

**GERÇEK DEPREM KAYITLARININ TBDY 2018'E GÖRE
SEÇİLMESİ VE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**

ALİ USLU

ŞUBAT 2022

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GERÇEK DEPREM KAYITLARININ TBDY 2018'E GÖRE
SEÇİLMESİ VE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**



ALİ USLU

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

ŞUBAT 2022

DİYARBAKIR

GERÇEK DEPREM KAYITLARININ TBDY 2018'E GÖRE SEÇİLMESİ VE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Ali USLU tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Yapı Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Doç. Dr. Ercan IŞIK (*)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis Eren Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ (**)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Senem YILMAZ ÇETİN
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi



Savunma Tarihi: 18 / 02 / 2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Ali USLU

İmza:

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimimin her aşamasında, hiçbir konuda destek ve yardımlarını esirgemeyen, her türlü bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım ve öğrencisi olmaktan büyük onur duyduğum danışman hocam Sayın. Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ'ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca tezin yazımındaki destekleri ve yol göstericiliği için Dr. Öğr. Üy. İbrahim Behram UĞUR'a teşekkürlerimi sunarım.

SeismoMatch yazılımının kullanılmasında akademik lisansı sundukları için Seismosoft Earthquake Engineering Software Solutions' a teşekkür ederim.

Tez yazma sürecindeki anlayışları ve fedakârlıklarından dolayı sevgili eşime ve biricik oğluma minnettarlığımı bildiririm.

Son olarak, yaşamım boyunca her zaman yanımda olan, bütün eğitim-öğretim sürecinde benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme ve babama sonsuz saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xiii
ÖZET.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	7
3.1 Deprem Yer Hareketi.....	7
3.1.1 Deprem tehlike haritaları.....	7
3.1.2 Deprem yer hareketi düzeyleri	12
3.1.3 Standart deprem yer hareketi spektrumları	13
3.2 Deprem Yer Hareketlerinin Zaman Tanım Alanında Tanımlanması	17
3.2.1 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz.....	17
3.2.2 Deprem kayıtlarının seçimi	18
3.2.3 Deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi.....	18
3.3 Kullanılan Program - Seismomatch	20
3.3.1 Seismomatch programının tanıtılması.....	20
3.3.2 İvme kayıtlarının yüklenmesi ve spektral eşleştirme	20
3.3.3 Verilerin okunması ve diyagramlar.....	29
3.4 İvme Kayıtlarının İndirilmesi, Seçimi ve İvme Kaydı Setleri.....	36
3.4.1 İvme kayıtlarının indirilmesi ve seçimi.....	36
3.4.2 Deprem kaydı kataloğu	39

3.4.3 İvme kaydı setleri oluşturma stratejisi	42
3.5 Lokasyonlar ve Harita Spektral İvme Katsayıları	43
4. BULGULAR VE TARTIşMA	46
4.1 - 1 Nolu Lokasyon İçin İvme Kaydı Seti Oluşturulması.....	46
4.2 -2 Nolu Lokasyon İçin İvme Kaydı Seti Oluşturulması.....	53
4.3 -3 Nolu Lokasyon İçin İvme Kaydı Seti Oluşturulması.....	60
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	69
EKLER.....	71
ÖZGEçMİş	90

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3. 1 Güncel Türkiye Deprem Tehlike Haritası	7
Şekil 3. 2 Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması arayüzü ...	8
Şekil 3. 3 Uygulamanın ‘‘Raporlama’’ penceresi.....	8
Şekil 3. 4 Özet rapor- Kullanıcı girdileri	9
Şekil 3. 5 Özet rapor- Çıktılar	9
Şekil 3. 6 Özet rapor- Tasarım spektrumları	10
Şekil 3. 7 Diri faylara olan uzaklığın bulunması-1.adım	10
Şekil 3. 8 Diri faylara olan uzaklığın bulunması-2.adım	11
Şekil 3. 9 Diri faylara olan uzaklığın bulunması-3.adım	12
Şekil 3. 10 Yatay elastik tasarım spektrumu	16
Şekil 3. 11 Düşey elastik tasatırım spektrumu	17
Şekil 3. 12 Seismomatch arayüzü	20
Şekil 3. 13 Seismomatch-deprem ivme kayıtlarının yüklenmesi.....	21
Şekil 3. 14 Seismomatch-tekli ivme kaydı yükleme parametreleri giriş penceresi ...	22
Şekil 3. 15 Seismomatch-çoklu ivme kaydı yükleme parametreleri giriş penceresi..	23
Şekil 3. 16 SeismoMatch’e yüklenmiş örnek bir kaydın ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman diyagramları.....	23
Şekil 3. 17 SeismoMatch’e yüklenmiş örnek bir kaydın zaman, ivme, hız ve yer değiştirme verileri	24
Şekil 3. 18 SeismoMatch’te yüklenmiş örnek bir kaydın tepki spektrumu	25
Şekil 3. 19 SeismoMatch’te yüklenmiş örnek bir kaydın tepki spektrumu verisi	25
Şekil 3. 20 Seismomatch-hedef spektrumun tanımlanması-1.adım	26
Şekil 3. 21 Seismomatch-hedef spektrum bilgilerinin girilmesi	27
Şekil 3. 22 Seismomatch-spektral eşleştirme bölümü.....	28
Şekil 3. 23 Seismomatch-spektral eşleştirme sonuçları	29
Şekil 3. 24 Deprem kayıtlarının orijinal ivme-zaman diyagramı ile eşleştirilmiş ivme-zaman diyagramları	30
Şekil 3. 25 Kayıtların orijinal ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman diyagramları	30
Şekil 3. 26 Kayıtların eşleştirilmiş ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman diyagramları	31

Şekil 3. 27 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş ivme, hız ve yer değiştirme değerlerinin karşılaştırıldığı diyagram	32
Şekil 3. 28 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş ivme, hız ve yer değiştirme değerleri.....	32
Şekil 3. 29 İvme kayıtlarının orijinal tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun yer aldığı diyagram	33
Şekil 3. 30 İvme kayıtlarının eşleştirilmiş tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun yer aldığı diyagram	33
Şekil 3. 31 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun bulunduğu diyagram.....	34
Şekil 3. 32 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş tepki spektrumu verilerinin olduğu tablo.....	35
Şekil 3. 33 Eşleştirilmiş ivme kayıtlarının ortalama tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun bulunduğu diyagram.....	35
Şekil 3. 34 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş yer hareketi parametrelerinin olduğu tablo.....	36
Şekil 3. 35 Lokasyonların batısındaki diri faylar	37
Şekil 3. 36 Lokasyonların kuzeyindeki diri faylar	38
Şekil 3. 37 Tarama parametrelerinin PEER veri tabanında tanımlanması.....	39
Şekil 3. 38 Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulamasında, 1 nolu lokasyon bilgilerinin tanımlanması	43
Şekil 3. 39 -1 numaralı lokasyona ait çıktı bilgileri	44
Şekil 3. 40 -2 numaralı lokasyona ait çıktı bilgileri	44
Şekil 3. 41 -3 numaralı lokasyona ait çıktı bilgileri	45
Şekil 4. 1 Sette yer alan ivme kayıtlarının orijinal spektrumu ve 1 nolu lokasyonun tasarım spektrumu	51
Şekil 4. 2 Sette yer alan ivme kayıtlarının dönüştürülmüş spektrumu ve 1 nolu lokasyonun tasarım spektrumu.....	52
Şekil 4. 3 Dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ortalama spektrumu ve 1 nolu lokasyonun tasarım spektrumu	52
Şekil 4. 4 Sette yer alan ivme kayıtlarının orijinal spektrumu ve 2 nolu lokasyonun tasarım spektrumu	58

Şekil 4. 5 Sette yer alan ivme kayıtlarının dönüştürülmüş spektrumu ve 2 nolu lokasyonun tasarım spektrumu.....	59
Şekil 4. 6 Dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ortalama spektrumu ve 2 nolu lokasyonun tasarım spektrumu	59
Şekil 4. 7 Sette yer alan ivme kayıtlarının orijinal spektrumu ve 3 nolu lokasyonun tasarım spektrumu	65
Şekil 4. 8 Sette yer alan ivme kayıtlarının dönüştürülmüş spektrumu ve 3 nolu lokasyonun tasarım spektrumu.....	65
Şekil 4. 9 Dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ortalama spektrumu ve 3 nolu lokasyonun tasarım spektrumu	66



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3. 1 Kısa periyot bölgesi için zemin etki katsayıları.....	14
Tablo 3. 2 1 saniye periyot için zemin etki katsayıları	14
Tablo 3. 3 İndirilen deprem kayıtlarının bilgisi	40
Tablo 3. 4 Lokasyon bilgileri	43
Tablo 3. 5 Lokasyonların harita spektral ivme katsayıları	45
Tablo 4. 1 – 1 nolu lokasyon için dönüştürülmüş ivme kayıt sonuçları	46
Tablo 4. 2 – 1 nolu lokasyon için oluşturulan ivme kaydı seti	51
Tablo 4. 3 – 2 nolu lokasyon için dönüştürülmüş ivme kayıt sonuçları	53
Tablo 4. 4 – 2 nolu lokasyon için oluşturulan ivme kaydı seti	58
Tablo 4. 5 – 3 nolu lokasyon için dönüştürülmüş ivme kayıt sonuçları	60
Tablo 4. 6 – 3 nolu lokasyon için oluşturulan ivme kaydı seti	64

EKLER LİSTESİ

Ek 1-1 nolu lokasyona ait ivme kaydı setindeki kayıtların ivme-zaman grafikleri	72
Ek 2-2 nolu lokasyona ait ivme kaydı setindeki kayıtların ivme-zaman grafikleri	78
Ek 3-3 nolu lokasyona ait ivme kaydı setindeki kayıtların ivme-zaman grafikleri	84



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
F_S	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
g	Yerçekimi ivmesi
$S_{ae}(T)$	Yatay elastik tasarım spektral ivmesi (g)
$S_{aeD}(T)$	Düşey elastik tasarım spektral ivmesi (g)
$S_{de}(T)$	Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirme (m)
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S_{D1}	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S_S	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S_1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
T	Doğal titreşim periyodu (s)
T_A	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_{AD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_B	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_{BD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_L	Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu (s)
T_{LD}	Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu (s)
T_p	Binanın hakim doğal titreşim periyodu (s)
$(V_S)_{30}$	Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası (m/s)

Kısaltma**Açıklama**

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
ASCE	American Society of Civil Engineers
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DD-1	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1
DD-2	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2
DD-3	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3
DD-4	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4
GA	Genetic Algorithm
PEER	Pacific Earthquake Engineering Research Center
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

ÖZET

GERÇEK DEPREM KAYITLARININ TBDY 2018'E GÖRE SEÇİLMESİ VE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

USLU, Ali

Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ

Şubat 2022, 107 sayfa

Yapıların sismik analizinde en önemli unsurlardan biri de ivme kayıtlarıdır. Analizlerde kullanılacak ivme kayıtlarının doğru seçimi, yapıların deprem etkisi altında göstereceği tepki ile ilgili daha gerçekçi bilgiler elde edilmesini sağlamaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY 2018), yapıların tasarım spektrumuyla uyumlu ivme kayıtlarının kullanılması istenmektedir. Tasarım spektrumuyla aynı ivme kayıtlarının seçilmesi neredeyse imkânsızdır. Bu yüzden ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesi veya dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, literatürde yaygın tercih edilen basit ölçeklendirme yönteminin aksine deprem kayıtlarının spektral dönüşüm sağlanacak şekilde dönüştürülmesi ele alınmıştır. Tezin amacı, spektral uyum sağlanacak şekilde dönüştürülmüş gerçek deprem kayıtları arasından orijinalliğinin mümkün oldukça korunduğu ve hedef tepki spektrumuyla uyumunun maksimum olduğu kayıtların bulunarak analizlerde kullanılabilecek ivme kaydı setlerinin oluşturulmasıdır. Diyarbakır/ Merkez özelinde fay tipi, deprem büyüklüğü, istasyona olan uzaklık gibi parametreler dikkate alınarak Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER) veri tabanından 200 ivme kaydı alınmıştır. DD-2 deprem düzeyi ile birlikte ZB, ZC ve ZD zemin sınıfına sahip her bir lokasyonun tasarım spektrumu SeismoMatch programında hedef tepki spektrumu olarak tanımlanmış, veri tabanından alınan ivme kayıtları programa girilmiş ve bu kayıtlar spektrumla uyumlu olacak şekilde dönüştürülmüştür. Dönüştürülmüş ivme kayıtlarına ait spektrumların hedef spektrumla olan ortalama uyumsuzluk ve maksimum uyumsuzluk verileri ile birlikte, dönüştürülmeye kullanılan iterasyon sayısı SeismoMatch programında analiz edilerek seçilecek ivme kayıtları için farklı bir strateji uygulanmıştır. TBDY 2018'de ivme kaydı setlerinde üçten fazla kayıt olmaması koşulu da dikkate alınarak üç lokasyon için katalogdaki kayıtlardan oluşan bir ve iki boyutlu analizlerde kullanılabilecek en uygun ivme kaydı setleri oluşturulmuştur. Oluşturulan ivme kaydı setlerinde kullanılan iterasyon sayısı ve uyumsuzluk yüzdeleri dikkate alındığında kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, her üç set için dönüştürülen ivme kayıtları spektrumlarının ortalamaları tasarım spektrumu ordinatlarından küçük çıkmamıştır. Bu şekilde TBDY 2018'de istenilen koşula da uyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İvme kaydı, Tepki spektrumu, Spektral uyum

ABSTRACT

SELECTING AND CONVERTING OF REAL EARTQUAKE RECORDS ACCORDING TO TBEC 2018

USLU, Ali

Master of Science in Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Emin ONCU

February 2022, 107 pages

One of the most important elements in seismic analysis of structures is using acceleration records. The correct selection of acceleration records to be used in the analyses provides more realistic information about the reaction of the structures under the influence of earthquakes. Turkish Building Earthquake Code (TBEC 2018) requires to use of acceleration records compatible with the design spectrum of the structures in time history analysis. It is almost impossible to select the same acceleration records as the design spectrum. Therefore, acceleration records need to be scaled or converted. In this study, it is evaluated to convert earthquake records to provide spectral transformation instead of the simple scaling method widely preferred in the literature. The thesis aims to create acceleration recording sets that can be used in the analysis by finding records whose authenticity is preserved as much as possible and where the match with the target response spectrum is maximum among the actual earthquake records. 200 acceleration records were obtained from the Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) database taking into account parameters such as fault type, earthquake magnitude, and distance to the fault for Diyarbakır city. For the DD-2 earthquake ground motion level, the design spectrum of each location with ZB, ZC, and ZD ground class was defined as the target response spectrum in the SeismoMatch, the acceleration records from the database were converted to be compatible with the spectrum. In combination with the average mismatch and maximum mismatch data of the spectrums belonging to the converted acceleration records, a different strategy was applied for the acceleration records to be selected by analyzing the number of iterations used in the converting in the SeismoMatch. In TBEC 2018, the most suitable acceleration recording sets were created for three locations that can be used in one- and two-dimensional analyses of the records in the catalog, taking into account the fact that there are no more than three records in the acceleration recording sets. Acceptable results were obtained when the number of iterations and mismatch percentages used in the acceleration recording sets were taken into account. In addition, the averages of the acceleration records spectrum converted for all three sets did not outage the design spectrum ordinates. In this way, the desired condition was observed in TBEC 2018.

Keywords: Acceleration record, Response spectrum, Spectral matching

1. GİRİŞ

Her yıl gerçekleşen depremler, aktif deprem kuşağı üzerinde yer alan ülkemizde ve gezegenimizde büyük yıkımlara yol açmakta, çeşitli sayıda can ve mal kaybına neden olmaktadır. Kayıplar ve hasarların fazla olması depremler üzerinde çalışmalar ve araştırmalar yapmayı zorunlu kılmıştır.

Bir doğa olayı olan depremleri önlemek imkânsızdır ama teknolojinin de yardımıyla depremlerde oluşacak hasarı yaklaşık olarak tespit etmek ve ona göre önlem almak mümkündür. Deprem etkisi altında yapıların analizi ilk yapılması gereken adımlardan birisi olacaktır. Yapıların analizinde ise en önemli etkenlerden biri ivme kayıtlarıdır. Çünkü ivme kayıtları deprem etkisini doğrudan yansıtır. Bu yüzden de ivme kayıtlarının doğru seçilmesi ve ölçeklendirilmesi, deprem mühendisliğinde önemli konulardan birisi olmuştur.

Yapı analizlerinde kullanılacak ivme kayıtlarının doğru seçimi, yapıların depremde göstereceği tepki hakkında daha gerçekçi bilgiler sunacaktır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY), yapıların tasarım spektrumuyla uyumlu ivme kayıtlarının kullanılması istenmektedir. Tasarım spektrumuyla aynı ivme kayıtlarının seçilmesi neredeyse imkânsızdır. Bu yüzden ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesi veya dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, literatürde sık tercih edilen basit ölçeklendirme yönteminin aksine, deprem kayıtlarının spektral dönüşüm sağlanacak şekilde dönüştürülmesi konusu ele alınmıştır.

Tezin genel amacı, spektral uyum sağlanacak şekilde dönüştürülmüş gerçek deprem kayıtları arasından, orijinalliğinin mümkün oldukça korunduğu ve hedef tepki spektrumuyla uyumunun maksimum olduğu kayıtların bulunarak analizlerde kullanılabilecek ivme kaydı setlerini oluşturmaktır.

Diyarbakır/ Merkez özelinde fay tipi, deprem büyüklüğü, istasyona olan uzaklık gibi parametreler dikkate alınarak Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER) veri tabanından 200 ivme kaydı indirilmiştir. ZB, ZC ve ZD zemin sınıfına sahip her bir lokasyonun tasarım spektrumu SeismoMatch programında hedef tepki spektrumu olarak tanımlanmış, indirilmiş olan ivme kayıtları programda okunmuş ve

bu kayıtlar spektrumla uyumlu olacak şekilde 0.05-3 saniye periyot aralığında dönüştürülmüştür.

Dönüştürülmüş ivme kayıtlarına ait spektrumların hedef spektrumla olan ortalama uyumsuzluk ve maksimum uyumsuzluk verileri ile birlikte, dönüştürülme sırasındaki iterasyon sayısı SeismoMatch programında analiz edilerek seçilecek ivme kayıtları için farklı bir strateji uygulanmıştır.

Tez çalışmasında ilk amaç, gerçek deprem kayıtlarının orijinalliğinin korunarak ölçeklendirme işleminin yapılması olduğu için; oluşturulan ivme setlerinde öncelikle en az iterasyona uğramış deprem kayıtları seçilmiş, sonrasında ise hedef kayıtlarla olan uyuşum gözetilmiştir. TBDY’de, oluşturulan ivme setlerinde üçten fazla kayıt olmaması gerekliliği de dikkate alınarak üç lokasyon için katalogdaki kayıtlardan oluşan en uygun ivme kaydı setleri oluşturulmuştur. Bununla birlikte, ölçeklendirme periyodu (0-3s) geniş tutulduğu için seçilen lokasyonlara yakın (Diyarbakır/Merkez) yerler için yapılacak bir ve iki boyutlu analizlerde (ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı) kullanılabilecek “hazır ivme kaydı setleri” de tez kapsamında paylaşılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İvme kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesiyle ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Mukherjee ve Gupta (2002) çalışmalarında, yapısal sistemlerin lineer ve lineer olmayan zaman tanım alanı analizleri için spektrum uyumlu sentetik kayıtların üretimine ilişkin problemlerle ilgilenmişlerdir. Kaydedilmiş bir ivmeyi örtüşmeyen frekans içerikleriyle, istenen sayıda kayıtlara dönüştürmek için dalgacık tabanlı bir analiz kullanmışlardır. Her bir deprem kaydının tasarım tepki spektrumu ile uyumlu hale getirilmesi amacıyla, kayıtlar uygun bir şekilde ölçeklendirilmiştir. Bu yinelemeli prosedürün altında yatan ana fikrin, kaydedilmiş bir ivme kaydı baz alınarak, frekans içeriğindeki varyasyonların sentezlenmiş ivme kaydına aktarılması şeklinde olduğunu dile getirmişlerdir. Önerilen prosedür, aynı tasarım spektrumu ile uyumlu olacak şekilde çok farklı özelliklere sahip beş adet kaydedilmiş ivme kaydının değiştirilmesiyle gösterilmiştir.

Kurama ve Farrow (2003) çalışmalarında, doğrusal olmayan tek serbestlik dereceli ve doğrusal olmayan çok serbestlik dereceli sistemlerde kullanılacak ölçeklendirme yöntemlerinde farklı saha koşullarını (zemin profili ve merkez üssü uzaklığı) ve farklı yapısal özellikleri (periyot, akma dayanımı ve histeretik davranış) değerlendirmişlerdir. Sert zeminler ve uzak alan koşullarını temsil eden yer hareketleri için iyi sonuçlar veren ölçeklendirme yöntemlerinin, yumuşak zemin ve yakın alan koşulları için etkinliğini kaybettiği gösterilmiştir.

Naeim vd. (2004), deprem kaydının önce seçildiği ve ardından tasarım spektrumuna uyacak şekilde ölçeklendirildiği yaygın ölçekleme yöntemlerinin aksine, “Genetik algoritma” yöntemi ile binlerce yer-ivme hareket kayıtlarından, tasarım spektrumu ile en uyumlu kayıtların bulunabileceğinden bahsetmişlerdir. Kayıtlar üzerinde çok az değişiklikler yapıldığını ve elde edilen sonuçların güvenilir olduğunu belirtmişlerdir.

Hancock vd. (2006), tepki spektrumlarıyla uyumlu kayıtlar oluşturulması amacıyla, dalgacıkların (wavelets) kullanıldığı RspMatch programına değinmişlerdir. Program

ile çeşitli sönüm oranları dikkate alınarak ivme ve yer değiştirme kayıtları, hedef spektrumla uyum sağlanacak şekilde dönüştürülmüştür.

Mollaioli ve Bruno (2008), hem tek serbestlik dereceli hem de çok serbestlik dereceli sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerini değerlendirmişlerdir. Geniş bir ivme kaydı seti kullanılarak yapılan analiz sonuçlarıyla deprem büyüklüğü, kayıt istasyonunun deprem kaynağına olan uzaklığı, yerel zemin durumu gibi çeşitli parametrelerin etkisi araştırılmıştır.

Hancock vd. (2008), sekiz katlı çok serbestlik dereceli betonarme bir yapıyı dikkate alarak; beş farklı teknikle seçilen ivme kayıtlarıyla, yapıdaki hasar ve maksimum ötelenmeleri değerlendirmişlerdir.

Fahjan (2008), Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) ile uyumlu deprem kayıtları ile ilgili ilk çalışmaları yapmıştır. Zaman tanım alanında ölçeklendirme yöntemlerini kullanarak, 0,01 s ile 5 s periyot aralığında her biri 10 adet kayıttan oluşan ivme kaydı setleri elde etmiştir.

Katsanos vd. (2010) yaptıkları çalışmada, ivme kaydı setlerinin oluşturulmasındaki mevcut alternatifleri karşılaştırmalı bir şekilde değerlendirmişlerdir. Mevcut yöntemlerin ve yönetmeliklerin gerçeğe kıyasla oldukça basitleştirilmiş olduğunu, deprem kayıtlarının seçimiyle ilgili belirsizlikleri ve zorlukları vurgulamışlardır.

Iervolino vd. (2010), Eurocode-8 ile uyumlu tepki spektrumlarını otomatik oluşturabilen bir program geliştirmiştir. REXEL adını verdikleri bu programın deprem kayıt seçim kriterlerine ve yazılımda uygulanan algoritmalara değinmişlerdir.

O'Donnell vd. (2011), çalışmalarında; tek serbestlik dereceli sistemlerin lineer olmayan zaman tanım alanında analizleri için gerekli olan yer ivmeleri kayıtlarının ölçeklendirilmesi metodlarını deneylerle değerlendirmişlerdir. Deney sonuçları temel alınarak, gerçek deprem kayıtlarının kullanılmasının; lineer olmayan dinamik davranış üzerinde, yanal dayanımın dikkate alınması ve yapı özelliklerinin hesaba katılması ile

mühendislik uygulamaları için yer hareketlerinin doğru bir şekilde seçilmesi ve ölçeklendirilmesini sağlayacak metotlar ve yönetmelikleri sunmayı hedeflemişlerdir.

Shama (2012), çalışmasında deprem ivme kayıtlarını tasarım spektrumu ile uyumlu hale getirebilecek, zaman tanım alanında bir spektral eşleştirme yöntemini konu edinmiştir. Çalışmasında, sürekli bir dalga dönüşüm algoritması yardımıyla, deprem yer hareket kaydı farklı frekanslardaki dalga bileşenlerine ayrılmıştır. Elde edilen kaydın, yönetmelik tasarım spektrumu ile uyumlu olabilmesi için yer hareket kaydı tekrarlı olarak ölçeklendirilmiştir. Yöntemde kullanılan Morlet dalgacığının spektral eşleştirme için ana dalgacığı temsil etmede başarılı olduğu belirlenmiştir. Bu yöntem kullanılarak, bir dizi deprem kaydı farklı bölgelere ait ASCE-7 standartları tasarım spektrumlarına uyumlu hale getirilmiştir.

Kayhan (2012) çalışmasında, sezgisel armoni araştırması optimizasyon tekniğini kullanarak DBYBHY’de tanımlanmış farklı zemin sınıflarına ait tasarım spektrumları ile uyumlu zaman tanım alanında ölçeklendirilmiş ivme kayıtlarından deprem kaydı setleri elde etmiştir. Bu yöntemle ivme kaydı setleri, PEER veri tabanından farklı parametreler dikkate alınarak indirilen ivme kayıtlarından oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlarla, armoni araştırması optimizasyon tekniğinin deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesinde etkili bir yöntem olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

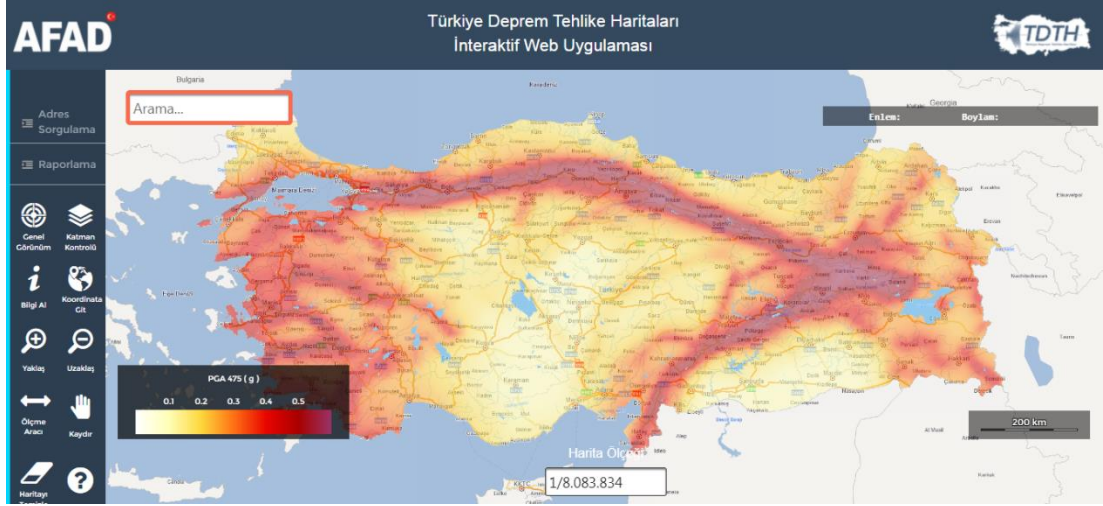
Zhai vd. (2013) düşük ve orta yükseklikteki betonarme çerçeve yapıları için farklı ivme kayıtlarını dikkate alarak, korelasyon analizleri yapmışlardır. Analizlerle şiddet ölçüm parametreleri kıyaslanmıştır.

Katsanos ve Sextos (2013), sonlu elemanlar yöntemiyle uyumlu Matlab tabanlı ISSARS adlı bir yazılım geliştirmişlerdir. Yazılımla birlikte kritik yapısal tepki miktarlarının değişkenliği hesaba katılarak, daha uygun deprem yer hareketlerinin seçilmesi amaçlanmıştır.

Ha ve Han(2016), yer hareketi seçimi için; tepki spektrum ortalaması, standart sapma ve kolerasyonun dikkate alındığı basit ve anlaşılır bir yöntem önermişlerdir. Önerilen

yöntemin doğruluğu ve tutarlılığı, yöntemle seçilen yer hareketlerinin geleneksel yöntemlerle seçilen yer hareketleriyle karşılaştırılmasıyla kanıtlanmıştır.





Şekil 3. 2 Türkiye Deprem Tehlike Haritaları Interaktif Web Uygulaması arayüzü

Uygulamanın “Raporlama” menüsünden açılacak pencerede (Şekil 3.3), enlem ve boylam bilgisi girildikten ya da haritadan nokta seçildikten sonra deprem yer hareketi düzeyi ve zemin sınıfı bilgileri de tanımlanır ve sonuç raporlarına ulaşılır.

Şekil 3. 3 Uygulamanın “Raporlama” penceresi

Değerler hesaplandıktan sonra oluşturulan özet raporlar Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

[Detaylı Raporu Göster](#) [Yazdır](#)

Rapor Başlığı:	Deneme	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar
Enlem:	37.996514°	
Boylam	40.248372°	

Şekil 3. 4 Özet rapor- Kullanıcı girdileri

Çıktılar

$S_S = 0.342$	$S_1 = 0.138$	$S_{DS} = 0.308$	$S_{D1} = 0.110$
$PGA = 0.152$	$PGV = 10.967$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

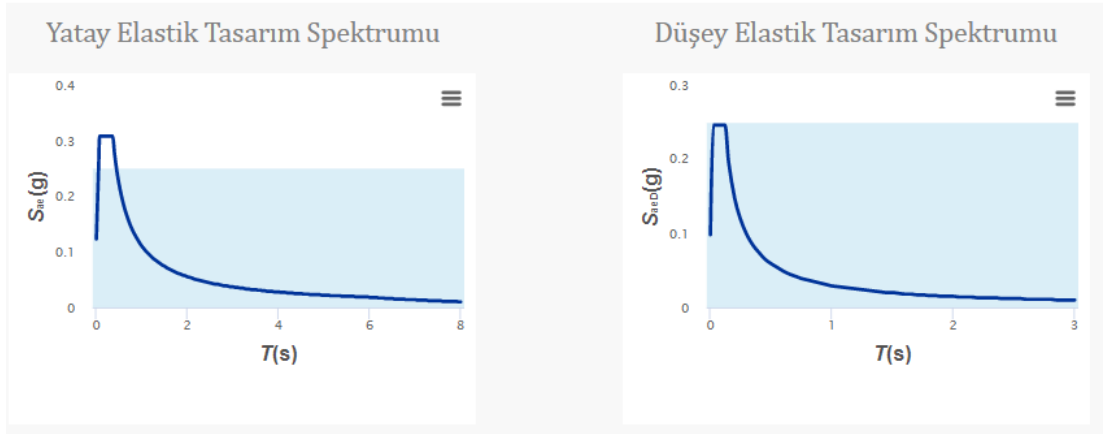
S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

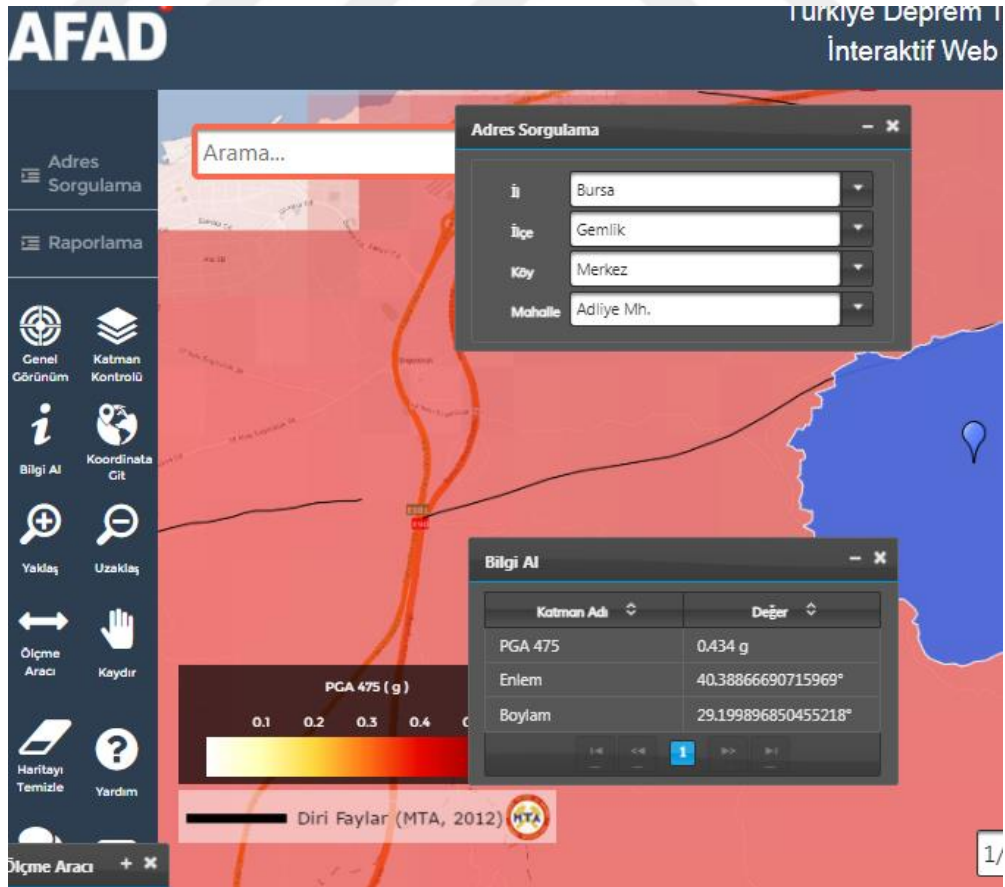
PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 3. 5 Özet rapor- Çıktılar



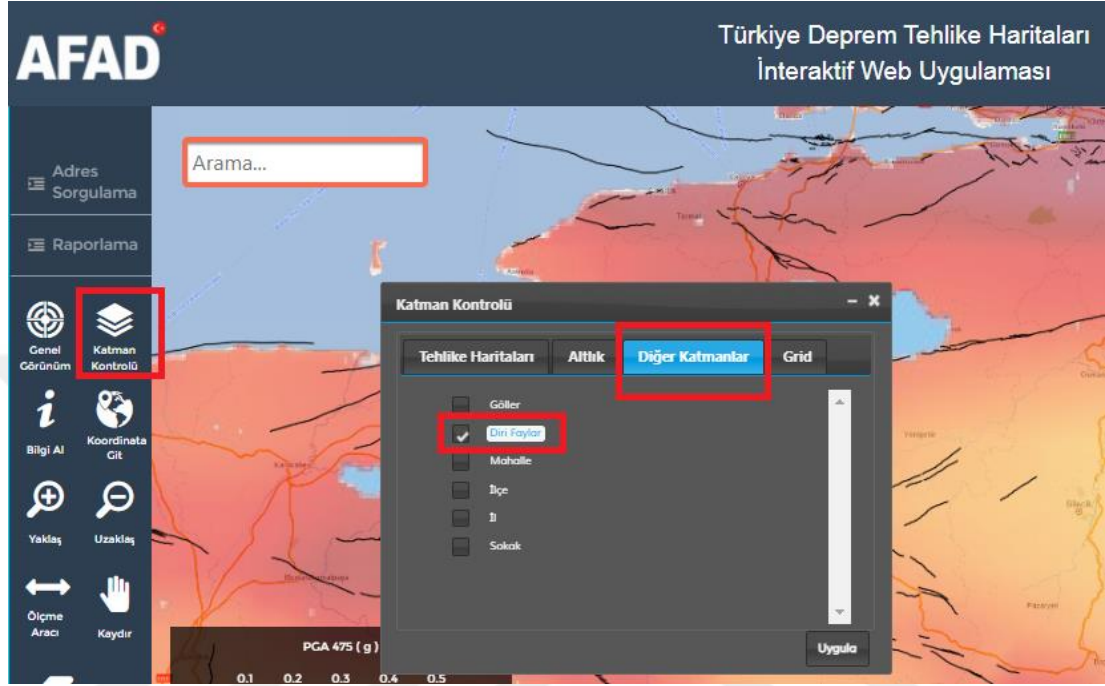
Şekil 3. 6 Özet rapor- Tasarım spektrumları

Ayrıca; uygulama ile diri faylara bakılabilir, herhangi bir lokasyonun bu faylara uzaklığı kabaca hesaplanabilir. Sol tarafta bulunan “Adres Sorgulama” butonundan sorgulamak istenilen İl, İlçe, Köy, Mahalle bilgileri girilir ve yine sol tarafta bulunan “Bilgi al” butonu ile haritadan sorgulamak istenilen konum işaretlenir (Şekil 3.7).



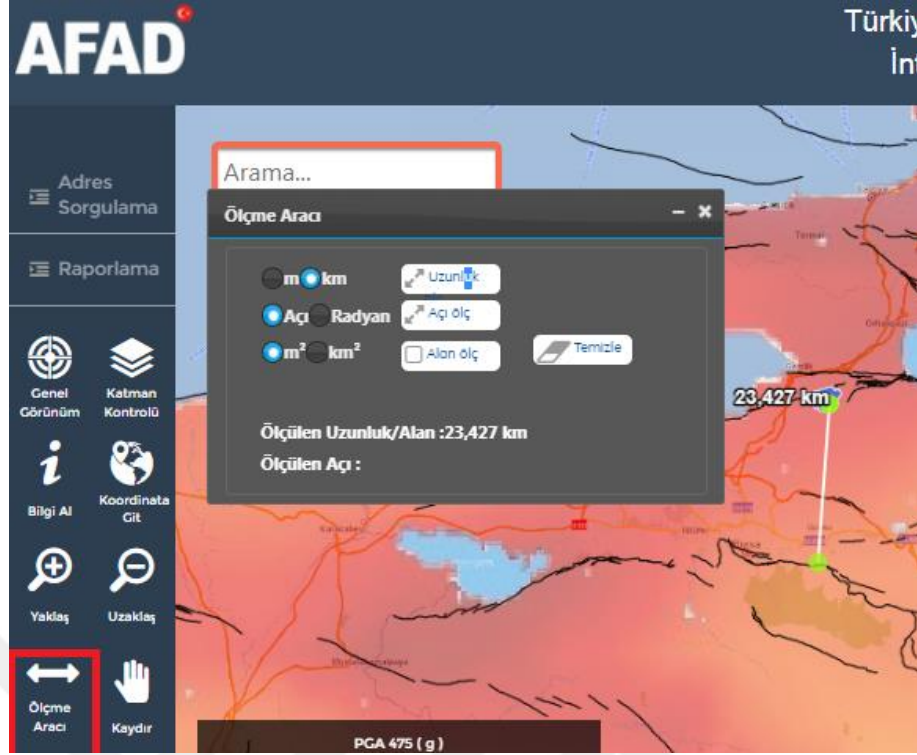
Şekil 3. 7 Diri faylara olan uzaklığın bulunması-1.adım

Sol tarafta bulunan “Katman Kontrolü” menüsüne tıkladıktan sonra çıkan kutudan “Diğer Katmanlar” sekmesini seçilir. Sekmenin içerisinde bulunan “Diri Faylar” kutusunu işaretlenir ve uygula butonuna tıklanır (Şekil 3.8).



Şekil 3. 8 Diri faylara olan uzaklığın bulunması-2.adım

Son olarak sol taraftaki ölçme aracı kullanılarak işaretlenilen konumun diri faya olan uzaklığı ölçülebilir (Şekil 3.9).



Şekil 3. 9 Diri faylara olan uzaklığın bulunması-3.adım

3.1.2 Deprem yer hareketi düzeyleri

TBDY (2018)'de tanımlanan deprem yer hareketleri aşağıda sırasıyla verilmiştir:

3.1.2.1 Deprem yer hareketi düzeyi-1 (DD-1)

Yönetmelikte en büyük yer hareketi olarak da isimlendirilen DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve bu orana denk gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini belirtmektedir.

3.1.2.2 Deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2)

Yönetmelikte standart tasarım deprem yer hareketi olarak da isimlendirilen DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve bu orana denk gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini belirtmektedir.

3.1.2.3 Deprem yer hareketi düzeyi-3 (DD-3)

Yönetmelikte sık deprem yer hareketi olarak belirtilen DD-3 Deprem Yer Hareketinde spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %50 dir ve bu orana denk gelen tekrarlanma periyodu da 72 yıldır.

3.1.2.4 Deprem yer hareketi düzeyi-4 (DD-4)

Yönetmelikte servis deprem yer hareketi olarak da isimlendirilen DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve bu orana karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini belirtmektedir.

3.1.3 Standart deprem yer hareketi spektrumları

Deprem yer hareketi spektrumları, yönetmelikte tanımlı bir deprem yer hareketi düzeyi dikkate alınarak %5 sönüm oranı için yerel zemin etki katsayılarına ve harita spektral ivme katsayılarına bağlı, standart ya da sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile tanımlanırlar.

3.1.3.1 İvme katsayıları

Yönetmelikte, harita spektral ivme katsayıları; birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkisinin geometrik ortalamasına karşılık gelen, belirli bir deprem hareket düzeyi için referans zemin koşullarının dikkate alınarak ve de %5 sönüm oranı esas alınarak harita spektral ivme değerlerinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır.

Tasarım ivme katsayıları ise, aşağıdaki bağıntılarla bulunur:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_s F_s \\ S_{D1} &= S_1 F_1 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Burada:

“ S_{DS} ” kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı; “ S_s ” kısa periyot harita spektral ivme katsayısı; “ F_s ” kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı; “ S_{D1} ” 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı; “ S_1 ” 1.0 saniye periyot için harita

spektral ivme katsayısı; “F₁” 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı değeridir.

3.1.3.2 Yerel zemin etki katsayıları

Güncel yönetmelikte zeminler altı sınıfa ayrılmıştır. ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları için yerel zemin etki katsayıları sabittir ve yönetmelikte belirtilmiştir. Ancak ZF zemin sınıfının yerel zemin katsayısını bulmak için sahaya özel zemin davranış analizlerinin yapılması istenmektedir.

Kısa periyot bölgesi için zemin etki katsayıları Tablo3.1’de verilmiştir. İvme katsayılarının ara değerleri için enterpolasyon yapılmalıdır.

Tablo 3. 1 Kısa periyot bölgesi için zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F _s					
	S _s ≤ 0.25	S _s = 0.50	S _s = 0.75	S _s = 1.00	S _s = 1.25	S _s ≥ 1.50
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

1.0 saniye periyot için zemin etki katsayıları Tablo3.2’de verilmiştir. İvme katsayılarının ara değerleri için enterpolasyon yapılmalıdır.

Tablo 3. 2 1 saniye periyot için zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F ₁					
	S ₁ ≤ 0.10	S ₁ = 0.20	S ₁ = 0.30	S ₁ = 0.40	S ₁ = 0.50	S ₁ ≥ 0.60
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

3.1.3.3 Yatay elastik tasarım spektrumu

Dikkate alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım spektral ivmeleri (yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları), doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi cinsinden Denklem(3.2)'de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\ S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T) \end{aligned} \quad (3.2)$$

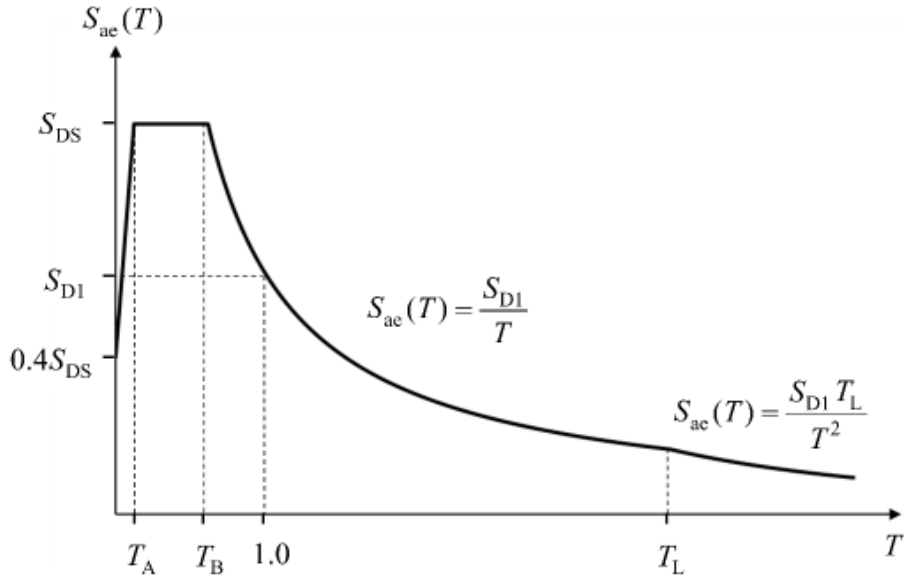
Burada:

“ $S_{ae}(T)$ ” yatay elastik tasarım spektral ivmesi; “ S_{DS} ” kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı; “ S_{D1} ” 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı; “ T ” doğal titreşim periyodu; “ T_A ” ve “ T_B ” yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, “ T_L ” yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu değeridir.

Köşe periyotları T_A ve T_B Denklem (3.3)'de gösterildiği gibi, tasarım spektral ivme katsayılarına bağlı olarak tanımlanır.

$$\begin{aligned} T_A &= 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ T_B &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Burada “ T_L ”, sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu 6 s alınacaktır.



Şekil 3. 10 Yatay elastik tasarım spektrumu

3.1.3.4 Düşey elastik tasarım spektrumu

Dikkate alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için düşey elastik tasarım spektral ivmeleri (düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları), doğal titreşim periyoduna ve yatay deprem yer hareketi için belirlenen kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak yerçekimi ivmesi cinsinden Denklem(3.4)'de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}
 S_{aeD}(T) &= \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_{AD}) \\
 S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} & (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \\
 S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} & (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

Burada:

“ $S_{aeD}(T)$ ” düşey elastik tasarım spektral ivmesi; “ S_{DS} ” kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı; “ T ” doğal titreşim periyodu; “ T_{AD} ” ve “ T_{BD} ” düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu; “ T_{LD} ” düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu değeridir.

Köşe periyotları T_{AD} ve T_{BD} ile geçiş periyodu T_{LD} değerleri Denklem (3.5)'de verilmiştir

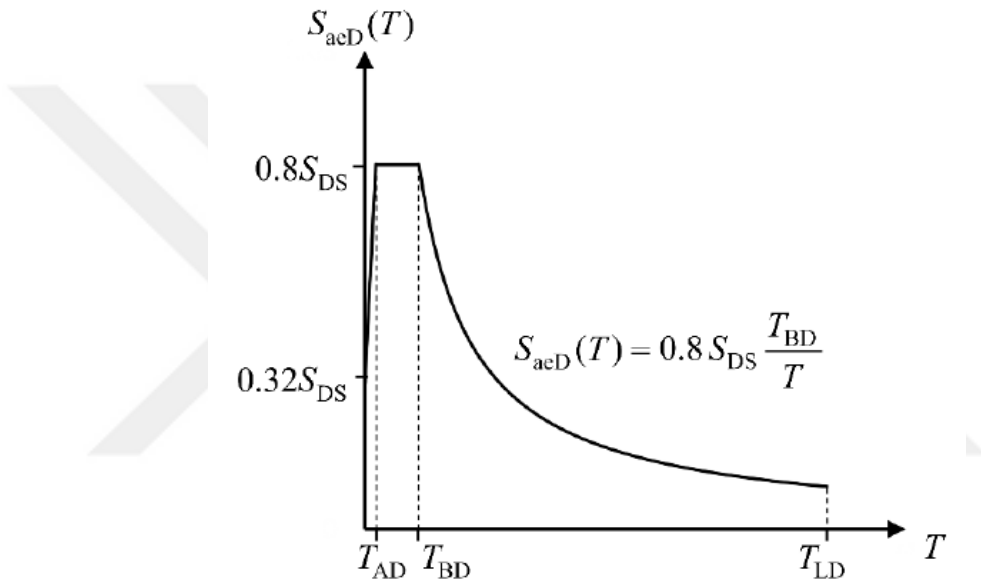
$$T_{AD} = \frac{T_A}{3}$$

$$T_{BD} = \frac{T_B}{3}$$

$$T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$

(3.3)

Düşey elastik tasarım spektrumu Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 11 Düşey elastik tasatırım spektrumu

3.2 Deprem Yer Hareketlerinin Zaman Tanım Alanında Tanımlanması

3.2.1 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, malzemenin doğrusal olmayan davranışını ve yapıya gelen yüklerin zaman bağlı değişkenliklerini dikkate alan analiz yöntemidir. Bu yöntem ile yapının taşıyıcı sistem hareket denklemleri, deprem yer hareketi etkisinde zamana bağlı adım adım çözülmektedir. Uygulanan her adımda sistemdeki şekil değiştirmeler, yer değiştirmeler, dönmeler ve iç kuvvetler hesaplanır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi, deprem tepki parametrelerinin tahmininde en gerçekçi yöntemdir ve bu yüzden de en çok kullanılan yöntemlerden biridir.

3.2.2 Deprem kayıtlarının seçimi

Literatürde, yer hareket kayıtlarının elde edileceği üç farklı kaynak vardır. Bunlardan ilki, yapay kayıtlardır. Farklı yazılımlarla, istenilen periyot aralığında tepki spektrumuna çok benzeyen kayıtlar üretilebilir. İkincisi, zemin özellikleri ve yayılım ortamı dikkate alınarak sismolojik kaynak modellerinden elde edilen benzeştirilmiş kayıtlardır. Üçüncüsü ise, gerçekleşmiş depremlere ait gerçek deprem kayıtlarıdır.

Gerçek ivme kayıtları, diğer alternatif kayıtlara göre üstünlük sağlar. Çünkü bu kayıtlar, sahanın sismolojik parametreleri (faz, genlik ve frekans) hakkında daha gerçekçi bilgiler sunar ve zemin, yayılım ortamı gibi faktörleri de dikkate alır.

Güncel yönetmelikte, deprem kayıtlarının seçiminde öncelik olarak gerçek deprem kayıtlarının kullanılması istenmektedir. Bu kayıtlar seçilirken; yer hareketi düzeyi, faya olan uzaklık, deprem büyüklüğü ve zemin koşulları dikkate alınmalıdır.

TBDY, gerçek deprem kayıtlarının dışında benzeştirilmiş deprem kayıtlarının kullanılmasına da olanak tanımaktadır:

Yeterli sayı veya nitelikte deprem kaydı seçiminin yapılamadığı durumlarda, zaman tanım alanında benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir. Bu tür kayıtların kullanılması durumunda, binanın bulunduğu sahanın sismik kaynak, dalga yayılım ve yerel zemin özellikleri göz önüne alınacaktır. Benzeştirme için kullanılacak model parametrelerinin, söz konusu bölgede meydana gelmiş depremlerde kaydedilmiş gerçek deprem kayıtları ile uyumlu olduğu gösterilecektir (TBDY, 2018).

TBDY’de, aynı depremden seçilecek kayıt ya da kayıt takımı sayısının üçü geçmemesi koşuluyla deprem kayıtları sayısının en az 11 olması gerektiği bildirilmektedir.

3.2.3 Deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi

Yönetmelikte, zaman tanım alanında ölçeklendirme için 2 yöntem vardır.

3.2.3.1 Basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirme

Bu yöntemde amaç, deprem kayıtlarını aynı miktarda büyütüp küçülterek (sabit bir sayıyla çarparak) hedef tepki spektrumuyla en uyumlu kayıtlara ulaşmaktır. Tek bir

kayıtla bu uyuşum istenilen seviyede olmayacaktır. Bu yüzden birden fazla deprem kaydı seçilmeli, bu kayıtların ortalama spektrumlarının tepki spektrumuyla uyumlu ve yönetmeliğe uygun olmasına çalışılmalıdır. Uygulanan bu yöntemle sadece kayıtların genliği değişecek, frekans içeriği değişmeyecektir.

Yönetmeliğe göre; hesapta kullanılacak deprem kayıtları, basit ölçeklendirme yöntemi ile aşağıdaki şekillerle elde edilebilir:

Bir veya iki boyutlu hesap için seçilen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, yatay elastik tasarım spektrumu veya sahaya özel elastik ivme spektrumuna göre tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması kuralına göre, deprem yer hareketlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir (TBDY, 2018).

Üç boyutlu hesap için seçilen her bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilecektir. Seçilen tüm kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, yatay elastik tasarım spektrumu veya sahaya özel elastik ivme spektrumuna göre tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3'ten daha küçük olmaması kuralına göre deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir (TBDY, 2018).

3.2.3.2 Spektral uyuşum sağlanacak şekilde ölçeklendirme

Bu yöntemde amaç, seçilen deprem kaydı frekansına eklemeler yapılarak hedef tepki spektrumuyla nerdeyse bire bir uyuşan kayıtlar elde etmektir. Yöntemde iterasyon (yineleme sayısı) ne kadar artarsa, deprem kaydı orijinalliği o kadar bozulmuş olur.

Yönetmelikte, ölçeklendirme periyodu için belli bir sınır konulmamakla beraber şu şekilde koşul konulmuştur: “Dönüştürülen deprem yer hareketlerinin spektrumlarının ortalamaları, tüm periyotlar için tasarım spektrumu ordinatlarından daha küçük olmayacaktır”(TBDY, 2018).

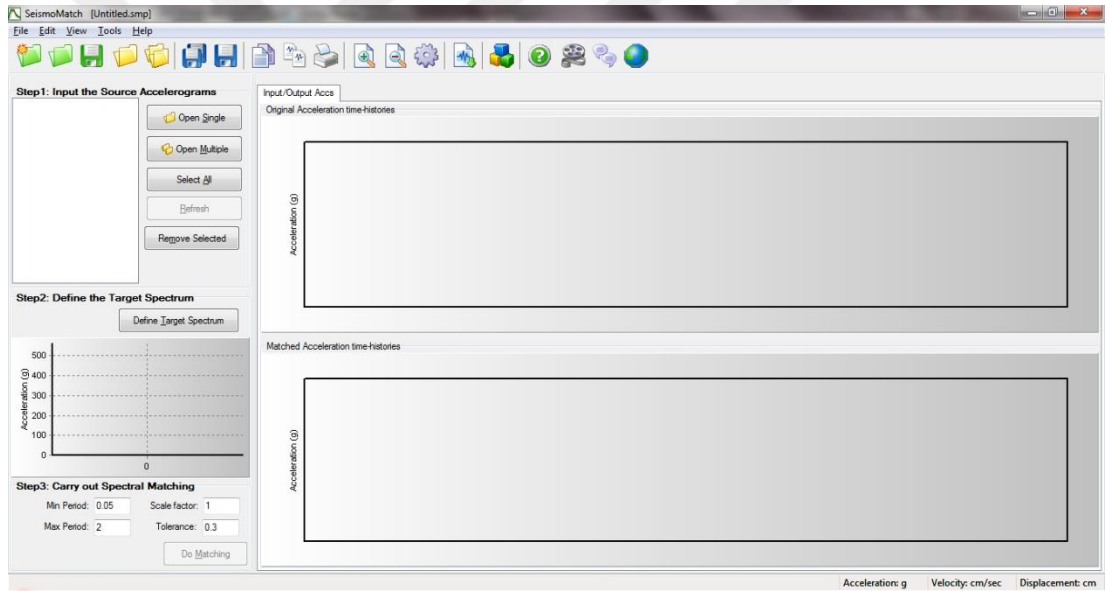
3.3 Kullanılan Program - Seismomatch

3.3.1 Seismomatch programının tanıtılması

SeismoMatch, dalgacıklar (vawelets) algoritmasını kullanarak (Abrahamson, 1992) ve (Hancock vd., 2006), belirli bir hedef ivme tepki spektrumuna uyacak şekilde deprem ivme kayıtlarını benzeştirebilen bir programdır.

SeismoMatch ile; zaman tanım alanında, tanımlı periyot aralığında ve sınırlı sayıda iterasyon ile dalgacıklar(vawelets) deprem ivme kayıtlarına eklenerek hedef ivme tepki spektrumu ile mükemmel şekilde uyum sağlayacak kayıtlar elde edilebilir.

Şekil 3.12’ de SeismoMatch programını arayüzü gösterilmiştir.



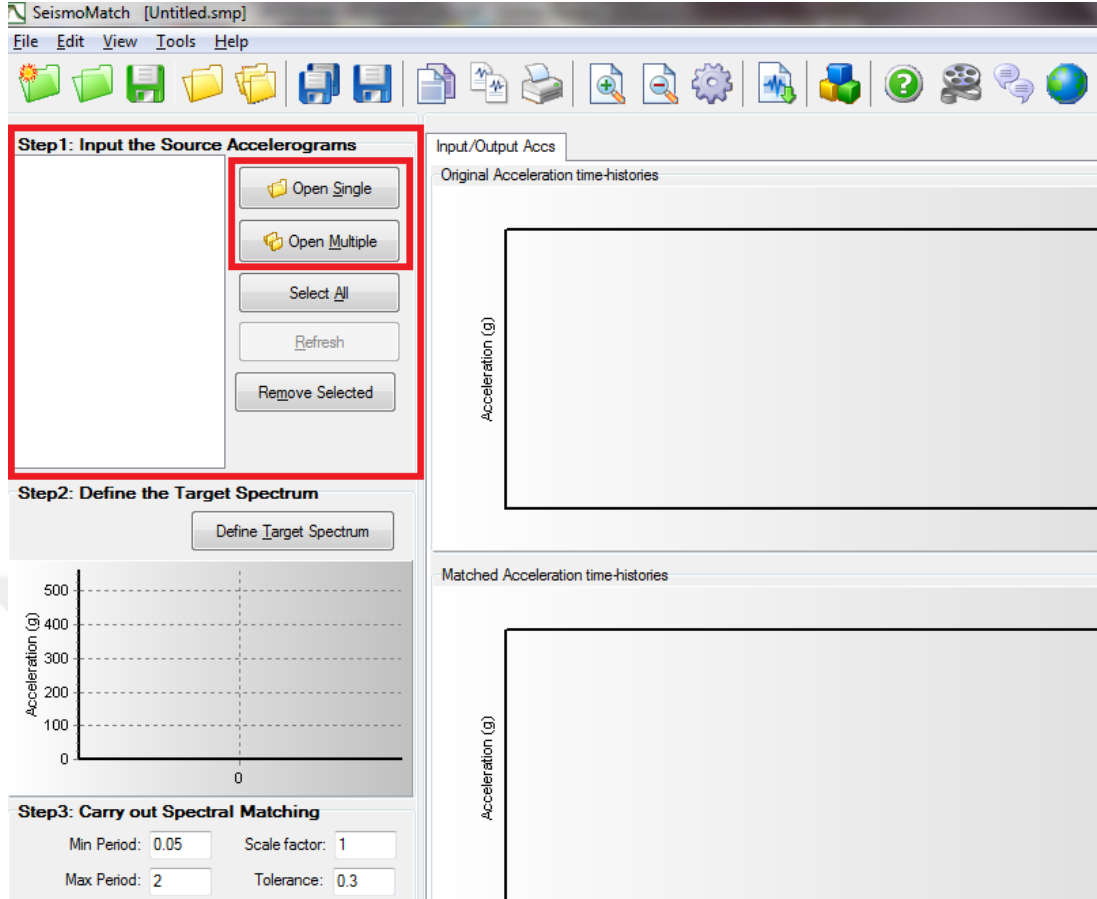
Şekil 3. 12 Seismomatch arayüzü

3.3.2 İvme kayıtlarının yüklenmesi ve spektral eşleştirme

Bu bölümde hedef spektrumla uyumlu olacak ivme kayıtlarının nasıl yükleneceği, hedef spektrumun alternatifleriyle beraber nasıl tanımlanabileceği ve eşleştirme seçeneklerinin detayları açıklanmıştır.

3.3.2.1 İvme-zaman kayıtlarının yüklenmesi

Programın sol-üst kısmında yer alan modülde tekli veya çoklu şekilde deprem ivme kayıtları yüklenebilir (Şekil 3.13).



Şekil 3. 13 Seismomatch-deprem ivme kayıtlarının yüklenmesi

Tekli yükleme (Open Single) butonuna tıklanıp deprem kaydı seçildikten sonra Giriş Dosyası Parametrelerinin (Input File Parameters) olduğu bir pencere açılacaktır (Şekil 3.14). Seçilen ivme kaydının dosyasında ilk birkaç satır kayıta ait genel bilgilerden oluşabilir. İvme kayıtları hangi satırdan sonra başlıyorsa, satır numarasını penceredeki İlk Satır (First Line) kutucuğuna doğru yazmak gerekir. Program genellikle son satırı kendisi otomatik algılar ama kullanıcı bunu sınırlayabilir. Zaman aralığı ve ölçeklendirme faktörü de girildikten sonra zaman ve ivme kayıtlarının sütun sayılarının da bilgileri girilmelidir. Bu veriler doğru girildikten sonra program ivme kaydını okuyacaktır.

Input File Parameters

First Line: 6
Last Line: 3999
Time Step dt: 0.01
Scaling Factor: 1.0

☐ Single Acceleration value per line
☒ Time & Acceleration values per line
☐ Multiple Acceleration values per line
☐ SMC Format
☐ PEER NGA Format
☐ SHAKE Format

Acceleration Column: 2
Time Column: 1

☐ SMC Format
☐ PEER NGA Format
☐ SHAKE Format

Frequency: 1
Initial Values Skipped: 0

OK
Cancel
Help
Program Defaults

Acceleration File

The Hollister (USA) earthquake of April 09, 1961.
Source: PEER Strong Motion Database
Recording station: USGS STATION 1028
Frequency range: 0.11-11.0 Hz

Time[s]	Accel[g]
0.0000	-0.0000
0.0100	-0.0000
0.0200	-0.0000
0.0300	-0.0000
0.0400	-0.0000
0.0500	-0.0001
0.0600	-0.0001
0.0700	-0.0002
0.0800	-0.0002

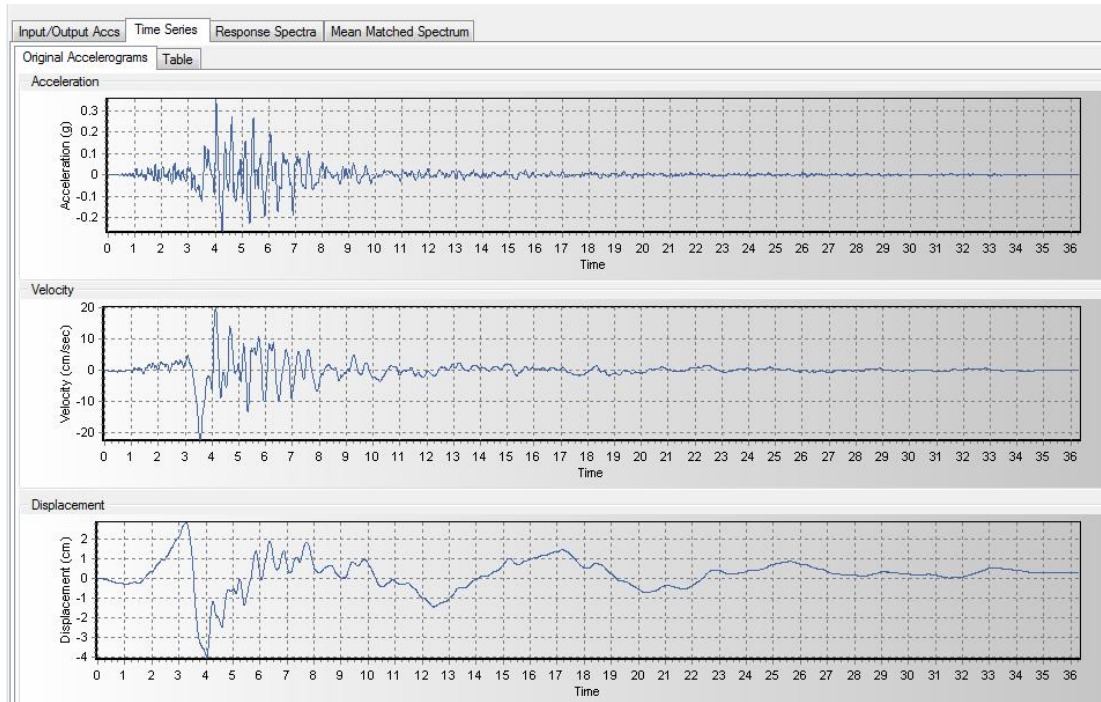
Line:1 Pos:0

Şekil 3. 14 Seismomatch-tekli ivme kaydı yükleme parametreleri giriş penceresi

Çoklu yükleme (Open Multiple) butonuna tıklandığında giriş parametrelerinin (Input Parameters for All Files) olduğu bir pencere açılır (Şekil 3.15). Açılan bu pencerede farklı formattaki deprem kayıtları yüklenebilir. Yalnız, yükleme dosyalarındaki kayıtların hangi satırda başladığı, hangi sütunun zaman, hangi sütunun da ivme kayıtlarından oluştuğu doğru yazılmalıdır. PEER veri tabanından indirilen kayıtlar için bu düzenlemeleri yapmaya gerek yoktur, pencerede PEER NGA formatı seçildiğinde ayarlamalar otomatik yapılmaktadır.

Şekil 3. 15 Seismomatch-çoklu ivme kaydı yükleme parametreleri giriş penceresi

Programın açtığı örnek bir ivme kaydının ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman diyagramlarına ve değerlerine Time Series menüsünden bakılabilir (Şekil 3.16 ve Şekil 3.17).

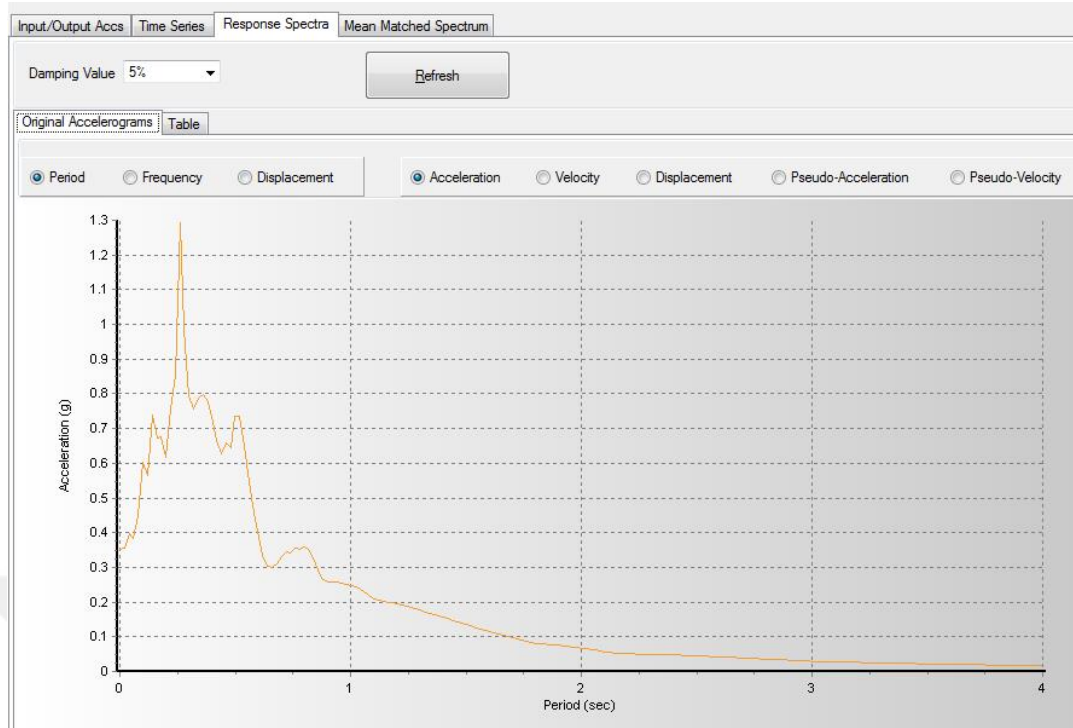


Şekil 3. 16 SeismoMatch'e yüklenmiş örnek bir kaydın ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman diyagramları

Input/Output Accs	Time Series	Response Spectra	Mean Matched Spectrum
Original Accelerograms	Table		
Friuli.dat			
Time Series from Original Accelerogram			
Time (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)
0.00000	-0.00200	0.00000	0.00000
0.01000	-0.00190	-0.01913	-0.00010
0.02000	-0.00180	-0.03728	-0.00038
0.03000	-0.00170	-0.05445	-0.00084
0.04000	-0.00160	-0.07063	-0.00146
0.05000	-0.00160	-0.08633	-0.00225
0.06000	-0.00150	-0.10153	-0.00319
0.07000	-0.00150	-0.11625	-0.00428
0.08000	-0.00150	-0.13096	-0.00551
0.09000	-0.00150	-0.14568	-0.00690

Şekil 3. 17 SeismoMatch'e yüklenmiş örnek bir kaydın zaman, ivme, hız ve yer değiştirme verileri

Ayrıca yüklenmiş deprem kaydının tepki spektrumu ve değerlerine Response Spectra menüsünden ulaşılabilir (Şekil 3.18 ve Şekil 3.19). Ek olarak, kaydın sönüm oranını değiştirmek de mümkündür.



Şekil 3. 18 SeismoMatch'te yüklenmiş örnek bir kaydın tepki spektrumu

Input/Output Accs Time Series Response Spectra Mean Matched Spectrum

Damping Value 5% Refresh

Original Accelerograms Table

Friuli.dat

Parameters from Original Accelerogram Spectrum

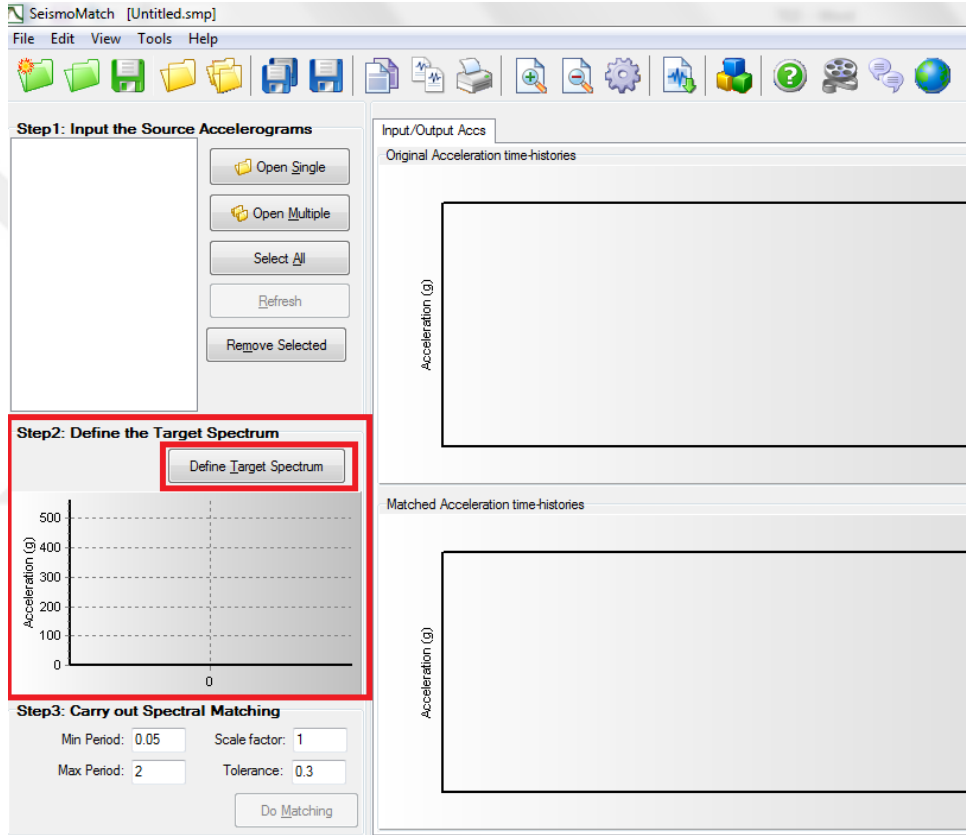
Period (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)	Pseudo-Acc (g)	Pseudo-Vel (cm/
0.00000	0.35130	0.00000	0.00000	0.35130	0.00000
0.02000	0.35397	0.09405	0.00352	0.35392	1.10515
0.04000	0.39771	0.60073	0.01580	0.39742	2.48197
0.06000	0.38415	1.59438	0.03434	0.38390	3.59636
0.08000	0.44873	4.01239	0.07128	0.44823	5.59866
0.10000	0.60210	5.17773	0.14926	0.60067	9.37834
0.12000	0.56306	6.94800	0.20098	0.56166	10.52315
0.14000	0.73747	11.92447	0.35808	0.73521	16.07056
0.16000	0.67428	14.12348	0.42738	0.67184	16.78334
0.18000	0.67638	15.80734	0.54236	0.67364	18.93181

Şekil 3. 19 SeismoMatch'te yüklenmiş örnek bir kaydın tepki spektrumu verisi

3.3.2.2 Hedef spektrumun tanımlanması

Programın sol-orta kısmında yer alan modüldeki “Define Target Spectrum” butonuna tıklanarak hedef spektrum programda tanımlanabilir (Şekil 3.20). Hedef spektrumun yüklenmesi için 3 alternatif vardır:

1. Kod tabanlı spektrum (Ülkelerin mevcut deprem yönetmelikleriyle uyumlu)
2. Programa yüklenen deprem kaydı spektrumunun seçilmesi
3. Dosyadan spektrum tanımlama



Şekil 3. 20 Seismomatch-hedef spektrumun tanımlanması-1.adım

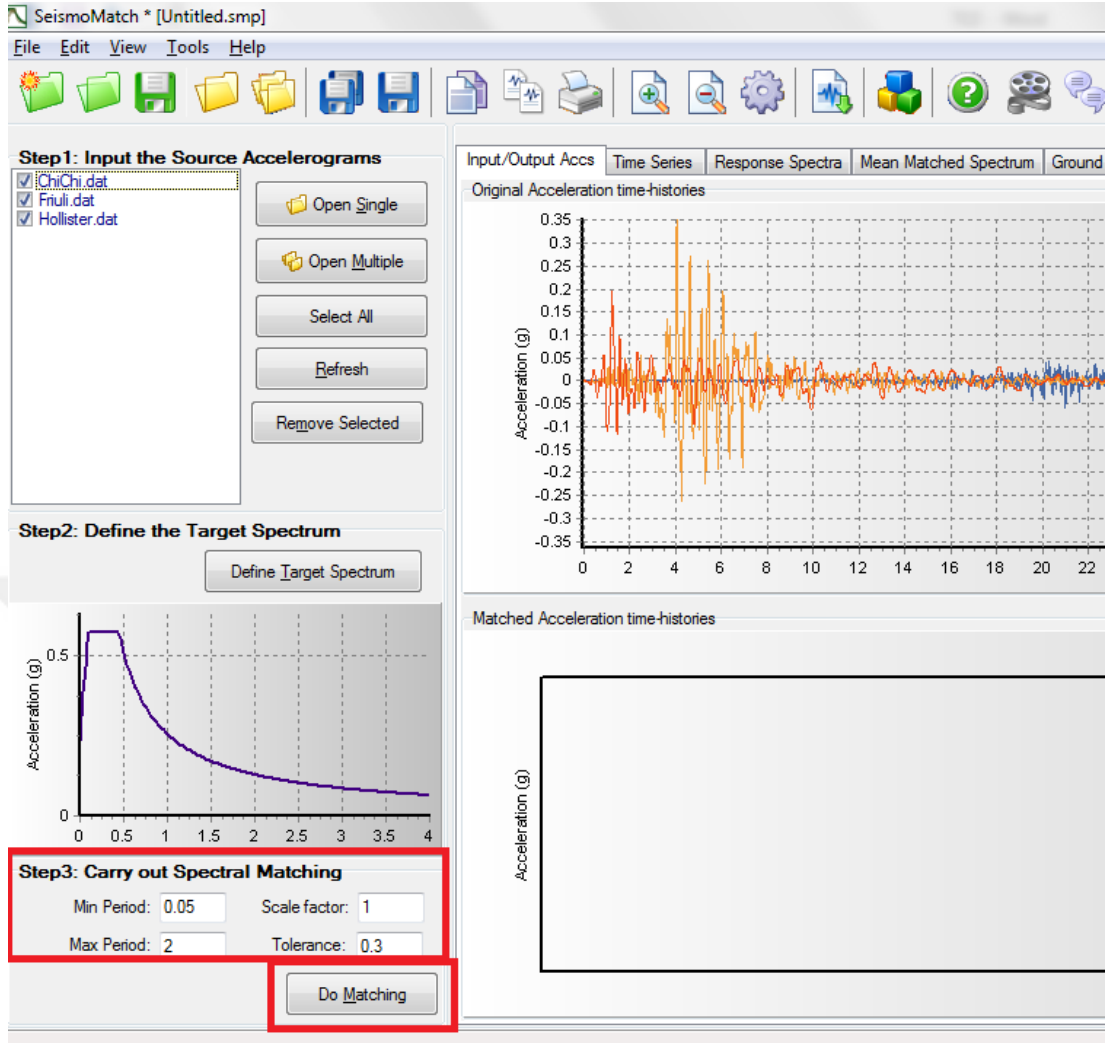
TBDY-2018 ile uyumlu tepki spektrumunu tanımlamak için “Set Input Spectrum” penceresindeki “Code-based Spectrum” modülündeki “TBDY, Turkish Code” seçeneğini seçtikten sonra, sönüm oranı, zemin sınıfı, kısa periyot ve 1 saniye periyot için harita spektral ivme katsayı bilgilerini girmek yeterli olacaktır (Şekil 3.21).

Period (sec)	Sa (g)
0.00	0.2304
0.02	0.3082
0.04	0.3859
0.06	0.4637
0.08	0.5414
0.10	0.5760
0.12	0.5760
0.14	0.5760
0.16	0.5760
0.18	0.5760
0.20	0.5760
0.22	0.5760
0.24	0.5760
0.26	0.5760
0.28	0.5760
0.30	0.5760
0.32	0.5760

Şekil 3. 21 Seismomatch-hedef spektrum bilgilerinin girilmesi

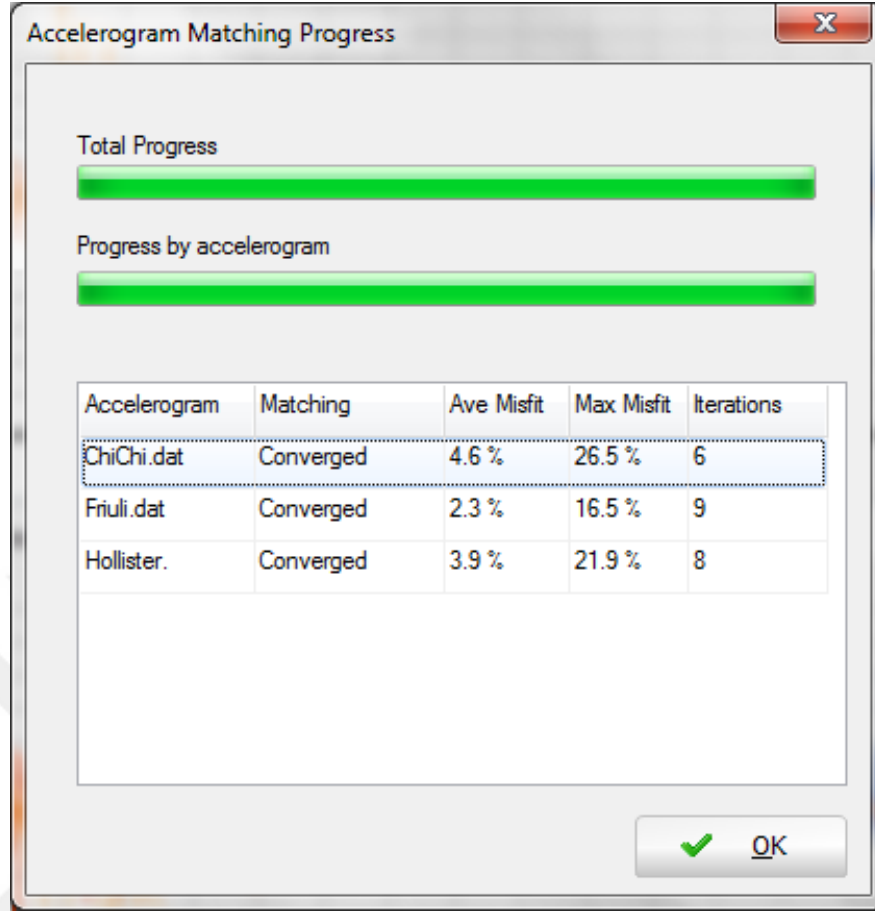
3.3.2.3 Spektral eşleştirme

Kaynak deprem kayıtları yüklenip, hedef tepki spektrumu tanımlandıktan sonra programın sol-alt köşesinde yer alan 3.adım modülünde maksimum ve minimum periyot bilgisi ile ölçek faktör katsayısı gibi parametreler girildikten sonra “Do Matching” butonuyla spektral eşleştirmenin son adımı tamamlanmış olur (Şekil 3.22).



Şekil 3. 22 Seismomatch-spektral eşleştirme bölümü

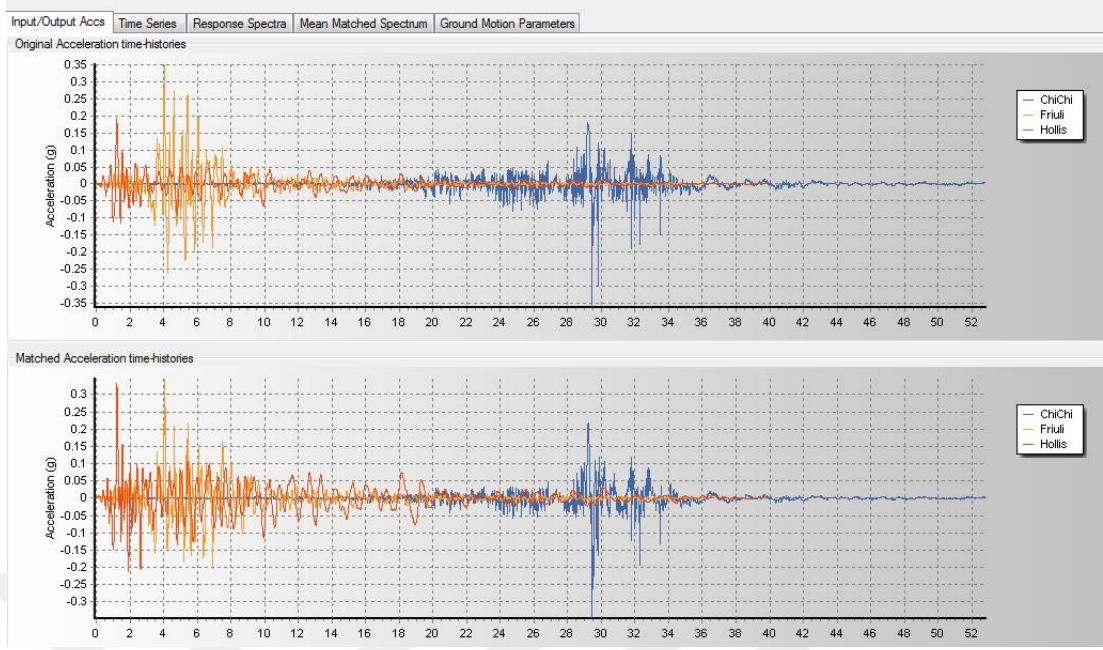
Son işlemden sonra “Accelerogram Matching Progress” penceresi açılır. Bu pencerenin alt kısmında her bir ivme kaydının, ortalama uyumsuzluk, maksimum uyumsuzluk ve iterasyon sayısı gibi spektral eşleştirme sonuçları görüntülenir (Şekil 3.23). Ayrıca eşleştirmenin başarılı olup olmadığı da belirtilir. Program iterasyon sayısı maksimum “30” olduğu için, görüntülemelerde iterasyon sayısı kısmında “30” yazılıyorsa eşleştirme başarısızdır.



Şekil 3. 23 Seismomatch-spektral eşleştirme sonuçları

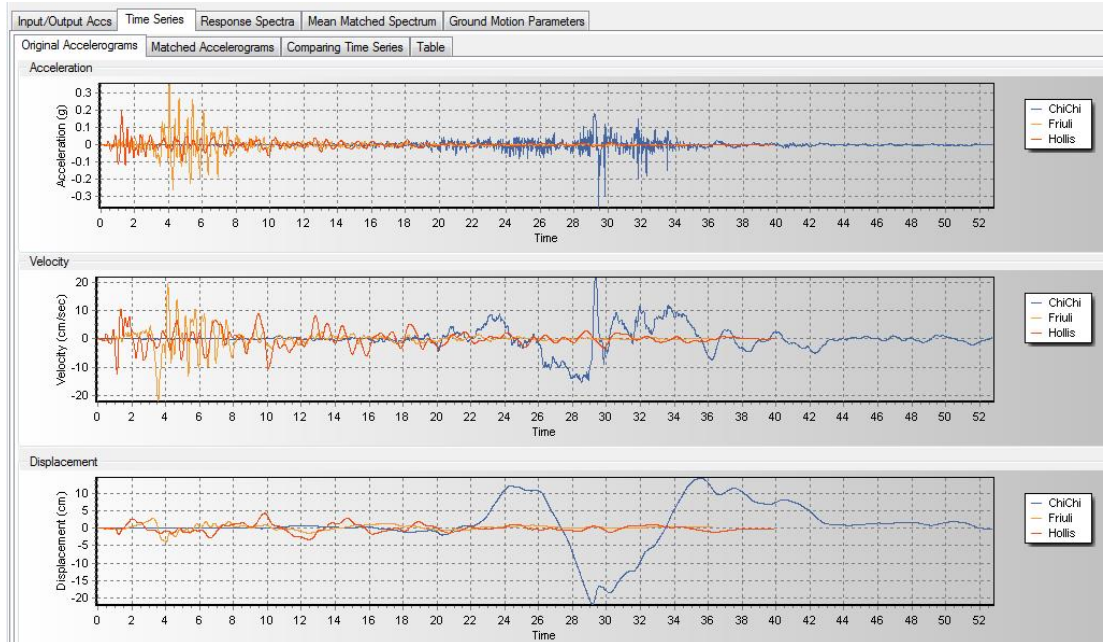
3.3.3 Verilerin okunması ve diyagramlar

Deprem kayıtlarının orijinal ivme-zaman diyagramı ile eşleştirilmiş ivme-zaman diyagramlarına “Input/Output Accs” menüsünden ulaşılabilir (Şekil 3.24). İvme kayıtlarının her biri farklı renkle gösterilir.



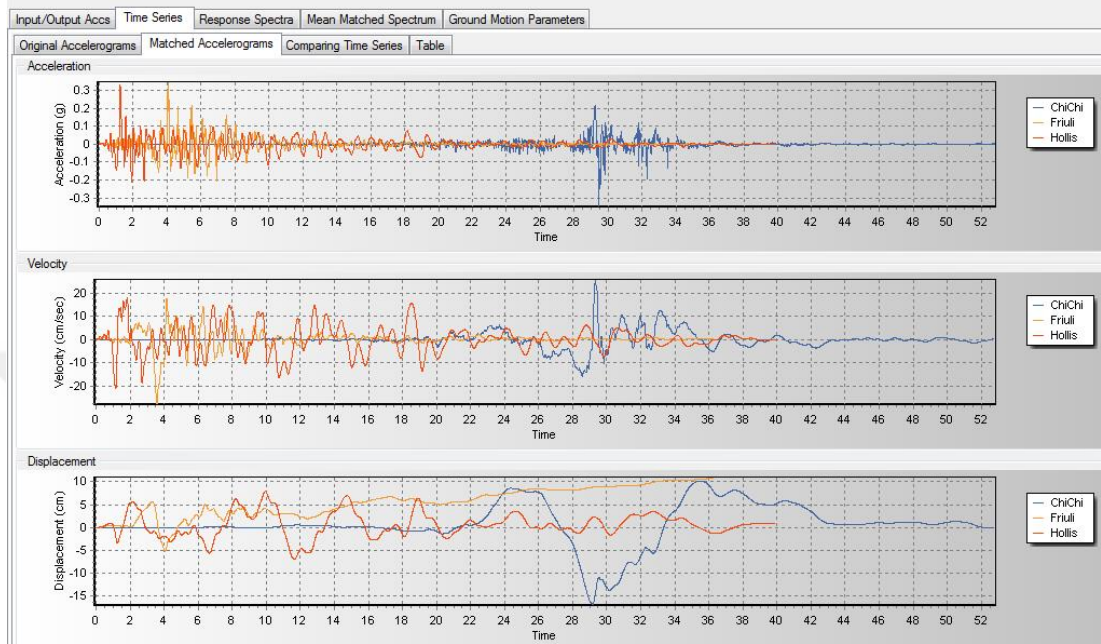
Şekil 3. 24 Deprem kayıtlarının orijinal ivme-zaman diyagramı ile eşleştirilmiş ivme-zaman diyagramları

Kayıtların orijinal ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman diyagramlarına “Time Series” menüsünün “Original Accelerograms” sekmesinden ulaşılabilir (Şekil 3.25).



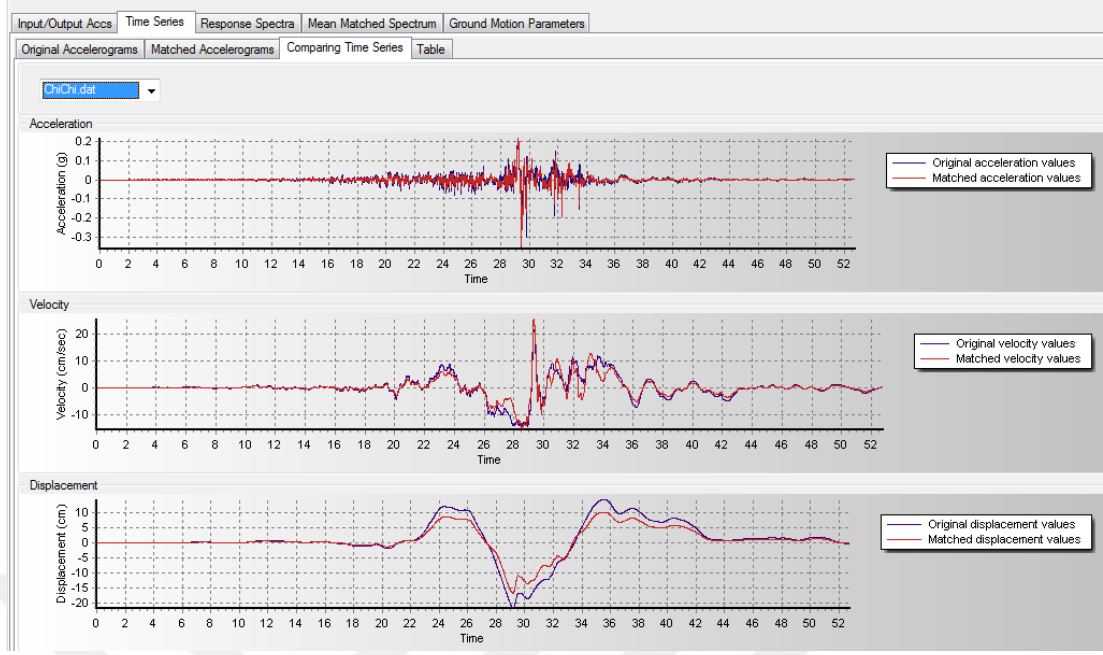
Şekil 3. 25 Kayıtların orijinal ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman diyagramları

Kayıtların eşleştirilmiş ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman diyagramlarına “Time Series” menüsünün “Matched Accelerograms” sekmesinden ulaşılabilir (Şekil 3.26).



Şekil 3. 26 Kayıtların eşleştirilmiş ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman diyagramları

Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş ivme, hız ve yer değiştirme değerlerinin karşılaştırıldığı diyagramlar “Time Series” menüsünün “Comparing Time Series” sekmesinden görülebilir (Şekil 3.27).



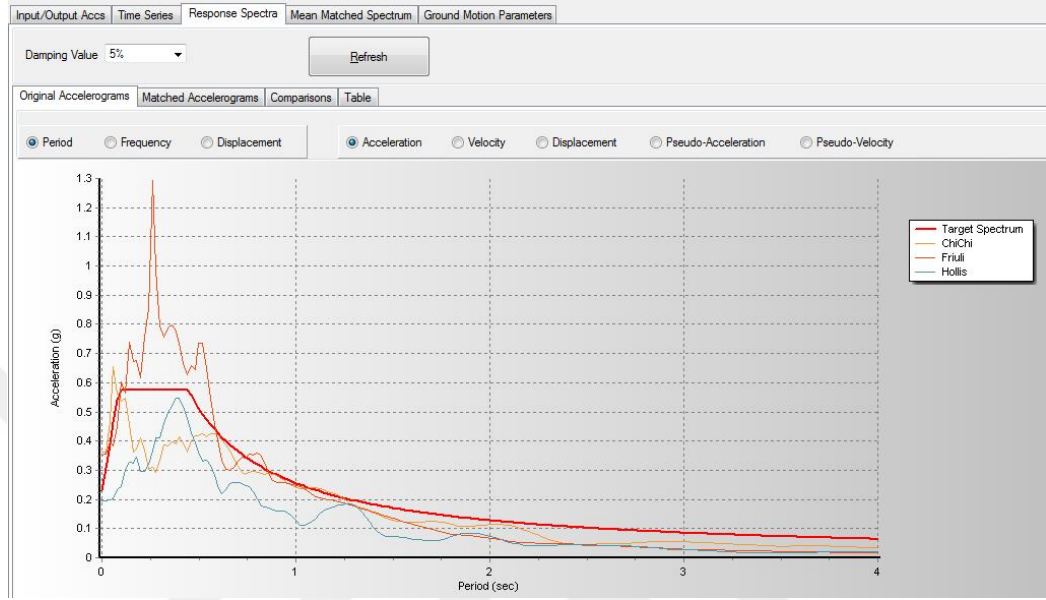
Şekil 3. 27 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş ivme, hız ve yer değıştirme değeri nin karşılaştırıldığı diyagram

Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş ivme, hız ve yer değıştirme değeri nin bulunduğu tabloya “Time Series” menüsünün “Table” sekmesinden ulaşılabilir. (Şekil 3.28).

Time Series from Original Accelerogram				Time Series from Matched Accelerogram			
Time (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)	Time (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.01000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.02000	0.00000	0.00000	0.00000	0.02000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.03000	0.00000	0.00000	0.00000	0.03000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.04000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.04000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.05000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.06000	0.00000	0.00000	0.00000	0.06000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.07000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.07000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.08000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.08000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.09000	0.00000	0.00000	0.00000	0.09000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.10000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.10000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.11000	0.00000	0.00000	0.00000	0.11000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.12000	0.00000	0.00000	0.00000	0.12000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.13000	0.00000	0.00000	0.00000	0.13000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.14000	0.00000	0.00000	0.00000	0.14000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.15000	0.00000	0.00000	0.00000	0.15000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.16000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.16000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.17000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.17000	-0.00000	-0.00000	-0.00000

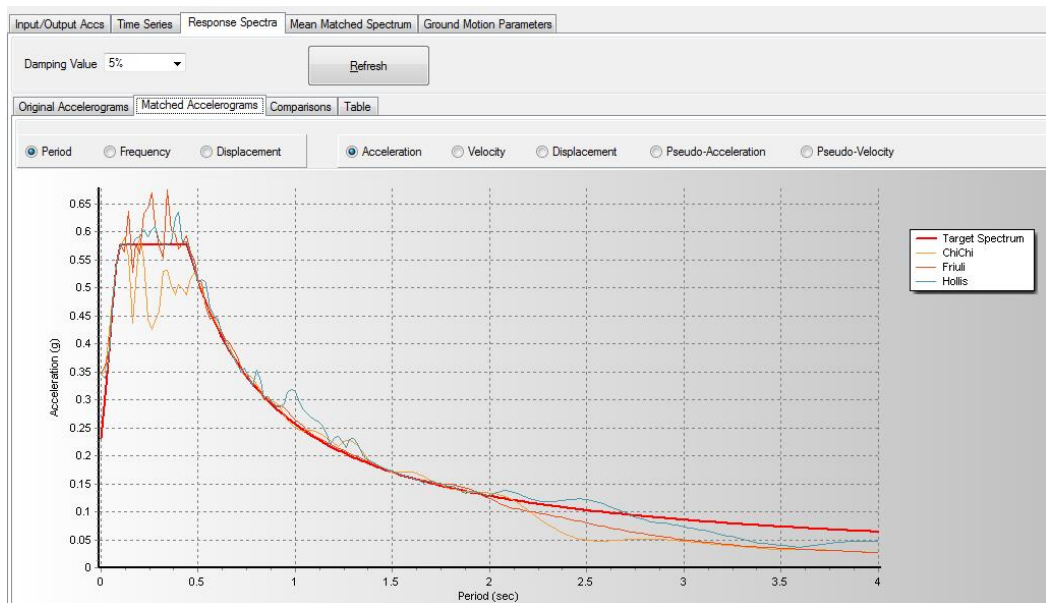
Şekil 3. 28 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş ivme, hız ve yer değıştirme değeri

İvme kayıtlarının orijinal tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun yer aldığı diyagrama “Response Spectra” menüsünün “Original Accelerograms” sekmesinden ulaşılabilir (Şekil 3.29).



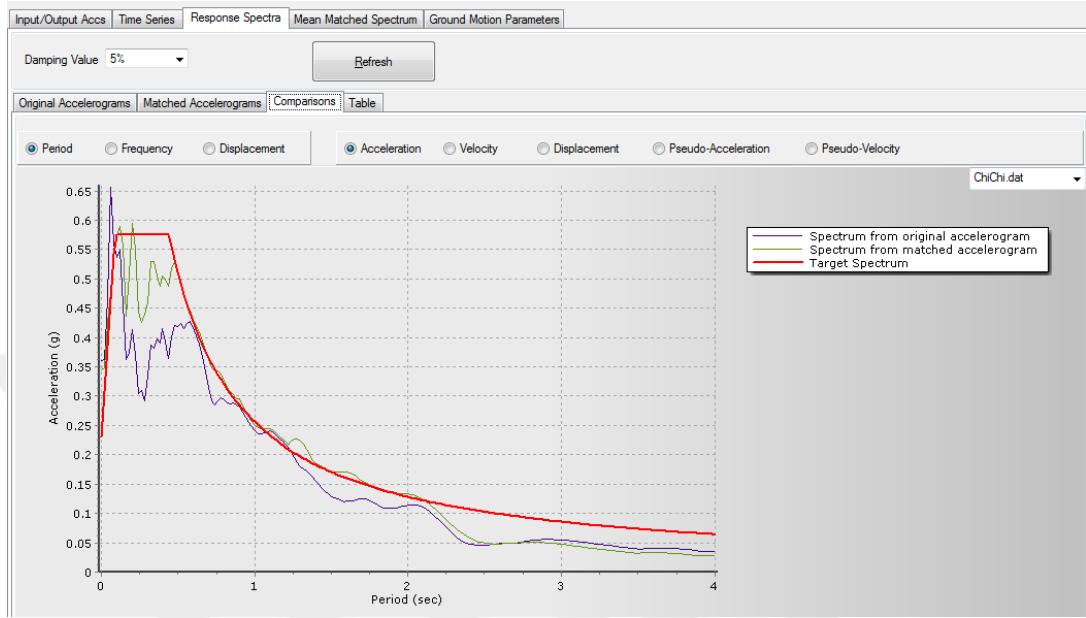
Şekil 3. 29 İvme kayıtlarının orijinal tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun yer aldığı diyagram

İvme kayıtlarının eşleştirilmiş tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun yer aldığı diyagrama “Response Spectra” menüsünün “Matched Accelerograms” sekmesinden bakılabilir (Şekil 3.30).



Şekil 3. 30 İvme kayıtlarının eşleştirilmiş tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun yer aldığı diyagram

Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun bulunduğu diyagrama “Response Spectra” menüsünün “Comparisons” sekmesinden ulaşılabilir(Şekil 3.31).



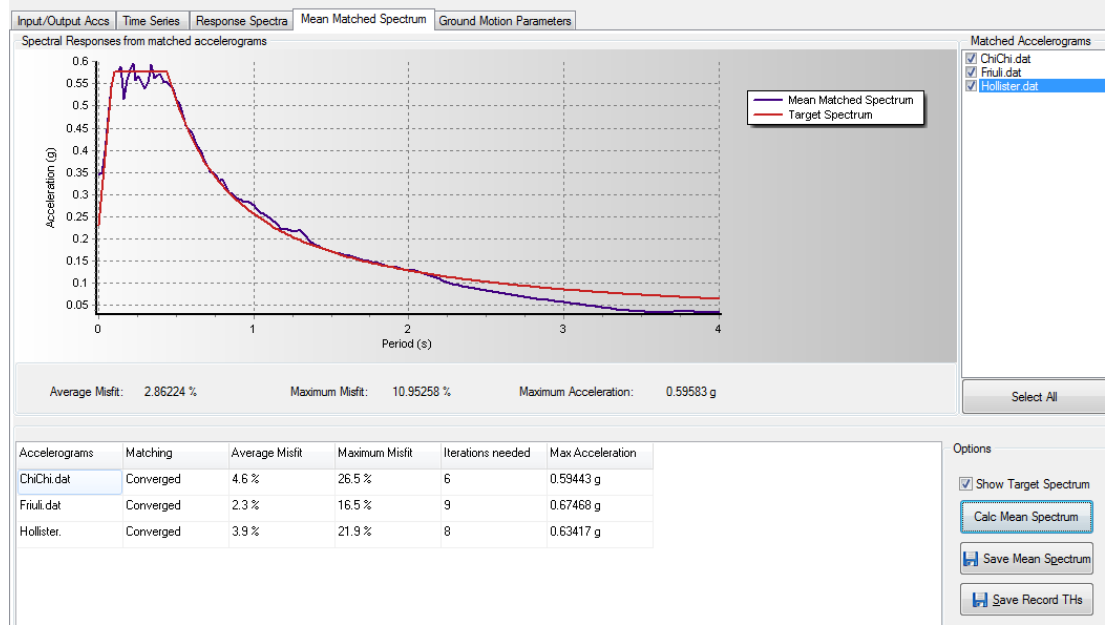
Şekil 3. 31 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun bulunduğu diyagram

Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş tepki spektrumu verilerinin olduğu tabloya “Response Spectra” menüsünün “Table” sekmesinden ulaşılabilir(Şekil 3.32).

Input/Output Accs							Time Series	Response Spectra	Mean Matched Spectrum	Ground Motion Parameters		
Damping Value							5%	Refresh				
Original Accelerograms							Matched Accelerograms	Comparisons	Table			
ChiChi.dat												
Parameters from Original Accelerogram Spectrum							Parameters from Matched Accelerogram Spectrum					
Period (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)	Pseudo-Acc (g)	Pseudo-Vel (cm/		Period (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)	Pseudo-Acc (g)	Pseudo-Vel (cm/
0.00000	0.36100	0.00000	0.00000	0.36100	0.00000		0.00000	0.34531	0.00000	0.00000	0.34531	0.00000
0.02000	0.36151	0.62224	0.00359	0.36148	1.12876		0.02000	0.34828	0.44195	0.00346	0.34818	1.08724
0.04000	0.46658	1.78183	0.01851	0.46556	2.90755		0.04000	0.42448	1.26088	0.01685	0.42385	2.64703
0.06000	0.65616	5.65382	0.05847	0.65360	6.12285		0.06000	0.47600	3.78496	0.04237	0.47367	4.43729
0.08000	0.56018	5.51679	0.08881	0.55843	6.97511		0.08000	0.54543	4.44323	0.08650	0.54393	6.79390
0.10000	0.53662	6.57918	0.13288	0.53474	8.34903		0.10000	0.57270	6.88123	0.14186	0.57090	8.91355
0.12000	0.54806	7.81532	0.19524	0.54564	10.22293		0.12000	0.58919	7.26017	0.21003	0.58695	10.99698
0.14000	0.45594	7.80546	0.22117	0.45412	9.92630		0.14000	0.55538	8.34659	0.26942	0.55319	12.09173
0.16000	0.36256	6.22827	0.23003	0.36160	9.03316		0.16000	0.43583	6.86374	0.27652	0.43469	10.85907
0.18000	0.37413	8.79517	0.30046	0.37319	10.48795		0.18000	0.50665	9.86011	0.40668	0.50513	14.19592
0.20000	0.41279	8.19312	0.40910	0.41158	12.85210		0.20000	0.59443	15.93452	0.58839	0.59196	18.48475
0.22000	0.37117	10.11015	0.44523	0.37020	12.71582		0.22000	0.55055	17.66395	0.65864	0.54764	18.81077
0.24000	0.30366	10.99953	0.43370	0.30301	11.35419		0.24000	0.44323	15.82945	0.63198	0.44154	16.54530
0.26000	0.30974	11.52771	0.51703	0.30779	12.49453		0.26000	0.42573	15.12797	0.71149	0.42356	17.19392
0.28000	0.29147	12.26865	0.56567	0.29036	12.69365		0.28000	0.43995	17.38660	0.85291	0.43780	19.13923
0.30000	0.33355	12.78098	0.74295	0.33221	15.56036		0.30000	0.45858	21.85632	1.02047	0.45630	21.37260

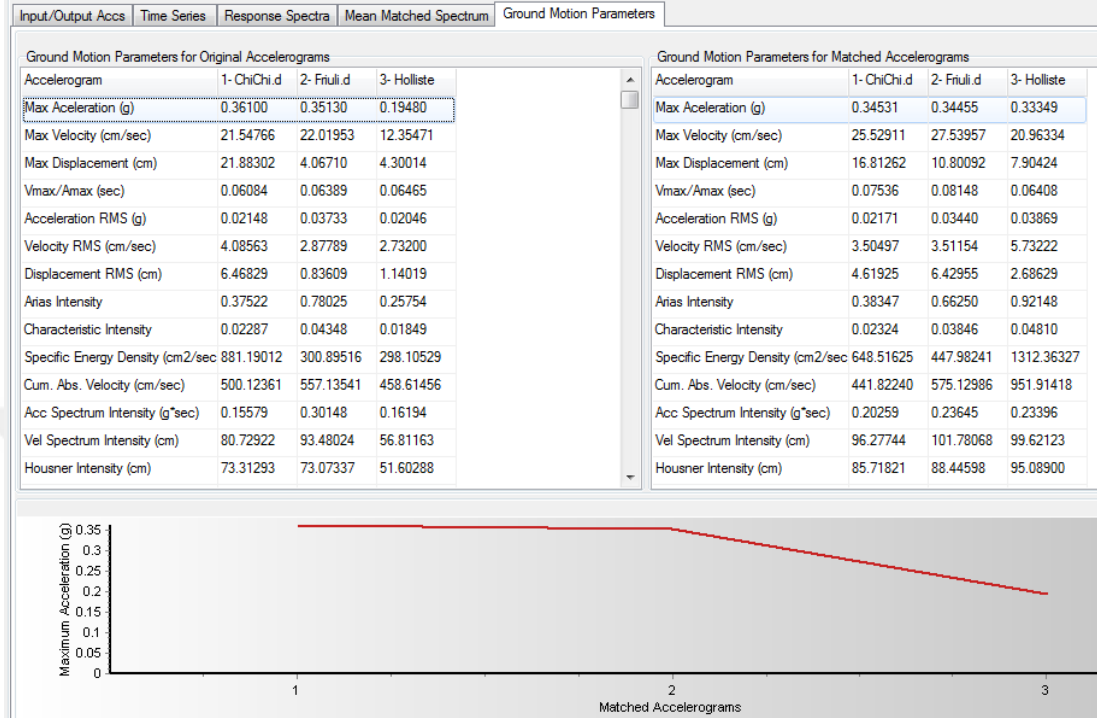
Şekil 3. 32 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş tepki spektrumu verilerinin olduğu tablo

Eşleştirilmiş ivme kayıtlarının ortalama tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun bulunduğu diyagrama “Mean Matched Spectrum” menüsünden ulaşılabilir(Şekil 3.33).



Şekil 3. 33 Eşleştirilmiş ivme kayıtlarının ortalama tepki spektrumu ile hedef tepki spektrumunun bulunduğu diyagram

Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş yer hareketi parametrelerinin olduğu tabloya “Ground Motion Parameters” menüsünden ulaşılabilir(Şekil 3.34).



Şekil 3. 34 Her bir ivme kaydının orijinal ve eşleştirilmiş yer hareketi parametrelerinin olduğu tablo

3.4 İvme Kayıtlarının İndirilmesi, Seçimi ve İvme Kaydı Setleri

3.4.1 İvme kayıtlarının indirilmesi ve seçimi

İvme kayıtları web tabanlı olan Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) veri tabanından indirilmiştir. PEER veri tabanı yer hareketi verilerini aramak, seçmek ve indirmek için çok sık kullanılan bir veri tabanıdır.

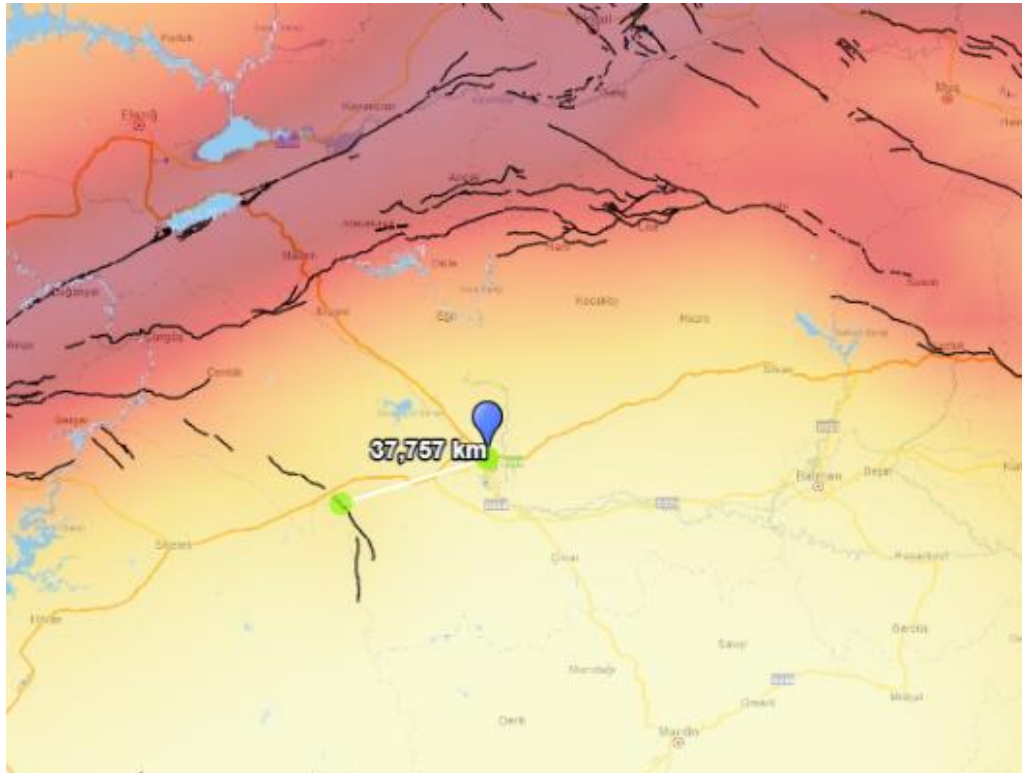
Veri tabanında, istenilen ivme kayıtlarına ulaşmak için; fay tipi, depremin büyüklüğü, kayıt istasyonunun deprem kaynağına olan uzaklığı, zemin koşulu gibi parametrelerin tanımlanması gerekmektedir.

“Fay tipi” tarama parametresi seçimi için 1975 Lice Depremi referans alındığında bu deprem ile ilgili fayların ters atımlı (Reverse) olduğu görülmektedir. Doğu Anadolu Fay Hattında oluşmuş diğer depremlere bakıldığında ise depremlerle ilgili fayların

genellikle doğrultu atımlı (Strike Slip) olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden tarama parametrelerinden olan fay tipi için “SS+Reverse” seçilmiştir.

“Deprem büyüklüğü” parametresi için Güneydoğu Anadolu Bölgesi depremleri dikkate alındığında, 1971 Bingöl Depremi 6,7, 1975 Lice Depremi 6,9, 2003 Bingöl Depremi 6,4, 2020 Elazığ Depremi’nin ise 6,8 büyüklüğünde olduğu görülmektedir. Bu yüzden deprem büyüklüğü parametresi minimum 6,5, maksimum 7,5 seçilmiştir.

“Depremlerin kaydedildiği istasyonun faya uzaklığı(Rjb)” parametresi için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasında, dikkate alınan lokasyonların (Diyarbakır/Merkez) diri faylara olan uzaklığı esas alınmıştır. Lokasyonların batı tarafında, lokasyonlara yaklaşık 30-35 km uzaklıkta nispeten küçük diri faylar görülmektedir (Şekil 3.35). Esas tehdi ise lokasyonların kuzeyinde, Doğu Anadolu Fay Hattı üzerindeki çok daha yoğun fay hatları oluşturmaktadır. Lokasyonların burada bulunan yakın fay hatlarına uzaklığı 50-90 km arasında değişmektedir (Şekil 3.36). Bu yüzden depremlerin kaydedildiği istasyonun faya uzaklığı(Rjb), bu değer aralığında seçilmiştir.



Şekil 3. 35 Lokasyonların batısındaki diri faylar



Şekil 3. 36 Lokasyonların kuzeyindeki diri faylar

Özet olarak oluşturulan katalog için ivme kayıtlarının şu şartları sağlanması dikkate alınmıştır:

- Fay tipi olarak doğrultu atımlı ve ters atımlı fay tipleri
- Kayıtların elde edildiği depremlerin büyüklüğü (M_w) minimum 6,5, maksimum 7,5
- Depremlerin kaydedildiği istasyonun faya uzaklığı(R_{jb}): 50-90 km aralığı
- Sönüm oranı %5

Bu tarama parametrelerin PEER veri tabanında tanımlanması Şekil 3.37’de gösterilmiştir. Veri tabanı tek seferde maksimum 100 kayıt verisinin indirilmesine izin vermektedir.

Load Sample Input Values

Clear Input Values

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) : RSN1,...,RSNn

Event Name :

Station Name :

Search Parameters:

Fault Type :

Magnitude :
min,max

R_JB(km) :
min,max

R_rup(km) :

min,max

Vs30(m/s) :
min,max

D5-95(sec) :
min,max

Pulse :

Additional Characteristics:

Max No. Records :

Suite

Spectral Ordinate :

Damping Ratio :

Suite Average :

Şekil 3. 37 Tarama parametrelerinin PEER veri tabanında tanımlanması

3.4.2 Deprem kaydı kataloğu

PEER veri tabanından indirilen 100 deprem kaydının bilgileri Tablo 3.3'te verilmiştir. Her bir deprem kaydının iki yatay bileşeni dikkate alınarak toplam 200 ivme kaydı eşleştirmelerde kullanılmıştır.

Tablo 3. 3 İndirilen deprem kayıtlarının bilgisi

Deprem Kayıt No (RSN)	Deprem Adı	İstasyon Adı	Deprem Kayıt No (RSN)	Deprem Adı	İstasyon Adı
9	Borrego	El Centro Array #9	576	Taiwan SMART1(45)	SMART1 M07
14	Kern County	Santa Barbara Courthouse	577	Taiwan SMART1(45)	SMART1 O01
51	San Fernando	2516 Via Tejon PV	578	Taiwan SMART1(45)	SMART1 O02
56	San Fernando	Carbon Canyon Dam	579	Taiwan SMART1(45)	SMART1 O04
59	San Fernando	Cedar Springs_ Allen Ranch"	580	Taiwan SMART1(45)	SMART1 O06
64	San Fernando	Fort Tejon	581	Taiwan SMART1(45)	SMART1 O07
69	San Fernando	LB - Terminal Island	582	Taiwan SMART1(45)	SMART1 O08
82	San Fernando	Port Hueneme	583	Taiwan SMART1(45)	SMART1 O10
83	San Fernando	Puddingstone Dam (Abutment)	584	Taiwan SMART1(45)	SMART1 O12
89	San Fernando	Tehachapi Pump	733	Loma Prieta	APEEL 2E Hayward Muir Sch
91	San Fernando	Upland - San Antonio Dam	734	Loma Prieta	APEEL 3E Hayward CSUH
92	San Fernando	Wheeler Ridge - Ground	738	Loma Prieta	Alameda Naval Air Stn Hanger
94	San Fernando	Wrightwood - 6074 Park Dr	742	Loma Prieta	Bear Valley #1_ Fire Station
123	Friuli_ Italy-01	Conegliano	743	Loma Prieta	Bear Valley #10_ Webb Residence
140	Tabas_ Iran	Ferdows	744	Loma Prieta	Bear Valley #12_ Williams Ranch
280	Trinidad	Rio Dell Overpass - FF	745	Loma Prieta	Bear Valley #14_ Upper Butts Rn
281	Trinidad	Rio Dell Overpass_ E Ground	746	Loma Prieta	Bear Valley #5_ Callens Ranch
282	Trinidad	Rio Dell Overpass_ W Ground	747	Loma Prieta	Bear Valley #7_ Pinnacles
420	Ierissos_ Greece	Ierissos	749	Loma Prieta	Berkeley - Strawberry Canyon
570	Taiwan SMART1(45)	SMART1 C00	750	Loma Prieta	Berkeley LBL
571	Taiwan SMART1(45)	SMART1 E01	756	Loma Prieta	Dublin - Fire Station
572	Taiwan SMART1(45)	SMART1 E02	758	Loma Prieta	Emeryville; Pacific Park #2_ Free F.
573	Taiwan SMART1(45)	SMART1 I01	771	Loma Prieta	Golden Gate Bridge
574	Taiwan SMART1(45)	SMART1 I07	773	Loma Prieta	Hayward - BART Sta
575	Taiwan SMART1(45)	SMART1 M01	774	Loma Prieta	Hayward City Hall - North

Tablo 3.3 (Devam)

Deprem Kayıt No (RSN)	Deprem Adı	İstasyon Adı	Deprem Kayıt No (RSN)	Deprem Adı	İstasyon Adı
783	Loma Prieta	Oakland - Outer Harbor Wharf	944	Northridge	Anaheim - W Ball Rd
784	Loma Prieta	Oakland - Title & Trust	955	Northridge	Brea - S Flower Av
788	Loma Prieta	Piedmont Jr High School Grounds	956	Northridge	Buena Park - La Palma
789	Loma Prieta	Point Bonita	965	Northridge	Covina - S Grand Ave
790	Loma Prieta	Richmond City Hall	966	Northridge	Covina - W Badillo
792	Loma Prieta	SF - 1295 Shafter	972	Northridge	Featherly Park - Maint
793	Loma Prieta	SF - Cliff House	973	Northridge	Garden Grove - Santa Rita
794	Loma Prieta	SF - Diamond Heights	975	Northridge	Glendora - N Oakbank
795	Loma Prieta	SF - Pacific Heights	976	Northridge	Hacienda Heights - Colima
796	Loma Prieta	SF - Presidio	979	Northridge	Huntington Bch - Waikiki
797	Loma Prieta	SF - Rincon Hill	980	Northridge	Huntington Beach - Lake St
798	Loma Prieta	SF - Telegraph Hill	1014	Northridge	LB - City Hall
799	Loma Prieta	SF Intern. Airport	1017	Northridge	La Habra - Briarcliff
804	Loma Prieta	So. San Francisco_ Sierra Pt.	1018	Northridge	La Puente - Rimgrove Av
808	Loma Prieta	Treasure Island	1024	Northridge	Lakewood - Del Amo Blvd
813	Loma Prieta	Yerba Buena Island	1025	Northridge	Lancaster - Fox Airfield Grnd
832	Landers	Amboy	1036	Northridge	Mojave - Hwys 14 & 58
836	Landers	Baker Fire Station	1037	Northridge	Mojave - Oak Creek Canyon
841	Landers	Boron Fire Station	1040	Northridge	Mt Baldy - Elementary Sch
855	Landers	Fort Irwin	1043	Northridge	Neenach - Sacatara Ck
860	Landers	Hemet Fire Station	1046	Northridge	Newport Bch - Irvine Ave. F.S
862	Landers	Indio - Coachella Canal	1047	Northridge	Newport Bch - Newp & Coast
888	Landers	San Bernardino - E & Hospitality	1056	Northridge	Phelan - Wilson Ranch
891	Landers	Silent Valley - Poppet Flat	1060	Northridge	Rancho Cucamonga - Deer Can
943	Northridge	Anacapa Island	1062	Northridge	Rancho Palos Verdes - Luconia

3.4.3 İvme kaydı setleri oluşturma stratejisi

TBDY’ e göre, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaplarda en az 11 ivme kaydının olduğu ivme setleri oluşturulmalıdır. Bu çalışmada, her bir lokasyon için bir ve iki boyutlu analizlerde kullanılabilecek 11 ivme kaydından oluşan 1 ivme kaydı seti oluşturulmuştur.

İvme kayıtları seçimi için katalogdaki 200 yatay ivme kaydı bileşeni her bir lokasyona ait hedef tepki spektrumuyla eşleştirilmiş, sonrasında eşleştirme sonuçlarına bakılmıştır. Seismomatch programı ivme kayıtlarını eşleştirdikten sonra her bir ivme kaydının tepki spektrumuyla olan uyum bilgilerini vermektedir.

SesimoMatch programında eşleştirme işleminden sonra “Accelerogram Matching Progress” penceresinden veya “Mean Matched Spectrum” menüsünden ulaşılabilen bilgiler; her bir ivme kaydının iterasyon sayısı, ortalama uyumsuzluk ve maksimum uyumsuzluk gibi spektral eşleştirme sonuçlarından oluşur.

İvme kaydı setlerinin oluşturulmasında şöyle bir strateji uygulanmıştır:

1. İlk öncelikle ivme kayıtlarının mümkün oldukça orijinalliğinin korunması istenmiştir. Bu yüzden eşleştirme sonuçlarından “iterasyon sayısının” en az olduğu ivme kayıtları seçilmiştir.
2. İterasyon sayısı öncelik seçildikten sonra aynı iterasyon sayısına sahip ivme kayıtlarından “ortalama uyumsuzluk” değerinin en az olduğu ivme kayıtları seçilmiştir.
3. Çok düşük bir ihtimal olsa da, iterasyon sayısı ve ortalama uyumsuzluk değerleri aynı çıkarsa; “maksimum uyumsuzluk” parametresinin en düşük olduğu ivme kayıtları seçilmiştir.
4. Aynı depremden (farklı istasyonlar olabilir) dördüncü ivme kaydı, seçilecek ivme kaydı setinde olursa; bu ivme kaydı setten çıkarılmıştır (TBDY gereği).

3.5 Lokasyonlar ve Harita Spektral İvme Katsayıları

Diyarbakır Merkez ilçelerinde yer alan 3 farklı lokasyonun zemin sınıfı, enlem ve boylam bilgileri Tablo3.4'te gösterilmiştir.

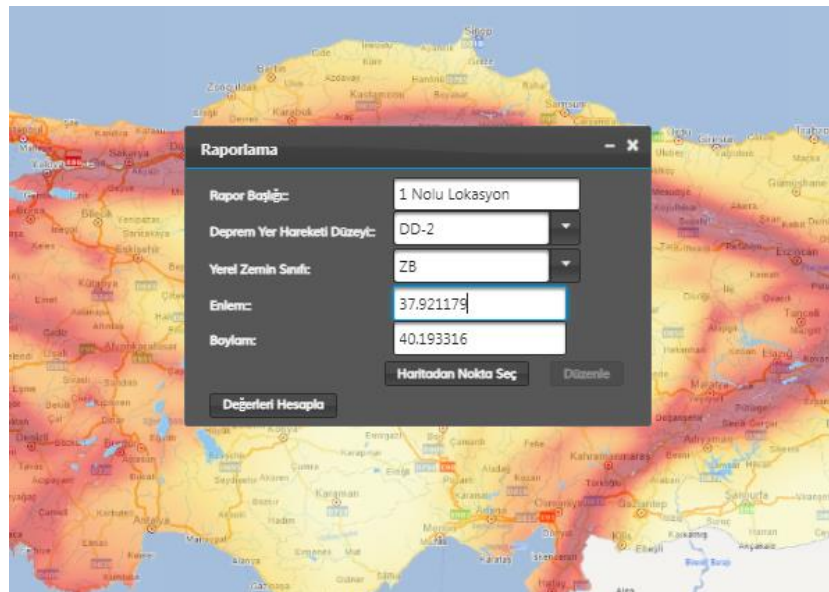
Tablo 3. 4 Lokasyon bilgileri

Lokasyon No	İlçe	Zemin Sınıfı	Enlem	Boylam
1	Kayapınar	ZB	37.921179	40.193316
2	Yenişehir	ZC	37.946309	40.197708
3	Sur	ZD	37.921154	40.254536

SeismoMatch programında hedef tepki spektrumlarının tanımlanması için her bir lokasyonun harita spektral ivme katsayılarının bulunması gerekmektedir. Bu bilgiler, daha önceden bahsedildiği gibi Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından alınabilir.

Aşağıda her bir lokasyon için istenilen harita spektral ivme katsayıları, deprem yer hareketi düzeyi DD-2 alınarak sırasıyla bulunmuştur.

1 nolu lokasyona ait bilgiler, uygulamanın “Raporlama” menüsünden açılmış olan penceresinde tanımlanmıştır (Şekil 3.38).



Şekil 3. 38 Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web Uygulamasında, 1 nolu lokasyon bilgilerinin tanımlanması

1 numaralı lokasyona ait çıktı bilgileri Şekil 3.39'da gösterilmiştir.

Çıktılar

$S_S = 0.313$	$S_1 = 0.131$	$S_{DS} = 0.282$	$S_{D1} = 0.105$
$PGA = 0.139$	$PGV = 10.392$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 3. 39 -1 numaralı lokasyona ait çıktı bilgileri

Uygulamada, sırasıyla 2 ve 3 nolu lokasyonlara ait bilgiler de aynı şekilde tanımlanmıştır. 2 nolu lokasyon için çıktı bilgileri Şekil 3.40'da, 3 nolu lokasyon için çıktı bilgileri ise Şekil 3.41'de gösterilmiştir.

Çıktılar

$S_S = 0.323$	$S_1 = 0.133$	$S_{DS} = 0.420$	$S_{D1} = 0.199$
$PGA = 0.144$	$PGV = 10.599$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 3. 40 -2 numaralı lokasyona ait çıktı bilgileri

Çıktılar

$S_S = 0.308$	$S_1 = 0.130$	$S_{DS} = 0.479$	$S_{D1} = 0.304$
$PGA = 0.137$	$PGV = 10.278$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 3. 41 -3 numaralı lokasyona ait çıktı bilgileri

Seismomatch programı hedef tepki spektrumunu tanımlarken zemin sınıfı bilgisini de istediği için tanımlamada tasarım ivme katsayılarını değil, harita spektral ivme katsayıları bilgisini istemektedir. Özet olarak aşağıda Tablo 3.5'te her bir lokasyona ait harita spektral ivme katsayıları verilmiştir.

Tablo 3. 5 Lokasyonların harita spektral ivme katsayıları

Lokasyon No	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı, S_S	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı, S_1
1	0.313	0.131
2	0.323	0.133
3	0.308	0.130

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 - 1 Nolu Lokasyon İçin İvme Kaydı Seti Oluşturulması

İvme kaydı kataloğundaki kayıtların hedef olarak tanımlanan 1 nolu lokasyona ait tasarım spektrumuyla 0,05-3 saniye periyot aralığında dönüştürülmesi sonucu oluşan sonuç verileri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4. 1 – 1 nolu lokasyon için dönüştürülmüş ivme kayıt sonuçları

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
9-X	30	4.50%	31.80%	94-Y	14	6.40%	21.90%
9-Y	30	19.20%	98.60%	123-X	24	7.00%	23.00%
14-X	18	4.20%	21.30%	123-Y	19	5.00%	19.50%
14-Y	16	8.40%	29.20%	140-X	19	5.50%	29.00%
51-X	30	44.60%	116.80%	140-Y	17	4.10%	29.80%
51-Y	30	6.50%	31.00%	280-X	24	5.40%	26.50%
56-X	19	4.00%	19.70%	280-Y	16	5.30%	28.20%
56-Y	23	2.80%	26.80%	281-X	19	4.10%	18.50%
59-X	10	2.80%	19.00%	281-Y	24	1.80%	29.50%
59-Y	8	2.80%	24.40%	282-X	24	2.70%	24.50%
64-X	13	2.80%	20.80%	282-Y	21	5.30%	28.10%
64-Y	15	2.70%	29.30%	420-X	30	18.10%	69.40%
69-X	30	114.60%	263.00%	420-Y	30	5.00%	47.60%
69-Y	30	75.40%	140.30%	570-X	25	3.70%	20.00%
82-X	29	2.80%	19.20%	570-Y	20	5.80%	28.80%
82-Y	23	6.40%	28.70%	571-X	22	3.10%	27.40%
83-X	9	3.40%	20.80%	571-Y	15	5.10%	28.40%
83-Y	20	2.40%	29.30%	572-X	19	4.10%	26.40%
89-X	20	4.60%	28.20%	572-Y	11	3.10%	27.10%
89-Y	9	7.90%	27.00%	573-X	25	6.10%	29.90%
91-X	9	2.30%	24.10%	573-Y	17	4.10%	27.80%
91-Y	14	2.10%	27.00%	574-X	23	5.90%	28.20%
92-X	18	5.40%	25.10%	574-Y	24	6.50%	29.40%
92-Y	16	3.10%	20.50%	575-X	23	3.10%	28.90%
94-X	21	1.80%	25.80%	575-Y	21	6.40%	24.40%

Tablo 4.1 (Devam)

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
576-X	29	5.60%	28.10%	742-Y	19	2.90%	22.90%
576-Y	18	4.90%	22.60%	743-X	24	4.10%	26.40%
577-X	18	7.40%	24.80%	743-Y	26	6.70%	28.60%
577-Y	17	5.20%	25.10%	744-X	30	7.90%	32.60%
578-X	16	9.60%	27.10%	744-Y	25	8.80%	29.80%
578-Y	17	5.10%	22.70%	745-X	25	6.00%	25.80%
579-X	20	5.90%	21.90%	745-Y	25	6.90%	23.00%
579-Y	25	5.00%	23.30%	746-X	30	18.50%	71.40%
580-X	16	4.80%	26.00%	746-Y	30	7.40%	51.50%
580-Y	17	5.80%	26.40%	747-X	24	4.50%	27.20%
581-X	16	5.60%	22.30%	747-Y	22	4.20%	24.60%
581-Y	17	4.60%	21.70%	749-X	30	7.70%	35.20%
582-X	15	4.40%	24.70%	749-Y	20	6.00%	27.10%
582-Y	21	4.60%	19.90%	750-X	30	14.40%	56.80%
583-X	17	6.80%	24.90%	750-Y	24	8.00%	22.50%
583-Y	27	3.70%	24.50%	756-X	30	10.40%	33.50%
584-X	23	5.10%	26.10%	756-Y	30	47.20%	166.30%
584-Y	17	3.40%	19.10%	758-X	30	3.20%	17.40%
733-X	30	6.60%	30.10%	758-Y	26	6.80%	25.90%
733-Y	30	6.70%	29.50%	771-X	30	7.90%	33.60%
734-X	21	7.60%	26.00%	771-Y	30	3.50%	21.80%
734-Y	20	8.60%	27.70%	773-X	23	2.80%	22.40%
738-X	21	4.00%	29.60%	773-Y	19	5.10%	22.20%
738-Y	29	5.20%	25.50%	774-X	26	8.00%	29.40%
742-X	26	6.50%	29.90%	774-Y	24	4.50%	26.00%

Tablo 4.1 (Devam)

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
783-X	30	5.80%	30.60%	799-Y	19	5.70%	25.60%
783-Y	30	7.60%	41.60%	804-X	30	7.40%	38.30%
784-X	30	13.80%	55.00%	804-Y	24	7.80%	28.20%
784-Y	27	5.90%	29.50%	808-X	30	8.20%	38.30%
788-X	18	9.30%	27.80%	808-Y	30	15.10%	55.70%
788-Y	27	6.30%	23.10%	813-X	28	4.00%	21.00%
789-X	30	9.30%	42.30%	813-Y	30	5.90%	35.20%
789-Y	30	8.30%	54.70%	832-X	8	2.20%	27.40%
790-X	30	6.70%	37.70%	832-Y	5	7.20%	22.80%
790-Y	27	6.10%	25.90%	836-X	12	4.50%	25.00%
792-X	25	4.80%	29.10%	836-Y	10	1.60%	26.30%
792-Y	18	6.20%	25.50%	841-X	7	5.50%	21.50%
793-X	24	5.80%	25.10%	841-Y	11	4.50%	28.40%
793-Y	30	8.90%	42.50%	855-X	13	8.20%	29.70%
794-X	23	4.10%	27.00%	855-Y	6	3.70%	21.00%
794-Y	17	6.40%	25.40%	860-X	17	3.80%	28.90%
795-X	30	18.70%	88.80%	860-Y	12	8.10%	28.20%
795-Y	30	11.70%	76.80%	862-X	7	4.60%	27.50%
796-X	25	4.80%	27.30%	862-Y	14	5.20%	23.00%
796-Y	19	8.40%	22.70%	888-X	29	5.50%	28.00%
797-X	18	5.10%	24.00%	888-Y	30	4.20%	32.50%
797-Y	28	4.20%	25.50%	891-X	22	3.50%	26.10%
798-X	25	5.80%	25.80%	891-Y	10	4.50%	29.50%
798-Y	17	5.00%	29.90%	943-X	17	3.10%	18.50%
799-X	30	3.30%	21.90%	943-Y	21	5.50%	24.20%

Tablo 4.1 (Devam)

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
944-X	16	4.60%	21.90%	1017-Y	8	3.30%	24.50%
944-Y	19	2.80%	18.70%	1018-X	18	1.40%	27.20%
955-X	12	2.70%	23.20%	1018-Y	14	3.10%	25.40%
955-Y	14	6.70%	27.50%	1024-X	15	2.70%	28.20%
956-X	12	2.00%	27.10%	1024-Y	17	5.50%	29.30%
956-Y	16	2.30%	20.30%	1025-X	10	2.80%	18.10%
965-X	12	2.50%	26.70%	1025-Y	14	4.10%	21.30%
965-Y	17	2.90%	25.80%	1036-X	12	5.00%	29.10%
966-X	10	2.40%	23.50%	1036-Y	10	7.00%	24.80%
966-Y	17	2.50%	22.60%	1037-X	11	5.40%	29.30%
972-X	12	8.20%	25.80%	1037-Y	15	3.40%	23.90%
972-Y	19	5.10%	25.60%	1040-X	13	4.80%	22.90%
973-X	12	4.10%	29.50%	1040-Y	7	6.80%	22.70%
973-Y	14	3.10%	20.50%	1043-X	23	5.00%	22.10%
975-X	13	3.10%	29.00%	1043-Y	23	5.40%	26.00%
975-Y	7	3.60%	26.90%	1046-X	11	2.40%	29.00%
976-X	12	4.80%	26.10%	1046-Y	14	5.70%	21.00%
976-Y	16	2.00%	26.70%	1047-X	12	1.70%	27.20%
979-X	13	3.60%	28.30%	1047-Y	12	3.90%	21.90%
979-Y	14	3.20%	20.90%	1056-X	13	4.90%	26.90%
980-X	15	2.20%	25.70%	1056-Y	14	3.80%	21.10%
980-Y	11	4.90%	29.20%	1060-X	21	2.00%	29.40%
1014-X	9	3.50%	23.70%	1060-Y	10	3.50%	28.50%
1014-Y	12	7.10%	26.00%	1062-X	12	3.20%	25.30%
1017-X	13	4.80%	29.20%	1062-Y	12	7.90%	28.60%

Eşleştirme sonuçlarına bakıldığında en az iterasyon sayısının “beş” olduğu görülmektedir. Uygulanacak seçim stratejisine göre bu iterasyon sayısına sahip ivme kaydı veya ivme kayıtları oluşturulacak sette öncelikli olarak yer alacaktır. Bu yüzden iterasyon sayısının beş olduğu “832-Y” ivme kaydı sette yer alacaktır.

“Beş”ten sonra en az iterasyon sayısının “altı” olduğu görülmektedir. Bu iterasyon sayısına sahip “855-Y” ivme kaydı da sette yer alacaktır.

“Yedi” iterasyon sayısına sahip dört ivme kaydı bulunmaktadır. Bunlardan “862-X”, “975-Y” ve “1040-Y” ivme kayıtları sette yer alacaktır. İterasyon sayısı yedi olmasına rağmen “841-X” ivme kaydı sette yer almayacaktır. Çünkü “862-X” ivme kaydının ortalama uyumsuzluk değeri “841-X” ivme kaydının ortalama uyumsuzluk değerine kıyasla daha düşüktür ve “Landers” depreminden alınacak üçüncü ve son ivme kaydını oluşturmuştur.

Sonuçlarda “sekiz” iterasyon sayısına sahip üç ivme kaydı bulunmaktadır. Bunlardan “59-Y” ve “1017-Y” ivme kayıtları da sette yer alacaktır. Fakat “832-X” ivme kaydı da “Landers” depremine ait olduğu için sette yer almayacaktır.

“Landers” ve “Northridge” depremlerine ait kayıtların dışında “dokuz” iterasyon sayısına sahip üç ivme kaydı bulunmaktadır. Bunlardan “83-X” ve “91-X” ivme kayıtları da sette yer alacaktır. “89-Y” ivme kaydının ortalama uyumsuzluk değeri aynı depreme ait diğer iki kayıta göre daha yüksek olduğu için sette yer almayacaktır. Böylelikle “San Fernando” depreminden de son ivme kayıtları alınmıştır.

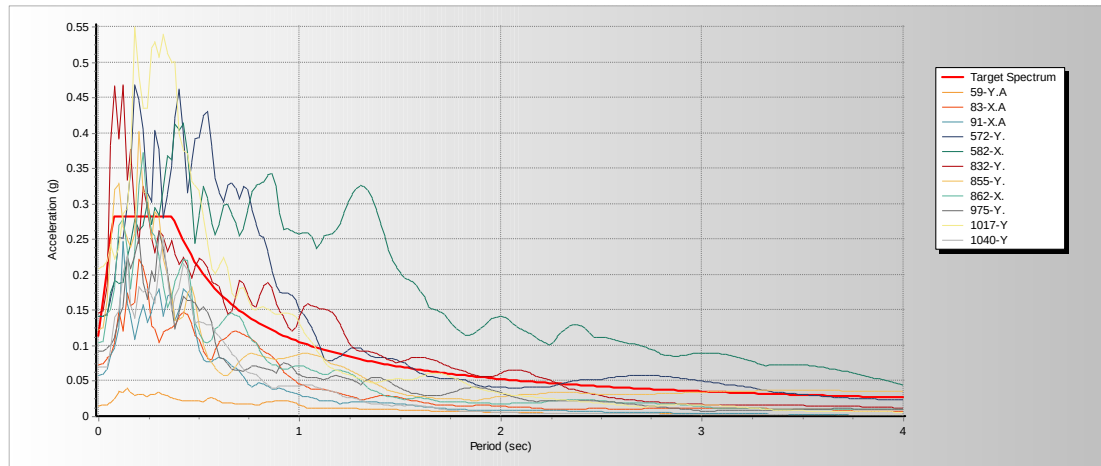
“San Fernando”, “Landers” ve “Northridge” depremleri dışarı bırakıldığında ivme kaydı setinde yer alacak en az iterasyon sayısına sahip deprem kayıtlarının sırasıyla 11 iterasyon sayısına sahip “572-Y” ve 15 iterasyon sayısına sahip “582-X” ivme kayıtları olduğu görülmektedir. Böylelikle 11 adet ivme kaydından oluşan ivme kaydı seti tamamlanmıştır.

Uygulanan stratejiye göre 1 nolu lokasyon için oluşturulan ivme kaydı seti Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4. 2 – 1 nolu lokasyon için oluşturulan ivme kaydı seti

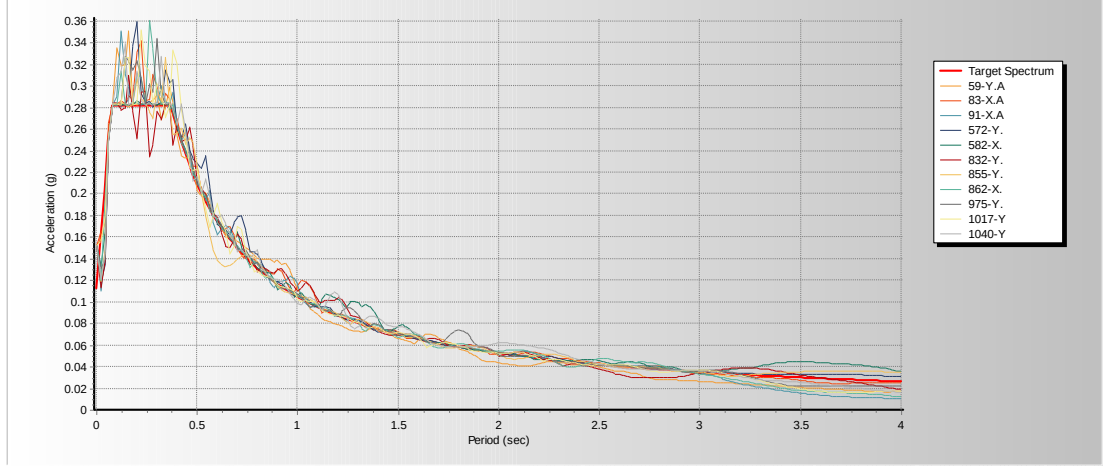
Kayıt	İterasyon Sayısı	Ortalama Uyumsuzluk	Maksimum Uyumsuzluk
832-Y	5	7.20%	22.80%
855-Y	6	3.70%	21.00%
975-Y	7	3.60%	26.90%
862-X	7	4.60%	27.50%
1040-Y	7	6.80%	22.70%
59-Y	8	2.80%	24.40%
1017-Y	8	3.30%	24.50%
91-X	9	2.30%	24.10%
83-X	9	3.40%	20.80%
572-Y	11	3.10%	27.10%
582-X	15	4.40%	24.70%

1 nolu lokasyona ait tasarım spektrumu ve oluşturulan sette yer alan ivme kayıtlarının orijinal spektrumları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



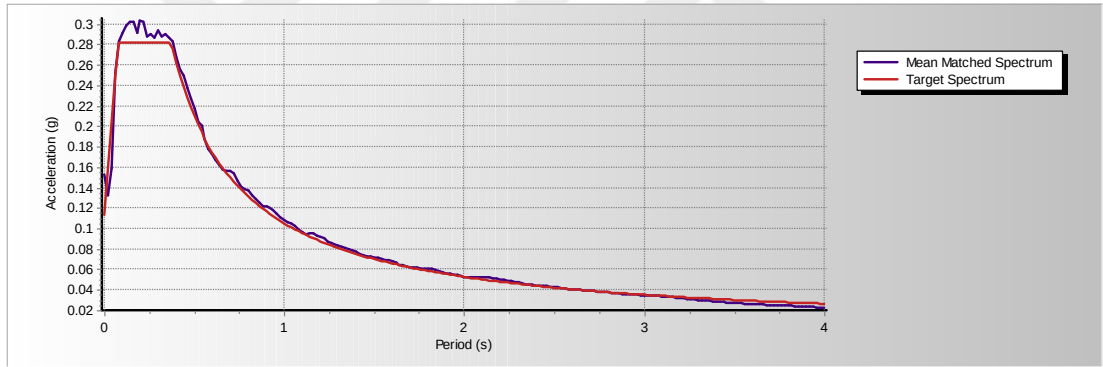
Şekil 4. 1 Sette yer alan ivme kayıtlarının orijinal spektrumu ve 1 nolu lokasyonun tasarım spektrumu

1 nolu lokasyona ait tasarım spektrumu ve oluşturulan sette yer alan ivme kayıtlarının dönüştürülmüş spektrumları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 2 Sette yer alan ivme kayıtlarının dönüştürülmüş spektrumu ve 1 nolu lokasyonun tasarım spektrumu

1 nolu lokasyona ait tasarım spektrumu ve dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ortalama spektrumları Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 3 Dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ortalama spektrumu ve 1 nolu lokasyonun tasarım spektrumu

Sette yer alan 11 ivme kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafikleri Ek 1'de verilmiştir.

4.2 -2 Nolu Lokasyon İçin İvme Kaydı Seti Oluşturulması

İvme kaydı kataloğundaki kayıtların hedef olarak tanımlanan 2 nolu lokasyona ait tasarım spektrumuyla 0,05-3 saniye periyot aralığında dönüştürülmesi sonucu oluşan veriler Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4. 3 – 2 nolu lokasyon için dönüştürülmüş ivme kayıt sonuçları

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
9-X	26	4.40%	22.60%	94-Y	10	7.50%	28.80%
9-Y	29	4.80%	28.20%	123-X	16	6.50%	27.70%
14-X	16	5.80%	25.20%	123-Y	11	5.20%	29.60%
14-Y	12	5.80%	29.90%	140-X	22	4.30%	24.20%
51-X	30	22.20%	86.40%	140-Y	18	5.70%	26.80%
51-Y	17	6.70%	25.60%	280-X	19	5.70%	25.50%
56-X	16	5.00%	26.10%	280-Y	9	6.70%	26.60%
56-Y	15	3.90%	29.60%	281-X	19	2.50%	27.80%
59-X	6	2.90%	26.10%	281-Y	20	2.60%	24.30%
59-Y	7	7.50%	25.10%	282-X	15	2.40%	28.00%
64-X	15	3.80%	22.00%	282-Y	24	4.10%	21.50%
64-Y	11	3.40%	20.40%	420-X	27	4.80%	27.30%
69-X	30	51.10%	170.30%	420-Y	28	3.60%	26.50%
69-Y	30	23.80%	61.90%	570-X	17	5.60%	27.20%
82-X	25	6.50%	25.80%	570-Y	18	4.00%	28.00%
82-Y	18	7.30%	26.90%	571-X	18	2.70%	18.60%
83-X	8	2.30%	27.60%	571-Y	15	6.00%	19.80%
83-Y	15	4.10%	29.30%	572-X	12	5.00%	21.20%
89-X	15	6.30%	28.00%	572-Y	9	2.70%	19.00%
89-Y	11	8.60%	28.10%	573-X	15	3.40%	26.30%
91-X	13	4.50%	24.10%	573-Y	17	2.10%	30.00%
91-Y	11	3.60%	26.70%	574-X	21	6.40%	22.80%
92-X	25	3.40%	22.00%	574-Y	24	2.50%	25.50%
92-Y	10	6.80%	24.60%	575-X	21	5.60%	26.20%
94-X	11	2.90%	28.70%	575-Y	15	4.70%	29.80%

Tablo 4.3 (Devam)

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
576-X	20	4.20%	23.30%	742-Y	13	3.60%	26.60%
576-Y	16	3.40%	22.20%	743-X	18	3.30%	22.10%
577-X	16	6.50%	29.40%	743-Y	22	5.50%	23.10%
577-Y	15	4.60%	28.90%	744-X	26	4.00%	21.30%
578-X	18	6.00%	28.70%	744-Y	27	3.00%	17.50%
578-Y	13	3.80%	26.80%	745-X	18	3.60%	24.40%
579-X	17	3.20%	19.10%	745-Y	20	2.20%	18.60%
579-Y	19	5.70%	28.80%	746-X	30	8.90%	28.80%
580-X	12	3.70%	25.80%	746-Y	27	4.90%	29.30%
580-Y	16	2.90%	25.40%	747-X	14	6.70%	29.00%
581-X	13	5.60%	29.00%	747-Y	15	3.50%	24.40%
581-Y	14	6.60%	29.50%	749-X	16	6.70%	26.00%
582-X	15	8.40%	29.50%	749-Y	26	2.50%	24.00%
582-Y	19	4.50%	29.30%	750-X	30	3.60%	20.30%
583-X	16	5.60%	25.20%	750-Y	20	4.50%	23.50%
583-Y	22	3.70%	27.40%	756-X	25	6.30%	28.80%
584-X	23	2.70%	17.20%	756-Y	30	17.30%	82.20%
584-Y	16	3.30%	18.40%	758-X	23	5.40%	28.10%
733-X	23	6.10%	24.30%	758-Y	21	3.70%	21.80%
733-Y	20	6.20%	20.20%	771-X	21	5.10%	26.90%
734-X	18	6.20%	26.60%	771-Y	23	3.40%	26.90%
734-Y	25	5.10%	27.90%	773-X	21	5.20%	29.50%
738-X	15	5.50%	26.40%	773-Y	17	6.60%	25.40%
738-Y	27	2.80%	18.20%	774-X	20	6.20%	28.70%
742-X	15	5.20%	24.60%	774-Y	11	5.60%	24.10%

Tablo 4.3 (Devam)

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
783-X	21	4.80%	26.60%	799-Y	25	4.90%	29.10%
783-Y	21	4.90%	24.00%	804-X	25	5.00%	26.80%
784-X	21	5.00%	28.50%	804-Y	21	5.20%	27.10%
784-Y	26	3.50%	29.20%	808-X	30	3.60%	30.10%
788-X	14	5.40%	26.10%	808-Y	25	6.00%	28.10%
788-Y	16	4.10%	21.60%	813-X	20	6.90%	26.90%
789-X	20	5.80%	27.10%	813-Y	18	5.60%	29.20%
789-Y	30	5.20%	41.70%	832-X	6	5.20%	24.70%
790-X	22	4.80%	24.80%	832-Y	8	4.30%	24.20%
790-Y	19	6.50%	24.10%	836-X	13	7.30%	23.80%
792-X	15	5.90%	28.90%	836-Y	8	3.80%	19.50%
792-Y	12	5.40%	27.00%	841-X	9	7.70%	26.50%
793-X	22	5.40%	22.00%	841-Y	8	7.20%	29.70%
793-Y	20	7.00%	22.10%	855-X	18	5.90%	24.40%
794-X	21	1.70%	20.90%	855-Y	9	8.90%	29.40%
794-Y	20	6.30%	24.40%	860-X	21	3.80%	25.80%
795-X	25	7.60%	28.10%	860-Y	18	9.40%	29.10%
795-Y	27	4.80%	28.90%	862-X	14	5.20%	18.60%
796-X	27	5.00%	26.50%	862-Y	12	3.50%	22.20%
796-Y	16	7.80%	27.80%	888-X	29	4.10%	19.20%
797-X	23	6.50%	29.70%	888-Y	16	7.70%	29.60%
797-Y	18	6.40%	23.30%	891-X	19	3.40%	26.90%
798-X	15	4.80%	19.40%	891-Y	16	3.40%	21.30%
798-Y	12	5.00%	21.20%	943-X	30	6.90%	23.90%
799-X	26	5.50%	24.40%	943-Y	21	7.40%	29.60%

Tablo 4.3 (Devam)

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
944-X	12	5.20%	21.10%	1017-Y	10	3.60%	28.20%
944-Y	11	5.10%	27.50%	1018-X	14	1.50%	21.90%
955-X	13	4.20%	23.90%	1018-Y	11	2.30%	21.00%
955-Y	12	3.20%	22.90%	1024-X	11	2.50%	26.20%
956-X	14	1.80%	19.40%	1024-Y	9	3.70%	27.40%
956-Y	9	4.40%	29.30%	1025-X	15	4.10%	29.40%
965-X	7	8.20%	28.40%	1025-Y	14	6.50%	27.10%
965-Y	15	5.00%	23.10%	1036-X	14	4.10%	23.40%
966-X	8	3.80%	22.50%	1036-Y	17	5.30%	28.30%
966-Y	12	5.70%	24.80%	1037-X	17	3.20%	27.20%
972-X	22	7.50%	27.10%	1037-Y	14	8.10%	26.90%
972-Y	19	6.70%	25.40%	1040-X	9	5.80%	25.20%
973-X	11	3.10%	27.40%	1040-Y	8	4.00%	22.50%
973-Y	11	3.80%	28.20%	1043-X	22	6.20%	26.00%
975-X	9	4.50%	26.40%	1043-Y	18	4.60%	17.60%
975-Y	7	2.00%	20.80%	1046-X	9	5.50%	21.80%
976-X	7	3.60%	26.30%	1046-Y	13	3.20%	21.60%
976-Y	12	3.20%	27.90%	1047-X	9	4.50%	28.30%
979-X	6	5.40%	27.70%	1047-Y	14	1.70%	23.40%
979-Y	11	2.20%	20.90%	1056-X	10	5.00%	29.60%
980-X	15	8.30%	26.30%	1056-Y	8	4.10%	28.10%
980-Y	11	6.40%	26.60%	1060-X	17	4.50%	27.50%
1014-X	9	3.30%	26.80%	1060-Y	14	5.30%	27.10%
1014-Y	14	5.80%	25.60%	1062-X	12	2.30%	26.20%
1017-X	12	2.50%	19.60%	1062-Y	10	3.00%	21.20%

Eşleştirme sonuçlarına bakıldığında en az iterasyon sayısının “altı” olduğu görülmektedir. İterasyon sayısının altı olduğu “59-X”, “832-X” ve “979-X” ivme kayıtları sette yer alacaktır.

“Yedi” iterasyon sayısına sahip dört ivme kaydı bulunmaktadır. Bunlardan “59-Y”, “975-Y” ve “976-X” ivme kayıtları sette yer alacaktır. İterasyon sayısı yedi olmasına rağmen “965-X” ivme kaydı sette yer almayacaktır. Çünkü aynı depremden olan “975-Y” ve “976-X” ivme kayıtlarının ortalama uyumsuzluk değerleri “965-X” ivme kaydının ortalama uyumsuzluk değerine kıyasla daha düşüktür ve bu kayıtlar “Northridge” depreminden alınacak ikinci ve üçüncü ivme kaydını oluşturmuştur.

“Northridge” depremlerine ait kayıtların dışında “sekiz” iterasyon sayısına sahip dört ivme kaydı bulunmaktadır. Ortalama uyumsuzluk değerleri dikkate alındığında “83-X” deprem kaydı ile birlikte “832-Y” ve “836-Y” ivme kayıtları da sette yer alacaktır.

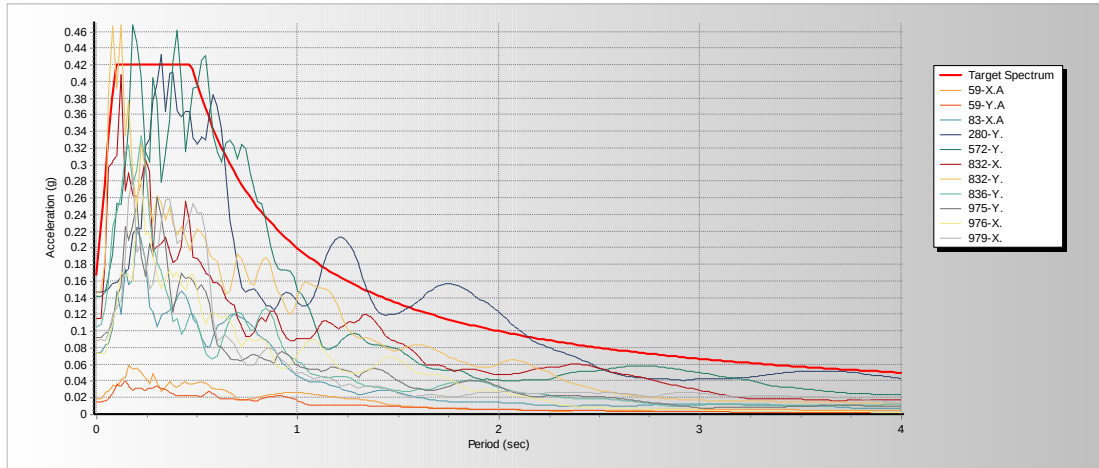
“San Fernando”, “Landers” ve “Northridge” depremleri dışarı bırakıldığında ivme kaydı setinde yer alacak en az iterasyon sayısına sahip deprem kayıtlarının 11 iterasyon sayısına sahip “280-Y” ve “572-Y” ivme kayıtları olduğu görülmektedir. Böylelikle 11 adet ivme kaydından oluşan ivme kaydı seti tamamlanmıştır.

Uygulanan stratejiye göre 2 nolu lokasyon için oluşturulan ivme kaydı seti Tablo 4.4’te gösterilmiştir.

Tablo 4. 4 – 2 nolu lokasyon için oluşturulan ivme kaydı seti

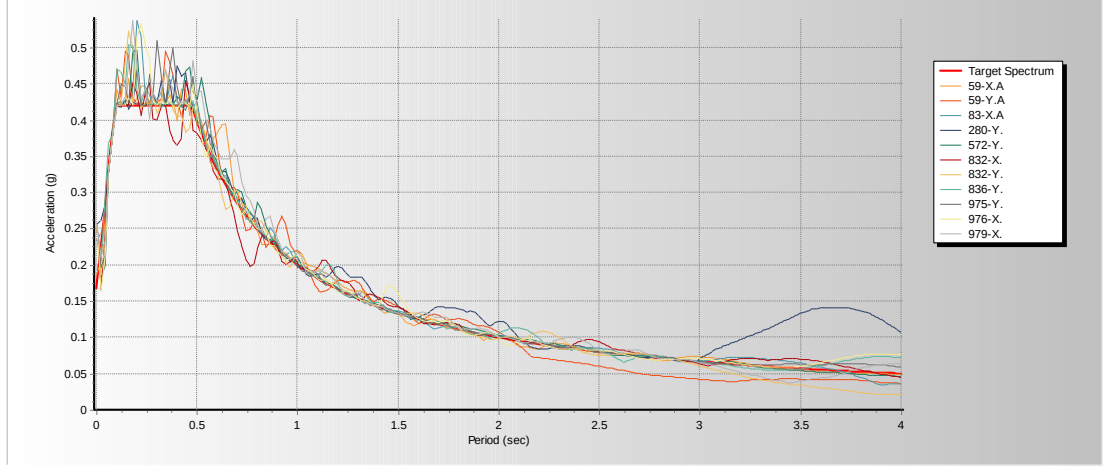
Kayıt	İterasyon Sayısı	Ortalama Uyumsuzluk	Maksimum Uyumsuzluk
59-X	6	2.90%	26.10%
832-X	6	5.20%	24.70%
979-X	6	5.40%	27.70%
975-Y	7	2.00%	20.80%
976-X	7	3.60%	26.30%
59-Y	7	7.50%	25.10%
83-X	8	2.30%	27.60%
836-Y	8	3.80%	19.50%
832-Y	8	4.30%	24.20%
572-Y	9	2.70%	19.00%
280-Y	9	6.70%	26.60%

2 nolu lokasyona ait tasarım spektrumu ve oluşturulan sette yer alan ivme kayıtlarının orijinal spektrumları Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



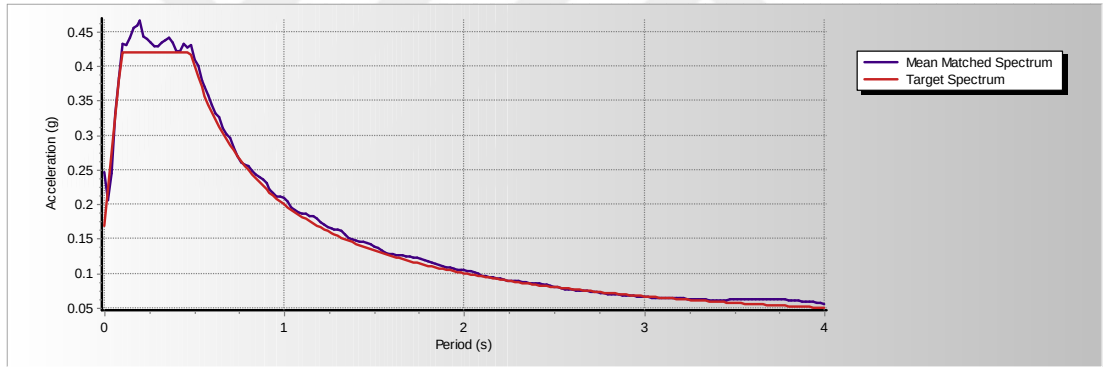
Şekil 4. 4 Sette yer alan ivme kayıtlarının orijinal spektrumu ve 2 nolu lokasyonun tasarım spektrumu

2 nolu lokasyona ait tasarım spektrumu ve oluşturulan sette yer alan ivme kayıtlarının dönüştürülmüş spektrumları Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 5 Sette yer alan ivme kayıtlarının dönüştürülmüş spektrumu ve 2 nolu lokasyonun tasarım spektrumu

2 nolu lokasyona ait tasarım spektrumu ve dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ortalama spektrumları Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4. 6 Dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ortalama spektrumu ve 2 nolu lokasyonun tasarım spektrumu

Sette yer alan 11 ivme kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafikleri Ek 2’de verilmiştir.

4.3 -3 Nolu Lokasyon İçin İvme Kaydı Seti Oluşturulması

İvme kaydı kataloğundaki kayıtların hedef olarak tanımlanan 3 nolu lokasyona ait tasarım spektrumuyla 0,05-3 saniye periyot aralığında dönüştürülmesi sonucu oluşan veriler Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4. 5 – 3 nolu lokasyon için dönüştürülmüş ivme kayıt sonuçları

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
9-X	11	5.00%	25.30%	94-Y	8	3.00%	27.40%
9-Y	25	3.50%	27.80%	123-X	12	4.90%	26.80%
14-X	10	3.40%	26.80%	123-Y	17	2.50%	26.30%
14-Y	9	6.40%	25.90%	140-X	28	4.80%	24.90%
51-X	24	3.50%	27.40%	140-Y	23	5.90%	29.50%
51-Y	19	5.80%	24.60%	280-X	18	3.50%	25.00%
56-X	10	2.00%	24.80%	280-Y	8	4.30%	23.50%
56-Y	10	5.40%	28.80%	281-X	11	4.20%	18.60%
59-X	8	2.50%	22.20%	281-Y	10	4.90%	28.00%
59-Y	8	3.20%	22.60%	282-X	11	3.70%	20.10%
64-X	7	4.00%	21.60%	282-Y	15	6.00%	25.30%
64-Y	7	6.10%	26.80%	420-X	17	6.50%	21.60%
69-X	30	30.60%	70.40%	420-Y	21	4.70%	29.20%
69-Y	21	7.00%	28.40%	570-X	18	3.90%	24.80%
82-X	19	3.80%	22.00%	570-Y	10	6.80%	28.70%
82-Y	13	5.60%	27.30%	571-X	16	4.30%	24.20%
83-X	8	5.10%	27.60%	571-Y	11	4.20%	25.60%
83-Y	13	5.20%	27.40%	572-X	10	4.60%	19.00%
89-X	18	5.40%	26.60%	572-Y	7	4.70%	28.30%
89-Y	17	10.00%	27.40%	573-X	14	4.10%	23.90%
91-X	14	6.70%	29.10%	573-Y	13	5.00%	28.50%
91-Y	18	2.60%	23.10%	574-X	15	8.90%	26.80%
92-X	9	3.20%	26.90%	574-Y	17	2.80%	19.20%
92-Y	8	3.50%	23.80%	575-X	15	6.80%	29.50%
94-X	9	3.70%	24.60%	575-Y	13	4.60%	29.10%

Tablo 4. 5 (Devam)

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
576-X	15	7.20%	28.90%	742-Y	8	3.40%	30.00%
576-Y	8	9.80%	27.00%	743-X	13	4.50%	26.20%
577-X	16	4.20%	21.80%	743-Y	19	4.40%	17.20%
577-Y	17	4.00%	29.10%	744-X	22	3.40%	26.70%
578-X	12	7.70%	24.60%	744-Y	20	6.90%	25.70%
578-Y	13	4.30%	21.80%	745-X	14	3.30%	26.50%
579-X	15	9.80%	29.70%	745-Y	11	5.70%	28.60%
579-Y	14	4.70%	17.90%	746-X	15	4.00%	21.90%
580-X	12	3.80%	18.40%	746-Y	16	3.90%	27.90%
580-Y	17	6.10%	29.60%	747-X	10	4.50%	19.10%
581-X	14	4.10%	27.90%	747-Y	23	3.70%	25.70%
581-Y	15	1.50%	17.60%	749-X	12	6.50%	27.00%
582-X	9	4.00%	21.40%	749-Y	13	6.50%	21.70%
582-Y	14	6.40%	25.80%	750-X	21	3.80%	19.80%
583-X	10	5.90%	27.40%	750-Y	24	3.40%	26.00%
583-Y	15	8.40%	26.50%	756-X	22	6.40%	23.50%
584-X	17	6.70%	28.90%	756-Y	28	5.30%	25.70%
584-Y	11	2.60%	26.40%	758-X	18	6.30%	24.00%
733-X	16	3.40%	27.40%	758-Y	20	6.00%	29.90%
733-Y	14	2.50%	24.90%	771-X	28	4.70%	29.10%
734-X	12	9.20%	29.50%	771-Y	18	2.90%	19.10%
734-Y	17	2.20%	19.10%	773-X	16	4.60%	26.60%
738-X	25	5.30%	24.00%	773-Y	9	4.30%	24.10%
738-Y	19	4.80%	18.00%	774-X	13	3.60%	22.50%
742-X	9	6.70%	26.20%	774-Y	14	4.20%	23.20%

Tablo 4. 5 (Devam)

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
783-X	15	3.30%	15.80%	799-Y	13	3.10%	19.50%
783-Y	20	4.30%	22.00%	804-X	21	3.80%	18.10%
784-X	24	4.70%	28.70%	804-Y	12	4.40%	25.90%
784-Y	24	3.00%	26.60%	808-X	18	5.70%	22.30%
788-X	11	2.80%	23.00%	808-Y	27	7.40%	28.60%
788-Y	10	9.30%	29.60%	813-X	14	3.80%	17.80%
789-X	14	5.70%	28.40%	813-Y	13	5.10%	25.00%
789-Y	29	6.10%	29.70%	832-X	13	3.60%	18.80%
790-X	19	3.30%	21.80%	832-Y	13	5.00%	24.00%
790-Y	17	5.90%	30.00%	836-X	16	7.00%	28.40%
792-X	23	4.80%	25.00%	836-Y	13	4.10%	23.90%
792-Y	12	3.90%	20.90%	841-X	13	5.40%	29.70%
793-X	16	6.40%	27.40%	841-Y	12	4.00%	24.80%
793-Y	18	4.50%	26.30%	855-X	22	8.30%	27.50%
794-X	14	5.50%	24.10%	855-Y	14	2.80%	21.40%
794-Y	19	3.80%	24.20%	860-X	25	10.60%	24.00%
795-X	30	5.50%	31.70%	860-Y	26	6.90%	25.50%
795-Y	21	2.70%	20.30%	862-X	10	6.00%	27.00%
796-X	17	6.50%	29.50%	862-Y	4	5.00%	26.50%
796-Y	12	6.90%	26.90%	888-X	21	2.50%	18.40%
797-X	11	7.80%	26.20%	888-Y	11	4.10%	22.40%
797-Y	20	5.80%	25.20%	891-X	22	5.20%	28.30%
798-X	15	3.20%	21.20%	891-Y	19	2.70%	25.20%
798-Y	8	4.60%	18.50%	943-X	25	7.20%	27.70%
799-X	12	8.30%	27.90%	943-Y	28	5.60%	23.40%

Tablo 4. 5 (Devam)

Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.	Kayıt	İterasyon Sayısı	Ort. Uyums.	Maks. Uyums.
944-X	7	6.60%	29.20%	1017-Y	13	6.80%	21.20%
944-Y	11	1.80%	20.70%	1018-X	15	4.30%	27.60%
955-X	13	3.80%	26.10%	1018-Y	12	2.60%	29.20%
955-Y	10	6.30%	28.00%	1024-X	9	2.20%	27.00%
956-X	8	4.00%	19.20%	1024-Y	9	5.30%	26.50%
956-Y	11	5.80%	28.90%	1025-X	20	4.00%	27.90%
965-X	7	4.90%	19.90%	1025-Y	18	5.50%	21.60%
965-Y	10	1.70%	25.80%	1036-X	6	6.00%	29.00%
966-X	10	5.70%	27.20%	1036-Y	19	8.00%	29.80%
966-Y	13	2.40%	25.50%	1037-X	17	4.40%	28.00%
972-X	18	6.80%	25.30%	1037-Y	29	2.50%	22.40%
972-Y	24	9.90%	30.00%	1040-X	10	8.90%	26.90%
973-X	9	2.80%	27.00%	1040-Y	12	7.10%	21.30%
973-Y	11	2.40%	28.60%	1043-X	16	6.00%	24.10%
975-X	7	3.20%	22.00%	1043-Y	14	4.50%	28.30%
975-Y	15	3.90%	23.60%	1046-X	12	6.80%	28.40%
976-X	5	5.00%	28.40%	1046-Y	19	3.80%	21.40%
976-Y	10	2.50%	26.60%	1047-X	10	1.60%	24.80%
979-X	7	6.50%	27.10%	1047-Y	10	3.00%	27.40%
979-Y	9	1.80%	19.40%	1056-X	8	5.60%	26.70%
980-X	21	7.40%	26.10%	1056-Y	5	4.50%	28.80%
980-Y	16	4.90%	22.60%	1060-X	13	1.60%	22.00%
1014-X	12	4.20%	27.70%	1060-Y	9	2.80%	24.80%
1014-Y	22	3.90%	26.40%	1062-X	14	3.70%	24.60%
1017-X	15	1.70%	25.90%	1062-Y	13	6.10%	29.40%

Eşleştirme sonuçlarına bakıldığında en az iterasyon sayısının “dört” olduğu görülmektedir. İterasyon sayısının dört olduğu “862-Y” ivme kaydı sette yer alacaktır.

Sonuçlarda “beş” iterasyon sayısına sahip “976-X” ve “1056-Y” ivme kayıtları görülmektedir. Bu kayıtlar da sette yer alacaktır.

“Altı” iterasyon sayısına sahip “1036-X” ivme kaydı da sette yer alacaktır. Böylelikle “Northridge” depreminden alınacak ivme kayıtları tamamlanmıştır.

“Northridge” depremlerine ait kayıtların dışında “yedi” iterasyon sayısına sahip “64-X”, “64-Y” ve “572-Y” ivme kayıtları da sette yer alacaktır.

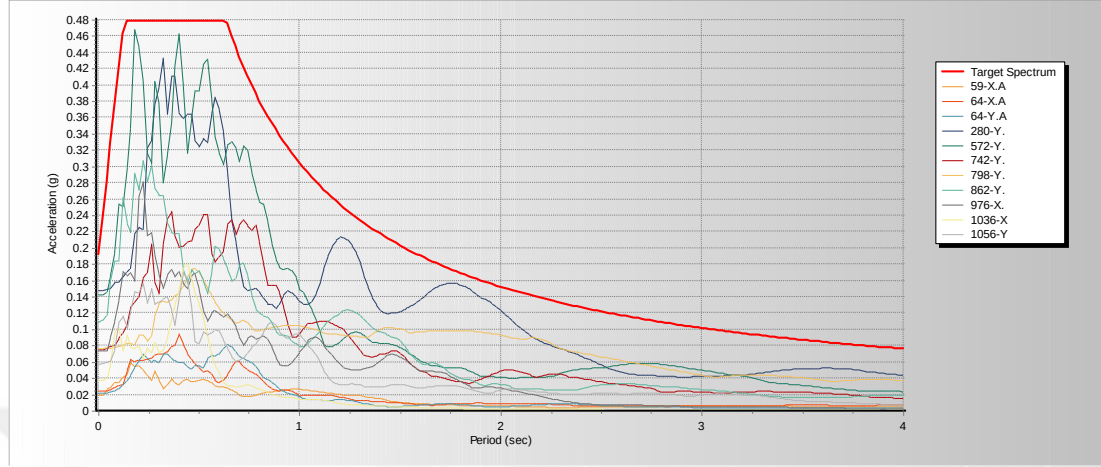
“Sekiz” iterasyon sayısına sahip ivme kayıtları arasından ortalama uyumsuzluklar da dikkate alınarak “59-X”, “280-Y”, “742-Y” ve “798-Y” ivme kayıtları seçilmiştir. Böylelikle 11 adet ivme kaydından oluşan ivme kaydı seti tamamlanmıştır.

Uygulanan stratejiye göre 3 nolu lokasyon için oluşturulan ivme kaydı seti Tablo 4.6’da gösterilmiştir.

Tablo 4. 6 – 3 nolu lokasyon için oluşturulan ivme kaydı seti

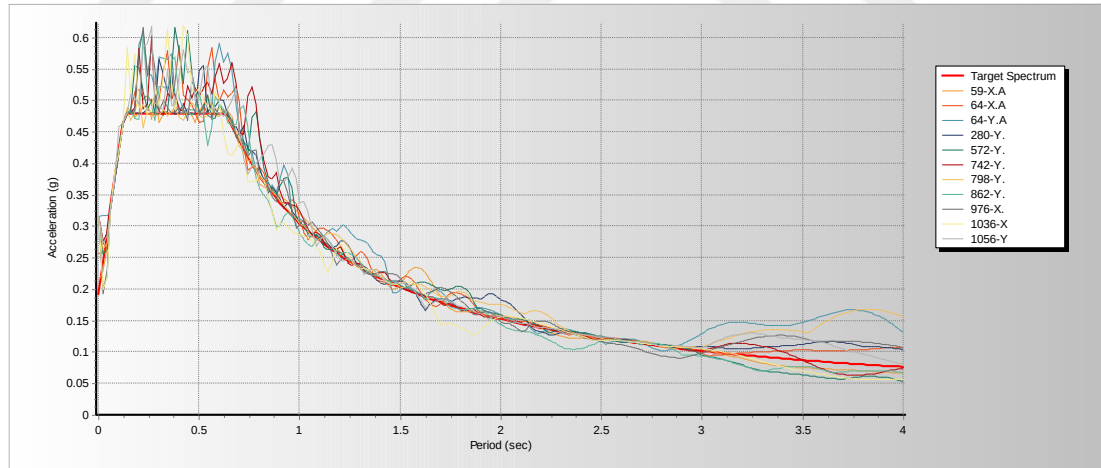
Kayıt	İterasyon Sayısı	Ortalama Uyumsuzluk	Maksimum Uyumsuzluk
862-Y	4	5.00%	26.50%
1056-Y	5	4.50%	28.80%
976-X	5	5.00%	28.40%
1036-X	6	6.00%	29.00%
64-X	7	4.00%	21.60%
572-Y	7	4.70%	28.30%
64-Y	7	6.10%	26.80%
59-X	8	2.50%	22.20%
742-Y	8	3.40%	30.00%
280-Y	8	4.30%	23.50%
798-Y	8	4.60%	18.50%

3 nolu lokasyona ait tasarım spektrumu ve oluşturulan sette yer alan ivme kayıtlarının orijinal spektrumları Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



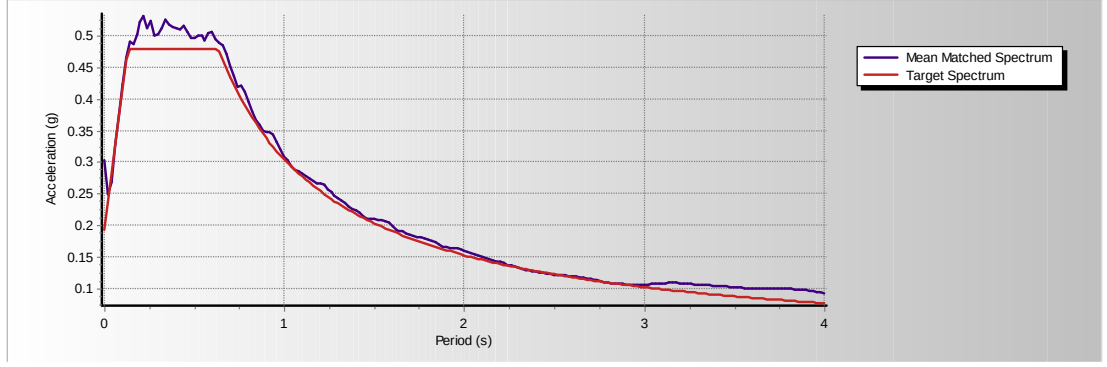
Şekil 4. 7 Sette yer alan ivme kayıtlarının orijinal spektrumu ve 3 nolu lokasyonun tasarım spektrumu

3 nolu lokasyona ait tasarım spektrumu ve oluşturulan sette yer alan ivme kayıtlarının dönüştürülmüş spektrumları Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 8 Sette yer alan ivme kayıtlarının dönüştürülmüş spektrumu ve 3 nolu lokasyonun tasarım spektrumu

3 nolu lokasyona ait tasarım spektrumu ve dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ortalama spektrumları Şekil 4.9’da gösterilmiştir



Şekil 4. 9 Dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ortalama spektrumu ve 3 nolu lokasyonun tasarım spektrumu

Sette yer alan 11 ivme kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafikleri Ek 3'te verilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tez çalışmasıyla, farklı parametreler dikkate alınarak indirilmiş ivme kayıtları farklı tasarım spektrumları hedef alınarak spektral dönüşüm sağlanacak şekilde 0,05-3 saniye periyot aralığında dönüştürülmüştür. İvme kayıtlarının dönüştürülmesi sonucu hedef spektrumla olan uyuşum ve iterasyon sayıları tablolarda sunulmuştur. TBDY 2018'deki hususlar da dikkate alınarak ivme kayıtları seçiminde iterasyon sayısının ilk öncelik, hedef spektrumla olan uyuşumun ise ikinci öncelik olduğu, bir ve iki boyutlu analizlerde kullanılabilecek ivme kaydı setleri oluşturulmuştur. Setlerde yer alan dönüştürülmüş ivme kayıtlarının ivme-zaman diyagramları ve yönetmelikteki kontrolü için ortalama spektrumlar sunulmuştur.

Tez kapsamında elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- i. Oluşturulan her üç ivme kaydı setinde yer alan ivme kayıtlarının iterasyon sayılarına bakıldığında kabul edilebilir sonuçlar görülmektedir. Bu da ivme kayıtlarının orijinalliğinin mümkün oldukça korunduğunu göstermektedir.
- ii. Oluşturulan her üç ivme kaydı setinde yer alan ivme kayıtlarının ortalama uyuşmazlık ve maksimum uyuşmazlık yüzdelerine bakıldığında çok düşük sonuçlar görülmektedir. Bu sonuçlar istenilen uyuşumun fazlasıyla yakalandığı göstermektedir.
- iii. Elde edilen diyagramlara bakıldığında, her üç set için dönüştürülen ivme kayıtları spektrumlarının ortalamaları tasarım spektrumu ordnatlarından küçük çıkmamıştır. Bu şekilde TBDY'de istenilen koşula da uyulmuştur.

Oluşturulan ivme kaydı setleri ayrıntılı şekilde değerlendirildiğinde, ayrıca aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir:

- i. En az iterasyon sayısı ile dönüştürülmüş ivme kayıtlarından oluşan set 3 nolu lokasyona (ZD zemin sınıfına) ait set, en çok iterasyon sayısı ile dönüştürülmüş ivme kayıtlarından oluşan set ise 1 nolu lokasyona (ZB zemin sınıfına) ait set olmuştur.

- ii. Lokasyonların zemin sınıfları farklı olmasına rağmen setlerde ortak ivme kayıtları yer almıştır.
- iii. Aynı deprem kaydı takımındaki iki yatay ivme kayıtlarının da aynı sette yer aldığı durumlar olmuştur.
- iv. Sette yer alan bir ivme kaydının aynı deprem takımındaki diğer yatay ivme kaydının, başka sette yer aldığı durumlar olmuştur.



KAYNAKLAR

- Abrahamson, N. A. (1992). Non-stationary spectral matching. *Seismological research letters*, 63(1), 30.
- Fahjan, Y. M. (2008). Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklenmesi. *Teknik Dergi*, 19(93), 4423-4444.
- Ha, S. J. ve Han, S. W. (2016). A method for selecting ground motions that considers target response spectrum mean and variance as well as correlation structure. *Journal of Earthquake Engineering*, 20(8), 1263-1277.
- Hancock, J., vd., (2006). An improved method of matching response spectra of recorded earthquake ground motion using wavelets. *Journal of earthquake engineering*, 10(spec01), 67-89.
- Hancock, J., vd., (2008). Numbers of scaled and matched accelerograms required for inelastic dynamic analyses. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 37(14), 1585-1607.
- Iervolino, I., vd., (2010). REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 8(2), 339-362.
- Katsanos, E. I., vd., (2010). Selection of earthquake ground motion records: A state-of-the-art review from a structural engineering perspective. *Soil dynamics and earthquake engineering*, 30(4), 157-169.
- Katsanos, E. I. ve Sextos, A. G. (2013). ISSARS: An integrated software environment for structure-specific earthquake ground motion selection. *Advances in Engineering Software*, 58, 70-85.
- Kayhan, A. H. (2012). Armoni araştırması ile ivme kaydı seçimi ve ölçeklendirme. *Teknik Dergi*, 23(111), 5751-5775.
- Kurama, Y. C. ve Farrow, K. T. (2003). Ground motion scaling methods for different site conditions and structure characteristics. *Earthquake engineering & structural dynamics*, 32(15), 2425-2450.
- Mollaioli, F. ve Bruno, S. (2008). Influence of site effects on inelastic displacement ratios for SDOF and MDOF systems. *Computers & Mathematics with applications*, 55(2), 184-207.
- Mukherjee, S. ve Gupta, V. K. (2002). Wavelet-based generation of spectrum-compatible time-histories. *Soil dynamics and Earthquake engineering*, 22(9-12), 799-804.
- Naeim, F., vd., (2004). Selection and scaling of ground motion time histories for structural design using genetic algorithms. *Earthquake spectra*, 20(2), 413-426.
- O'Donnell, A. P., vd., (2011). Evaluation of ground motion scaling methods for analysis of structural systems. In *Structures Congress 2011* (pp. 3045-3056).

SeismoMatch Help v.2020. Erişim Tarihi 12 Kasım 2021.

Shama, A. (2012). Spectrum compatible earthquake ground motions by morlet wavelet. In *20th analysis and computation specialty conference* (pp. 163-172).

Zhai, C., vd., (2013). Selection of the most unfavorable real ground motions for low- and mid-rise RC frame structures. *Journal of Earthquake Engineering*, 17(8), 1233-1251

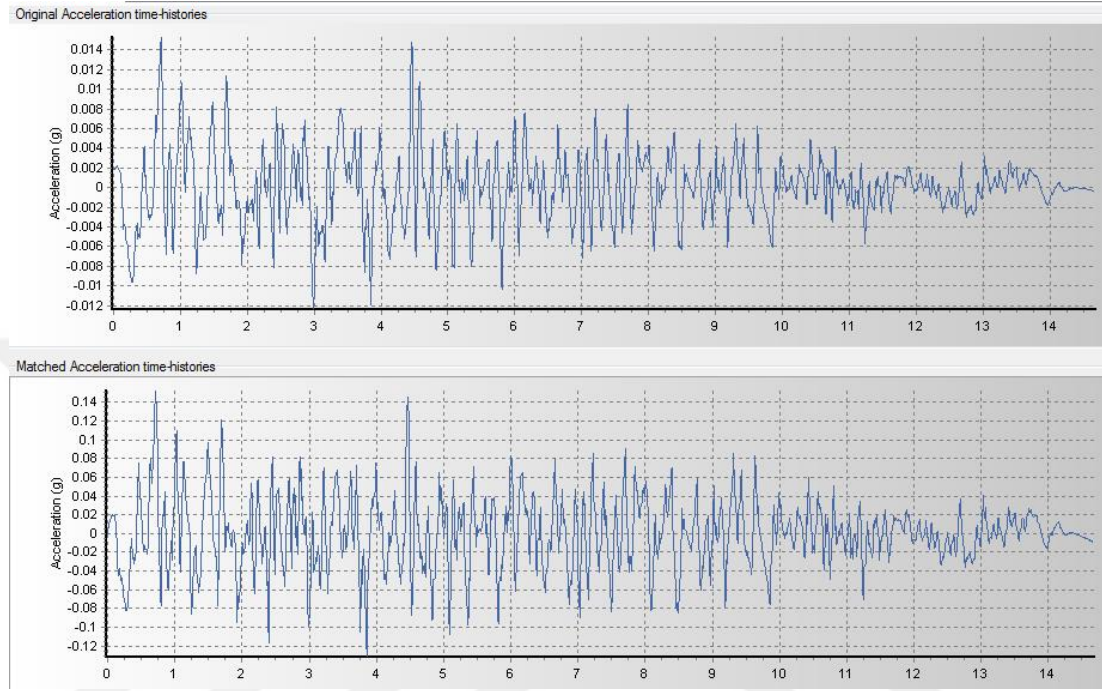


EKLER

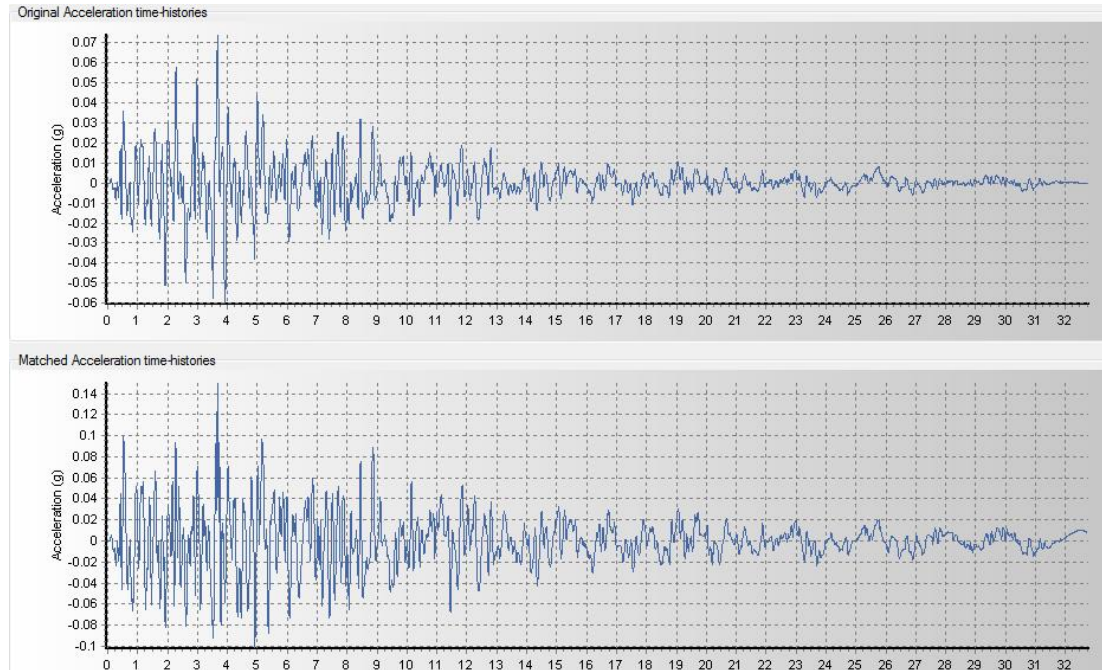


Ek 1 -1 nolu lokasyona ait ivme kaydı setindeki kayıtların ivme-zaman grafikleri

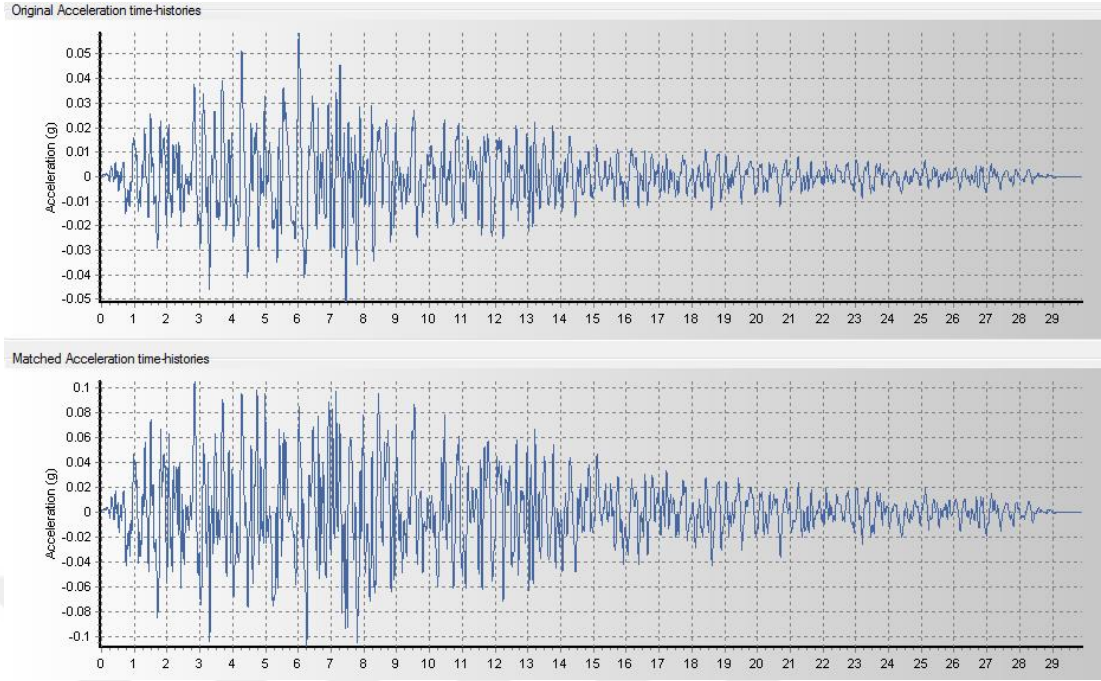
Üstte kayıtların orijinal, altta ise kayıtların dönüştürülmüş ivme-zaman grafiklerinin olduğu şekiller aşağıda verilmiştir.



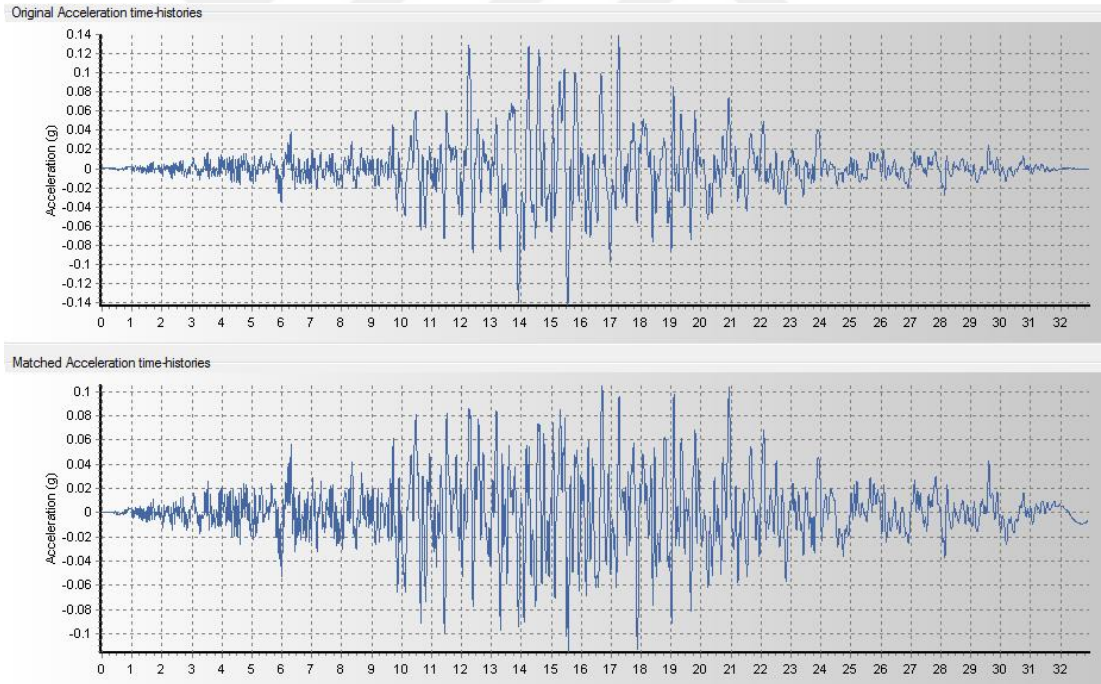
Şekil 1.A “59-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



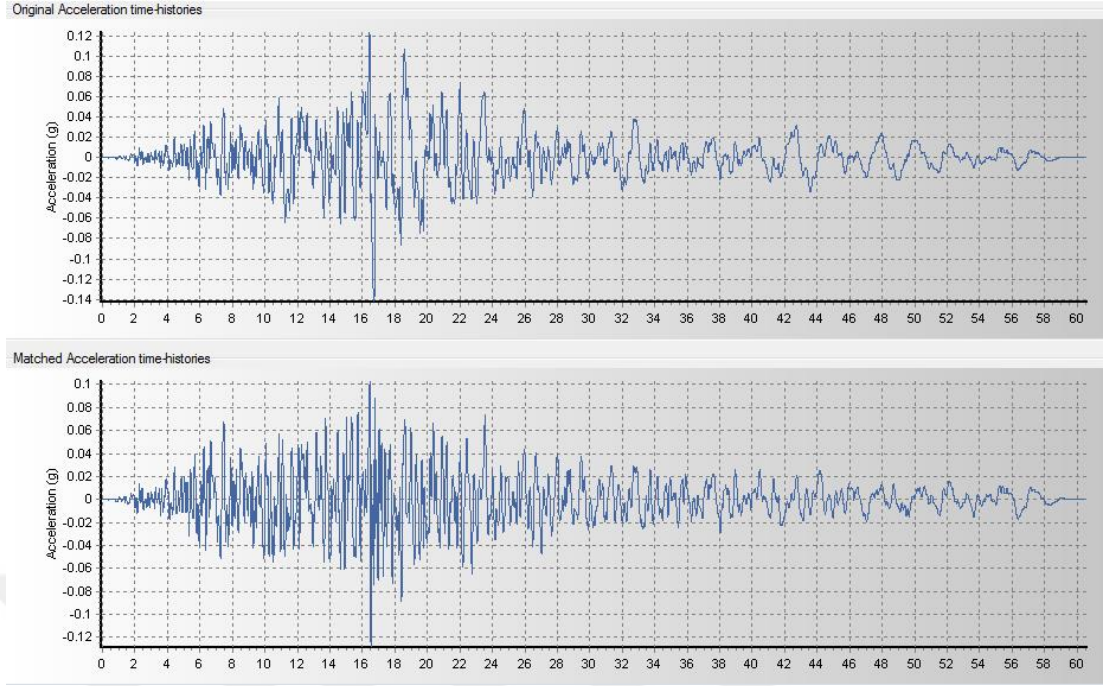
Şekil 1.B “83-X” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



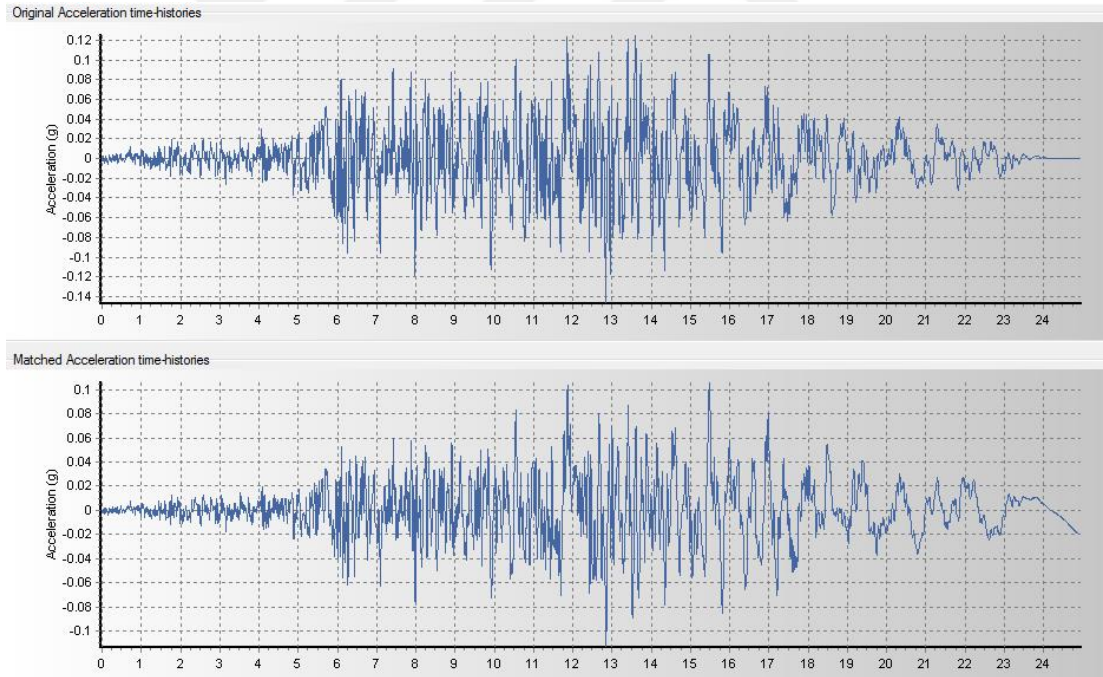
Şekil 1.C “91-X” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



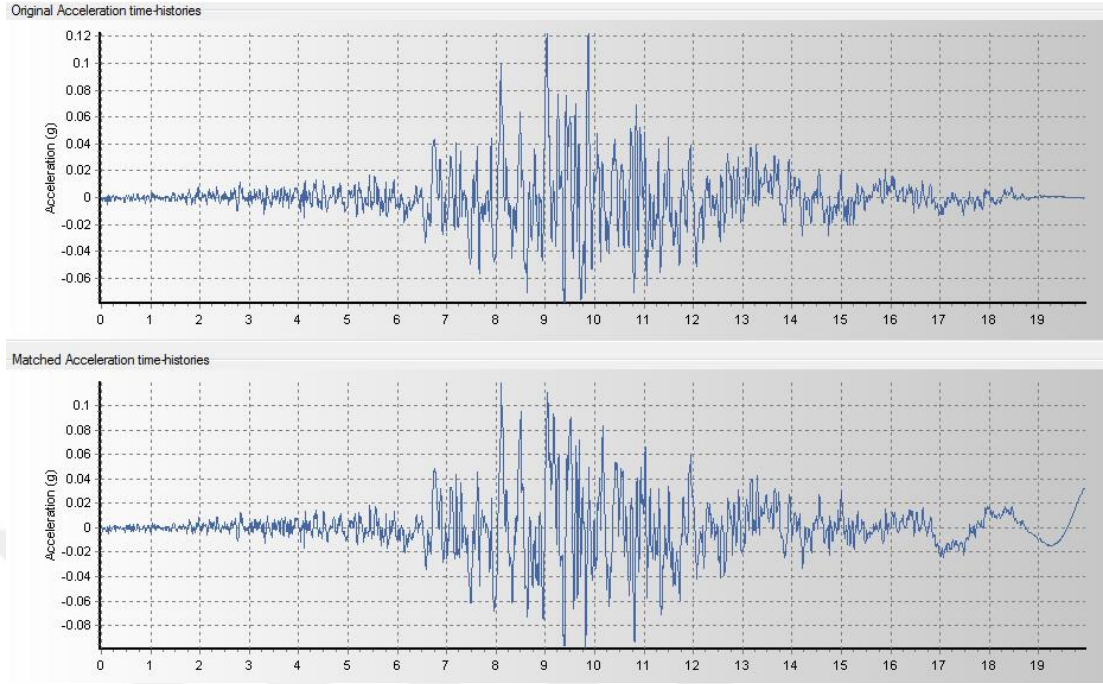
Şekil 1.D “572-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



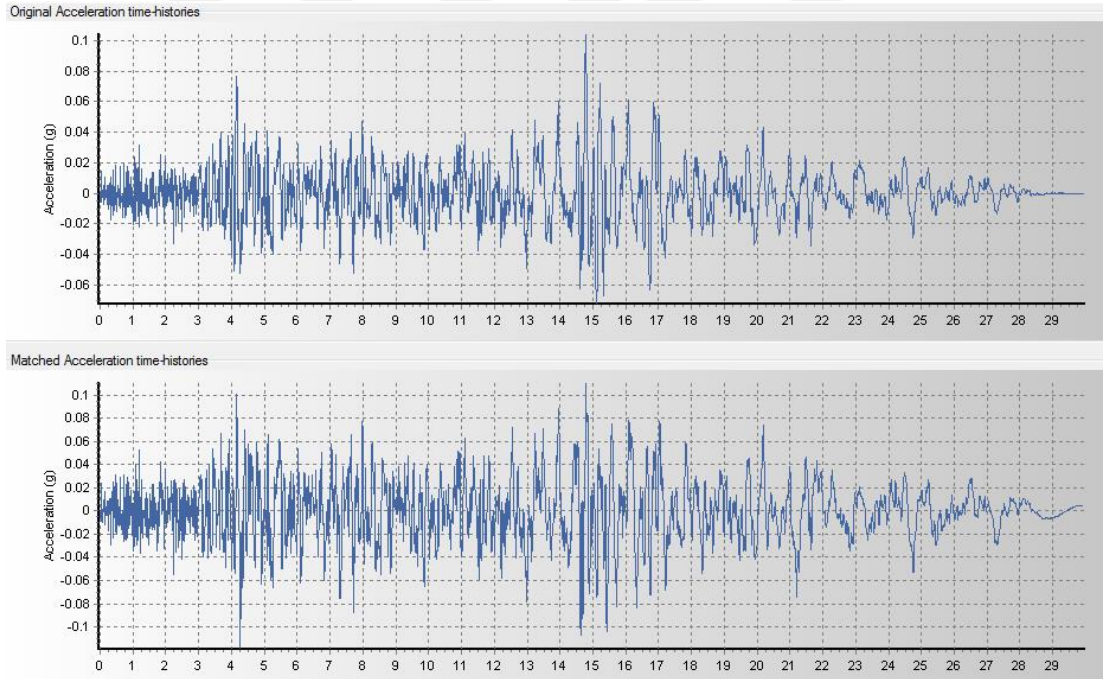
Şekil 1.E “582-X” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



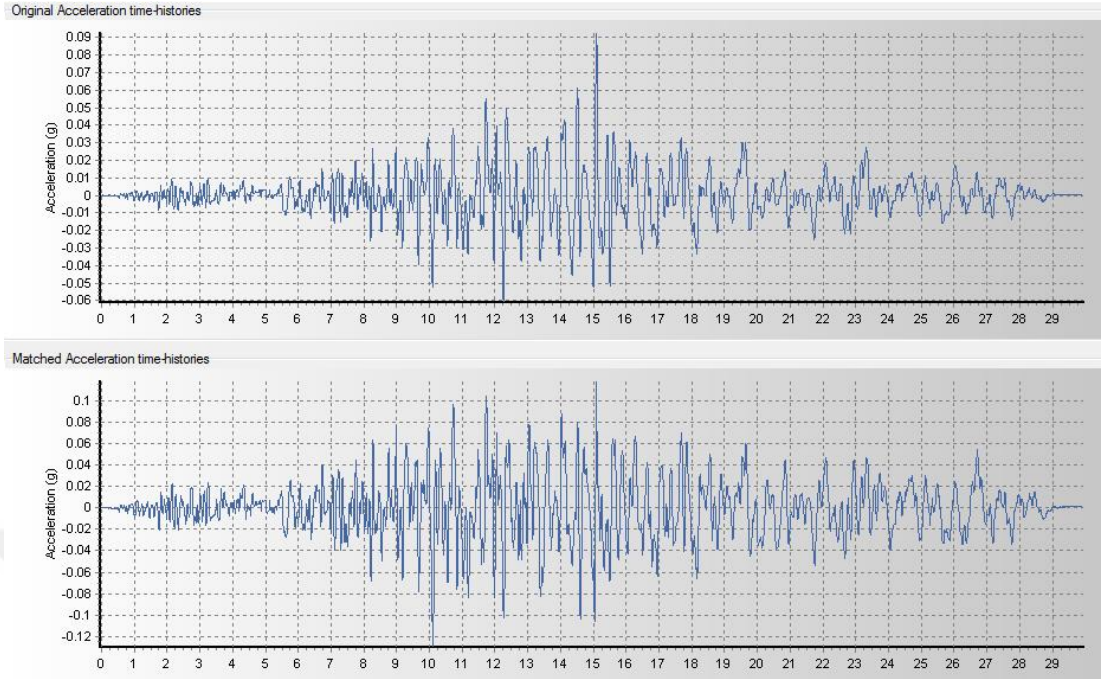
Şekil 1.F “832-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



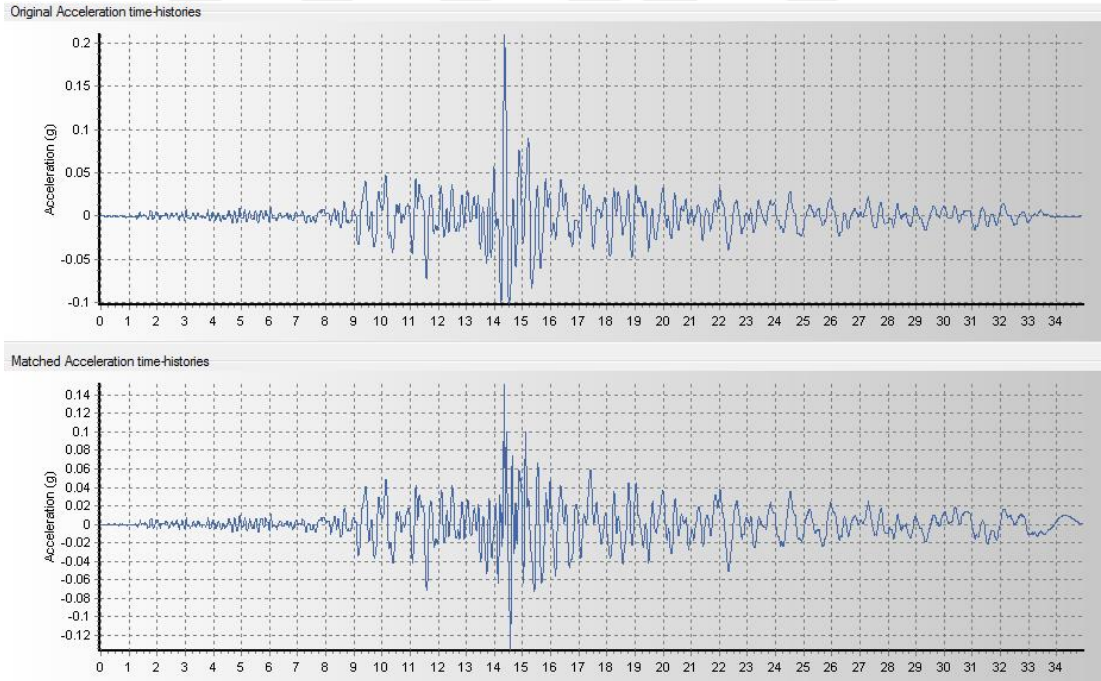
Şekil 1.G “855-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



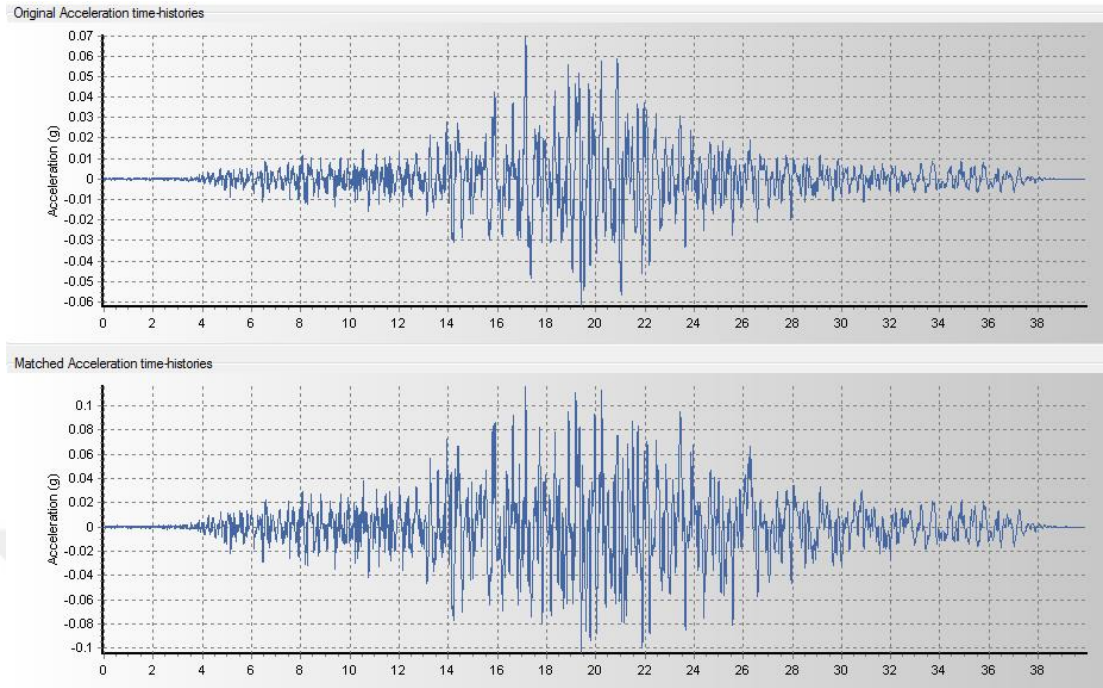
Şekil 1.H “862-X” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



Şekil 1.I “975-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



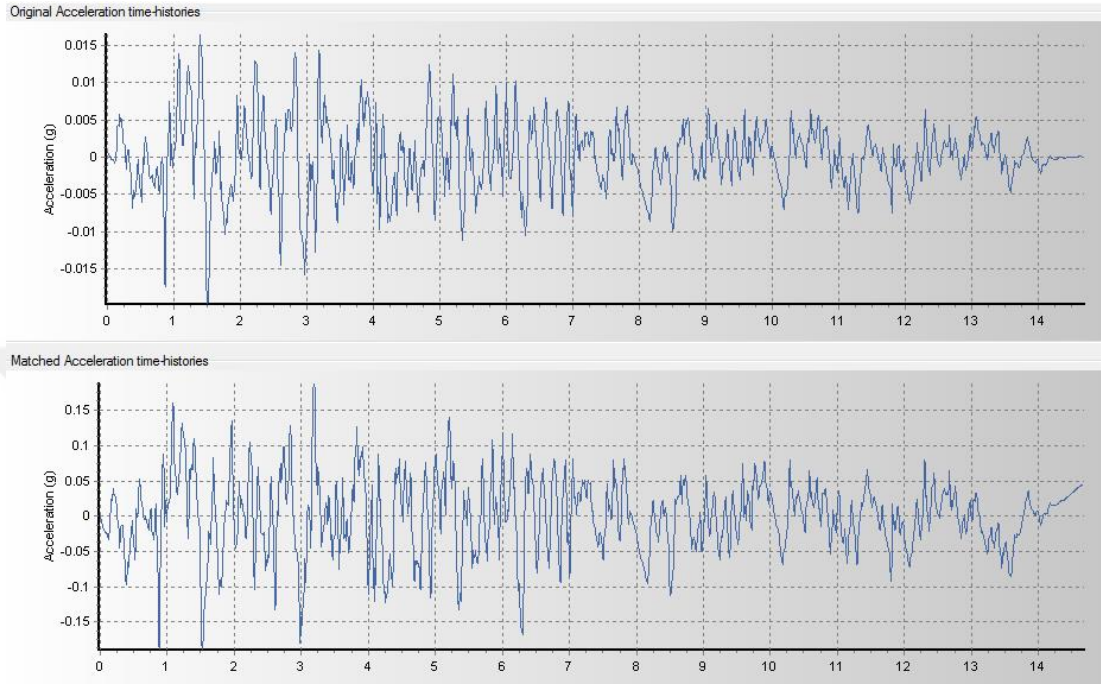
Şekil 1.J “1017-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



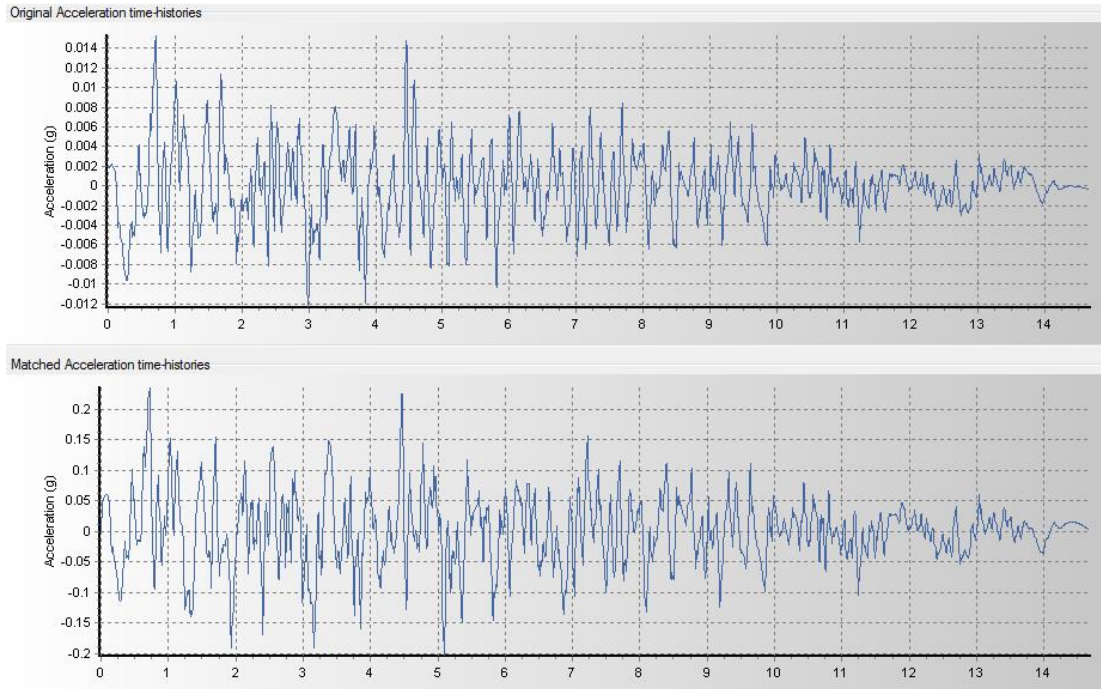
Şekil 1.K “1040-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği

Ek 2 -2 nolu lokasyona ait ivme kaydı setindeki kayıtların ivme-zaman grafikleri

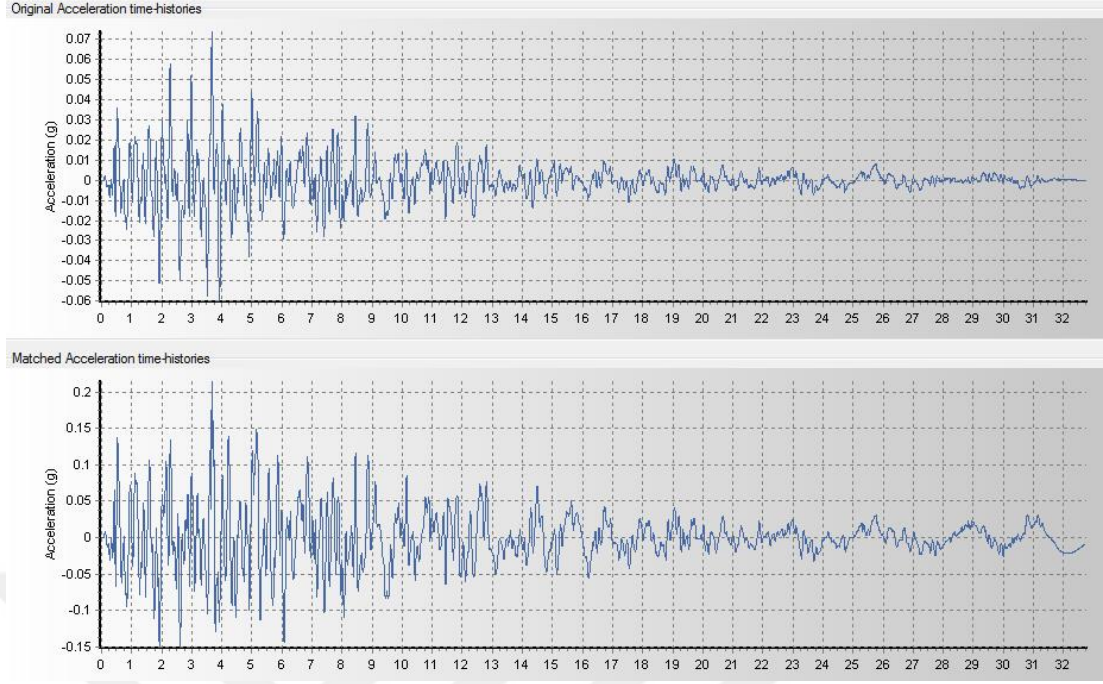
Üstte kayıtların orijinal, altta ise kayıtların dönüştürülmüş ivme-zaman grafiklerinin olduğu şekiller aşağıda verilmiştir.



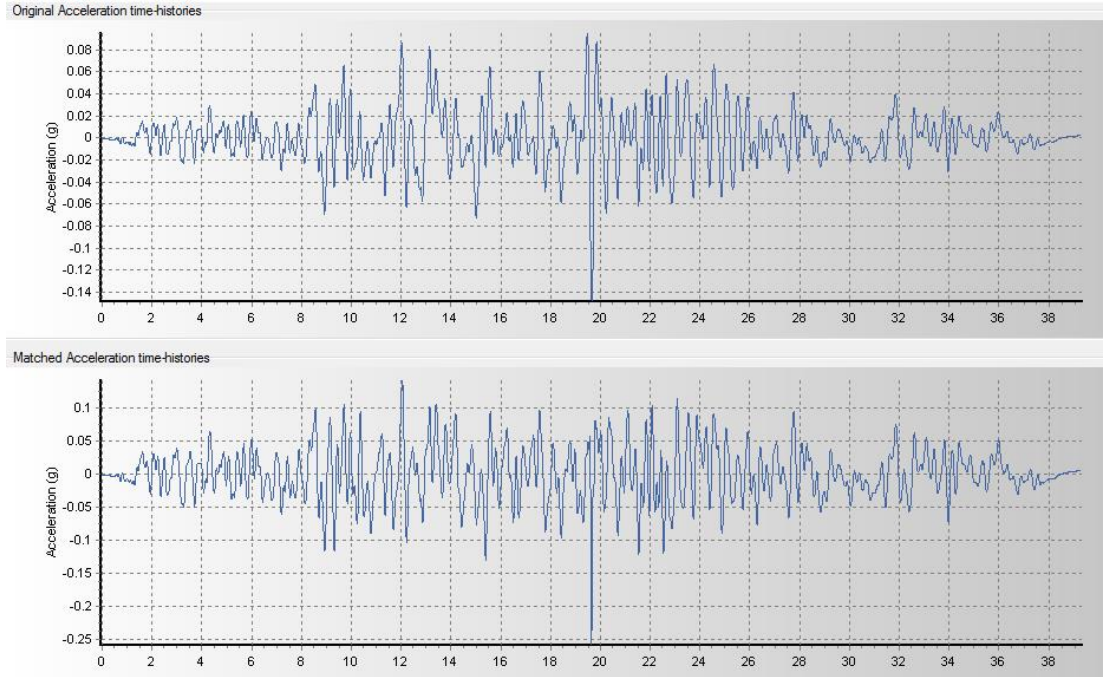
Şekil 2.A “59-X” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



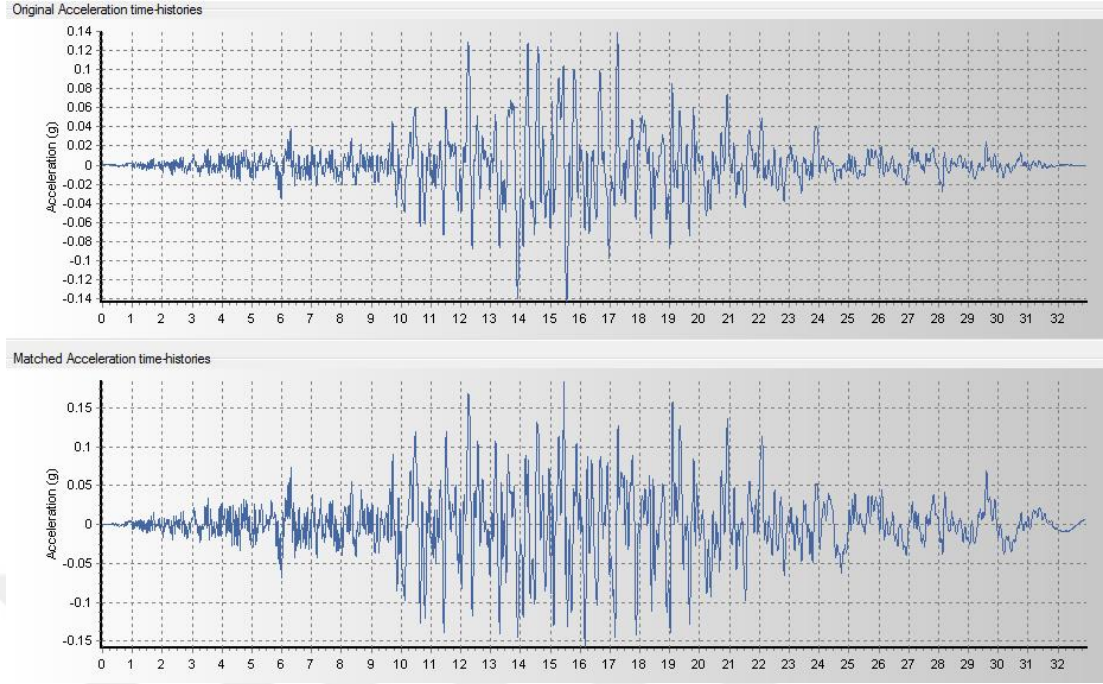
Şekil 2.B “59-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



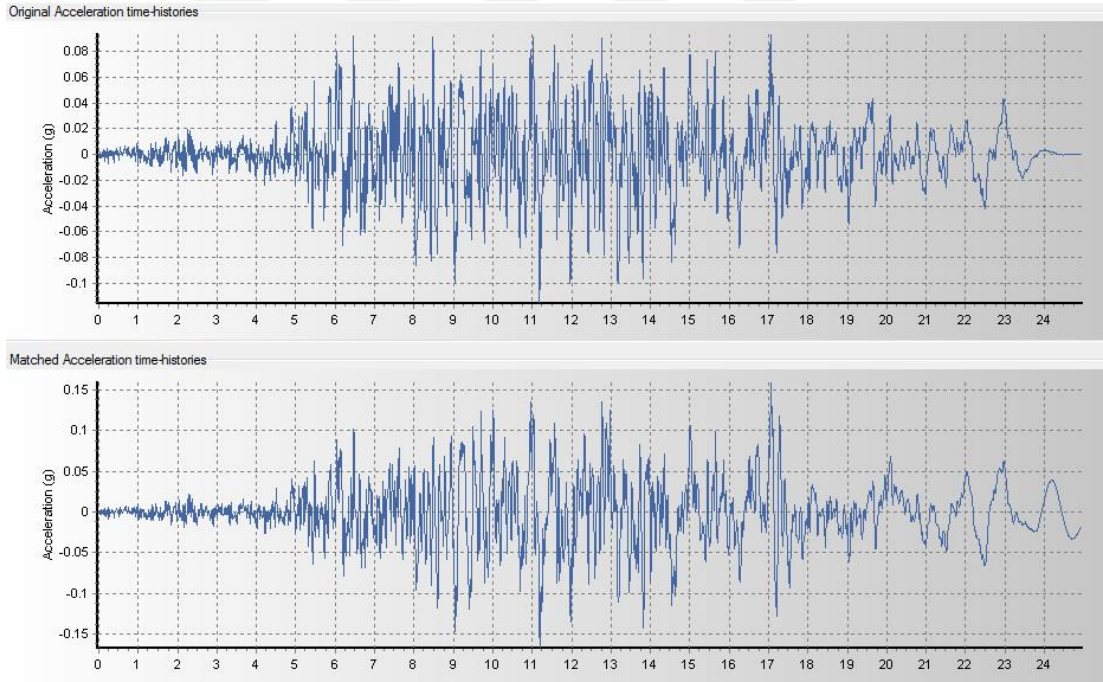
Şekil 2.C “83-X” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



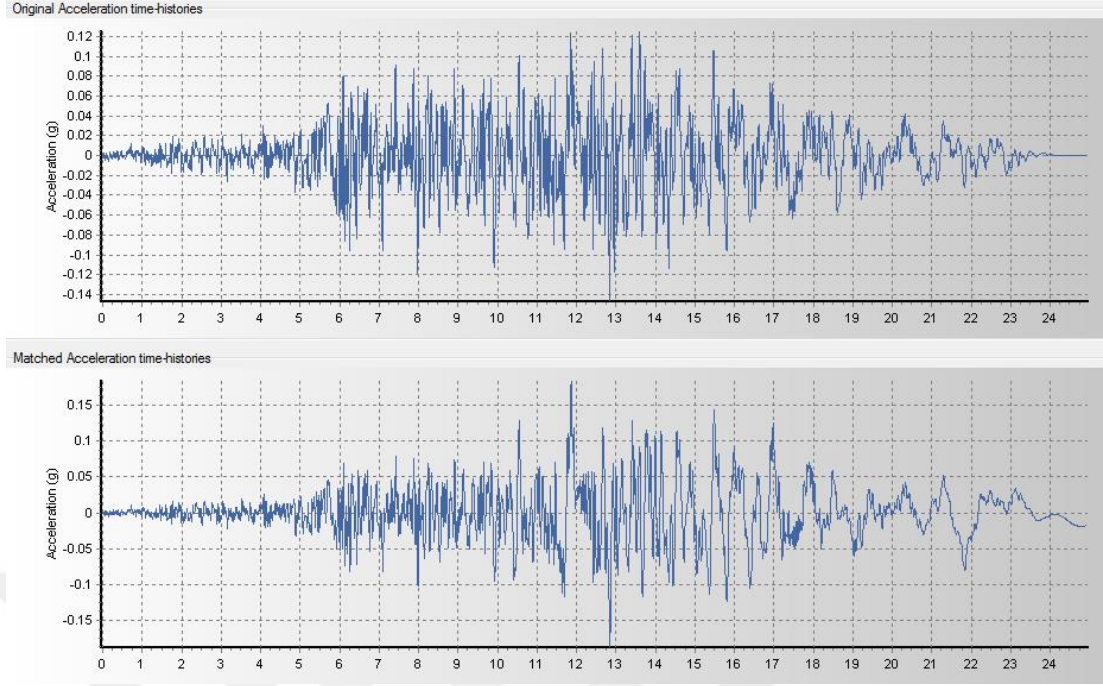
Şekil 2.D “280-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



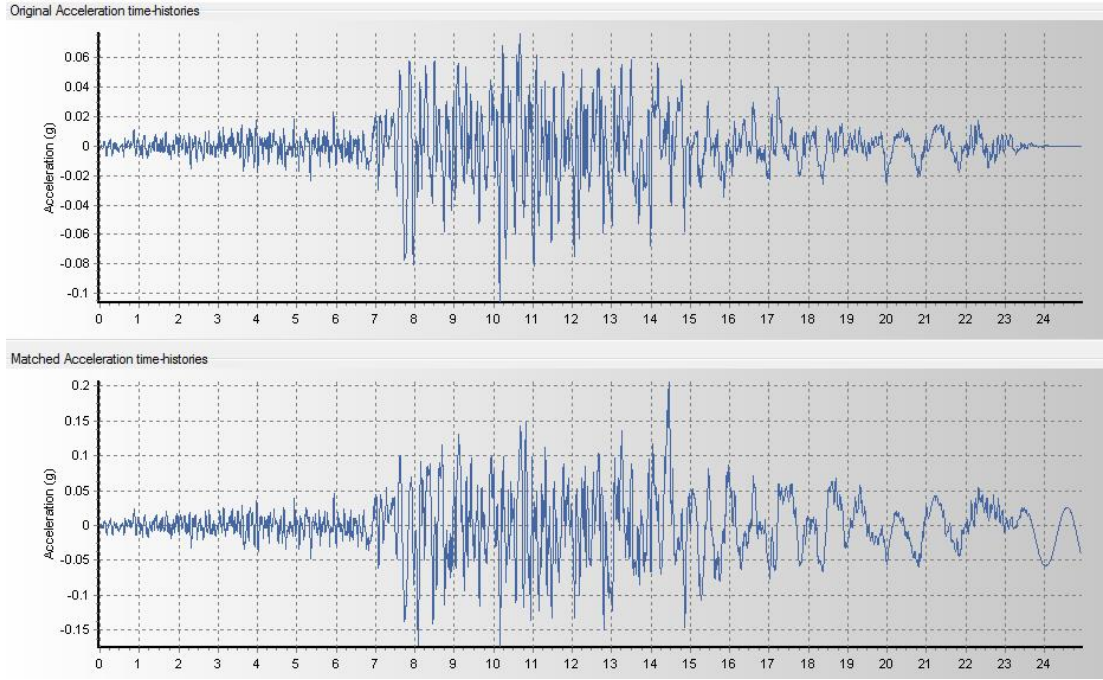
Şekil 2.E ‘‘572-Y’’ deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



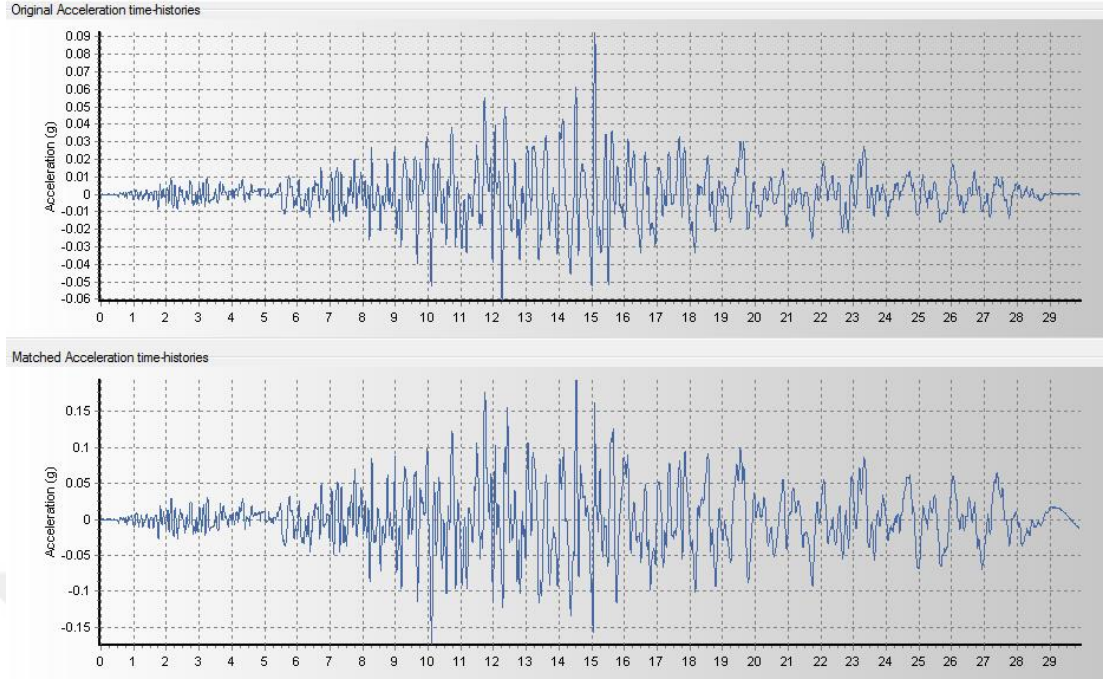
Şekil 2.F ‘‘832-X’’ deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



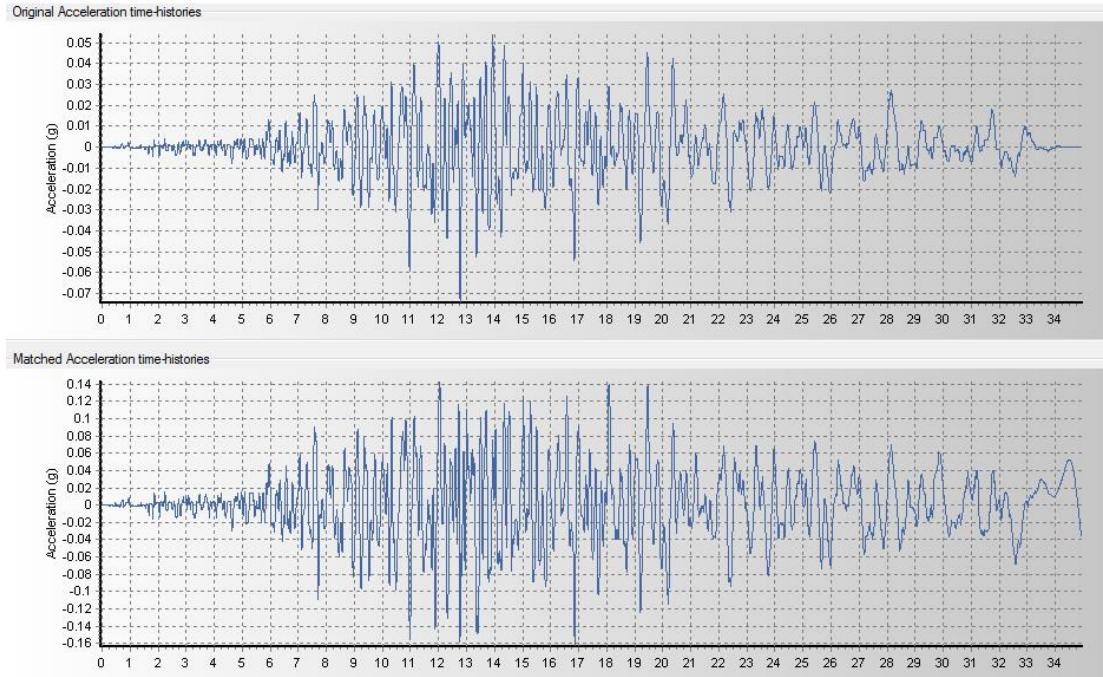
Şekil 2.G “832-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



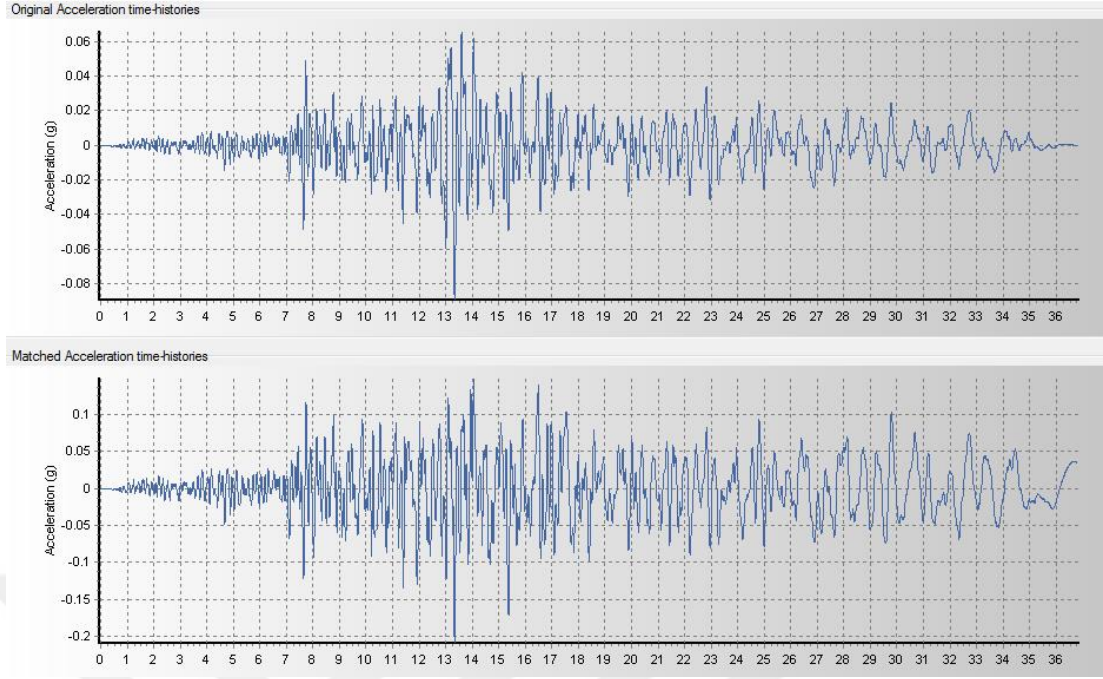
Şekil 2.H “836-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



Şekil 2.I ‘975-Y’’ deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



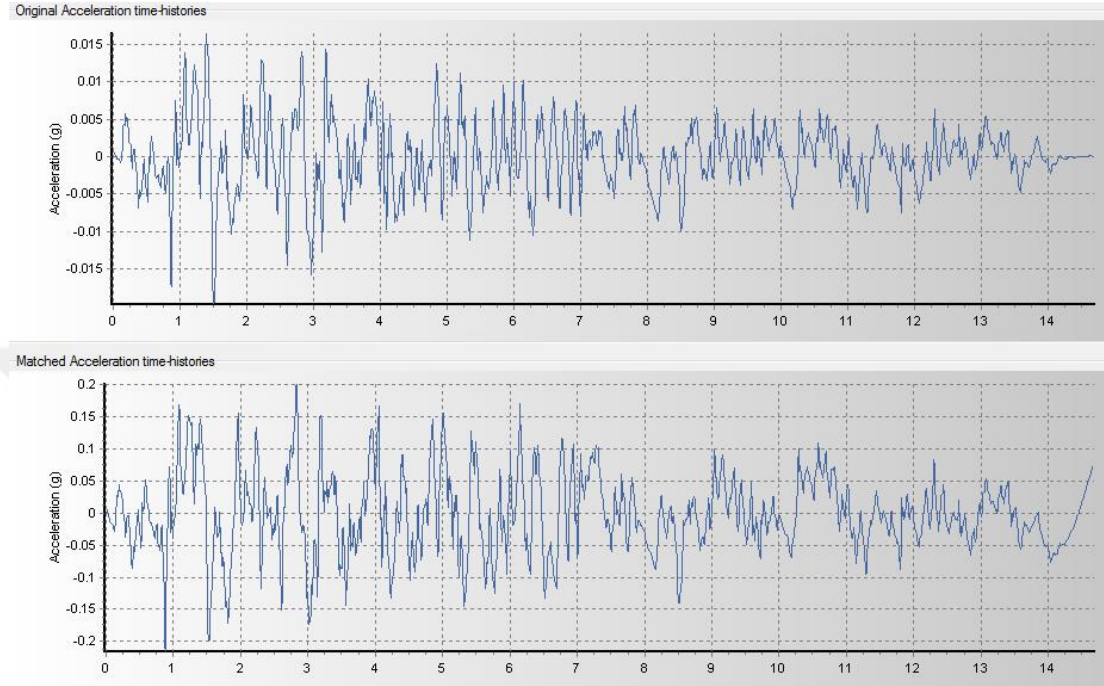
Şekil 2.J ‘976-X’’ deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



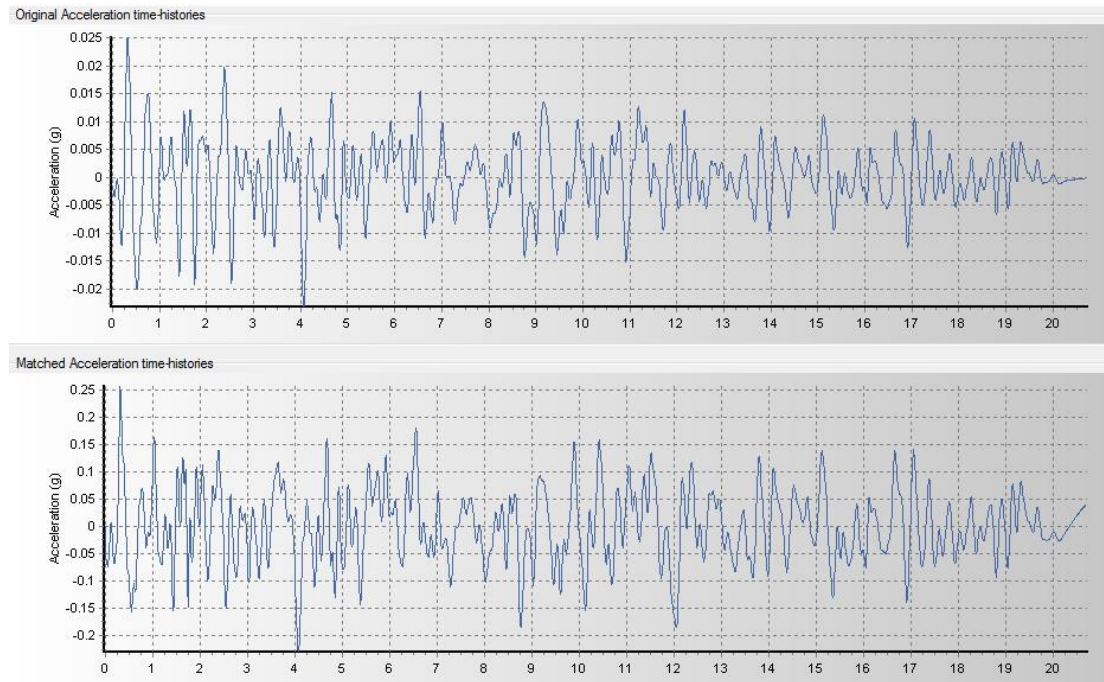
Şekil 2.K ‘‘979-X’’ deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği

Ek 3 -3 nolu lokasyona ait ivme kaydı setindeki kayıtların ivme-zaman grafikleri

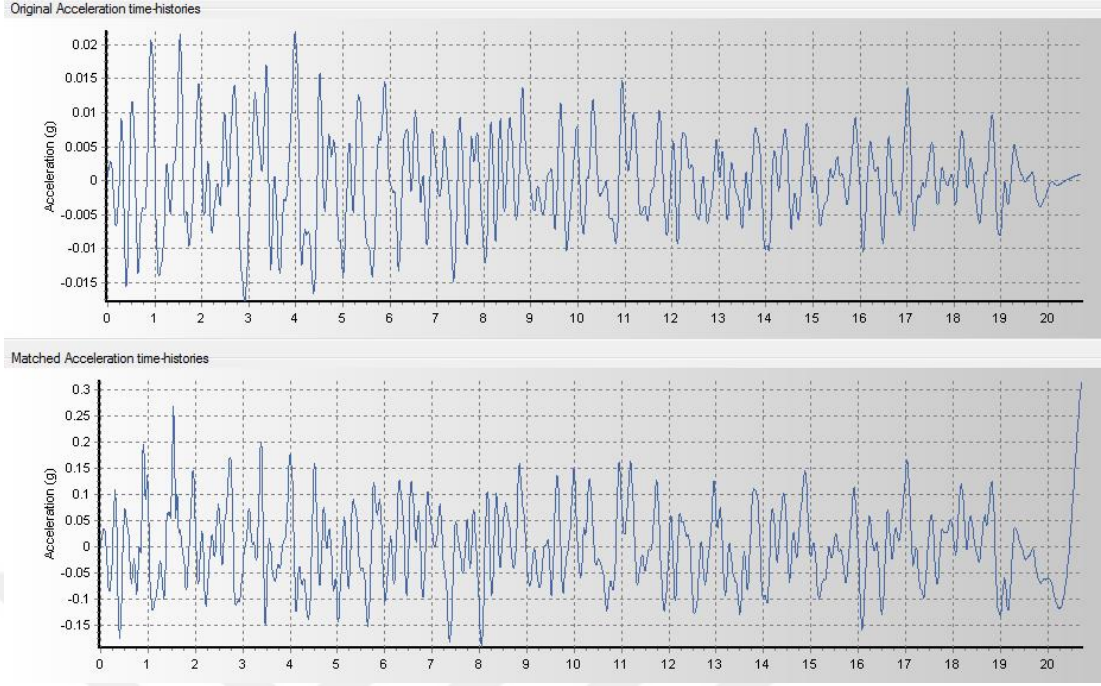
Üstte kayıtların orijinal, altta ise kayıtların dönüştürülmüş ivme-zaman grafiklerinin olduğu şekiller aşağıda verilmiştir.



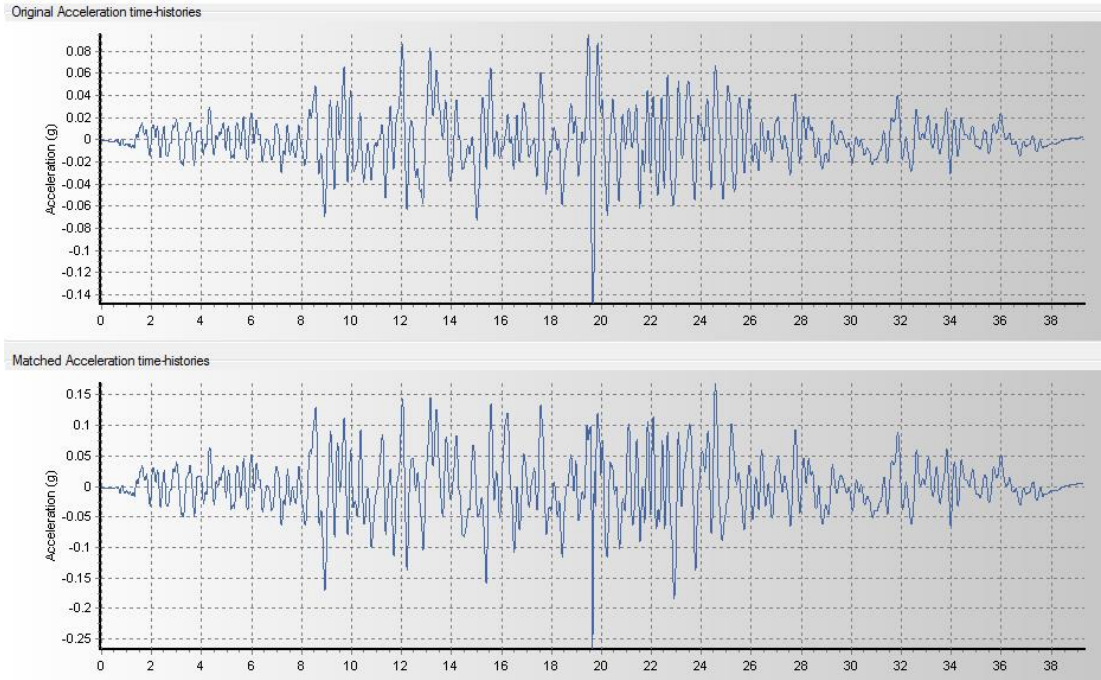
Şekil 3.A “59-X” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



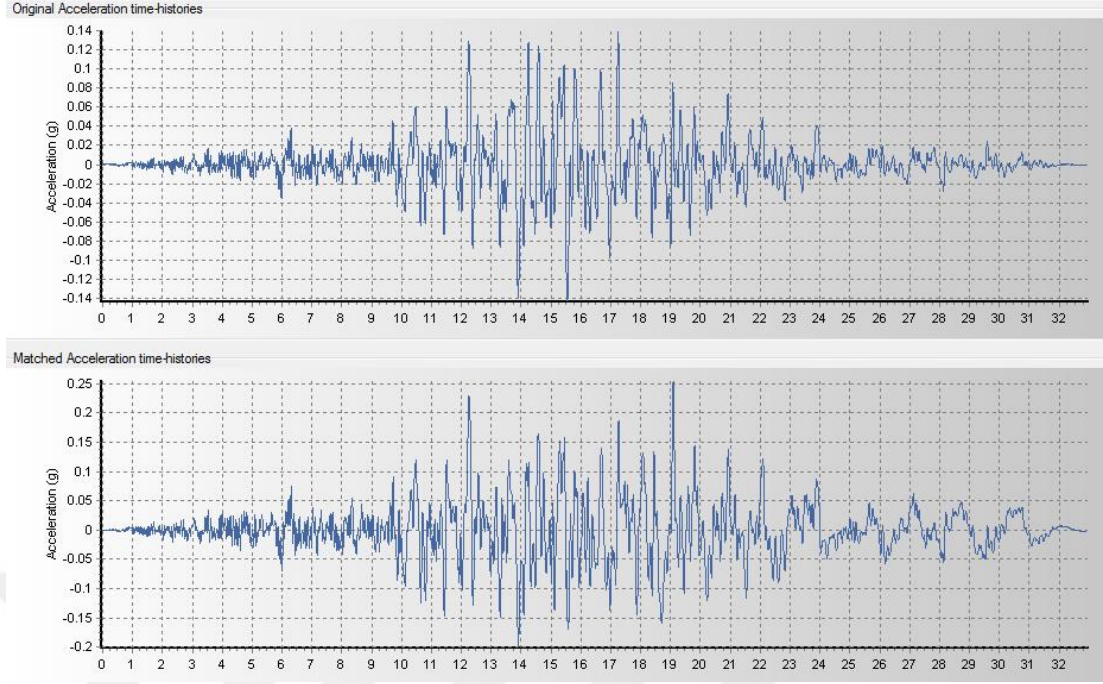
Şekil 3.B “64-X” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



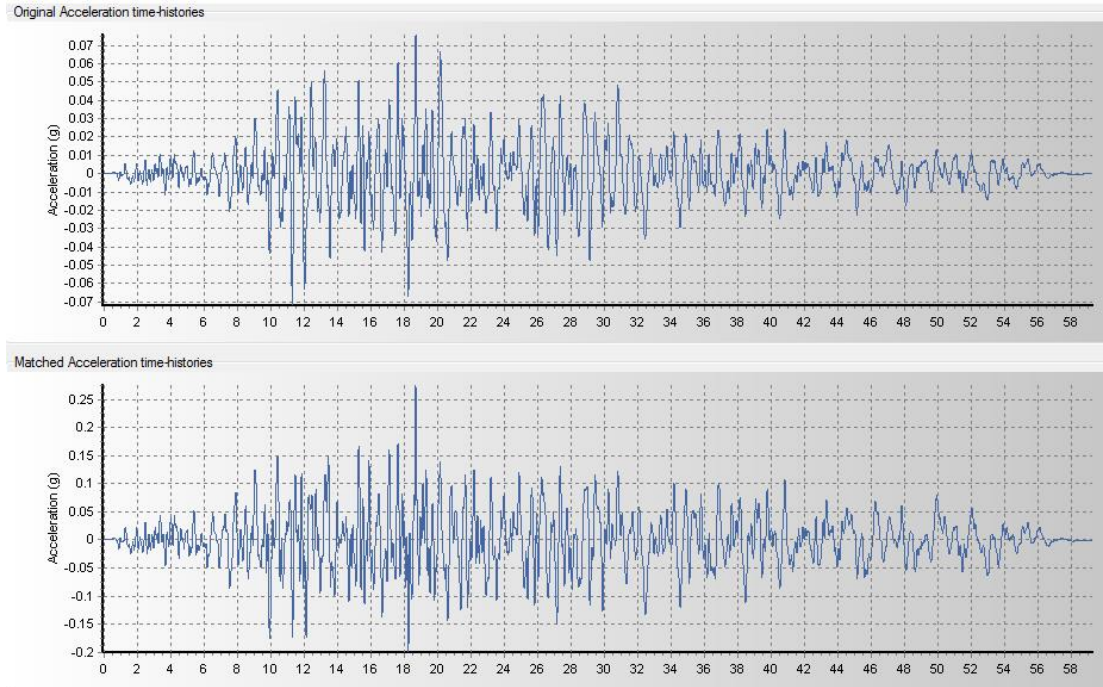
Şekil 3.C “64-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



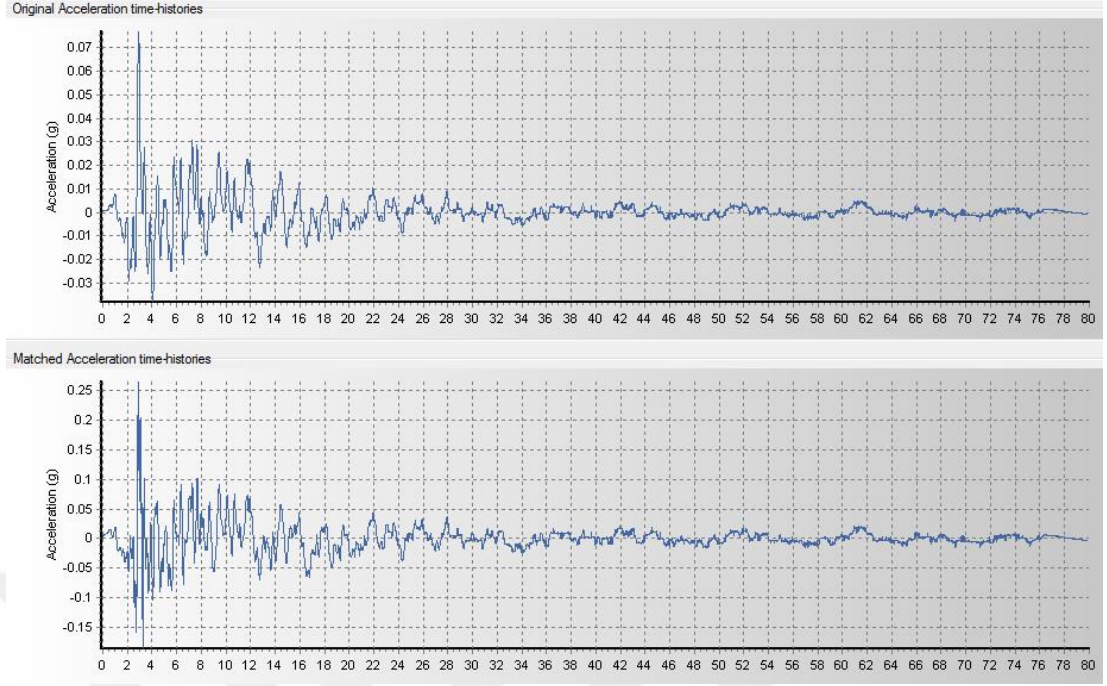
Şekil 3.D “280-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



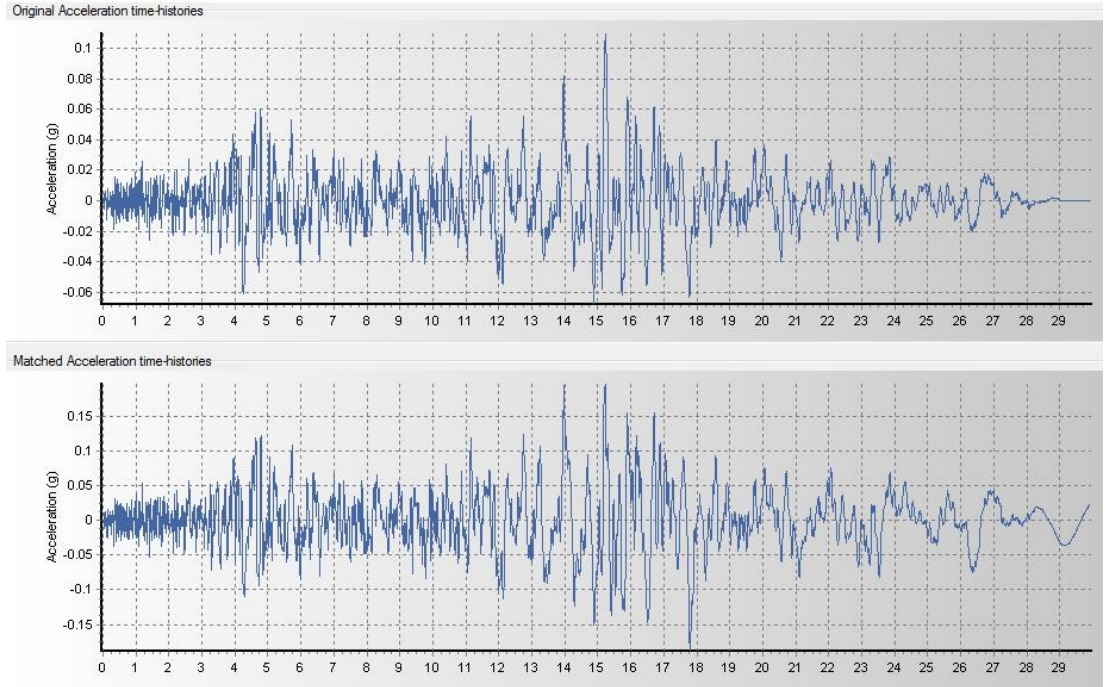
Şekil 3.E “572-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



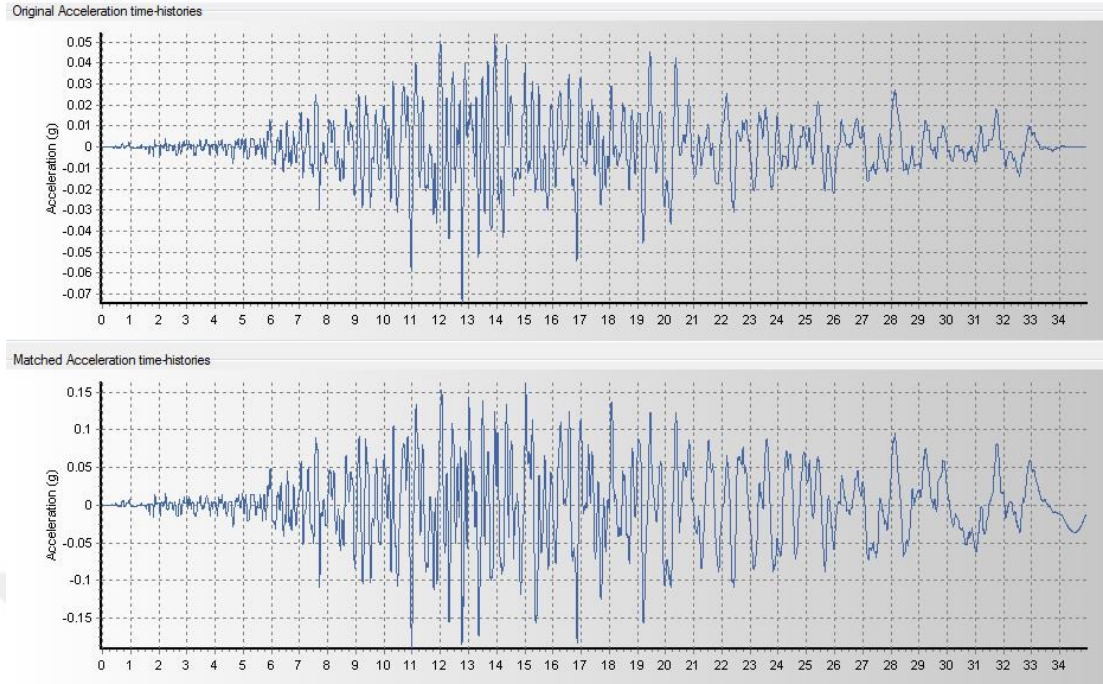
Şekil 3.F “742-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



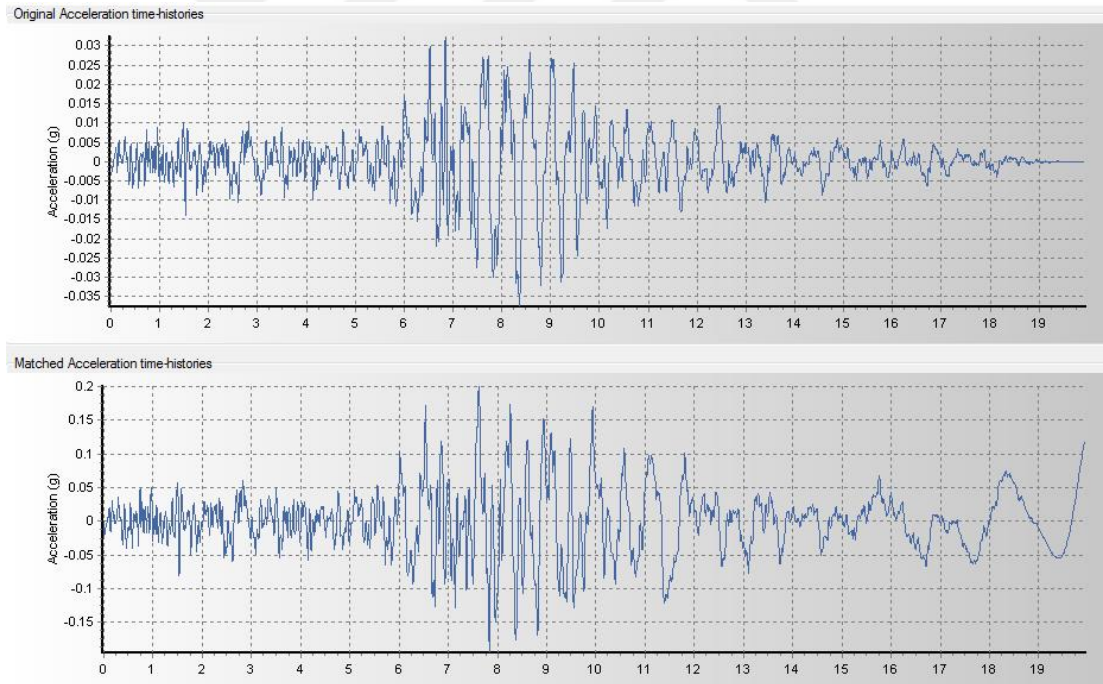
Şekil 3.G ‘‘798-Y’’ deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



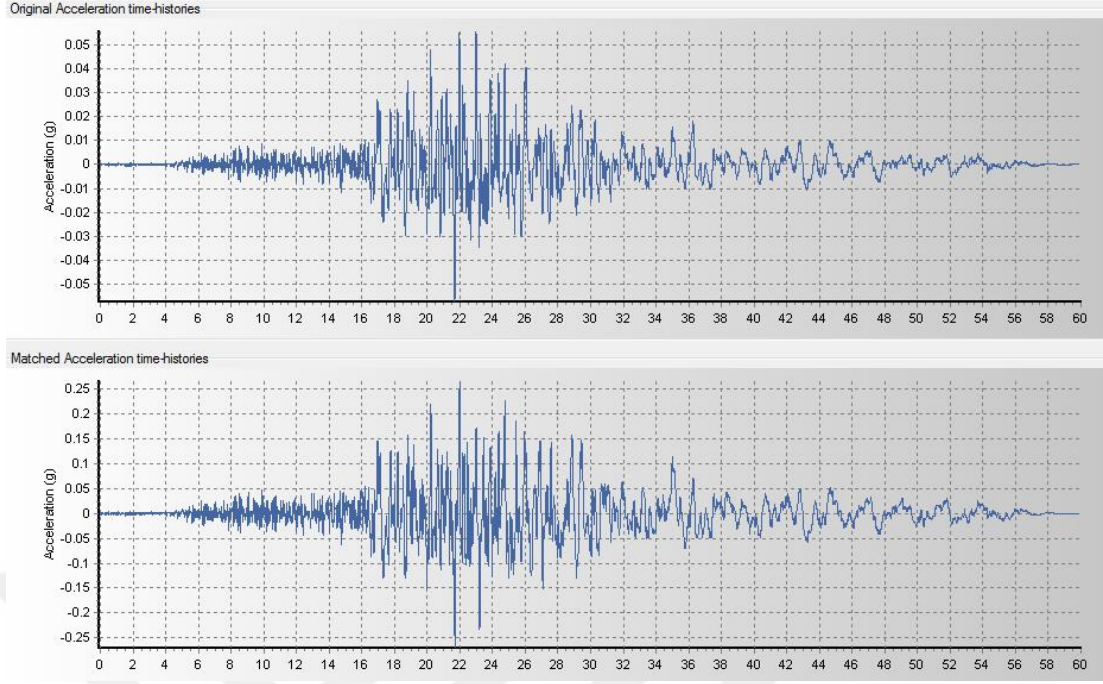
Şekil 3.H ‘‘862-Y’’ deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



Şekil 3.I ‘‘976-X’’ deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



Şekil 3.J ‘‘1036-X’’ deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği



Şekil 3.K “1056-Y” deprem kaydının orijinal ve dönüştürülmüş ivme-zaman grafiği

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

USLU, Ali

Web sayfası

(Research Gate, Academia, etc.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	Gaziantep Üniversitesi	2014
Lise	Şırnak Y.D.A.L	2008

İş Denevimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2014/2015	Ava Yapı Denetim	Kontrol Elemanı
2015/2017	Azd Mühendislik	Şantiye Şefi
2017/2018	Şırnak Belediyesi	Sözleşmeli Teknik Personel
2018/Halen	Şırnak Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Özel İlgiler

Futbol

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Ali USLU		
Öğrenci No	18806208		
Ana Bilim Dalı	Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ		
Tez Başlığı	Gerçek Deprem Kayıtlarının TBDY 2018'e Göre Seçilmesi ve Dönüştürülmesi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	107		
Raporlama Tarihi	11.03.2022		
Benzerlik Oranı (%)	20		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 107 sayfalık kısmına ilişkin, 11/03/2022 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %20 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
- ☐Kaynaklar hariç
- ☐Alıntılar hariç/dâhil
- ☐Diğer (Açıklayınız)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Ali USLU

Tarih: 11.03.2022

Danışman

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ
Tarih: 11/03/2022

İmza:

Ana Bilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Zeynel Fuat TOPRAK
Tarih: 15/03/2022

İmza: