

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

**ADAPAZARI BÖLGESİ ZEMİN BÜYÜTME  
FAKTÖRÜNÜN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mesut DEMİR**

**Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Seyhan FIRAT**

**Eylül 2007**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## ADAPAZARI BÖLGESİ ZEMİN BÜYÜTME FAKTÖRÜNÜN İNCELENMESİ

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mesut DEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ

Bu tez 05/09/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr.  
Seyhan FIRAT  
Jüri Başkanı

Yrd. Doç. Dr.  
Mehmet SARIBIYIK  
Üye

Yrd. Doç. Dr.  
Can KARAVUL  
Üye

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi öğretim üyesi Doç.Dr. Seyhan FIRAT'a, samimi yardımlarından dolayı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği öğretim üyeleri Yrd.Doç.Dr. Mustafa KUTANİS ve değerli görüşlerinden dolayı Yrd.Doç.Dr. Erkan ÇELEBİ'ye müteşekkirim.

Ayrıca çalışma esnasında değerli yardımlarını esirgemeyen İnşaat Yüksek Mühendisi Ayşe Bengü SÜNBÜL'e, sondaj loglarının sağlanmasında yardımcı olan Adapazarı Merkez Belediyesi Jeoloji Mühendisi Nigar Coşar BAL'a teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışma esnasında ve eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen annem Emine DEMİR, babam Hakkı DEMİR ve ablam Mücella DEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca bu çalışmayı destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığına teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ÖNCE DEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR.....	2
BÖLÜM 3.	
ADAPAZARI BÖLGESİ JEOLojİ.....	10
3.1. Bölgenin Jeolojik Yapısı.....	10
3.2. Bölgenin Depremselliği.....	13
3.3. 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi.....	14
BÖLÜM 4.	
ZEMİNLERİN DEPREM ETKİSİNDE DAVRANIŞLARI.....	16
4.1. Yerel Zemin Koşullarının Yer Hareketi Üzerindeki Etkileri.....	16
4.2. Zeminlerin Fiziksel ve Dinamik Özellikleri.....	17
4.2.1. Kayma modülü.....	18
4.2.2. Kritik sönüm oranı.....	19
4.3. Zemin Büyütmesi.....	20

4.4. Bir Boyutlu Modeller İçin Zemin Büyütmesine	
Etki Eden Parametreler.....	21
4.4.1. Zemin tabakası kalınlığının ve sönümün etkisi.....	22
4.4.2. Zemin tabakası kayma dalga hızının etkisi.....	22
4.4.3. Geliş açısının etkisi.....	22
4.4.4. İki veya daha çok tabaka durumu.....	23
4.4.5. Ana kayaya erişebilme problemi.....	23
BÖLÜM 5.	
ADAPAZARI BÖLGESİ ZEMİN BÜYÜTME FAKTÖRÜ.....	24
5.1. Program Analizi.....	24
5.2. Uygulama.....	27
BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR.....	94
EKLER.....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	143

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
$A_0$	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$D$	: Tabaka derinliği
$G_{\max}$	: Kayma modülü
$H$	: Tabaka yüksekliği
$I$	: Bina önem katsayısı
$I_p$	: Plastisite indisi
$K_0'$	: Sükunetteki yanal zemin basınç katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$T_n$	: Zeminin yatay hakim titreşim periyodu
$V_s$	: Kayma dalga hızı
$Z$	: Zeminin empedansı
$X$	: Sismik sarsıntı hızı
$\rho$	: Birim ağırlık
$\gamma$	: Kayma birim şekil değiştirme
$\sigma_v'$	: Düşey efektif gerilme
$\sigma_m'$	: Ortalama efektif gerilme
$\eta$	: Sönüm düzeltme katsayısı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Adapazarı ve çevresinin üç boyutlu jeoloji haritası.....	11
Şekil 3.2a.	Yerçekimi anomali esasına göre elde edilen model.....	12
Şekil 3.2b.	Yerçekimi anomali esasına dayalı model için kesitler ve yüzey topografyası.....	12
Şekil 3.3.	Kuzey Anadolu Fayında gerçekleşen son depremler.....	13
Şekil 4.1.	Çevrimsel yükleme parametrelerinin çevrimsel birim şekil değiştirme ile değişimleri.....	18
Şekil 4.2.	Zemin büyütmesini etkileyen faktörler.....	21
Şekil 5.1.	Basitleştirilmiş sismik analiz.....	26
Şekil 5.2.	Laboratuar deneylerinden elde edilen $K_0$ ile $I_p$ arasındaki ilişki.....	27
Şekil 5.3.	Analizde ele alınan zemin profillerini oluşturmak için kullanılan sondajların konumları.....	29
Şekil 5.4a.	Teverler sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili.....	30
Şekil 5.4b.	Atatürk Stadi sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili.....	31
Şekil 5.4c.	Kara Osman İlkokulu sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili.....	31
Şekil 5.4d.	Yeni Cami sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili.....	32
Şekil 5.4e.	Meslek Yüksekokulu sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili.....	32
Şekil 5.5a.	17 Ağustos 1999 Marmara depreminin ivme zaman grafiği.....	35
Şekil 5.5b.	13 Mart 1992 Erzincan depreminin ivme zaman grafiği.....	36

Şekil 5.5c.	12 Kasım 1999 Düzce depreminin ivme zaman grafiği.....	36
Şekil 5.6a.	Türk Deprem Yönetmeliği 2007 tasarım spektrumları.....	37
Şekil 5.6b.	Eurocode8 tasarım spektrumları.....	38
Şekil 5.7a.	Teverler profiline ait malzemelerin azalım modülü eğrisi.....	39
Şekil 5.7b.	Atatürk Stadı profiline ait malzemelerin azalım modülü eğrisi.....	39
Şekil 5.7c.	Kara Osman İlkokulu profiline ait malzemelerin azalım modülü eğrisi.....	40
Şekil 5.7d.	Yeni Cami profiline ait malzemelerin azalım modülü eğrisi.....	40
Şekil 5.7e.	Meslek Yüksekokulu profiline ait malzemelerin azalım modülü eğrisi.....	41
Şekil 5.8a.	Teverler profili sönüm eğrisi.....	41
Şekil 5.8b.	Atatürk Stadı profili sönüm eğrisi.....	42
Şekil 5.8c.	Kara Osman İlkokulu profili sönüm eğrisi.....	42
Şekil 5.8d.	Yeni Cami profili sönüm eğrisi.....	43
Şekil 5.8e.	Meslek Yüksekokulu profili sönüm eğrisi.....	43
Şekil 5.9a.	17 Ağustos 1999 Marmara depremi etkisinde profillerin yüzeylerine ait davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması.....	44
Şekil 5.9b.	Erzincan depremi etkisinde profillerin yüzeylerine ait davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması.....	45
Şekil 5.9c.	Düzce depremi etkisinde profillerin yüzeylerine ait davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması.....	47
Şekil5.10a.	Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Teverler profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması.....	48
Şekil 5.10b.	Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Atatürk Stadı profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması.....	49



Şekil 5.10c.	Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Kara Osman İlkokulu profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması.....	50
Şekil 5.10d.	Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Yeni Cami profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması.....	51
Şekil 5.10e.	Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Meslek Yüksekokulu profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması.....	52
Şekil 5.11a.	Teverler profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyütme oranı.....	53
Şekil 5.11b.	Atatürk Stadı profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyütme oranı.....	54
Şekil 5.11c.	Kara Osman İlkokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyütme oranı.....	54
Şekil 5.11d.	Yeni Cami profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyütme oranı.....	55
Şekil 5.11e.	Meslek Yüksekokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyütme oranı.....	55
Şekil 5.12a.	Teverler profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyütme oranı.....	56
Şekil 5.12b.	Atatürk Stadı profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyütme oranı.....	56
Şekil 5.12c.	Kara Osman İlkokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyütme oranı.....	57
Şekil 5.12d.	Yeni Cami profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyütme oranı.....	57
Şekil 5.12e.	Meslek Yüksekokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyütme oranı.....	58
Şekil 5.13a.	Teverler profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı.....	58
Şekil 5.13b.	Atatürk stadı profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı.....	59

Şekil 5.13c.	Kara Osman İlkokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı.....	59
Şekil 5.13d.	Yeni Cami profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı.....	60
Şekil 5.13e.	Meslek Yüksekokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı.....	60
Şekil 5.14a.	Teverler profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	61
Şekil 5.14b.	Atatürk Stadı profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	62
Şekil 5.14c.	Kara Osman İlkokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	62
Şekil 5.14d.	Yeni Cami profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	63
Şekil 5.14e.	Meslek Yüksekokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	63
Şekil 5.15a.	Teverler profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	64
Şekil 5.15b.	Atatürk Stadı profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	64
Şekil 5.15c.	Kara Osman İlkokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	65
Şekil 5.15d.	Yeni Cami profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	65
Şekil 5.15e.	Meslek Yüksekokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	66
Şekil 5.16a.	Teverler profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	66
Şekil 5.16b.	Atatürk Stadı profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	67
Şekil 5.16c.	Kara Osman İlkokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	67

Şekil 5.16d.	Yeni Cami profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	68
Şekil 5.16e.	Meslek Yüksekokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme zaman grafiği.....	68
Şekil 5.17a.	17 Ağustos 1999 Marmara depremi etkisindeki profillerin derinliğe bağlı pik ivme değişimleri.....	69
Şekil 5.17b.	Erzincan depremi etkisindeki profillerin derinliğe bağlı pik ivme değişimleri.....	70
Şekil 5.17c.	Düzce depremi etkisindeki profillerin derinliğe bağlı pik ivme değişimleri.....	71
Şekil 5.18a.	Teverler profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	72
Şekil 5.18b.	Atatürk Stadi profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	73
Şekil 5.18c.	Kara Osman İlkokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	74
Şekil 5.18d.	Yeni Cami profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	75
Şekil 5.18e.	Meslek Yüksekokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	76
Şekil 5.19a.	Teverler profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	77
Şekil 5.19b.	Atatürk Stadi profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	78
Şekil 5.19c.	Kara Osman İlkokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	79
Şekil 5.19d.	Yeni Cami profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	80
Şekil 5.19e.	Meslek Yüksekokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	81
Şekil 5.20a	Teverler profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	82

Şekil 5.20b.	Atatürk Stadı profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	83
Şekil 5.20c.	Kara Osman İlkokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	84
Şekil 5.20d.	Yeni Cami profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	85
Şekil 5.20e.	Meslek Yüksekokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu.....	86

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 5.1.	Türk Deprem Yönetmeliği 2007 zemin grupları.....	28
Tablo 5.2.	DSİ (2001) tarafından yapılan Teverler sondaj logunun genelleştirilmiş profili.....	33
Tablo 5.3.	Eser Tek. Sondaj Tic. Aş. (1998) tarafından yapılan Atatürk Stadı sondaj logunun genelleştirilmiş profili.....	33
Tablo 5.4.	Eser Tek. Sondaj Tic. Aş. (1998) tarafından yapılan Kara Osman İlkokulu sondaj logunun genelleştirilmiş profili.....	34
Tablo 5.6.	Eser Tek. Sondaj Tic. Aş. (1998) tarafından yapılan Yeni Cami sondaj logunun genelleştirilmiş profili.....	34
Tablo 5.7.	Eser Tek. Sondaj Tic. Aş. (1998) tarafından yapılan Meslek Yüksekokulu sondaj logunun genelleştirilmiş profili.....	34
Tablo 5.8.	17 Ağustos 1999 Marmara depremi etkisinde sonuçlar.....	87
Tablo 5.9.	Erzincan depremi etkisinde sonuçlar.....	87
Tablo 5.10.	Düzce depremi etkisinde sonuçlar.....	88
Tablo 5.11.	Transfer fonksiyonları frekans – maksimum büyütme oranı değerleri.....	90

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Zemin Büyütmesi, Adapazarı Zemini Özellikleri, Shake2000, Yerel Zemin Koşulları

Bu çalışmanın amacı, Adapazarı bölgesinin yerel zemin koşullarının kuvvetli deprem hareketlerini büyütme etkisinin hangi mertebede olduğunu belirlemektir. Bu amaçla Adapazarı'nda geçmiş yıllarda yapılmış derin sondajlardan belirlenen zemin formasyonları kullanılarak SHAKE2000 bilgisayar programında 17 Ağustos 1999 Marmara, 13 Mart 1992 Erzincan ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinin kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ait verilerle tek boyutlu zemin tepki analizi yapılmıştır.

Analizde göz önüne alınan zemin profillerinin yüzeylerindeki davranış spektrumları, Türk Deprem Yönetmeliği 2007 ve Eurocode 8'de öngörülen tasarım spektrumları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, zemin profillerinin alt tabakası ile yüzeyleri arasındaki transfer fonksiyonları, derinliğe bağlı pik yer ivmesi değerleri ve Fourier spektrumları gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında analizlerden elde edilen sonuçlar, incelenen zemin davranış spektrumlarının yönetmeliklerde öngörülen tasarım spektrumlarının dışında yer aldığını, zemin yüzeylerindeki pik yer ivmesi değerlerinin zemin alt tabakasındaki değerlerden büyük olduğunu ve zeminlerin lineer olmayan özelliklerinden dolayı küçük ivmelerde büyük zemin büyütmesi, büyük ivmelerde ise daha küçük büyütmelerin olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, depreme dayanıklı yapı tasarımında yerel zemin koşullarının göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymaktadır.

# **INVESTIGATION OF SOIL AMPLIFICATION IN ADAPAZARI REGION**

## **SUMMARY**

**Key Words:** Soil Amplification, Soil Characteristics of Adapazari, Shake2000, Local Site Conditions

In this study, it has been purposed to determine the value of soil amplification on the strong ground motion in Adapazari region. One dimensional ground response analyses has been performed by using the SHAKE2000 computer program on the estimated soil properties from the deep boring logs by using 17 August 1999 Marmara, 13 March 1992 Erzincan and 12 November 1999 Düzce earthquake records.

The response spectrum of soil profiles that has been considered in the analyses at ground surface has been compared with recommending design spectra in the earthquake codes such as Turkish Earthquake Codes of 2007 and Eurocode8. Furthermore, it has been showed the transfer functions between sublayer and surface, the peak ground acceleration values dependent depth and Fourier spectrums.

Obtained results from the analyses show that the response spectrum of investigated soils is located outside of recommending design spectra in the codes, the peak ground acceleration values at the soil surface is greater than values of soil sublayers and since soils have nonlinear properties it is occurred greater amplification at small acceleration or smaller amplification at greater accelerations.

According to this research, it is stated that the local site conditions must be considered in terms of earthquake-resistant structural design.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünyanın önemli deprem kuşaklarından birinin üzerinde yer alan ülkemizde, özellikle Sanayileşmenin ve şehirleşmenin yoğunlaştığı ülkenin kuzeybatısında yer alan Marmara bölgesi yıkıcı depremlere maruz kalmaktadır. Bu yıkıcı depremlerden 17 Ağustos 1999 Marmara ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri yakın geçmişteki örneklerdir. Özellikle, 17 Ağustos 1999 Marmara depremi Marmara bölgesinin büyük bir kısmını etkilemiştir. Adapazarı, depremin merkezinden uzakta yer almasına rağmen bölgenin zemin özelliklerinden dolayı büyük hasara uğramıştır.

Depremler sırasında meydana gelen hasarların yerel zemin koşullarından etkilendiği, çeşitli araştırmacılar tarafından birçok kez ortaya konmuştur. Bu çalışmalar, yapıların deprem etkisi altında davranışlarının belirlenmesi için yerel zemin koşullarının bilinmesi gerektiğini göstermiştir.

Alüvyonlu taşınmış zeminlerin depremi büyütme etkisi, son yılların önemli çalışma konularındandır. Adapazarı bölgesi, bu özellikte zemin formasyonuna sahiptir. Kuvvetli deprem hareketleri etkisi altında, Adapazarı bölgesinin zemin büyütme faktörünün hangi mertebede olduğunu belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada, bölgede DSİ (2001) ve ESER Teknik Sondaj ve Tic. Aş. (1998) tarafından yapılan derin sondajlardan zemin profilleri belirlenmiştir.

Sondaj loglarından belirlenen zemin profillerine, bir boyutlu yer tepki analizi yapan Shake2000 bilgisayar programında, kuvvetli deprem hareketi kayıtları etki ettirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen profillere ait davranış spektrumları, Türk Deprem Yönetmeliği 2007 ve Eurocode8'de öngörülen tasarım spektrumları ile karşılaştırılmıştır.



## **BÖLÜM 2. ÖNCEDEDEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR**

Yapı-zemin etkileşim analizleri gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar nedeniyle hızla gelişmektedir. Özellikle depremlerden kaynaklanan zemin-yapı etkileşimi bir çok problemi daha anlaşılır kılmaktadır. Depremlerde özellikle yumuşak zeminlerin davranış ve deprem hareketini sönümlenme ve artırma karakteri çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmektedir.

Özgirgin (1994), İstanbul, Bursa ve İzmir'de 3 farklı bölgede, tabakalı zeminin deprem hareketine etkisini ve deprem hareketinin zemin üst yüzeyindeki değişimini belirlemek için SHAKE bilgisayar programı yardımıyla inceleme yapmıştır. Bu inceleme, yatay tabakalaşmış zeminlerin serbest yüzeylerindeki zemin büyütme miktarını bir boyutlu kayma dalgası yayılımının temel ifadelerini kullanarak göstermektedir.

Biringen (1998), killi zeminlerin değişen zemin ve yer hareketi özelliklerine göre büyütme üzerindeki etkilerini göstermek amacıyla hesaplamalarda EDUSHAKE bilgisayar programını ve deprem hareketi olarak 1992 Petrolia, Cape Mendocino deprem kaydını kullanarak inceleme yapmıştır. Analiz için Türk Deprem Yönetmeliğinde Z1, Z2, Z3 ve Z4 şeklinde tanımlanan yerel zemin profilleri oluşturulmuştur. Bu analiz sonucunda Z4 tipi yerel zemininin Z1 türü yerel zeminine göre daha yüksek büyütme gösterdiği gözlenmiştir.

İyisan ve Ansal (1998) tarafından zemin hakim periyotlarını ve zemin büyütmesini belirlemek amacıyla, bir referans noktasında ve diğer ölçüm noktalarında eş zamanlı olarak alınan mikrotremor kayıtlarının spektral oranları kullanılmıştır. Bu çalışmada, çok yüksek plastisiteli killerin davranış spektrumlarının düşük plastisiteli killere göre 3 – 4 kat daha fazla büyütme gösterdikleri gözlenmiştir.

Özçimen (2000), 17 Ağustos 1999 Marmara depreminden etkilenen Derince bölgesinde, mikrotremor kayıtları ile analiz aşamasında yatay hareket bileşeninin düşey hareket bileşenine oranlanması esasına dayanan Nakamura yöntemini kullanarak yerel zemin koşullarının yer hareketi üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu incelemenin sonucunda, birbirine çok yakın noktalarda bile çok farklı değerlerin elde edilmesi yerel zemin koşullarının etkisine işaret etmektedir.

Trifunac ve Todorovska (2000), üç artçı şok kaydı ve bir kuvvetli yer hareketine dayalı zemin büyütme faktörü sonuçlarını ve 6.4 büyüklüğündeki 17 Ocak 1994 Northridge, California depremindeki hasar dağılımını karşılaştırmışlardır. Merkez üstü bölgesinde, maksimum yer hızı 15 cm/s'den daha büyük olduğunda doğrusal olmayan zemin davranışının küçük genlikli (doğrusal) dalga hareketinden belirlenen büyütme faktörlerini değiştirdiği gözlenmektedir. İnceleme sonuçlarına göre, küçük genlikli dalgalardan (artçı şoklar, küçük depremler) elde edilen zemin büyütme faktörleri ve bunların transfer fonksiyonlarının, küçük ve uzak mesafedeki deprem hareketleri için kullanışlı olabileceği görülmektedir.

Zaslavsky ve diğ. (2000), İsrail'de sismik olarak aktif olan Dead Sea kırığı üzerinde yer alan Parsa bölgesinde, yedi sahayı incelemiştir. Jeolojik ve topografik etkilerden kaynaklanan büyütme tanımlamak için, depremlerden ve çevre gürültüsünden oluşturulan orta ve zayıf kuvvetteki hareketler kullanılmıştır. Zemin etkilerini belirlemek için, deprem hareketleri ve mikrotremorların geleneksel zemin-ana kaya spektral oranı, kayma dalgalarının yatay-düşey spektral oranları ve mikrotremor ölçümlerinin yatay-düşey spektral oranı şeklinde üç gözlem metodu kullanılmıştır. Bu sahaların zemin tepki spektrumlarının 1 ile 3 Hz arasında büyütme faktörünün 2.5 – 4.0 gibi maksimum değerlerini gösterdiği gözlenmektedir.

Bouckovalas ve Kouretzis (2001), 7 Eylül 1999'da meydana gelen  $M_s = 5.9$  Yunanistan depreminde, 15 km mesafede hasara neden olan kuvvetli ana şok hareketini kullanarak Atina havzasındaki yerel zemin koşulları ile hasarlar arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu havzada karşılaşılan katı zeminlerin, yumuşak kayaya oranla pik yer ivmesini büyüttüğü görülmüştür.

Lokmer ve diğ. (2001) tarafından Hırvatistan'ın başkenti Zagreb'de, şehrin bir ucundan diğer ucuna geçen bir profil boyunca, yapay kuvvetli yer hareki kayıtlarının hesabı için mod birleştirme ve sonlu farklar modelini içeren birleşik bir metot uygulanmıştır. Kaynak geometrisinin bilindiği varsayılarak, yapay olanlar ile yatay olarak değişiklik gösteren gerçekçi yerel model varsayımından elde edilenlerden oluşan ana kaya modeli için hesaplanan davranış spektrumları karşılaştırılarak, zeminin büyütme özellikleri belirlenmektedir. Maksimum yer ivmesinin ana kayada elde edilen değerden 3.5 kat daha büyük olduğu ve davranış spektrumu büyütmesinin 2 Hz'in altında daha baskın olduğu gözlenmektedir.

Tezcan ve diğ. (2001), 17 Ağustos 1999 Marmara depreminin merkezinden 120 km batıda yer alan İstanbul'un Avcılar ilçesi için bir dalga büyütmesi çalışması yapmışlardır. Zeminin üç başlıca hakim periyodu 1.60s, 1.0s ve 0.70s, SHAKE bilgisayar programı ile belirlenmiştir. Bölgedeki 5 – 8 kat yüksekliğindeki binalarda oluşan büyük hasarın nedenlerinin, deprem dalgalarının yüksek periyotlarına ve zemin büyütmesine bağlanabileceği gözlenmiştir.

Akyol ve diğ. (2002), Bursa ili ve çevresindeki zemin etkilerini belirlemek amacıyla, bölgede gerçekleşen küçük deprem kayıtlarını kullanarak inceleme yapmışlardır. Zemin büyütme fonksiyonunu elde etmek için standart spektral oran, yatay-düşey spektral oran ve genelleştirilmiş dönüşüm oranı yöntemlerini kullanmışlardır. En büyük büyütmenin, alüvyon havzada yer alan bölgelerde sert kaya üzerinde yer alan bölgelerden 4-5 kat daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Semblat ve diğ. (2002), Fransa'nın Nice ve Venezuela'nın Caracas kentinde, çok farklı profillere sahip iki alüvyon havzanın zemin etkilerini, sınır elemanlar yöntemi ile modelleyerek zemin etkilerinde havza geometrisinin faktörünü incelemişlerdir. Nice'de ele alınan düzenli sığ havzada serbest yüzey boyunca daha büyük zemin büyütmesi olduğu görülmüştür. Caracas'daki derin düzensiz havzada orta frekanslarda havzanın en derin kısmında değişik büyütme bölgeleri gözlenmiştir.

Wang ve Hao (2002), değişik türlerdeki zemin özelliklerinin, sismik dalga büyütmesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Farklı tabakalardan oluşan zeminlerin yüzeyindeki hareketler, doğrusal olmayan dalga yayılım metodu ve sismik dalgaların SH dalgası yada P ve SV dalgalarının birleşiminden meydana geldiği varsayılarak hesaplanmıştır. Farklı parametrelerin sismik dalga büyütmesi üzerindeki etkilerini incelemek için parametrik hesaplamalar yapılmıştır. Zeminin yüzeyindeki ortalama ve maksimum zemin hareketleri belirlenmiştir. Nümerik sonuçların, analizlerde değişik türdeki zemin özellikleri ve zemin doğunluk seviyesi dikkate alındığında belirlenen yüzey hareketlerinin farklı olduğunu gösterdiği gözlenmektedir.

Tohumcu ve diğ. (2003), İstanbul'un Küçükçekmece ilçesinde, yerleşim bölgelerinin yerleşime uygunluğunun incelenmesi kapsamında 13.43 km<sup>2</sup>'lik bir alanı jeolojik ve geoteknik olarak incelemiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye Deprem Yönetmeliği ve NEHRP'e göre sınıflandırılarak tasarım davranış spektrumları belirlenmiştir. EERA programı kullanılarak yapılan tek boyutlu dinamik davranış analizlerinden belirlenen spektral ivmeler ile bu spektrum değerleri karşılaştırılmıştır. NEHRP'e göre deterministik yaklaşımla belirlenen spektrum eğrilerinin, Türk Deprem Yönetmeliği spektrum eğrilerinin altında kaldığı gözlenmiştir.

Ergin ve diğ. (2004), 17 Ağustos 1999 Marmara depremi esnasında depremin merkezinden 120 km uzakta olmasına rağmen ağır hasar gören Avcılar'da, yerel zemin davranışını incelemiştir. Avcılar'ın, İstanbul'daki diğer yerlerden farklı olan zemin davranışının sebebini incelemek için, 2 aylık ölçümler yapacak 5 sismograf istasyonu ve 1 sert kaya üzerinde referans istasyonu yerleştirilmiştir. 0.3 – 1.6 Hz aralığında her bölgede, zemin büyütmesi varlığını işaret eden, benzer zemin tepkilerinin elde edildiği gözlenmiştir.

Haşal ve İyisan (2004), ova ve tepeden oluşan düzgün geometriye sahip bir model kullanarak, yerel zemin koşullarının ve topografik düzensizliklerin zemin büyütmesine etkisini incelemiştir. Bir boyutlu model için EERA, iki boyutlu model için frekans ortamında çalışan FLUSHPLUS sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. Ana kaya seviyesinden en büyük değeri 0.2 g olarak etki ettirilen

ivmelerin, zemin yüzeyinde üst tabakanın kum olması durumunda 0.4 g , kil olması durumunda ise 0.85 ile 1.0 g arasında değiştiği gözlenmiştir.

Özel ve diğ. (2004), 1999 Marmara depreminin 5.8'lik en büyük artçı şoku esnasında meydana gelen kuvvetli yer hareketini incelemiştirlerdir. Bu artçı şokun merkez üstünün yakınlarında gözlenen pik yer ivmesi, standart deneysel tahmin denklemleri ile belirlenen değerle uyumludur. Merkez üstünden daha büyük mesafelerde, bu artçı şokun pik yer ivmesi dağılımı zemin etkilerine bağlanmaktadır. Düşük kayma dalga hızlı kalın birikinti zemin tabakasının varlığı, İstanbul'un Avcılar bölgesinde kayma dalgalarının kayda değer bir şekilde büyümesine neden olduğu gözlenmiştir.

Shabestari ve diğ. (2004), Japonya'da 6 Ekim 2000 Tottori-ken Seibu ve 24 Mart 2001 Geiyo depremlerinin zemin büyütme oranlarının uygulanabilirliğini belirlemek için bir vaka çalışması yapmışlardır. Yer hareketi değerleri, jeomorfoloji ve yüzey altı jeolojisi bilgilerine dayalı olarak, her 1 km<sup>2</sup>'lik bölge için bir büyütme oranı kullanılarak ana kaya seviyesine dönüştürülmüştür. Zemin yüzeyinde yer hareketinin dağılımı, tüm bölge için büyütme faktörleri uygulanarak elde edilmiştir. Gözlenen ve çalışmalardan kestirilen yer hareketi değerleri arasındaki ilişkinin, her iki deprem için makul olduğu gözlenmektedir.

Yalçinkaya (2004) tarafından bir boyutlu modeller kullanılarak zeminin tabaka kalınlığı, zeminin sönümü, zemin tabakası kayma dalga hızı, sismik dalgaların geliş açısı, iki ve daha çok tabaka durumu ve ana kayaya erişebilme problemi gibi farklı parametrelerin zemin büyütme fonksiyonları üzerindeki etkileri, pratik uygulamalardaki yeri ve büyütme fonksiyonlarının gerçek deprem kayıtları üzerindeki etkileri örneklerle incelenmiştir. Teorik büyütme fonksiyonlarının hesaplanmasında Kennett yansıma sabiti metodu kullanılmıştır. Sonuçlar ana kaya derinliğinin ve zemin – ana kaya arasındaki sismik empedans farkının büyütme fonksiyonlarında belirleyici parametreler olduğunu göstermektedir.

Yalçinkaya (2005), BYTNET projesi kapsamında kurulan 6 adet istasyonda 5 farklı deprem kaydı kullanarak, istasyonların konumlandırıldığı yerel zemin koşullarının deprem dalgaları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yerel zemin etkilerinin hesabında klasik spektral oran ve yatay düşey spektral oran yöntemleri kullanılmıştır. Yumuşak zemin tabakaları üzerinde yer alan istasyonların, mühendislik yapılarının sahip olabileceği hakim titreşim periyotlarına yakın periyotlarda önemli büyütme gösterdiği gözlenmektedir.

Bakır ve diğ. (2005), 17 Ağustos 1999 Marmara depremi esnasında Adapazarı şehrinde, binalardaki hasar dağılımında zemin koşullarının rolünü incelemiştir. Deprem esnasındaki yüzey titreşimlerinin belirlenmesi, yumuşak yada katı olarak sınıflandırılan alanlarda yapılan bir boyutlu zemin tepki modellerinin analizleri vasıtasıyla belirlenen değerlere dayanmaktadır.

Semlat ve diğ. (2005), Yunanistan'daki Volvi havzasında, zemin büyütme simülasyonu ile alüvyon havzalardaki sismik zemin etkilerini analiz etmek ve yerel jeolojinin etkilerini belirlemek amacıyla bir basitleştirilmiş model bir de karmaşık modeli karşılaştırmıştır. Her iki modelin aynı genlik ve frekansta havzanın hakim rezonansın doğru tahminini sağladığı gözlenmiştir.

Ulusay ve Aydan (2005) tarafından saha gözlemleri, kuvvetli yer hareketi kayıtları ve geoteknik veriye dayalı olarak 1 Mayıs 2003'te meydana gelen 6.4 büyüklüğündeki Bingöl depreminin, ana karakteristiklerinin belirlenmesi ve geoteknik mühendisliği açısından değerlendirme çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, topografik etkilerden kaynaklanan büyütmenin yapı hasarları üzerinde önemli bir rolü olduğu gözlenmiştir.

Hasancebi ve Ulusay (2006), Türkiye'nin batısında yer alan Bursa'nın Yenişehir bölgesinde, zemin büyütmesini belirlemek için kayma dalga hızına dayalı deneysel metodları, bir boyutlu zemin tepkisi nümerik modelleme programı ve mikrotremor ölçümlerini kullanarak inceleme yapmışlardır. Genellikle yerleşim bölgesinin güneyi ve kuzeyinde yer hareketinin 5 – 9 kat büyüdüğünü gözlemlemiştir.

Kılıç ve diğ. (2006) tarafından İstanbul Deprem Master Planı çerçevesinde Zeytinburnu'nda, deprem kuvvetleri üzerinde yerel zemin koşullarının etkilerini belirlemek için mikro bölgeleme çalışması yapılmıştır. Bu sahada, detaylı jeolojik ve geoteknik çalışmalar yapılmış, sahanın yerel jeolojik özelliklerini gösteren bir jeolojik harita hazırlanmış ve sahada zemin sondajlarından oluşturulan verilere dayalı dinamik davranışa bağlı sınıflandırma yapılmıştır. Yerel zemin koşullarının dinamik davranış üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, saha ve laboratuvar incelemelerinden elde edilen bulgular kullanılarak EERA bilgisayar programı ile zemin tepki analizi yapılmıştır. Yapılan dinamik tepki analizi sonucunda, zemin sarsıntısına bağlı oluşturulan mikro bölgeleme haritası, jeolojik birimlerin değişimi ile bölgede uyumsuzlukların olduğunu göstermektedir.

Kutanis ve Bal (2006) yerel zemin koşullarının yapı hasar dağılımı üzerindeki etkilerini belirlemek için, SHAKE2000 yazılımını kullanarak Adapazarı şehir merkezinde bulunan zeminler için yer tepki analizi yapmıştır. Bu çalışma sonucunda, özel zemin koşullarına sahip yerleşim bölgelerindeki yapıların maruz kalacakları deprem etkilerinin farklı olabileceğini gözlemlemişlerdir.

Harbi ve diğ. (2007) tarafından Cezayir'deki sismik riskin etkisini azaltmak için, mod birleştirme ve sonlu farklar yönteminin kombinasyonu olan birleşik bir metod kullanılarak sismik yer hareketinin gerçekçi bir modeli yapılmıştır. Bunun için, jeolojik, jeofizik ve deprem verilerinin karmaşık bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bölgenin sismik aktivitesini değerlendirmek için 1359 – 2002 yılları arasında gerçekleşen depremlerin bir listesi yapılmıştır. Cezayir'e ait davranış spektrumu oluşturulmuştur. Çalışmanın sonuçları, modelde dikkati çeken büyütmelerin nedeninin Cezayir'in merkezindeki yumuşak birikinti zeminin varlığı olduğunu göstermektedir.

Yerel zemin koşullarının kuvvetli yer hareketi üzerindeki etkilerini, bunu etkileyen faktörleri ve bu etkilerin değerlerini belirlemek amacıyla günümüze kadar yapılan çalışmalarda birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler, bilgisayar programları ile yapılan bir, iki ve üç boyutlu zemin tepki analizleri, mikrotremor ölçümleri, klasik spektral oran ve yatay düşey spektral oran şeklindedir. Bunların arasında, bir boyutlu zemin tepki analizleri, zemin ortamın her tabakasının kayma modülü, kritik sönüm oranı, yoğunluk ve kalınlık değerleri ile tam olarak tanımlanabildiği kabulü ile analiz edilecek zemininin kolaylıkla matematik modelini oluşturma avantajı sağlamaktadır.

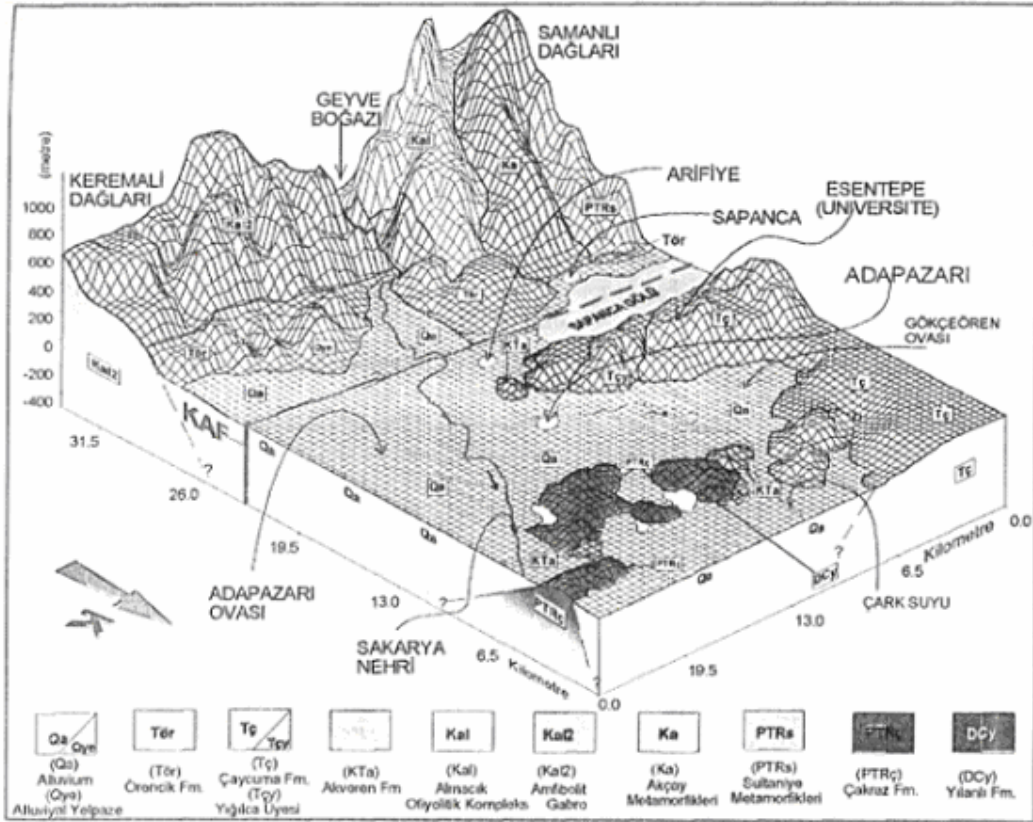


## **BÖLÜM 3. ADAPAZARI BÖLGESİ JEOLJİSİ**

### **3.1. Bölgenin Jeolojik Yapısı**

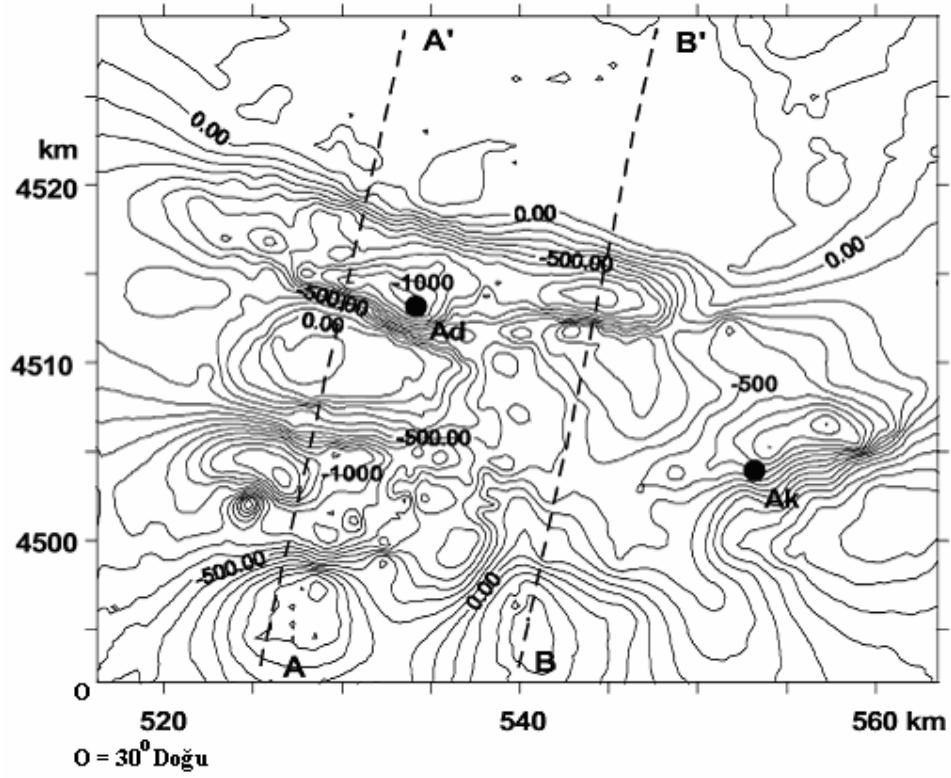
Adapazarı ovası, aşağı Sakarya vadisinde, Sapanca Gölü ile Adapazarı merkez ve doğusunda yer alır. Doğuda Keremali Dağlarının eteklerine uzanan Akova, Marmara bölgesinin en büyük ovalarından biridir. Yüzölçümü 620 km<sup>2</sup> olan ovanın batı-doğu yönünde uzunluğu 27 km, kuzey-güney yönünde de genişliği 23 km'yi bulmaktadır. Yükseltisi yaklaşık 30 m olan ovaya, çevredeki dağlardan sırtlar sokulmakta ve bazı alanlarda tepecikler oluşmaktadır. Bunlardan başlıcaları, Adapazarı kent merkezinin güneyindeki Erenler tepesi (75 m), Alibey tepesi (112 m) ve güneydoğusundaki Tersiyer tepesi (85 m)'dir (Bol, 2003).

Adapazarı ovasının büyük bir kısmını Sakarya ve Mudurnu nehirlerinin getirdiği çakıllı ve siltli kumlar içeren kuvaterner alüvyon birikintileri oluşturur. Genellikle çakıl-kum-silt serileri devamlı bir şekilde görülür. Bu birikintiler merceksi veya bant şeklinde düşük plastisiteli kil ve silt serileri içerirler. Kil, kum, çakıl ve silt bazen tek başlarına belli seviyelerde bazen de bunların değişik kombinasyonları şeklinde ardalanmalı olarak görülmektedir. Kuvaterner oluşumlar değişik tabaka kalınlıklarından oluşan gradasyonu düzgün çakıl, kum ve siltler içeren ve kayma dalga hızları 200 – 250 m/s civarında olan holosen alüvyon çökellerden oluşmaktadır (Kutunis ve Bal, 2006).

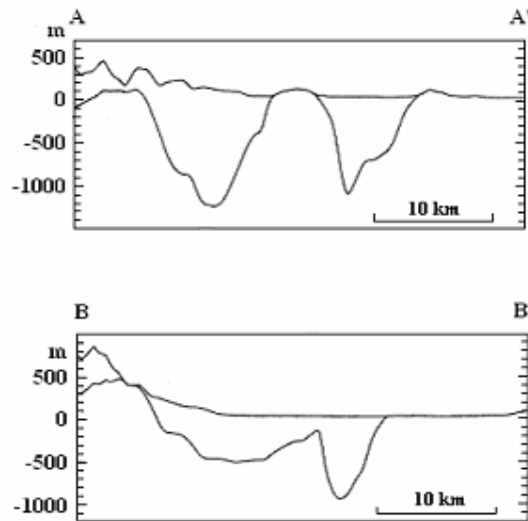


Şekil 3.1. Adapazarı ve çevresinin üç boyutlu jeoloji haritası (Bol, 2003)

Adapazarı ovasını oluşturan alüvyonun yüzeyi günümüzde yataya yakın bir eğimdedir. Alüvyonun kalınlığı değişik araştırmacılar tarafından tartışılmıştır. DSİ tarafından 2001’de yapılan 200 m’lik derin sondajda kaya tabakasına ulaşılamamıştır (Bkz. EK 1). Bu konuda, Komazawa ve diğ. (2002) yerçekimi anomali esasına göre yaptıkları çalışmada ana kaya ve zemin tabakası arasındaki  $500 \text{ kg/m}^3$ ’lük yoğunluk farkı ile Şekil 3.2a’da verilen modeli oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda, alüvyonun kalınlığını yaklaşık 1000 – 1500 m olarak açıklamışlardır (Şekil 3.2b).



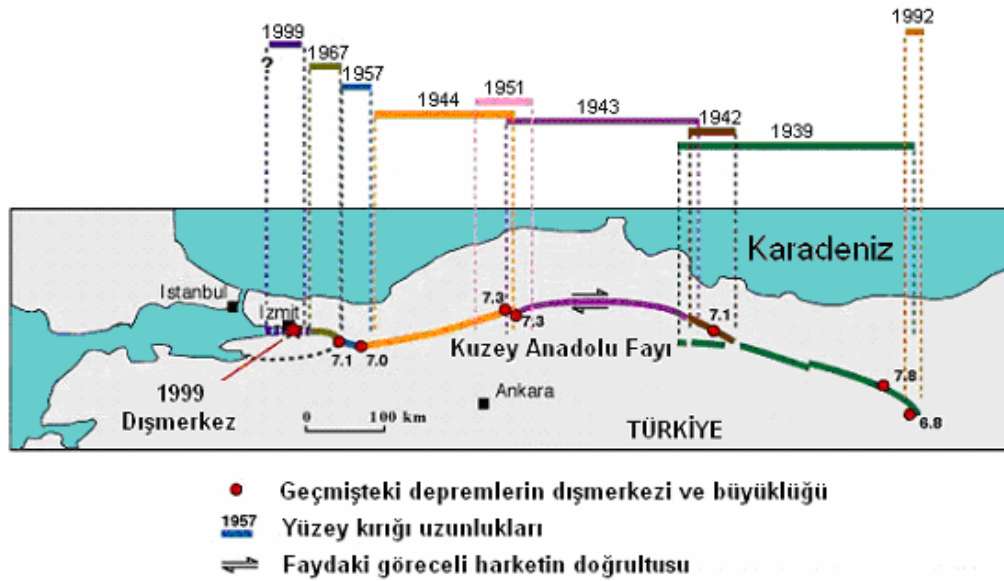
Şekil 3.2a. Yerçekimi anomalisi esasına göre elde edilen model. Kontur çizimleri 100 m aralıklarla derinliği göstermektedir. Ad ve Ak sırasıyla Adapazarı ve Akyazı'yı ifade etmektedir (Komazawa ve diğ. 2002)



Şekil 3.2b. Yerçekimi anomalisi esasına dayalı model için kesitler ve yüzey topografyası

### 3.2. Bölgenin Depremselliği

Bölge doğudan batıya uzanan Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'dan dolayı tektonik açıdan aktif bir konumdadır. Adapazarı kenti aynı zamanda kalınca bir alüvyon dolgu zeminde yer alması sebebiyle muhtelif tarihlerde meydana gelmiş olan kuvvetli depremlerden büyük hasar görmüştür. Jeoloji ve yerel zemin şartlarından dolayı, deprem esnasında sıvılaşma ve zemin büyütmesi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Şekil 3.3'te Kuzey Anadolu Fayında gerçekleşen son depremlerde kırılan faylar resmedilmiştir.



Şekil 3.3. Kuzey Anadolu Fayında gerçekleşen son depremler

Adapazarı ve yakın çevresini etkisi altında bulunduran Kuzey Anadolu Fayı (KAF) kuşağı, sismik olarak dünyanın en önemli diri faylarından biri olup doğrultu atımlıdır. KAF'ın batı segmenti, Gerede, Bolu ve Mudurnu Suyu vadisi boyunca Dokurcun'a kadar tek hat halinde uzanır. Dokurcun'dan sonra iki ana kola ayrılan bu kuşak güneyde Geyve, Pamukova, İznik, Gemlik, Bursa, Manyas, Yenice, Gönen üzerinden Ege Denizi'ne; kuzeyde ise Arifiye, Sapanca, İzmit Körfezi, Marmara Denizi ve Tekirdağ üzerinden Saros Körfezi'ne ulaşır. Değişik zamanlarda bu fay kuşağında meydana gelen depremlerden etkilenen Adapazarı şehri Kuzey Anadolu Fay kuşağının kuzey koluna yakın bir noktada yer almaktadır (Kutunis ve Bal, 2006).

Adapazarı bölgesinde 1943 yılından günümüze kadar küçükü büyükü birçok deprem kaydedilmiştir. Hendek (1943,  $M_s = 6.6$ ), Abant Depremi (1957,  $M_s = 7.1$ ), Adapazarı – Mudurnu Depremi (1967,  $M_s = 6.8$ ), Marmara Depremi (1999,  $M_w = 7.4$ ) ve Düzce Depremi (1999,  $M_w = 7.2$ ) bölgeyi etkileyen büyük depremlerdendir. Özellikle 1967 Adapazarı – Mudurnu ve 1999 Marmara Depremleri bölgede çok şiddetli hissedilmiş ve önemli oranda can ve mal kaybına neden olmuştur. Her iki depremde de yüzeyde geniş kırılmalar meydana gelmiş, yapılar ötelenmiş ve yıkılmıştır (Kutunis ve Bal, 2006).

### 3.3. 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi

17 Ağustos 1999 tarihinde, saat 03:02'de Marmara'nın doğusunda  $M_w = 7.4$  büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiş ve 45 s sürmüştür. Yüzeyde yaklaşık 140 km'lik bir yüzey kırılması ve 5m'ye varan sağ yanal atım meydana gelmiştir.

Depremde İzmit Körfezi bölgesinde şev kaymaları, sıvılaşmalar ve oturmalar meydana gelmiştir. Depremin büyük olması yanında, yurdumuzun nüfus yoğunluğu yüksek olan ve sanayi tesislerinin yoğun olarak bulunduğu bir bölgede meydana gelmesi, hasarın büyük olmasına sebep olmuştur. Bina hasarları İzmit Körfezi kıyısındaki Gölcük, Değirmendere, Yalova ve Adapazarı'nda yoğunlaşmıştır. Yalova'da ve özellikle Adapazarı'nda yer altı su seviyesinin yüzeye yakın olması nedeniyle pek çok temel göçmesi meydana gelmiştir. Adapazarı'nda binaların hiçbir hasar görmeden döndüğü, temellerinin açığa çıktığı ve bazı binaların deprem hareketi ile sıvılaşmış zemin içine 1.5 m düşey doğrultuda oturduğu ve bu sırada kaldırımların alt zemin tarafından kaldırıldığı görülmüştür. İzmit'te de binalarda önemli hasar olmuş ve İstanbul'da özellikle Avcılar'da ağır hasarlı binalar tespit edilmiştir. Gölcük'teki askeri tesislerde yüzey kırığının binalar ve tesisler arasında oluşması nedeniyle çok önemli hasarlar meydana gelmiştir. Bu bölgede 4.10 m' ye varan yatay ve 0.40 m civarında düşey hareket tespit edilmiştir. Değirmendere'de kıyı şeridinde şev kayması oluşmuş bazı bölgeler sular altında kalmıştır. Yalova'da da özellikle deniz kıyısındaki binalarda ağır hasar meydana gelmiştir (Celep ve Kumbasar, 2004).

Kocaeli ve Sakarya illerindeki otoyolların alüvyon dolgular üzerindeki kısımlarında 0.20 m civarında oturmalar meydana gelmiştir. Özellikle köprülerin yaklaşma plaklarında bu oturmalar açık biçimde ortaya çıkmış ve trafiğin hızını sınırlamıştır. Bu bölgede otoyol üzerinden geçen prefabrike kirişli iki açıklıklı üst geçit köprüsünde açıklık kirişleri mesnetlerinden düşerek yolu trafiğe kapamıştır (Celep ve Kumbasar, 2004).

Bu depremde en büyük hasarı Adapazarı görmüştür. Hasarın büyük olmasının en önemli nedenlerinden biri, Adapazarı'nın genç alüvyonlar üzerine kurulmuş olmasıdır. Alüvyon tabakalar bazı bölgelerde sıvılaşmalara, bazı bölgelerde taşıma gücü yenilmelerine ve bazı bölgelerde depremin etkisini büyütme olarak rol oynamıştır.

## **BÖLÜM 4. ZEMİNLERİN DEPREM ETKİSİNDE DAVRANIŞLARI**

### **4.1. Yerel Zemin Koşullarının Yer Hareketi Üzerindeki Etkileri**

Yerel zemin koşulları kuvvetli yer hareketinin genlik, frekans içeriği ve süreden oluşan önemli özelliklerinin tamamını kuvvetle etkilemektedir. Bunların etki derecesi, yer altındaki birimlerin geometrisi ile malzeme özellikleri, sahanın topografyası ve girdi hareketin özelliklerine bağlıdır (Kramer, 2003).

Belirli bir sahadaki depremin karakteristikleri fay mekanizması, depremin merkez üssünün uzaklığı, jeolojik yapı ve yerel zemin koşullarının bir fonksiyonudur. Zemin koşullarının en etkili parametreleri ana kaya üzerinde yer alan zemin tabakasının yüksekliği, zemin profilinin ve karakteristiklerinin derinlikle değişmesi, yanal jeolojik heterojenlik, yüzey ve gömülü topografyadır (Biringen, 2000).

Alüvyon derinliği, zemin titreşim periyodu ile doğrudan ilişkilidir. H derinliğindeki bir zemin tabakası boyunca düşey olarak ilerleyen kayma dalgası göz önüne alındığında zeminin yatay hakim titreşim periyodu :

$$T_n = \frac{4H}{(2n - 1)V_s} \quad (4.1)$$

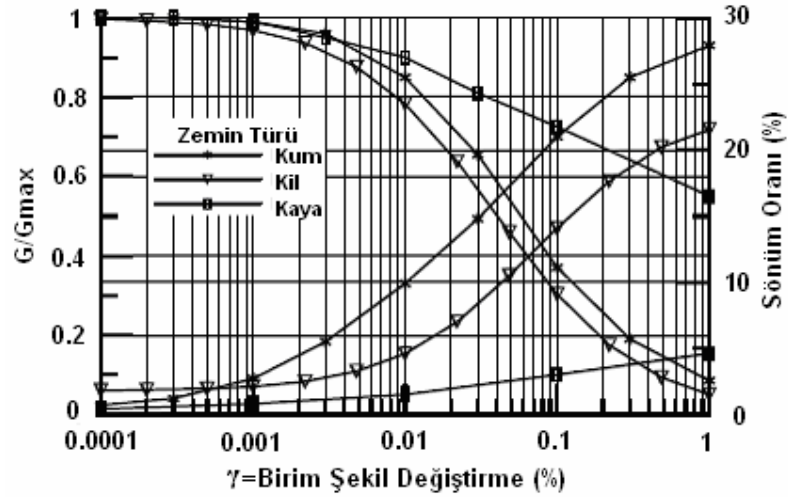
şeklindedir. Burada, n titreşim modunu gösteren 1,2,3, .... gibi bir tamsayı ve  $V_s$  kayma dalga hızıdır.

Zemin tabakalarının yapısı, yapıların deprem davranışında büyük bir etkiye sahiptir. Deprem esnasında, sismik dalgalar ana kayadan temele bunların arasında yer alan zeminlerin vasıtasıyla zeminin büyütme etkisiyle iletilir. Bu küçültme yada büyütme etkisine neden olabilir. Bu, yapının olmadığı aynı noktada meydana gelecek boş alan hareketi ve yapı temelinde meydana gelecek hareket arasındaki farkın sonucu olan yapı-zemin etkileşimi etkisiyle yapının varlığıyla etkili olabilecek zemin büyütmesini gösterir (Özgirgin, 1997; Biringen, 2000; Tezcan ve diğ., 2002).

#### **4.2. Zeminlerin Fiziksel ve Dinamik Özellikleri**

Zemin ortamlarının deprem yükü gibi dinamik yükler altındaki davranışı, büyük ölçüde, çevrimsel yükler altındaki gerilme-şekil değiştirme karakteristiklerine bağlıdır. Bu karakteristikler: (1) çok küçük birim şekil değiştirmelerde (genellikle  $10^{-4}$ ) elde edilen kayma modülü değeri,  $G_{max}$ ; (2) sekant kayma modülü  $G$  ile çevrimsel kayma birim şekil değiştirme genliği  $\gamma$  arasındaki ilişki (bu ilişki genellikle  $G/G_{max} - \gamma$  eğrileri ile ifade edilir); (3) malzeme sönüm oranı ile ilgili eğrilerdir (Şekil 4.1). Yapılan laboratuvar ve arazi çalışmalarında dinamik yükler altında zemin davranışına, zemin tipi, boşluk oranı, başlangıç gerilme şartları, aşırı konsolidasyon oranı ve jeolojik yaş gibi birçok değişkenin etken olduğu söylenebilir. Laboratuvar çalışmalarında (Vucetic ve Dobry, 1991) zemin rijitliğinin; çevrimsel birim şekil değiştirme genliğine, boşluk oranına, asal eksenel etkili gerilmeye, plastisite indisine, aşırı konsolidasyon oranına ve yükleme devir sayısına bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.





Şekil 4.1. Çevrimsel yükleme parametrelerinin çevrimsel birim şekil değiştirme ile değişimleri

#### 4.2.1. Kayma modülü

Zemin kayma modülü, kayma dalga hızı testinden kolaylıkla tahmin edilebilir. Zeminde dalga üretmek için bir patlayıcı yada bir çekiç kullanılır. Üretilen dalganın hızı, bir delikte uyarılmayı sağlamak ve diğer delikte hızı ölçme uygulaması ile yada zeminde bir uyarılma sağlamak ve delikte hızı ölçme uygulaması ile ölçülür. Depreme dayanıklı yapı tasarımı için zemin hakim periyodu önemli bir özelliktir. Bu periyot bir analitik çalışma yada deprem dağılımı ölçümünden ortalama olarak tahmin edilebilir. Aynı zamanda zemin tabakalarının efektif periyodu yerin sarsıntı şiddetine bağlı olabilir (Özgirgin, 1997; Biringen, 2000; Tezcan ve diğ., 2002).

Azalım modülü eğrisi, kayma şekil değiştirme genliği ile değişen kayma modülündeki davranışı tanımlar. Eğri kayma şekil değiştirme genliğinin bir fonksiyonu olarak maksimum kayma modülü ile bölünen sekant kayma modülü olarak tanımlanan modül oranını gösterir. Yer hareketi tepki hesaplarında kullanılan sekant kayma modülü modül azalma faktörü ve maksimum kayma modülünün sonucu olarak hesaplanır (Biringen, 2000).

Küçük şekil değiştirmeler için zeminin kayma modülü, gerilme-şekil değiştirme eğrisinin ortalama eğimi olarak alınabilir. Büyük şekil değiştirmelerde, gerilme-şekil değiştirme eğrisi önemli derecede doğrusal değildir. Bu yüzden kayma modülü sabitlikten uzaktır ama kayma şekil değiştirmesinin büyüklüğüne bağlıdır (Özgirgin, 1997).

#### **4.2.2. Kritik sönüm oranı**

Gerilme dalgaları, homojen doğrusal elastik bir malzemede genliklerinde herhangi bir değişim olmaksızın belirsiz şekilde ilerlerler. Ancak, bu tür davranış gerçek malzemelerde oluşmaz. Yerkabuğunu oluşturan birimlerde olduğu gibi, gerçek malzemelerdeki gerilme dalgaları mesafe ile birlikte sönüme uğrar. Zeminin sönümü, malzeme sönümü ve radyasyon sönümü olarak iki sınıfta gruplandırılabilir.

Zeminde malzeme sönümü, bir titreşim dalgası zemin içinden geçerken meydana gelir. Zeminde, ilerleyen dalgaların elastik enerjisinin bir kısmı daima ısıya dönüşür. Bu dönüşümde, dalganın genliğinde bir azalma olur.

Malzeme sönümlemesi yoluyla, gerilme dalgasının elastik enerjisinin bir kısmı sönümlendiğinden, dalganın bir malzeme içerisinde ilerlemesi sırasında özgül enerji azalmaktadır. Özgül enerjinin azalması ise gerilme dalgası genliğinin mesafe ile birlikte küçülmesine neden olur. Enerjinin daha büyük bir hacimde yayılmasından ileri gelen bu genlik küçülmesi, genellikle radyasyon sönümü olarak ifade edilmektedir.

Kritik sönüm oranlarında yayınlanmış veriler seyrek ve küçük örneklerdeki testlerden yada teorik değerlendirmelerden çıkarılmış değerlerden oluşmaktadır.

Kayma şekil değiştirme genliği ile değişen sönüm oranını sönüm eğrisi tanımlar. Zeminler, doğrusal olmayan ve elastik olmayan gerilme-şekil değiştirme davranışı gösterdiği için eşdeğer sönüm oranları şekil değiştirme seviyesinin artması ile artış gösterir. Zeminin sönümü, genelde plastisite indisinin azalması ile artar (Biringen, 2000).

### 4.3. Zemin Büyütmesi

Teorik olarak, zemin büyütme ifadesi, yeryüzüne yakın yumuşak zemin tabakalarının içinden geçen sismik dalgaların genliklerindeki artışı anlatmaktadır. Bu artış, yüzeye yakın zemin tabakalarının düşük empedansından kaynaklanır. Empedans, zemin kütle yoğunluğu ve dalga yayılma hızına bağlı bir değerdir.

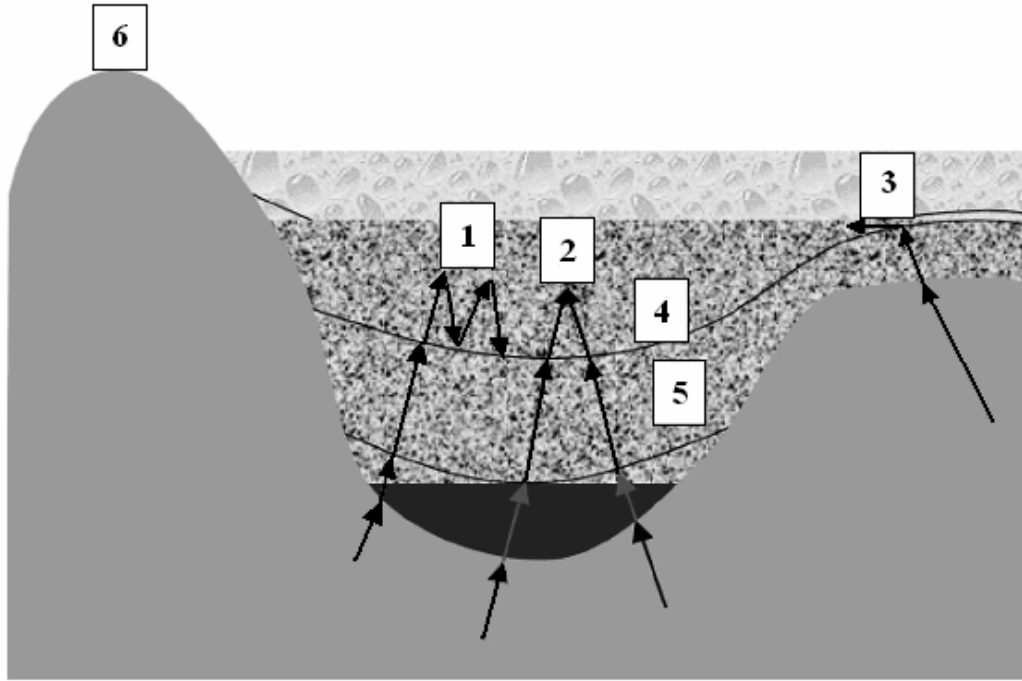
$$Z = \rho \cdot V_s \quad (4.2)$$

Pratikte zemin büyütme ifadesi, farklılıkların empedans değişimlerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığına bakmaksızın iki yakın zemin arasındaki yer hareketindeki farklılıkları tanımlamak için kullanılır. Dalga odağı, kırılma doğrultusu, havza geometrisi ve topografya iki yakın zeminin yer hareketinde farklılıklar oluşturabilecek diğer faktörlerdir. Şekil 4.2 zemin büyütmesine neden olan faktörleri şematik olarak göstermektedir.

Ana kaya üzerinde yer alan zemin tabakalarının, zemin yüzeyine yaklaştıkça birim ağırlık ve kayma dalga hızı değerlerinde azalma olmaktadır. Bu, ana kayadan yüzeye yaklaşıldıkça zeminin empedans değerinde bir düşüş görülmesi demektir. Basit koşullar için büyütme, sönümden kaynaklanan enerji kayıpları ihmal edilip enerjinin korunumu ilkesi kullanılarak açıklanabilir. Sismik enerji akışı

$$E = (\rho \cdot V_s) \cdot X^2 \quad (4.3)$$

şeklinde tanımlanır. Burada,  $\rho \cdot V_s$  zemin ortamın empedansını, X ise sismik sarsıntı hızını temsil etmektedir. Sismik dalgaların yayılması esnasında, enerjinin sabit kalacağından empedanstaki azalmalar sarsıntı hızının artması ile telafi edilecektir.



Şekil 4.2. Zemin büyütmesini etkileyen faktörler: 1) empedans değişimlerinden kaynaklanan rezonans, 2) yüzey altı topografyasından kaynaklanan odaklanma, 3) yüzey dalgalarına dönüşen cisim dalgaları, 4) su içeriği, 5) zemin ortamının düzensizliği, 6) yüzey topografyası (Şafak, 2001)

#### 4.4. Bir Boyutlu Modeller İçin Zemin Büyütmesine Etki Eden Parametreler

Bir bölgeyi etkileyen kuvvetli yer hareketlerinin değişim göstermesinde, bölgenin zemin özellikleri ve deprem hareketinin karakteristiğinin etkili olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda, (Özgirgin, 1994; Biringen, 1998; Tezcan ve diğ., 2001; tohumcu ve diğ., 2003; Haşal ve İyisan, 2004; Yalçinkaya, 2004; Bakır ve diğ., 2005; Hasancebi ve Ulusay, 2006; Kılıç ve diğ., 2006; Kutanis ve Bal, 2006) bir boyutlu modeller kullanılarak zeminin tabaka kalınlığı, zeminin sönümü, zemin tabakası kayma dalga hızı, sismik dalgaların geliş açısı, iki yada daha çok tabaka durumu ve ana kayaya erişebilme problemi gibi farklı parametrelerin zemin büyütme fonksiyonları üzerindeki etkileri, pratik uygulamalardaki yeri ve büyütme fonksiyonlarının gerçek deprem kayıtları üzerindeki etkileri örneklerle incelenmiştir.

#### **4.4.1. Zemin tabakası kalınlığının ve sönümün etkisi**

Zemin tabakası kalınlığı arttıkça zemin hakim frekansı daha küçük frekanslara doğru kaymaktadır. Bu da periyot cinsinden düşünüldüğünde ana kaya üzerinde yer alan zemin tabakasının kalınlığı ne kadar büyük olursa, zemin hakim periyodunun o kadar büyük olacağını gösterir.

Mühendislik çalışmaları açısından büyütme fonksiyonlarındaki en önemli değer, temel frekans ve ona ait büyütmedir. Çünkü yapıları asıl etkileyen, temel frekans değeri ve bu frekansta görülen en yüksek büyütmedir. Genellikle yüksek harmonikteki büyütmeler, sönüm parametresine bağlı olarak çok küçük değerlere kadar düşmektedir.

#### **4.4.2. Zemin tabakası kayma dalga hızının etkisi**

Zemin tabakasının kayma dalga hızının değişmesi, ana kaya ve zemin arasındaki empedans oranının değişmesi anlamına gelir ve bu doğrudan büyütme değerini etkiler. Ayrıca hızdaki bir değişim, zemin hakim frekansının da değişmesi anlamına gelir. Zemin ve ana kaya arasındaki empedans farkının büyümesi, zemin büyütmesinin artmasına karşılık gelir. İki ortam arasındaki geçiş ne kadar sert olursa büyütme değeri o kadar yüksek olur. Ayrıca zemin tabakası hızı azaldıkça zemin hakim frekansı daha yüksek büyütmelerle daha küçük frekanslara doğru kayar.

#### **4.4.3. Geliş açısının etkisi**

Zemin hakim frekansı üzerinde geliş açısının önemli bir etkisi yoktur. Sadece geliş açısı arttıkça, büyütme değerlerinde küçük bir azalma gözlenmektedir. Mühendislik açısından genellikle düşey S dalgalarını kabul etmek önemli bir hata doğurmaz.

#### 4.4.4. İki veya daha çok tabaka durumu

Büyütme fonksiyonu temel doruk ve harmonikler şeklinde olmaz. Büyütme daha geniş bir frekans aralığına yayılır. Bu nedenle bir zemin hakim periyot bölgesinden söz etmek gereği doğar. Büyütme fonksiyonu tüm zemin tabakalarının ortak etkisini taşır. Pratik uygulamalarda genellikle birden çok tabaka olması durumunda her bir tabakanın etkisinin toplamı şeklinde zemin hakim periyodu hesaplanmaktadır.

#### 4.4.5. Ana kayaya erişebilme problemi

Zemin özelliklerini ortaya çıkarmak amacı ile çok sık başvuru alan sismik kırılma çalışmalarında, kullanılan kaynağın yetersiz kalması nedeniyle, çoğu kez ana kaya derinliğine veya ana kaya olarak kabul edilebilecek bir kayma dalga hızına erişilememektedir. Ana kaya bulunması ve bulunmaması durumlarında hesaplanan zemin hakim periyodu ve büyütmelerde önemli farklar olacaktır. Bu nedenle, ana kaya derinliği ve kayma dalga hızının belirlenmesi, zemin hakim periyodu ve büyütme değerlerinin hesaplanmasında önemlidir.

Zeminlerin deprem etkisi altında gösterdikleri davranış, fiziksel ve mekanik parametrelerine bağlıdır. Zeminlerin yerel özelliklerinin kuvvetli yer hareketleri üzerindeki etkisi, zemin ortamının tabaka kalınlığı, sönümü, kayma dalga hızı, iki yada daha çok tabaka durumu ve ana kaya derinliği ile alakalıdır. Bu parametreler içerisinde, zemin tabakası kayma dalga hızı, kuvvetli yer hareketleri üzerinde en önemli etkiye sahip olan parametredir. Kayma dalga hızındaki bir değişim, empedans değerine etki edeceğinden doğrudan büyütme değerini etkilemektedir.

## **BÖLÜM 5. ADAPAZARI BÖLGESİ ZEMİN BÜYÜTME FAKTÖRÜ**

### **5.1. Program Analizi**

SHAKE2000 programı, düşey olarak ilerleyen kayma dalgalarından etkilenen, yatayda sonsuz olarak uzanan visko-elastik homojen bir sistemdeki tepkiyi hesap eder. Bu program, Fourier dönüşüm algoritması vasıtasıyla kısa süreli hareketlerle kullanmak için uyarlanan dalga denklemlerinin tekrarlayan çözümüne dayanmaktadır. Kayma modülü ve sönümün doğrusal olmaması, her tabakadaki efektif şekil değiştirme ile uyumlu kayma modülü ve sönüm değerlerini elde etmek için tekrarlı bir yöntem kullanılarak eşdeğer lineer zemin özellikleri kullanımıyla açıklanır. Analiz aşamasında, yapılan varsayımlar:

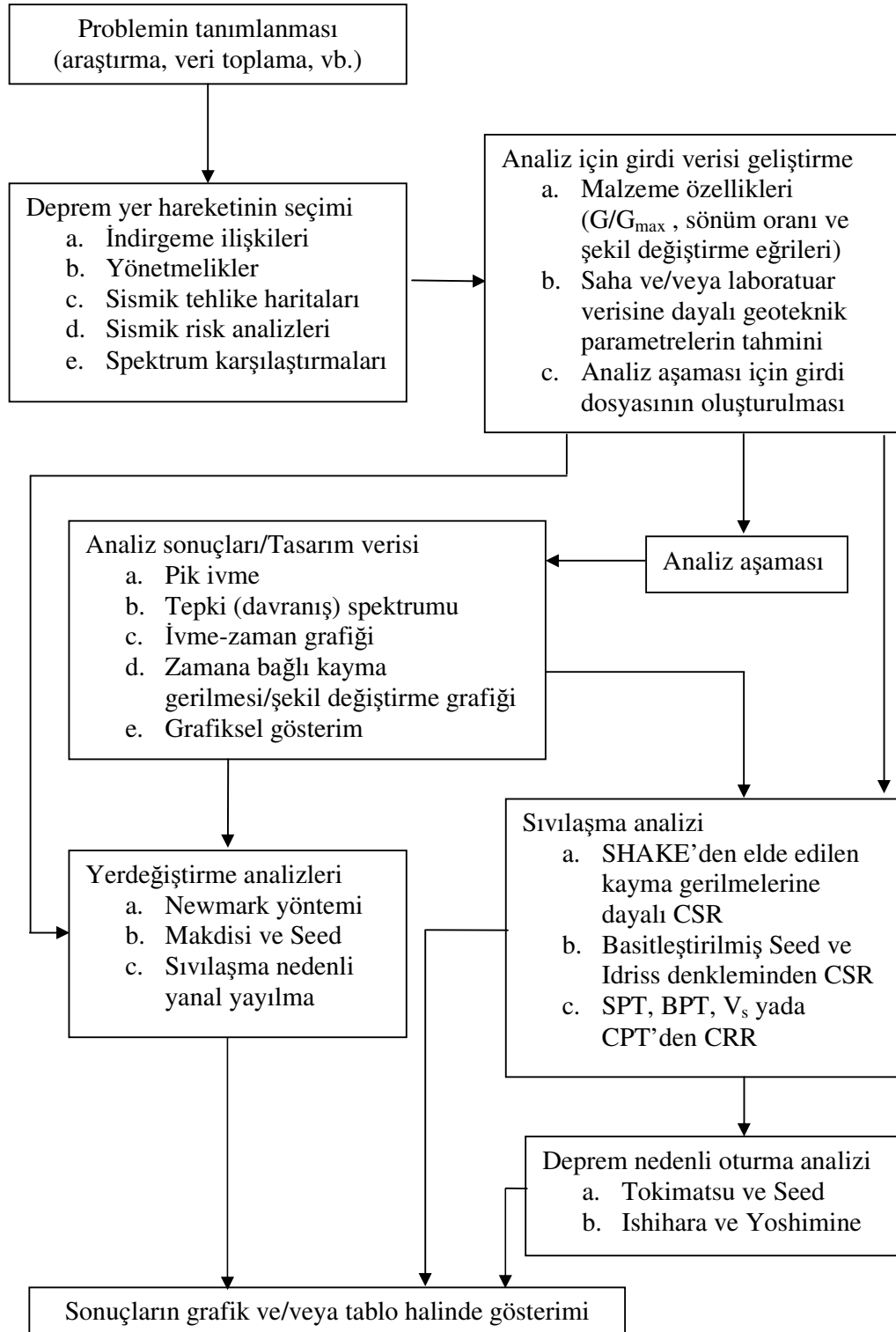
1. Zemin sistemi yatay doğrultuda sonsuz olarak uzandığı,
2. Sistemdeki her tabakanın, frekanstan bağımsız olan kayma modülü, kritik sönüm oranı, yoğunluk ve kalınlık değerleri ile tam olarak tanımlanabildiği,
3. Sistemdeki tepkilerin, alt tabakada yer alan kaya formasyonundan yukarıya doğru kayma dalgalarının yayılmasından etkilendiği,
4. Kayma dalgalarının, eşit olarak yer alan zaman aralıklarında ivme değerleri olarak verilmesi,
5. Kayma modülü ve sönüme bağlı şekil değiştirmenin, bir ortalamaya dayanan eşdeğer lineer prosedür ile açıklanması ve efektif şekil değiştirme seviyesinin her tabaka için hesaplanmasıdır.

Program, kayma modülü ve sönümdeki değişimlerle sistemleri ele alabilir ve elastik tabanın etkilerini hesaba katabilir. Analiz için bir temel olarak kullanılan hareket, sistemdeki her bir tabaka için verilebilir ve diğer her bir tabakadaki yeni hareketler hesaplanabilir.

Programın yapabildiği uygulamalar :

1. Girdi hareketini okumak, maksimum ivmeyi bulmak, yukarı veya aşağı değerleri ölçeklendirmek ve hakim periyodu hesaplamak.
2. Zemin birikintisine ait verileri okumak ve birikintinin hakim periyodunu hesaplamak.
3. Her bir alt tabakanın ortasındaki maksimum gerilme ve şekil değiştirmeyi hesaplamak ve maksimum şekil değiştirmenin belirli yüzdeliği ile uyumlu kayma modülü ve sönüm için yeni değerler elde etmek.
4. Sistemin içindeki herhangi bir tabakanın yada sistemden dışarıdaki kayacın en üst noktasında yeni hareketleri hesaplamak.
5. Herhangi bir tabakanın en üst noktasında geliştirilen hareketleri grafik haline getirmek.
6. Hareketlerin Fourier spektrumlarını grafik haline getirmek.
7. Hareketlerin tepki spektrumlarını hesaplamak ve grafik haline getirmek.
8. İki tabaka arasındaki büyütme fonksiyonunu hesaplamak ve grafik haline getirmek.
9. Hakim periyodu yada kayıt süresini değiştirmeksizin zaman aralığını artırmak yada azaltmaktır.





Şekil 5.1. Basitleştirilmiş sismik analiz

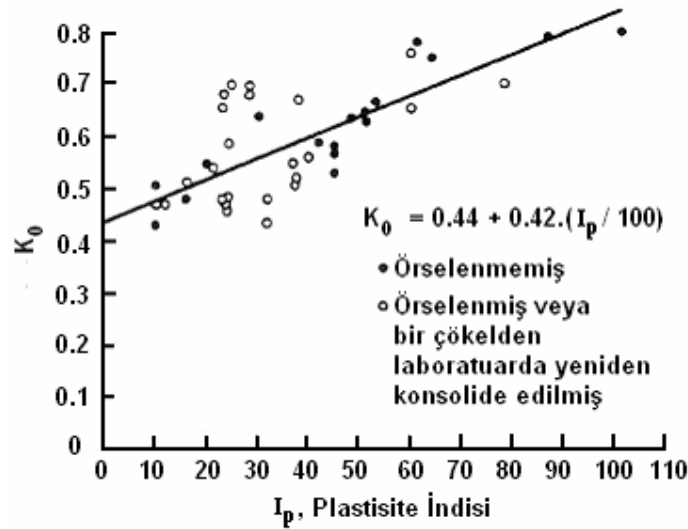
### 5.3. Uygulama

Bu çalışmada, Adapazarı bölgesinin zemin büyütme faktörünü belirlemek için SHAKE2000 bilgisayar programı kullanılarak bir boyutlu zemin tepki analizi yapılmıştır. Zeminlerin dinamik parametreleri için Ishibashi ve Zhang (1993) modeli kullanılmıştır (Ordonez, 2006). Bu model, zemin ile ilgili ortalama efektif gerilme,  $\sigma_m'$  değerini gerektirmektedir. Bu değer için kullanılan formül:

$$\sigma_m' = \sigma_v' \frac{1 + 2K_0'}{3} \quad (5.1)$$

şeklindedir. Burada  $\sigma_m'$ ,  $\sigma_v'$ ,  $K_0'$  zemin ortamının, sırası ile, ortalama efektif gerilme, düşey efektif gerilme ve sükunetteki yanal zemin basınç katsayısını göstermektedir. Sükunetteki yanal zemin basınç katsayısını belirlemek için plastisite indisi  $I_p$ 'ye bağlı olarak geliştirilen 5.2 denklemi kullanılmıştır. Massarsch (1979)'ın araştırmalardan derlediği sonuçlarla, sükunetteki yanal zemin basınç katsayısının plastisite indisi ile ilişkisi Şekil 5.2'de gösterilmektedir.

$$K_0 = 0.44 + 0.42(I_p / 100) \quad (5.2)$$



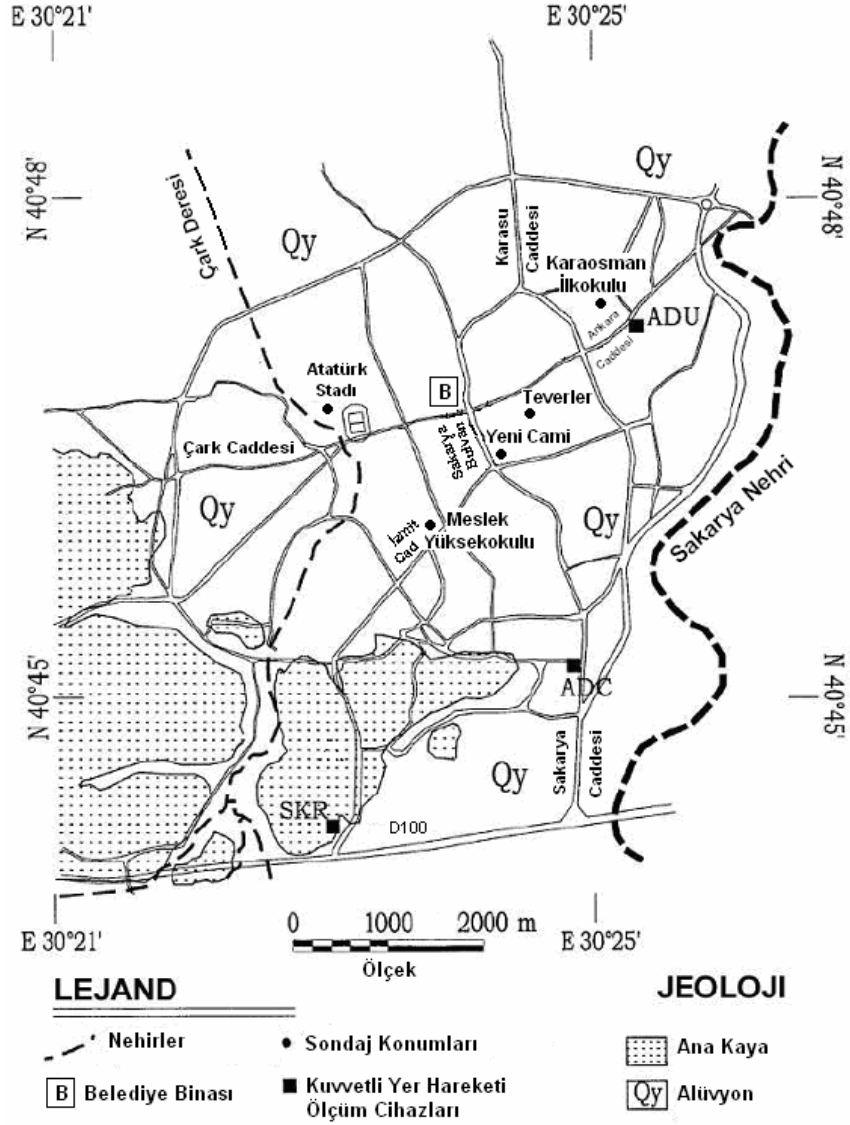
Şekil 5.2. Laboratuvar deneylerinden elde edilen  $K_0$  ile  $I_p$  arasındaki ilişki (Holtz ve Kovacs, 1981)

Analiz etmek üzere oluşturulan zemin profillerinde, kayma dalga hızı değerleri sondaj loglarında belirlenmiş olan Standart Penetrasyon Deneyi, SPT değerlerinin Türk Deprem Yönetmeliği 2007 zemin grupları tablosunda (Tablo 5.1) yer alan karşılıklarına göre seçilerek hesaba katılmıştır.

Tablo 5.1. Türk Deprem Yönetmeliği 2007 zemin grupları

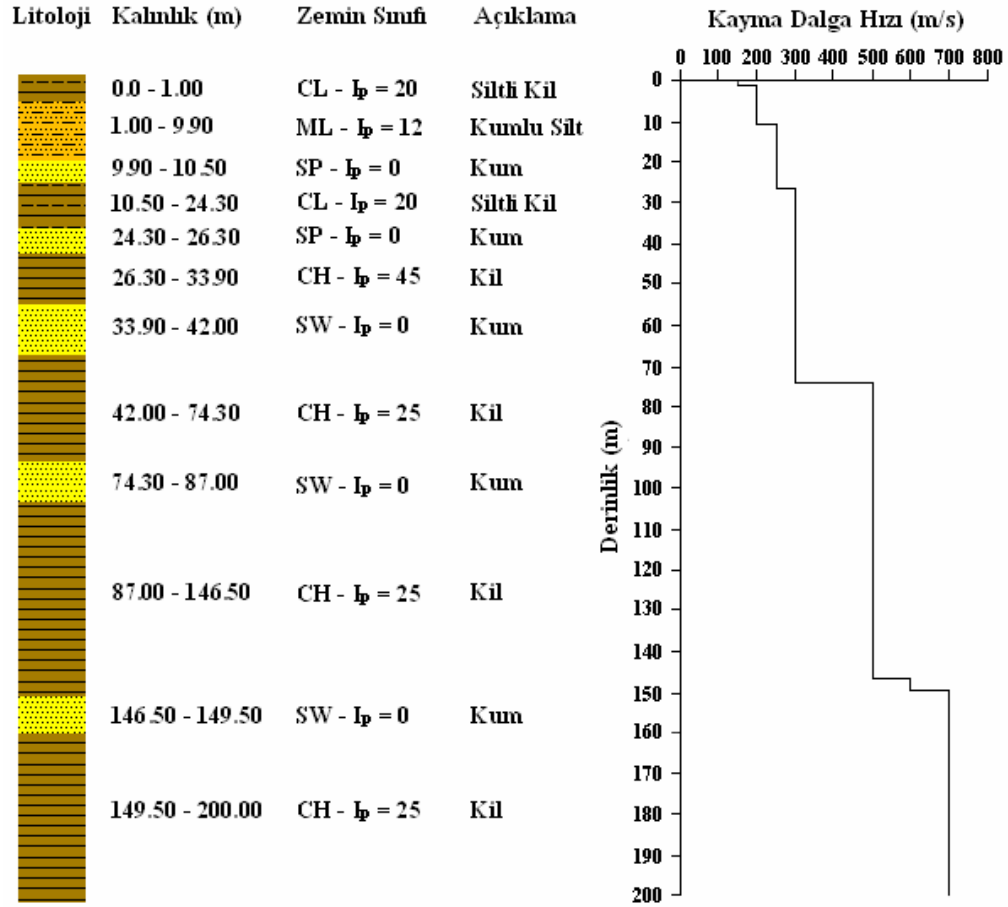
Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetrasyon (N/30)	Rölatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar...	-	-	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl .....	>50	85 – 100	-	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil .....	> 32	-	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar...	-	-	500 - 1000	700 – 1000
	2. Sıkı kum, çakıl .....	30 – 50	65 – 85	-	400 – 700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16 - 32	-	200 - 400	300 – 700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar .....	-	-	< 500	400 – 700
	2. Orta sıkı kum, çakıl .....	10 – 30	35 – 65	-	200 – 400
	3. Katı kil ve siltli kil	8 - 16	-	100 - 200	200 – 300
(D)	1. Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları ...	-	-	-	< 200
	2. Gevşek kum .....	< 10	< 35	-	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil	< 8	-	< 100	< 200

Analizde ele alınan bir boyutlu zemin modelleri için, Şekil 5.3'te konumları belirtilen geçmiş yıllarda yapılmış derin sondaj verileri (Bkz. Ek-1, Ek-2, Ek-3, Ek-4, Ek-5) kullanılarak Şekil 5.4'de gösterilen profiller oluşturulmuştur.

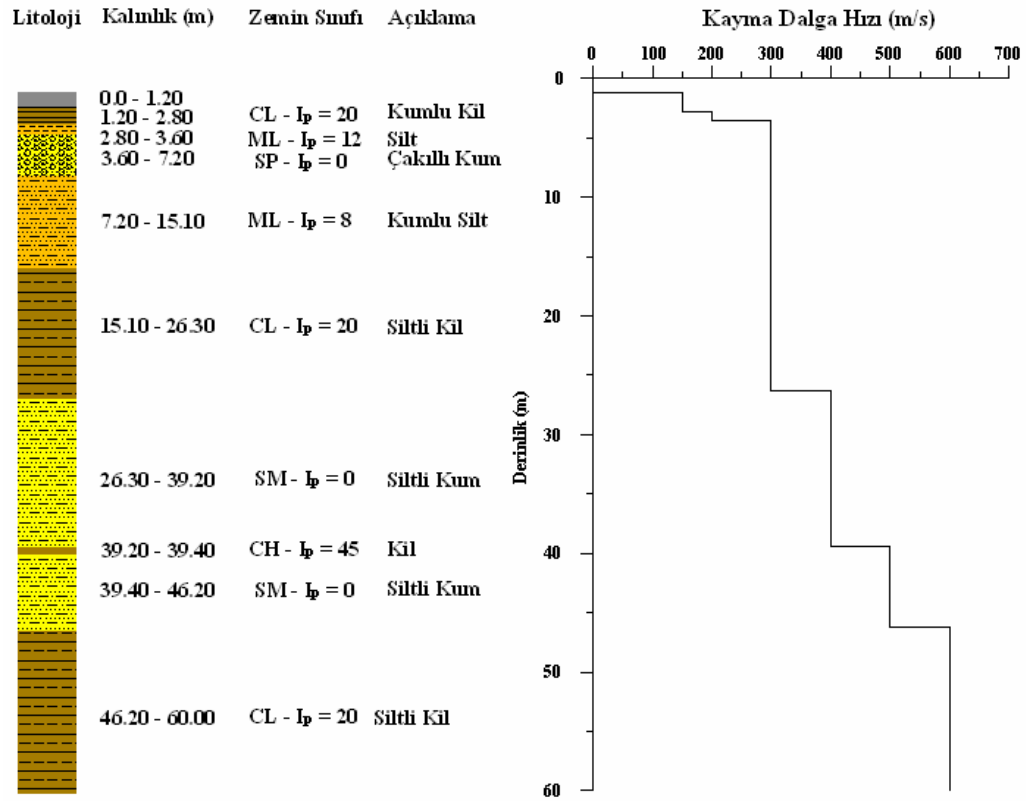


Şekil 5.3. Analizde ele alınan zemin profillerini oluşturmak için kullanılan sondajların konumları

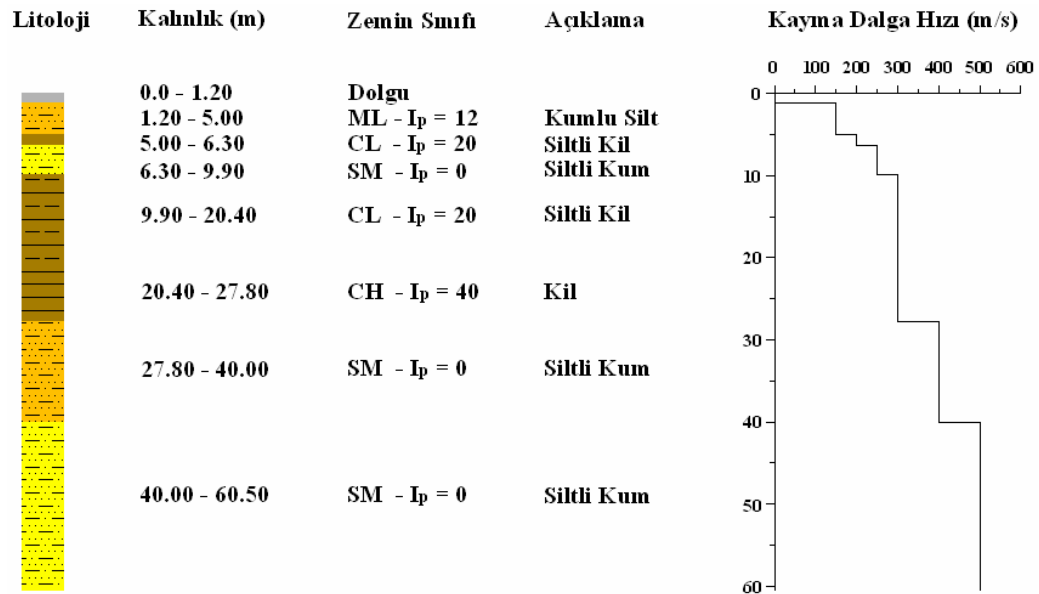
Bu çalışmada kullanılan sondaj değerleri Şekil 5.4a, b, c, d, e’de verilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi ana kaya çok derinlerde ve zemin profilleri kum, silt, çakıl ve bunların bileşenleri olarak ardalanmalı şekilde devam etmektedir.



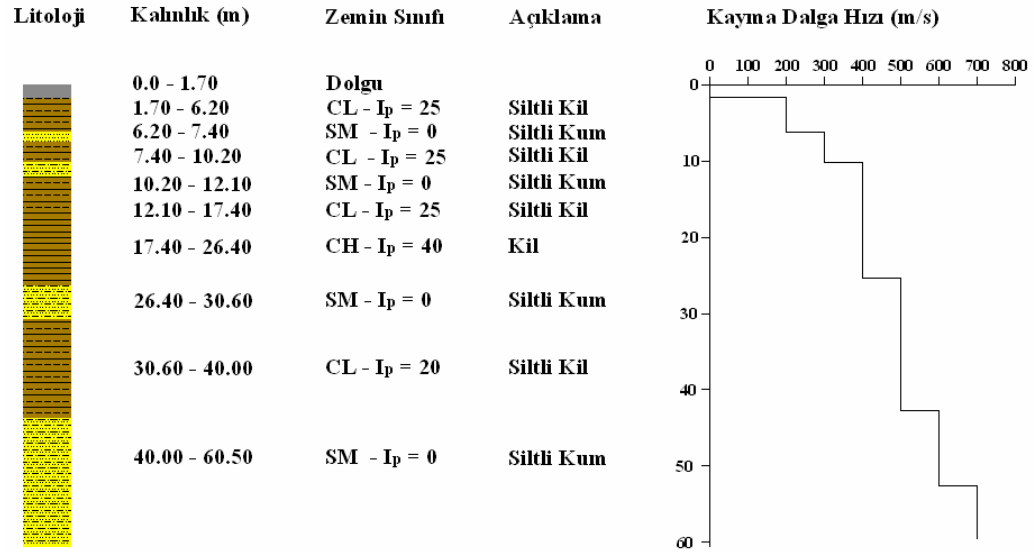
Şekil 5.4a. Teverler sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili



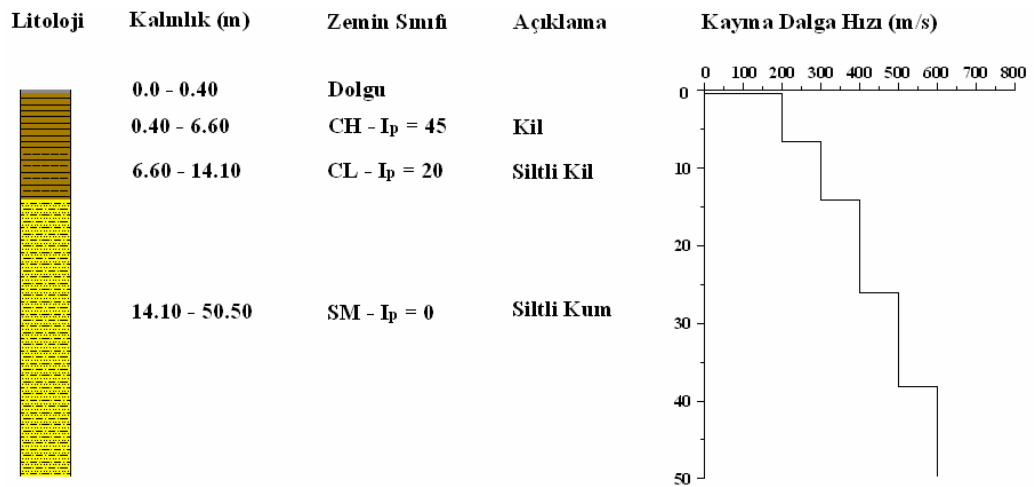
Şekil 5.4b. Atatürk Stadi sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili



Şekil 5.4c. Kara Osman İlkokulu sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili



Şekil 5.4d. Yeni Cami sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili



Şekil 5.4e. Meslek Yüksekokulu sondaj verilerinden oluşturulan zemin profili

Sayısal analizde, göz önünde bulundurulmuş zemin tabakalarını tanımlamak için kullanılan tabaka kalınlığı, birim ağırlık, düşey efektif gerilme, plastisite indisi, sükunetteki yanal zemin basınç katsayısı, ortalama efektif gerilme ve kayma dalga hızı değerleri Tablo 5.2, Tablo 5.3, Tablo 5.4, Tablo 5.5 ve Tablo 5.6'da verilmektedir.

Tablo 5.2. DSİ (2001) tarafından yapılan Teverler sondaj logunun geliştirilmiş profili

D (m)	Zemin Sınıfı	Zemin Türü	H (m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$I_p$	$K_0'$	$\sigma_m'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$V_s$ (m/s)
1.00	CL	Siltli Kil	1.00	13.00	3.190	20	0.524	2.1777	150
9.90	ML	Kumlu Silt	8.90	14.00	40.481	12	0.448	25.5840	200
10.50	SP	Kum	0.60	18.00	45.395	0	0.440	28.4475	200
24.30	CL	Siltli Kil	13.80	15.25	120.467	20	0.524	82.2388	250
26.30	SP	Kum	2.00	18.00	136.847	0	0.440	85.7574	250
33.90	CH	Kil	7.60	17.00	191.491	45	0.629	144.1288	300
42.00	SW	Kum	8.10	18.00	257.830	0	0.440	161.5735	300
74.30	CH	Kil	32.30	18.00	522.367	25	0.545	363.9157	300
87.00	SW	Kum	12.70	19.00	639.080	0	0.440	400.4901	500
146.50	CH	Kil	59.50	19.00	1185.885	25	0.545	822.2136	500
149.50	SW	Kum	3.00	19.00	1213.455	0	0.440	760.4318	600
200.00	CH	Kil	50.50	19.50	1702.800	25	0.545	1186.2840	700

Tablo 5.3. Eser Tek. Sondaj Tic. Aş (1998) tarafından yapılan Sakarya Atatürk Stadi sondaj logunun geliştirilmiş profili

D (m)	Zemin Sınıfı	Zemin Türü	H (m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$I_p$	$K_0'$	$\sigma_m'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$V_s$ (m/s)
1.20	DOLGU	-	1.20	-	-	-	-	-	-
2.80	CL	Kumlu Kil	1.60	15.00	8.304	20	0.524	5.6688	150
3.60	ML	Silt	0.80	16.50	13.656	12	0.490	9.0129	200
7.20	SP	Çakıllı Kum	3.60	17.00	39.540	0	0.440	24.7784	300
15.10	ML	Kumlu Silt	7.90	17.00	96.341	8	0.474	62.5574	300
26.30	CL	Siltli Kil	11.20	17.50	182.469	20	0.524	124.5655	300
39.20	SM	Siltli Kum	12.90	18.00	288.120	0	0.440	180.5552	400
39.40	CH	Kil	0.20	18.00	289.758	45	0.629	218.0912	400
46.20	SM	Siltli Kum	6.80	19.00	352.250	0	0.440	220.7433	500
60.00	CL	Siltli Kil	13.80	19.00	479.072	20	0.524	327.0465	600



Tablo 5.4. Eser Tek. Sondaj Tic. Aş (1998) tarafından yapılan Kara Osman İlkokulu sondaj logunun geliştirilmiş profili

D (m)	Zemin Sınıfı	Zemin Türü	H (m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$I_p$	$K_0'$	$\sigma_m'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$V_s$ (m/s)
1.20	DOLGU	-	1.20	-	-	-	-	-	-
5.00	ML	Kumlu Silt	3.80	15.00	19.722	12	0.490	13.0165	150
6.30	CL	Siltli Kil	1.30	16.00	27.769	20	0.524	18.9570	200
9.90	SM	Siltli Kum	3.60	17.00	53.653	0	0.440	33.6225	250
20.40	CL	Siltli Kil	10.50	17.50	134.398	20	0.524	91.7490	300
27.80	CH	Kil	7.40	18.00	195.004	40	0.608	144.0429	300
40.00	SM	Siltli Kum	12.20	18.00	294.922	0	0.440	184.8178	400
60.50	SM	Siltli Kum	20.50	19.00	483.317	0	0.440	302.8787	500

Tablo 5.5. Eser Tek. Sondaj Tic. Aş (1998) tarafından yapılan Yeni Cami sondaj logunun geliştirilmiş profili

D (m)	Zemin Sınıfı	Zemin Türü	H (m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$I_p$	$K_0'$	$\sigma_m'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$V_s$ (m/s)
1.70	DOLGU	-	1.70	-	-	-	-	-	-
6.20	CL	Siltli Kil	4.50	16.00	27.855	25	0.545	19.4056	200
7.40	SM	Siltli Kum	1.20	17.50	37.083	0	0.440	23.2387	300
10.20	CL	Siltli Kil	2.80	17.50	58.615	25	0.545	40.8351	300
12.10	SM	Siltli Kum	1.90	18.00	65.986	0	0.440	41.3512	400
17.40	CL	Siltli Kil	5.30	18.00	109.393	25	0.545	76.2105	400
26.40	CH	Kil	9.00	18.00	183.103	40	0.608	135.2521	400
30.60	SM	Siltli Kum	4.20	18.50	219.601	0	0.440	137.6166	500
43.70	CL	Siltli Kil	13.10	18.50	333.440	20	0.524	227.6284	500
49.30	SM	Siltli Kum	5.60	19.00	384.904	0	0.440	241.2065	600
53.60	SM	Siltli Kum	4.30	19.50	426.571	0	0.440	267.3178	600
60.50	SM	Siltli Kum	6.90	19.75	495.157	0	0.440	310.2984	700

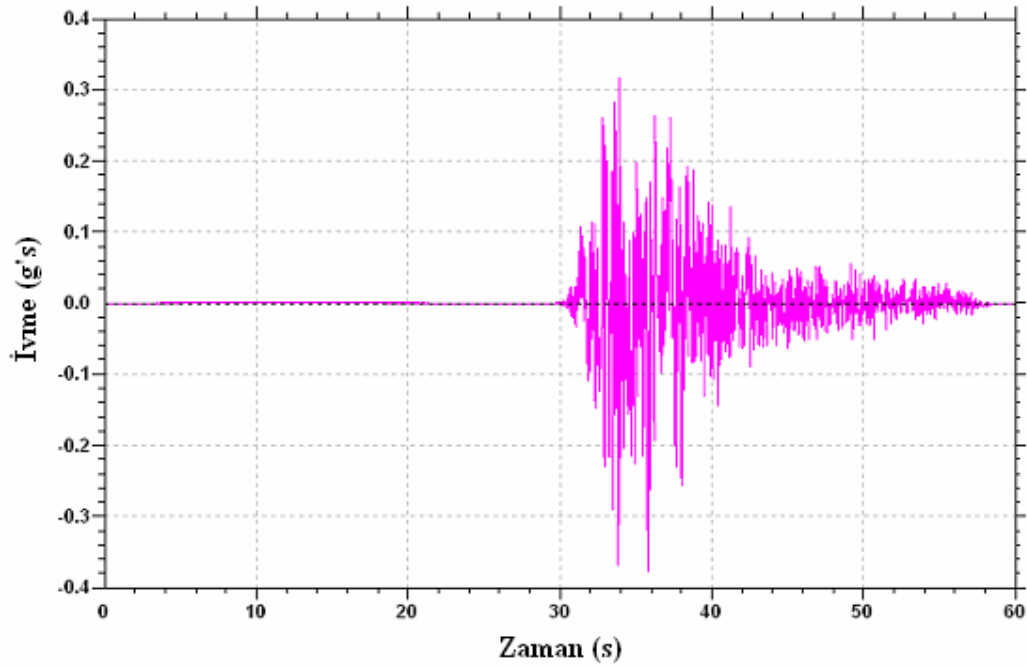
Tablo 5.6. Eser Tek. Sondaj Tic. Aş (1998) tarafından yapılan Meslek Yüksekokulu sondaj logunun geliştirilmiş profili

D (m)	Zemin Sınıfı	Zemin Türü	H (m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$I_p$	$K_0'$	$\sigma_m'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$V_s$ (m/s)
0.40	DOLGU	-	0.40	-	-	-	-	-	-
6.60	CH	Kil	6.20	16.00	38.378	45	0.629	28.8858	200
14.10	CL	Siltli Kil	7.50	17.00	92.303	20	0.524	63.0122	300
26.10	SM	Siltli Kum	12.00	17.50	184.583	0	0.440	115.6720	400
38.10	SM	Siltli Kum	12.00	18.00	282.863	0	0.440	177.2608	500
50.50	SM	Siltli Kum	11.50	19.00	388.548	0	0.440	243.4901	600

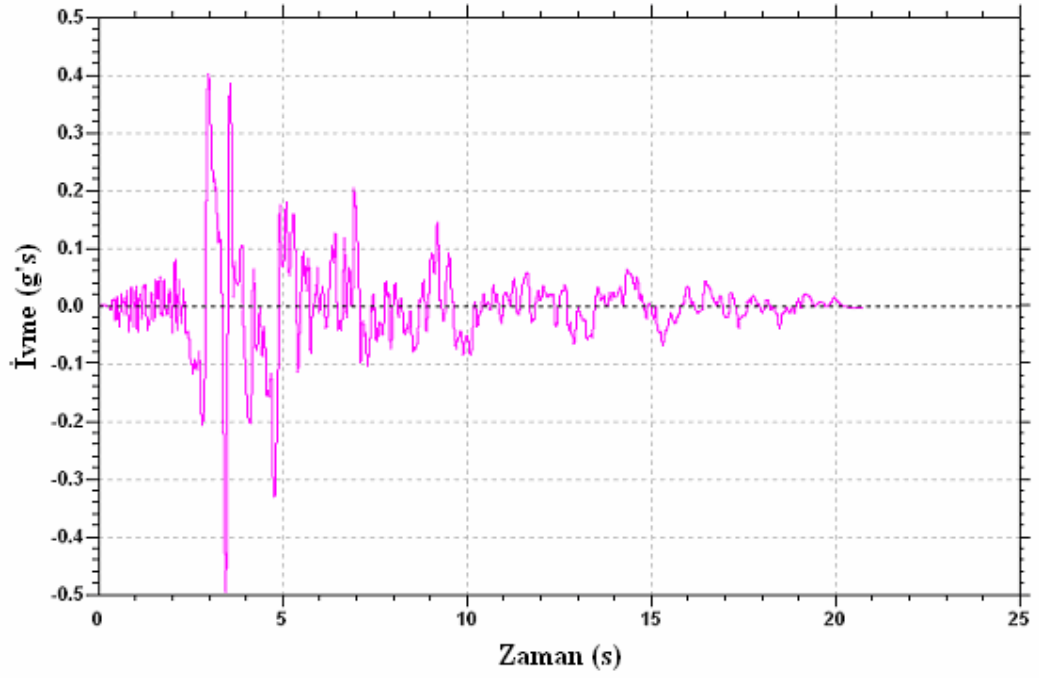
Analizlerde kullanılan kuvvetli yer hareketi verileri Tablo 5.7’de ve bu yer hareketlerine ait ivme zaman grafikleri Şekil 5.5a, b, c’de verilmektedir. Deprem hareketleri, bu çalışma için ana kaya deprem hareketi olarak kullanılmamıştır. Nümerik analiz için deprem hareketleri, 200 m, 60 m, 60.5 m, 60.5 m ve 50.5 m derinliklerden zemin tabakalarına uygulanmıştır. Profillerin, kullanılan yer hareketi etkisi altındaki davranış spektrumları Türk Deprem Yönetmeliği 2007 ve Eurocode8’de % 5 sönüm değeri için öngörülen tasarım spektrumları (Şekil 5.6a ve Şekil 5.6b) ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.7. Analizde kullanılan kuvvetli yer hareketi verileri

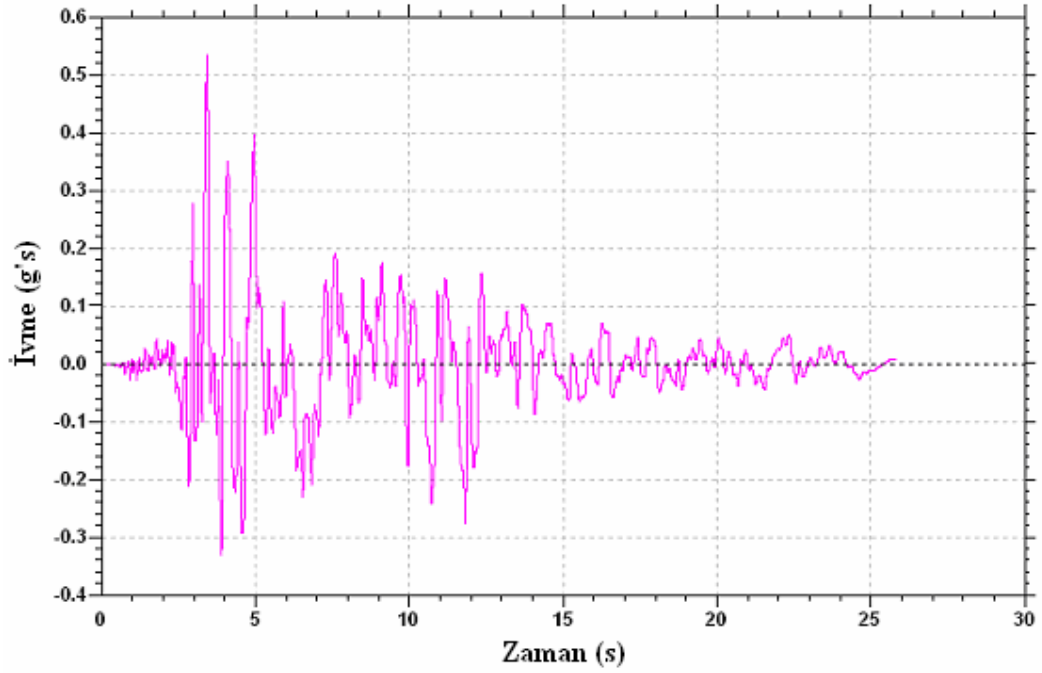
Deprem	İstasyon	Bileşen	Pik Yer İvmesi (g)	Büyükük
13.03.1992 Erzincan	ERZ	D-B	0.496	6.9
17.08.1999 Marmara	SKR	090	0.376	7.4
12.11.1999 Düzce	DZC	270	0.535	7.2



Şekil 5.5a. 17 Ağustos 1999 Marmara depreminin ivme zaman grafiği



Şekil 5.5b. 13 Mart 1992 Erzincan depreminin ivme zaman grafiği

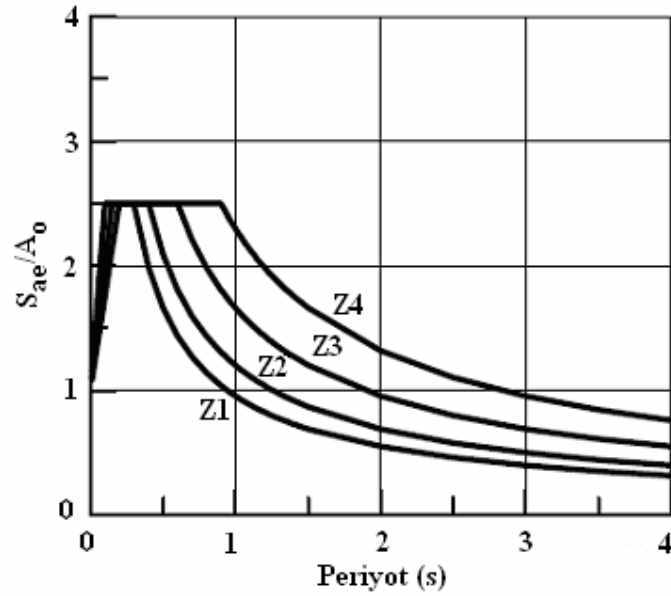


Şekil 5.5c. 12 Kasım 1999 Düzce depreminin ivme zaman grafiği

Türk Deprem Yönetmeliği 2007’de deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılan spektral ivme katsayısı,  $A(T)$ , %5 sönüm oranı için etkin yer ivmesi katsayısı,  $A_0$ , bina önem katsayısı,  $I$  ve spektrum katsayısı,  $S(T)$ ’e bağlı olarak

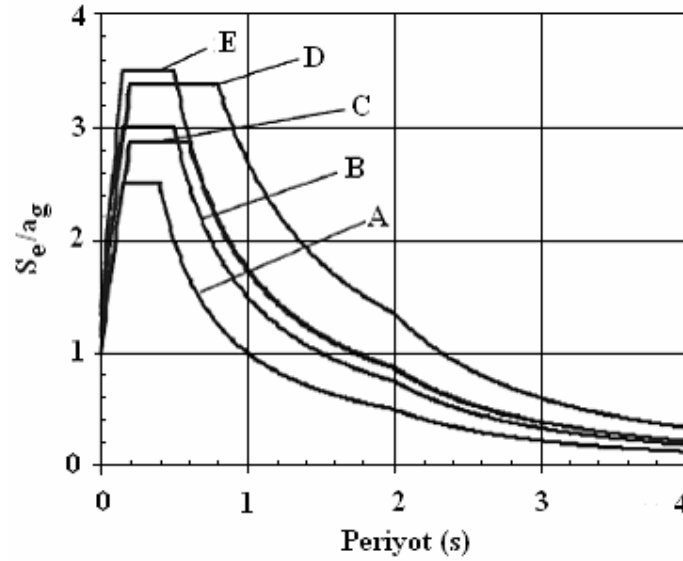
$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (5.3)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Burada yerel zemin koşullarının etkisi, spektrum katsayısı,  $S(T)$  hesaplanırken kullanılan spektrum karakteristik periyotları ile ifade edilebilmektedir (Şekil 5.6a).



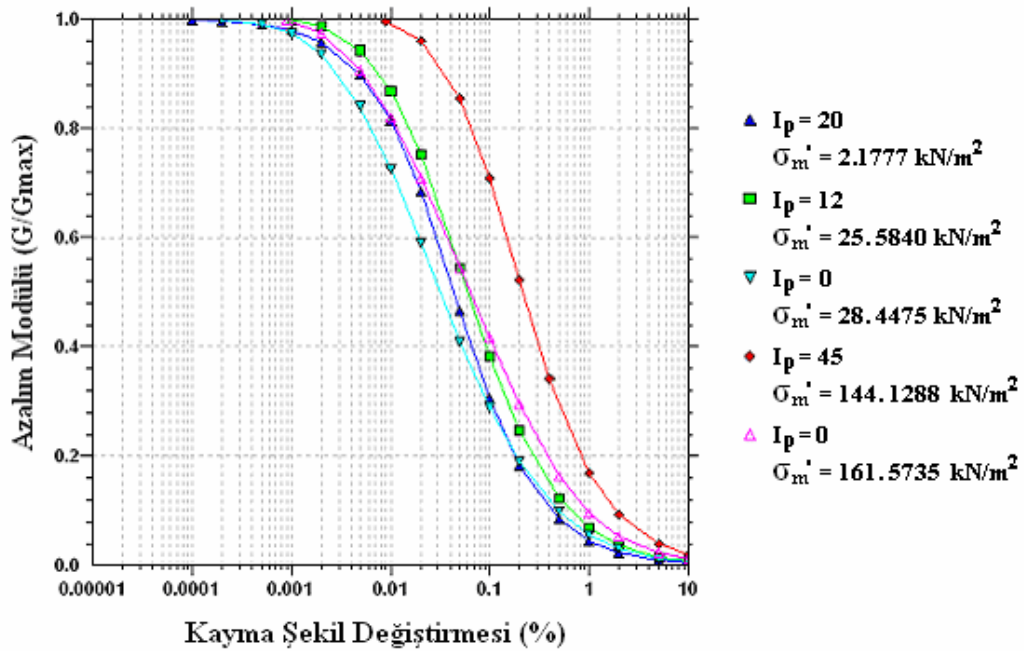
Şekil 5.6a. Türk Deprem Yönetmeliği 2007 tasarım spektrumları

Eurocode8'de Türk Deprem Yönetmeliğine ilave olarak sönüm düzeltme katsayısı,  $\eta$ , (%5 sönüm  $\eta = 1$ ) ve zemin faktörüne, S, yer verilmiştir. Zemin faktörünün değeri, zemin koşullarına bağlı olarak 1.0 ile 1.4 arasında değişmektedir. Bunun sonucu olarak spektrum karakteristik periyotlarında, spektral ivme katsayısı sabit kalmamakta, zemin türüne bağlı olarak değişmektedir (Şekil 5.6b).

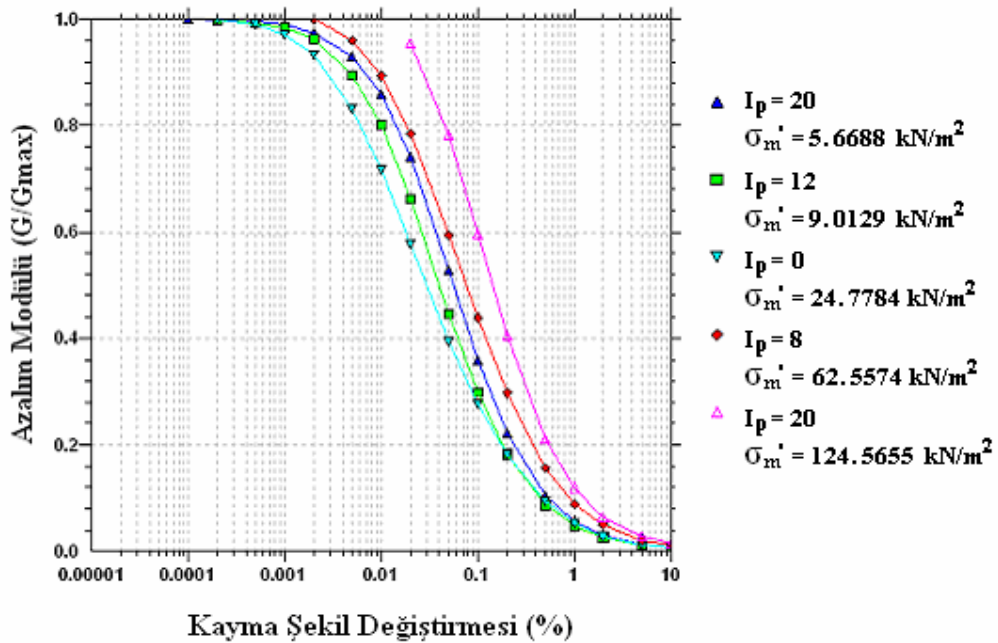


Şekil 5.6b. Eurocode8 tasarım spektrumları

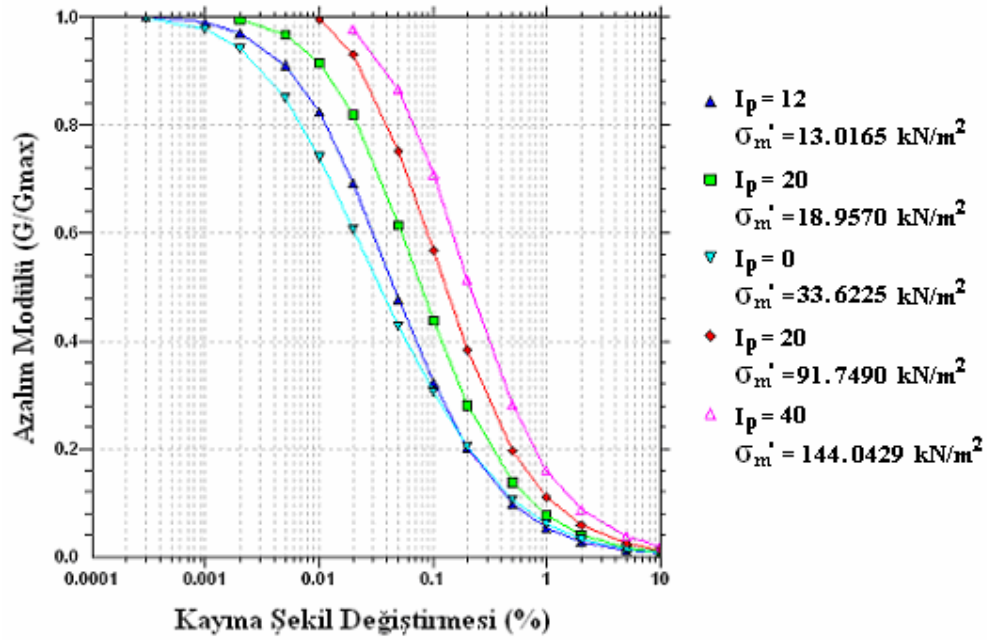
Yer hareketlerinin uygulanacağı zemin profillerine ait malzeme dinamik özelliklerini tanımlayan, azalım modülü ve sönüm eğrileridir. Kayma şekil değiştirme genliği ile değişen kayma modülündeki davranışı tanımlayan azalım modülü eğrileri Şekil 5.7a, b, c, d, e, kayma şekil değiştirme genliği ile değişen sönüm oranını tanımlayan sönüm eğrileri Şekil 5.8a, b, c, d, e 'de verilmektedir. Bu eğriler, Şekil 4.1'de verilen (Bkz. Bölüm 4) çevrimsel yükleme parametrelerinin çevrimsel birim şekil değiştirme ile değişimleri eğrilerinden kum ve kil eğrilerinin davranışına benzer davranış göstermektedir.



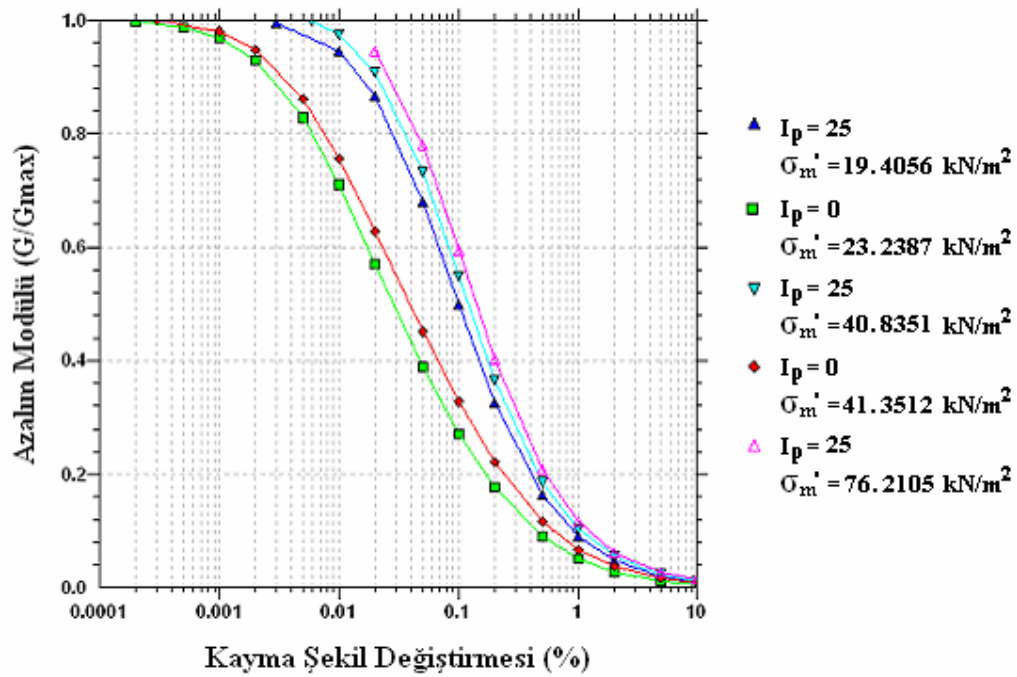
Şekil 5.7a. Teverler profiline ait malzemelerin azalın modülü eğrisi



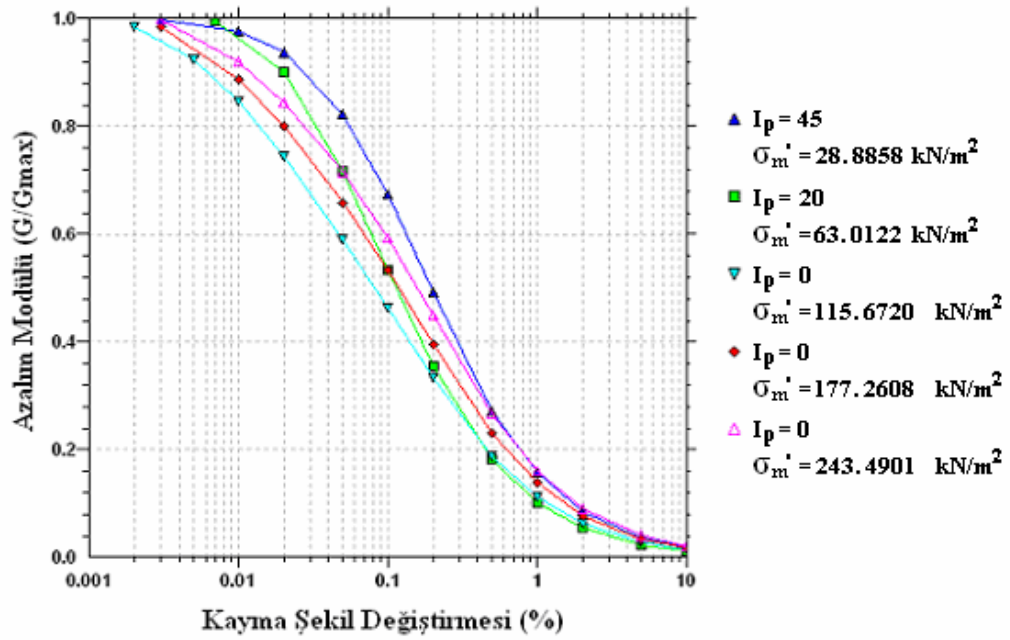
Şekil 5.7b. Atatürk Stadı profiline ait malzemelerin azalın modülü eğrisi



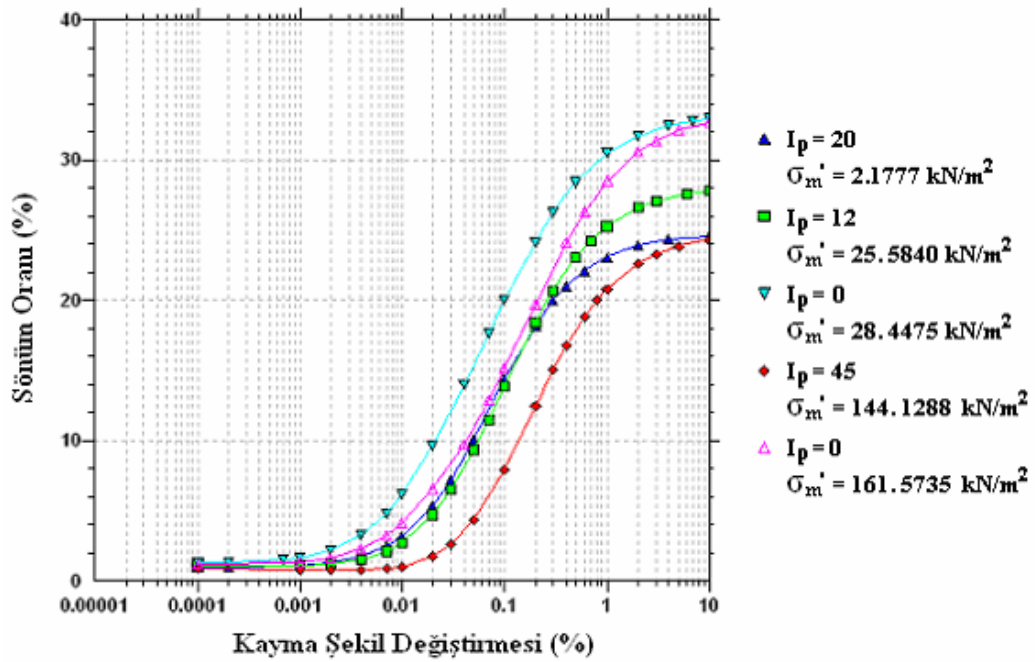
Şekil 5.7c. Kara Osman İlkokulu profiline ait malzemelerin azalın modülü eğrisi



Şekil 5.7d. Yeni Cami profiline ait malzemelerin azalın modülü eğrisi

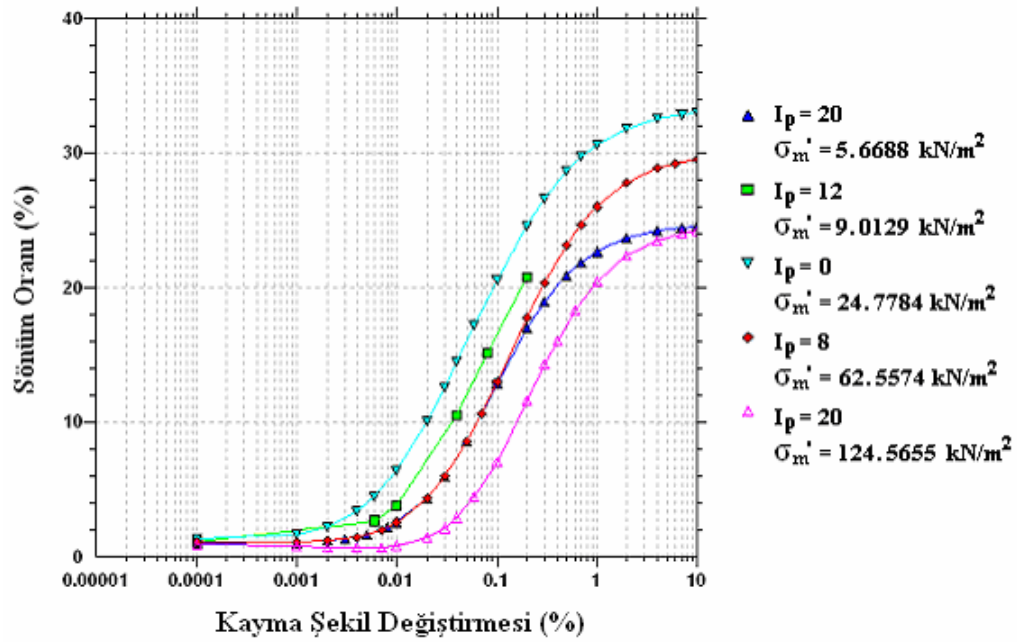


Şekil 5.7e. Meslek Yüksekokulu profiline ait malzemelerin azalın modülü eğrisi

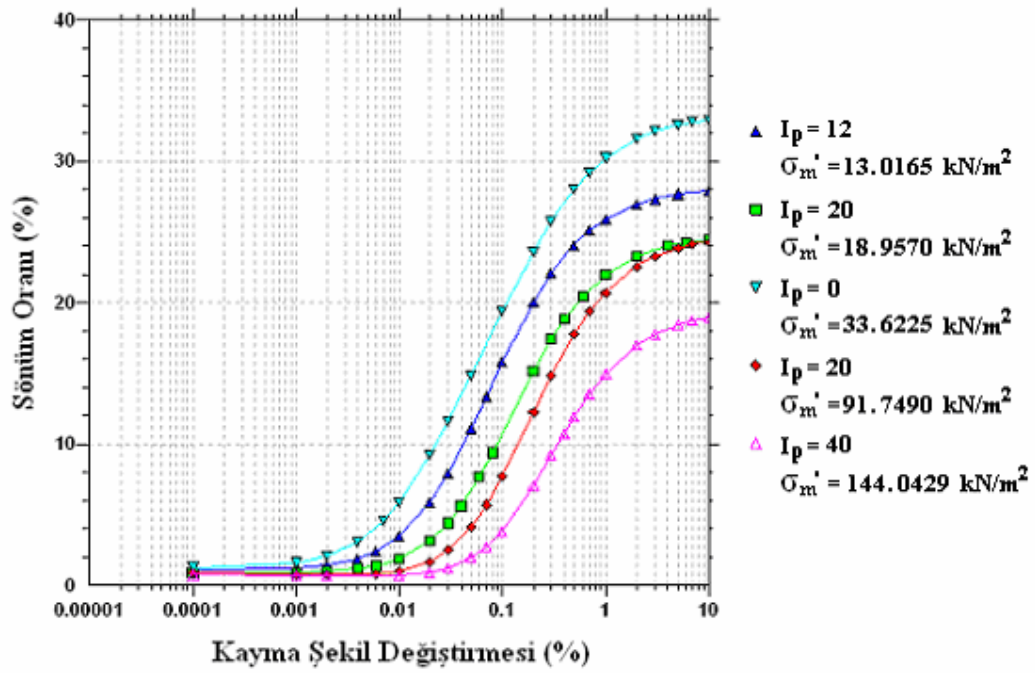


Şekil 5.8a. Teverler profili sönüm eğrisi

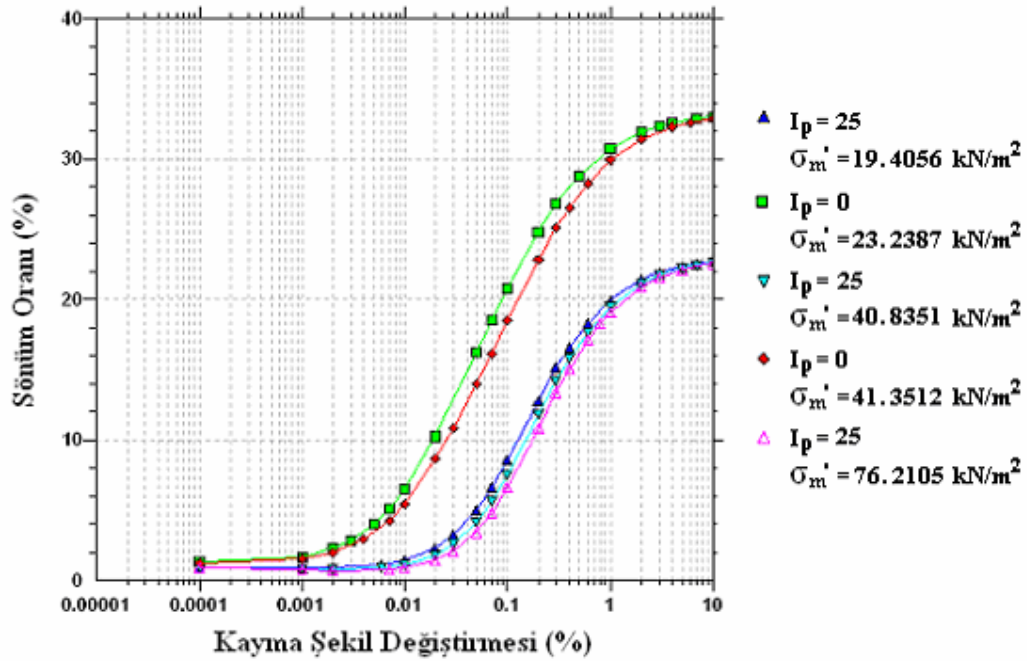




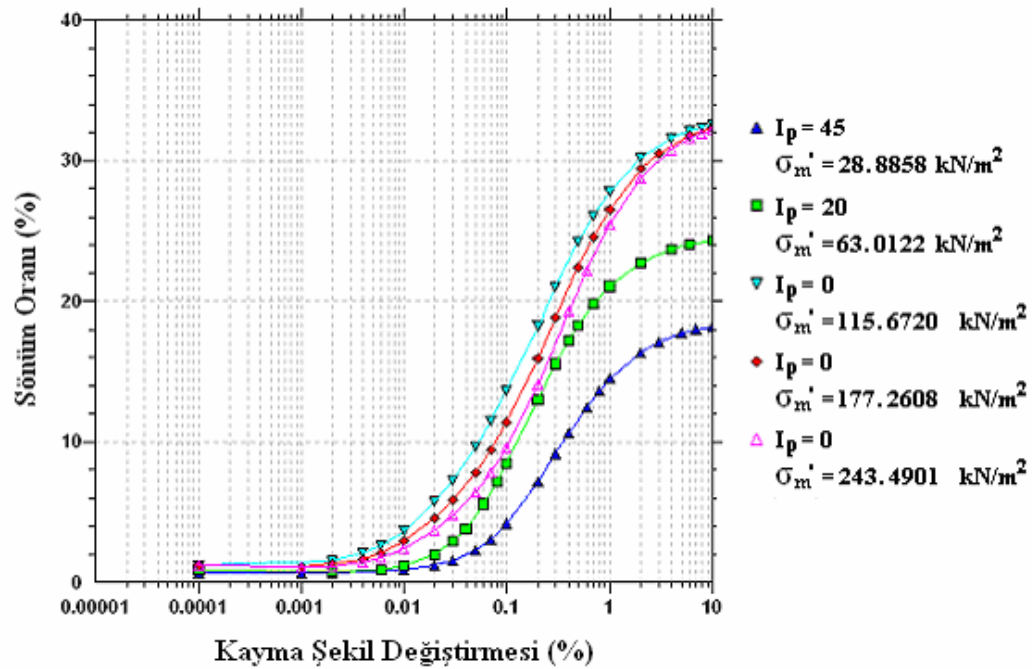
Şekil 5.8b. Atatürk Stadi profili sönüm eğrisi



Şekil 5.8c. Kara Osman İlkokulu profili sönüm eğrisi

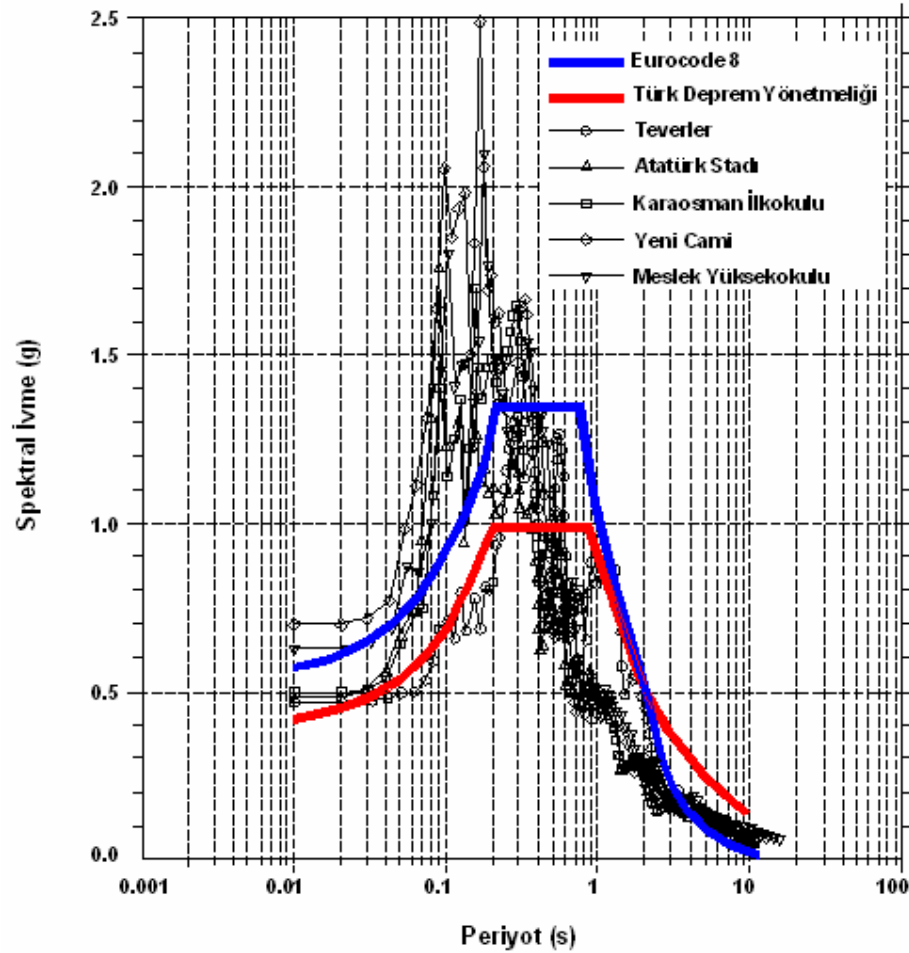


Şekil 5.8d. Yeni Cami profili sönüm eğrisi



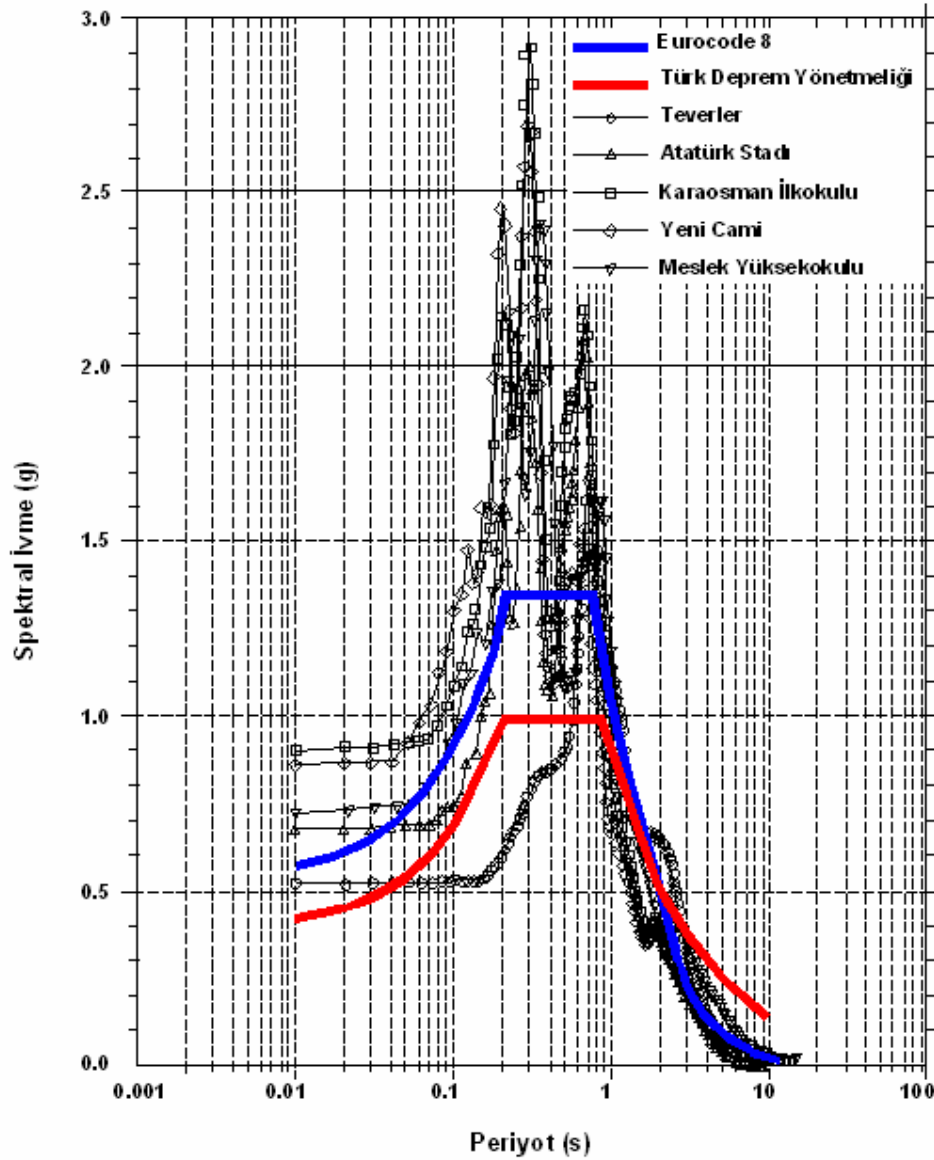
Şekil 5.8e. Meslek Yüksekokulu profili sönüm eğrisi

Gerçek deprem kayıtları etkisi altında yapılan bir boyutlu analizlerden elde edilen, % 5 sönüm değeri için profillerin davranışlarını temsil eden zemin yüzeylerine ait ivme spektrumları, Türk Deprem Yönetmeliği 2007 I.Derece deprem bölgesi Z4 grubu zemini ve Eurocode8 1.Tip D zemin sınıfına ait tasarım spektrumları ile birlikte, 17 Ağustos 1999 Marmara, 13 Mart 1992 Erzincan ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri etkisinde sırasıyla Şekil 5.9a, b, c'de verilmektedir.



Şekil 5.9a. 17 Ağustos 1999 Marmara depremi etkisinde profillerin yüzeylerine ait davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması

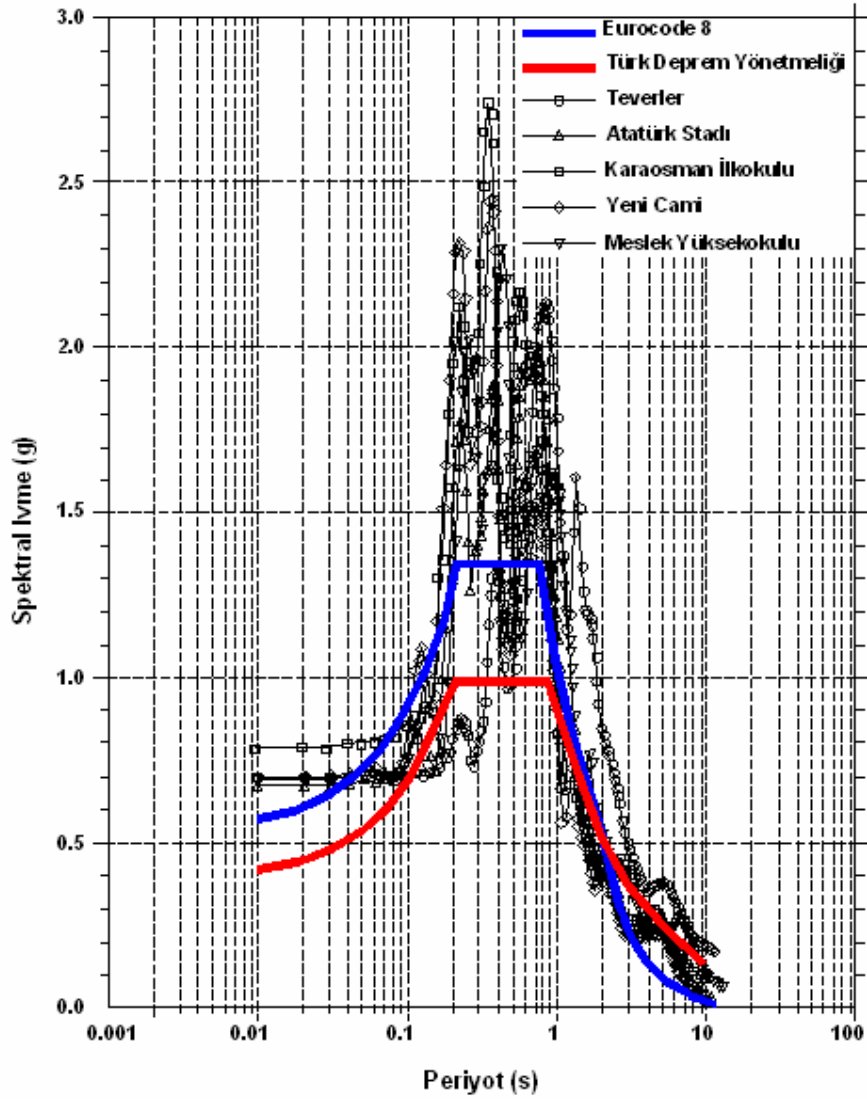
17 Ağustos 1999 Marmara depremi kuvvetli yer hareketinin etkisi altında, profillerin zemin yüzelerindeki davranış spektrumları ile tasarım spektrumlarının karşılaştırıldığı Şekil 5.9a'da, Teverler profili dışında tüm profillerin davranış spektrumlarının tasarım spektrumlarının özellikle 0.1 – 0.4 s periyotları arasında ötesine geçtiği görülmektedir. Sadece Teverler profili Eurocode8 tasarım spektrumunun sınırları içinde kalmaktadır.



Şekil 5.9b. Erzincan depremi etkisinde profillerin yüzelerine ait davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması

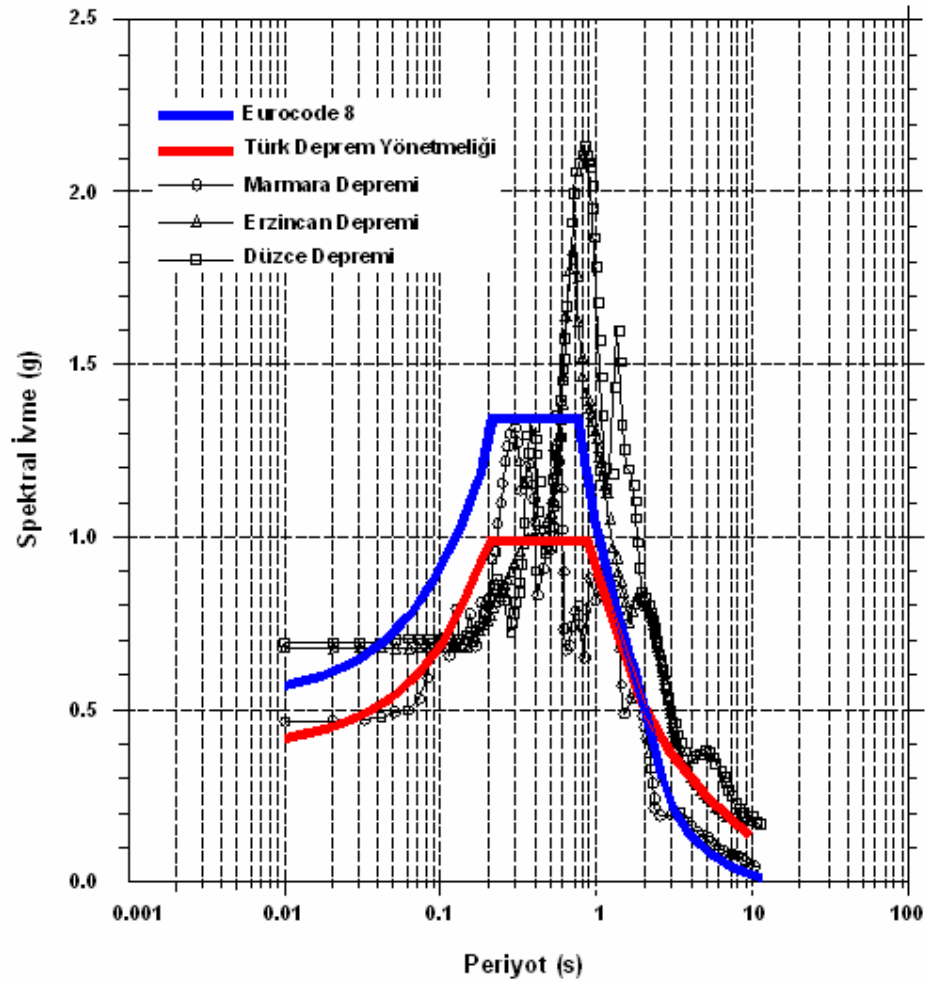
Erzincan depremi kuvvetli yer hareketinin etkisi altında, profillerin zemin yüzeylerindeki davranış spektrumları ile tasarım spektrumlarının karşılaştırıldığı Şekil 5.9b'de, tüm profillerin davranış spektrumlarının tasarım spektrumlarının ötesine geçtiği görülmektedir. Teverler profili, 0.4 – 2.0 s periyotları arasında Türk Deprem Yönetmeliği, 0.5 – 1.0 s periyotları arasında Eurocode8'in dışında kalmaktadır. Atatürk Stadı ve Kara Osman İlkokulu profilleri, 0.1 – 0.9 s periyotları arasında Türk Deprem Yönetmeliği, 0.2 – 0.8 s periyotları arasında Eurocode8'in dışında kalmaktadır. Yeni Cami ve Meslek Yüksekokulu profilleri, 0.1 – 0.8 s periyotları arasında Türk Deprem Yönetmeliği, 0.1 – 0.4 s arasında Eurocode8'in dışında kalmaktadır.

Düzce depremi kuvvetli yer hareketinin etkisi altında, profillerin zemin yüzeylerindeki davranış spektrumları ile tasarım spektrumlarının karşılaştırıldığı Şekil 5.9c'de, tüm profillerin davranış spektrumlarının tasarım spektrumlarının ötesine geçtiği görülmektedir. Teverler profili, 0.3 – 3.0 s periyotları arasında Türk Deprem Yönetmeliği, 0.4 – 7.0 s periyotları arasında Eurocode8'in dışında kalmaktadır. Atatürk Stadı ve Kara Osman İlkokulu profilleri, 0.2 – 1.0 s periyotları arasında Türk Deprem Yönetmeliği ve Eurocode8'in dışında kalmaktadır. Yeni Cami ve Meslek Yüksekokulu profilleri, 0.1 – 0.9 s periyotları arasında Türk Deprem Yönetmeliği, 0.2 – 0.9 s arasında Eurocode8'in dışında kalmaktadır.



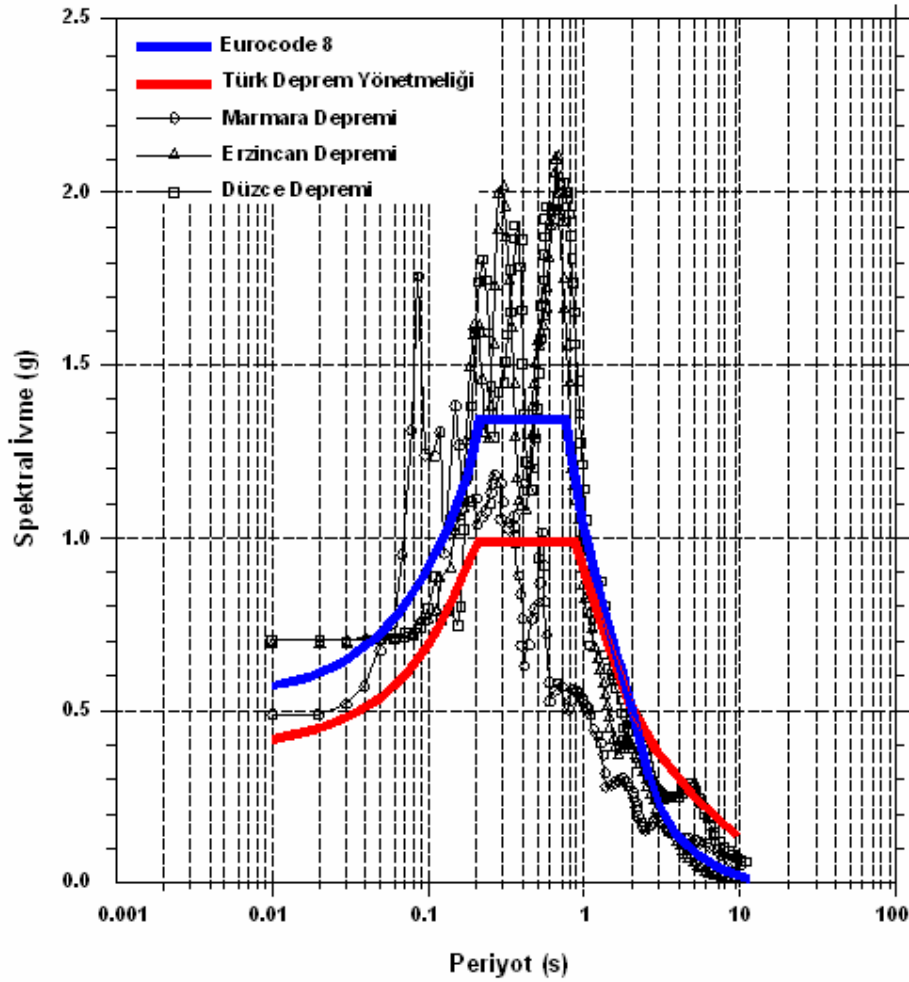
Şekil 5.9c. Düzce depremi etkisinde profillerin yüzeylerine ait davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması

Şekil 5.10a, b, c, d, e profillerin üç ayrı deprem hareketi etkisindeki davranış spektrumlarını ve bunlarla da tasarım spektrumlarını karşılaştırmaktadır. Bu grafikler, aynı zeminde farklı yer hareketlerine gösterilen tepkinin farklı olmasının, zeminin deprem davranışı üzerinde yer hareketi karakteristiğinin de etkili olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 5.10a. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Teverler profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması

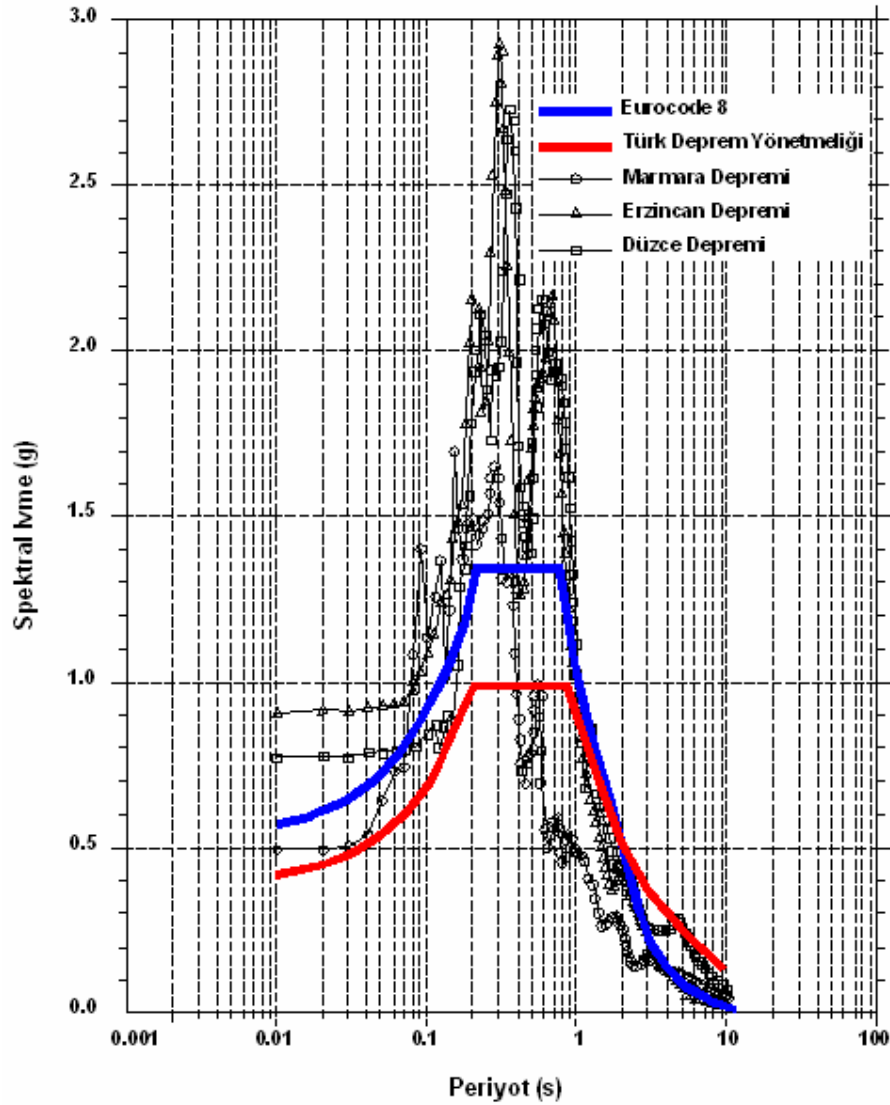
Teverler profiline ait Şekil 5.10a'da, 17 Ağustos 1999 Marmara depremi etkisindeki davranış spektrumu Türk Deprem Yönetmeliğinin dışına çıkarken Eurocode8'in sınırları içinde kalmaktadır. Ancak Erzincan ve Düzce depremlerinin etkisinde davranış spektrumları ele alındığında özellikle Düzce depremine ait spektrumun diğerlerine göre tasarım spektrumlarının çok ötesine geçtiği görülmektedir.



Şekil 5.10b. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Atatürk Stadı profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması

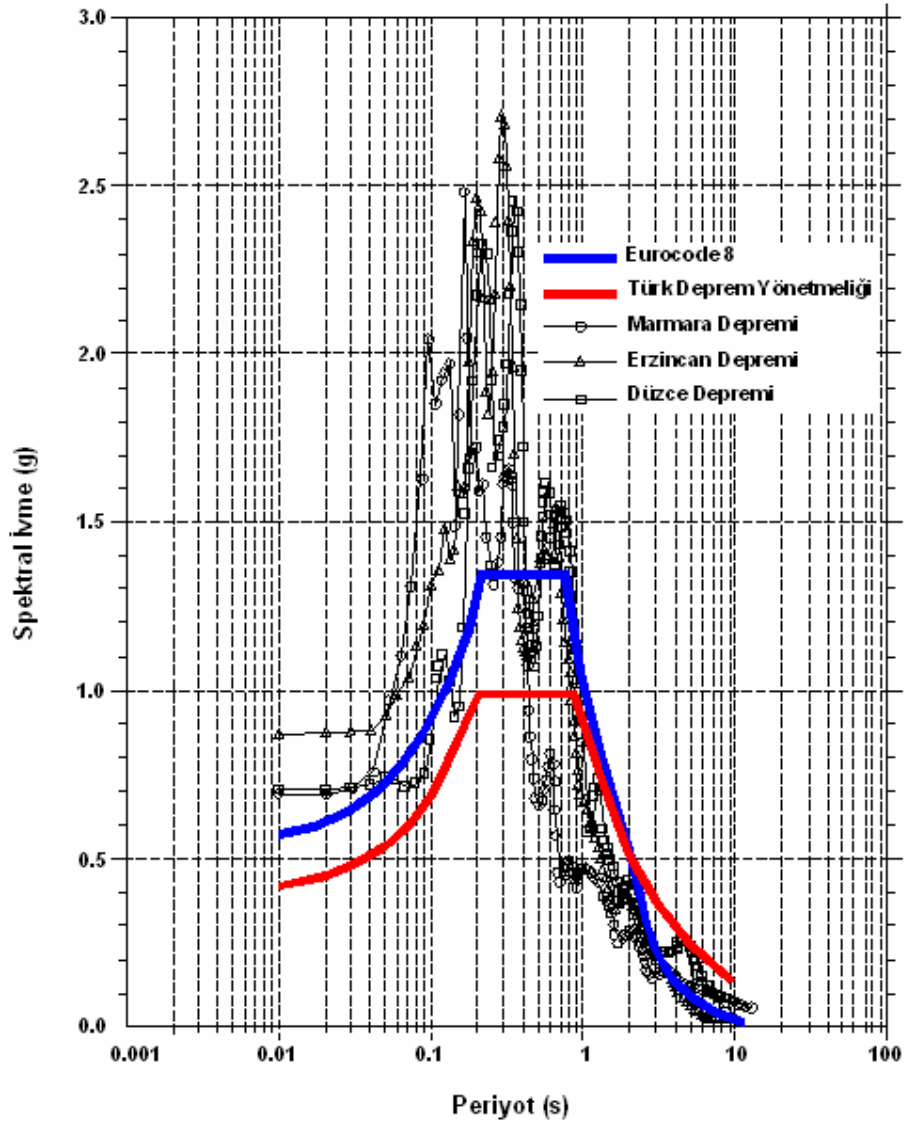
Atatürk Stadı profiline ait Şekil 5.10b’de, Erzincan ve Düzce depremlerinin etkisinde benzerlik gösteren davranış spektrumları, 17 Ağustos 1999 Marmara depremi etkisindeki davranış spektrumuna göre daha geniş periyotta ve daha büyük spektral ivme değerleri ile tasarım spektrumlarının dışında kalmaktadır.





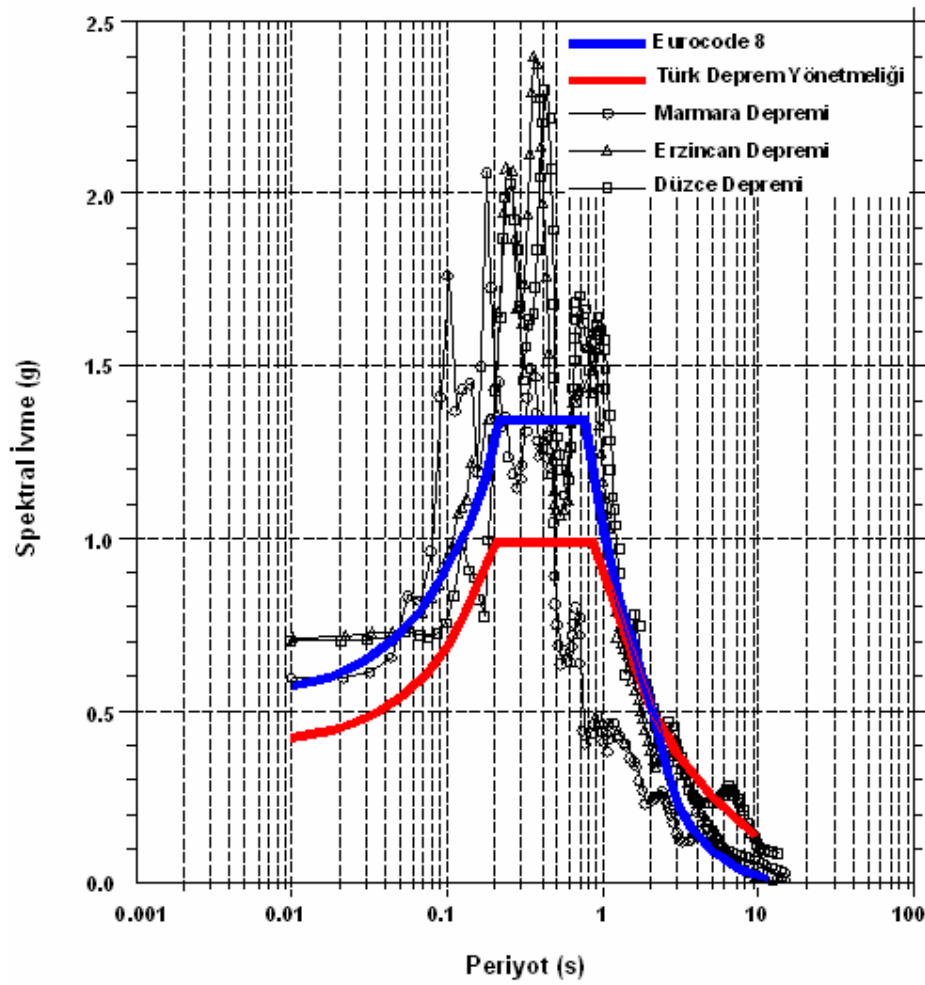
Şekil 5.10c. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Kara Osman İlkokulu profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması

Kara Osman İlkokulu profiline ait Şekil 5.10c’de, Erzincan ve Düzce depremlerinin etkisindeki davranış spektrumları, 17 Ağustos 1999 Marmara depremi etkisindeki davranış spektrumuna göre daha geniş periyotta ve daha büyük spektral ivme değerleri ile tasarım spektrumlarının dışında kalmaktadır.



Şekil 5.10d. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Yeni Cami profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması

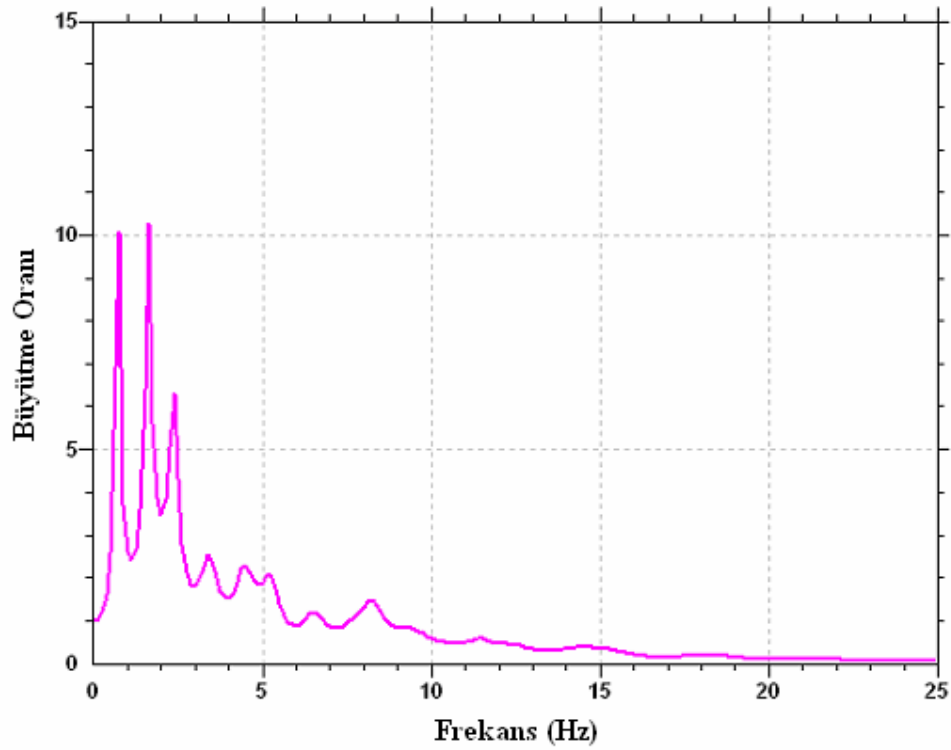
Yeni Cami profiline ait Şekil 5.10d'de, 17 Ağustos 1999 Marmara, Erzincan ve Düzce, depremlerinin etkisindeki davranış spektrumları benzer biçimlerde tasarım spektrumlarının sınırları dışında kalmaktadır..



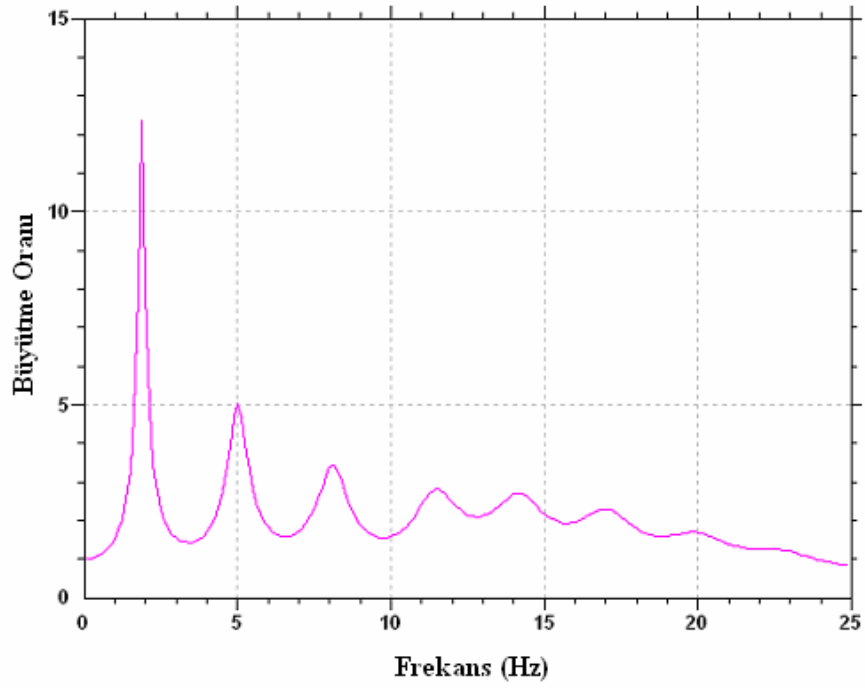
Şekil 5.10e. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının etkisi altında Meslek Yüksekokulu profiline ait zemin yüzeyindeki davranış spektrumlarının tasarım spektrumları ile karşılaştırılması

Meslek Yüksekokulu profiline ait Şekil 5.10e’de, üç farklı yer hareketinin etkisindeki davranış spektrumları arasında Düzce depremine ait spektrumun diğerlerine göre tasarım spektrumlarının sınırlarını daha çok geçtiği görülmektedir.

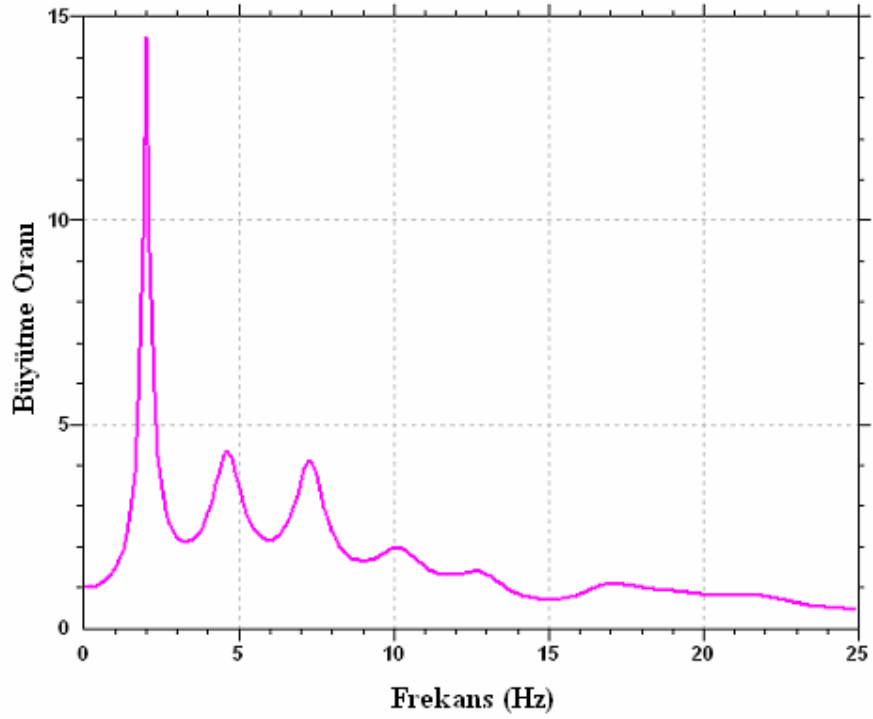
Yer hareketinin uygulandığı tabaka ile zemin yüzeyi arasında frekansa bağlı değişimini gösteren transfer fonksiyonları, büyütme oranlarını vermektedir. Şekil 5.11, Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'te verilen transfer fonksiyonlarında, zemin formasyonunun alüvyon özelliği taşımasından meydana gelen, küçük frekanslarda yani büyük periyotlarda daha büyük zemin büyütmesi olduğu görülmektedir. Aynı zamanda ana kaya derinliğinin belli olmamasından kaynaklanan büyütme oranının yüksek değerlerde olması elde edilen transfer fonksiyonlarında gözlenen bir durumdur.



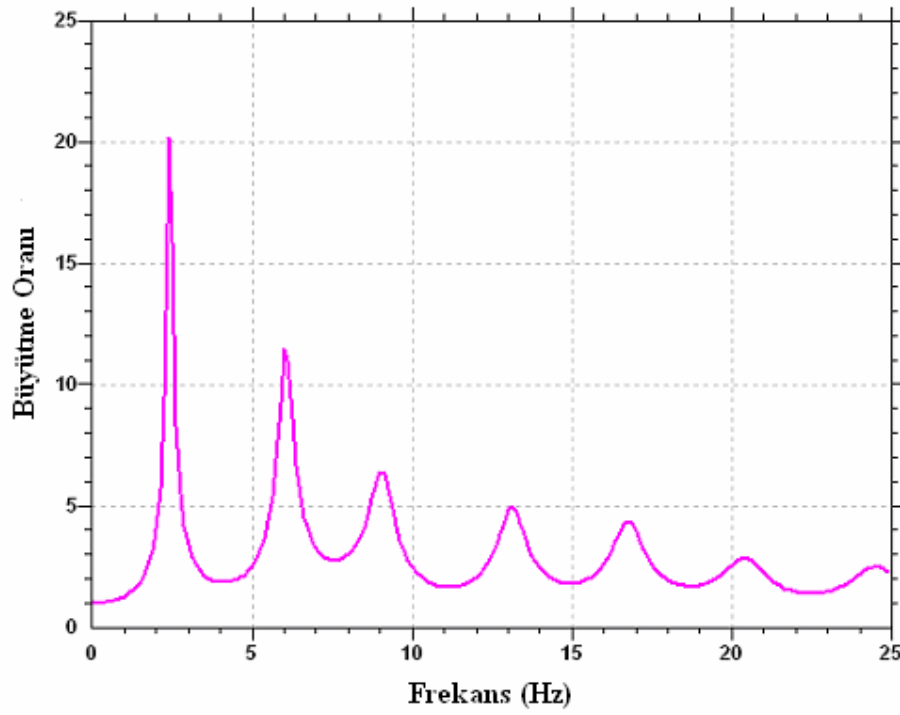
Şekil 5.11a. Teverler profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyütme oranı



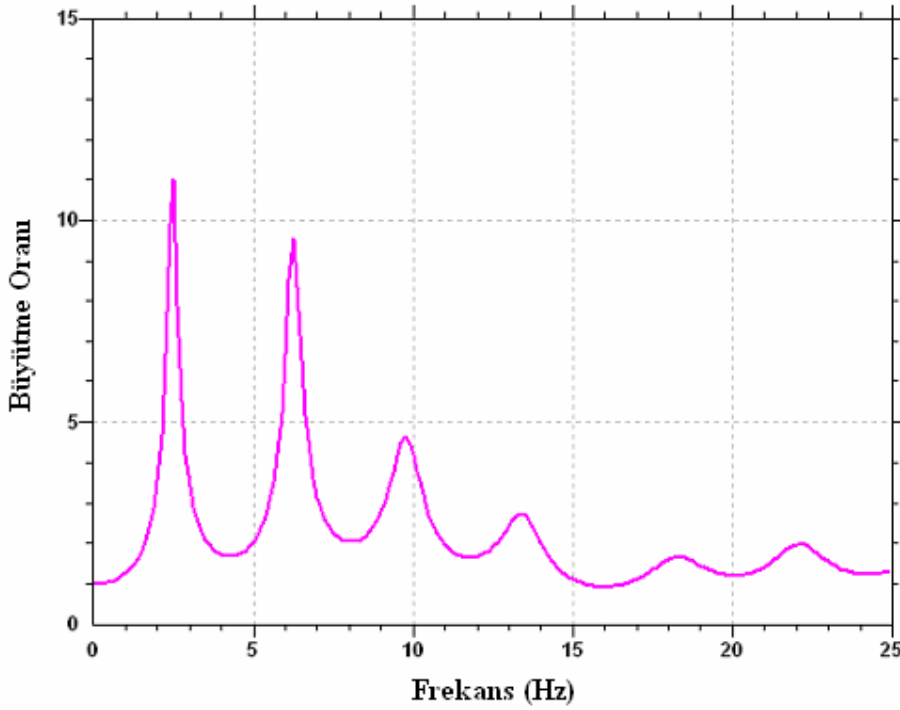
Şekil 5.11b. Atatürk Stadi profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyüme oranı



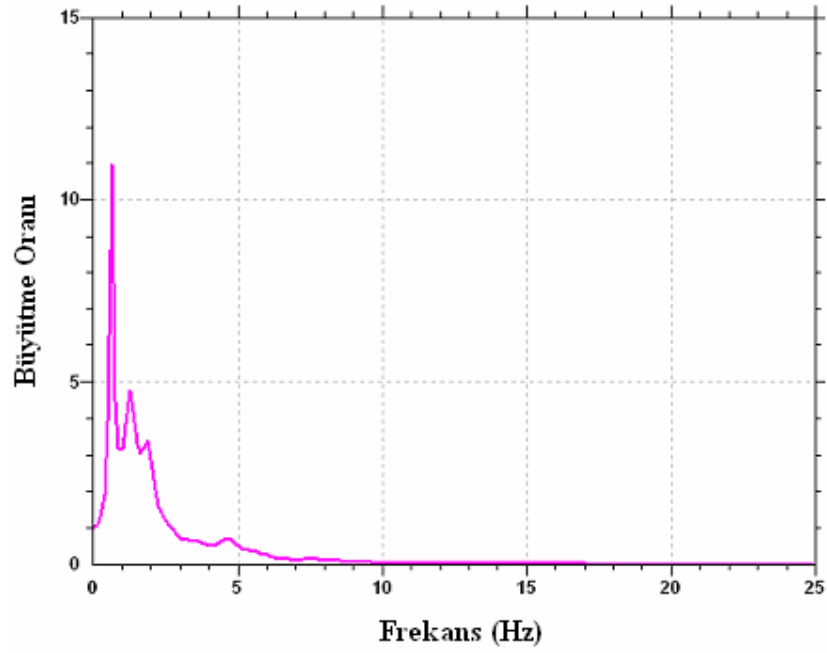
Şekil 5.11c. Kara Osman İlkokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyüme oranı



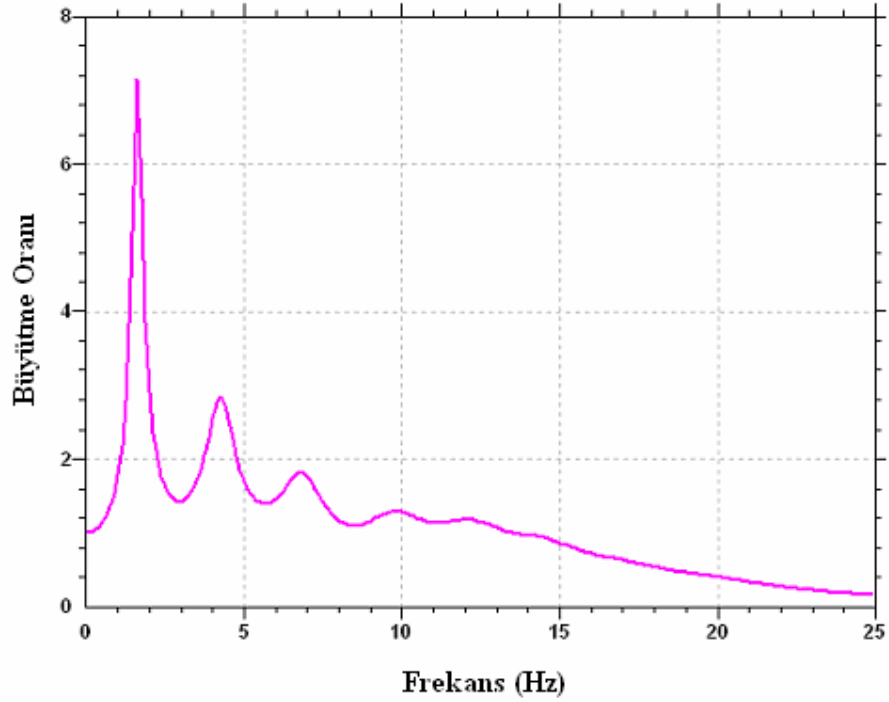
Şekil 5.11d. Yeni Cami profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyüme oranı



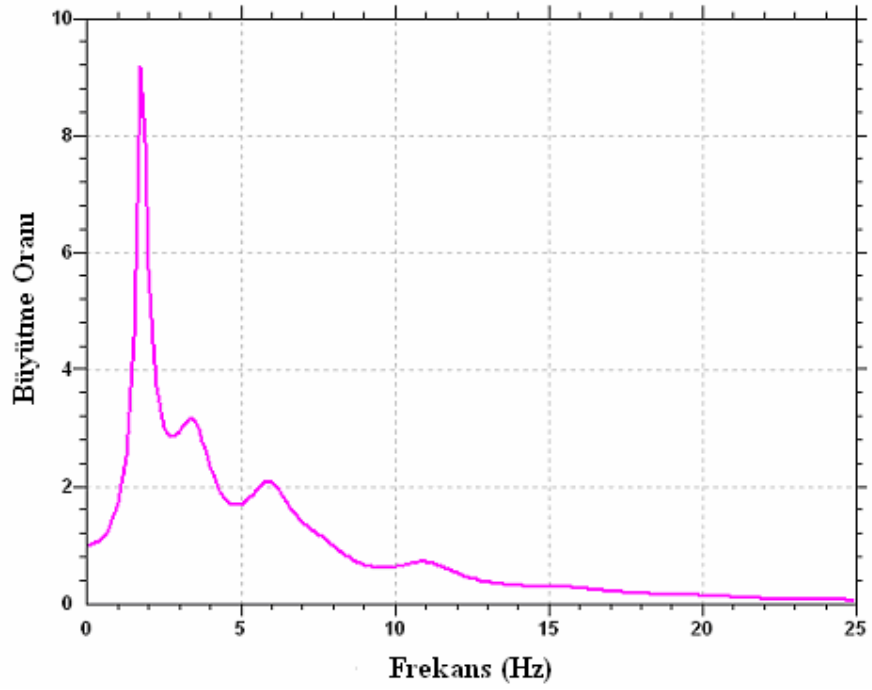
Şekil 5.11e. Meslek Yüksekokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait büyüme oranı



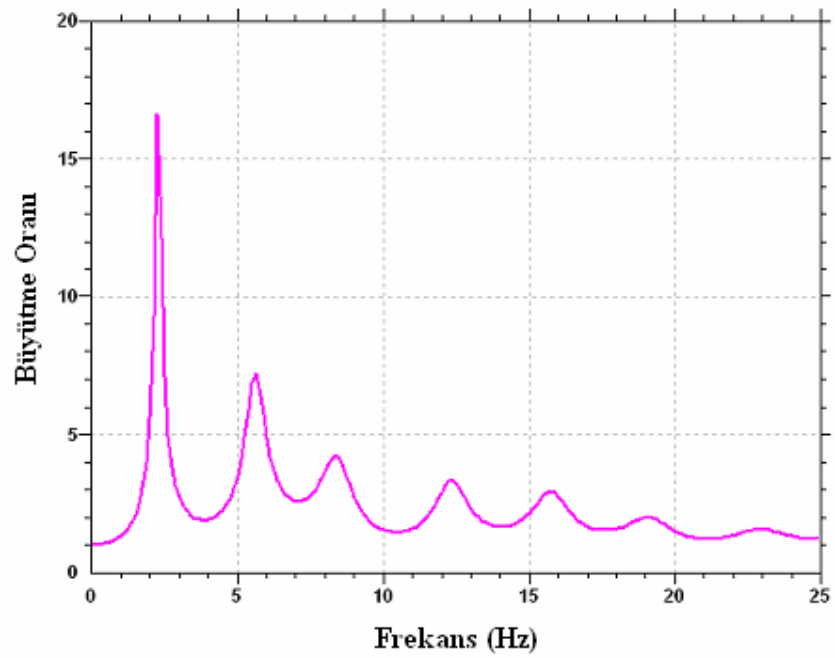
Şekil 5.12a. Teverler profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyüme oranı



Şekil 5.12b. Atatürk Stadı profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyüme oranı

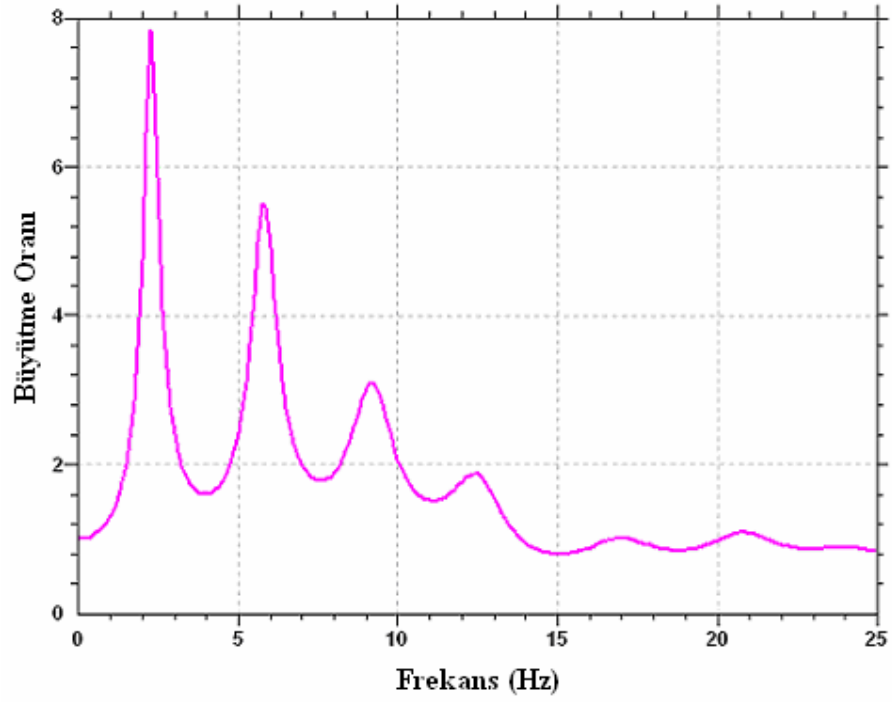


Şekil 5.12c. Kara Osman İlkokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyütme oranı

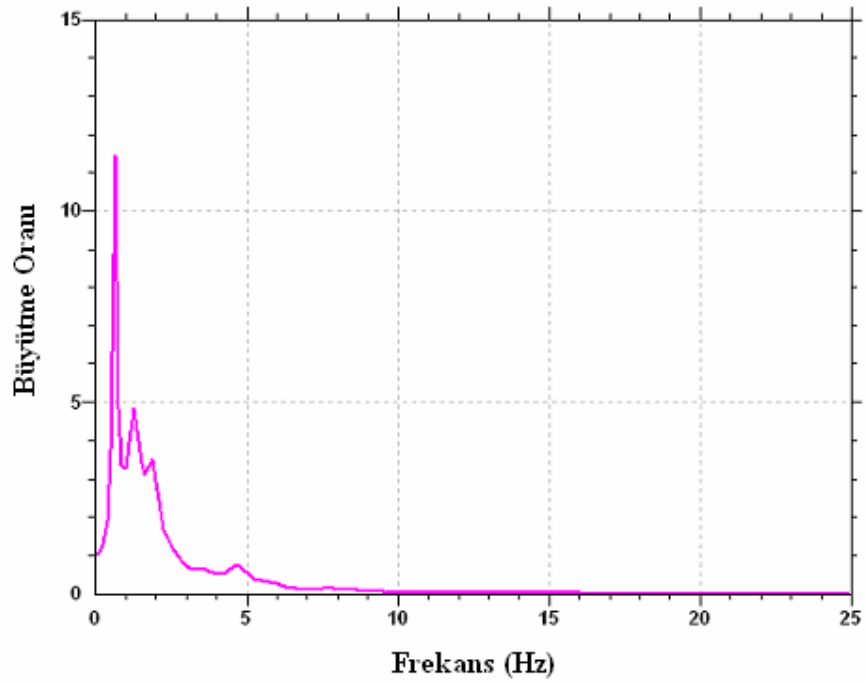


Şekil 5.12d. Yeni Cami profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyütme oranı

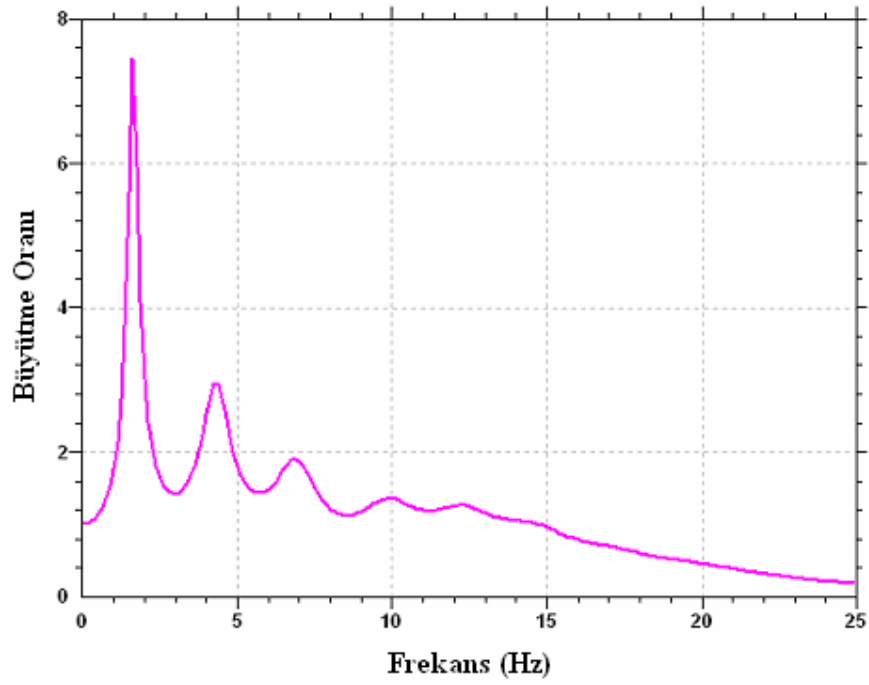




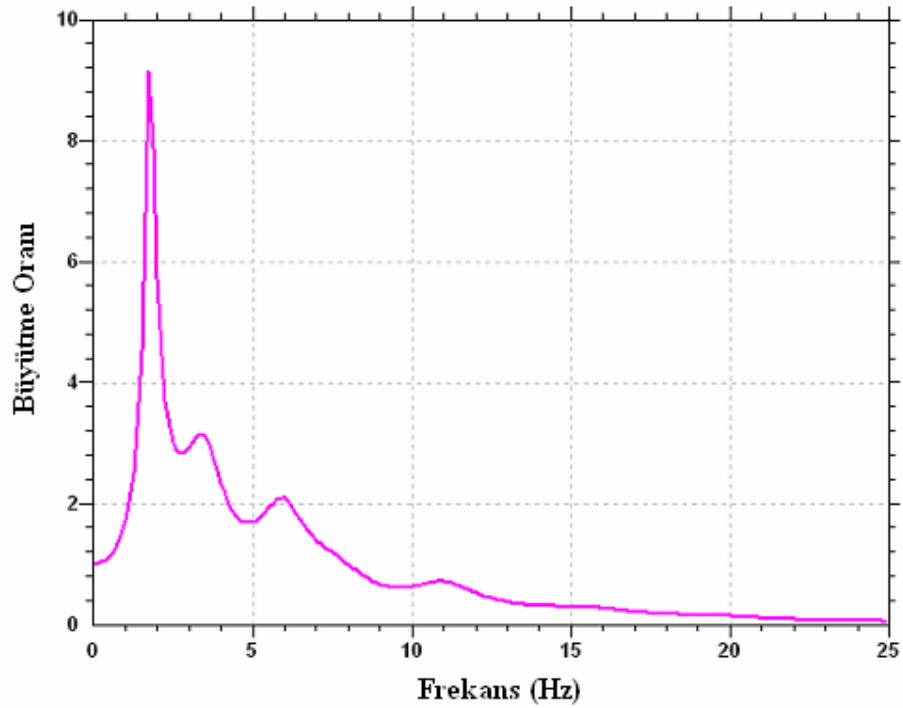
Şekil 5.12e. Meslek Yüksekokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait büyütme oranı



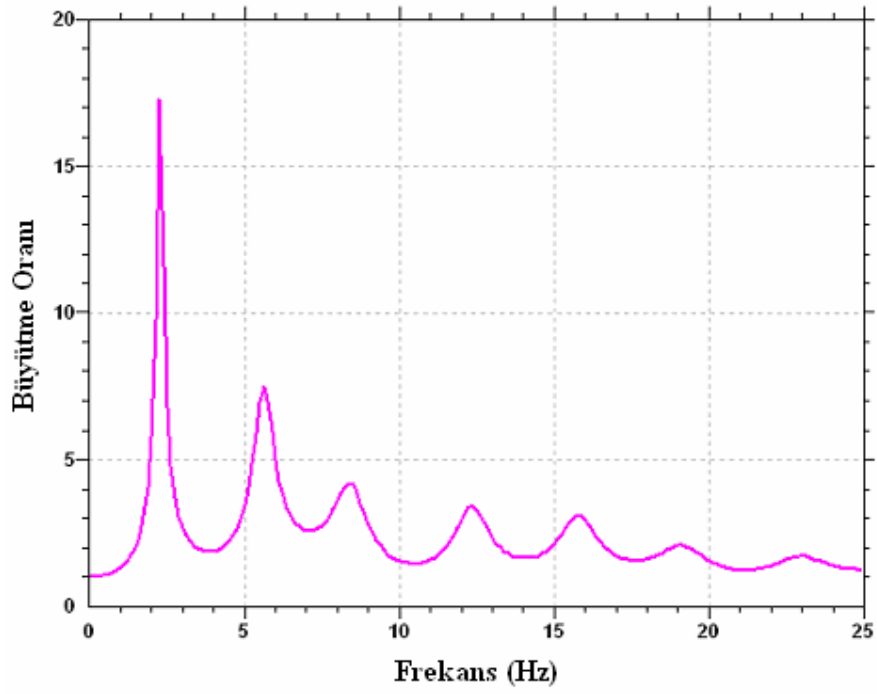
Şekil 5.13a. Teverler profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı



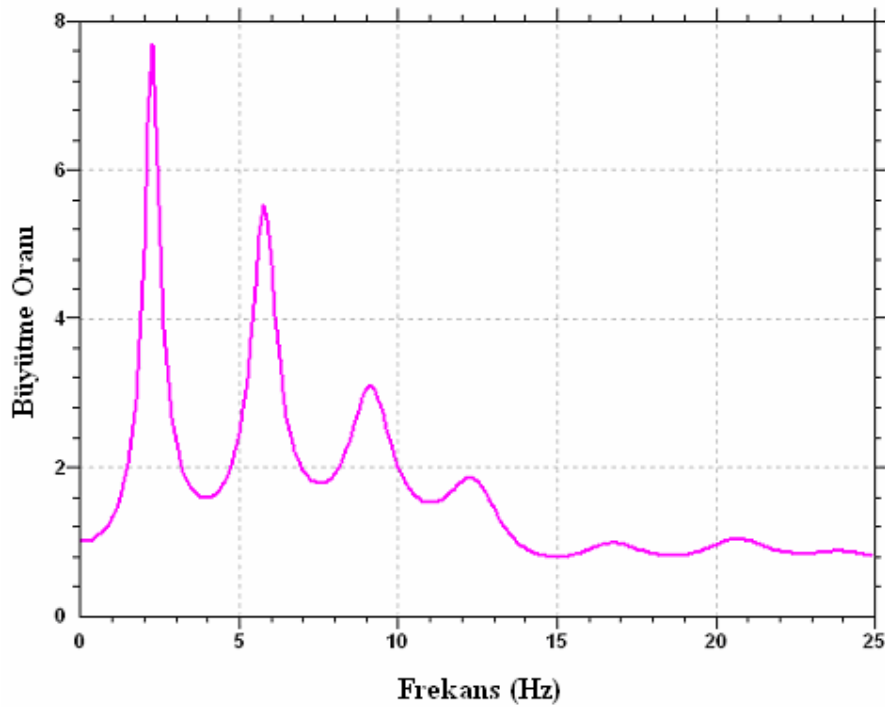
Şekil 5.13b. Atatürk Stadı profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı



Şekil 5.13c. Kara Osman İlkokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı



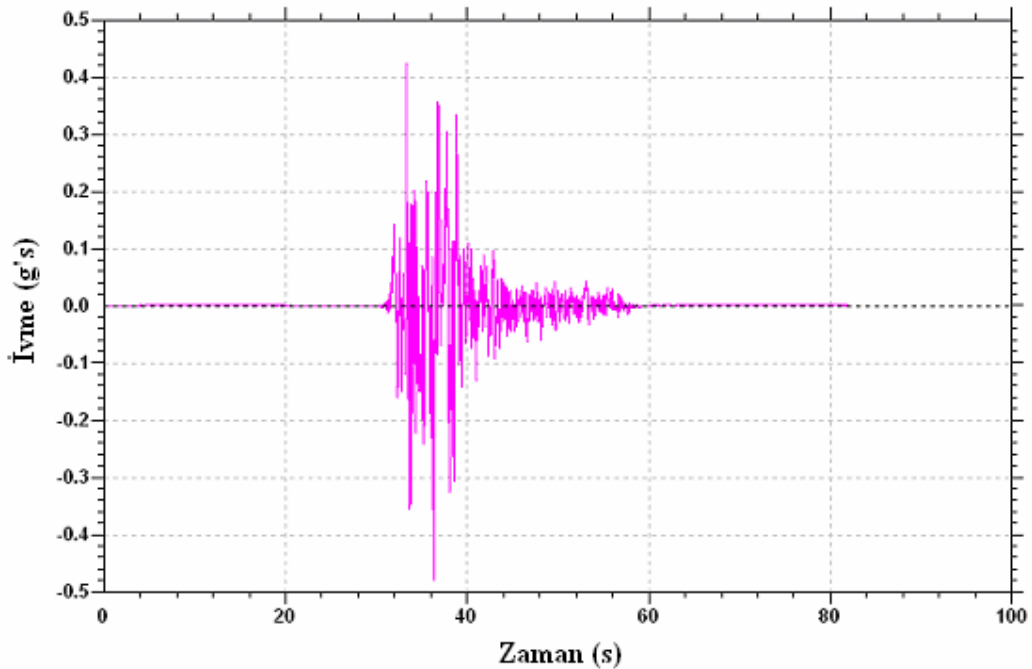
Şekil 5.13d. Yeni Cami profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı



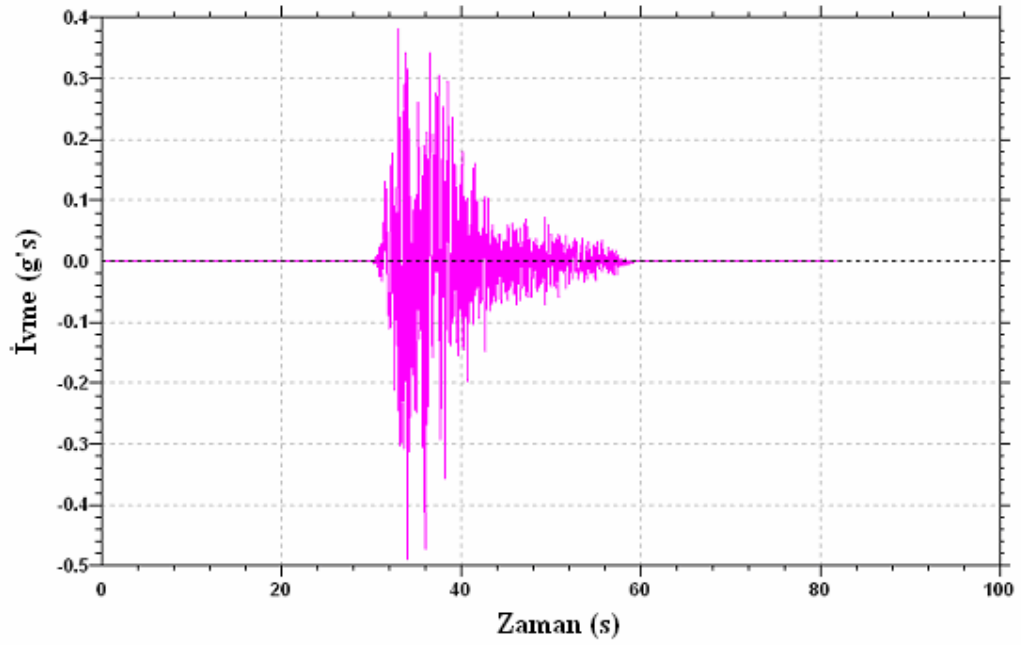
Şekil 5.13e. Meslek Yüksekokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait büyütme oranı

Frekansa bağlı büyütme oranlarının detaylı karşılaştırmaları için Tablo 5.11'e bakınız.

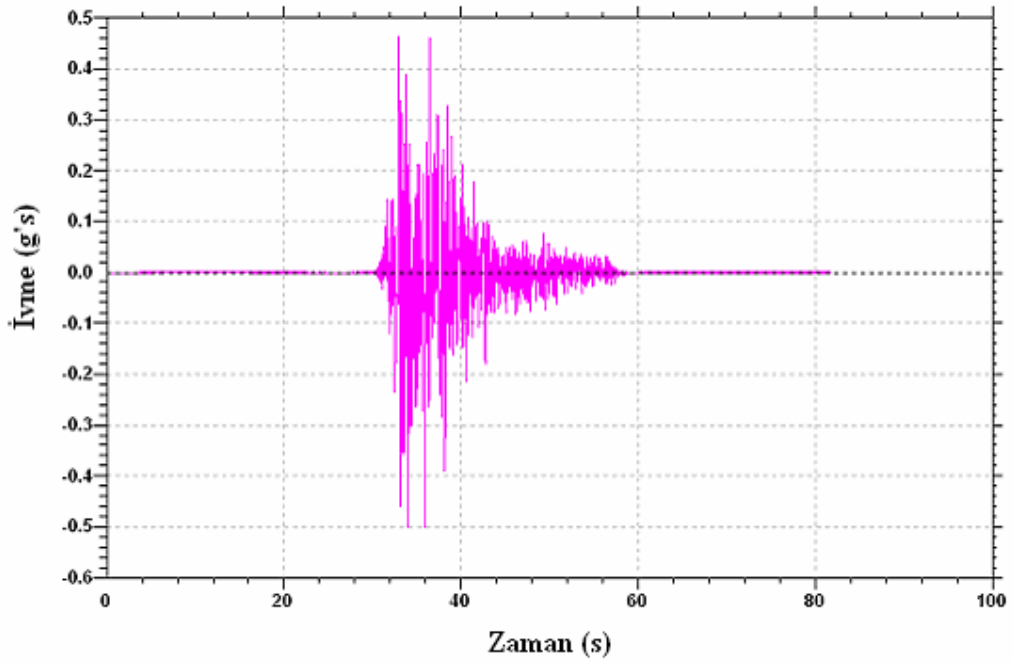
Zemin profillerinin en alt tabakasına etki ettirilen kuvvetli yer hareketlerinin zemin yüzeyinde değişime uğradığı görülen parametrelerinden biri zamana bağlı ivme değerleridir. Zamana bağlı ivme grafiklerinde ulaşılan en büyük değer, kuvvetli yer hareketinin pik ivme değerini temsil etmektedir. Pik yer ivmesi değerleri 0.376g, 0.496g ve 0.535g olan sırasıyla 17 Ağustos 1999 Marmara, 13 Mart Erzincan ve 12 Kasım Düzce depremlerine ait kuvvetli yer hareketi kayıtları etkisindeki zemin profillerinin, yüzeylerindeki pik yer ivmesi değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu değerler, 17 Ağustos 1999 Marmara deprem kaydı için Yeni Cami zemin profilinde 0.691g, 13 Mart Erzincan deprem kaydı için Kara Osman İlkokulu profilinde 0.907g ve 12 Kasım düzce deprem Kaydı için Kara Osman İlkokulu profilinde 0.772g ile en büyük pik yer ivmesi değerlerine ulaşmaktadır (Şekil 5.14, Şekil 5.15 ve Şekil 5.16).



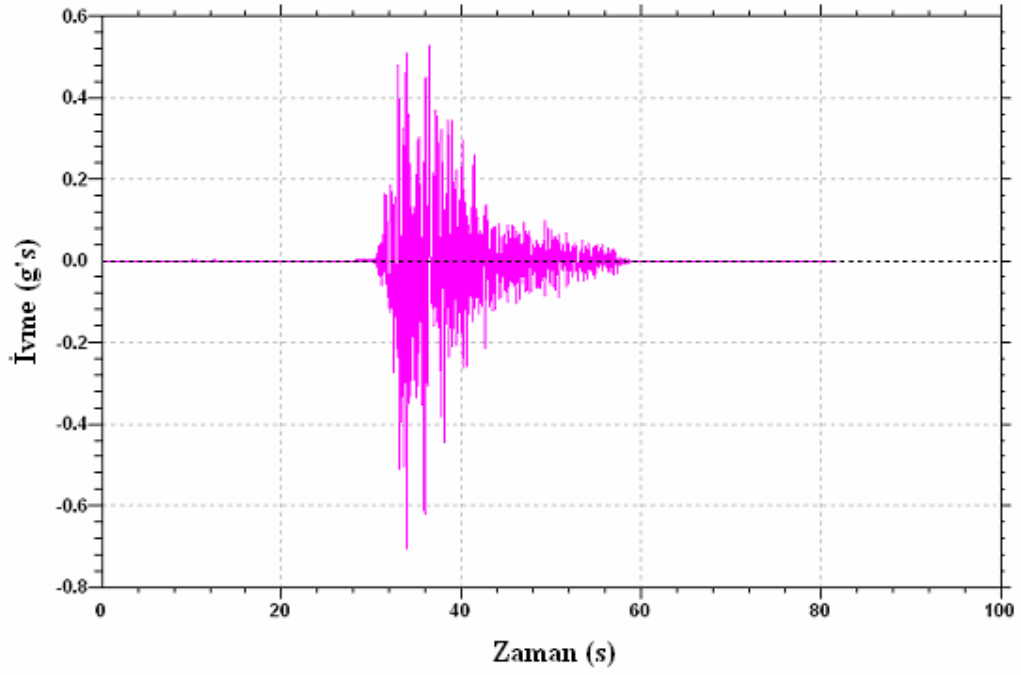
Şekil 5.14a. Teverler profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



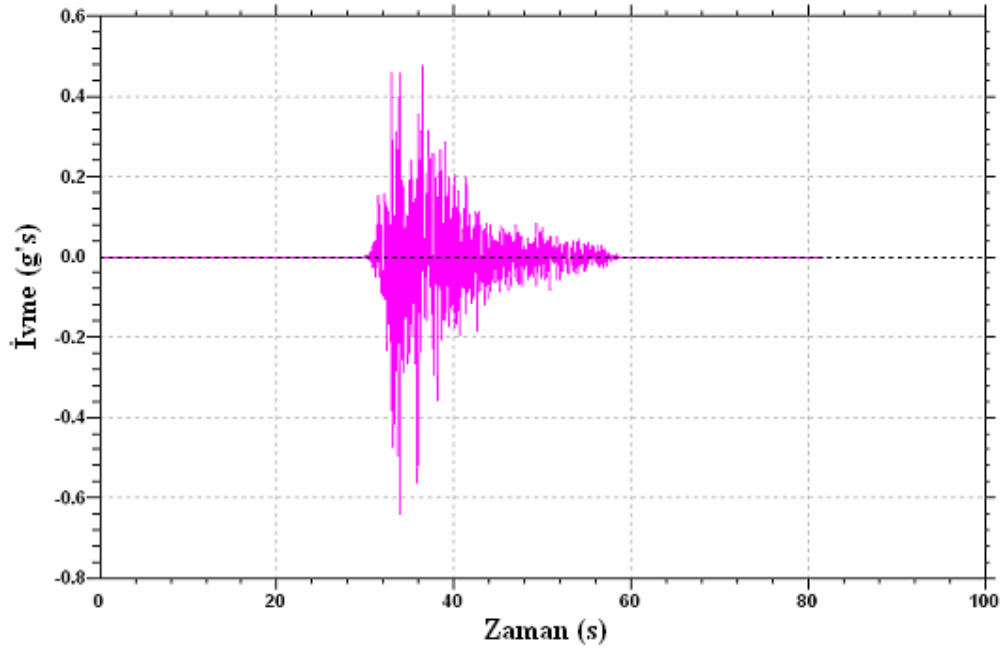
Şekil 5.14b. Atatürk Stadı profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



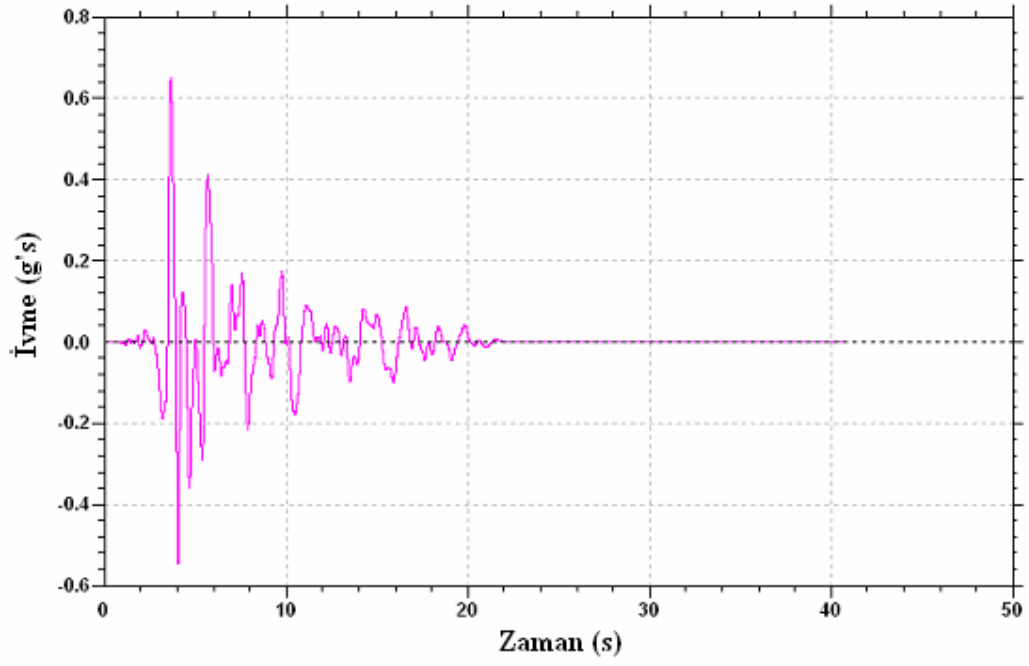
Şekil 5.14c. Kara Osman İlkokulu profilinde 17 Ağustos deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



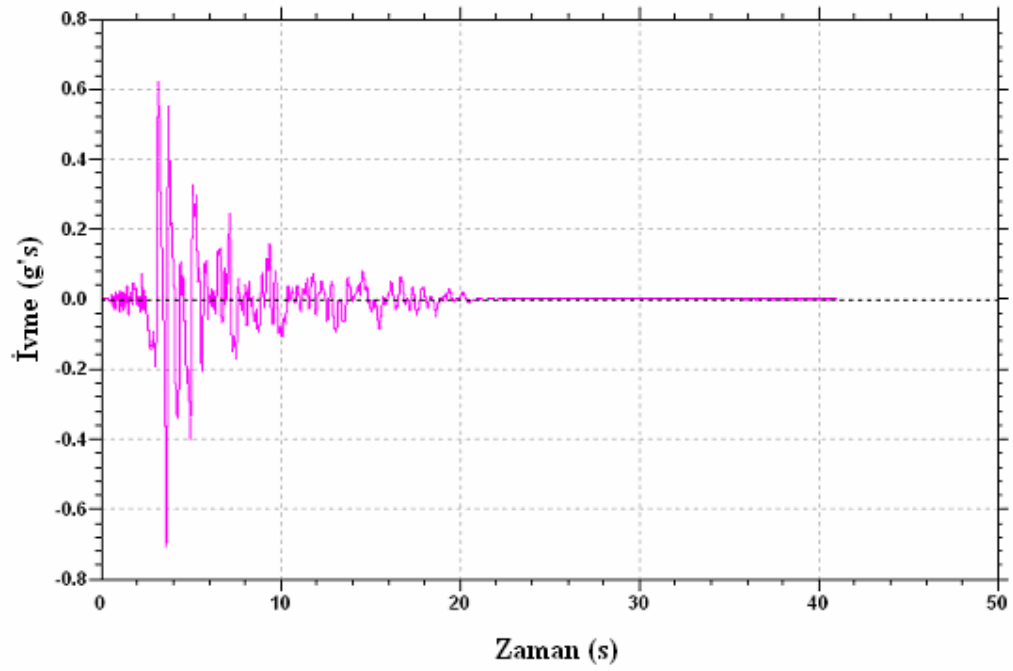
Şekil 5.14d. Yeni Cami profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



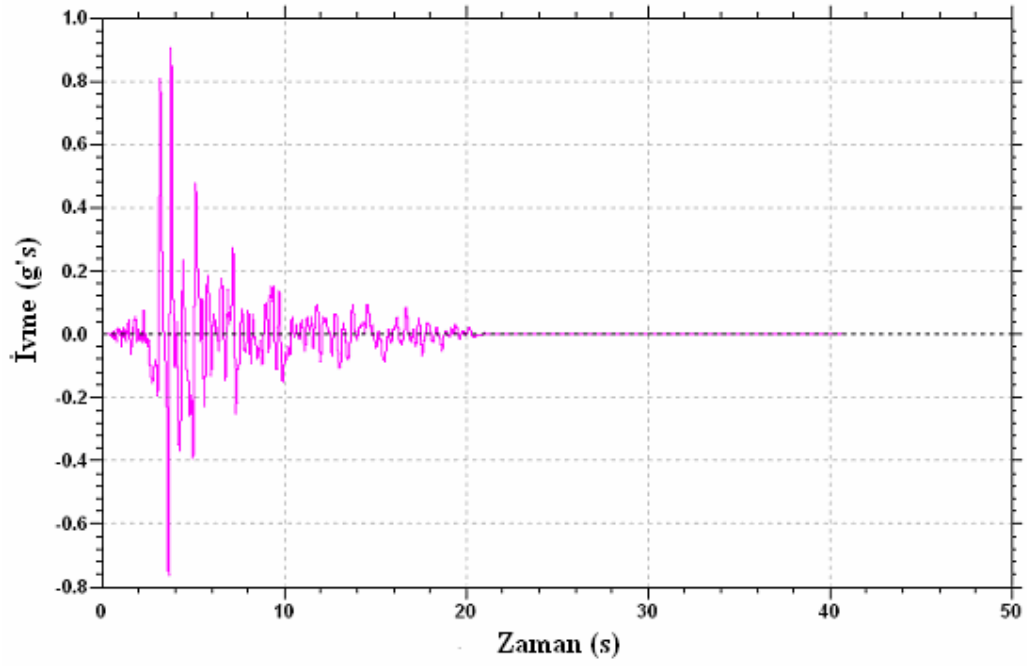
Şekil 5.14e. Meslek Yüksekokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



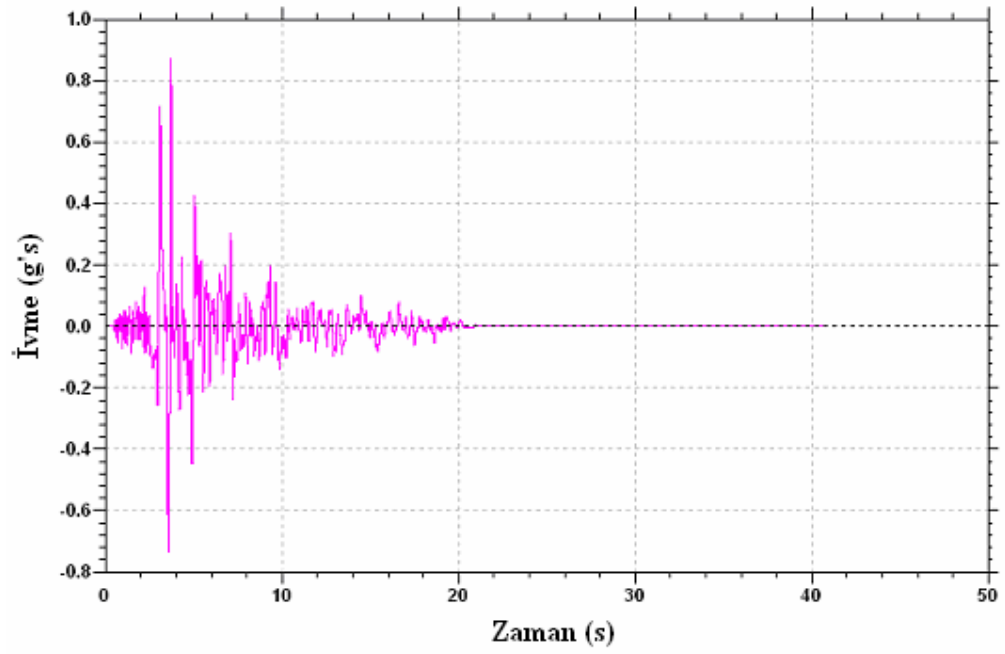
Şekil 5.15a. Teverler profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



Şekil 5.15b. Atatürk Stadı profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği

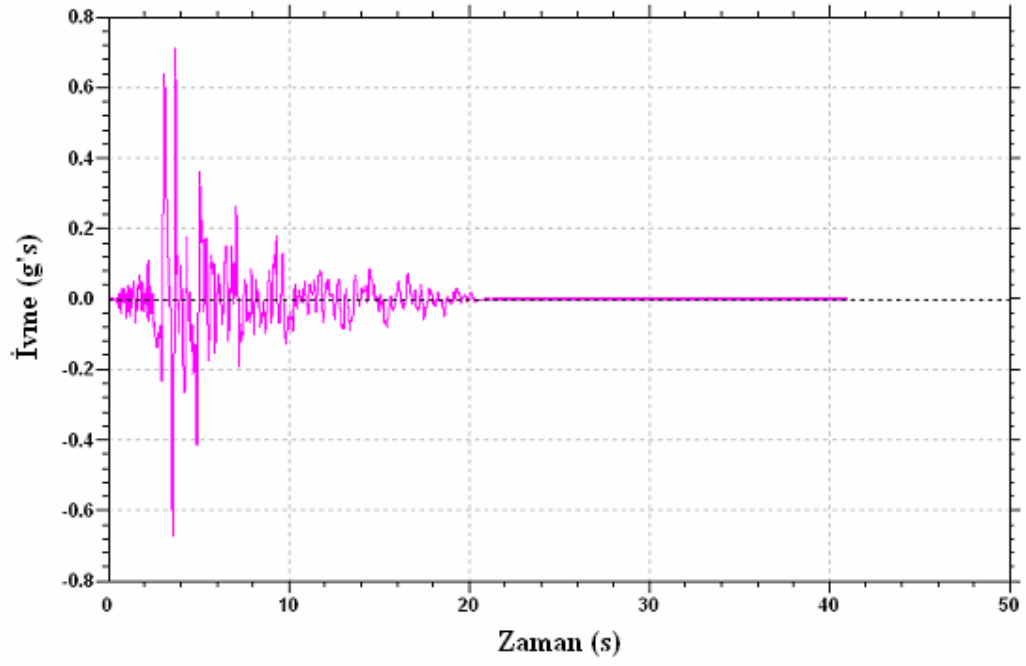


Şekil 5.15c Kara Osman İlkokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği

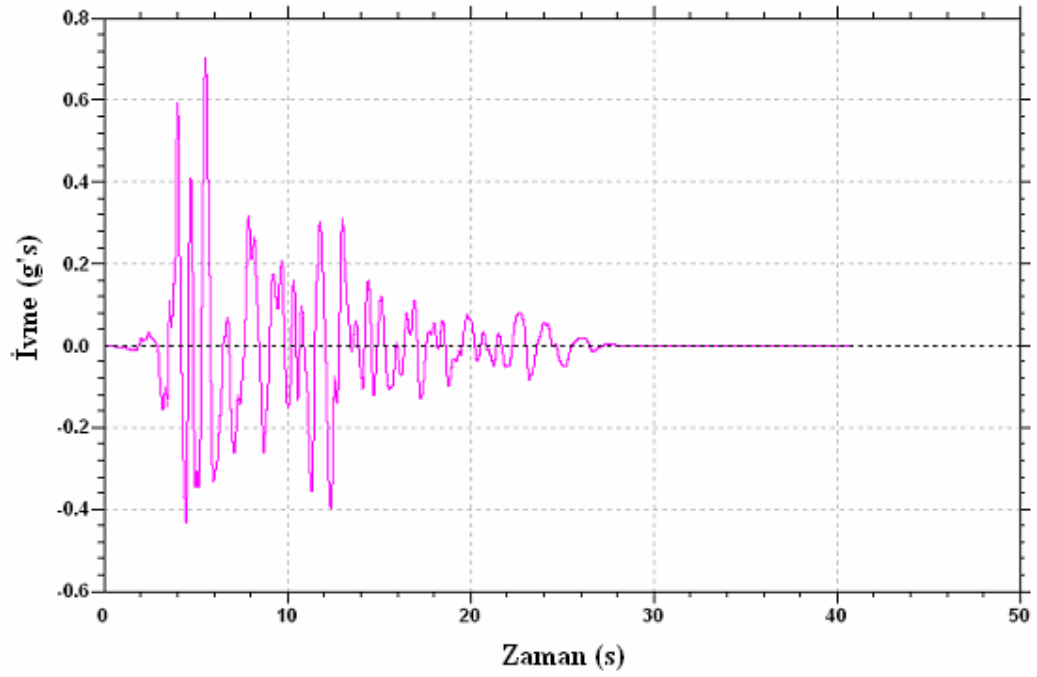


Şekil 5.15d Yeni Cami profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği

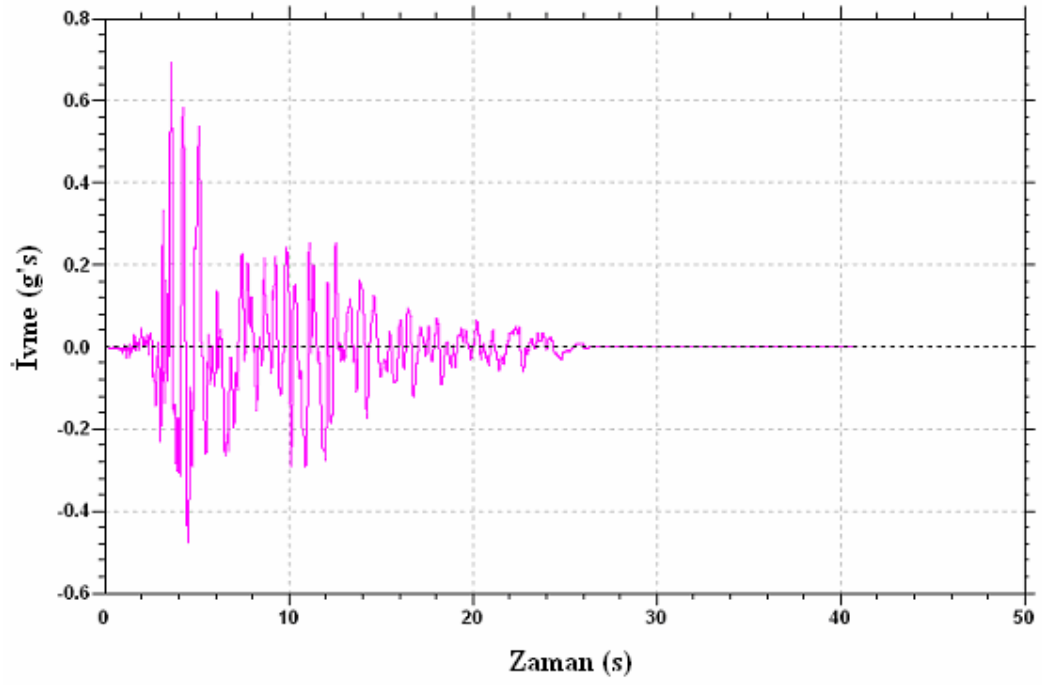




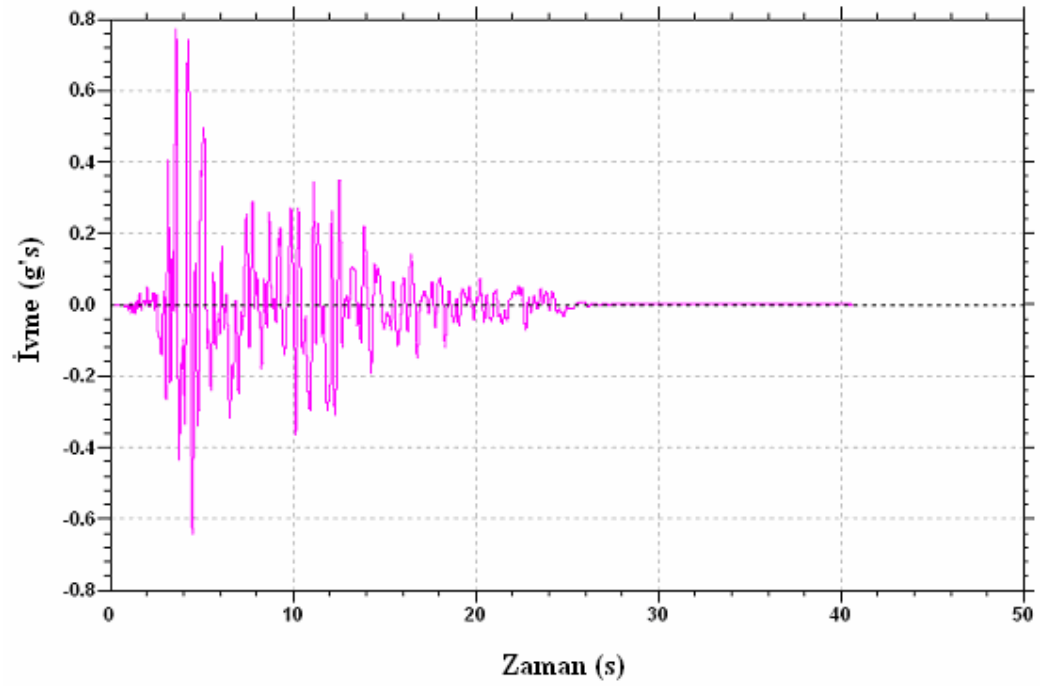
Şekil 5.15e Meslek Yüksekokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



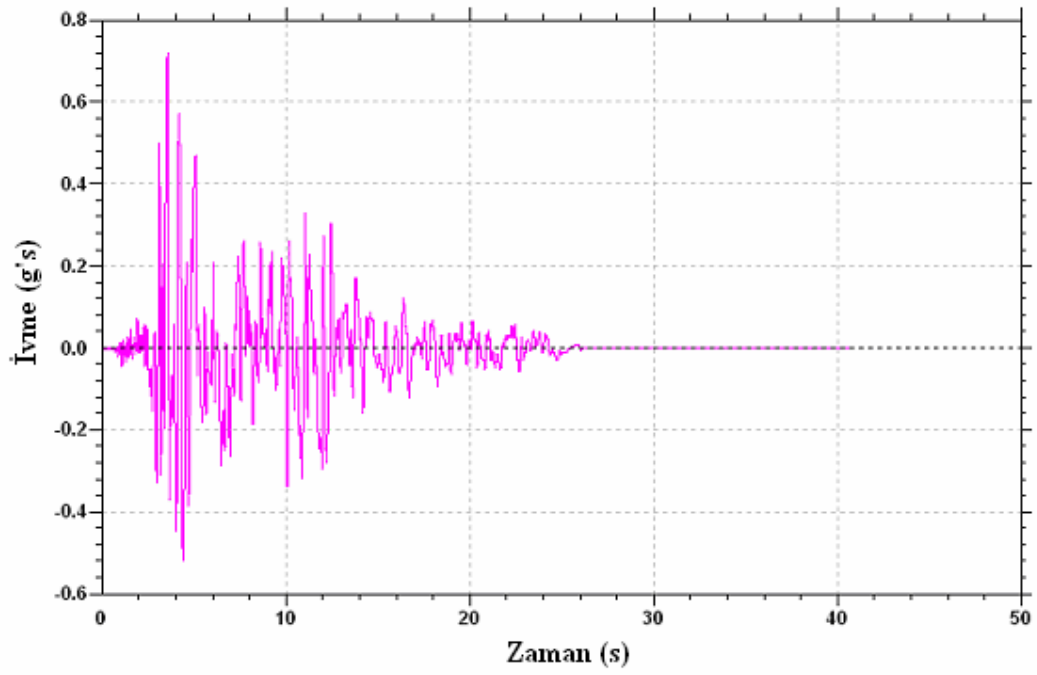
Şekil 5.16a Teverler profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



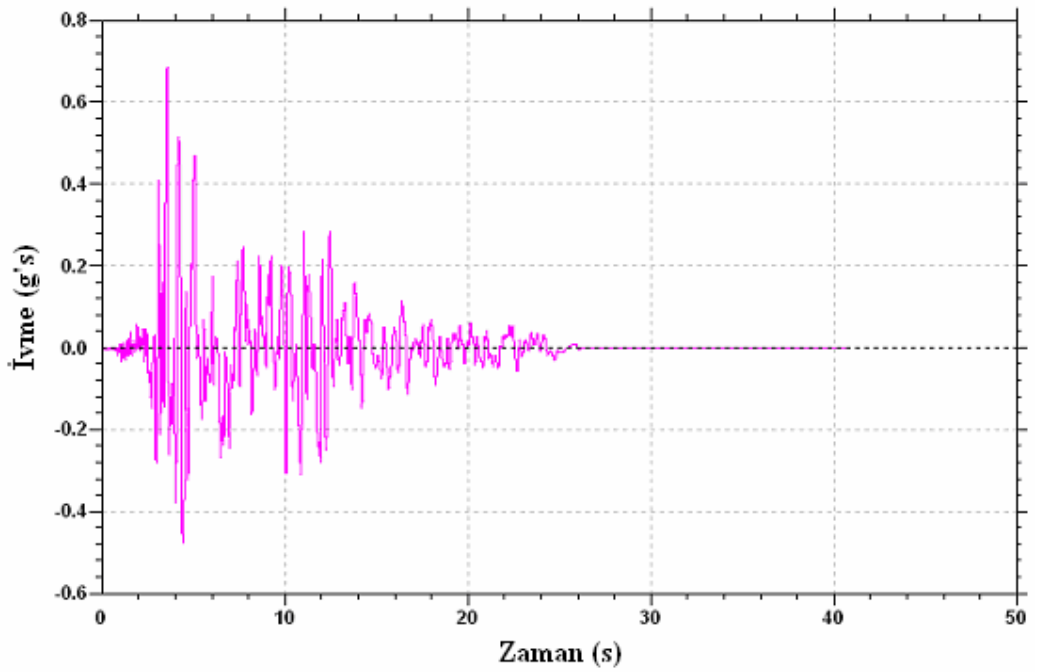
Şekil 5.16b Atatürk stadı profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



Şekil 5.16c Kara Osman İlkokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



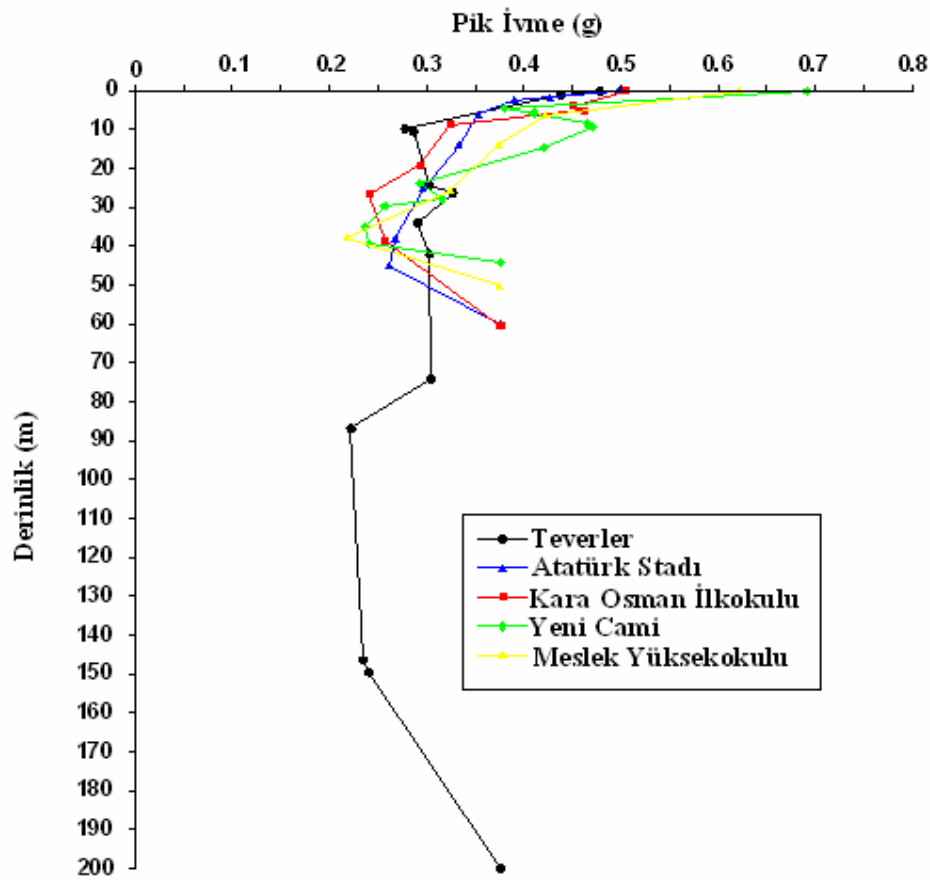
Şekil 5.16d Yeni Cami profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği



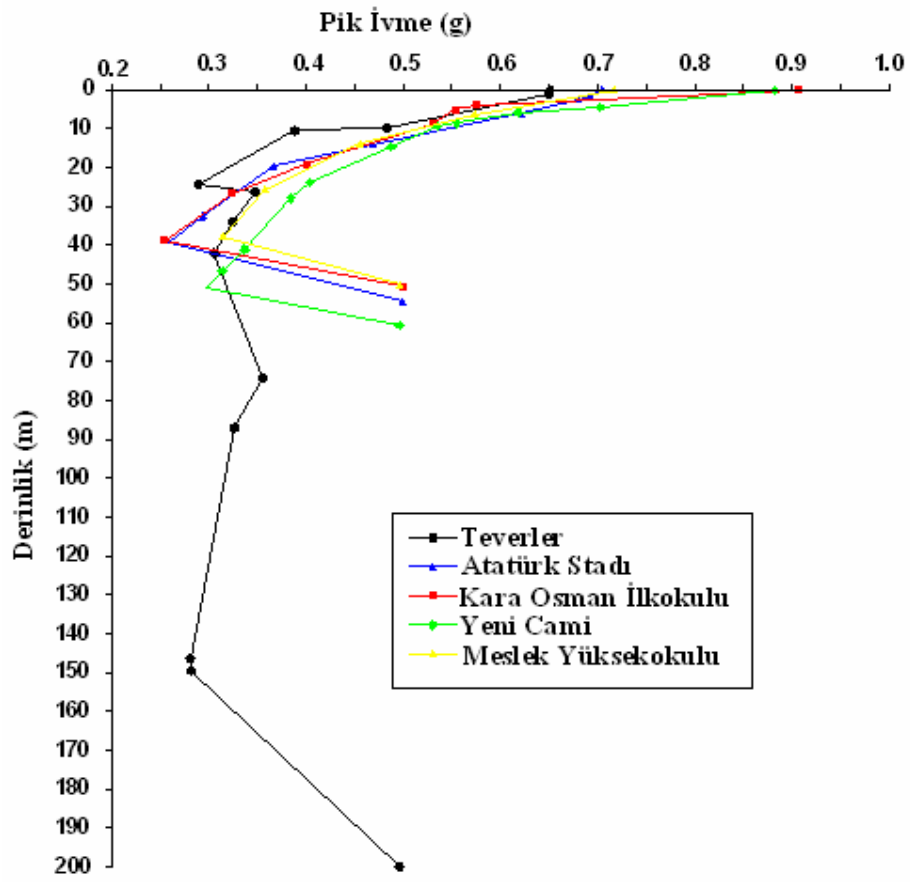
Şekil 5.16e Meslek Yüksekokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait yüzeydeki ivme-zaman grafiği

Zamana bağlı ivme grafiklerinin pik değerleri ve detaylı karşılaştırmaları için Tablo 8., Tablo 9. ve Tablo 10.'a bakınız.

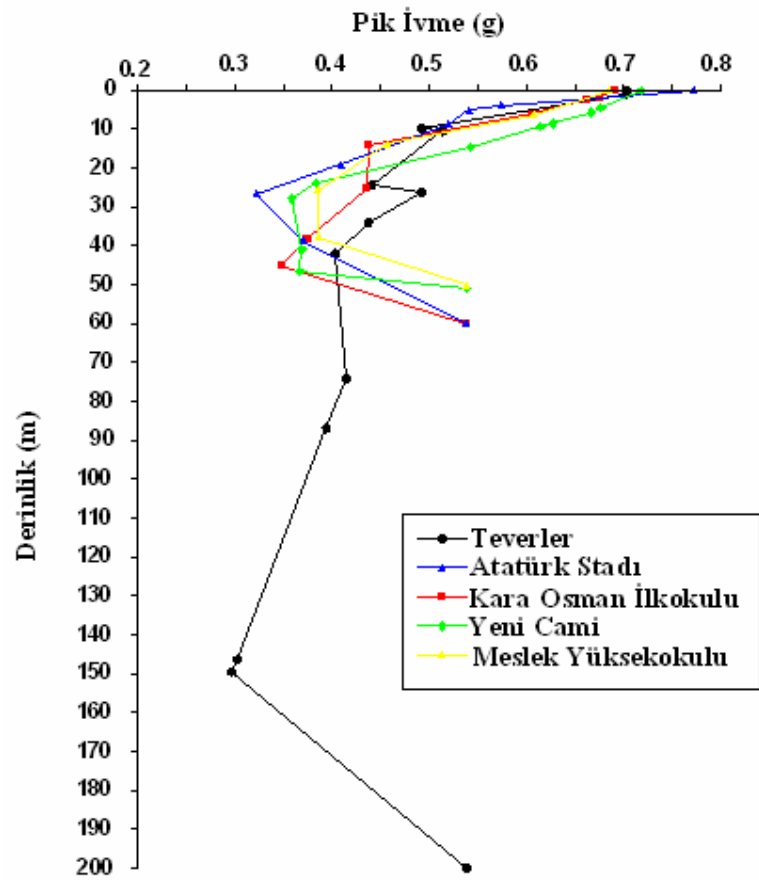
Sismik dalgaların ilerlediği zemin tabakaları boyunca kuvvetli yer hareketlerinin parametrelerinde değişimler görülmektedir. Yer hareketlerinin pik ivme değerleri de zeminlerin derinlikleri boyunca farklılık göstermektedir. Analizde göz önüne alınan zemin profilleri için, kuvvetli yer hareketlerinin pik ivmelerinde, uygulandıkları noktadan yüzeye doğru 200 m'lik Teverler profilinde 150 m'ye kadar, diğer profillerde 40 m 'ye kadar zeminin sönümünden kaynaklanan bir azalma olmaktadır. Pik ivme değerlerinin azalmasının sona erdiği bu derinliklerden sonra en büyük pik ivme değerine ulaşılan yüzeye kadar artış görülmektedir (Şekil 5.17a, b, c).



Şekil 5.17a. Marmara depremi etkisindeki profillerin derinliğe bağlı pik ivme değişimleri



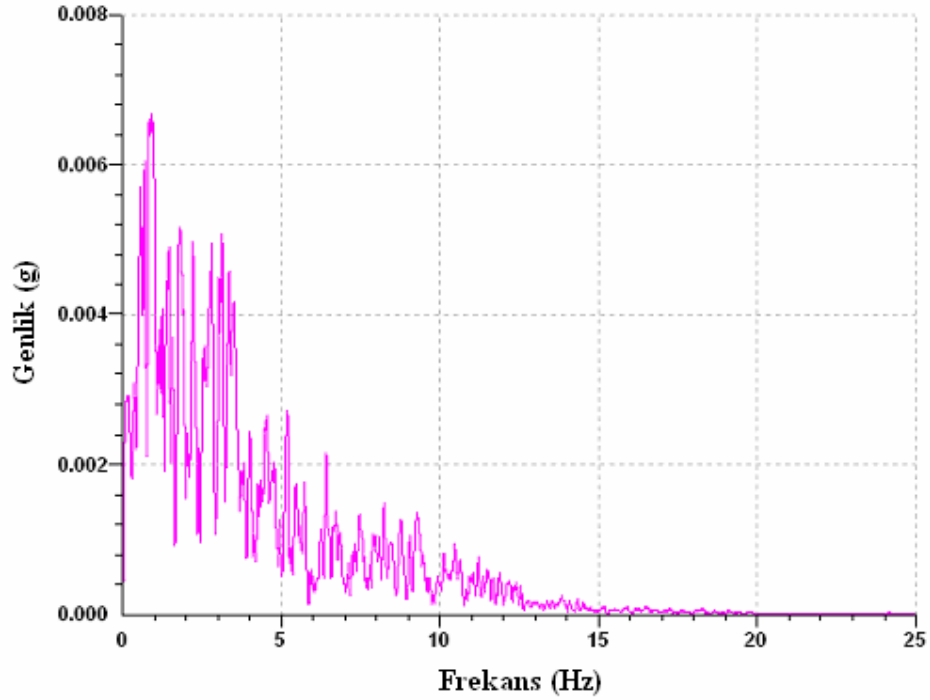
Şekil 5.17b. Erzincan depremi etkisindeki profillerin derinliğe bağlı pik ivme değişimleri



Şekil 5.17c. Düzce depremi etkisindeki profillerin derinliğe bağlı pik ivme değişimleri

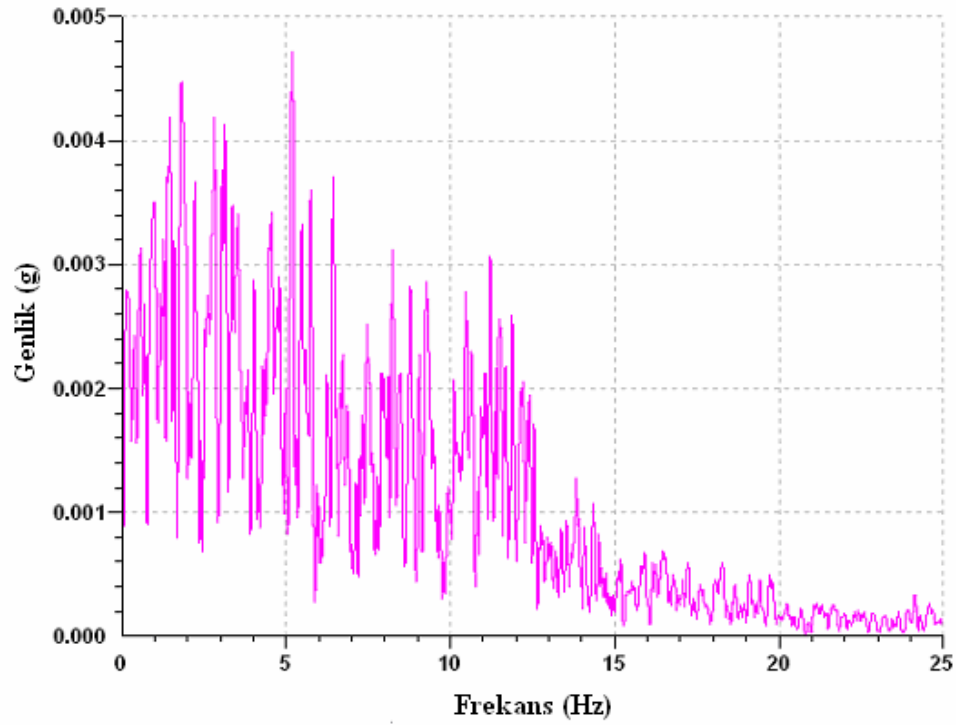
Şekil 5.17a, b, c'de görüldüğü gibi pik yer ivmesi değerlerinin, profillerin alt tabakasından başlayıp sönümden kaynaklanarak azalma şeklinde değişmesi ve bu azalmanın sona erdiği derinlikte değerlerin artarak devam etmesi, yüzeye yakın kısımlarda etkili olan Rayleigh dalgaları olarak bilinen yüzey dalgalarının varlığından etkilendiğini göstermektedir. Alt tabakadan zemin yüzeyine doğru ilerledikçe belirli bir derinliğe kadar sönümlenen dalgalardan dolayı pik ivme değerleri düşmektedir. Yüzey dalgaları yüzeye yakın kısımlarda etkili olduğu ve cisim dalgalarından daha yavaş sönümlendikleri için belirli bir derinlikten sonra zemin yüzeyine kadar pik ivme değerleri artarak değişim göstermektedir.

Kuvvetli yer hareketlerinin Fourier genlik spektrumları, hareketin genliğinin frekansa veya periyoda göre nasıl dağıldığını gösterir. Farklı yer hareketleri etkisi altındaki profillerin analizleri sonucu elde edilen Fourier genlik spektrumlarının düşük frekanslarda yani yüksek periyotlarda daha kuvvetli olması zemin ortamın yumuşak zemin özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir. Analizlerden elde edilen Fourier genlik spektrumları Şekil 5.18, Şekil 5.19 ve Şekil 5.20’de gösterilmektedir.



Şekil 5.18a. Teverler profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu

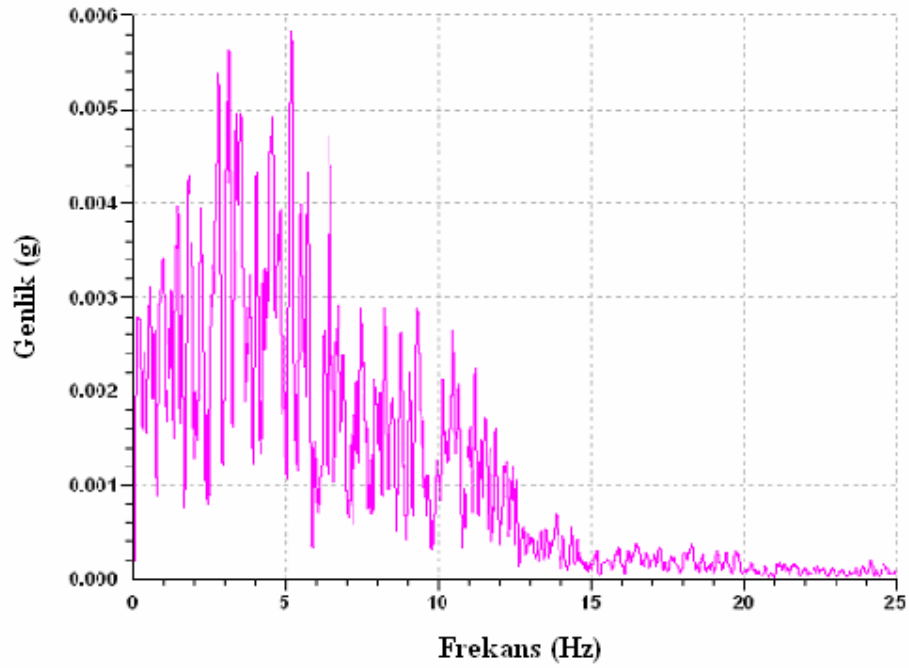
17 Ağustos 1999 Marmara depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Teverler profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.18a.), genliklerin 1 – 4 Hz aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1 Hz’de genliğin değeri 0.0066g’ye ulaşmaktadır.



Şekil 5.18b. Atatürk Stadı profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu

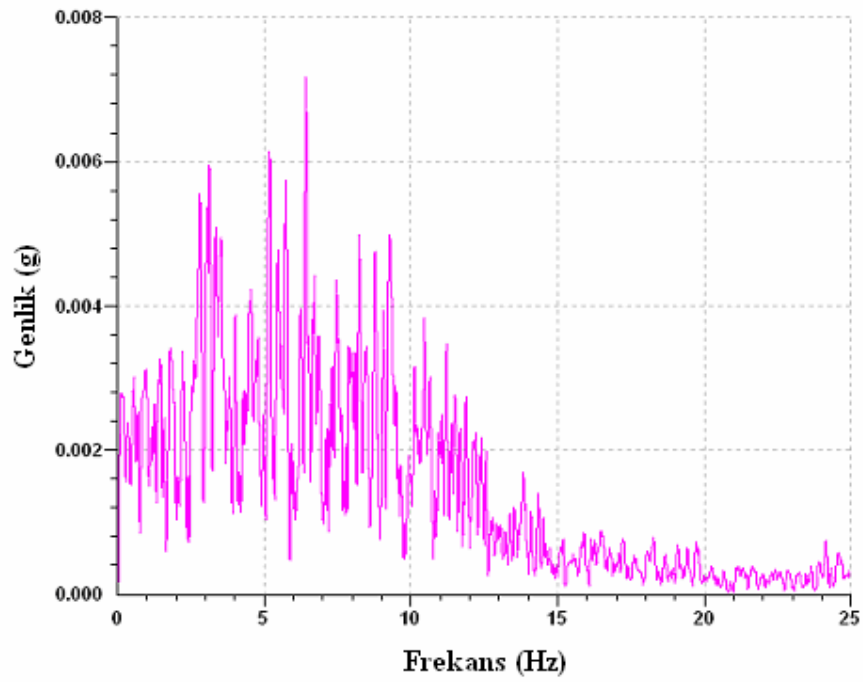
17 Ağustos 1999 Marmara depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Atatürk Stadı profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.18b.), genliklerin 2 – 11 Hz gibi geniş bir frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.0047g’ye ulaşmaktadır. Ayrıca 1.5 Hz’de 0.0045g değerine ulaşılmıştır.





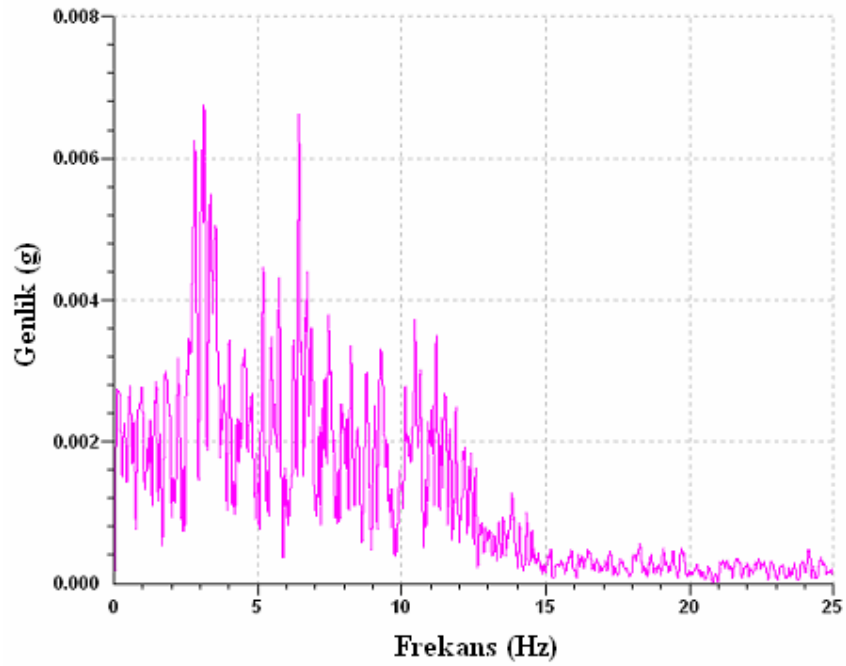
Şekil 5.18c. Kara Osman İlkokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu

17 Ağustos 1999 Marmara depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Kara Osman İlkokulu profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.18c.), genliklerin 2 – 11 Hz gibi geniş bir frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.0058g’ye ulaşmaktadır. Ayrıca 1.5 Hz’de 0.0056g değerine ulaşmıştır.



Şekil 5.18d. Yeni Cami profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu

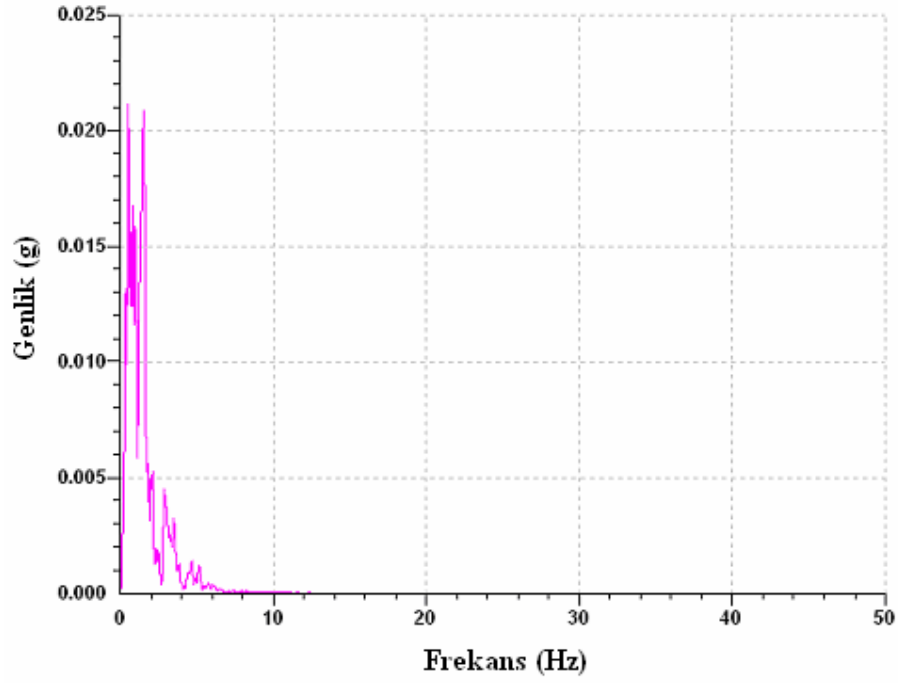
17 Ağustos 1999 Marmara depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Yeni Cami profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.18d.), genliklerin 3 – 11 Hz gibi geniş bir frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 6.5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.0072g’ye ulaşmaktadır. Ayrıca 3 ve 5 Hz’de 0.006g değerine ulaşılmıştır.



Şekil 5.18e. Meslek Yüksekokulu profilinde 17 Ağustos 1999 Marmara deprem hareketine ait Fourier spektrumu

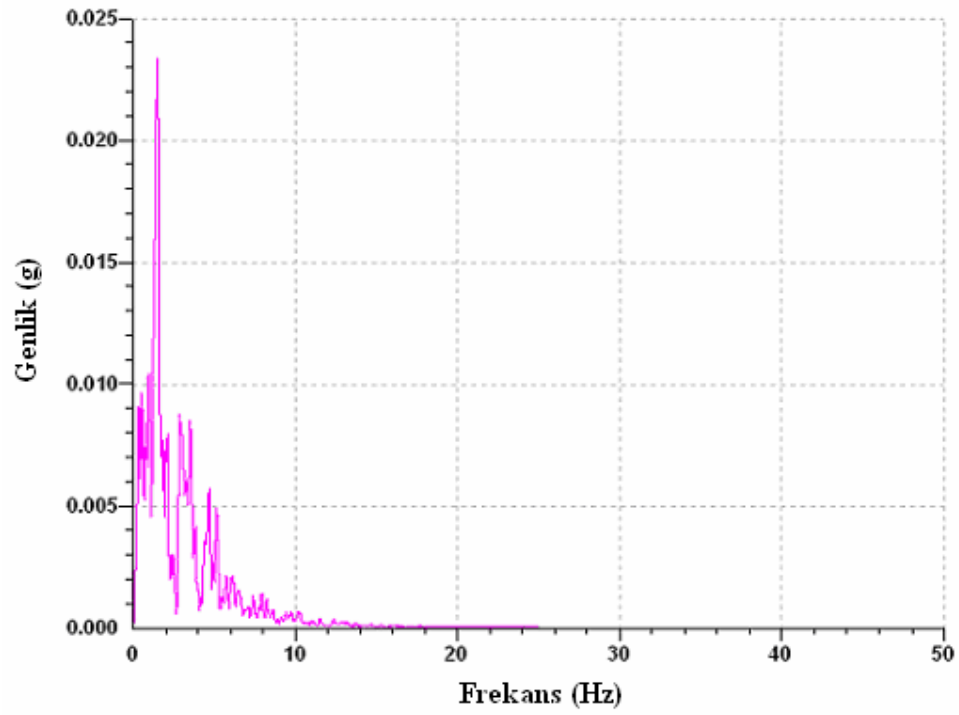
17 Ağustos 1999 Marmara depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Meslek Yüksekokulu profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.18e.), genliklerin 3 – 11 Hz gibi geniş bir frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 3 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.0068g’ye ulaşmaktadır. Ayrıca 6.5 Hz’de 0.0066g değerine ulaşılmıştır.

17 Ağustos 1999 Marmara depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde, ele alınan zemin profillerinin Fourier genlik spektrumlarında, yüksek genlik değerleri geniş frekans aralığında dağılım göstermektedir.



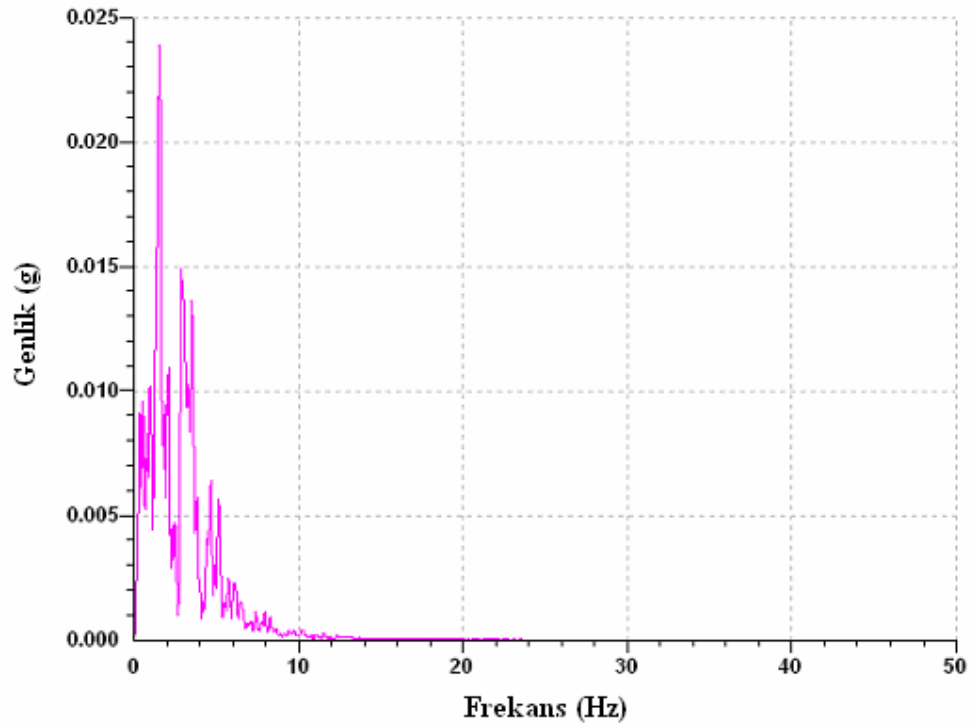
Şekil 5.19a. Teverler profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu

Erzincan depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Teverler profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.19a.), genliklerin 0 – 2 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Bu frekans aralığında en büyük değeri 0.021g'ye ulaşmaktadır.



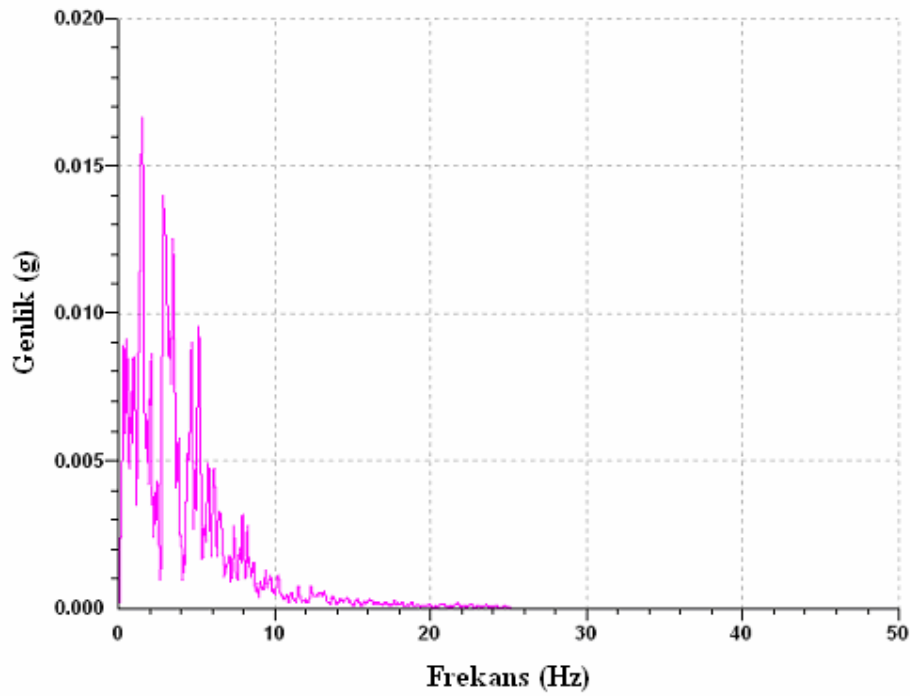
Şekil 5.19b. Atatürk Stadı profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu

Erzincan depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Atatürk Stadı profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.19b.), genliklerin 0 – 6 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1.5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.0235g’ye ulaşmaktadır. Ayrıca 3 Hz’de 0.008g değerine ulaşmıştır.



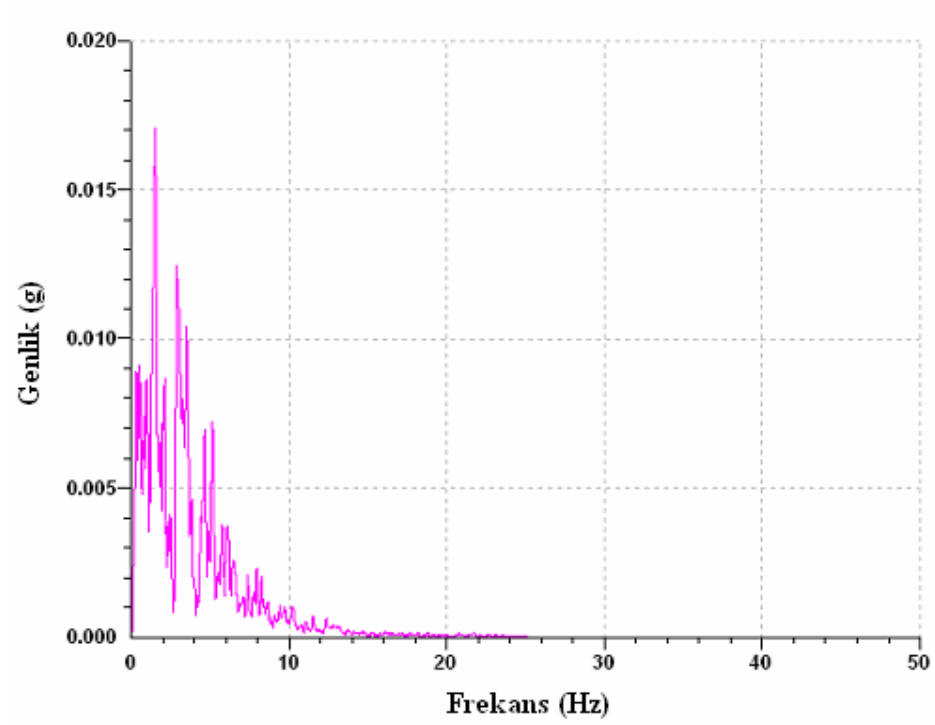
Şekil 5.19c. Kara Osman İlkokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu

Erzincan depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Kara Osman İlkokulu profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.19c.), genliklerin 0 – 6 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1.5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.024g’ye ulaşmaktadır. Ayrıca 3 Hz’de 0.015g değerine ulaşmıştır.



Şekil 5.19d. Yeni Cami profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu

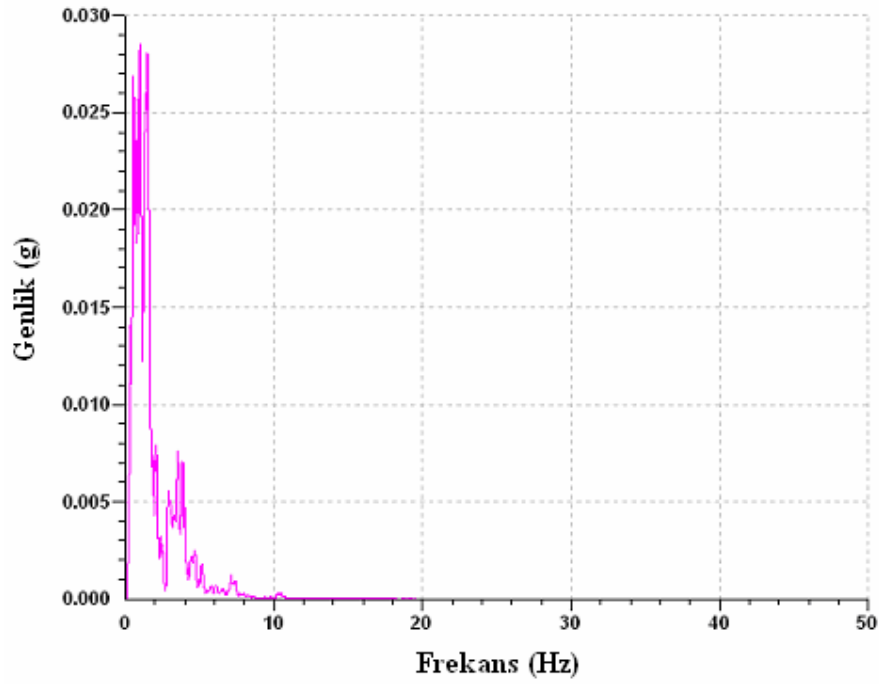
Erzincan depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Yeni Cami profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.19d.), genliklerin 0 – 6 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1.5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.024g’ye ulaşmaktadır. Ayrıca 3 Hz’de 0.015g değerine ulaşmıştır.



Şekil 5.19e. Meslek Yüksekokulu profilinde Erzincan deprem hareketine ait Fourier spektrumu

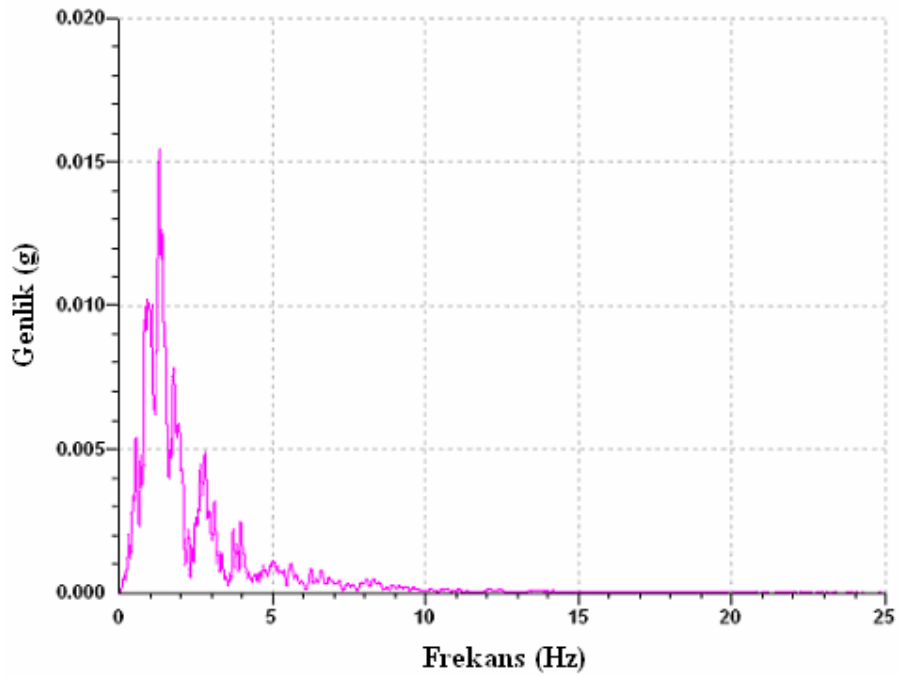
Erzincan depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Meslek Yüksekokulu profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.19e.), genliklerin 0 – 6 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1.5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.017g’ye ulaşmaktadır. Ayrıca 3 Hz’de 0.012g değerine ulaşılmıştır.





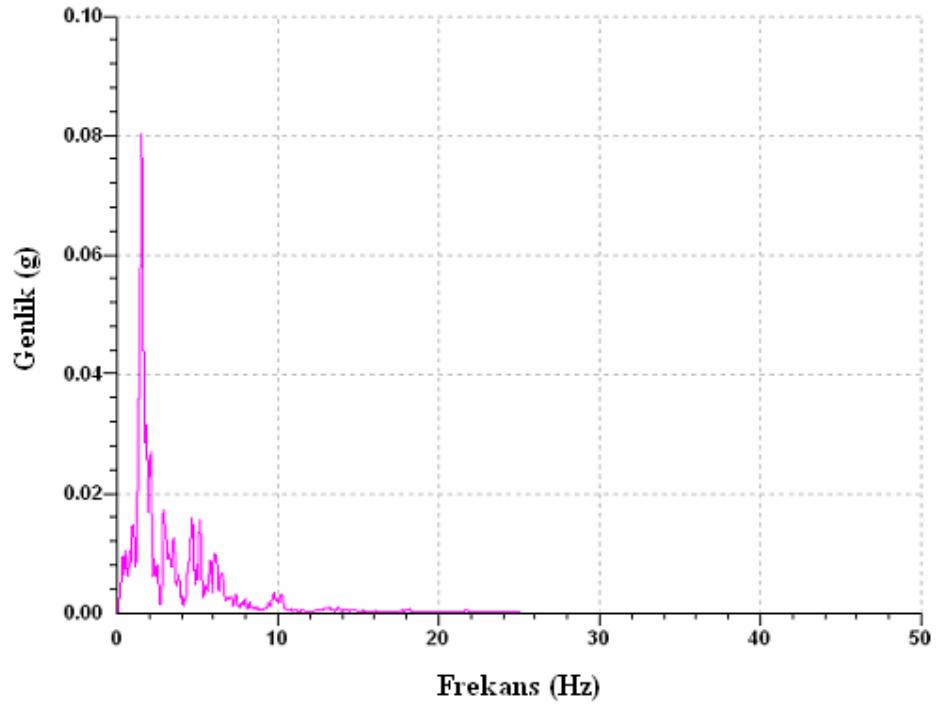
Şekil 5.20a. Teverler profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu

Düzce depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Teverler profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.20a.), genliklerin 0 – 4 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.0285g’ye ulaşmaktadır.



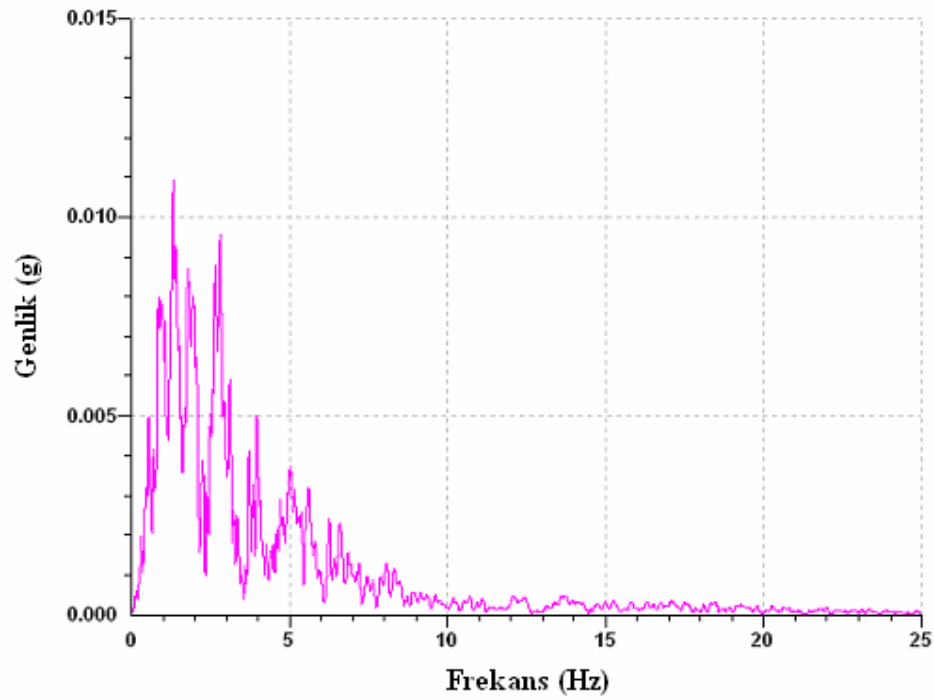
Şekil 5.20b. Atatürk Stadı profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu

Düzce depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Atatürk Stadı profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.20b.), genliklerin 1 – 4 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1.5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.0155g’ye ulaşmaktadır.



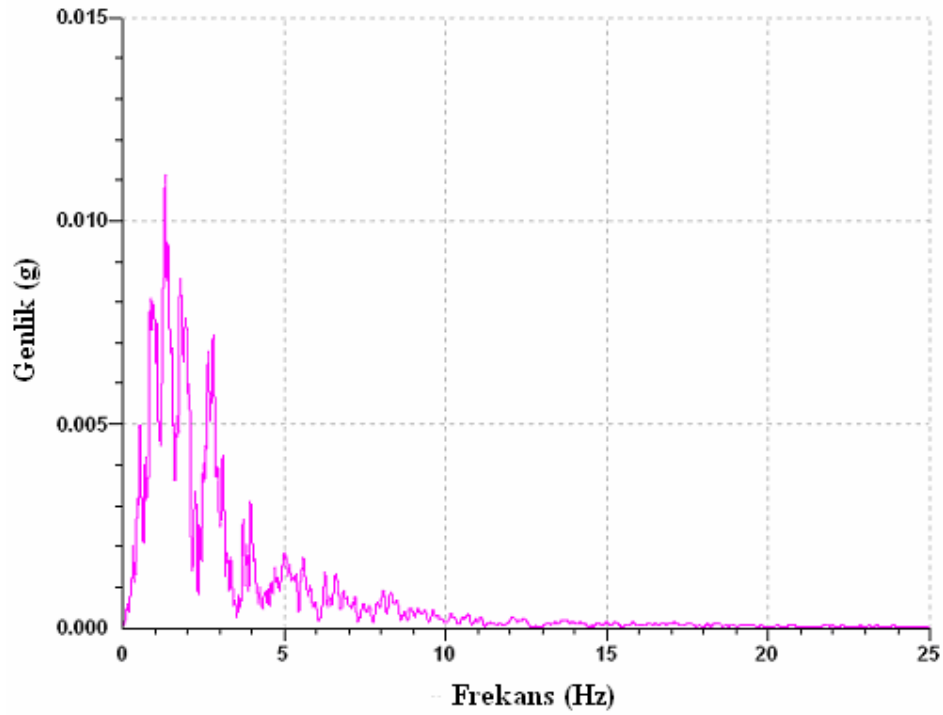
Şekil 5.20c. Kara Osman İlkokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu

Düzce depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Kara Osman İlkokulu profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.20c.), genliklerin 1 – 6 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1.5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.08g’ye ulaşmaktadır.



Şekil 5.20d. Yeni Cami profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu

Düzce depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Yeni Cami profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.20d.), genliklerin 1 – 5 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1.5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.011g’ye ulaşmaktadır.



Şekil 5.20e. Meslek Yüksekokulu profilinde Düzce deprem hareketine ait Fourier spektrumu

Düzce depremi kuvvetli yer hareketi etkisinde Yeni Cami profilinin Fourier spektrumu (Şekil 5.20e.), genliklerin 1 – 4 Hz frekans aralığında daha kuvvetli olduğunu göstermektedir. Özellikle 1.5 Hz’de genliğin en büyük değeri 0.011g’ye ulaşmaktadır.

Analiz sonucunda elde edilen bulgular, yer hareketlerinin uygulandığı zemin profillerinin yüzeylerindeki pik yer ivmesi, transfer fonksiyonlarında gözlenen en büyük büyütme oranı, maksimum kayma gerilmesi ve maksimum kayma şekil değiştirme değerleri Marmara, Erzincan ve Düzce depremleri için Tablo 5.8, Tablo 5.9 ve Tablo 5.10'da verilmektedir.

Tablo 5.8. Marmara depremi etkisinde sonuçlar

ZEMİN PROFİLLERİ	Büyütme Oranı	Pik Yer İvmesi (g)	Maksimum Kayma Gerilmesi (kN/m <sup>2</sup> )	Maksimum Kayma Şekil Değiştirme (%)
Teverler	10.29	0.478	295.691	0.511
Atatürk Stadı	12.63	0.491	136.865	0.075
Kara Osman İlkokulu	14.46	0.503	108.677	0.102
Yeni Cami	20.16	0.691	178.716	0.052
Meslek Yüksekokulu	11.00	0.621	122.636	0.061

Tablo 5.8'de gösterilen, Marmara depremi kuvvetli yer hareketi kaydı etkisinde zemin profillerinden elde edilen sonuçlar, en büyük pik yer ivmesi değerinin 0.691g ile Yeni Cami profilinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca 20.16 olan en büyük büyütme oranı değeri ve maksimum kayma şekil değiştirmesinin % 0.052 ile en küçük değeri yine bu profilde oluşmuştur. Büyütme oranı değerinin en küçük olduğu 10.29'un, pik yer ivmesinin en küçük değerinin 0.478g ile Teverler profilinde yer almaktadır. Buna karşılık Meslek Yüksekokulu profili 11.00 ile büyütme oranı değerinde bu değerler arasındaki en küçük değere yakın iken 0.621g'lik pik yer ivmesi değeri ile en büyük pik yer ivmesi değerine yakındır.

Tablo 5.9. Erzincan depremi etkisinde sonuçlar

ZEMİN PROFİLLERİ	Büyütme Oranı	Pik Yer İvmesi (g)	Maksimum Kayma Gerilmesi (kN/m <sup>2</sup> )	Maksimum Kayma Şekil Değiştirme (%)
Teverler	10.97	0.652	421.470	3.726
Atatürk Stadı	7.15	0.705	255.876	0.184
Kara Osman İlkokulu	9.18	0.907	194.851	0.375
Yeni Cami	16.61	0.874	331.722	0.131
Meslek Yüksekokulu	7.85	0.716	217.835	0.103

Tablo 5.9’da verilen, Erzincan depremi kuvvetli yer hareketi kaydı etkisi altında zemin profillerinden elde edilen sonuçlar, en büyük büyütme oranı değerinin 16.61 ile Yeni Cami profilinde görülmesine rağmen pik yer ivmesinin en büyük değerine 0.907g ile Kara Osman İlkokulu profilinde ulaşıldığını göstermektedir. Burada en küçük büyütme oranı değerine sahip profilin en küçük pik yer ivmesi değerini vermemesi Marmara deprem hareketinin sonuçlarından farklılık oluşturmaktadır. En büyük pik yer ivmesi değerinin görüldüğü Kara Osman profili aynı zamanda en küçük maksimum kayma gerilmesi değerini göstermektedir.

Tablo 5.10. Düzce depremi etkisinde sonuçlar

ZEMİN PROFİLLERİ	Büyütme Oranı	Pik Yer İvmesi (g)	Maksimum Kayma Gerilmesi (kN/m <sup>2</sup> )	Maksimum Kayma Şekil Değişirme (%)
Teverler	11.45	0.704	343.509	4.122
Atatürk Stadı	7.45	0.691	247.705	0.185
Kara Osman İlkokulu	9.16	0.772	197.642	0.366
Yeni Cami	17.28	0.718	316.398	0.128
Meslek Yüksekokulu	7.70	0.685	211.201	0.102

Tablo 5.10’da Düzce depremi kuvvetli yer hareketi kayıtları etkisi altında zemin profillerinden elde edilen sonuçlar, Erzincan deprem hareketi etkisindeki sonuçlara benzer biçimde en büyük büyütme oranı değerinin 17.28 ile Yeni Cami profilinde görülmesine rağmen en büyük pik yer ivmesi değerinin 0.772g ile Kara Osman İlkokulu profilinde olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.8, Tablo 5.9 ve Tablo 5.10’a göre özellikle Yeni Cami profilinde elde edilen en büyük büyütme oranı değerleri ve pik yer ivmesi değerlerindeki kayda değer artış, 17 Ağustos 1999’da gerçekleşen Marmara depremi esnasında, depremden en fazla etkilenen Adapazarı bölgesinde Yeni Cami ve civarında binaların çoğunun yıkılması ile hasarın çok büyük boyutlarda olmasında zemin özelliklerinin etkisini ortaya koymaktadır.

Zemin transfer fonksiyonlarından elde edilen frekansa bağılı en büyük büyütme oranı değerleri, Tablo 5.11’de verilmektedir. Marmara depremine ait kuvvetli yer hareketi kaydı etkisindeki profillerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en büyük büyütme oranı değerinin Yeni Cami profilinde 2.38 Hz’de 20.16 olduğu görülmektedir. Buna karşılık Teverler profilinde en büyük büyütme oranı değeri 1.63 Hz’de 10.29’dur. Meslek Yüksekokulu profilinde en büyük büyütme değeri, 2.50 Hz’de 11.00 iken Kara Osman İlkokulu profilinde 2.00 Hz’de 14.46 ile en büyük değer elde edilmiştir. Tabloda Marmara depremine ait sütunlar yukarıdan aşağıya doğru incelendiğinde, Teverler profili ile başlayan ilk dört profile, frekans değerleri arttıkça en büyük büyütme oranı değerlerinde de artış olduğu görülmektedir. Fakat son satırda yer alan Meslek Yüksekokulu profili, en büyük büyütme değerinin elde edildiği 2.50 Hz’de 11.00 değeri ile analiz edilen profiller arasında diğerlerine göre daha küçük bir değer olan 10.29’a yakındır.

Erzincan ve Düzce depremlerine ait kuvvetli yer hareketi kayıtları etkisinde profiller, Marmara deprem kaydı etkisine benzer olarak en büyük büyütme değerini farklı frekanslarda göstermektedir. Ancak, her bir profilin bu iki farklı deprem kaydından kendilerine ait elde edilen farklı en büyük büyütme değerleri, aynı frekanslara denk gelmektedir. Bu iki depremin kuvvetli yer hareketleri etkisi altında en büyük büyütme değerinin, Marmara deprem hareketi etkisindeki sonuca benzer olarak, Yeni Cami profilinde Erzincan deprem kaydı için 2.25 Hz’de 16.61 ve Düzce deprem kaydı için 2.25 Hz’de 17.80 olduğu görülmektedir. Bu iki deprem hareketinin etki ettirildiği profillerin en büyük büyütme değerlerini gösterdiği frekans değerleri Teverler profilinden başlayarak Meslek Yüksekokulu profiline kadar büyüyerek devam etmesine rağmen en büyük büyütme değerleri düşük frekanslarda büyük, yüksek frekanslarda daha küçük olabilmektedir.



Tablo 5.11. Transfer fonksiyonları frekans – maksimum büyütme oranı değerleri

ZEMİN PROFİLLERİ	17 Ağustos 1999 Marmara		13 Mart 1992 Erzincan		12 Kasım 1999 Düzce	
	Frekans (Hz)	Büyütme Oranı	Frekans (Hz)	Büyütme Oranı	Frekans (Hz)	Büyütme Oranı
Teverler	1.63	10.29	0.63	10.97	0.63	11.45
Atatürk Stadı	1.88	12.63	1.63	7.15	1.63	7.45
Kara Osman İlkokulu	2.00	14.46	1.75	9.18	1.75	9.16
Yeni Cami	2.38	20.16	2.25	16.61	2.25	17.80
Meslek Yüksekokulu	2.50	11.00	2.25	7.85	2.25	7.70

Tablo 5.11’deki bulguların değerlendirilmesi ile ulaşılan, düşük frekanslarda (yüksek periyotlarda) büyük zemin büyütmesi, yüksek frekanslarda (düşük periyotlarda) daha küçük zemin büyütmesi ve aynı frekans değerlerinde aralarında dikkate değer farklar olan büyütme değerlerinin elde edilmesi zeminin lineer, homojen ve izotrop olmamasından kaynaklanmaktadır.

## BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Alüvyonlu taşınmış zemin formasyonuna sahip Adapazarı bölgesinde, zemin büyütmesinin hangi mertebede olduğunu belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada, inceleme sahasında geçmiş yıllarda yapılan derin sondaj verileri (Bkz. Ek-1, Ek-2, Ek-3, Ek-4, Ek-5) kullanılarak oluşturulan zemin profilleri için SHAKE2000 bilgisayar programı ile bir boyutlu zemin tepki analizi yapılmıştır. Analizlerde, zemin profillerine uygulanacak kuvvetli yer hareketleri için 17 Ağustos 1999 Marmara, 13 Mart 1992 Erzincan ve 12 Kasım 1999 Düzce deprem verileri kullanılmıştır. Analizde göz önüne alınan zemin profillerinin alt tabakalarına uygulanan yer hareketlerinin zemin yüzeyindeki değişimleri, davranış spektrumlarının Türk Deprem Yönetmeliği 2007 Z4 tipi ve Eurocode8 1.tip zemin sınıfı D olan tasarım spektrumları ile karşılaştırılması, frekansa bağlı büyütme oranı grafikleri, derinliğe bağlı pik ivme değişimleri, ivme-zaman grafikleri ve Fourier spektrumlarının değerlendirilmesi ile incelenmiştir. Yapılan analizlerden elde edilen bulguların değerlendirilmesi ile ulaşılan sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır:

1. Üç farklı kuvvetli yer hareketi verilerinin etkisinde, analizde göz önüne alınan zemin profillerine ait davranış spektrumları, yönetmeliklerde öngörülen tasarım spektrumları sınırlarının çok ötesine geçmektedir. Özellikle Düzce depremine ait kuvvetli yer hareketi etkisinde elde edilen davranış spektrumlarının, diğer depremlere göre tasarım spektrumlarının çok daha fazla sınırları dışında kalmaktadır. Bir zemin profillerine uygulanan farklı yer hareketlerine o zeminin gösterdiği farklı davranış, zeminlerin deprem davranışı üzerinde yer hareketinin karakteristiğinin de etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

2. Analizlerde elde edilen transfer fonksiyonlarında, zemin profillerine ait en büyük büyütme oranları 0.63 – 2.5 Hz arasında görülmektedir. Zeminlerin lineer olmayan özelliklerinden dolayı, bir zemin profiline ait transfer fonksiyonunda, büyük ivmelerde küçük zemin büyütmesi, küçük ivmelerde ise daha büyük zemin büyütmesi olmaktadır. Büyütme oranlarının çok yüksek değerler göstermesi, ana kaya derinliğinin belirlenememesinin ortaya çıkardığı bir olumsuzluktur.
3. Zemin profillerinin alt tabakalarına uygulanan kuvvetli yer hareketlerinin ivmeleri, zemin yüzeyine doğru ilerledikçe değişiklik göstermektedir. Bu değişimler, 200 m derinliğe sahip Teverler profilinde 150 m'ye kadar azalma, bu derinlikten sonra ise en büyük değerlerin gözlemlendiği zemin yüzeyine kadar bir artma şeklindedir. Daha sığ bir derinliğe sahip diğer profillerde ise azalma 40 m'ye kadar olup bu noktadan sonra yüzeye doğru artarak devam etmektedir. Zemin profillerinin yüzeylerinde görülen pik yer ivmesi değerleri, uygulanan tabakada 0.378g olan 17 Ağustos 1999 Marmara depremi için Yeni Cami profilinde 0.691g, 0.496g olan 13 Mart 1992 Erzincan depremi için Kara Osman İlkokulu profilinde 0.907g ve 0.535g olan 12 Kasım 1999 Düzce depremi için Kara Osman İlkokulu profilinde 0.772g ile en büyük değerlere ulaşmıştır. Yeni Cami profilinde elde edilen en büyük büyütme oranı değerleri ve pik yer ivmesi değerlerindeki kayda değer artış, 17 Ağustos 1999'da gerçekleşen Marmara depremi esnasında, depremden en fazla etkilenen Adapazarı bölgesinde Yeni Cami ve civarında binaların çoğunun yıkılması ile hasarın çok büyük boyutlarda olmasında zemin özelliklerinin etkisini ortaya koymaktadır.
4. Elde edilen Fourier genlik spektrumlarının, düşük frekanslarda yani büyük periyotlarda daha kuvvetli olduğu gözlenmektedir. Bu, alüvyonlu zeminlerde görülen karakteristik bir durumdur.

Zemin özelliklerinin tek doğrultuda düşey olarak değişim gösterdiği kabulü yapılarak gerçekleştirilen bir boyutlu analizlerden elde edilen sonuçlar, iki ve üç boyutlu analizlerle desteklenmelidir. Ana kaya derinliğinin belli olmaması, büyütme oranlarında çok büyük değerlerin görülmesine neden olmaktadır. Ana kaya derinliğinin belirlenmesi ile yapılacak çalışmalar, büyütme oranı değerlerini daha gerçekçi şekilde ortaya koyabilir. Zeminlerin deprem davranışında, zemin yapısının yanı sıra depremin kuvvetli yer hareketinin karakteristiği de etkili olmaktadır. Yapılacak çalışmalarda yer hareketlerinin karakteristiklerinin de dikkate alınması, zeminin davranışını yorumlamada yardımcı olabilir. Adapazarı bölgesinin tamamını temsil edecek bir çalışma için 5 sondaj ve 3 yer hareketi yetersiz kalmaktadır. İleriki çalışmalarda, bu veriler artırılmış bir şekilde inceleme yapılarak bölgenin tümünü kapsayacak değerlendirmeler yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

AKYOL, N., AKINCI, A., EYİDOĞAN, H., “Site Amplification of S-Waves in Bursa and its Vicinity, Northwestern Turkey: Comparison of Different Approaches”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22, 579-587, 2002.

AMBRASEYS, N.N., DOUGLAS, J., “Near-Field Horizontal and Vertical Earthquake Ground Motions”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 23, 1-18, 2003.

ANSAL, A., SPRINGMAN, S., STUDER, J., DEMİRBAŞ, E., ÖNALP, A., ERDİK, M., GIARDINI, D., ŞEŞETİYAN, K., DEMİRCİOĞLU, M., AKMAN, H., FÄH, D., CHRISTEN, A., LAUE, J., BUCHHEISTER, J., ÇETİN, Ö., SİYAHİ, B., FAHJAN, Y., GÜLKAN, P., BAKIR, S., LESTUZZI, P., ELMAS, M., KÖKSAL, D., GÖKÇE, O., “Adapazarı ve Gölcük İçin Mikrobölgeleme Çalışmaları”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 1-14, 2003.

BAKIR, B.S., YILMAZ, M.T., YAKUT, A., GÜLKAN, P., “Re-examination of Damage Distribution in Adapazarı: Geotechnical Considerations”, *Engineering Structures*, 27, 1002-1013, 2005.

BEYEN, K., “Zemin Ortamlarının Dinamik Analizinde Kullanılan Gerilme – Birim Şekil Değiştirme Bağıntılarına Bir Bakış”, Üçüncü Ulusal Deprem mühendisliği Konferansı, İstanbul, 577-586, 1995.

BİRİNGEN, E., “Soil Amplification and Case Studies for Clayey Soils”, Master Thesis, Boğaziçi University, İstanbul, 2000.

BOL, E., “Adapazarı Zeminlerinin Geoteknik Özellikleri”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Adapazarı, 2003.

BOMMER, J.J., ACEVEDO, A.B., “The Use of Real Earthquake Accelerograms as Input to Dynamic Analysis”, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol.8, Special Issue 1, pp.43-91, 2004.

BOUCKOVALAS, G.D., KOURETZIS, G.P., “Stiff Soil Amplification Effects in the 7 September 1999 Athens (Greece) Earthquake”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, 671-687, 2001.

CELEP, Z., KUMBASAR, N., “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.

CODUTO, D.P., “Geotechnical Engineering Principles and Practice”, Prentice Hall, 1998.

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.

ERGİN, M., ÖZALAYBEY, S., AKTAR, M., YALÇIN, M.N., “Site Amplification at Avcılar, İstanbul”, Tectonophysics, 391, 335-346, 2004.

ERDİK, M., DURUKAL, E., SADETOĞLU, K., “Ampirik Davranış Spektrumları”, Üçüncü Ulusal Deprem mühendisliği Konferansı, İstanbul, 714-723, 1995.

“Eurocode 8”, European Committee for Standardisation, 2003

HARBI, A., MAOUCHE, S., VACCARI, F., AOUDIA, A., OUSSADOU, F., PANZA, G.F., BENOUAR, D., “Seismicity, Seismic Input and Site Effects in the Sahel-Algiers Region (North Algeria)”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 27, 427-447, 2006.

HASANCEBI, N., ULUSAY, R., “Evaluation of Site Amplification and Site Period Using Different Methods for an Earthquake-Prone Settlement in Western Turkey”, Engineering Geology, 87, 85-104, 2006.

HAŞAL, M.E., İYİSAN, “Yerel Zemin Koşullarının Zemin Büyütmesine Etkisi: Bir ve İki Boyutlu Davranış”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, İstanbul, 343-352, 2004.

HOLTZ, R.D., KOVACS, W.D., “Geoteknik Mühendisliğine Giriş”, Gazi Kitapevi, 1981.

İYİSAN, R., ANSAL, A., “Yerel Zemin Koşullarının Mikrotremor ile Belirlenmesi”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Yedinci Ulusal Kongresi, İstanbul, 542-550, 1998.

KILIÇ, H., ÖZENER, P.T., ANSAL, A., YILDIRIM, M., ÖZAYDIN, K., ADATEPE, Ş., “Microzonation of Zeytinburnu Region with Respect to Soil Amplification: A Case Study”, Engineering Geology, 86, 238-255, 2006.

KOMAZAWA, M., MORIKAWA, H., NAKAMURA, K., AKAMATSU, J., NISHIMURA, K., SAWADA, S., ERKEN, A., ÖNALP, A., “Bedrock Structure in Adapazari, Turkey – A Possible Cause of Severe Damage by the 1999 Kocaeli Earthquake”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22, 829 – 836, 2002.

KRAMER, S.L., “Geoteknik Deprem Mühendisliği”, Gazi Kitapevi, 708, Ankara, 2003.

KUTANİS, M., “Yapı-Zemin Dinamik Etkileşimi”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Adapazari, 2001.

KUTANİS, M., BAL, İ.E., “Yerel Zemin Şartlarının Yapı Hasar Dağılımı Üzerinde Etkileri”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onbirinci Ulusal Kongresi, Trabzon, 99-113, 2006.

LOKMER, I., HERAK, M., PANZA, G.F., VACCARI, F., “Amplification of Strong Ground Motion in the City of Zagreb, Croatia, Estimated by Computation of Synthetic Seismograms”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22, 105-113, 2002.

MURAVSKII, G., FRYDMAN, S., “A Nonlinear Hysteretic Model for Site Response Analysis in Horizontal Profiles”, Üçüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 672-681, 1995.

ORDONEZ, G.A., “Shake2000 ,a Computer Program for the 1-D Analysis of Geotechnical Earthquake Engineering Problems, User’s Manual”, 2006.

ÖNALP, A., SERT, S., BOL, E., “Adapazarı Zeminlerinin Deprem Performansı”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Kongresi, İstanbul, 373-382, 2000.

ÖZBEY, C., SARI, A., MANUEL, L., ERDİK, M., FAHJAN, Y., “An Empirical Attenuation Relationship for Northwestern Turkey Ground Motion Using a Random Effects Approach”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 115-125, 2004.

ÖZEL, N.M., SASATANI, T., ÖZEL, O., “Strong Ground Motion During the Largest Aftershock ( $M_w = 5.8$ ) of the 1999 Izmit Earthquake, Turkey”, Tectonophysics, 391, 347-355, 2004.

ÖZÇİMEN, N., “Yerel Zemin Koşullarının Yer Hareketine Etkisi Üzerine Bir Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2000.

ÖZGİRGİN , F., “Case Studies on Soil Amplification”, Master Thesis, Boğaziçi University, İstanbul, 1997.

PEKCAN, O., “Cyclic Behaviour of Adapazari Clayey Silts”, Master Thesis, The Middle East Technical University, Ankara, 2001.

SEMBLAT, J.F., DUVAL, A.M., DANGLA, P., “Numerical Analysis of Seismic Wave Amplification in Nice (France) and Comparisons with Experiments”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 19, 347-362, 2000.

SEMBLAT, J.F., DANGLA, P., KHAM, M., DUVAL, A.M., “Seismic Site Effects for Shallow and Deep Alluvial Basins: in-depth Motion and Focusing Effect”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 27, 849-854, 2002.

SEMBLAT, J.F., KHAM, M., PARARA, E., BARD, P.Y., PITILAKIS, K., MAKRA, K., RAPTAKIS, D., “Seismic Wave Amplification: Basin Geometry vs Soil Layering”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 25, 529-538, 2005.

SHABESTARI, K.T., YAMAZAKI, F., SAITA, J., MATSUOKA, M., “Estimation of the Spatial Distribution of Ground Motion Parameters for two Recent Earthquakes in Japan”, *Tectonophysics*, 390, 193-204, 2004.

ŞAFAK, E., “Local Site Effects and Dynamic Soil Behavior”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, 453-458, 2001.

TEZCAN, S.S., KAYA, E., BAL, İ.E., ÖZDEMİR, Z., “Seismic Amplification at Avcılar, İstanbul”, *Engineering Structures*, 24, 661-667, 2002.

TOHUMCU, P., KILIÇ., H., ÖZAYDIN, K., “Yerel Zemin Koşullarının Depremler Sırasında Yapısal Davranış Etkileri Yönünden Sınıflandırılması”, *Yıldız Teknik Üniversitesi*, 85-101, 2003.

TRIFUNAC, M.D., TODOROVSKA, M.I., “Can Aftershock Studies Predict site Amplification Factors? Northridge, CA, Earthquake of 17 January 1994”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 19, 233-251, 2000.

ULUSAY, R., AYDAN, Ö., “Characteristics and Geo-Engineering Aspects of the 2003 Bingöl (Turkey) Earthquake”, *Journal of Geodynamics*, 40, 334-346, 2005.

VUCETIC, M., DOBRY, R., “Effect of Soil Plasticity on Cyclic Response”, *Journal of Geotechnical Engineering*, 117, 89-107, 1991.

WANG, S., HAO, H., “Effects of Random Variations of Soil Properties on Site Amplification of Seismic Ground Motions”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22, 551-564, 2002.

YALÇINKAYA, E., PINAR, A., UTKUCU, M., KANLI, A.İ., ALPTEKİN, Ö., “İstanbul Üniversitesi Geniş Band Deprem Kayıtçısı İçin Uygun Yer Seçimi ve Örnek Uygulamalar”, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yer Bilimleri Dergisi*, c.16, s.1, 11-21, 2003.

YALÇINKAYA, E., “Bir Boyutlu Modeller İçin Zemin Büyütmesine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi”, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yer Bilimleri Dergisi*, c.17, s.1, 47-56, 2004.

YALÇINKAYA, E., “BYTNET (Bursa-Yalova-Türkiye İvme Ölçer Ağı) İstasyonlarında Yerel Zemin Etkilerinin İncelenmesi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, c.7, s.2, 75-86, 2005.

ZASLAVSKY, Y., SHAPIRA, A., ARZI, A.A., “Amplification Effects from Earthquake and Ambient Noise in the Dead Sea Rift (Israel)”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 20, 187-207, 2000.

<http://peer.berkeley.edu/smcat/search.html>. Pacific Earthquake Engineering Research Center Strong Motion Database, 2007.



**EKLER**



Sondaj Derin (m) Boring Depth (m)		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test		ARAZİDE TANIMLAMA Geotechnical Description		SAYFA/PAGE: 2											
								Sondaj/Boring No: A-1									
Nümunne Cinsi Sample Type		DARBE SAYISI Num. of Blows		GRAFIK Graph		Sondör/Driller: Ünal GÖKMEN											
Manevra Boyu Run		0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20	30	40	50	60	Profil Profile	SINIF TS 1500	Cep Penetrometresi	Kırık / 30 cm Fracton / 30 cm	Karot % Core Recovery	RQD
7.00	UD-3											Yeşil Az Siltli Kil					
7.50												Yeşil Silt					
8.00	SPT-4	2	4	4	8							Yeşil Killi Silt					
8.50												Kahve-Yeşil Siltli Kil					
8.75												Koyu Yeşil Kil					
8.95												Yeşil Kumlu Silt					
9.00												Yeşil Silt					
9.15												Yeşil Az Siltli Kil					
9.30												Yeşil Silt					
9.70												Yeşil Silt					
9.90												Yeşil Kum					
10.00	UD-4											?					
10.50																	
11.00																	
12.00	SPT-5	3	5	6	11							Yeşil Az Kumlu Siltli Kil					
12.50												Yeşil Beyaz Nodüllü Killi Silt					
13.00	UD-5											?					
13.50																	
14.00																	
15.00	SPT-6	14	12	14	26							Gri-Yeşil Kum					
15.40												Yeşil Kil					
15.70												Yeşil Az Killi Silt					
16.00	UD-6											Yeşil Siltli Kil					
16.50																	
17.00																	
SONDAJ MÜHENDİSİ - Drilling Eng.						İMZA-Sign		TARİH-Date									
LOGU HAZIRLAYAN - Log Designer						İMZA-Sign		TARİH-Date									
ERTAN BÖL Jeoloji Yüksek Mühendis-SAU								03-10-2001									

Sondaj Derin (m) Boring Depth (m)		Numune Cinsi Sample Type		Manevra Boyu Run		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test					ARAZİDE TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	SINIF TS 1500	Çap Penetrometresi Kırık / 30 cm Fraction / 30 cm	Korut % Core Recovery	RQD
						DARBE SAYISI Num. of Blows		GRAFİK Graph								
						0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10 20 30 40 50 60						
18.00	SPT-7	18.00		7	12	12	24				Yeşil Kil					
18.50																
19.00	UD-7	19.00									Kahve-Yeşil Kil					
19.50		19.50														
20.00											Koyu Yeşil Kil					
21.00	SPT-8	21.00		4	6	10	16									
21.50											Koyu Yeşil Beyaz Nodüllü Kil (Kabuklu Organizma Parçacıkları)					
22.00	UD-8	22.00									Koyu Yeşil Kil (Beyaz Nodüllü)					
22.50		22.50									Yeşil Kil					
23.00																
23.70											Koyu Yeşil-Gri Kil					
24.00	SPT-9	24.00		4	5	9	14				Yeşil Killi Silt					
24.30											Yeşil Kil					
24.85											Gri Yeşil Kum					
25.00	UD-9	25.00									Gri Siltli-Killi Kum					
25.50		25.50									?					
26.00											Gri Kum					
26.30																
27.00											Gri Kumlu Silt					
SONDAJ MÜHENDİSİ - Drilling Eng.											İMZA-Sign	TARİH-Date				
LOGU HAZIRLAYAN - Log Designer											İMZA-Sign	TARİH-Date				
ERTAN BÖL Jeoloji Yüksek Mühendisi-SAÜ												03-10-2007				

SARAYLA ÜNİVERSİTESİ		SONDAJ LOGU BORING LOG		DSİ		Sayfa/Page: 4							
						Sondaj/Boring No: A-1							
						Sondör/Driller: Ünal GÖKMEN							
Sondaj Derin (m) Boring Depth (m)	N Numune Cinsi Sample Type	Manevra Boyu Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test		ARAZİDE TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	SINIF TS 1500						
			DARBE SAYISI Num. of Blows	GRAFİK Graph									
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10 20 30 40 50 60						
27.00	SPT-10	27.00	4	6	7	13		Yeşil Kil					
28.00	UD-10	28.00						?					
28.50		28.50						Yeşil Siltli Kum					
29.00								Koyu Yeşil Kil					
29.70								Yeşil Silt					
30.00	SPT-11	30.00	4	8	11	19		Yeşil Siltli Kil					
31.00	UD-11	31.00						Koyu Yeşil Kil					
31.50		31.50						Koyu Yeşil Siltli Kil					
32.00								Yeşil Kil					
32.20								Kahve Kil					
32.55								Kahve-Gri Az Killi Siltli Kum					
33.00	SPT-12	33.00	6	14	22	36		Koyu Yeşil Kumlu Kil					
33.30								Koyu Yeşil Kil					
33.60								Yeşil-Gri Kum					
33.75								Yeşil Killi Kum					
33.90	UD-12	34.00						Gri Kum					
34.00		34.00						Gri Kum					
34.50		34.50						Gri Kum					
35.00								Gri Kum					
36.00	SPT-13	36.00	17	30	50	80		Gri-Kahve Siltli Kum					
36.20		36.20						Gri Kum					
37.00								Gri Kum					
						SONDAJ MÜHENDİSİ - Drilling Eng.		İMZA-Sign		TARİH-Date			
						LOGU HAZIRLAYAN - Log Designer		İMZA-Sign		TARİH-Date			
						ERTAN BOL				03-10-2001			
						Jeoloji Yüksek Mühendisi-SAÜ							

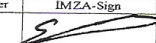


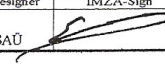


SONDAJ LOGU BORING LOG		DSİ		Sayfa/Page: 7															
Sakarya Üniversitesi 1970				Sondaj/Boring No: A-1															
				Sondör/Driller: Ünal GÖKMEN															
Sondaj Derini (m) Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Manevra Boyu Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test		ARAZİDE TANIMLAMA Geotechnical Description														
			DARBE SAYISI Num. of Blows	GRAFIK Graph															
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20	30	40	50	60	Profil Profile	SINIF TS 1500	Cep Penetrometresi	Kırıntı / 30 cm Fraction / 30 cm	Karot % Core Recovery	RQD	
57.50	SPT-17	57.50	5	7	10	17													
58.00																			
58.50																			
59.00																			
60.00	UD-18	60.00																	
60.50		60.50																	
61.00																			
61.50																			
62.00																			
62.50																			
63.00																			
63.50																			
64.00																			
64.50																			
65.00	UD-19	65.00																	
65.50		65.50																	
66.00																			
66.50																			
67.00																			
			SONDAJ MÜHENDİSİ - Drilling Eng.		İMZA-Sign	TARİH-Date													
			LOGU HAZIRLAYAN - Log Designer		İMZA-Sign	TARİH-Date													
			ERTAN BOL																
			Jeoloji Yüksek Mühendisi-SAÜ				03-10-2001												



Sondaj Derin (m) Boring Depth (m)		Numune Cinsi Sample Type		Manevra Boyu Run		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test		ARAZİDE TANIMLAMA Geotechnical Description		Profil Profile		SINIF TS 1500		Cep Penetrometresi		Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm		Karat % Core Recovery		RQD			
						DARBE SAYISI Num. of Blows	GRAFIK Graph																
68.00																							
69.00																							
69.50																							
70.00	UD-20																						
70.50									Yeşil Az Siltli Kil														
71.00																							
72.00																							
73.00																							
74.00																							
74.30																							
74.50	UD-21								Gri-Yeşil Kum														
75.00																							
75.30																							
75.50									Yeşil Az Killi Silt														
76.00																							
76.30																							
76.50																							
77.00									Yeşil-Gri Kum														

SONDAJ MÜHENDİSİ - Drilling Eng.	İMZA-Sign	TARİH-Date
LOGU HAZIRLAYAN - Log Designer	İMZA-Sign	TARİH-Date
ERTAN BOL Jeoloji Yüksek Mühendisi-SAÜ		03-10-2001

Sondaj Derin (m) Boring Depth (m)		Numune Cinsi Sample Type		Manevra Boyu Run		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test						ARAZİDE TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	SINIF TSS 1500	Çep Penetrometresi	Kırık / 30 cm Fracton / 30 cm	Kırot % Core Recovery	RQD
						DARBE SAYISI Num. of Blows			GRAFİK Graph									
		0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20	30	40	50	60							
78.00												Gri-Yeşil Kum						
79.00																		
80.00												Gri-Yeşil Çakıllı Kum						
81.00																		
82.00												Gri Yeşil İri Çakıllı Kum (Çakıllar Köşeli)						
83.00																		
84.00																		
85.00												Gri-Yeşil Çakıllı Kum						
86.00																		
87.00																		
												SONDAJ MÜHENDİSİ - Drilling Eng.	İMZA-Sign	TARİH-Date				
												LOGU HAZIRLAYAN - Log Designer	İMZA-Sign	TARİH-Date				
												ERTAN BOL Jeoloji Yüksek Mühendisi-SAU		03-10-2001				



# SONDAJ LOGU BORING LOG

# DSİ

Sayfa/Page: 9

Sondaj/Boring No: A-1

Sondör/Driller: Ünal GÖKMEN





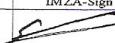


Sondaj Derin (m) Boring Depth (m)		Numune Cinsi Sample Type	Manevra Boyu Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test											ARAZİDE TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	SINIF TS 1500	Çap Penetrometresi Kırk / 30 cm Fraction / 30 cm	Kıvrım % Core Recovery	RQD
				DARBE SAYISI Num. of Blows					GRAFİK Graph											
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20	30	40	50	60							
117.00														117.10	Yeşil Kil					
118.00															Yeşilimsi Koyu Gri kil					
119.00														118.20						
120.00														119.30	Yeşil Kil					
121.00														120.10	Yeşil Siltli Kil					
122.00														121.00	Koyu Yeşil Kil					
123.00														121.50	Yeşil Kil					
124.00														122.00	Yeşil Siltli Kil					
125.00														122.90						
126.00														125.00	Koyu Yeşil Kil					
127.00														125.50	Koyu Yeşil-Siyah Kil					
		UD-26	125.50											125.50						
			126.00											126.00		?				
															Yeşil Kil (Yer yer Beyaz Nodüllü)					
SONDAJ MÜHENDİSİ - Drilling Eng.												İMZA-Sign	TARİH-Date							
LOGU HAZIRLAYAN - Log Designer												İMZA-Sign	TARİH-Date							
ERTAN BOL Jeoloji Yüksek Mühendisi-SAÜ													03-10-2001							







Sondaj Derin (m) Boring Depth (m)		Numune Cinsi Sample Type	Manevra Boyu Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test		ARAZIDE TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	SINIF TS 1500	Cep Penetrometresi	Kırık / 30 cm Fracton / 30 cm	Karat % Core Recovery	RQD
				DARBE SAYISI Num. of Blows	GRAFİK Graph							
148.00				0-15 cm		Koyu Gri Kum						
149.00			15-30 cm		10 20 30 40 50 60							
150.00			30-45 cm									
151.00			N									
152.00						Yeşil Kil						
153.00												
154.00						Yeşil-Kahve Kil						
155.00												
156.00						Kahve Kil						
157.00												
						Yeşil Kum						
SONDAJ MÜHENDİSİ - Drilling Eng.							IMZA-Sign	TARİH-Date				
LOGU HAZIRLAYAN - Log Designer							IMZA-Sign	TARİH-Date				
ERTAN BOL Jeoloji Yüksek Mühendisi-SAU								03-10-2001				



# SONDAJ LOGU BORING LOG

# DSİ

Sayfa/Page: 16

Sondaj/Boring No: A-1

Sondör/Driller: Ünal GÖKMEN











Ek 2 - Sakarya Atatürk Stadı Sondaj Logu

KİME TİPİ		RİGİTİPİ	QIS-300	KOORDİNAT K-G(Y)	COORDINATE N-S(Y)	MOTEAHİT - CONTRACTOR	
KAYIT YÖNÜ		DRILLING METHOD	ROTARY	KOORDİNAT D-B(X)	COORDINATE E-W(X)	EŞER TEK SAN. TİC. A.Ş.	
KAYIT TARİHİ		START DATE	13.01.1998	SAPMA (M)	OFFSET (M)	SONDAJ YERİ - BORING LOCATION	
KAYIT TARİHİ		FINISH DATE	18.01.1998	DERİNLİK (M)	DEPTH (M)	ADAPAZARI BELEDİYESİ	
KAYIT YERİ		STATION (KM)		NUMUNE/TEST	SAMPLE/TEST	YERALTİ SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA	
KAYIT YERİ		GROUND ELEVATION		TOPLAM (ADET)	TOTAL (EACH)	1.70 metre	
BORING DEPTH (M)	1	1.50	SPT	2	3	4	DOLGU (Kum)
	2	1.95	SPT	8	16	20	Bloklu iri Çakıllı Kil. (Dolgu)
	3	3.00	UD				1.20
	4	3.50	SPT	9	13	24	Çakıllı Kumlu Kil. Yeşilimsi renkte. Orta plastik. Çakıllar ufak deneye pıdır. Orta katı.
	5	3.95	SPT	9	18	23	Silt. Gri-yeşilimsi renkte. Orta katı.
	6	4.50	SPT	9	6	7	3.60
	7	4.95	SPT	9	6	7	Çakıllı Kum. Gri-yeşil renkte. Kumlar (deneye kumu) iri-inca deneli. Çakıllar ufak dene çapında yer yer iri deneli. Katı kuvvetli orijini.
	8	6.00	UD	(BETMADU)			Silt. (UD-2 betmade)
	9	6.50	SPT	9	6	7	7.20
	10	6.95	SPT	6	6	7	Kıllı Silt (Çarpık) Kumlu Silt. Siyahimsi ve kül renkte Birimler ortarda da vaz etmekte. Katı.

A. Duran

NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE		ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SOIL EVALUATION				KAYA TANIMI - ROCK DESCRIPTION		İŞGİYELER-IMPVS		SONDAJ-DRILLER	
		İNCE TANELİ	FİNE GRAINED	İRİ TANELİ	COARSE GRAINED	ROD	TANIM	DESCRIPTION	NO	BOZULMUŞ NUMUNE	Y-İYAGLI
SPT	STD PENETRATION	0-2	VERY SOFT	0-4	VERY LOOSE	0-25	ÇOK ZATIF	VERY WEAK	NO <td>UNDISTURBED SAMPLE</td> <td>İSİM-NAME</td>	UNDISTURBED SAMPLE	İSİM-NAME
P	PISTON - PISTON	2-4	SOFT	5-10	LOOSE	25-50	ZATIF	WEAK	NO <td>ENGINEER</td> <td>İSİM-NAME</td>	ENGINEER	İSİM-NAME
SH	SELBI - SELBY TUBE	4-6	ORTA KATI	11-30	ORTA SIKI	50-75	ORTA	MEDİUM	NO <td>BOZULMUŞ NUMUNE</td> <td>İSİM-NAME</td>	BOZULMUŞ NUMUNE	İSİM-NAME
		6-15	KATI	31-50	SIKI	75-90	İYİ	GOOD	NO <td>DISTURBED SAMPLE</td> <td>İSİM-NAME</td>	DISTURBED SAMPLE	İSİM-NAME
		16-30	ÇOK KATI	51-80	ÇOK SIKI	90-100	ÇOK İYİ	VERY GOOD	NO <td></td> <td>İSİM-NAME</td>		İSİM-NAME
		30	SERT	81-100	ÇOK SIKI				NO <td>KAROT</td> <td>İSİM-NAME</td>	KAROT	İSİM-NAME
									NO <td>COPE</td> <td>İSİM-NAME</td>	COPE	İSİM-NAME









**ZEMİN SONDAJ LOGU**  
**SOIL BORING LOG**

SONDAJ NUMARASI  
BORING NUMBER  
**SK.1/4**

TİPİ: RIG. TYPE: GMS-300	KOORDİNAT K-G(Y) COORDINATE N-S(Y)	MÜTEAHHİT - CONTRACTOR
METODU: DRILLING METHOD: ROTARY	KOORDİNAT D-B(X) COORDINATE E-W(X)	<b>ESEER TEL. SON. TIC. AŞ</b>
TARİHİ: START DATE: 18.01.1998	SAPMA (M) OFFSET (M)	SONDAJ YERİ - BORING LOCATION
ARZIHI: FINISH DATE: 18.01.1998	DERİNLİK (M) DEPTH (M)	<b>ADAPAZARI BCD</b>
N (KM): STATION (KM)	NUMUNE/TEST SAMPLE/TEST	LD SPT BST PR
OTU: GROUND ELEVATION	TOPLAM (ADET) TOTAL (EACH)	60.00

YERALTI SUYU DURLUĞU - GROUND WATER DATA	1.70
ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	

TABAKA DERİNLİĞİ (M) LAYER DEPTH (M)	NUMUNE NUMARASI SAMPLE NUMBER	NUMUNE DERİNLİĞİ (M) SAMPLE DEPTH (M)	NUMUNE TÜRÜ SAMPLE TYPE	30 CM İÇİN DARE SAYISI BLOWS PER 30 CM			STANDART PENETRASYON GRAFİĞİ	STANDART PENETRASYON GRAPH	KOROT % CORE %	ROD %	SİLİNDİRİK KOROT % CYLINDRICAL CORE %	ÇATLAK SAYISI NUMBER OF JOINTS	EKLEM TAKIM SAYISI SET OF JOINTS	BASINÇLI SUYU TESTİ PRESS. WATER TEST	PRESİJİYOMETRE TESTİ PRESSIOMETER TEST	ZEMİN PROFİLİ SOIL SAMPLE	
				15	30	45											
19	3000	30.45	SPT	10	11	17											Siltli Kum - Kumlu Silt. (10-15 cm kalınlıkta plastik kil bentleri mevcut.)
20	3045	33.00	SPT	9	13	15											
21	3045	36.00	SPT	9	11	13											
22	3045	39.00	SPT	8	20	15											

39.20  
0.70 mlik Kil. Sığah renkte.  
39.40

*L. Duran*

NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE	ZEMİN DEĞERLENDİRİŞİ - SOIL EVALUATION	KAYA TANIMI - ROCK DESCRIPTION	İŞARETLER-MARKS	SONDOR-DRILLER	İSİM-NAME
1) STD PENETRASYON STD PENETRATION	İNCE TANELİ FINE GRAINED	ROD TANIMI DESCRIPTION	1) İŞARETLER-MARKS	<b>Y. YAĞLI</b>	
2) PİSTON - PISTON	VERY SOFT	0-25 ÇOK ZAYIF VERY WEAK	2) BOĞULMAMIŞ NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE	MÜHÜRLEME-ENGINEER	
3) SELBİ - SELBY TUBE	ORTA KATI MEDIUM STIFF	25-50 ZAYIF WEAK	3) BOĞULMAMIŞ NUMUNE DISTURBED SAMPLE	<b>S. DURAN</b>	
	STİFF	50-75 ORTA MEDIUM	4) KOROT CONTROL-CHECKED		
	VERY STİFF	75-90 İYİ GOOD	5) KOROT CORE		
	VERY STİFF	90-100 ÇOK İYİ VERY GOOD			
	HARD				

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG										SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER <b>SK-115</b>		
NE TIPI RIG TYPE	DRILLING METHOD	COIS-300	ROTA	KOORDİNAT K-G(Y)	COORDINATE N-S(Y)	MÜTEAHHİT - CONTRACTOR <b>EJER TEL. SON-TI-C.A.S</b>						
BAŞI TARİHİ START DATE	SON TARİHİ FINISH DATE	13.01.1998	18.01.1998	SAPMA (M) DERINLIK (M)	OFFSET (M) DEPTH (M)	SONDAJ YERİ - BORING LOCATION <b>ADAPAZARI BLD</b>						
SYON (KM) STATION (KM)	YERELTİ SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA	1.70										
NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	NUMUNE/TEST SAMPLER	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION
1												Siltli Kum - Kumlu Silt. Gri-yeşil renkte. İnce daneli. 14i Petis miş. Yer yer 10-15cm kalınlıkta, yeşil renkte plastik kil bentleri mevcut. * Kil siltliği için UD Slinamıyör.* (Ortasıki - Gokkati)
2	42.00	23	42.45	SPT	10	12	14					
3												
4												
5	45.00	24	45.45	SPT	10	9	12					
6												
7												
8	48.00	25	48.45	SPT	10	12	13					
9												
10												
Siltli Kil. Gri-yeşil yarıya kil renkli. Plastik özellik te. Yer yer 10-15cm kalınlıkta siltli kum bentleri mevcut. * Kil siltme özelliği gösteriyor. (Gokkati - Ortasıki) t. Duran.												

NUMUNE ALICI TIPI - SAMPLER TYPE	ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SOIL EVALUATION	KAYA TANIMI - ROCK DESCRIPTION	SAPRETLER-MARKS	SONDAÇ DRİLLER	İSİM-NAME
STD PENETRATION PISTON - PISTON SELBİ - SELBY TUBE	0-2 ÇOK YUMUŞAK 0-4 YUMUŞAK 5-8 ORTA KATI 9-15 KATI 16-30 OK KATI 30- SERİ	0-4 İNCE TANELİ 5-10 İNCE TANELİ 11-30 ORTA SIKI 31-50 SIKI 50-75 ÇOK SIKI 75-100 ÇOK SIKI 100-150 ÇOK SIKI	0-25 ÇOK ZAYIF 25-50 ZAYIF 50-75 ORTA 75-90 İYİ 90-100 ÇOK İYİ 100-150 ÇOK İYİ	10 BOZULMAMIŞ NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE 11 BOZULMUŞ NUMUNE DISTURBED SAMPLE 12 KAYIT 13 ÇİRE	7. YAĞLI S. DURAN

















Ek 4 - Yeni Cami Sondaj Logu

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG										SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER		
Yeni Camii Arkası										SE.3/1		
KARAR TÜRÜNE										MÜHÜR - CONTRACTOR		
ESEL 7ER.300.71C-45												
SONDAJ YERİ - BORING LOCATION										ADAPAZARI BLD		
YERALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA										0.90 mt		
ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION										DOLGU MALZEMESİ		
1												
2												
3	300	LD										
4	350	SPT	3	5	7							
5	500	SPT	4	6	9							
6	545											
7	650	SPT	10	21	22							
8	695											
9	800	SPT	7	10	14							
10	845											
	950	SPT	9	13	18							
	995											

1.70

Siltli Kil.  
Kahve ve sarımsı renkte. Orta plastik.  
Yer yer ince daneli kum bantları mevcut.  
Kati.

5.30

Siltli Kil.  
Gri-yeşil renkli. Plastik.  
Kati.

6.20

Siltli Kum.  
Gri-yeşil renkli. Kumlar ince daneli. İyi petrişmiş.  
Siki.

7.40

Siltli Kil.  
Griimsi ve yeşil renkte plastik. Nemli.  
Çok kati. Sert.

A. Duran.

NÜMUNE ALICI TİPİ - SAMPLER TYPE		ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SOIL EVALUATION				KAYA TANIMI - ROCK DESCRIPTION				İŞARETLER - MARKS		SONDAJÇI - DRILLER					
SPT	STO PENETRASYON	İNCE TANELİ	FİNE GRAINED	ORTA TANELİ	COARSE GRAINED	POD	TANIM	DESKRİPSİYON	NO	BOZULMUŞ NÜMUNE	NO	SONDAJÇI					
	STO PENETRASYON	0-2	ÇOK YUMUŞAK	3-4	YUMUŞAK	5-10	ÇOK GEYSEK	11-20	GEYSEK	21-30	ORTA SIKI	31-50	SIKI	51-100	ÇOK SIKI	101-200	ÇOK SIKI
	PİSTON - PISTON	0-2	ÇOK YUMUŞAK	3-4	YUMUŞAK	5-10	ÇOK GEYSEK	11-20	GEYSEK	21-30	ORTA SIKI	31-50	SIKI	51-100	ÇOK SIKI	101-200	ÇOK SIKI
	SELBY - SELBY TUBE	0-2	ÇOK YUMUŞAK	3-4	YUMUŞAK	5-10	ÇOK GEYSEK	11-20	GEYSEK	21-30	ORTA SIKI	31-50	SIKI	51-100	ÇOK SIKI	101-200	ÇOK SIKI

İŞARETLER - MARKS		SONDAJÇI - DRILLER	
NO	BOZULMUŞ NÜMUNE	NO	SONDAJÇI
	UNDISTURBED SAMPLE	4. YAGLI	
NO	BOZULMUŞ NÜMUNE	NO	SONDAJÇI
	DISTURBED SAMPLE	S. D. CIBAN	
NO	KAROT	NO	SONDAJÇI
	COPE		



ESER

ZEMİN SONDAJ LOGU  
SOIL BORING LOGSONDAJ NUMARASI  
BORING NUMBER

SK.3/3

İSİME SONDAJ VE TİCARİET A.Ş.  
İSKARA - TÜRKİYE

KİME TİPİ - RIG TYPE	QIS-300	KOORDİNAT K-C(Y)	COORDINATE N-S(Y)	MÜTEAHHİT - CONTRACTOR
SONDAJ YERİ - BORING LOCATION	ADAPAZARI BLD	KOORDİNAT D-B(X)	COORDINATE E-W(X)	EŞER TEK.SON.TİC.AŞ
ADAJ METODU - DRILLING METHOD	ROTARY	SAPMA (M)	OFFSET (M)	
İSİME TARİHİ - START DATE	22.01.1992	DERİNLİK (M)	DEPTH (M)	60.00
TİS TARİHİ - FINISH DATE	24.01.1992	NUMUNE/TEST	SAMPLE/TEST	LD SPT BST PR
TASYON (KM) - STATION (KM)		TOPLAM (ADET) - TOTAL (EACH)		
MIN KOTU - GROUND ELEVATION				
				YERALTI SUYU DURLUJ - GROUND WATER DATA
				0.90 mt
				ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION

BORING DEPTH (M)	TASMAK DERİNLİĞİ LAYER DEPTH (M)	NUMUNE NUMARISI SAMPLE NUMBER	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH (M)	NUMUNE TİPİ SAMPLE TYPE	30 CM DABER BLOKS PER 30 CM	İÇİN SAYISI PER 30 CM	NUMUNE ALICI SAMPLER	STANDART PENETRASYON GRAFİĞİ	STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % CORE %	ROD %	SİLİNDİRİK KARBOT % CYLINDRICAL CORE %	ÇUKUK SAYISI NUMBER OF JOINTS	EĞİLİM TAKIMI SAYISI SET OF JOINTS	BAŞINCLU SU TESTİ PRESS. WATER TEST	PRESİYOMETRE TESTİ PRESSUREMETER TEST	ZEMİN PROFİLİ SOIL SYMBOL	
																		15
21	2050	12	2095	SPT														
22	2200	13	2245	SPT														
23	2350	14	2395	SPT														
24	2500	15	2545	SPT														
25	2650	16	2695	SPT														
26	2800	17	2845	SPT														
27	2950	18	2995	SPT														

Kil.  
Gri-yeşil renkte.  
plastik.

26.40

Siltlikim.  
Gri-yeşil renkte.  
ince doneli ipi pektims.  
Gök siki.  
Yer yer 10-20cm'lik  
plastik kil bentler  
mavut.(Gök katı)

A. Duran.

NUMUNE ALICI TİPİ - SAMPLER TYPE	ZEMİN DEĞERLENDİRİLMİŞİ - SOIL EVALUATION	KAYA TANIMI - ROCK DESCRIPTION	İSİME TİPİ - MARK	SONDAJCI - DRILLER	İSİME - NAME
SPT STD PENETRASYON STD PENETRATION	İNECE TANELİ FINE GRAINED	ROD	LD	Y. YAĞLI	
P PİSTON - PISTON	0-4 ÇOK YUMUŞAK VERY SOFT	0-25 ÇOK ZAYIF VERY LOOSE	LD		
SH SELBİ - SHELBY TUBE	5-10 YUMUŞAK SOFT	25-50 ZAYIF WEAK	LD	S. DURAN	
	5-8 ORTA KATI MEDIUM STIFF	50-75 ORTA MEDIUM	LD		
	8-15 KATI STIFF	75-90 İYİ GOOD	LD		
	15-30 ÇOK KATI VERY STIFF	90-100 ÇOK İYİ VERY GOOD	LD		
	30 SERT HARD		LD		





ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG										SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK3/6		
MÜHÜR MİDRAJ VE TİCARİET A.Ş. TÜRKİYE										MÜTEAHHİT - CONTRACTOR ESER TEK SAN TİC.AŞ		
RİG TYPE GMS-300										COORDİNATE K-G(Y) COORDİNATE N-S(Y)		
DRILLING METHOD ROTARY										COORDİNATE D-B(X) OFFSET (M)		
START DATE 22.01.1998										SAPMA (M)		
FINISH DATE 24.01.1998										DERİNLİK (M)		
STATION (KM)										DERİNLİK (M)		
GROUND ELEVATION										TOPLAM (ADET)		
TOTAL (EACH)										LD		
SPT										BST		
PR										APAPAZARI BLD		
YERALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA										0.90mt		
ZEMİN TANIMLARI SOIL DESCRIPTION										Siltli Kum-Kil. Gri-yeşil renkte. Ardarda devam etmekte. Sert - (Cok katı)		
ZEMİN TANIMLARI SOIL DESCRIPTION										53.60		
ZEMİN TANIMLARI SOIL DESCRIPTION										Siltli Kum, Gri-yeşil renkte. İnce daneli iyi pekismiş. Ara ara plastik katı kil bantları devam etmekte. Cok katı.		
ZEMİN TANIMLARI SOIL DESCRIPTION										60.50 KUYUBALI		
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SOIL EVALUATION										KAYA TANIMI - ROCK DESCRIPTION		
İŞHETLER-MARKS										SONDAR-DRILLER		
BOĞULMANSI NUMANE UNDISTURBED SAMPLE										Y. YAĞLI		
BOĞULMANSI NUMANE DISTURBED SAMPLE										S. DURAN		
KAROT CORE										KONTROL-GEÇERDİ		
25	51.00	SPT	13	28	22							
26	54.45	SPT	28	34	42							
27	57.00	SPT	35	41	50							
28	57.42	SPT			12							
29	60.00	SPT	41	48	50							
30	60.45	SPT			14							







ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG										SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-713	
MACHINE TYPE RIG TYPE		GMS-300		COORDINATE K-G(Y)		COORDINATE N-S(Y)		MACHINE CONTRACTOR		FJER TEKSON TIC.AS	
SONDAJ METODU DRILLING METHOD		ROTARY		COORDINATE D-B(X)		COORDINATE E-W(X)		MACHINE LOCATION		Abderson Bld.	
BAŞLAMA TARİHİ START DATE		10.07.98		SAPMA (M) DEPTH (M)		OFFSET (M)		SONDAJ YERİ - BORING LOCATION		YERALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA	
BİTİŞ TARİHİ FINISH DATE		17.07.98		DERİNLİK (M) DEPTH (M)		5050		ZEMİN TANILMASI SOIL DESCRIPTION		2.10mt	
İSTASYON (KM) STATION (KM)		GROUND ELEVATION		NUMUNE/TEST SAMPLE/TEST		LO SPT BST PR					
ZEMİN KOTU GROUND ELEVATION		TOPLAM (ADET) TOTAL (EACH)		STANDART FENETRASYON GRAFİĞİ STANDARD PENETRATION GRAPH		KAROT % ROD %		SİLİNDİRİK KAROT % CYLINDRICAL CORE %		EĞER TAKILMISAYISI SET OF JOINTS	
30 CM İÇİN DÖNME SAYISI BLOKLER HER 30 CM		NUMUNE ALICI SAMPLER		15 30 45		10 20 30 40		EĞER TAKILMISAYISI SET OF JOINTS		BASINLI SU TESTİ PRESS. WATER TEST	
NUMUNE NUMARASI SAMPLE NUMBER		NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH (M)		NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH (M)		NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH (M)		EĞER TAKILMISAYISI SET OF JOINTS		PRESİYONMETRE TESTİ PRESSUREMETER TEST	
TABAKA DERİNLİĞİ LAYER DEPTH (M)		NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH (M)		NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH (M)		NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH (M)		ZEMİN PROFİLİ SOIL SYMBOL			
21	21.00	13	21.45	SPT	14	17	21				
22	22.50	14	22.95	SPT	17	17	24				
23	24.00	15	24.45	SPT	9	14	16				
24	25.50	16	25.95	SPT	11	10	15				
25	27.00	17	27.45	SPT	12	11	13				
26	28.50	19	28.95	SPT	12	10	12				
Siltli Kum-Siltli Kil.											
H. Duran.											



ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG										SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER: SG 7/5		
MAKİNE TİPİ RIG TYPE		GMS-300		KOORDİNAT K-CY COORDINATE N-S(Y)		KOORDİNAT D-B(X) COORDINATE E-W(X)		MÜTEAHHİT - CONTRACTOR				
SONDAJ YERİ START DATE		10.02.98		SAPMA (M) OFFSET (M)		DERİNLİK (M) DEPTH (M)		E. İZREK İNŞ. D. C. A. J.				
BİTİŞ TARİHİ FINISH DATE		17.07.98		NUMUNE/TEST TOTAL (EACH)		LD		SPT		BST		
İSTASYON (KM) STATION (KM)		5.50		SONDAJ YERİ - BORING LOCATION		ADAPAZAR BLD		YERALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA				
ZEMİN KOTU GROUND ELEVATION		21.00m		ZEMİN TANILMASI SOIL DESCRIPTION		2.10m						
41												
42	23	4200	4205	7	10	16						Açıklama 3'ncü sifariş.
43												
44												
45	24	4300	4305	11	16	24						
46												
47												
48	25	4400	4405	13	16	19						
49												
50	26	5000	5005	15	13	18						S. Duran

NUMUNE ALICI TİPİ - SAMPLER TYPE		ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SOIL EVALUATION				KAYA TANIMI - ROCK DESCRIPTION		İSARETLER - MARKS	
SPT	STD PENETRATION	FINE GRAINED	FINE GRAINED	COARSE GRAINED	ROD	TANIM	DESCRIPTION	BOZULMUŞ NUMUNE	SONDOR-GRİLLER
P	PISTON - PISTON	0-2	0-4	0-25	0-25	00K ZATIF	VERY WEAK	BOZULMUŞ NUMUNE	4-0464
SH	SELBİ - S-CLEY TUBE	3-4	5-10	25-50	25-50	00K	WEAK	BOZULMUŞ NUMUNE	S. DURAN
		5-8	11-20	50-75	50-75	00K	MEDIUM	BOZULMUŞ NUMUNE	
		9-15	31-50	75-90	75-90	00K	GOOD	BOZULMUŞ NUMUNE	
		16-30	50	90-100	90-100	00K	VERY GOOD	BOZULMUŞ NUMUNE	
		30						CONTROL - O-EDED	

## ÖZGEÇMİŞ

20.04.1982 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2001-2002 yılında Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümünde yüksek öğrenime başladı. 2005 yılında bu bölümden mezun olarak Teknik Öğretmen unvanı aldı. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda lisansüstü eğitim almaya hak kazandı. Halen lisansüstü eğitimini sürdürmektedir.