

Çizelge 6.6’da görüldüğü üzere her iki yöntemde de elde edilen soğrulma parametreleri birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Bu sonuç yapılan işlemlerin tutarlılığını göstermektedir. Her iki yöntemle gerçekleştirilen çözümlerde de görüldüğü üzere Türkiye geneli için yapılan çözümlerle ile bölgesel çözümlerle elde edilen soğrulma parametreleri değişkenlik göstermektedir. Bu yüzden tüm Türkiye geneli için elde edilen soğrulma parametreleri yerine, alt bölgelere ayrılarak o bölgeye düşen depremler için hesaplanan soğrulma parametreleri M_w hesaplamasında kullanılmalıdır.

Bu bağlamda öncelikle bu değişimler veri setinde gerçekleştirilmiştir. Daha sonra diğer uluslararası ajanslara (*HRV*, *GFZ*, *EMSC*) kayıt edilen aynı depremlerin büyüklükleri ile yeni hesaplanan M_{wN} değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak bu değişimler sonrasında uluslararası ajansların çözümleriyle yeni çözümler daha iyi uyum göstermişlerdir.

Çizelge 6.7 Deprem lokasyonu değiştirilmeden, hesaplanan yeni soğrulma parametreleri (Q_0 , q , α , κ) kullanılarak elde edilen M_{wN} değerleri

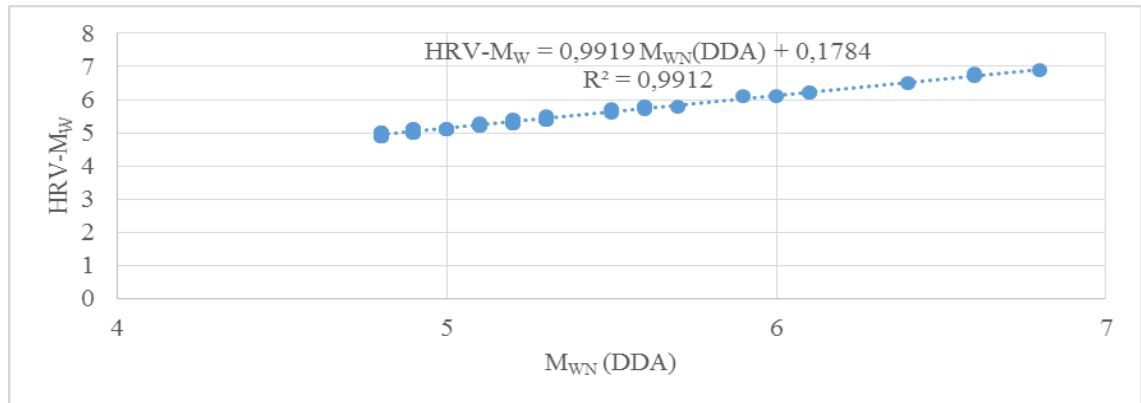
YIL	AY	GÜN	SAAT	DAKİKA	SANİYE	ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK	$M_{wN}(DDA)$
2008	6	12	0	20	46,8	35,13	26,28	15	5,2
2008	6	15	3	26	33,4	35,65	26,66	26,5	6,1
2008	8	3	0	39	4,9	39,61	22,5	15	5,3
2008	12	28	22	58	59,6	40,35	25,96	12	5,1
2009	6	20	8	28	20	36,66	26,88	5,4	4,8
2009	6	26	20	36	30,2	36,26	24,91	14	4,8
2009	6	1	9	30	43,8	36,2	26	8	4,8
2009	9	6	22	41	33,8	42,92	42,98	6	5,6
2009	12	22	6	6	21,5	35,66	31,58	6,8	5,3
2010	3	8	10	14	25,1	38,83	40,06	6,1	4,9
2010	3	8	11	12	11,6	38,8	40,05	8,3	5
2010	3	24	14	11	32	38,8	40,02	4,6	5
2010	6	16	18	53	2,3	39,31	23,05	15	5,2
2010	8	12	2	23	4,8	39,69	26,58	6,1	4,8
2010	10	3	15	21	1,6	35,02	26,44	18	5,1
2010	11	3	2	51	23,9	40,54	26,1	26,3	5,6
2010	11	11	20	8	0,1	36,86	26,36	24,3	4,8
2011	1	19	9	16	49	41,86	42,68	19,6	5,2
2011	5	8	6	50	16,5	36,4	26,88	15	5,2
2011	5	19	20	15	22,4	39,15	29,06	9,5	5,9
2011	5	28	5	46	16,3	39,13	29,02	16,6	5,1
2011	6	23	6	34	42,8	38,56	39,62	15,5	5,3
2011	6	26	21	13	58,1	39,13	29,01	16,2	4,8
2011	8	18	11	56	41,1	42,51	42,94	5	4,9
2011	9	22	3	22	32	39,66	38,65	4,5	5,6
2011	10	23	10	41	20,4	38,6	43,46	15	6,6
2011	10	23	11	32	38,8	38,64	43,42	16,3	5,6
2011	10	23	18	10	44,3	38,64	43,15	15	4,8
2011	10	26	8	4	15,6	36,6	44,56	26,3	5,5
2011	10	29	22	24	22,1	38,91	43,53	15,6	4,9
2011	11	30	0	46	20,6	38,46	43,31	8,6	4,9
2011	12	5	8	16	26,8	38,85	26,34	28,4	4,8
2012	3	4	3	31	0,1	40,39	23,56	15	4,8
2012	4	26	22	5	33,4	39,13	29,09	19,2	4,8
2012	5	1	14	48	25,6	38,65	26,55	4,9	4,9
2012	5	6	4	40	25,1	41,43	46,64	15	5,5
2012	5	6	14	15	15,3	41,59	46,19	3,4	5,2

Çizelge 6.7 Deprem lokasyonu değiştirilmeden, hesaplanan yeni soğrulma parametreleri (Q_0 , $q\alpha$, $k\alpha$) kullanılarak elde edilen M_{WN} değerleri (devam)

2012	6	6	20	54	25,5	40,84	26,88	20	4,9
2012	6	10	12	44	16,1	36,46	28,88	38,3	6,1
2012	6	25	13	5	28,5	36,48	28,92	39,1	4,8
2012	6	9	13	55	0,8	35,65	28,91	46,6	5,6
2012	8	11	12	23	6,2	36,96	46,46	15	6,6
2012	8	11	12	34	31,6	38,42	46,39	60,1	6,4
2012	9	12	3	26	43,1	34,44	24,35	38	5,2
2012	10	14	10	13	34	41,85	46,42	15	5
2012	11	6	6	26	29,8	38,33	46,62	15	5,3
2012	12	23	6	38	56,5	38,43	44,69	16,8	5
2012	12	23	13	31	41	42,13	40,92	6,2	5,3
2012	12	25	22	44	32,9	42,26	40,89	15	5,1
2013	1	8	14	16	8,4	39,66	25,63	26,1	6
2013	3	11	14	56	8,6	36,66	43,41	9	4,9
2013	4	6	11	26	2,2	34,8	24,09	15	4,9
2013	6	30	5	33	8,8	40,26	25,91	34	5,1
2013	12	8	16	31	56,9	36,63	31,26	31,6	4,8
2014	5	24	9	25	2,3	40,18	25,48	16,6	6,8

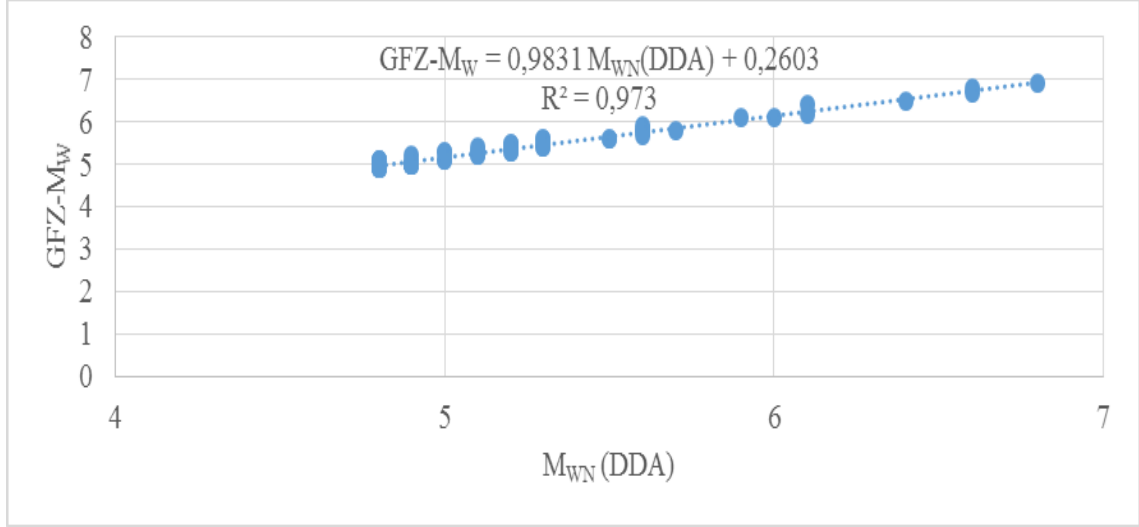
Yukarıda Çizelge 6.7’de oluşturulan yeni veri tabanından seçilen, kayıt kalitesi yüksek 55 adet depremin, daha sonra sırasıyla *HRV*, *GFZ*, *EMSC* ajanslarının verdiği M_w değerleri ile karşılaştırılması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Şekil 6.74’den $HRV-M_w-M_{WN}$ (*DDA*) moment büyüklüğü karşılaştırılması ve iki büyüklük arasındaki doğrusal bağıntı görülmektedir.



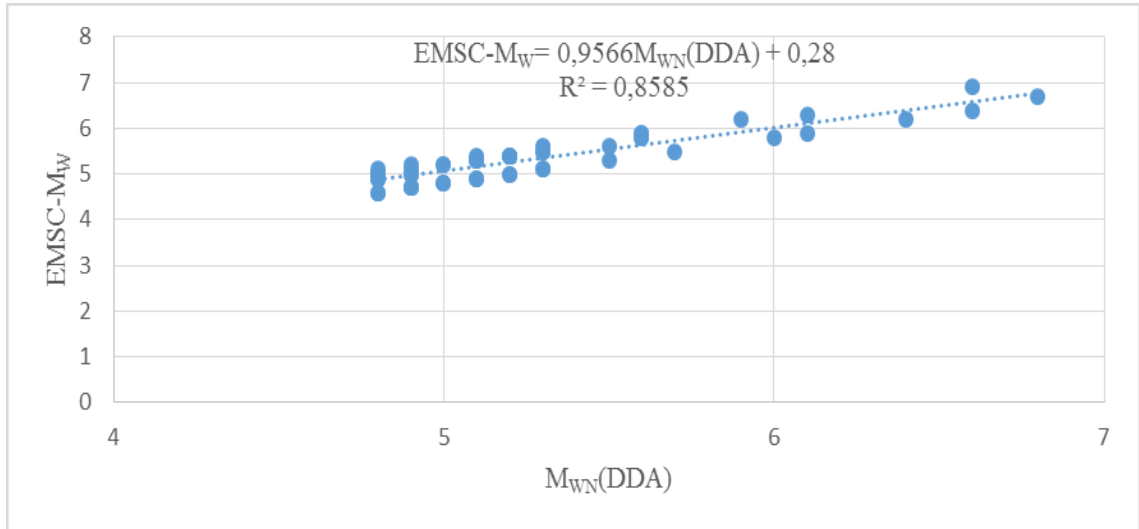
Şekil 6.74 $HRV-M_w-M_{WN}$ (*DDA*) karşılaştırılması

Şekil 6.75'den $GFZ-M_W-M_{WN}$ (DDA) moment büyüklüğü karşılaştırılması ve iki büyüklük arasındaki doğrusal bağıntı görülmektedir.



Şekil 6.75 $GFZ-M_W-M_{WN}$ (DDA) karşılaştırılması

Şekil 6.76'dan $EMSC-M_W-M_{WN}$ (DDA) moment büyüklüğü karşılaştırılması ve iki büyüklük arasındaki doğrusal bağıntı görülmektedir.



Şekil 6.76 $EMSC-M_W-M_{WN}$ (DDA) karşılaştırılması

Türkiye geneli ve coğrafi bölgelere göre ayrılan 7 alt bölgeye göre, $MAG2$ alt programı ile yapılan ML kalibrasyonu, $AUTOMAG$ ve Q_{LG} çalışmaları sonrası elde edilen yeni

soğrulma parametrelerinin değiştirilmesi sonrası yeniden hesaplan M_{WN} değerlerinde yapılan testlerden, yatay bileşen genlikleri ile hesaplanan yerel büyüklüğün (ML), düşey bileşen genliğinden hesaplanan $ML_{YENİ}$ değerlerine göre ortalama 0.12 birim daha büyük çıktığı, yatay bileşen genlikleri ile hesaplanan M_{WN} büyüklüğün, düşey bileşen genliğinden hesaplanan $ML_{YENİ}$ değerlerine göre ortalama 0.21 birim daha büyük çıktığı bu durumda $M_{WN}-ML_{YENİ}$ farkının azaldığı gözlemlenmiştir.

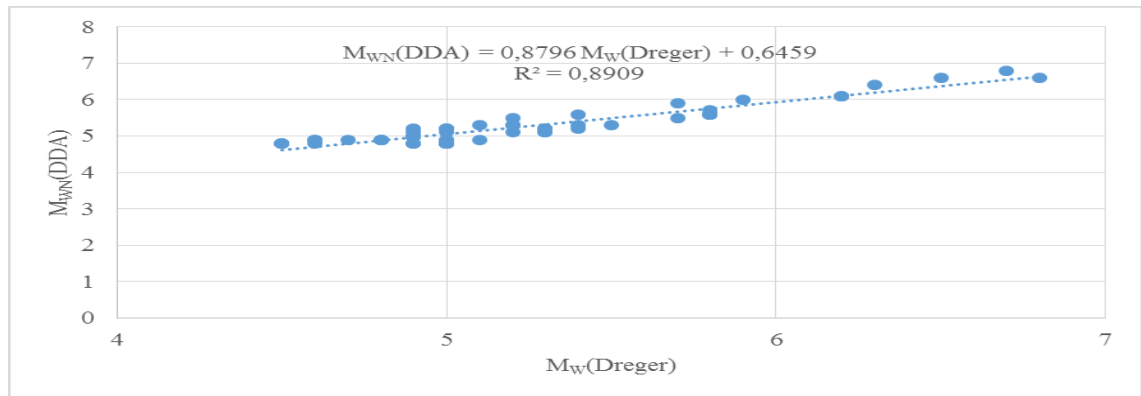
Spektrum yöntemi ile hesaplanan M_W değerlerini karşılaştırmak amacı ile veri setindeki 55 deprem için *SEISAN10.1* programı kullanılarak, Zaman Ortamı Moment Tensör Ters Çözümü ile ters dönüşümü yapılmıştır. Moment tensör yöntemi düşük frekanslarda (< 0.05 Hz) yapılan bir çözümleme olduğu için soğrulma parametrelerine bağlı değildir, bu nedenle M_W 'nin moment tensöründen daha gerçekçi olarak hesaplanabileceği düşünülmektedir. Test sırasında spektral M_W için aşağıdaki parametreler kullanılmıştır.

Zaman Ortamı Moment Tensör Ters çözümünde ilgili modele düşen depremler için hesaplanan (Q_0 , $qalpha$, $kappa$) değerleri kullanılmıştır ve tensör çözümünde de aşağıdaki parametreler seçilmiştir.

$$V_P = 6.2 \text{ km/s}, V_S = 3.6 \text{ km/s}$$

$$\rho \text{ (yoğunluk)} = 3.0 \text{ g/cm}^3$$

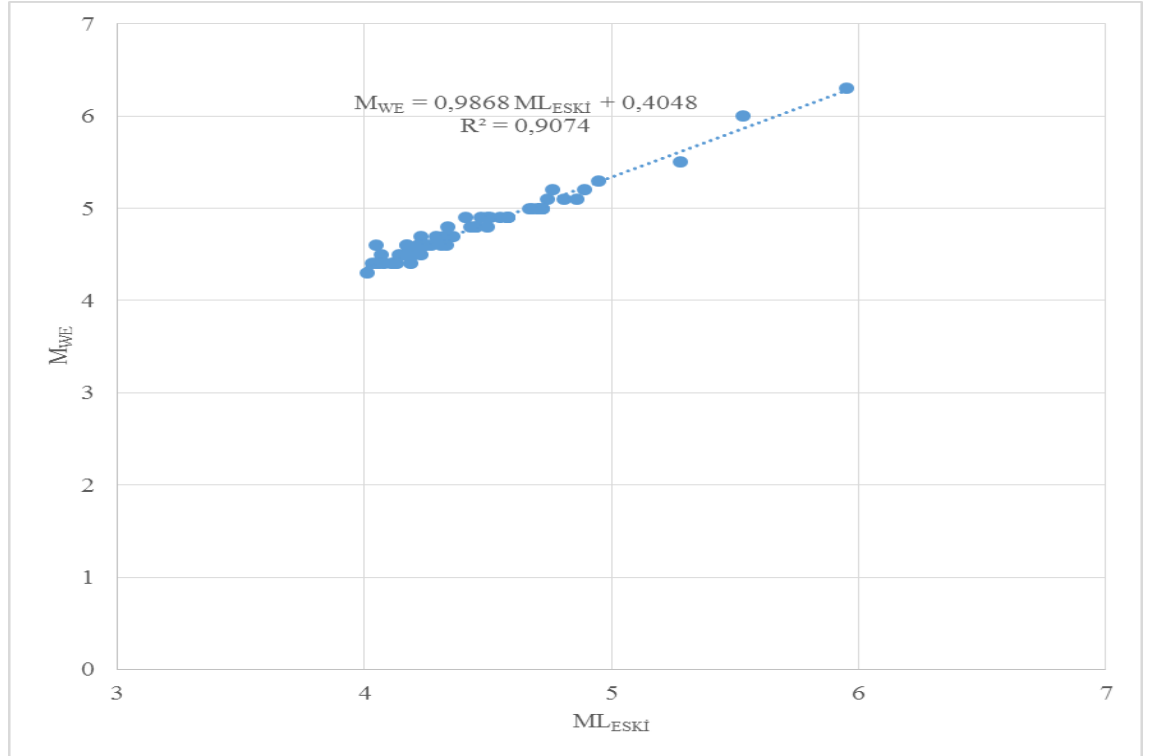
Sonuç olarak $M_{WN}(DDA)-M_W(Dreger)$ çözümleri şekil 6.77'de verilmiştir.



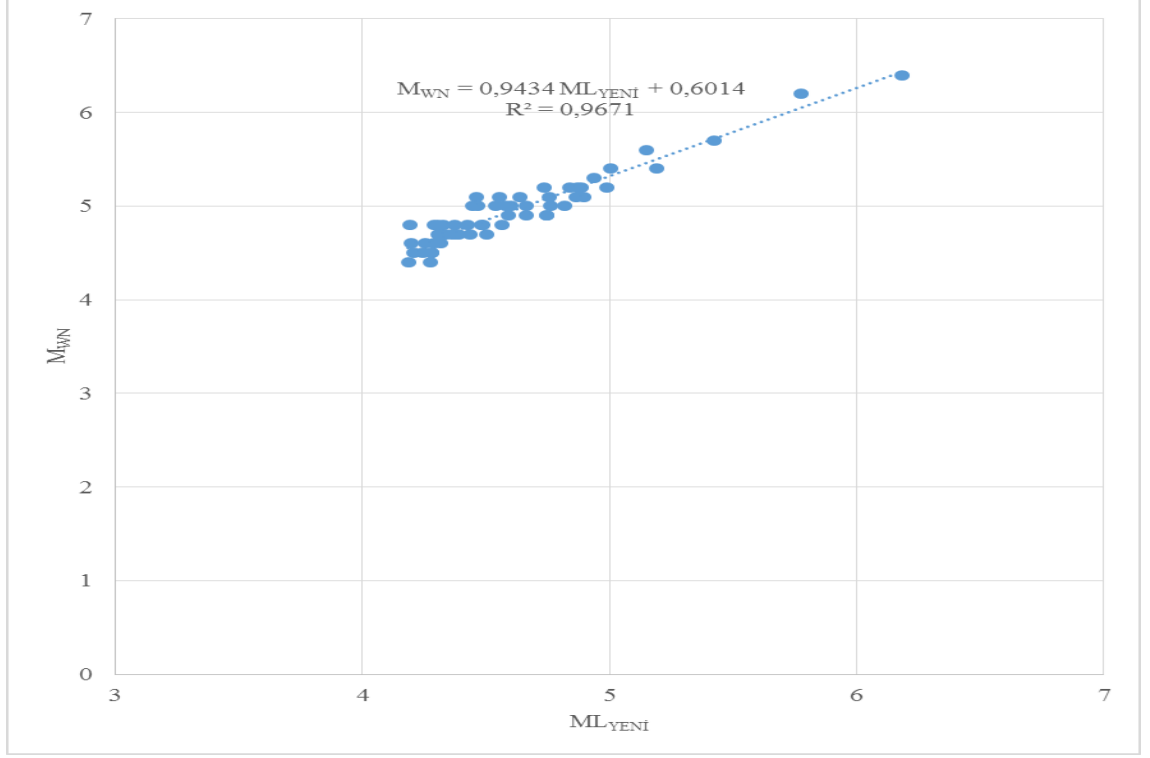
Şekil 6.77 $M_{WN}(DDA)-M_W(Dreger)$ karşılaştırılması

Her iki yöntem aynı ortalama büyüklüğü vermekle birlikte, veri dağılımında bir miktar saçılma gözlenmektedir. İki yöntemin uyumlu M_W vermesi, soğrulma için doğru parametrelerin seçildiğinin bir başka kanıtı olarak yorumlanmıştır. Yine şekil 6.77'den görüleceği üzere ($M_{WN}>4$) depremler için spektral M_{WN} ile M_W (Dreger) büyüklükleri uyum göstermektedir. Bu durumda, spektrum yöntemi için doğru parametrelere ulaşıldığı ve yöntemin iyi çalıştığı söylenebilir.

Kayıt kalitesi yüksek toplam 55 deprem dikkate alınarak $ML_{ESKI}(DDA)-M_{WE}(DDA)$ şekil 6.78'de iki büyüklük değeri arasındaki doğrusal bağıntı ile birlikte verilmiştir. Daha sonra *MAG2* alt programı kullanılarak yapılan kalibrasyon çalışması sonucunda elde edilen ML_{YENI} değerlerine karşılık, *AUTOMAG* ve *QLG* alt programları yardımıyla elde edilen soğrulma parametreleri kullanılarak elde edilen (Q_0 , $qalpha$, $kappa$) değerlerine göre elde edilen M_{WN} değerleri şekil 6.79'da iki büyüklük değeri arasındaki doğrusal bağıntı ile birlikte verilmiştir.



Şekil 6.78 $ML_{ESKI}(DDA)-M_{WE}(DDA)$ karşılaştırılması



Şekil 6.79 $M_{LYENI}(DDA)$ - $M_{WN}(DDA)$ karşılaştırılması

7. SONUÇLAR

ML kalibrasyonu ölçeği tüm Türkiye genelinde coğrafi isimlerine göre ayrılan 7 alt bölge çalışma süresince, 63, 112 ve 273 depremle tekrarlanmış ve benzer sabitler (a , b , c , s_j) elde edilmiştir. Bu durum, ML için yapılan ters çözümün kararlılığının bir göstergesidir.

Spektrum yöntemi ile hesaplanan M_{WN} büyüklükleri, Zaman Ortamı Moment Tensör Ters Çözümü ve uluslararası ajansların verdiği M_W ve M_W (Dreger) değerleri ile büyük bir uyum içerisindedir, bu nedenle spektral M_{WN} büyüklüklerinin doğru hesaplandığı sonucuna varılmıştır.

ML kalibrasyonu yapılırken, Richter'in tanımına göre, 100 km episantral uzaklıkta 1 mm Wood-Anderson genliği için ($ML=3$) olacak şekilde sabitlenmiştir. $ML_{YENİ}$ ve M_{WN} büyüklükleri arasında ortalama 0.21 birimlik ($ML_{YENİ}$ küçük çıkmaktadır) bir fark bulunmaktadır, bu fark küçük ($ML_{YENİ}<3$) depremlerde ortalama 0.32 birim daha fazladır. Bu fark, ölçeğin 17 km (Alsaker 1991) veya başka bir episantral uzaklıkta sabitlenmesi ile açıklanamaz, zira Türkiye geneli için azalım eğrisi (Şekil 7.64) 0-100 km aralığında diğer ölçeklerle birbirine çok yakın çıkmıştır. Bu durumda, ölçeğin 17 km' de sabitlenmesi ML sabitlerini fazlaca etkilemeyecektir. Öte yandan, yeni ölçeğin test edilmesi sırasında (65 adet $ML>4.0$ kayıt kalitesi yüksek deprem) hesaplamalarda yatay bileşen genliklerinin kullanılmasının $ML_{YENİ}$ ile M_{WN} arasındaki farkı azalttığı görülmüştür.

Büyük olaylarda ($ML>4.0$) $ML_{YENİ}$, M_{WN} 'ye yakınsamaktadır, bu durum dünya genelindeki yapılan diğer çalışmalarda da rapor edilmiştir (Deichman 2006). Teorik olarak, $M<3$ depremlerde $M_W\sim 0.7ML$ olup ML ölçeği büyüklüğü, M_W 'ye göre küçük değerler vermektedir (Deichmann 2006). Bu tez çalışmasında bu faktör, küçük olaylarda 0.8, büyük depremler için ise 0.9 bulunmuştur. Bu değişim çeşitli faktörlere bağlı olabilir; ancak, kaynak–alıcı arasındaki soğrulma ve saçılmanın en önemli etken olduğu düşünülmektedir (Bethmann vd. 2011). Zira, küçük depremler daha ziyade

yüksek frekanslı bileşenlerden oluştuğu için, büyük depremlerle oluşturulan ML ölçeğine göre ön görüldüğünden daha yüksek soğrulmaya maruz kalmaktadırlar. İdeal olarak, ML ölçeğinin büyüklüğe bağlı bir terim içermesi gerekir, ancak uygulama pratiğinde ve Richter'in orjinal tanımında böyle bir terim yoktur. Dolayısı ile küçük olaylar için $ML-M_W$ farkının artması olağandır.

Türkiye için kalibre edilmiş, standart ML ölçeği, AFAD'a ait Ulusal Sismolojik Deprem Gözlem Ağı verisinden ters çözüm yolu ile elde edilmiştir, buna göre, ($ML>3.5$) depremler için özellikle yatay bileşen genlikleri kullanıldığında $ML\sim M_W$ birbirine yakın değerler vermekte olup; $ML<3$ olaylar için ML , M_W 'den küçük hesaplanmaktadır. M_W ve ML farklı büyüklük tanımları olup aynı değerleri vermeleri beklenmemektedir. Diğer uluslararası ajansların, ML_{YENI} büyüklüğünü daha farklı vermeleri, muhtemelen standart olmayan bir ölçek kullandıkları içindir. Örnek olarak, $SEISCOMP-3$ programı standart olmayan bir ML ölçeği kullanmakta ve 300 km episantral uzaklık için ML değerlerini 0.4 birim büyütmemektedir. Türkiye'de, ML_{ESKI} hesaplama pratiğinin bir an önce terk edilmesi tavsiye edilebilir, zira, standart dışı bir ölçek ve keyfi bir genlik okuma prosedürü içermektedir ki eski ölçeğe göre hesaplanan büyüklüklerin bilinen herhangi standart büyüklük ölçeği ile karşılaştırılması mümkün değildir.

7.1 Öneriler

Türkiye, geniş ve tektonik açıdan farklılıklar gösteren bir ülkedir, bu nedenle soğrulma parametrelerinin bölgesel olarak farklılıklar göstereceği açıktır. Hesaplanacak yeni soğrulma parametreleri deprem çözümlemelerinde kullanılarak, veri tabanı yeterli sayıda olay içerdiğinde, ayrı bir değerlendirme olarak, Türkiye'nin alt bölgeleri daha ayrıntılı bir şekilde irdelenip, farklı modellerin geliştirilmesi düşünülmelidir.

Büyüklük kalibrasyonu dinamik bir çalışma olup, AFAD Ulusal Sismolojik Deprem Kayıt Ağına uygun kalitede daha fazla sayıda deprem toplandığında, ülkemiz geneli ve alt bölgeleri için, ML kalibrasyonu tekrarlanmalıdır. Özellikle, büyüklük saçılması daha fazla olduğu yerlerde bu değerlendirmeler yeniden gerçekleştirilmelidir.

Küçük depremlerde, $ML-M_w$ farkı artmaktadır, bu durum küçük depremler için soğrulma karakterinin değiştiği düşündürmektedir. Bu nedenle, küçük ($M<3.0$) depremler ülkemiz geneli ve alt bölgeler için ayrı ML ölçekleri çıkarılabilir.

KAYNAKLAR

- Aki, K. 1984. Asperities, Barriers, Characteristic Earthquakes and Strong Motion Prediction. *Jour. Geophys. Res.*, 89; 5867-5872.
- Akinci, A. and Eyidoğan, H. 2001. High frequency ground motion in the Erzincan region, Turkey: Influences from small earthquakes, *Bull. Seism. Soc. Am*, 91; 1446-1455.
- Alptekin, Ö. 1973. Focal mechanism of earthquakes in western Turkey their tectonic implications, Ph. D., Thesis. New Mexico Institute of Mining Technology.
- Alsaker, A., Kvamme, L.B., Hansen, R.A., Dahle, A and Bungum, H. 1991. The ML scale in Norway, *Bull. Seism. Soc. Am* 81 (2); 379-398.
- Altunel, E. and Hancock, P.L. 1993, Active fissuring and Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey. *Z. Geomorph. N. F.*, 94; 285-302.
- Altunel, E. ve Barka, A.A. 1997. Hierapolis'teki Arkeosismik hasarların deđerlendirilmesi. *Türkiye Jeoloji Dergisi*.
- Ambraseys, N.N. 1962. Data for the Investigation of the Seismic Sea-Waves in The Eastern Mediterranean, *Bulletin Of The Seismological Society Of America*, 52; 895-913
- Ambraseys, N.N. 1970. Some characteristics features of the North Anatolian Fault Zone. *Tectonophysics*, 9, 143-165.
- Ambraseys, N.N. and Finkel, C.F 1988. The Anatolian earthquake of 17 August 1668, in historical seismograms and earthquakes of the World. *Academic Press*, 173-180.
- Ambraseys, N.N. and Melville, C.P 1995. Historical Evidence of Faulting in Eastern Anatolia and Northern Syria, *Annales Geofisica*, 38; 337-343.
- Askari, R., Ghods, A. and Sobouti, F. 2009. Calibration of an ML Scale in the Alborz Region, Northern Iran, 1; 268-276.
- Aydan, Ö. 1997. Seismic characteristics of Turkish earthquakes, Turkish Earthquake Foundation, TDV/TR 97-007.
- Barka, A.A. and Kadinsky-Cade, K. 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, *Tectonics* 7, 663-684.
- Barka, A.A. 1992. The North Anatolian fault zone, *Annales Tectoncae*, Special Issue to Volume 6: 164-195.

- Barka, A.A. 1996. Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with the large earthquakes of the period 1939 to 1967. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 86; 1238-1254.
- Barka, A. and Reilinger R. 1997. Active tectonics of the Eastern Mediterranean region :derived from GPS, neotectonic seismicity data, *Annali di Geofisica*, XL (3), 587-610.
- Bektaş, Ö., Ravat, D., Büyüksaraç, A., Bilim, F., and Ateş, A. 2007. Regional geothermal characterization of East Anatolia from aeromagnetic, heat flow and gravity data, *Pure and Applied Geophysics*, 164; 975-998.
- Bethmann, F., Deichmann, N. and Mai, P. M. 2011. Scaling Relations of Local Magnitude versus Moment Magnitude for Sequences of Similar Earthquakes in Switzerland. *Bull. Seism. Soc. Am.* 101; 515-534.
- Bobbio, A., Vassallo, M. and Festa, G. 2009. A Local Magnitude Scale for Southern Italy 2009. *Bulletin of Seismological Society of America*, 4; 2461-2470.
- Boccaletti, M., Gocev, P. and Manetti, P. 1974. Mesozoic isopic zones in the Black Searegion, *Bull. Soc. Geol. Italiana.*, 93; 547-565.
- Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey—a synthesis, *Geodinamica Acta*, Éditionsscientifiques et médicales Elsevier SAS, 14; 3-30.
- Brinkmann, R. 1976. *Geology of Turkey*, Elsevier, Amsterdam, 158p.
- Brune, J. 1970. Tectonic stress and seismic shear waves from earthquakes, *J. Geophys Resc.* 75; 4997-5009.
- Çiftçi, N.B., Temel, R.Ö. and İztan, Y.H. 2010. Hydrocarbon occurrences in western Anatolian (Aegean) grabens, Turkey: Is there a working petroleum system? *AAPG Bulletin*, 94; 1827-1857.
- Deichman, N. (2006). Local magnitude, a moment revisited. *Bull. Seism. Soc. Am.* 96; 1267-1277.
- Demirtaş, R. ve Yılmaz, R. 1993. 13 Mart 1992 Erzincan Depremi raporu, Bay. ve İsk. Bak. Afet İşleri Genel Müd., Deprem Arş.Dai.Bşk., Ankara.
- Demirtaş, R., Yılmaz, R., Berchemer, H. ve Baier, B. 1994. 13 Mart 1992 Erzincan Depremi yüzey kırıkları, artçı sarsıntıları ve 17 Ekim 1989 Loma Prieta depremi ile karşılaştırılması, *TJK Bülteni*, 9; 77-90.
- Demirtaş, R. ve Yılmaz, R. 1996. Türkiye'nin Sismotektoniği, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 91s., Ankara.

- Dewey, J.F. and Şengör, A.M.C. 1979. Aegean surrounding regions: complex multiplate continuum tectonics in a convergent zone, *Geol. Soc. Am. Bull.* 90; 84-92.
- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. 1967. Türkiye ve civarının deprem kataloğu, İTÜ., Maden Fakültesi yayını, 250s., İstanbul.
- Eyidoğan, H. and Barka, A. 1996 The 1 October 1995 Dinar earthquake, SW Turkey, *Terra Nova*, 8; 479-485.
- Fokaefs, A. and Papadopoulos, G.A. 2006. Tsunami Hazard in The Eastern Mediterranean: Strong Earthquakes and Tsunamis in Cyprus and The Levantine Sea, *Natural Hazard*, doi: 10.1007/S11069-006-9011-3.
- Golonka, J. 2004. Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic Cenozoic. *Tectonophysics*, 381; 235-273.
- Guidoboni, E., Comastri, A, and Triana, G. 1994. Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th century, Istituto Nazionale di Geofisica, ING-SGA, 504 p., Bologna.
- Guidoboni, E. and Comastri, A. 2005a. Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean area from the 11th to the 15th Century, INGV-SGA, 1037 p., Bologna.
- Gülkan, P., Koçyiğit. A., Yüçemen, M. S ve Doyuran, V. 1993. En son verilere göre hazırlanan deprem bölgeleri haritası. O.D.T.Ü, Rapor No. 93-01, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi.
- Gürer, Ö.F., Kaymakçı, N., Çakır, Ş. and Özburan, M. 2003. Meotectonics of the South east Marmara region, NW Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1-11.
- Havskov, J., Jose, A.P., Ibanez, M., Ottemöller, L. and Arevalo, C. 2003. Magnitude scales for very local earthquakes. Application for Deception Island Volcano (Antartica). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 128; 115–133.
- Hempton, M.R. 1987. Constraints on Arabian Plate motion and extensional history of the Red Sea. *Tectonics*, 6; 687-705.
- Herrmann, RB and Kijko, A 1983. Modeling some empirical vertical component Lg relations, *Bull. Seism. Soc. Am.* 73; 157-171.
- Hutton, L. K and Boore, D. M 1987. The Ml scale in Southern California, *Bull, Seism. Soc. Am.* 77; 2074-2094.
- Innocenti, F., Kolios, N., Manetti, P., Rita, F and Villari, L. 1982. Acid basic late neogene volcanism in central Aegean Sea: Its nature Geotectonic significancy. *Bulletin of Volcanology*, 45; 87-97.

- Jackson, J.A. and Mckenzie, D. 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 77; 185-264.
- Kanamori, H 1983. Magnitude scale and quantification of earthquakes. *Tectonophysics*, 93; 185-199.
- Ketin, Y. 1968. Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler, *MTA Enst. Derg.* 71; 129-134.
- Ketin, İ. 1976. San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19; 149-154.
- Ketin, İ. 1983. Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, İTÜ yayımları, Kitap Yayın No: 32.
- Lian-Quing, Z., Zhao, C., Zhangli, C. and Zheng, S. 2008. Amplitude Tomography of Lg Waves in Xinjiang and Its Adjacent Region. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 3; 1302-1315.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A.A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I.,Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King,R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D.,Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M.N. and Veis, G. 2000. Global positioning system constraints on late kinematics dynamics in theeastern mediterranean Caucasus. *Jour. Geophys. Res*, 105; 5695-5719.
- McKenzie, D. 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 30; 109-185.
- McKenzie, D. 1978. Active tectonics of the Alphine-Himalayan belt: the agean sea surrounding regions. *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 55; 217-254.
- Moore, W.J., Mckee, E.H. and Akinci, A. 1980. Chemistry and chronology of plutonic rocks inthe Pontid mountains, northern Turkey. *European Copper Deposits*, Belgrade, 209-216.
- Ojeda, A. and Ottemöller, L. 2002. QLg tomography in Colombia. *Physics of Earth and Planetary Interiors*, 130; 253-270.
- Okay, A. I. and Tüysüz, O. 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey, The Mediterranean Basins Tertiary Extension within Alphine Orogen. *Geological Society, London*, 475-515.
- Oral, M.B., Reilinger, R.E., Toksoz, M.N., Kong, R.W., Barka, A.A., Kınık, I. and Lenk, O. 1995. Global positioning system offers evidence of plate motions in easternMediterranean. *EOS Transac.* 76; 9-11.

- Ottmüller, L., Shapiro N.M., Singh S.K and Pacheco J.F. 2002. Lateral variation of Lg wave propagation in southern Mexico. *J. Geophys. Res.*, 107 (0) ; 1-13.
- Ottmüller, L., Voss, A. and Havskov, J. 2013. SEISAN EARTHQUAKE ANALYSIS SOFTWARE FOR WINDOWS, SOLARIS, LINUX and MACOSX, Routine Data Processing in Earthquake Seismology, Springer, 347 p., London.
- Öncel, A.O., Koral, H. and Alptekin, Ö. 1998. The Dinar Earthquake (Mw=6.2; October 1, 1995; Afyon-Turkey) and earthquake hazard of the Dinar-Çivril fault. *Pure and Applied Geophysics*, 152; 91-105.
- Perinçek, D. 1979. Geological investigation of the Çelikhan-Sincik-koçali area (Adıyaman Province), Istanbul Univ. Science Faculty Press, Serie B44; 127-147.
- Philippson, A. 1910-1915. Reisen und Forschungen im Westlichen Kleinasien. *Ergänzungshefte* 167, 172, 177, 180, 183 der Petermanns Mitteilungen, Gotha, Jüstus Perthes.
- Pınar, A. 1998. Source inversion of the October 1, 1995, Dinar earthquake (Ms=6.1): a rupture model with implications for seismotectonics in SW Turkey. *Tectonophysics*, 292; 3-4.
- Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky, S.A. and Vetterling, W.T. 1986. *Numerical Recipes in Fortran*, Cambridge University Press, 702 p., New York.
- Price, S. and Scott, B. (1994). Fault-block rotations at the edge of a zone of continental extension; southwest Turkey. *J. Struct. Geol.*, 16; 381-392.
- Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, W. and Toksöz, M.N. 1997. Global positioning, system measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone", *Jour. Geophys. Res.*, 102; 9983-9999.
- Ricou, L.E. 1994. Tethys reconstructed: plates, continental fragments their boundariessince 260 Ma from central America to south-eastern Asia. *Geodinamica Acta*, 7; 169-218.
- Richter, C.F. 1935. An instrumental earthquake magnitude scale, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 25; 1-32.
- Richter, C.F. 1958. *Elementary Seismology*, W.H. Freeman, 578 p., San Fansisco.
- Saunders, I., Ottmüller, L., Brandt, M.B.C and Fourie, C.F.S. 2013. Calibration of an ML scale for South Africa using tectonic earthquake data recorded by the South African National Seismograph Network: 2006 to 2009, *J. Seismology*, April 2013, Volume 17, 2; 437-451.

- Sbeinati, M.R., Darawcheh, R. and Mouty, M. 2005. The Historical Earthquakes of Syria: an Analysis of Large and Moderate Earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D., *Annals Of Geophysics*, 48; 347-436.
- Robertson, D.B.R., Brenchley, P.J. and Owen, A.W. 1991. Ecological disruption close to the Ordovician-Silurian boundary, *Historical Biology* 5.
- Sargeant, S. and Ottemöller, L. 2009. Lg wave attenuation in Britain. *Geophysical Journal International*, 179; 1593-1606.
- Sarı, C. And Şalk, M. 2006. Sediment thicknesses of the western Anatolia graben structures determined by 2D and 3D analysis using gravity data. *Journal of Asian Earth Sciences*, 26; 39-48.
- Stampfli, G.M. 1996. The Intra-Alpine terrain: A Paleotethyan remnant in the Alpine Variscides, *Eclogae Geol. Helv.*, 89; 13-42.
- Stampfli, G.M., Bozkurt, E., Winchester, J.A. and Piper, J.D.A. 2000. Tectonics and magmatism in Turkey and surrounding area. *Geological Society of London Special Publication*, 173; 163-185.
- Stampfli, G.M. and Borel, G.D. 2002. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanicishchrons. *Earth and Planetary Science Letters*, 196; 17-33.
- Stein, R.S., Barka, A. and Dieterich, J. H. 1997. Progressive failure on the North Anatolian Fault since 1939 by earthquake stress triggering. *Geophysical Journal International*, 128; 594-604.
- Straub, C., Kahle H.G. and Schindler, C. 1997. GPS geologic estimates of the tectonic activity in the Marmara Sea region, NW Anatolia. *Jour. Geophys. Res.*, 102; 27587-27601.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75; 181-241.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. and Ketin, T. 1982. Remnants of a pre-late Jurassic ocean in northern Turkey, Fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys. *Geol. Soc. America Bull.*, 93; 932-936.
- Şengör, A.M.C., Satır, M. And Akkök, R. 1984. Timing of tectonic events in the Menderes massif, Western Turkey: Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3; 693-707.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. 1985. Strike-slip faulting related basin formation in zone of tectonic escape: Turkey as a case study, in *Strike-slip faulting Basin Formation*. K. T. Biddle, N. Christie-Blick, Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Mineral, 37; 227-264.

- Şengör, A.M.C. 1987. Cross faults differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting; examples from western Turkey, continental Extensional tectonics. *Geol. Soc., London, Spec. Puv.*, 28; 575-589.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Genç, T. and Zor, E. 2003. East Anatolian high plateau as a mantle supported north-south shortened domal structure. *Geophys. Res. Lett.*, 30, Issue 24; 1-8.
- Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., and Rangin, C. 2005. The North Anatolian Fault: A New Look, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33; 37-112.
- Taymaz, T., Jackson, J. and McKenzie, D. 1991. Active Tectonics of the North and Central Aegean Sea. *Geophys. Jour. Int.*, 106; 433-490.
- Taymaz, T., Westaway, R. and Reilinger, R. 2004. Active Faulting and Crustal Deformation in the Eastern Mediterranean Region, Special Issue of *Tectonophysics*, Vol: 391, Issues 1-4, Elsevier Publications, 375 p., Amsterdam.
- Taymaz, T., Yolsal, S. and Tok, H.E. 2007. "Source Rupture Processes of Mw 6.7 Kytheria Earthquake of January 8, 2006 and Synthesis of International EGELADOS and COLUMBOS Projects: Active Tectonics of the Aegean Sea, EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2007, 15-20 April 2007, Vienna-Austria.
- Tirifonov, V.G. 1995. World Map of Active Faults (Preliminary Results of Studies), *Quaternary International*, 25; 3-12.
- Uski, M. and Tuppurainen, A. 1996. A new local magnitude scale for the Finnish seismic network. *Tectonophysics*, 261; 23-37.
- Westaway, R. 1994. Present-day kinematics of the Middle East eastern Mediterranean. *Jour. Geophys. Res.*, 99; 12071-12090.
- Wu, Yih-Min., Allen, M.R. and Wu, Chien-Fu. 2005. Revised ML Determination for Crustal Earthquakes in Taiwan, 6; 2517-2524.
- Wong, H.K., Lüdmann, T., Uluğ, A. and Görür, N. 1995. The sea of Marmara: a plate boundary sea in an escape tectonic regime. *Tectonophysics*. 244; 231-250.
- Wright, T.J., Parsons, B.E., Jackson, J.A., Haynes, M., Fielding, E.J., England, P.C and Clarke, P.J. 1999. Source parameters of the 1 October 1995 Dinar (Turkey) earthquake from SAR interferometry and seismic bodywave modelling. *Earth and Planetary Science Letters*, 172; 23-37.
- Yaltrak, C. 2000. Marmara Problemi, 1. Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı. 30 Mayıs-2 Haziran 2000. s. 60-61; Ankara.

- Yaltırak, C., Alpar, B., Sakıncı, M. and Yüce, H. 2000. Origin of the Strait of Çanakkale (Dardanelles): regional tectonics and the Mediterranean-Marmara incursion. *Marine Geology*, 164; 139-156.
- Yılmaz, Y., Güner, Y. and Şaroğlu, F. 1998. Geology of the Quaternary volcanic centers of the east Anatolia", *Jour. Volc. Geotherm. Res.*, 85; 173-210.
- Yolsal, S. and Taymaz, T. 2004. Seismotectonics of the Cyprus Arc and Dead-Sea Fault Zone: Eastern Mediterranean, Session T14: Convergent Plate Tectonics of the Mediterranean, *EOS Transactions AGU*, 85 (47), Fall Meeting Supplements, Abstract T52B-06, Moscone Convention Center, San Fransisco-California, USA.
- Yolsal, S. and Taymaz, T. 2005. Potential source regions of earthquakes and tsunamis along the Hellenic and Cyprus arcs, eastern Mediterranean, International Symposium on the Geodynamics of Eastern Mediterranean: Active Tectonics of the Aegean Region, Abstract Book: p. 240, Kadir Has University, 15-18 June, 2005, İstanbul, Turkey.
- Yolsal, S. and Taymaz, T. 2007. Source mechanism and rupture histories of the recent Gulf of Gökova and Sigacik Bay earthquakes", *EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2007*, 15-20 April 2007, Vienna-Austria.
- Yolsal, S., Taymaz, T. and Yalçiner, A.C. 2007b. Source Characteristics of Earthquakes along the Hellenic and Cyprus Arcs and Simulation of Historical Tsunamis, *EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2007*, 15-20 April 2007b, Vienna-Austria.
- Yolsal, S., Taymaz, T. and Yalçiner, A.C. 2007. Understanding tsunamis, potential source regions and tsunami-prone mechanisms in the Eastern Mediterranean, *Geological Society, London, Special Publications*, 291; 201-230.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ömer KILIÇARSLAN

Doğum Yeri : ANKARA

Doğum Tarihi : 04.01.1986

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Sokullu Mehmet Paşa Lisesi (Y.D.A) (Ankara) (2003)

Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği
(2009)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği
Anabilim Dalı (Şubat 2013-Şubat 2015)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2012 -)