

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZEMİN ETÜDÜ SONDAJ BULGULARININ
SİSMİK VE YER RADARI GİBİ TEKNİKLERLE
KARŞILAŞTIRILMASI

Seher ALOĞLU

Ağustos, 2006
İZMİR

ZEMİN ETÜDÜ SONDAJ BULGULARININ SİSMİK VE YER RADARI GİBİ TEKNİKLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı

Seher ALOĞLU

Ağustos, 2006

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SEHER ALOĞLU tarafından PROF. DR. NECDET TÜRK yönetiminde hazırlanan “ZEMİN ETÜDÜ SONDAJ BULGULARININ SİSMİK VE YER RADARI GİBİ TEKNİKLERLE KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

PROF.DR. NECDET TÜRK

Yönetici

PROF.DR.M. YALÇIN KOCA

Jüri Üyesi

DOÇ.DR.MUSTAFA AKGÜN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yöneten ve değerlendiren değerli hocam Prof. Dr. Necdet TÜRK'e saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

Büro çalışmalarım sırasında çok fazla yardımını gördüğüm Arş. Gör. Dr. Cem KINCAL'a...

Arazi çalışmaları sırasında sismik kırılma yöntemiyle hız ve yer radarı ölçümlerinin alınmasında yardımlarından dolayı Jeofizik Mühendisi Levent Enfiyeci, Arş Gör. Aykut AKGÜN'e, Jeoloji Mühendisi Neslihan DEMİRBASA'ya, Jeoloji Mühendisi Bilge ARSLANTAŐ'a ve Jeoloji Mühendisi Serkan GÜNANA'ya.....

Sismik kırılma ve yer radarı sonuçlarını değerlendirmemde yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. őenol ÖZYALIN'a...

Tez yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen Arş Gör. Ulaő İnan SEVİMLİ, Arş. Gör. Hülya Kaçmaz'a, Arş. Gör. Ülkü Karakurt'a ve Arş. Gör. Toygar Akar'a....

Ve

Bana bu yaşıma kadar her konuda güvenen ve destek olan Aileme sonsuz teőekkürler.

Seher ALOĞLU

ZEMİN ETÜDÜ SONDAJ BULGULARININ SİSMİK VE YER RADARI GİBİ TEKNİKLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZ

Zemin etütleri sırasında açılan sondajlarla çok kısıtlı bir alan hakkında bilgi edinilmekte, çoğu kez yer altı hakkında daha güvenilir bilgi edinmek için sondaj sayısı ve derinliğini arttırmak gerekmekte ve bu da yapılan çalışmaların maliyetini arttırmaktadır. Diğer bir sorun da sondajlardan alınan numunelerin çok lokal bir alanı ve sonuçların çalışma alanının tamamını ne derecede temsil ettiğiidir. Bu nedenle zemin etütlerinde kullanılmak üzere, yeryüzünün doğal yapısını bozmayacak şekilde, hızlı ve ekonomik teknolojiler geliştirilmektedir. Jeofizik yöntemlerden sismik kırılma ve yer radarı yöntemleri uygulamada kullanılan teknolojinin başlıcalarıdır. Günümüzde yer altı hakkında sismik kırılma ve yer radarı yöntemi gibi tekniklerle daha geniş alanlar hakkında, kısa sürede daha ekonomik olarak bilgi edinmek mümkündür. Sismik kırılma yönteminin çalışma prensibi, yapay olarak oluşturulan sismik dalgaların yeraltına gönderilmesi ve bu dalgaların ilerledikleri ortamların fiziksel özelliklerini kayda alarak yüzeye yerleştirilen jeofonlar aracılığı ile sinyallerin kaydedilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Diğer bir yöntem olan yer radarı (GPR), verici anten tarafından üretilen ve yeraltına gönderilen yüksek frekanslı elektromagnetik dalgaların ilerledikleri ortamların dielektrik farklılık gösterdiği ara yüzeylerinden yansiyarak alıcı anten tarafından kayıt cihazında toplanması ve yeraltının sürekli profilinin çıkarılması şeklinde çalışır. Arazi çalışmalarında GPR, kullanım kolaylığı bakımından çok basit bir sistem olup, bu yöntem kullanıldığında çok hızlı bir şekilde veri elde edilmektedir. Bu özellikleri GPR'ı mühendislik çalışmalarında sık kullanılan bir yöntem haline getirmektedir.

İzmir İli, Bornova İlçe sınırları içerisindeki 1/25.000 ölçekli L18-a2 ve 1/5000 ölçekli L18a-05c paftasında yer alan Ege Üniversitesi Kampus alanında, 4 noktada sismik kırılma ölçüm çalışmaları ve 7 noktada yer radarı çalışmaları yapılmış ve sonuçlar sondaj bulguları ile karşılaştırılmıştır. Sismik çalışmalar

sonucu çalışma alanına ait zemin dinamik parametreleri belirlenmiş ve yüzeyden 3,0, 6,0, 10,0 metre derinlikteki seviyelere ait V_p , V_s sismik hız kontur dağılım haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak hazırlanmıştır. Yer Radarı çalışmaları sonuçları, sondaj bulguları ile karşılaştırılmıştır. Sismik kırılma ve yer radarı yöntemlerinin zemin etütlerinde uygulanabilirliği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yer Radarı, Sismik Kırılma Yöntemi, Zemin Etüdü, Bornova Ege Üniversitesi kampüsü.

COMPARISON OF THE SITE INVESTIGATION BOREHOLE FINDINGS WITH THE SEISMIC AND GROUND PENETRATING RADAR TECHNIQUES

ABSTRACT

When site investigations realized for a new buildings people excavate the ground surface and natural structure of it becomes damaged. Drilling for site investigations aren't represent whole region, so necessary to increase number and depth of drilling for more reliable information and this process cause increase cost of drilling. The another problem is what is the confidence limits of samples that were taken from local areas, and represent this areas not whole region.

For this reason, quick and economical technologies have been developed without the disturbance of the nature of ground surface during site investigations. Ground Penetrating Radar (GPR) and seismic methods of geophysical methods are the main technologies. It is possible to obtain information about underground in a short time and more economical with seismic refraction and GPR methods at present. Seismic refraction's principle of it artificially formed seismic waves send to underground, and geophones recorded reflected signals that evolved as a result of the physical properties of the environment where the signal advancing. GPR is another method, work as, high frequency electromagnetic waves which are produced by transmitter antenna pass through an environment which shows dielectricity potential surface of the recorded in a device with receiver antenna and continuous profile of the underground are obtained. When GPR system is used in the field, data is obtained quickly because of its easy loading and usability. These properties of the GPR provided that it is widely used in the engineering applications.

Four seismic refraction and seven GPR method were applied in the Ege University Campus area located in the Bornova Town of the İzmir Administrative Province in the L18-a2 sheet 1/25 000 scaled topographical map sheet, in the

L18a-05c 1/5 000 scaled topographical map sheet, results of them were compared with the drilling findings and each other. Dynamic properties of soil were determined as a result of the seismic studies, seismic velocity contour distribution map of the V_p and V_s belong to the 3.0, 6.0 and 10.0 meter were prepared with using the Geographical Information System (GIS). GPR results were compared with the seismic. Seismic refraction and GPR methods are discussed applicability or suitability for the site investigations.

Keywords: Ground Penetrating Radar, Seismic Refraction Methods, Site Investigations, Bornova Ege University Campus.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1 Giriş	1
1.2.Çalışma Alanı	1
1.3 Çalışmanın Amacı	1
1.4 Çalışma Yöntemi	3
1.5 Morfoloji.....	6
1.6 İklim ve Bitki Örtüsü.....	6
BÖLÜM İKİ – GENEL JEOLojİ.....	7
2.1 İzmir Yöresinin Genel Jeoloji.....	7
2.1.1 Bornova Karmaşığı	7
2.1.2 Neojen Tortulları ve Volkanitleri.....	7
2.1.3 Alüvyon.....	8
2.2 Çalışma Alanının Jeolojisi.....	8
2.3 Önceki Çalışmalar	11
2.4 Bornova Civarının Alüvyal Jeomorfolojisi	13
BÖLÜM ÜÇ – MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ.....	15
3.1 Giriş	15
3.2 Sondaj Verilerinden Yararlanılarak Jeolojik Kesit Alımı	15
3.3 Kampüs alanının tabanındaki zeminlerin özellikleri	22
3.4 Çalışma Alanı Yeraltı Su Durumu.....	25

BÖLÜM DÖRT – SİSMİK KIRILMA YÖNTEMİ.....	26
4.1 Genel Açıklamalar	26
4.2 Mühendislik Jeolojisinde P ve S Dalga Hızlarının Önemi	27
4.3 Sismik Kırılma Sonucu Bulunan Elastik Parametreler.....	27
4.4 Sismik Çalışmalar	30
4.4.1 Kullanılan Ekipman.....	30
4.5 Çalışma Alanında Yapılan Sismik Kırılma Çalışmaları.....	31
4.6 Sismik Profillerin Değerlendirilmesi.....	34
BÖLÜM BEŞ – YER RADARI (GPR).....	39
5.1 Yer Radarı.....	39
5.2 Yer Radarının Çalışma Prensibi	39
5.3 Yer Radarının Çalışmasına Etki Eden Faktörler	40
5.4 Yer Radarı Uygulama Alanları.....	45
5.5 Yöntemin Üstün ve Zayıf Noktaları	46
5.6 Yer Radarının Jeoteknik Problemlerinde Kullanımının Önemi	46
5.7 GPR ile Önceden Yapılmış Çalışmalar	48
5.8 Yer Radarı ile Çalışma Alanında Yapılan Çalışmalar	49
BÖLÜM ALTI – DEĞERLENDİRME.....	56
6.1. Laboratuvar Bulguları ile Sismik Verilerin Karşılaştırılması.....	56
6.2 Sismik Kırılma Bulguları ile Sondaj Bulgularının Karşılaştırılması.....	58
6.2.1 Vp ve Vs hızlarından Yararlanılarak Yapılan Hız Dağılım Haritaların Yorumu	59
6.2.2 Vp, Vs ve Sondaj Verilerinden Elde Edilen SPT (N30) İlişkisi.....	67
6.2.3 Sismik Kırılma SPT ve Sondaj SPT değerlerinin karşılaştırılması	75
6.2.4 Sismik Kırılma Afet Zemin Grubu ile Sondaj Verilerinden Elde Edilen Zemin Gruplarının Karşılaştırılması	78
6.3 Yer Radarı Bulguları ile Sondaj Bulgularının Karşılaştırılması.....	82

BÖLÜM YEDİ – SONUÇLAR	87
7.1 Sismik Çalışmalar	87
7.2 Yer Radarı Çalışmaları	88

KAYNAKLAR.....	89
-----------------------	-----------

EKLER

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Giriş

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

1.2 Çalışma Alanı

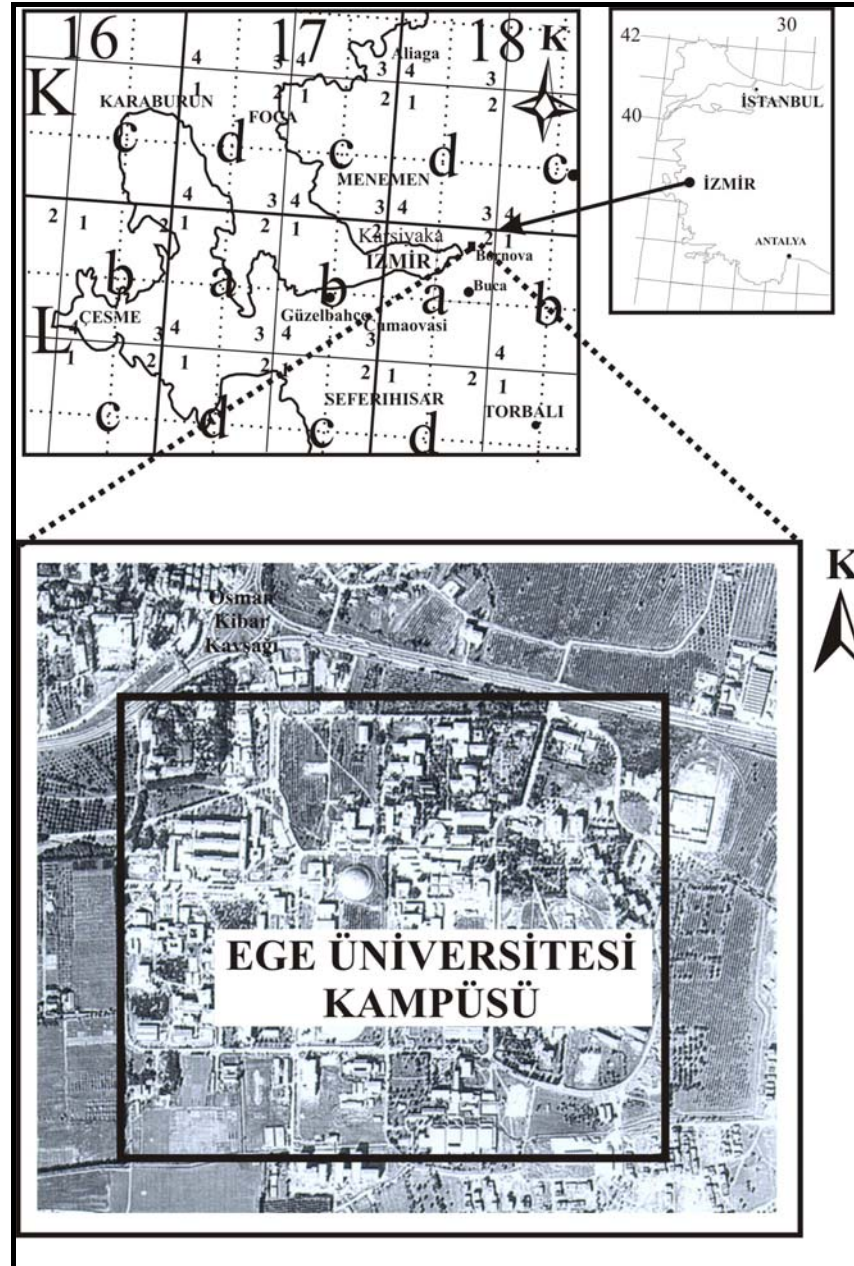
Çalışma alanı, İzmir İli, Bornova İlçe sınırları içerisinde 1/25.000 ölçekli L18-a2 ve 1/5000 ölçekli L18a-05c paftasında yer alan Ege Üniversitesi Kampüs sahasıdır. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası Şekil 1.1'de, Ege Üniversitesi Kampüs alanının 1/1000 ölçekli L18A-05C-4A, L18A-05C-4B, L18A-05C-4D ve L18A-05C-4C pafta karelajıyla birlikte görünümü Şekil 1.2'de verilmiştir.

1.3 Çalışmanın Amacı

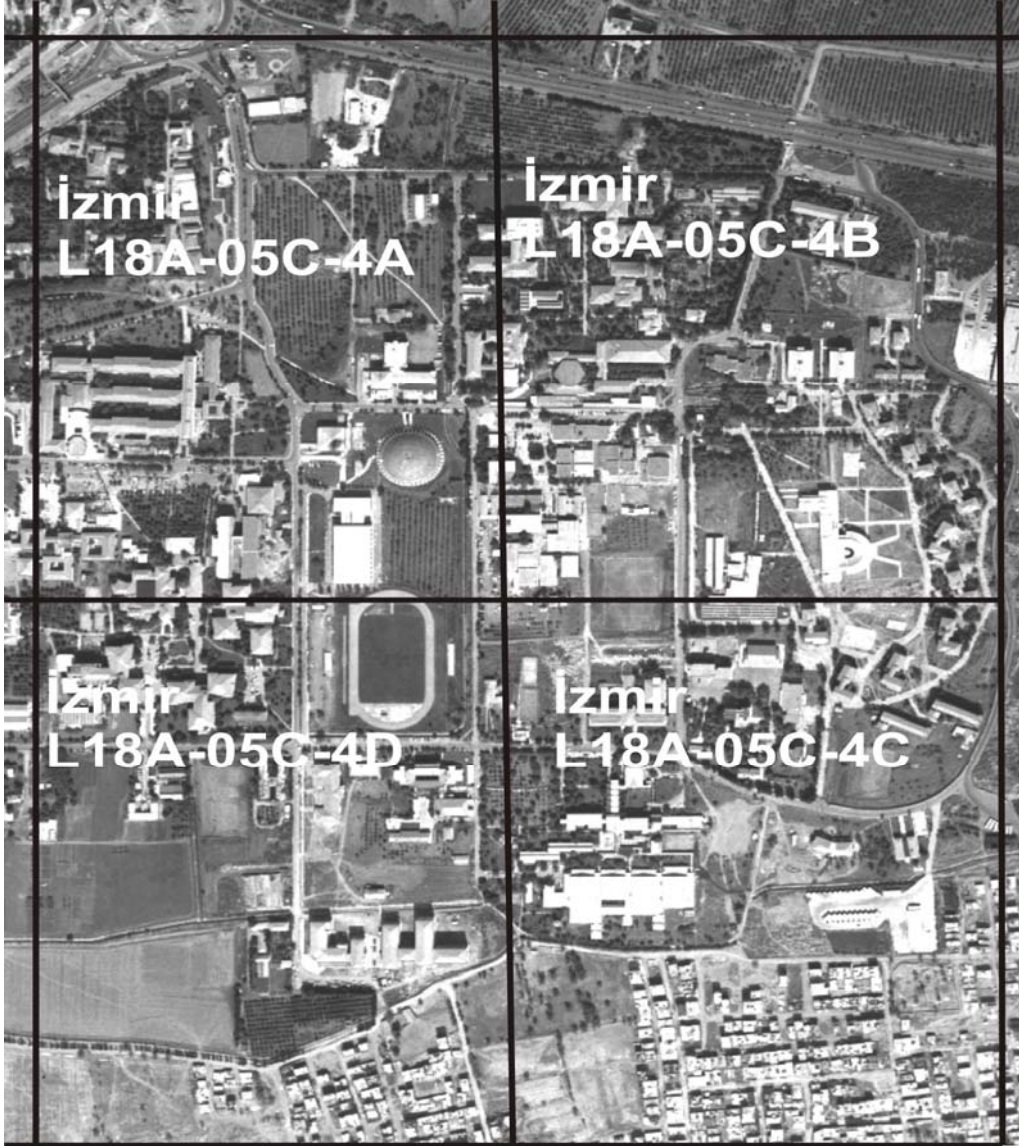
Zemin özellikleri arazide ve laboratuvarında yapılan deneyler ile belirlenmektedir. Araziden alınan zemin numuneleri arazinin çok küçük bir bölgesini temsil ettiği için elde edilen özellikler tüm tabaka için geçerli olmayabilmektedir. Ayrıca, alınan zemin numunelerinin örselenmeye uğraması elde edilen sonuçlar üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Numunelerin alınması sırasında çevreye verilen tahribat, zaman ve yüksek maliyet yine dezavantaj oluşturmaktadır. Bu nedenle zemin özelliklerini, gerçeğe daha yakın belirleyebilmek amacıyla laboratuvar deneyleri ile birlikte kullanımı daha kolay, maliyeti daha düşük ve çevreye herhangi bir zarar vermeyecek arazi deneylerinin de yapılması ve sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi daha uygun olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, zemin sondaj bulgularının sismik kırılma ve yer radarı yöntemiyle elde edilenlerle karşılaştırılmasını yapmaktır.

Zemin sondajlarıyla, arazide çok dar bir alanın derinlikle değişen özellikleri belirlenmektedir. Bu durum bazen dar bir alanda çok sayıda sondaj açılmasını gerektirmektedir. Sondajların açılması hem zaman alıcı hem de maliyetli işlemlerdir. Diğer yandan, sismik kırılma ve yer radarı yöntemleriyle, kısa zamanda geniş alanların düşey ve yanal özelliklerini belirleme imkanı vardır. Bu bakımdan zemin koşullarını belirlemede önemli derecede avantaj sağlanabilmektedir.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yerbulduru haritası.

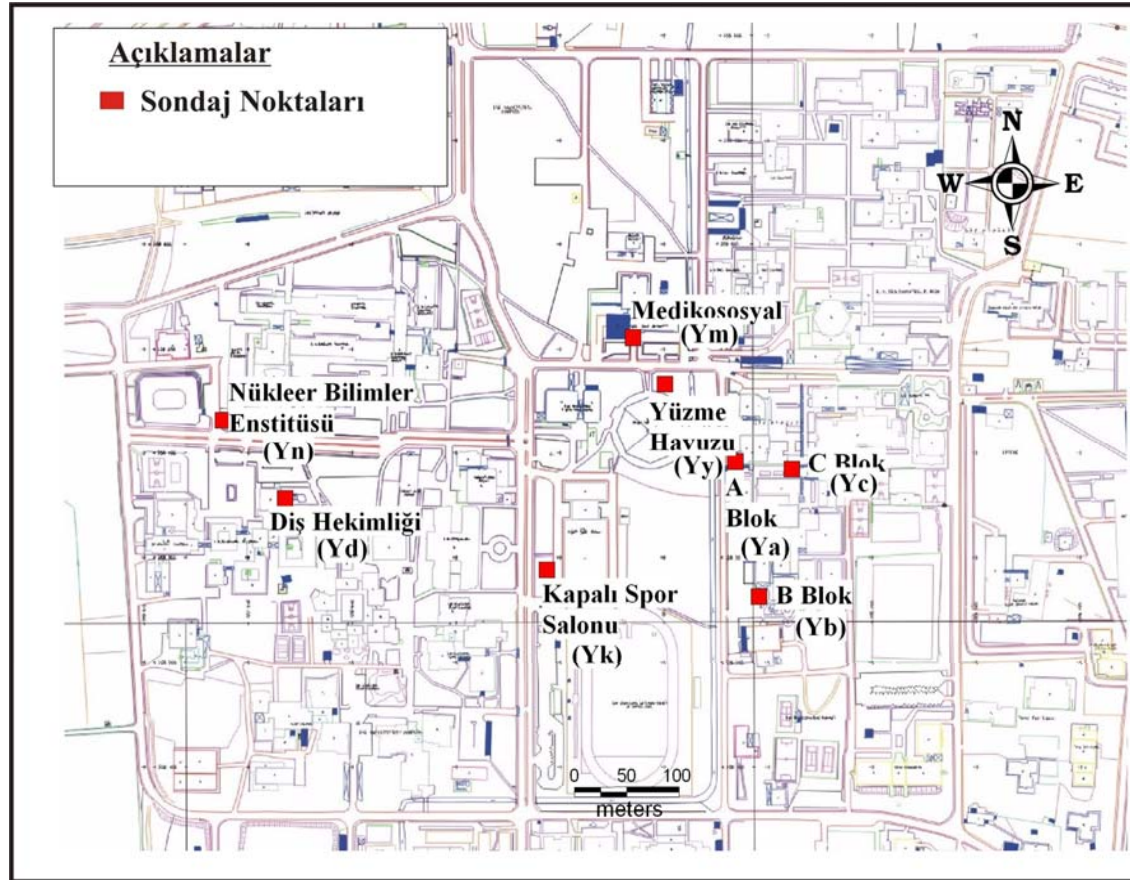


Şekil 1.2 Çalışma alanının yer aldığı Ege Üniversitesi kampusunün hava fotoğrafı üzerinde 1/1000 ölçekli pafta kareleriyle birlikte görünümü.

1.4 Çalışma Yöntemi

Bu tez kapsamında yürütülen çalışmalar; konuyla ilgili literatür taraması, arazide daha önce sondajı yapılmış alanlarda (Şekil 1.3) sismik kırılma ve yer radarı kullanılarak ölçümlerin alınması ve bu yöntemlerden elde edilen bulguların birbirleriyle denştirilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ege Üniversitesi kampüsünde daha önceden yapılmış olan arazi penetrasyon deneyleri ile çalışma kapsamında yapılan yer radarı ve sismik dalga hızlarının değişimi ve yer radarı görüntüleri incelenmiş ve sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Konuyla ilgili

tüm bulgular son bölümde verilmiştir. Yapılan sismik çalışmalar yüzey kırılma deneylerine ait bulguları içermektedir. Sismik yüzey kırılma deneylerinden çalışma alanına ait yoğunluk, güvenlik katsayısı, Poisson oranı, bulk modülü, kayma modülü, elastisite modülü, zemin taşıma gücü, güvenli ve taşıma gücü gibi çeşitli fiziksel özellikler tespit belirlenmiştir. Yüzeyden 3,0, 6.0 ve 10,0 metre derinlikteki V_p ve V_s hızlarının değişimi kontur haritaları olarak CBS ortamında hazırlanmıştır. Yapılan sismik kırılma ve yer radarı çalışmalar bölüm 4 ve 5 'te detaylı bir şekilde anlatılmıştır.



Şekil 1.3 Ege Üniversitesi kampüsünde daha önceden yapılmış sondajların konumları Yn (Nükleer Bilimler Enstitüsü), Yd (Dış Hekimliği), Yk (Kapalı Spor Salonu), Ym (Medikososyal Binası), Yy (Yüzme Havuzu), Ya (D.E.Ü Müh. Fak. A Blok), C (D.E.Ü Müh. Fak. C Blok).

1.5 Morfoloji

Çalışma alanının bulunduğu Bornova ovası düz bir yüzeye sahiptir. Ovanın yükseltisi, doğuda 90 m.'den başlayarak, İzmir Körfezi kıyılarında deniz seviyesine kadar düşmektedir.

Bornova ovası bir graben görünümünde olup, çöküntü havzası özelliği sunmaktadır. Ovaya, kuzeyde Kocaçay ve Laka dereleri, güneyde Meles, Gökdere ve Manda Çayları kaba ve ince daneli zeminleri taşımaktadır (Kıncal, 2004).

1.6 İklim ve Bitki Örtüsü

İzmir batı rüzgârlarının etkisi altında olan bir bölgedir ve iklim olayları bu sisteme bağlı olarak gelişmektedir. Çalışma alanında, Akdeniz ikliminin Kıyı alt tipi görülmektedir. Kış mevsimleri genellikle yağışlı, ılık, bazen açık ve ılık; Nisan ve Mayıs ayları yağışlı ve soğuk; yaz ayları ise oldukça sıcak ve kurak geçmektedir. Sıcaklık ortalaması yüksek olan bölgede, sıcaklığın en yüksek olduğu ay 27.5 °C sı ortalaması ile Temmuz, en düşük olduğu ay ise 8.5 °C sıcaklık ortalaması ile Ocak ayıdır. Ortalama yağış miktarının en yüksek olduğu ay 132.1 mm ile Ocak, en düşük olduğu ay ise 2.0 mm ile Ağustos ayıdır (Koçman, 1989).

Bitki örtüsü Akdeniz iklimine bağlı olarak gelişmektedir ve Akdeniz bitkilerinin her türü bulunmaktadır. Bölgede özellikle, kışın yaprağını dökmeyen ve yazın kuraklığına dayanabilen sert ve meşin yapraklı bitkiler ile iğne yapraklı bitkiler hakim durumdadır (Kıncal, 2004).

BÖLÜM İKİ

GENEL JEOLJİ

2.1 İzmir Yöresinin Genel Jeolojisi

Bornova (İzmir) ve çevresinde Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı tortul ve volkanik kayalar bulunmaktadır (Şekil 2.1). Çalışma alanı temelini Üst Kretase yaşlı Bornova Melanjı oluşturmaktadır (Özbek, 1981). Bornova karmaşığı'nın matriksini kumtaşı ve şeyl oluşturmaktadır ve içerisinde yer yer serpantin ve kireçtaşı blokları yer almaktadır. Neojen yaşlı gölsel tortullar açısal uyumsuzlukla Bornova Melanjı'nın üzerini örtmektedir. Belli yörelerde doğrudan Neojen çökelleri üzerine uyumsuz olarak volkanik kayalar gelir (Koca, 1995). Tüm birimleri Kuvaterner yaşlı alüvyon uyumsuzlukla örter (Şekil 2.2).

2.1.1 Bornova Karmaşığı

Bornova karmaşığının yüzlekleri Bornova – Işıkkent arasında ve Balçova – Narlıdere bölgeleri arasında yaygındır (Kıncal, 2004). Karmaşık bir matriks ve bu matriks içinde yüzen bloklardan oluşur. Matriksin yaşı, içinde yayılım sunan karbonat düzeylerine dayanılarak Maestrihtiyen-Daniyen olarak belirlenmiştir (Erdoğan, 1990).

Matriks, sarımsı, kahverengi, grimsi kahverengi renk tonlarına sahip kumtaşı-şeyl aralanmasından oluşmakta ve düşük-orta dayanımlı, orta ve ince katmanlı ve bol çatlaklı kaya özelliğine sahiptir (Kıncal, 2004).

2.1.2. Neojen Yaşlı Tortul Kayalar ve Volkanitler

Bornova Karmaşığı'nı uyumsuz olarak örterler. Volkanitler, Andezit- Dasit karakterindeki volkanik ürün ve türevlerini içerirler ve Neojen yaşlıdır

(Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Savaşın, 1974; İzdar,1975; Türk ve Koca, 1994; Akay;2000).

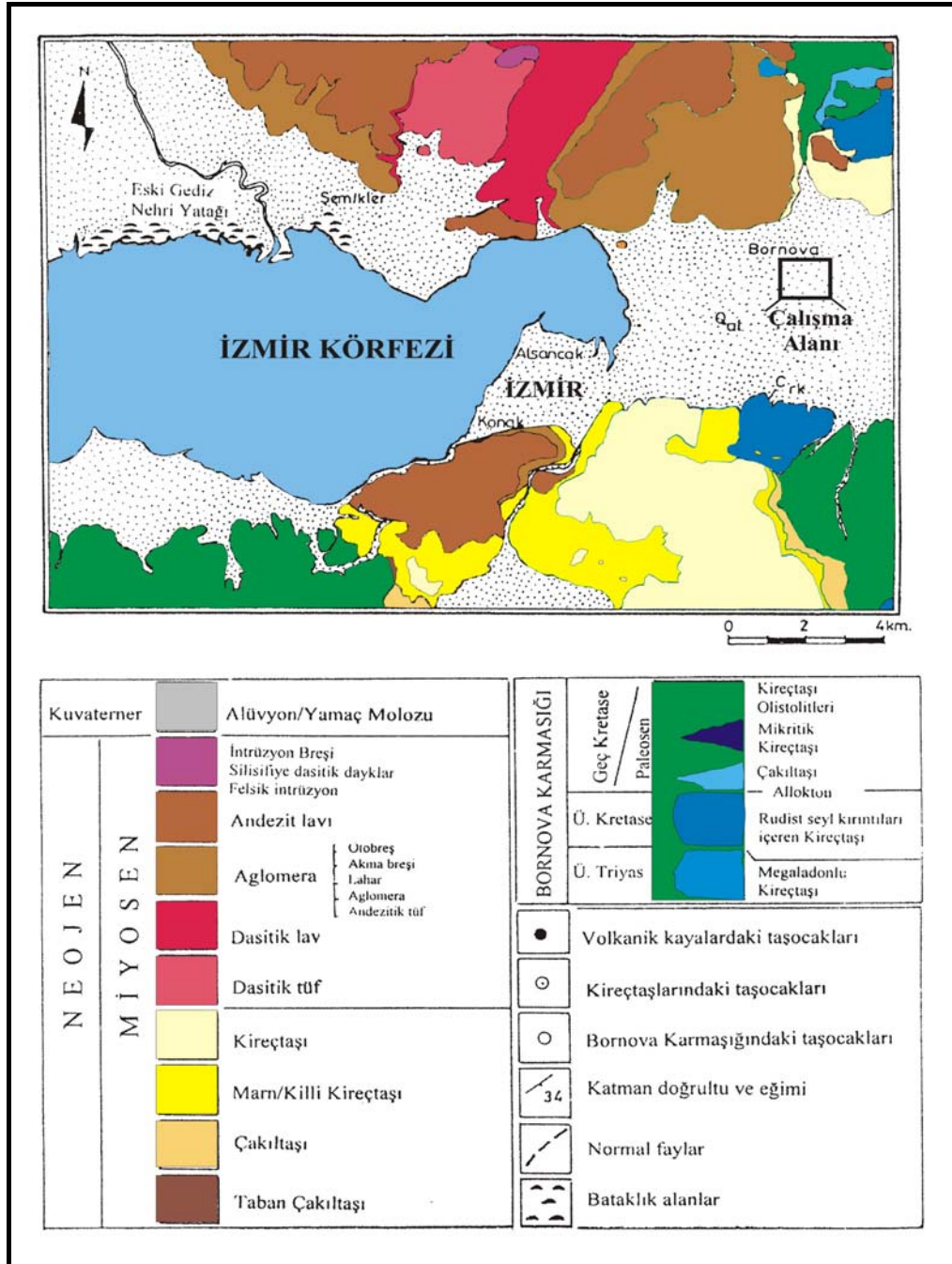
Neojen tortulları, Neojen gösel çökellerinin oluşturduğu kireçtaşı-kiltaşı-kumtaşı ve çakıltası içeren litolojiden oluşmaktadır. Çakıltaları, grimsi ve beyazımsı renklerde olup taban çakıltası niteliğindedir (Domaç, 1989).

2.1.3 Alüvyon

Bornova ovası Anadolu'nun büyük ölçüde yükselme sürecinde Ege Denizinin çökmesine neden olan tektonik sırasında Alüvyal malzeme ile doldurulmuş ve böylece alüvyal bir ova halini almıştır. Miyosen'den sonra başlayan volkanik etkinliklerin sona ermeye başlamasıyla Bornova ve çevresi, çevre kayaların aşınmasının etkisi altında kalmış ve alüvyon oluşmuş ve diğer birimleri uyumsuz olarak örtmüştür (Kaya,2002). Yatay ve yataya yakın bir topografyaya sahip olan alüvyon, iri ve ince andezit çakılları ve bloklarıyla, kum boyutundaki ince malzemenin karışımından oluşmaktadır. Çakıl ve bloklar akarsu ile taşındıklarından iyi yuvarlaklaşmışlardır (Kaynar, 2002).

2.2 Çalışma Alanının Jeolojisi

Ege Üniversitesi kampüs alanında yatay ve yataya yakın bir topografyaya sahip olan Kuvaterner yaşlı alüvyon zemin hakimdir. İnceleme alanında açılmış sondaj profilleri (Ek 1) incelediğinde. zeminin yaklaşık ilk 0,5 metresinin bitkisel toprak olduğu görülmektedir. Bu kısımdan itibaren yaklaşık 3 m. derinliğe kadar olan kısımda CH (Kil), ML ve MH (Silt) grubu zeminlerin yer aldığı görülmektedir. 3 m'den 10 metreye kadar olan kısımda CL (Düşük Plastisiteli Kil), SC (Killi Silt), kum-çakıl karışımları ve kil çakıl karışımları görülmektedir (Ek 1).



Şekil 2.1 İzmir ve Çevresinin genel jeoloji haritası (Koca, 1995).

YAŞ		KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	KUVATERNER		Ym Alv	Alüvyon / Yamaç Molozu
	NEOJEN	ANDEZİT BİRİMİ		Akma ve soğuma yapılarıyla tipik, yer yer otobreşik yapıda Andezit.
		MİYOSEN	NEOJEN GÖLSEL TORTULLAR	
	PALEOJEN	PALEOSEN	BORNOVA KARMAŞIĞI	
MESOZOYİK	KRETASE	GEÇ KRETASE		

Şekil 2.2 İnceleme alanı ve yakın çevresinin geliştirilmiş litostratigrafik kesiti.

(Turhan, 2002)

2.3 Önceki Çalışmalar

KONUK, 1977; Bornova çevresinde yapmış olduğu çalışmada stratigrafik istifin, altta sığ denizel kireçtaşlarından, üstte ise geçişli bir ilişkiyle flişden meydana geldiğini belirtmiştir. Flişin yaşının Alt Maestrihtiyen ile Dinansiyen arasında değiştiğini belirtmiştir.

AKSOYDAN, 1988; Yazar, Ege Üniversitesi Kampüsü Yüzme Havuzu inşaatı alanındaki zemin profilini; üstte 30 cm. kalınlığında bitkisel toprak, 30-700 cm. çakıllı kil, 700 cm.-2.5 m. gri kil, 2.5 – 4 m. arlığında ise; kahverengi killi zemin olarak belirlemiştir. Zeminin; 1m'lik kısmını yüksek Plastisiteli, yüksek şişme potansiyeline sahip siltler (MH) ve 6m.'lik kısmını da killi siltler (SC) oluşturmaktadır. Bu birimlerin su içerikleri %18-27 arası, Rötire Limitleri ise; ortalama % 22 olarak belirlenmiştir. MH zemini yarı katı kıvam durumunda, SC zeminin ise Rötire Limiti mertebesinde kıvam durumunu arz etmektedir.

BARIŞCAN ve ŞEN, 1989; Yazar, D.E.Ü. Müh-Mim Fak. Binaları zemin kat döşemelerindeki çökmeler ile ilgili yaptığı geoteknik etüdler çalışmasında; A blok, B blok ve C blok binalarındaki çatlakları incelemiş ve 4 noktada yapmış olduğu sondajlar sonucunda; zeminin düşük su içeriği değerlerinde kumun hakim olduğunu, yüksek su içeriği değerlerinde ise kilin hakim olduğunu ortaya çıkarmıştır. Rötire limitleri %14-22 arasında çıkmıştır. 7 m derinliğe kadar incelenen zemin profillerinde baskın olan zemin türü kumlu siltli yüksek plastisiteli kil (CH) ve yer yer yüksek plastisiteli silt (MH) olup bunların içinde ince kumlu ve çakıllı bantlar görülmektedir. Örneklerin su içerikleri plastik limit ile rötire limiti arasında yer almaktadır. Bu yüzden killi zeminlerin yarı katı kıvamda buldukları söylenebilir.

ERGEÇ, T., SEZGİN, M., 1990; E.Ü. Fen Fakültesi E blok idare binası duvarlarındaki çatlakların ve tretuar çökmelerinin nedenlerini araştırmak için yapmış oldukları geoteknik etüdü çalışma kapsamındaki çalışmada, arazi dinamik

penetrasyon deneyleri ve sondajları yapılmış ve alınan numuneler üzerinde zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır.

Beş ayrı noktada yapılan sondajlarla belirlenen zemin profilinde ortaya çıkan zemin türü kumlu siltli, inorganik yüksek plastisiteli kil (CH) ve yer yer düşük plastisiteli kil (CL) olarak ve üstten 30 cm kalınlığında bitkisel toprak olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca killi zeminlerin, yarı katı ve plastik kıvam durumunda olduğu sonucuna varılmışlardır.

Yazarlar, inceleme alanındaki killi zeminlerin, incelenen derinliklerde bazı aralıklarda, yarı katı kıvam durumunda bulduklarını ve bu nedenle zeminlerin su içeriklerinin aşırı ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Bu azalmanın kısmen YAS seviyesinin geçmesine göre oldukça azalmış olmasına, kısmen zemin yüzeyinden buharlaşmaya, kısmen de mevcut ağaçların kökleri vasıtasıyla zemin suyunu çekmesine bağlı olabileceğini savunmuşlardır.

Kampüsün killi ve kumlu zeminlerden meydana geldiğini ve bunların yanal süreksizlikler meydana getirdiğini görmüşler ve bundan dolayı bu zeminlerin dolgu malzemesi olarak kullanılmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmada, inceleme alanındaki Yüksek Plastisiteli zeminlerde ortalama $I_p = 34$ çıkmıştır. Dolgu zeminlerde 30 cm.lere varan çökmeler gözlenmiştir. Yarı katı kıvamda bulunan Yüksek Plastisiteli inorganik, kil ve siltli (CH-MH) bu zeminlerde özgül ağırlıklar 2,4 ile 2,77 ton/m³ çıkmıştır.

ZENGİNOĞLU, 1992; Araştırmacı, E.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Ek bina inşaatı alanında yapmış olduğu çalışma da zemin profilini; 0-30 cm arası bitkisel toprak; 30-160 cm killi kum; 160-260 cm düşük plastisiteli, çakıllı kumlu kil; 260 cm- 4 m yüksek plastisiteli kumlu kil; 4-5 m arası çakıllı kil; 5-11 m arası kumlu kil, yer yer çakıl; 11-15m kumlu çakıllı kil olarak belirlemiştir. 3m. derinliğindeki hafriyat çukurundan alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda; $V_L = 36$, $V_p = 24$, $I_p = 12$ ve rötre limiti ise %19 çıkmıştır. Yapılan penetrasyon deneyi

sonucunda 15 m'ye kadar yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Tüm sonuçlar göz önüne alındığında zeminin SC: Killi kum olduğu ortaya çıkmıştır. Zemin örneğinin doğal halde katı plastik olduğu ve taşıma gücününse 3 kg/cm² olduğu hesaplanmıştır.

Kampus zeminlerinde en büyük problem, inceleme alanının hemen her yerinde rastlanılan, farklı derinliklerde ve kalınlıklarda bulunan ve kimi zaman yüzeye çıkan çakıl tabakalarıdır. Bu çakıl tabakaları inceleme alanının büyük bir çoğunluğunu oluşturan kil zeminlerdeki binalarda farklı oturmalara neden olmaktadır. Temel çukurunda yapılan gözlemlerden ve penetrasyon diyagramlarındaki direnç farklılıklarından, inşaat alanındaki zeminlerin yatayda ve düşeyde oldukça değişken özelliklere sahip bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu değişkenlik kil zeminler içerisinde görülen çakıllı tabakalardan kaynaklanmakta olup oturmalarda önemli farklılıklara neden olmaktadır.

2.4 Bornova Civarının Alüvyal Jeomorfolojisi

Bornova'ya inen dağ dereleri taşıdıkları kaba yükü dağ eteklerindeki birikinti konilerinde bırakmakta, sonra ovaya yayılan sular ince sedimanlarını da bu alana yaymaktadır. Daha sonra, çok az ince yükü denize ulaşan dere suları, denizden gelen şekillendirici etkilerin çok zayıf olduğu sığ bir su ortamında yayılmaktadır. Bununla birlikte Bornova kıyıları, bütün Batı Anadolu kıyılarında izlenen Holosen'deki kıyı çizgisi gelişme ve değişmelerine benzer bir gelişme göstermiştir. Böylece, Bornova kıyılarında tipik bir delta şeklinde olmasa da, gerideki düzlüğün devamı şeklinde bir kıyı şeridi gelişmiştir.

İlk bakışta Bornova ovası, batıda denize açılan basit bir dağ arası havza tabanı özelliği taşımaktadır. Ancak alüvyal morfolojisi dikkatli incelendiğinde, bu taban üzerinde zemin özellikleri farklı bölümlerin bulunduğu dikkati çekmektedir. Bunlar, Bornova'ya inen derelerin hidro-jeomorfolojik özellikleri ile ilgilidir. Dağ yamaçlarından inen küçük dereler dışında, Bornova'ya gelen üç büyük dağ deresi bulunmaktadır. Bunlar, kuzeyde Yamanlar Dağı'ndan gelen ve Bornova birikinti

konisini oluşturan Kocaçay, güneyde Kurudağ batısından gelen ve Işıkkent birikinti konisini oluşturan Gökdere (Arap Çayı) ve doğuda, Kemalpaşa Dağı ile Kurudağ arasındaki alanın sularını getiren Kavaklıdere veya ovadaki adıyla Manda Çayı'dır. Bu üç büyük akarsu, ovada üç büyük birikinti konisini oluşturmuştur. Bunlardan Bornova ve Işıkkent birikinti konileri, kuzeyden ve güneyden ova ortasına uzanarak tabanı daraltmakta ve çok silik bir morfoloji ile ova tabanının doğu ve batı bölümlerini ayırmaktadır. Doğuda daha geniş ve yüksek bir alandan gelen Manda Çayı kaba yükünü burada bırakmakta, bunları ovada azalan gücüyle (Bornova ve Işıkkent konileri arasında daralan tabanda) daha ileriye, denize kolayca ulaştıramamaktadır. Bu nedenle ovanın doğu tarafı daha yüksek bir dolgu alanı olarak şekillenmiştir. Buna karşılık, Bornova ve Işıkkent birikinti konileri arasında daralan alanın batısına ulaşan alüvyonların az ve ince olması nedeniyle, bu kesim kolayca dolarak denize doğru fazla ilerleyememiştir. Bornova kıyılarında tipik delta gelişimi görülmemesinin bir nedeni de bu durumdur.

Alüvyal gelişmede göz önünde bulundurulması gereken bir husus da, bölgenin yağış rejimidir. Yağışların kışta toplanmış olması, Akdeniz ikliminin tipik özelliği olmakla birlikte, yağışın düzensiz değişkenliği büyük önem taşımaktadır. İzmir çevresinde yıllık ortalama yağış miktarı 700 mm kadar olmasına rağmen, bu değer bazı yıllarda 1500 mm'ye kadar çıkabilmekte, bazı yıllarda 400 mm dolayında kalabilmektedir. Buna karşılık bir ayda, 500 mm, bir günde 130 mm yağış düşebilmektedir. Bu çevrede seyrek olarak meydana gelen şiddetli yağışlar, dağ derelerinin –sel tipi akışla- çok miktarda kaba yük getirmesine neden olmaktadır. Bunların, ovada azalan enerji nedeniyle eteklerde birikmesinden sonra, normal yağışlarla bu birikintilerin ince unsurları yüzeysel akışla yavaş yavaş ova tabanına yayılmaktadır. Bu iki akış-işlenişi arasındaki denge, morfolojik gelişimi belirlemektedir. Örneğin, Bornova'nın doğu kesimine sellerle gelen yük yeterince yikanıp boşalamadığı için bu kesim dolarak yükselmiş, düşük enerjili yağışlar batıya yeteri kadar alüvyon taşıyamadığı için de bu kesim çukur kalmıştır (Kayan, 2000).

BÖLÜM ÜÇ

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

3.1 Giriş

Bornova (İzmir) kampüs alanında mühendislik jeolojisi kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar;

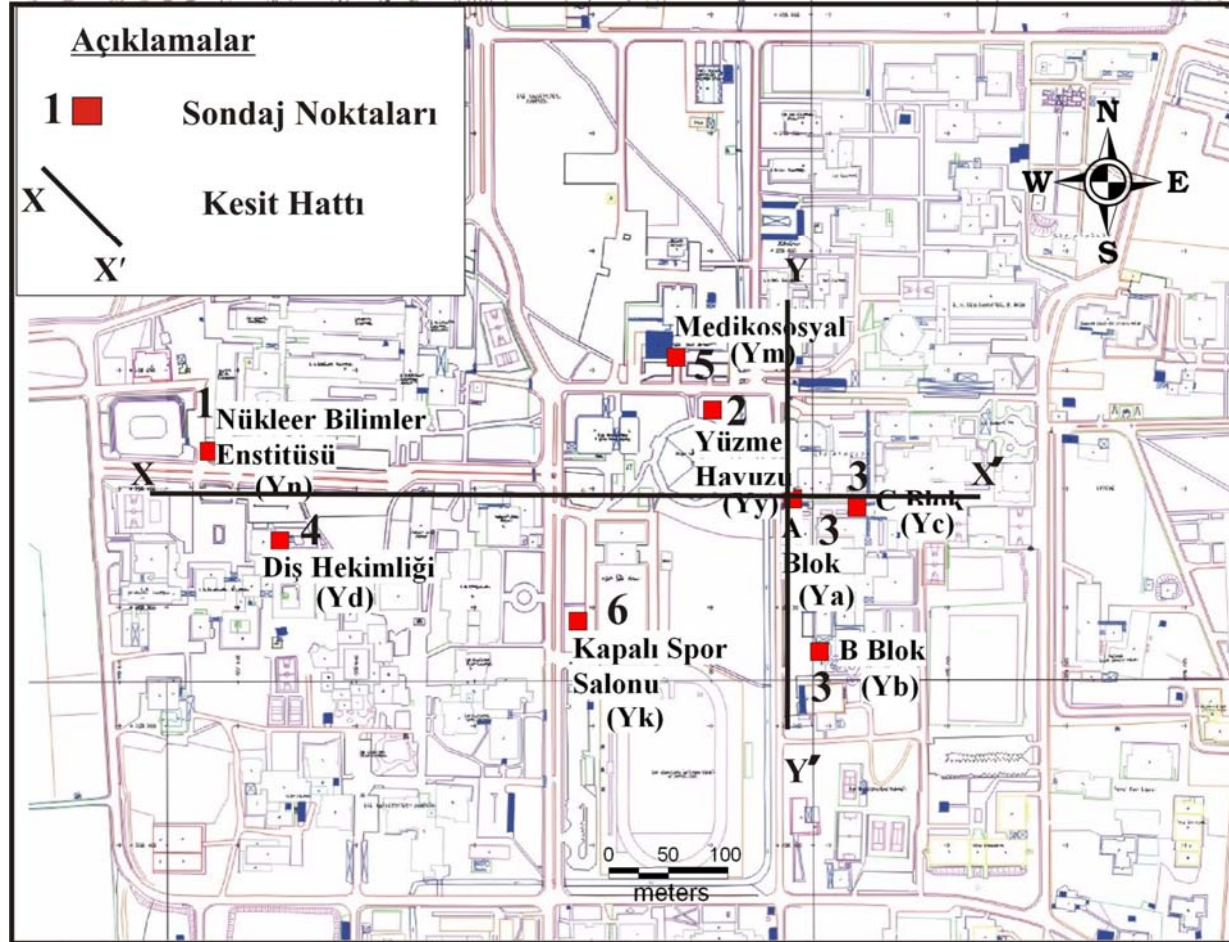
- önceden sahada açılmış olan sondajlardan yararlanılarak hazırlanan jeolojik kesitlerin alımı,
- kampüs alanının tabanındaki zeminlerin özelliklerinin belirlenmesi ve
- yeraltı su durumunun

belirlenmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

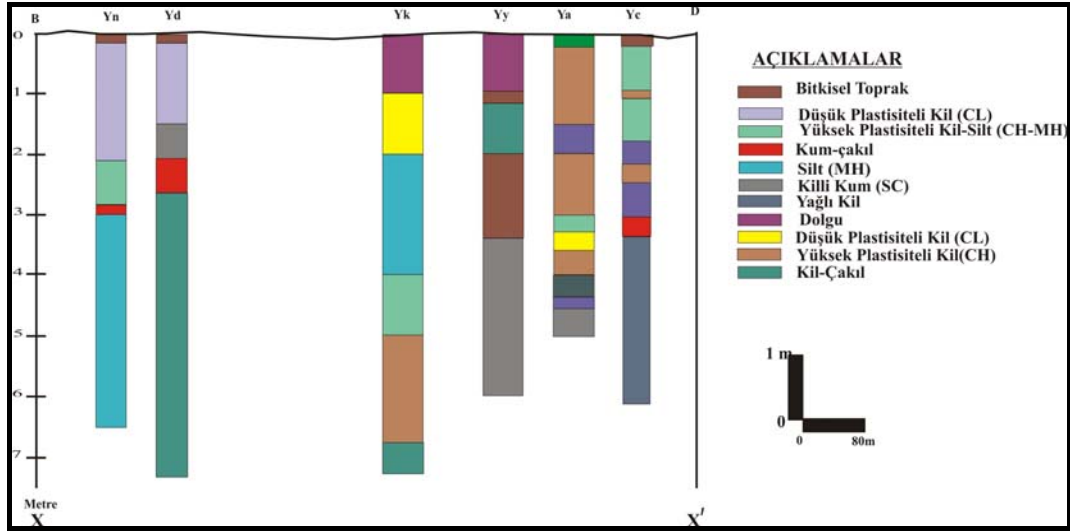
3.2 Sondaj Verilerinden Yararlanılarak Jeolojik Kesit Alımı

Çalışma alanında daha önceden yapılmış olan sondaj bulguları dinamik penetrasyon deneyi ile belirlenmiştir. Çalışmalar sırasında Alman DIN 4094/SRS 15 normuna göre imal edilen ağır tip dinamik sonda (DPH) penetrasyon ekipmanı kullanılmıştır. Deney, sabit çakım enerjisi sağlayan şahmerdan sistemi ile tepe açısı 90°olan konik bir ucun, kendisinden küçük çaplı ve 1 metre uzunluklu tijlerin birbirine eklenerek zemine çakılması şeklinde yapılmıştır. 50 kg ağırlığında bir çekiç, 0,5 m yükseklikten kayıcı bir örs üzerine düşürülmekte ve darbe tijler yoluyla konik uca iletilmektedir. Çekiç, benzin motoru ile çalışan bir mekanizma ile 30 darbe/dakika sabit hızla otomatik olarak kaldırılıp, serbest olarak düşürülmekte ve sonda deliğinin düşeyliği, çekiç örs ve tij grubunu taşıyan bir kılavuz kolonu ile ayar çubukları sistemi yardımıyla sağlanmaktadır (Balıklı. 95).

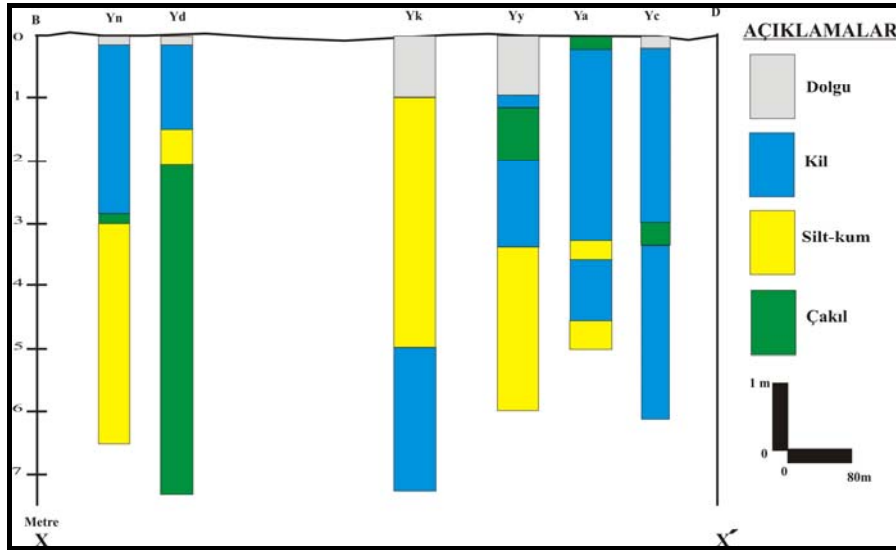
yönde değişimleri grafik olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu sondaj verilerinden yararlanılarak 3 ve 6 metrelere ait zemin zonlama haritaları CBS ortamında hazırlanmıştır (Şekil 3.4 ve 3.5).



Şekil 3.1 Sondaj verileri kullanılarak alınan jeolojik kesitlerin güzergâhları.



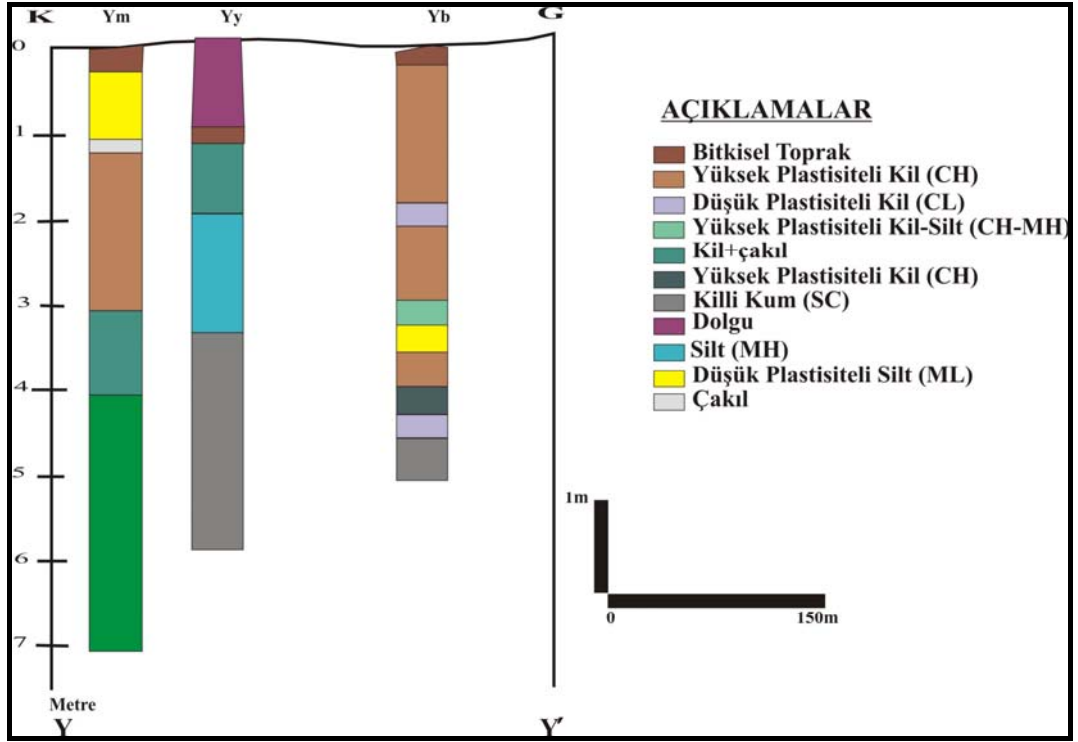
(a)



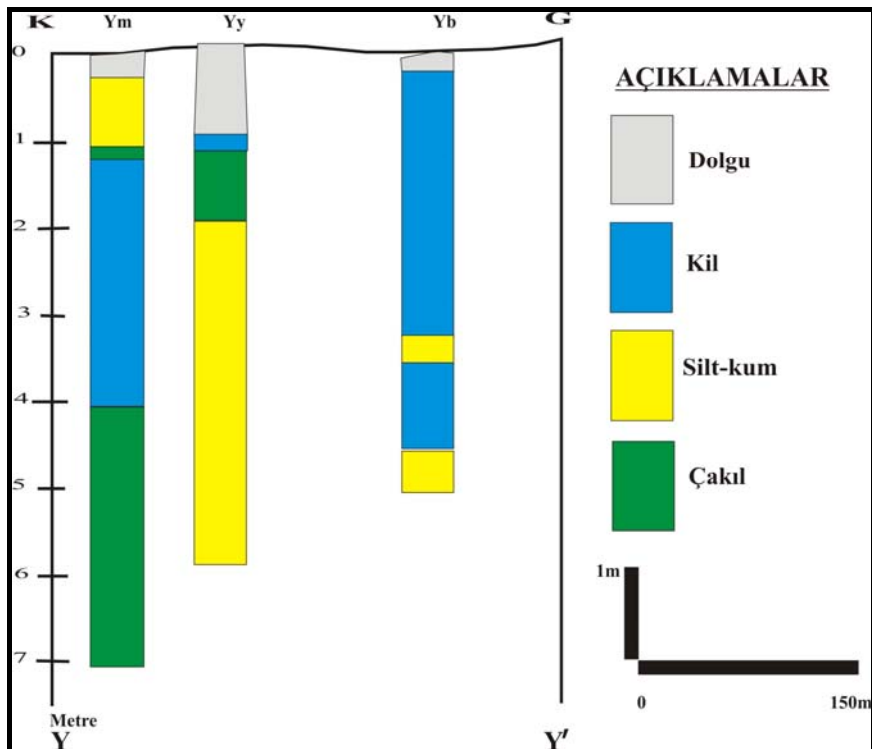
(b)

Şekil 3.2 (a) D-B yönünde alınan jeolojik kesit.

(b) D-B yönünde alınan jeolojik kesitin basitleştirilmiş hali.



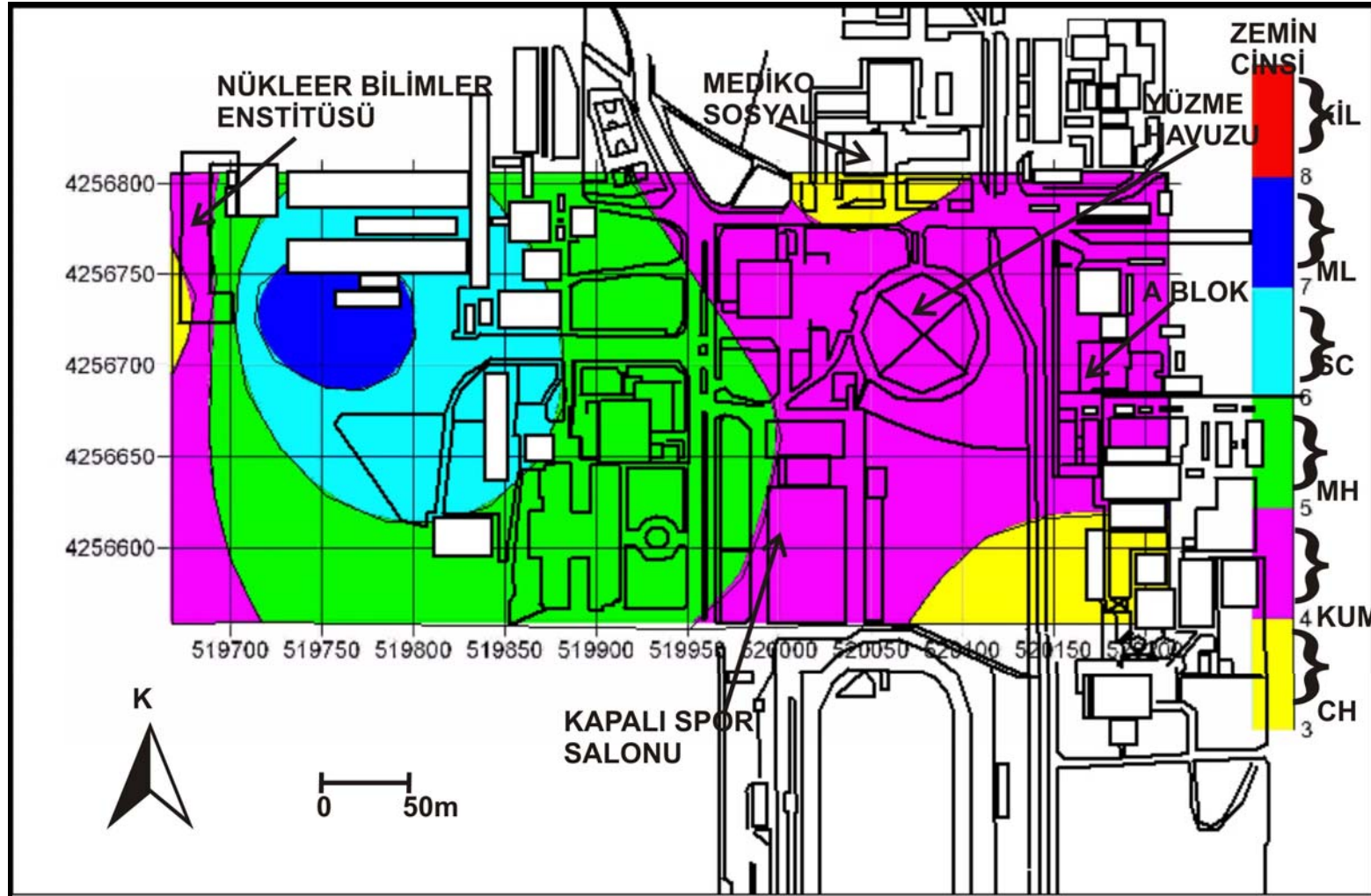
(a)



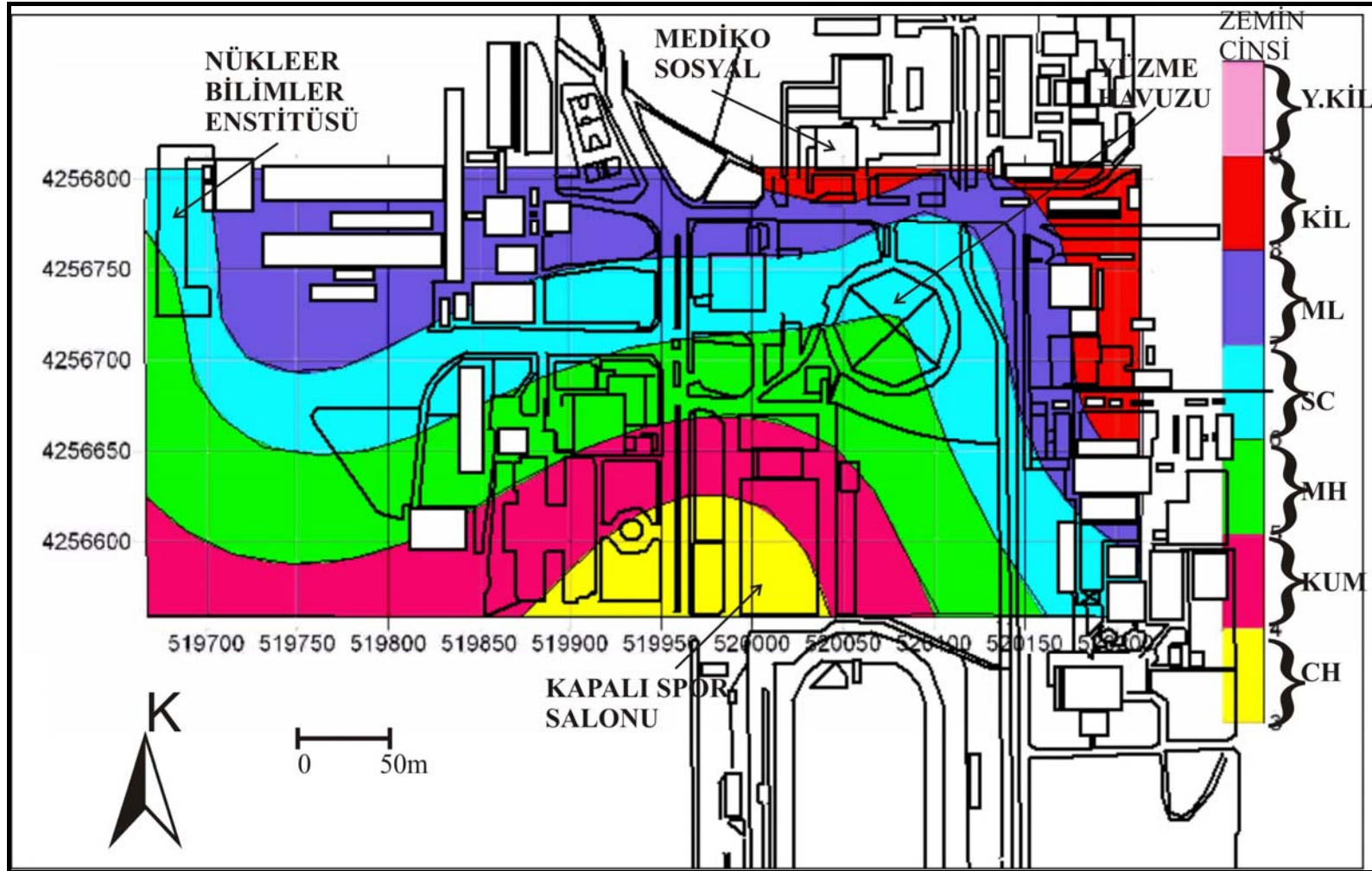
(b)

Şekil 3.3 (a) K-G yönünde alınan jeolojik kesit.

(b) K-G yönünde alınan jeolojik kesitin basitleştirilmiş hali.



Şekil 3.4 3 m. derinlik için zemin zonlama haritası.



Şekil 3.5 6 m. derinlik için zemin zonlama haritası.

3.3 Kampüs Alanının Tabanındaki Zeminlerin Özellikleri

Ege üniversitesi Kampüs alanı yerleşim alanında yapılan geoteknik etüdler kapsamında gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonuçları Tablo 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 ve 3.6'da verilmiştir. Bu tablolar incelendiğinde, inceleme alanının killi ve kumlu zeminlerden meydana geldiği görülmektedir. İnceleme alanında görülen zeminler yüksek plastisiteli kil (CH), silt (MH), yüksek plastisiteli kil (CL), killi kum (SC) zeminlerinin yer aldığı görülmektedir. Tablo 3.1'de (D.E.Ü) verilen su içerikleri D.E.Ü A, B ve C bloklarının olduğu alanlarda zeminlerin plastik limit ile rötre limiti arasında yer aldığı görülmektedir. Kampus zeminlerinde en büyük sorun, inceleme alanının hemen her yerinde rastlanılan çakıl bant ve merccekleridir.

Tablo 3.1 Ege Üniversitesi Kampüsü D.E.Ü A,B ve C Blokları Laboratuvar Bulguları (Balıklı, 1995)

ÖRNEK		İNDİS ÖZELLİKLERİ										
No	Derinlik	Doğal su İçeriği	Özgül Ağırlık	Atterberg Limitleri					Elek Analizi			USCS Zemin Sembolu
-	-	w	Gs	LL	PL	RL	PI	LI	10	200	2 μ	
-	m	%		%	%	%	%		%	%	%	
B3/1	0,50-1,00	20	2,22	57	26	15	31	-0,19	90	71		CH
B3/2	1,00-1,20	18							94	79		CH
B3/3	1,20-1,25	14							83	57		CH
B3/4	1,25-1,50	18		55	20		37	-0,05	93	72		CH
B3/5	1,50-1,75	19	2,38	49	24	17	25	-0,20	95	74	36	CL
B3/6	1,75-2,00	19							90	65		CL
B3/7	2,00-2,20	24	2,75	78	25	13	51	-0,02	97	82		CH
B3/8	2,20-2,35	25		74	31		43	-0,14	92	82	45	CH
B3/9	2,35-2,90	23		64	29		35	-0,17	97	88		CH
B3/10	2,90-3,20	26	2,77	51	29	23	22	-0,14	98	84	26	MH-CH

Tablo 3.2 Ege Üniversitesi kampüsü Diş Hekimliği Hastane Binası (Balıklı, 1995).

ÖRNEK		İNDİS ÖZELLİKLERİ										USCS Zemin Sembolu
No	Derinlik	Doğal su İçeriği	Özgül Ağırlık	Atterberg Limitleri					Elek Analizi			
-	-	w	Gs	LL	PL	RL	PI	LI	10	200	2 μ	
-	m	%		%	%	%	%		%	%	%	
P1/1	0,40-2,00	17		56	26		30	-0,30	89	51		CH
P1/2	2,00-2,80	20	2,45	35	21		14	-0,07	88	47		SC
P1/3	2,80-3,40	30	2,41	39	20		19	0,53	97	67		CL
P1/4	3,40-4,20	28		63	31		32	-0,09	98	85		CH-MH
P3/1	0,60-1,40	20		41	21		20	-0,05		77		CL
P3/2	1,40-2,20	15		30	20		10	-0,50	86	27		SC
P4/1	0,40-0,80	21		57	26		31	-0,16	94	75		CH
P4/2	0,80-2,40	19	2,46	41	21		20	-0,10	92	51		CL
P4/3	2,40-3,40	27	2,43	61	31		30	-0,13	99	83		CH-MH

Tablo.3.3 Ege Üniversitesi kampüsü Mediko Sosyal Hizmet Binası (Balıklı, 1995).

ÖRNEK		İNDİS ÖZELLİKLERİ										USCS Zemin Sembolu
No	Derinlik	Doğal su İçeriği	Özgül Ağırlık	Atterberg Limitleri					Elek Analizi			
-	-	w	Gs	LL	PL	RL	PI	LI	10	200	2 μ	
-	m	%		%	%	%	%		%	%	%	
D2	0,70	18	2,67	45	30		15	-0,80	92	79		ML
P1/2	1,30	20							33	3		GW
P1/3	2,00	18	2,69	65	21		44	-0,07	97	67		CH

Tablo 3.4 Ege Üniversitesi kampüsü Nükleer Bilimler Enstitüsü (Balıklı, 1995).

ÖRNEK		İNDİS ÖZELLİKLERİ										USCS Zemin Sembolu
No	Derinlik	Doğal su İçeriği	Özgül Ağırlık	Atterberg Limitleri					Elek Analizi			
-	-	w	Gs	LL	PL	RL	PI	LI	10	200	2 μ	
-	m	%		%	%	%	%		%	%	%	
S4/1	1,20-2,20	18	2,43	45	24	18	21	-0,29	95	56		CL
S4/2	2,20-2,75	21	2,41	52	29	19	23	-0,35	97	72		CH-MH
S4/3	2,90-4,00	26	2,45	62	33	24	29	-0,24	98	80		MH
S4/4	4,00-5,00	27	2,40	63	35	25	28	-0,29	99	77	18	MH
S5/1	1,20-1,80	19	2,54	35	21	16	14	-0,14	99	56	20	CL

Tablo 3.5 Ege Üniversitesi kampüsü Kapalı Spor Salonu (Balıklı, 1995).

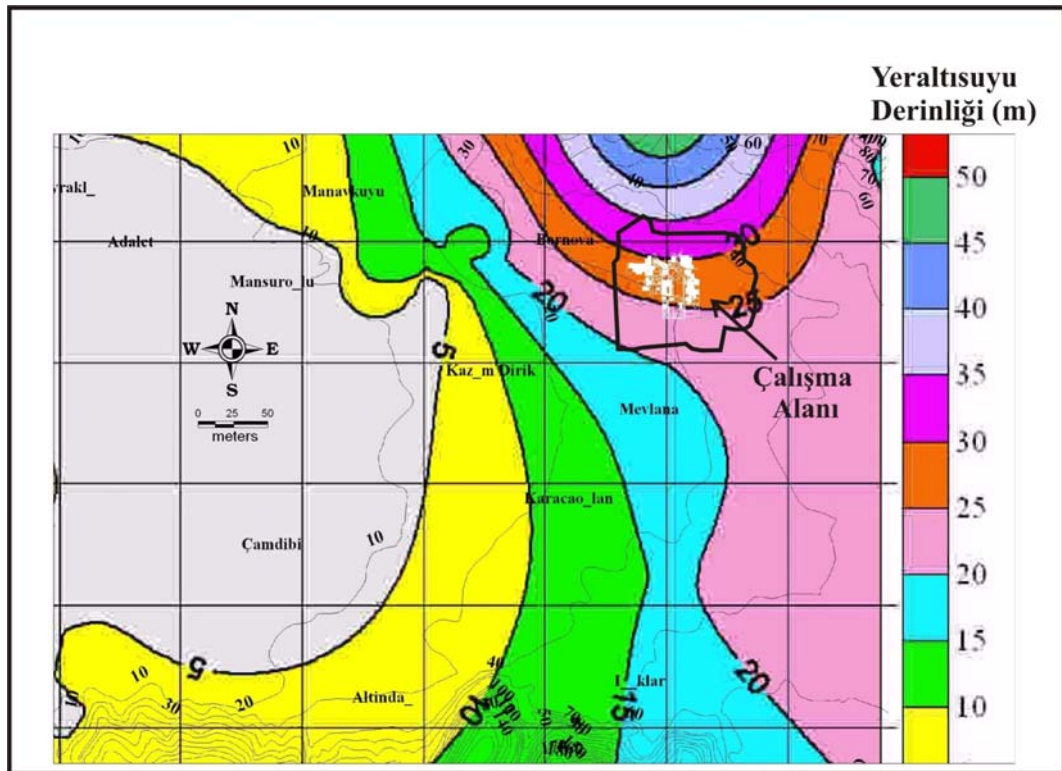
ÖRNEK		İNDİS ÖZELLİKLERİ										USCS Zemin Sembolu
No	Derinlik	Doğal su İçeriği	Özgül Ağırlık	Atterberg Limitleri					Elek Analizi			
-	-	w	Gs	LL	PL	RL	PI	LI	10	200	2 μ	
-	m	%		%	%	%	%		%	%	%	
B1	1,50	28	2,50	49	29	15	20	-0,20		76		ML
B1	3,00	32	2,50	68	36	19	32	-0,19		79		MH
B1	4,50	29	2,50	56	30	15	26	0,08		53		CH-MH

Tablo 3.6 Ege Üniversitesi kampüsü Yüzme Havuzu (Balıklı, 1995).

ÖRNEK		İNDİS ÖZELLİKLERİ										USCS Zemin Sembol
No	Derinlik	Doğal su İçeriği	Özgül Ağırlık	Atterberg Limitleri					Elek Analizi			
-	-	w	Gs	LL	PL	RL	PI	LI	10	200	2 μ	
-	m	%		%	%	%	%		%	%	%	
D1	2,00-3,50	27	2,68	86	49		46	-0,48	97	86		MH
D2	2,00-3,50	26	2,67	75	39		36	-0,36	95	73		MH
D3	3,50-5,00	18	2,70	55	28		27	-0,37	94	36		SC

3.4 Çalışma Alanı Yeraltı Su Durumu

Bornova ovasında 1990-2004 yılları arası açılmış olan zemin sondajlarındaki su seviyeleri bilgileri kullanılarak hazırlanmış yer altı su kotu haritası (Şekil 3.5) incelendiğinde, çalışma alanında yer altı suyu derinliğinin 20-35 m. arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 3.6 Bornova ovasında 1990-2004 yılları arası açılmış zemin sondajlarındaki su seviyeleri bilgileri kullanılarak hazırlanmış yeraltı suyu derinlik haritası (Kıncal,2004'ten değiştirilerek).

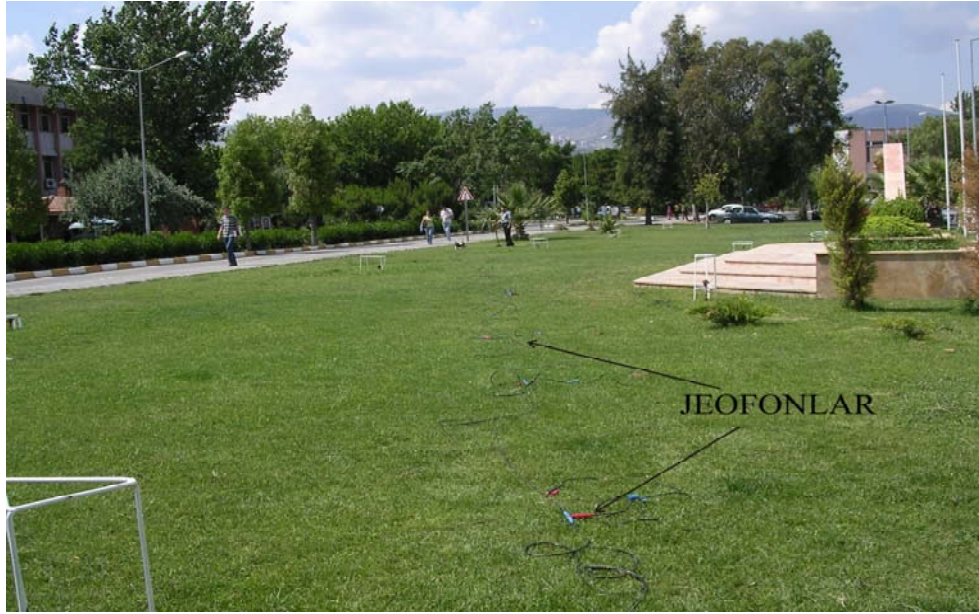
BÖLÜM DÖRT

SİSMİK KIRILMA YÖNTEMİ

4.1 Genel Açıklamalar

İki tür sismik çalışma yöntemi vardır. Bunlar, sismik kırılma ve sismik yansıma yöntemleridir (Kurtuluş, 2002). Çalışma alanımızda sismik kırılma çalışmaları yapılmıştır.

Sismik kırılma yöntemi, zemin yüzeyine uygulanan bir titreşim kaynağından yayılan sismik dalgaların bir hat boyunca dizili olan jeofonlar aracılığı ile alınması ve bu dalgaların sismograf tarafından toplanması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma iki şekilde yapılmaktadır. Birincisinde atış noktası bir doğru boyunca dizilen jeofonların (Şekil 4.1) oluşturduğu profilin bir ucuna yerleştirilir. İkincisi ise ters atış yapılarak sismik kırılma çalışması gerçekleştirilir. Buradaki amaç yeraltındaki eğimli tabakaları tespit etmektir. Ayrıca, sismik kırılma çalışması yapılırken yeraltı tabakalarının belirgin ve hızlarının sürekli olması ve hızın derinlikle artması gerekmektedir (Kurtuluş, 2002). Çalışma alanında bu kurala uyularak P düz-ters ve S düz-ters ölçümleri alınmıştır.



Şekil 4.1 Sismik kırılma yönteminde jeofonların arazide dizilimi.

4.2 Mühendislik Jeolojisinde P ve S Dalga Hızlarının Önemi

Jeolojik yapıların belirlenmesi, mühendislik çalışmalarında gereksinim duyulan fiziksel ve elastik parametre değerlerinin hesaplanabilmesi, mekanik sondaj ve diğer yöntemlerle çözümü çok güç ve pahalı jeolojik sorunların çözümlenebilmesi ve daha birçok amaç için geliştirilmiş olan jeofizik yöntemlerden bir veya birkaçı sorunların özüne ve kapsamına bağlı olarak seçilir ve uygulanır. Birçok proje çalışmalarında statik problemlerin çözülmesi için zeminin elastik deformasyonlarının bilinmesi yararlıdır. Ayrıca, kayanın kırık ve çatlaklılık durumları ile bozuşma derecesinin belirlenmesi için de “elastik parametrelerini” bulmak gerekir. P-dalga hızları (V_p) zemin ve kayaçların yapısal sıklık sertlik ve sağlamlığı ile orantılı olarak değişim gösterir (Ercan, 2000).

4.3 Sismik Kırılma Sonucu Bulunan Elastik Parametreler

Mühendislik jeofiziğinde en önemli sismik parametreler P ve S dalga hızlarıdır. P ve S dalga hızları zemin parametrelerinin tayininde kullanılırlar. Sismik hızlar, tamamen ortamın elastik özelliklerine (E, G, K vb.) bağlı olduğundan, zeminin

fiziksel özellikleri sismik hızların fonksiyonları şeklinde sağlıklı olarak bulunabilmektedir.

V_p ve V_s - dalga hızları ile yoğunluğun bilinmesi, Elastisite (Çimentolaşma ve sertlik) Modülünün (E) bulunmasını sağlar. Laboratuvarından elde edilen elastisite modülü ile araziden elde edilen elastisite modülünün, zeminlerin ve kayaçların çatlaklılık ve bozuşma dereceleri ile orantılı olarak değişim gösterdiği saptanmıştır. Formasyonların sağlamlık ve sertliğinin bir ölçüsüdür.

Elastisite Modülü (E); Bu parametre jeolojik birimlerin sertliğini ve sağlamlılığının bir ölçüsüdür. E'nin yüzeyden derinlere doğru değişmesi, zeminin farklı derinliklerde farklı sıklığa sahip olduğunu gösterir (Bowles, 1979).

$$E = Gd \cdot \frac{3.V_p^2 - 4.V_s^2}{V_p^2 - V_s^2} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$Gd: \text{Dinamik Rijidite Modülü, } Gd = d \cdot \frac{V_s^2}{100}$$

V_p ve V_s : Sismik hızlar

Kayma (Dinamik Rijidite) modülü (G); ise, zemin ve depremle ilgili hasarların tespiti açısından önemli bir parametredir. (Kramer, 1996)

Bulk Modülü (K); zemini oluşturan ortamın hacim değişikliğine karşı mukavemetinin bir ölçüsüdür. Yoğunluk ve sismik hızlar yardımıyla elde edilir (Kramer, 1996).

$$Mc (\text{Bulk Modülü}) = V_p^2 \frac{\gamma}{g}$$

g = Yerçekimi ivmesi

γ = Birim hacim ağırlık

Güvenilir Taşıma Gücü (qs): Zemin taşıma gücüne benzer bir şekilde arazide elde edilen enine dalga hızından (Vs) hesaplanır (Bowles, 1996; İyisan, 1996).

$$q_s = p \cdot \frac{V_s}{100} = p \cdot \frac{V_s \cdot T_o}{40} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$\text{Zemin Taşıma Gücü (qu): } d \cdot \frac{V_p}{100} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$d: \text{Islak Bulk Modülü} = 0,31 \cdot V_p^{0,25} \quad (\text{gr/cm}^3)$$

Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To): Vs dalga hızından yararlanılarak hesaplanır (Kanai, 1983).

$$T_o = \frac{4 \cdot h}{V_s} \quad (\text{sn})$$

h: derinlik (m), Vs: sismik dalga hızı.

SPT-N'₃₀

Imai, Fu moto, yokoto, 1976'ya göre (Ercan, 2001);

$V_s = 89,9 N^{0,34}$	Ortalama ilişki
$V_s = 102 N^{0,292}$	Dere getirimli (alluvial) killi toprak
$V_s = 80,6 N^{0,331}$	Dere getirimli (alluvial) kumlu toprak
$V_s = 114 N^{0,294}$	Sel getirimli (dilluvial) killi toprak
$V_s = 97,2 N^{0,323}$	Sel getirimli (dilluvial) kumlu toprak

$$V_s = 62,14 N_{30}^{0,129} \cdot h^{0,230} \quad (\text{Malakawi ve diğ, 1995})$$

$$V_s = 47,3 N_{30}^{0,324} \cdot \sigma_v^{0,240} \quad (\text{İyisan, 1996})$$

4.4 Sismik Çalışmalar

Çalışma alanında sismik dalgaların kırılması prensiplerinden yararlanılarak farklı zemin türlerinin ölçülen hat b :a kalınlığının değişimi ve dinamik elastik parametreleri P ve S hızlarının yardımıyla belirlenmiştir.

4.4.1 Kullanılan Ekipman

P ve S dalga hızlarının hassas bir şekilde ölçümü için 12 kanallı Seistronix RASS 24 (Şekil 4.2 ve 4.3) mühendislik sismografi kullanılmıştır. Arazide kolay kullanım olanağı sağlayan bu alet, içindeki dâhili bilgisayar yardımıyla anında değerlendirme yapabilmekte ve kayıt alabilmektedir. Dinamik kazanç ile yüksek performans veren bir araştırma sismografıdır. Kayıtlar sismografın üzerindeki hard diske de yüklenebilir. Sistem temel olarak bir “Sinyal Yığılma” sismografıdır. Burada yığılma terimi, atışın her yapılışında bellekte saklanan sinyallerin üst üste yığılması, genliklerin toplanması anlamında kullanılmaktadır. Yığılma işlemi ile sinyal/gürültü oranı önemli ölçüde düzeltilmiş olur.

Arazi Ekipmanı;

- a) Sismograf : Seistronix RASS 24 (Şekil 4.2 ve 4.3)
- b) Yatay Jeofon (OYO-40 Hz) : 12 adet
- c) Dikey Jeofon (OYO-40 Hz) : 12 adet
- d) 12 Voltluk batarya kutusu ve Batarya şarj edicisi
- f) Güç kablosu
- g) Balyoz (8 kg) ve vurma tablası
- h) Jeofon bağlantı kablosu



Şekil 4.2 Sismik çalışmalar sırasında kullanılan sismograf aleti ve laptop.



Şekil 4.3 Seistronix RASS 24 sismograf aleti.

4.5 Çalışma Alanında Yapılan Sismik Kırılma Çalışmaları

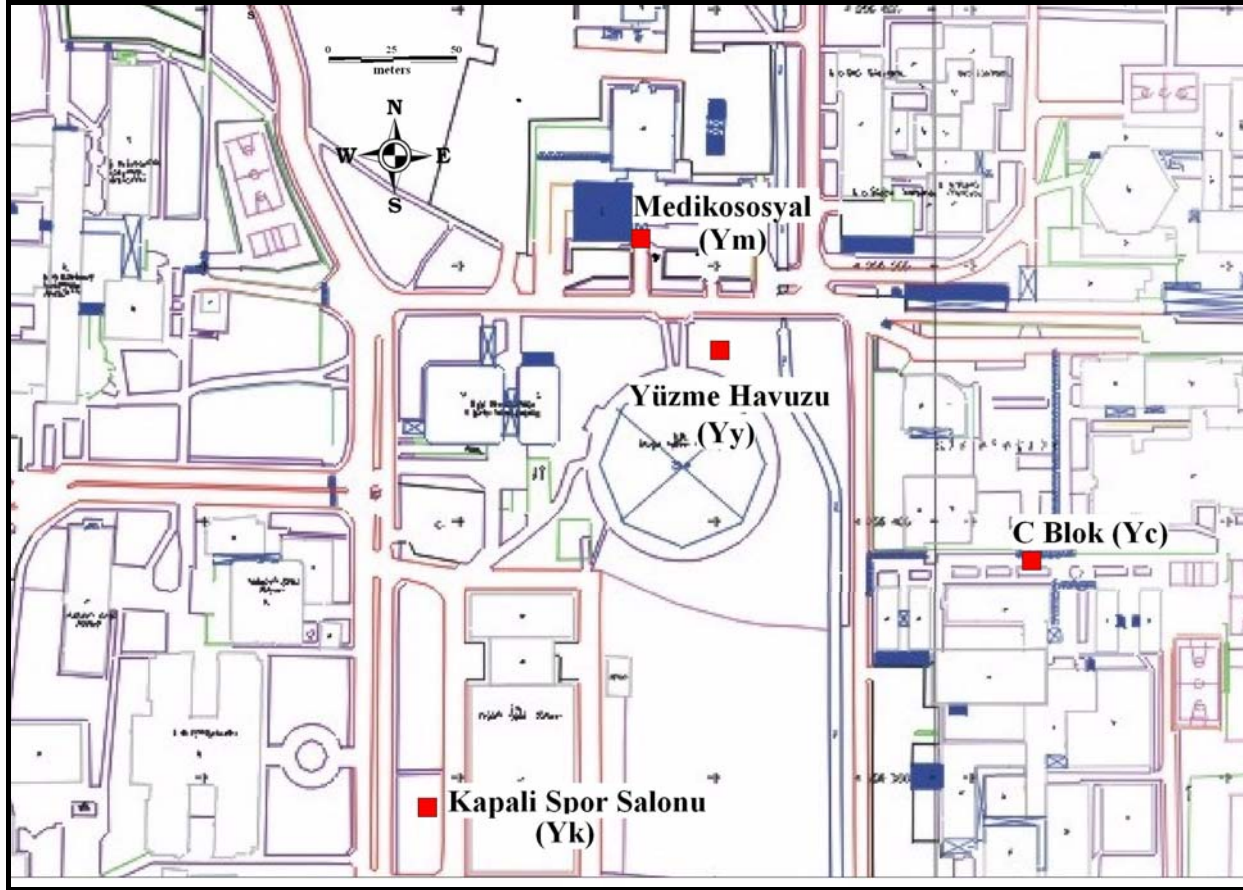
Serimler üzerinde her bir dalga türü için (P ve S) ayrı jeofonlar kullanılarak ölçümler alınmıştır. Farklı tür kaynak ve alıcıların kullanıldığı bu ölçümler iki ayrı

şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sismik dalgaları oluşturmak için enerji kaynağı olarak balyoz (Şekil 4.4) kullanılmıştır. Yeraltına gönderilen sismik dalgalar geçtikleri ortamların yoğunluk, güvenlik katsayısı (V_p , V_s), poisson oranı, bulk modülü, kayma modülü, elastisite modülü, zemin taşıma gücü, güvenli taşıma gücü ve oturma miktarı gibi çeşitli fiziksel özelliklerini de beraberlerinde taşıyarak yeryüzüne ulaşırlar ve belli aralılarla yüzeye yerleştirilen jeofonlar tarafından yansıyan sinyaller kaydedilir ve zemini dinamik parametreleri yerinde bulunmuş olur.



Şekil 4.4 Sismik kırılma çalışması sırasında kullanılan balyoz.

Sismik arazi çalışmalarında Şekil 4.5’de lokasyonları verilen 4 noktada sismik kırılma çalışmaları yapılmıştır. Bu serimde P ve S dalgaları düz ve ters atışlar yapılarak belirlenmiştir.



Şekil 4.5 Sismik kırılma çalışmalarının yapıldığı lokasyonlar Medikososyal (Ym), Yüzme Havuzu (Yy), C Blok (Yc) ve Kapalı Spor Salonu (Yk).

Sismik serimler 12 adet jeofon kullanılarak, C Blok (Yc), Yüzme Havuzu (Yy) ve Kapalı Spor Salonunda (Yk) yapılan çalışmada jeofon aralıkları 3'er metre, ofset aralıkları 1,5 metre olmak üzere her serimin boyu 36 metre olarak seçilmiştir. Böylece, çalışma alanında yüzeyden yaklaşık 10-15 metre derinliğe kadar inceleme olanağı sağlanmıştır. Yönler, Yc alanında B-D, Yy alanında KB-GD, Yk alanında ise GD-KB olarak seçilmiştir. Diğer bir çalışma noktası olan Medikososal binasında ise ölçüm alınabilecek alanın kısa mesafe olmasından dolayı jeofon aralıkları 2 metre, ofset aralığı 1 metre olmak üzere K-G doğrultusunda toplam 24 metre uzunluğunda ölçüm alınmıştır. Sismik kayıtlar sonucu elde edilen kayıt sonuçlarından (Şekil 4.6, 4.7, 4.8, 4.9) ve tabakalara ait V_p ve V_s hızlarından yararlanılarak 3,0, 6,0 ve 10,0 metre derinliklere ait V_p ve V_s hız dağılım kontur haritaları CBS ortamında hazırlanmıştır (Bölüm 6.2). Elde edilen P dalga hızlarından, tabaka kalınlığı elde edilmiştir. S dalga hızlarından ise, kayaçların elastik parametreleri, SPT-N'₃₀ değerleri ve yoğunlukları saptanmıştır (Şekil 4.6, 4.7, 4.8, 4.9).

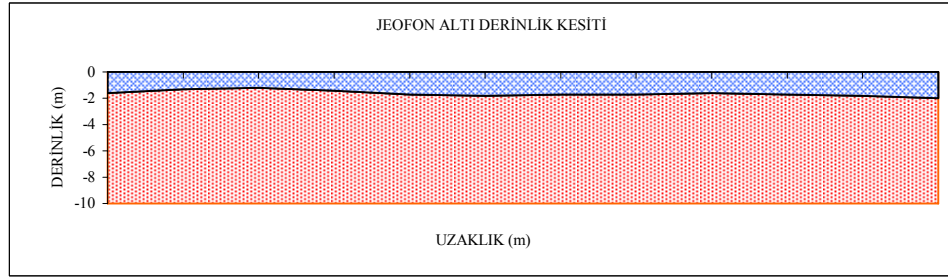
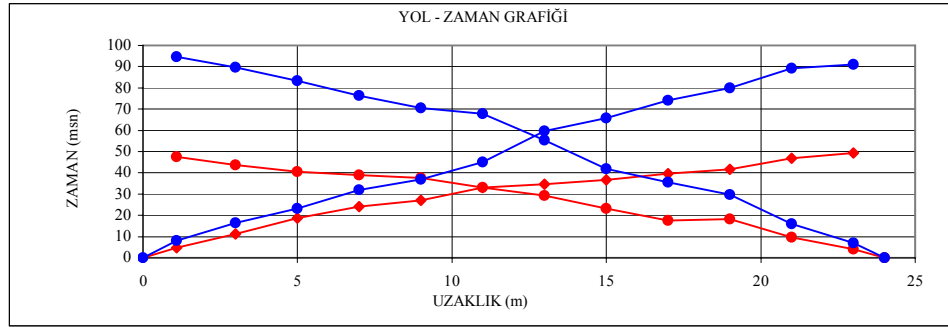
4.6 Sismik Profillerin Değerlendirilmesi

Arazi çalışması sonucu elde edilen analog kayıtlardan P ve S dalgaları için ilk varışlara ait zaman değerleri okunur. Özel bir yazılım programı ile bu okunan zaman-uzaklık değerleri elde edilir. Bu grafiklerden P ve S görünür dalga hızları saptanarak söz konusu hızlar yardımıyla formasyonların gerçek hızları saptanır. Ortam modellemesi P dalga türüne (P) ait düz, merkez ve ters atışların birlikte değerlendirilmesi ile gerçekleştirilir. Modelleme sonucu ortamdaki tabaka sayısı, tabaka kalınlıkları ve tabakaların eğim ve konumları belirlenir.

Elde edilen P ve S dalga hızları (V_s - V_p), tabaka kalınlıkları (H_n) ve ortamın yoğunluğuna (γ_n) bağlı olarak çalışma alanındaki ortamları oluşturan kayaçlara ait elastik parametreler (Young modülü-E, Bulk modülü-K, Kayma modülü-G, Poisson oranı- vb.) hesaplanır. Bunlara bağlı olarak da ortamın zemin hakim titreşim periyodu saptanır. Ayrıca, çalışılan alanın zemin grubu ve yerel zemin sınıfı da belirlenmiştir. V_p hızlarının bilinmesi ile değişik zemin tabakalarının

bulunabileceğini belirtmiştik. Örneğin, ince kum ve silt ve ince taneli zeminler için V_p 200-1000 m/sn, alüvyon zeminler için V_p değeri 500-1000 m/sn, siltli kum zeminler için V_p değeri 1000-25000 m/sn arasında değerler almaktadır (Yılmaz, 2004).

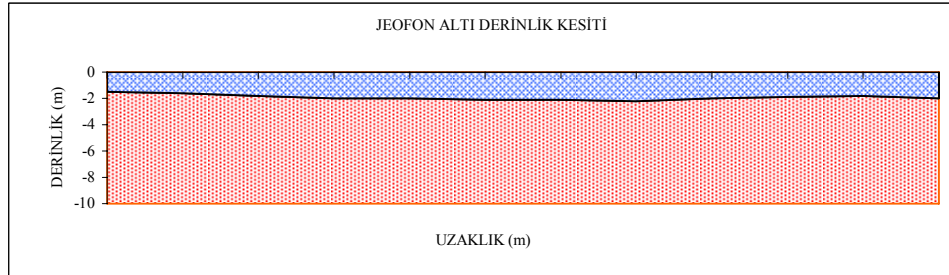
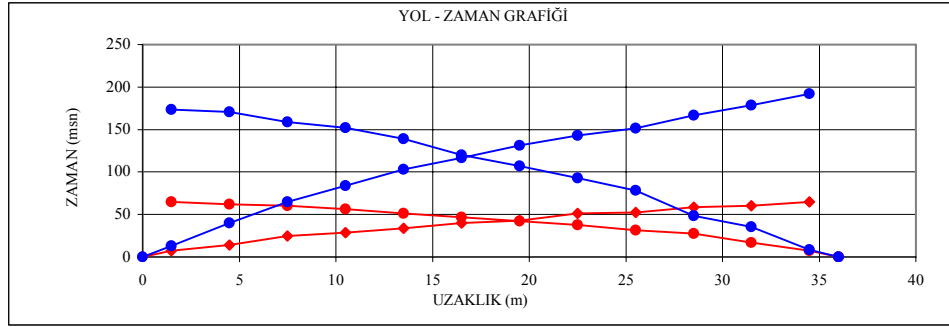
SERİM ADI :MEDICO



SİSMİK DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P DALGASI HIZLARI	V_p	m/sn	276	636	
S DALGASI HIZLARI	V_s	m/sn	190	325	
TABAKA KALINLIKLARI					
KALINLIKLAR	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
	h	m	1.63		
ELASTİK PARAMETRELER					
	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
YOĞUNLUK	γ	gr/cm ³	1.26	1.56	
HIZ ORANI		-	1.45	1.96	
POİSSON ORANI	ν	-	0.05	0.32	
KAYMA MODÜLÜ	G_{max}	kg/cm ²	456	1644	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	E	kg/cm ²	958	4352	
BULK MODÜLÜ	K	kg/cm ²	354	4105	
ZEMİN EGEMEN TİTREŞİM PERİYODU	T_o	sn	0.60		
MAX TAŞIMA GÜCÜ	q_u	kg/cm ²	5.21	14.79	
GÜVENİLİR TAŞIMA GÜCÜ	q_a	kg/cm ²	2.47	3.86	
ZEMİN BÜYÜTMESİ	Z_b		2.2		
SPT (N) DEĞERİ	SPT(30)	-	16	50	
AFET ZEMİN GRUBU					
ZEMİN GRUBU	Z_g	-	C		
YEREL ZEMİN SINIFI	Z_s	-	Z3		
ŞPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYODU	T_o	sn	TA=0,15 - TB=0,60		
BÖLGENİN DEPREM DERECESESİ	D_d	-	1		
BİNA ÖNEM KATSAYISI	B_d	-	1.2		
MAKSİMUM İVME	A_o	%g	0.4		

Şekil 4.6 Medikosozyal binasına ait sismik kırılma kayıt sonuçları.

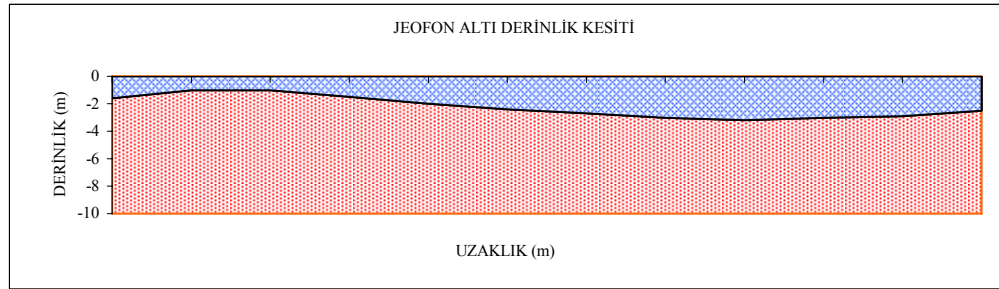
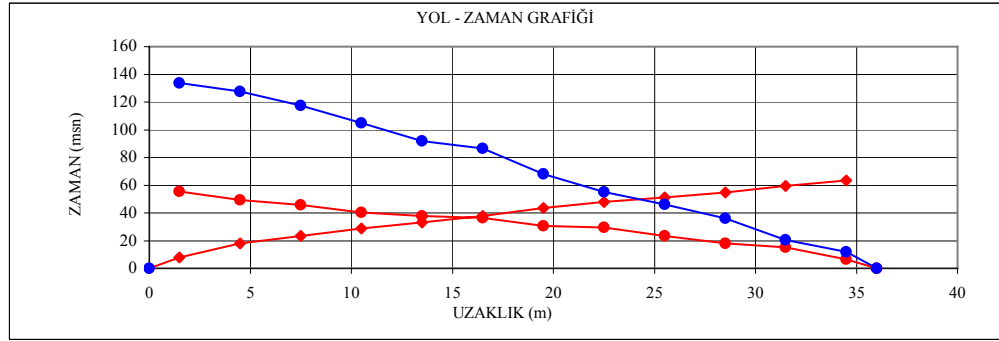
SERİM ADI :SPOR SALONU



HIZLAR	SİSMİK DALGA HIZLARI				
	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P DALGASI HIZLARI	V_p	m/sn	261	661	
S DALGASI HIZLARI	V_s	m/sn	134	245	
KALINLIKLAR	TABAKA KALINLIKLARI				
	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
	h	m	1.92		
YOĞUNLUK HIZ ORANI POİSSON ORANI KAYMA MODÜLÜ ELASTİSİTE MODÜLÜ BULK MODÜLÜ ZEMİN EGEMEN TİTREŞİM PERİYODU MAX TAŞIMA GÜCÜ GÜVENİLİR TAŞIMA GÜCÜ ZEMİN BÜYÜTMESİ SPT (N) DEĞERİ	ELASTİK PARAMETRELER				
	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
	γ	gr/cm ³	1.25	1.57	
		-	1.95	2.70	
	ν	-	0.32	0.42	
	G_{max}	kg/cm ²	224	944	
	E	kg/cm ²	591	2680	
	K	kg/cm ²	550	5610	
	T_o	sn	0.84		
	q_u	kg/cm ²	6.82	21.77	
q_a	kg/cm ²	1.80	2.99		
Z_b		3.0			
SPT(30)	-	6	35		
ZEMİN GRUBU YEREL ZEMİN SINIFI SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYODU BÖLGENİN DEPREM DERECESİ BİNA ÖNEM KATSAYISI MAKSİMUM İVME	AFET ZEMİN GRUBU				
	Z_G	-	C		
	Z_s	-	Z4		
	T_o	sn	TA=0,20 - TB=0,90		
	D_d	-	1		
	B_d	-	1.2		
	A_o	%g	0.4		

Şekil 4.7 Spor salonu binasına ait sismik kırılma kayıt sonuçları.

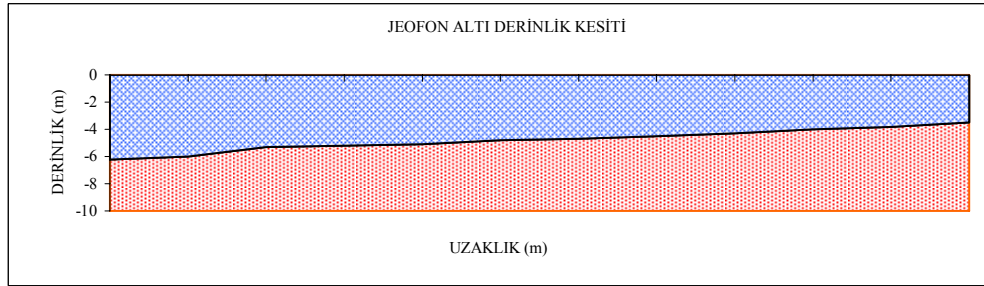
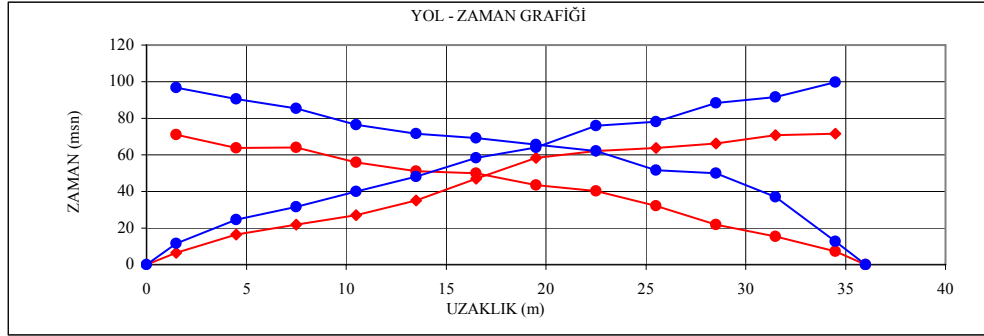
SERİM ADI :yuzme havuzu



SİSMİK DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P DALGASI HIZLARI	V_p	m/sn	324	724	
S DALGASI HIZLARI	V_s	m/sn	211	296	
TABAKA KALINLIKLARI					
KALINLIKLAR	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
	h	m	2.23		
ELASTİK PARAMETRELER					
	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
YOĞUNLUK	γ	gr/cm ³	1.32	1.61	
HIZ ORANI		-	1.54	2.45	
POISSON ORANI	ν	-	0.13	0.40	
KAYMA MODÜLÜ	G_{max}	kg/cm ²	586	1409	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	E	kg/cm ²	1325	3944	
BULK MODÜLÜ	K	kg/cm ²	600	6550	
ZEMİN EGEMEN TİTREŞİM PERİYODU	T₀	sn	0.53		
MAX TAŞIMA GÜCÜ	q_u	kg/cm ²	5.61	15.32	
GÜVENİLİR TAŞIMA GÜCÜ	q_a	kg/cm ²	2.38	2.56	
ZEMİN BÜYÜTMESİ	Z_b		2.4		
SPT (N) DEĞERİ	SPT(30)	-	22	50	
AFET ZEMİN GRUBU					
ZEMİN GRUBU	Z_g	-	C		
YEREL ZEMİN SINIFI	Z_s	-	Z3		
SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYODU	T₀	sn	TA=0,15 - TB=0,60		
BÖLGENİN DEPREM DERECESESİ	D_d	-	1		
BİNA ÖNEM KATSAYISI	B_d	-	1.2		
MAKSİMUM İVME	A₀	%g	0.4		

Şekil 4.8 Yüzme havuzu binasına ait sismik kırılma kayıt sonuçları.

SERİM ADI :DEKANLIK



SİSMİK DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P DALGASI HIZLARI	V_p	m/sn	310	828	
S DALGASI HIZLARI	V_s	m/sn	156	462	
TABAKA KALINLIKLARI					
KALINLIKLAR	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
	h	m	4.78		
ELASTİK PARAMETRELER					
	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
YOĞUNLUK	γ	gr/cm ³	1.30	1.66	
HIZ ORANI		-	1.99	1.79	
POISSON ORANI	ν	-	0.33	0.27	
KAYMA MODÜLÜ	G_{max}	kg/cm ²	317	3549	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	E	kg/cm ²	842	9044	
BULK MODÜLÜ	K	kg/cm ²	828	6668	
ZEMİN EGEMEN TİTREŞİM PERİYODU	T_o	sn		0.65	
MAX TAŞIMA GÜCÜ	q_u	kg/cm ²	6.52	22.26	
GÜVENİLİR TAŞIMA GÜCÜ	q_a	kg/cm ²	1.65	6.93	
ZEMİN BÜYÜTMESİ	Z_b			2.0	
SPT (N) DEĞERİ	SPT(30)	-	9		50
AFET ZEMİN GRUBU					
ZEMİN GRUBU	Z_G	-		D	
YEREL ZEMİN SINIFI	Z_s	-		Z4	
SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYODU	T_o	sn		TA=0,20 - TB=0,90	
BÖLGENİN DEPREM DEREJESİ	D_d	-		1	
BİNA ÖNEM KATSAYISI	B_d	-		1.2	
MAKSİMUM İVME	A_o	%g		0.4	

Şekil 4.9 C blok binasına ait sismik kırılma kayıt sonuçları.

BÖLÜM BEŞ

YER RADARI (GPR)

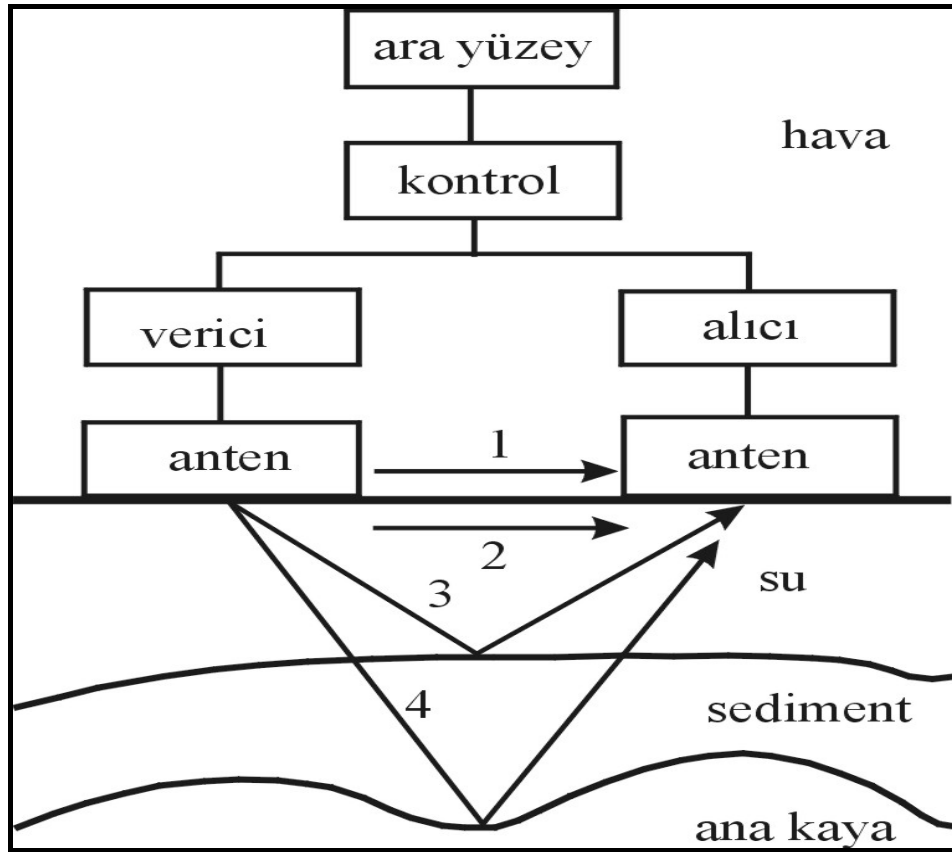
5.1 Yer Radarı (GPR)

Yer Radarı, yüzeysel yer altı özelliklerinin yüksek ayırım duyarlılığı için kullanılan bir jeofizik yöntemdir (Griffin ve Pippet, 2002). Bir yer radarı, verici anten, alıcı anten ve kayıtçıdan oluşmaktadır. Yöntemde kaynak olarak yüksek frekanslı elektromagnetik dalgalar kullanılmaktadır. Yer radarı, düşük maliyeti, hızlı kullanımı ve çevreye herhangi bir tahribat vermemesi dolayısıyla jeoteknik ve jeolojik araştırmalar, zemin etütleri, baraj, havaalanı ve santral yerleşim alanı zeminlerinin incelenmesi, yeraltı su tablasının belirlenmesi, ana kayanın derinliğinin tespiti, süreksizliklerin tespiti yüzeysel ayrışma derinliğinin belirlenmesi çalışmalarında etkin biçimde kullanılmaktadır.

5.2 Yer Radarının Çalışma Prensibi

Yöntem, kaynak olarak kullanılan yüksek frekanslı elektromagnetik dalgaların verici antenler kullanılarak yeraltına gönderilmesi ve bu dalgaların bir kısmının karşılaştıkları farklı cisimlerden veya farklı jeolojik yapıların ara yüzeylerinden yansiyarak alıcı anten tarafından işlem ünitesine iletilmesi, diğer bir kısmının da daha derin ortamlara ilerleme imkânı bulabilmesi şeklinde çalışmaktadır. Bütün bu işlemler saniyenin milyonda bir zamanda gerçekleşmektedir. (Çataklı, 2003) (Şekil 5.1). Verici anten tarafından yeraltına gönderilen elektromagnetik dalgaların yer içinde ilerleme hızı, ilerlediği ortamın dielektrik sabitine ve manyetik süseptibilitesine; dalganın ulaşabileceği maksimum derinlik ise, dalganın frekansına ve ilerlediği ortamın elektrik iletkenliğine bağlıdır (Weeds, 1994).

Yer Radarı profillerinin yorumlama aşamasında, problemin çözümünü en iyi şekilde yanıtlayabilmek için kuyu logu ve jeolojik bilgilerden yararlanılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında da, Yer Radarı profilleri daha önce yapılmış olan sondaj logları, laboratuvar deney sonuçları ve çalışma kapsamında yapılan sismik sonuçları ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.1 GPR'ın blok diyagramı; 1) Hava Dalgası, 2) Direkt yer dalgası, 3 ve 4) Yansımalar (Last ve Smol, 2001).

5.3 Yer Radarının Çalışmasına Etki eden Faktörler

Yer Radarı araştırmalarında en önemli iki faktör olan zemin iletkenliği ve dielektrik sabit, yüzeysel özelliklerin bulunmasını etkilemektedir (Ulriksen,1982). Bu iki parametre sudan önemli bir şekilde etkilenmektedir, bundan dolayı su GPR'ın çalışma performansı üzerinde büyük etkiye sahiptir (Griffin ve Pippet, 2002). Tablo 5.1'de bazı jeolojik malzemelere ait dielektrik sabit, iletkenlik, yayılma hızı ve soğrulma değerleri verilmiştir.

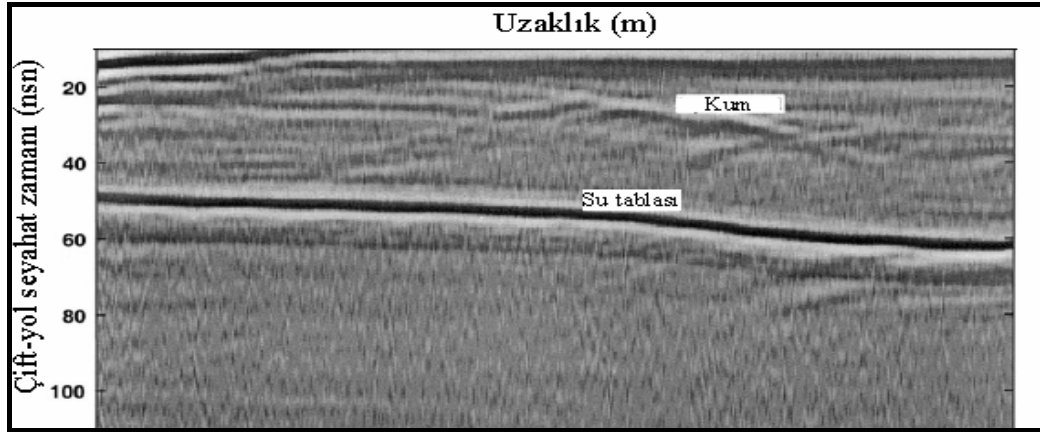
Tablo 5.1 Bazı jeolojik malzemelere ait dielektrik, iletkenlik, hız ve soğrulma değerleri, n/a bu malzemeler için bir değer olmadığını ifade eder (Wilchek, 2000).

Malzeme	Bağıl dielektrik, Sabit, $\epsilon_r (\epsilon / \epsilon_0)$	İletkenlik, σ , (mS/m)	Yayılm hızı, V, (m/nsn)	Soğrulma, Soğrulma sabiti, α
Hava	1	0	0,3	0
Buz	3-4	0,01	0,16	0,01
Su (taze)	80	0,5	0,033	0,1
Su (tuzlu)	80	3000	0,01	1000
Topraklar				
Kil	5-40	2-1000	0,06	1-300
Toprak (kuru)	3-5	0.01	0,15	0,01
Toprak (doygun)	20-30	0,1-1.0	0.06	0,03-0,3
Silt	5-30	1-100	0,07	1-100
Mineraller				
Kalsit	7,8-8,5	$5 \cdot 10^{-10}$	0,11	$3 \cdot 10^{-10}$
Kuars	4,2-5	$3 \cdot 10^{-4}$ - $5 \cdot 10^{-12}$	0,13-0,15	$2 \cdot 10^{-8}$ - $4 \cdot 10^{-12}$
Tortul kayalar				
Kireçtaşı	4-8	0,5-2	0,12	0,4-1,0
Tuz (kuru)	5-6	0,01-1	0,13	0,01-1
Kumtaşı	4<7-12	$1 \cdot 10^{-5}$ -0.7	0,09-0,14	$5 \cdot 10^{-8}$ -0,6
Şeyl	5-15	1-100	0,09	1-100
Magmatik kayalar				
Bazalt	12	$8 \cdot 10^{-6}$ -0.025	0,09	$4 \cdot 10^{-6}$ -0,01
Dasit	6.8-8.2	0.05	0,12	0.03
Diyabaz	10,5-34,5	$2 \cdot 10^{-5}$ -50	0,05-0,09	$1 \cdot 10^{-2}$ -26
Diyorit	6	0,0002-0,002	0,12	0,0001-0,001
Gabro	8,5-40	0,001-1	0.05-0.10	$3 \cdot 10^{-4}$ -0,6
Granit	4.6	0,01-1	0,13	0,01-1
Norit	61	0,02-1	0,04	0,004-0,2
Obsidiyen	5,8-10,4	n/a	0,11	n/a
Peridotit	8,6	0,15-0,33	0,10	n/a
Metamorfik kayalar				
Gnays	8,5	0,0003-0,02	0,10	n/a
Arjilit	n/a	1-100	n/a	n/a
Kuarsit	n/a	$5 \cdot 10^{-6}$ -100	n/a	n/a

Yüksek iletkenlik radar çalışmalarını sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Yüksek iletkenli zemin (yüksek kil içerikli zemin) düşük iletkenli zeminden (kuru kum) daha fazla enerji soğurur (Griffin ve diğ., 2002). Yüksek iletkenli ortamlar, iletilen sinyalin soğurulmasına ve derinliğin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yer radarı çalışmalarında çalışılan ortamın iletkenliğinin düşük olması istenir. Zemin dokusu, zemin yoğunluğu, zemin hacimsel su içeriği ve zemin tuz miktarı içindeki değişiklikler GPR sinyallerini etkilemektedir (Bristow ve Jol, 2003).

Ortamın dielektrik sabiti elektromagnetik dalganın yayılma hızını belirlemektedir. Yayılma hızı ile dielektrik sabit arasında ters orantı vardır. Yeraltına gönderilen elektromagnetik dalgaların hızı, ani bir dielektrik sabit düşmesi sonucunda artmaktadır. Bu ortam değişikliği sınırı bir yansıma yüzeyi oluşturduğundan ilerleyen dalganın bir kısmı geri dönmekte ve alıcı antene ulaşmaktadır. Dielektrik sabitin arttığı ortamlarda (Kil gibi su içeriğinin yüksek olduğu ortamlar), dalga hızı azalmakta ve enerji kaybına uğramaktadır. Bu nedenle bu tür ortamlarda GPR ile çalışmak oldukça zordur (Weeds, 1994).

Su sahip olduğu yüksek polarizetibilite nedeniyle en yüksek dielektrik sabite sahiptir. Bu nedenle elektromagnetik dalgaların bu direnç karşısında ilerlemesi oldukça zordur. Diğer yandan, su tablası sınırı, GPR çalışmalarında elektromagnetik dalgalar için iyi bir yansıma yüzeyi oluşturmaktadır ve bu sınır kolay bir şekilde tespit edilebilmektedir (Şekil 5.2).



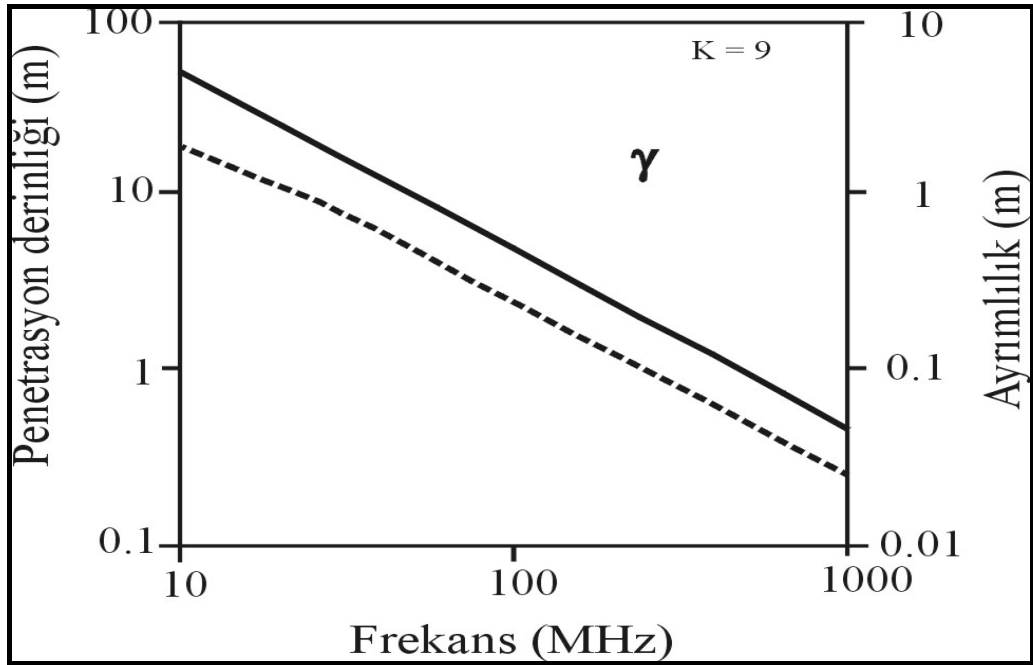
Şekil 5.2 Kumlu bir alanda su tablasının Yer Radarı kesitindeki görünümü (Stickley, Noon, Cherniakov ve Longstaff, 2000).

Yer Radarı yöntemi ölçümün yapılacağı çevreye oldukça duyarlıdır. En önemli iki faktör, elektromagnetik kaynaklar ile metalik yapıların varlığıdır. Ayrıca, diğer önemli faktörde araştırma alanının koşullarıdır. Çalışmanın yapılacağı alanda ekipmanla güvenli ve ekonomik bir biçimde çalışmanın yapılıp yapılmayacağı da önemli bir konudur. Eğer ortamda sıcaklık, soğukluk, kirlilik gibi olağan dışı koşullar ya da tehlikeler mevcut ise bunlara dikkat edilmeli ve çalışma esnasında not alınmalıdır. Veri-işlem ve yorum aşamasında bu notlara dikkat edilerek işlemler yapılmalıdır (Annan, 1999).

GPR çalışma performansına etki eden diğer bir faktörde kullanılan anten frekansıdır. Uygulamalarda kullanılan anten frekansları 25 MHz ile 1000 MHz arasında değişmektedir. Bu frekans uygulama derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Antenin fiziksel boyutu iletilen dalgaların frekansını etkiler (Griffin ve diğ., 2002). GPR dalgalarının derinliği ve çözünürlüğü kullanılan anten frekansına bağlıdır (Tablo 5.2) (Takahashi, 2004). Yüksek frekanslı elektromagnetik dalgalar düşük frekanslı elektromagnetik dalgalara göre daha fazla detay ve yüksek ayrırlılık elde edilmesine imkân sağlar, fakat yüksek frekanslar çok hızlı emildiği için penetrasyon derinlikleri düşük frekanslar kadar mükemmel değildir (Griffin ve Pipet 2002). Kısacası, frekans ile ayırım arasında doğru orantı; frekans ile derinlik arasında ters orantı vardır. Şekil 5.3’de frekans, ayrırlılık ve derinlik arasındaki ilişki verilmiştir.

Tablo 5.2 GPR parametreleri (dielektrik sabit, elektrik iletkenliği ve anten frekansı) arasındaki ilişki (Takahashi, 2004).

GPR Parametreleri	Dielektrik Sabit		Elektrik İletkenlik		Anten Frekansı	
	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
Yayılma Hızı	Yüksek	Düşük				
Penetrasyon	Kısa	Uzun	Uzun	Kısa	Uzun	Kısa
Dalga Boyu	Uzun	Kısa			Uzun	Kısa
Çözünürlük	Düşük	Yüksek			Düşük	Yüksek



Şekil 5.3 Frekans, ayrımlılık ve derinlik arasındaki ilişki (Last ve Smol, 2001).

Anten frekansı seçimi yapılırken bilinmesi gereken koşullar vardır (Takahashi, 2004). Bunlar;

- 1) Hedef araştırmanın boyutu, derinliği, materyal türü,
- 2) Hedefin gömülü olduğu zemin ve kayanın özellikleri,
- 3) GPR penetrasyonunu etkileyen nem ve kil içeriği,
- 4) Alanın yüzey engebeleri ve bitki örtüsüdür.

5.4 Yer Radarının Uygulama Alanları

GPR, kullanımının çok kolay olması, hızlı, kesin ve ekonomik olarak sonuç vermesi nedeniyle mühendislik çalışmalarında oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yöntem uygulamalarında kullanılan elektromagnetik dalgalar, yer içinde ilerlerken karşılaştığı ayırım yüzeyleri, dielektrik sabit, elektrik iletkenlik, manyetik iletkenlik ve manyetik süseptibilite gibi birçok parametreye bağlı olduğu için GPR farklı birçok sorunun çözümüne yönelik olarak kullanılmaktadır. GPR'ın kullanım alanları aşağıda verilmiştir.

A. Jeoteknik ve Jeolojik Araştırmalar (Mühendislik Jeolojisi)

- Yüzeje yakın kesimlerde yer alan gevşek zonun tespiti,
- Otoyol, havaalanı, baraj, demiryolu, su kanalı, santral, yerleşim alanı zeminlerinin incelenmesi,
- Tünel çalışmaları için Jeolojik ve Jeoteknik araştırmalarda,
- Tarihi binalar için özel zemin araştırmaları,
- Ana kaya derinliğinin saptanması,
- Zemindeki yanal ve düşey süreksizliklerin saptanması,
- Boşlukların saptanması,
- Su tablasının belirlenmesi,

Jeoteknik çalışmalar, genellikle yüzeyden ana kaya derinliğine kadar veya pekişmiş sert zemine kadar olan yapı içerisindeki zemin özelliklerini araştırmaya yönelik çalışmalardır. Yüzeyden itibaren tabakalanmalar, süreksizlikler, faylanmalar, boşluklar, su tablası seviyesi ana kaya derinliği ve buna benzer zemin özelliklerini belirlemeye yönelik araştırmalarda derinlik önemlidir. Bu nedenle uygun frekansta anten kullanılarak inilebilecek maksimum derinliğe inilmelidir.

B.Otoyol Asfalt ve Dolgularındaki Deformasyonların İzlenmesi

Otoyolların inşaatı sırasında meydana gelen çökme, kabarma, kayma gibi deformasyonları ortaya çıkarmaktadır. Deformasyon miktarını ve hareketin kaynağını ortaya çıkarır.

C.Çevresel Koruma

- Tehlikeli gömülü objelerin bulunması
- Su tablası üzerinde bulunan hidrokarbon sızıntılarının bulunması
- Zemin etütleri için jeolojik/zemin koşullarının araştırılması
- İlegal atık alanların ve toprak dolgularının bulunması

5.5 Yöntemin Üstün ve Zayıf Noktaları

- Kullanımı sırasında çevreye herhangi bir tahribat vermez.
- Kullanımı kolay, hızlı ve ekonomiktir.
- Yüksek frekanslı kaynak kullanılması nedeni ile penetrasyon derinliği sığ, çözünürlüğü yüksektir.
- Hedefin derinliği duyarlı bir şekilde belirlenebilir, fakat yorum işlemi biraz karışıktır.
- İnsan kaynaklı gürültüler elimine edilebilirler.
- Belirti kaynağı genelde ayırt edilebilir.
- Nemli ortamlarda istenen verim alınamamaktadır.

5.6 Yer Radarının Jeoteknik Problemlerinde Kullanımının Önemi

Yer Radarı, jeolojik amaçlı mühendislik için jeolojik yapıların araştırılması için ideal bir jeofizik aletidir (Weeds, 1994). Jeoteknik amaçlı arazi çalışmaları, genellikle sondajlarla birlikte bazı analizler ve kaya özelliklerinin tayini ile birlikte tamamlanır. Burada tek problem; elde edilen sonuçların sadece tek noktayı temsil etmesi ve yan yana bulunan iki sondaj kuyusu arasında önemli

oranda jeolojik koşulların değişebilmesidir. Jeofizik ölçümler bu sorunun çözümü için yardımcı olmaktadır.

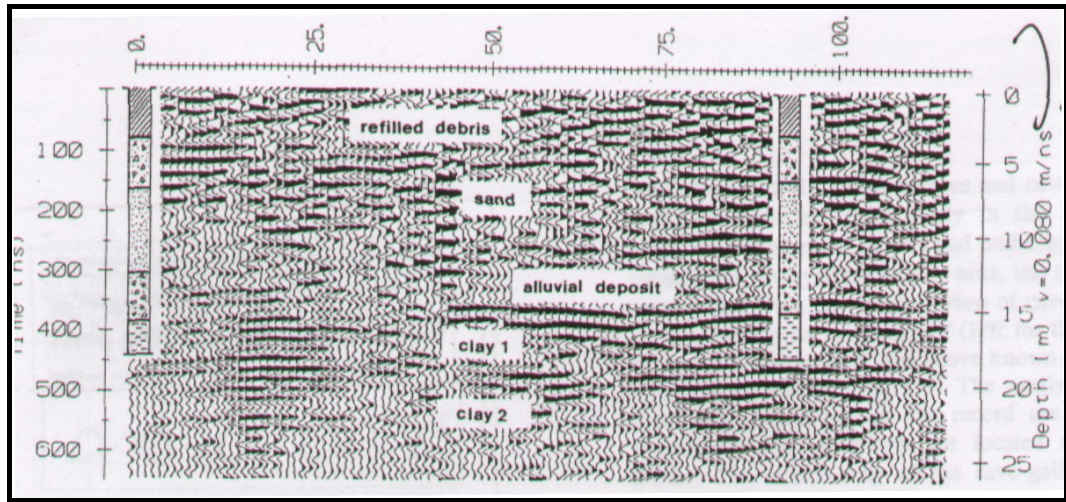
Yüzeysel jeolojik koşulların genel olarak gösterilmesini sağlayan birçok jeofizik yöntem ulaşılabilir. Bunlardan birçoğu ayrıca, jeoteknik problemlerde önemli olan mühendislik jeofiziği araştırmalarında kullanılmaktadır. GPR (yer radarı), yüksek çözünürlük ile yüzeysel derinlik araştırmalarında kullanılan yeni bir alettir. Magnetik, rezistivite, yüzeysel sismik jeoteknik araştırmalarda kullanılan diğer jeofizik yöntemlerdir. Yer Radarı, jeolojik tabakaların yüksek çözünürlük ile birlikte loglanması gerçekten ekonomik ve ölçüm alınan profil boyunca yüksek düşey çözünürlük sağlayan tek yöntemdir. Bu özelliği ile diğer jeofizik yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır (Weeds, 1994).

Amerika'da 1970 yılından itibaren zemin araştırmaları için GPR kullanılmaktadır. 1979 Florida'da GPR kullanılarak yapılan zemin araştırmalarında başarılı sonuçlar alınmıştır. Buradaki çalışmada başarı sağlanmasının nedeni çalışma alanının düşük iletkenliğe sahip kum zemin olmasıdır. GPR çalışma performansı zeminlerin elektrik iletkenliğine bağlıdır. Yüksek elektrik iletkenliğe sahip zemin radar enerjisini soğurur ve derinliği sınırlar. Zeminlerin elektrik iletkenliği tuz ve kil içermesine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca kalsiyum karbonat içeren zeminlerde penetrasyon derinliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Doolittle ve Collins'e göre zeminin kimyası ve anten frekansına bağlı olarak penetrasyon derinliği, kumlu zeminlerde 5-30 m, killi zeminlerde 0.5 m (>%35 kil) olarak belirlenmiştir (Daniels, 2004).

Amerika Birleşik Devletleri'nde USDA (Agriculture-Natural Resources Conservation Service) ve birçok üniversite zemin özelliklerini ve çeşitlerini belirlemede GPR yöntemini kullanmaktadır. USDA tarafından hazırlanan zemin araştırma raporları ve databankları, GPR çalışmasını etkileyen zemin özellikleri hakkında bilgileri sağlamaktadırlar (Daniels, 2004).

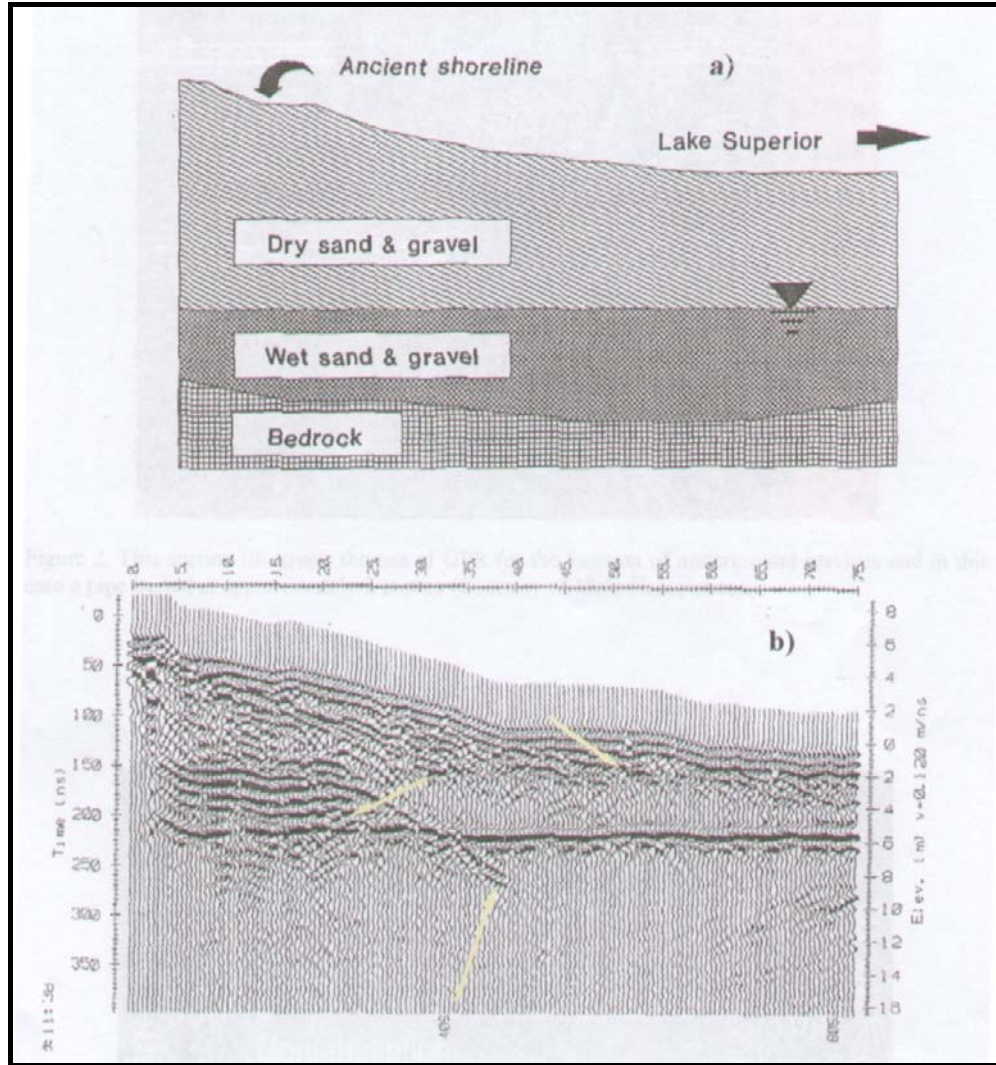
5.7 GPR ile Önceden Yapılmış Çalışmalar

Şekil 5.4 te alüvyal bir zeminde yapılmış olan bir çalışmaya ait GPR görüntüsü verilmiştir. Bölgede yaklaşık 100 metre aralıkta açılan iki sondaj arasındaki zemin değişimine bağlı olarak GPR sinyallerinin değişimi, özellikle killi seviyelerde GPR sinyallerinin yüksek iletkenlikten dolayı soğrulmaya uğradığı net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 5.4 100 MHz antenle alüvyal bir ortamda yapılmış bir çalışma (Weeds,1994)

Scaife ve Annan (1991) tarafından yapılan bir çalışmada ise, kuru kum-çakıl, ıslak kum-çakıl anakaya ve su tablası sınırlarının GPR kesitindeki (Şekil 5.5) görüntüleri görülmektedir



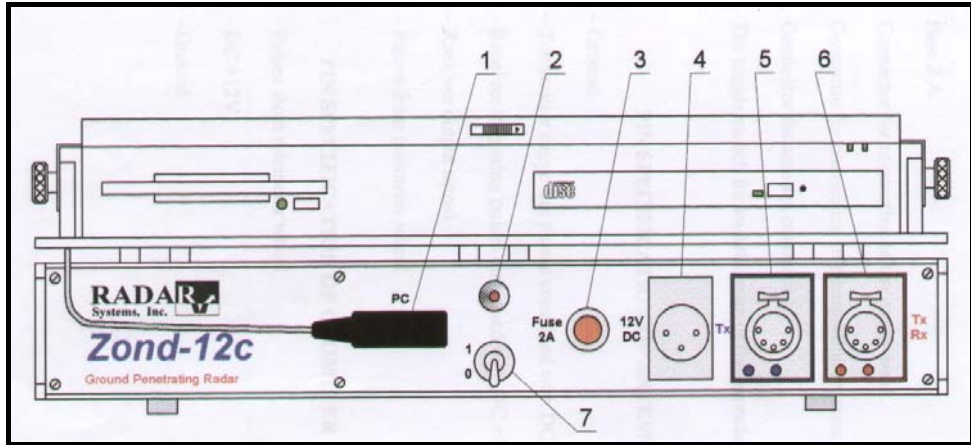
Şekil 5.5 Yer Radar ile yapılmış bir çalışma sonucu elde edilmiş görüntü (Scaife and Annan, 1991)

5.8 Yer Radarı ile Çalışma Alanında Yapılan Çalışmalar

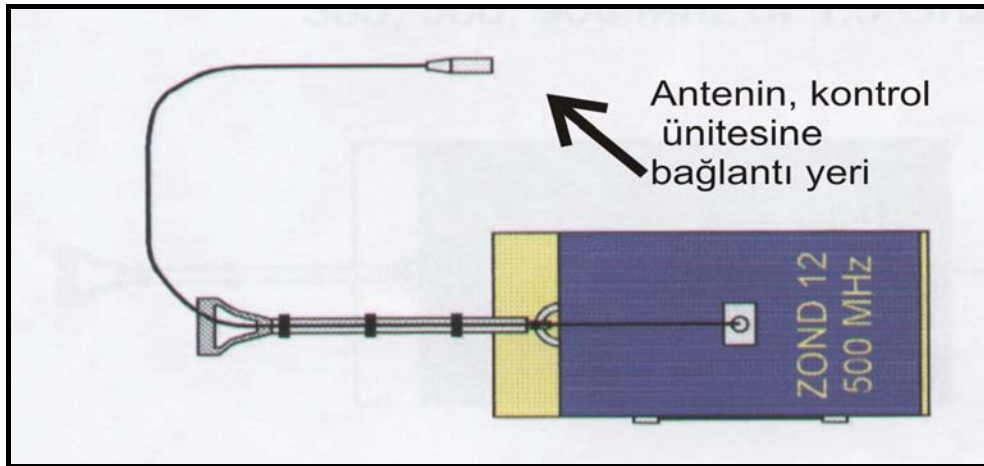
Bu tez çalışmasında Zond-12c marka 500 Mhz shielded antenli Yer Radarı kullanılmıştır. Zond-12c Yer Radarı 4 üniteden oluşmaktadır; kontrol birimi, bir bilgisayar (laptop), alıcı-verici antenler ve bataryadan oluşmaktadır (Şekil 5.6). Bilgisayar, kontrol ünitesinin üzerinde özel bir platform üzerine monte edilir. Kontrol ünitesi 12 voltluk batarya ile direk akımla çalıştırılır (Şekil 5.7). Anten ve kontrol ünitesi, anten kablosu ile bağlanırlar.

Verici anten ile yeraltına elektromanyetik dalgalar gönderilmekte, gönderilen bu dalgalar yeraltında farklı dielektrik sabite sahip ortamda yansımaya uğramakta ve yansıyan sinyal alıcı anten tarafından kaydedilmektedir. Daha sonra kaydedilen sinyal kontrol birimine, buradan da işlenmek üzere laptopa gönderilir.

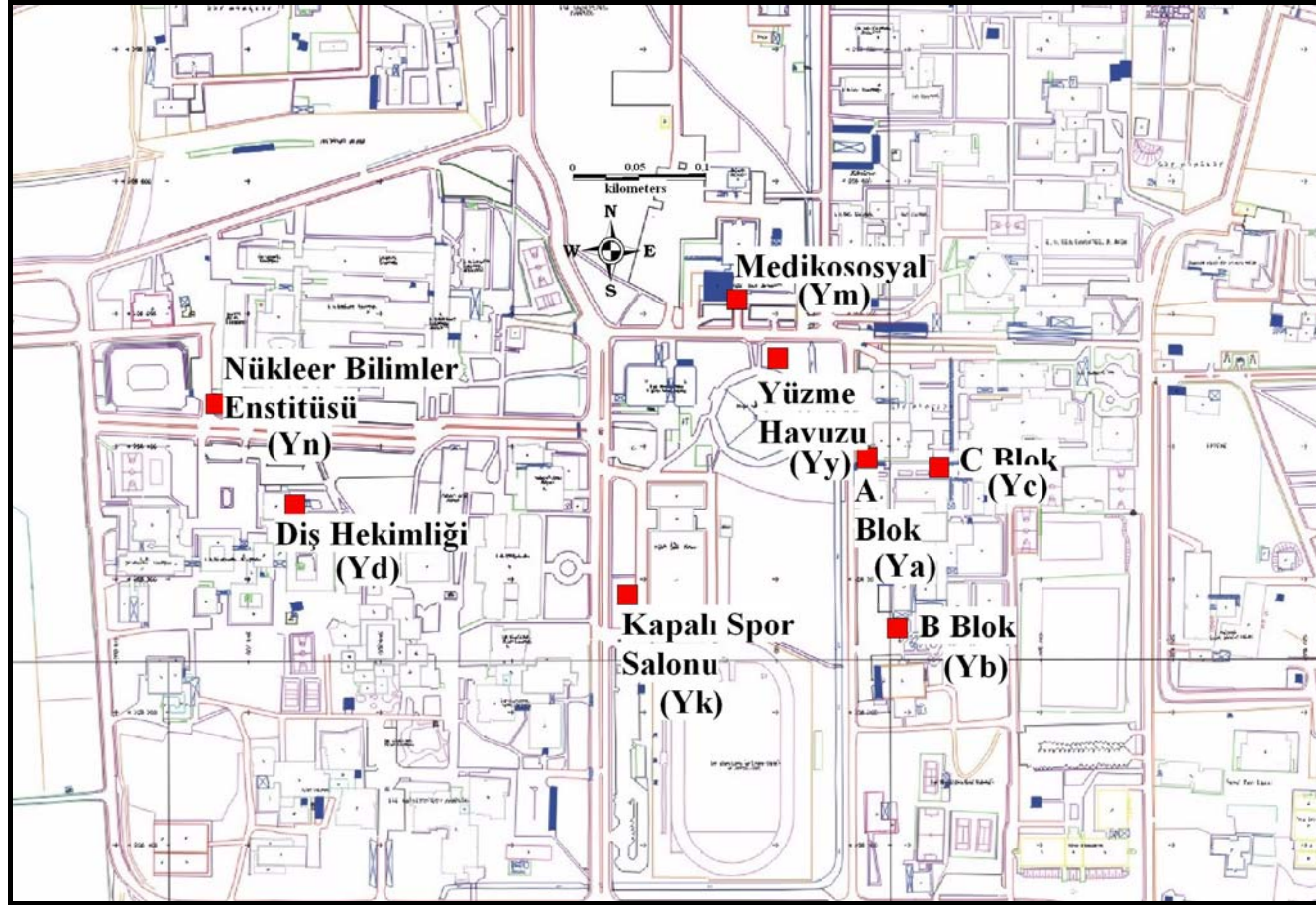
Bu ekipman kullanılarak daha önce sondajı yapılmış olan 7 alanda ölçüm alınmıştır (Şekil 5.8) ve sonuçlar korale edilerek yer radarının zemin etüdü çalışmalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır.



Şekil 5.6 Zond-12c GPR'in kontrol ve bağlantı parçaları; 1) Bilgisayar ile bağlantıyı kuran kablo 2) GPR'in açık olup olmadığını gösteren ışık veren düğme; 3) Sigorta 2A ;4) Bataryanın kontrol ünitesine bağlantı noktası ; 5) Sadece alıcı antenin kontrol ünitesine bağlantı noktası ; 6) Anten bağlantı noktaları ; 7) GPR'in açılmasını sağlayan elektrik şalteri.



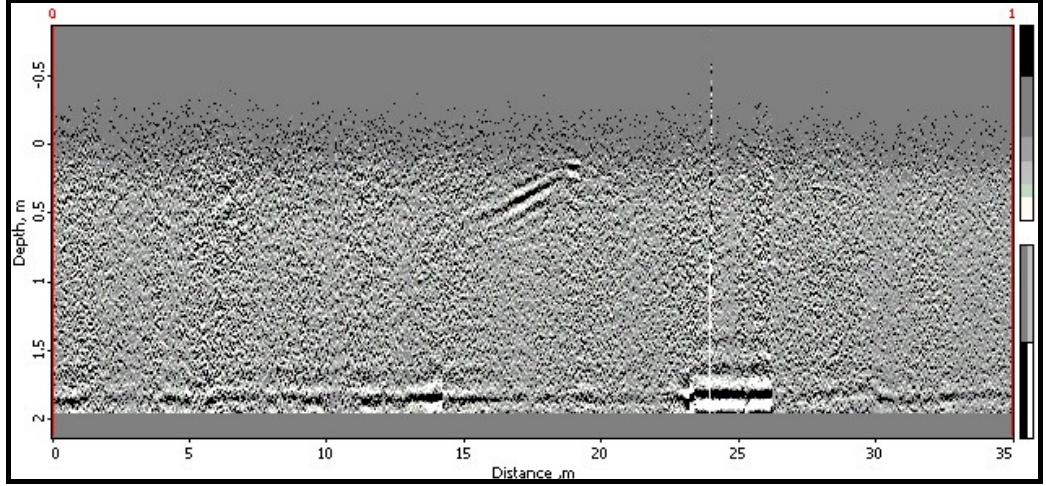
Şekil 5.7 Zond-12c GPR 500 MHz lik anten.



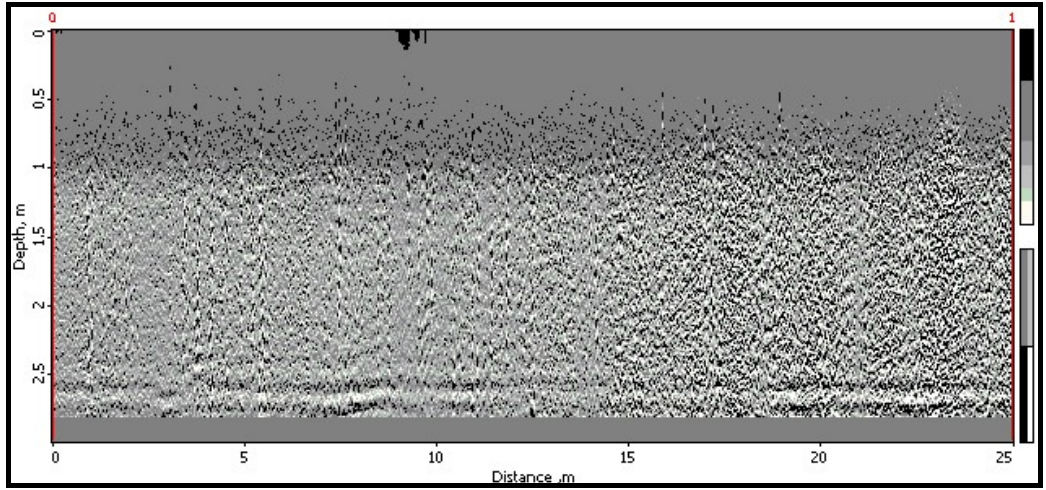
Şekil 5.8 Yer Radarı ile ölçüm alınan profiller.

Çalışma alanında yer alan D.E.Ü Mühendislik Fakültesine ait B, (Yb) ve C (Yc) blokları, Ege Üniversitesi'ne ait Yüzme Havuzu, Medikososyal, Kapalı Spor Salonu, Nükleer Bilimler Enstitüsü ve Diş Hekimliği Fakültesine ait binaların bulunduğu alanlarda yer radar çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen yer radar görüntüleri Şekil 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16'de verilmiştir. Bu alanlarda, CH ve MH grup sembolleri ile gösterilen yüksek plastisiteli inorganik kil, silt ve CL ile gösterdiğimiz düşük plastisiteli killi zeminlerde çalışılmıştır. Killi ortamlar yüksek iletkenliğe sahip oldukları için sönümlenme miktarı artmaktadır ve bu nedenle Yer Radarı çalışmaları için çok fazla uygun olmayan formasyonlardır. Şekiller incelendiğinde çalışılan ortamın killi olması nedeniyle sinyallerin zaman zaman soğrulduğu görülmektedir. Yer radarı görüntüleri incelendiğinde sinyallerin, alınan ölçüm hattı boyunca değişiklik gösterdiği görülmektedir. (Şekil 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16). Yer radarı görüntülerindeki sinyallerin çok fazla değişim gösterdiği koyu siyah renklere görülen çizgilerin ortamdaki metalik cisimlerden veya çakıllardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

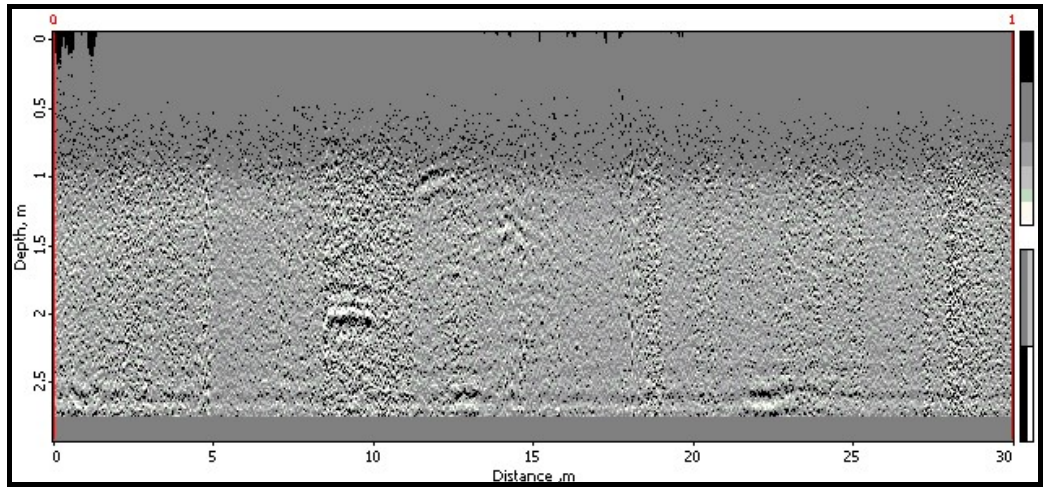
Yer radarı sinyalleri, zemin dokusu, zemin yoğunluğu, zeminin su içeriği ve tuz miktarı, dielektrik sabit ve zemin iletkenliği gibi parametrelere göre değişim göstermektedir. Bu parametrelerde her zemin için farklılık göstermektedir. Her farklı zemin için yer radarı sinyalleri değişim göstermektedir. Çalışma sonucu elde edilen radar görüntülerindeki değişimin sebebi de zeminin değişmesinden kaynaklanmaktadır.



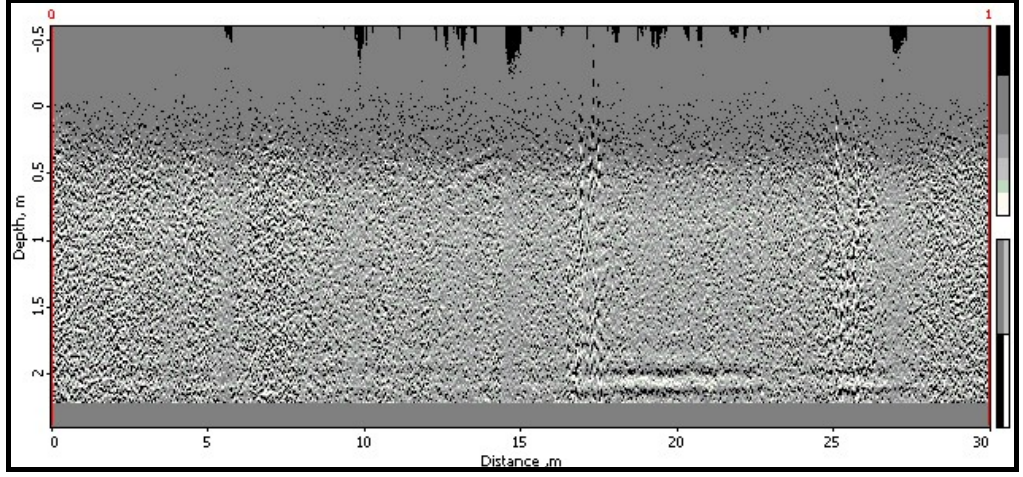
Şekil 5.9 D.E.Ü. Mühendislik Fakültesine ait A blok binası alanına ait yer radarı görüntüsü.



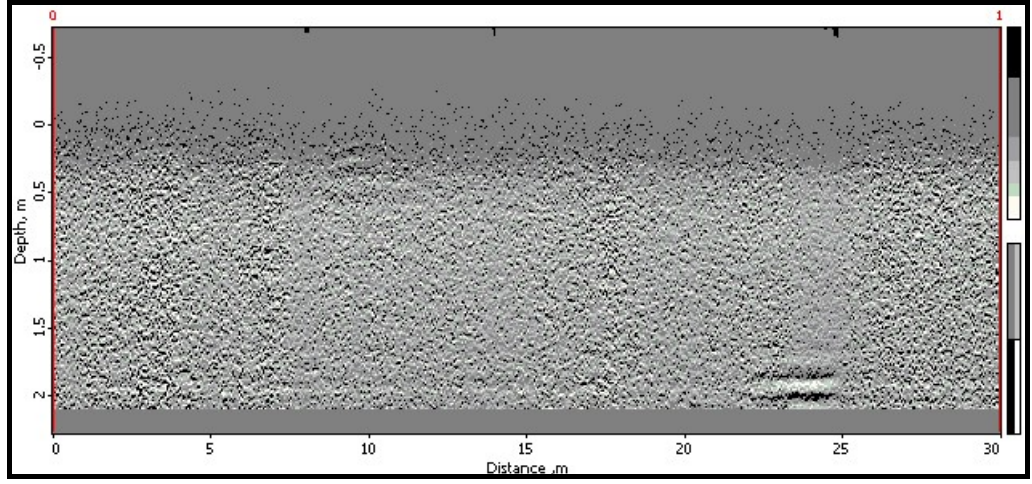
Şekil 5.10 D.E.Ü. Mühendislik Fakültesine ait B blok binası alanına ait yer radarı görüntüsü



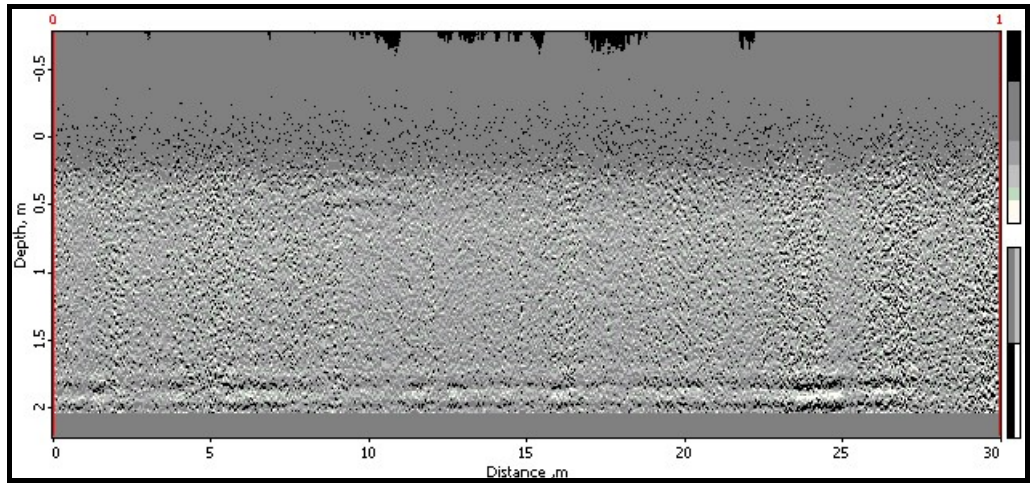
Şekil 5.11 D.E.Ü. Mühendislik Fakültesine ait C blok binası alanına ait yer radarı görüntüsü



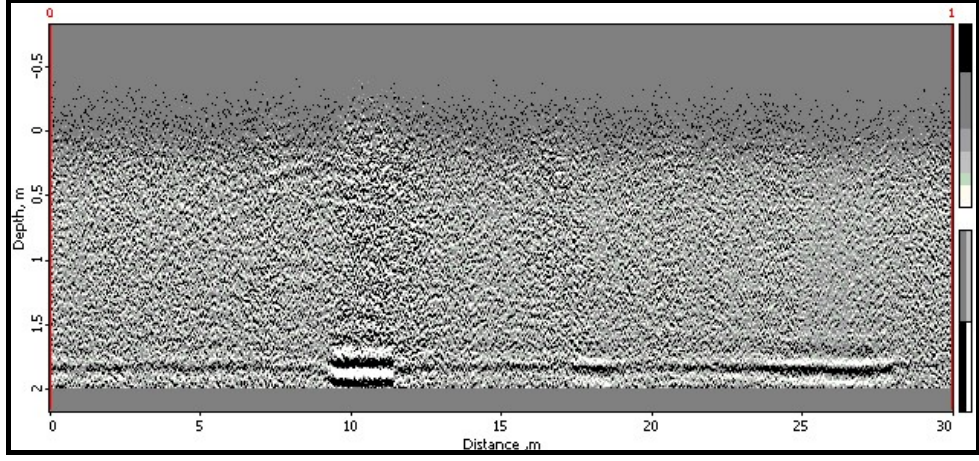
Şekil 5.12 Ege üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi binası alanına ait yer radarı görüntüsü



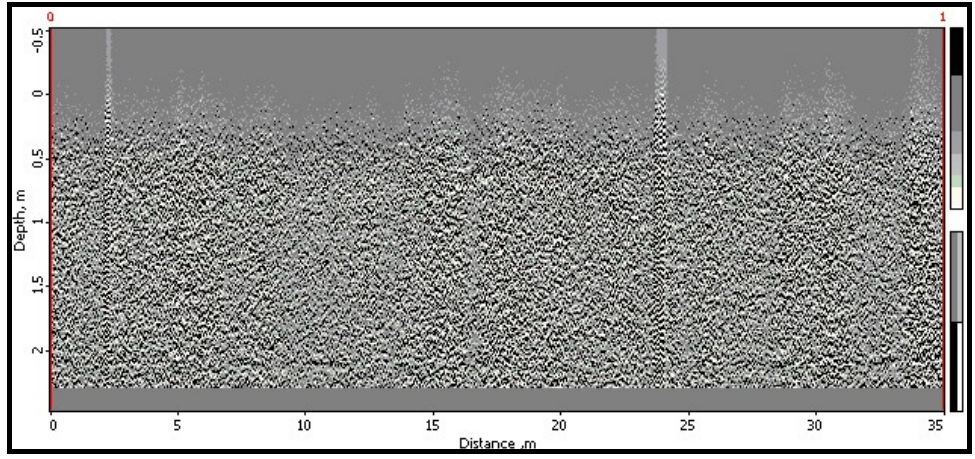
Şekil 5.13 Ege üniversitesi Yüzme Havuzu binası alanına ait yer radarı görüntüsü



Şekil 5.14 Ege üniversitesi Medikososyal binası alanına ait yer radarı görüntüsü



Şekil 5.15 Ege üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü binası alanına ait yer radarı görüntüsü



Şekil 5.16 Ege üniversitesi Kapalı Spor Salonu binası alanına ait yer radarı görüntüsü

BÖLÜM ALTI

DEĞERLENDİRME

6.1. Laboratuvar Bulguları ile Sismik Verilerin Karşılaştırılması

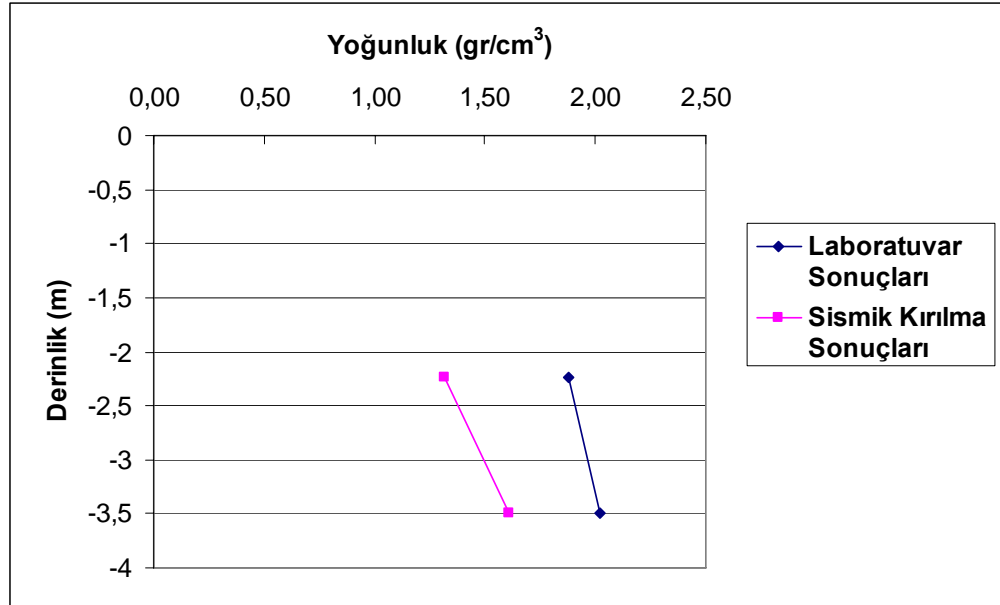
E. Ü. Kampüs alanında daha önceden yapılmış olan geoteknik etüdler kapsamında yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen yoğunluklar (Tablo 6.1) ile çalışma kapsamı içinde yapılan sismik kırılma çalışmaları sonucu elde edilen yoğunluklar karşılaştırılmıştır ve grafikler şeklinde sunulmuştur (Şekil 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4).

Tablo 6.1 E.Ü. kampüs alanında yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda bulunan yoğunluklar (Balıklı, 95)

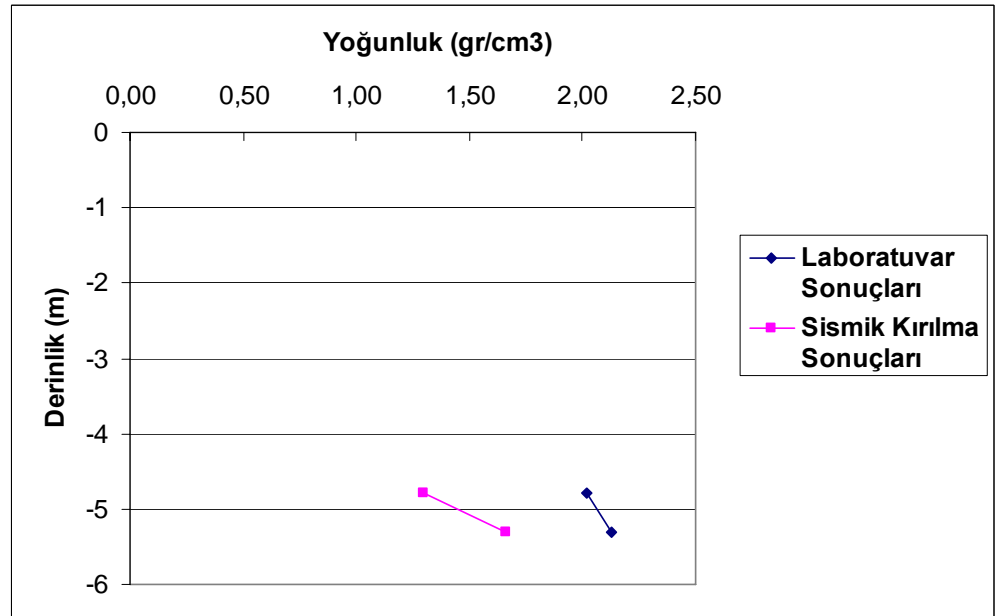
Zemin Örneğinin;			
Alındığı Yer	Derinlik (m)	USCS Grup Sembolü	γ_n (gr/cm ³)
E.Ü. Yüzme Havuzu	2,00 - 3,50	MH	1,82
	2,00 - 3,50	MH	1,86
	2,00 - 3,50	MH	1,87
	3,50 - 5,00	SC	2,02
D.E.Ü. Müh. Fak. C Blok	1,00 - 1,50	MH-CH	1,96
	2,20 - 2,35	CH	1,91
	2,40 - 2,60	MH	2,02
	4,20 - 4,40	CL	2,13
E. Ü. Kapalı Spor Salonu	1,50	ML	1,87
	3,00	MH	1,77
	4,50	CH-MH	1,79
E.Ü. Medikososyal	4,00	CH	1,75

Şekil 6.1, 6.2 ve 6.4 incelendiğinde derinlikle beraber laboratuvar ve sismik kırılma çalışmaları sonucu bulunan yoğunluk değerlerinin arttığı görülmektedir. Şekil 6.3'te laboratuvar sonucu bulunan yoğunluk değerlerinin derinlikle beraber azalmakta, fakat sismik kırılma sonucu bulunan yoğunluk değerleri derinlikle beraber artmakta olduğu görülmektedir.

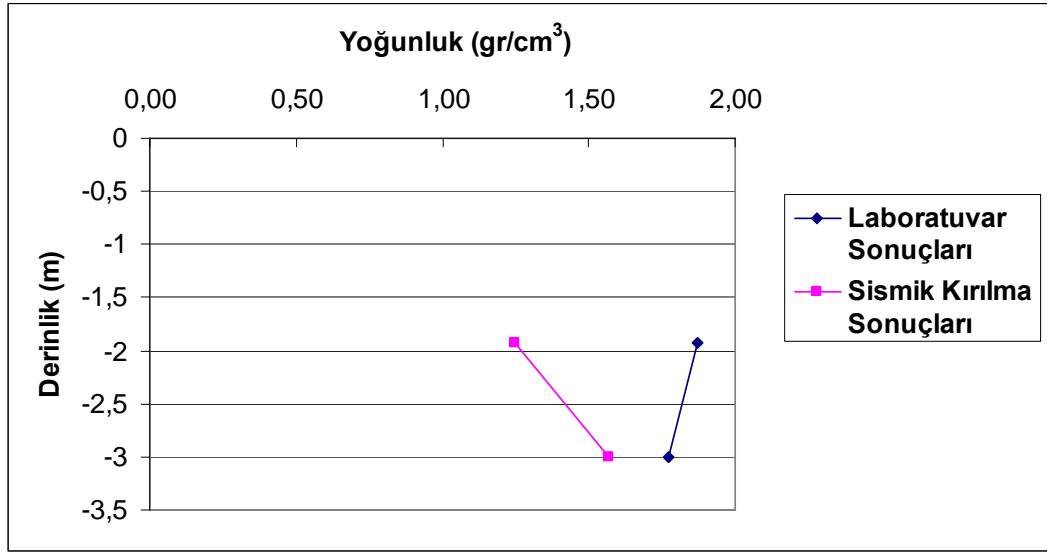
Fakat, laboratuvar ve sismik kırılma çalışmaları sonucu bulunan yoğunluk değerleri birbirini desteklememektedir. Şekil 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4 değerlendirildiğinde sismik çalışma sonucu bulunan yoğunluk değerlerinin laboratuvar sonucu bulunan yoğunluk değerlerine göre daha düşük değerler olduğu gözlenmektedir.



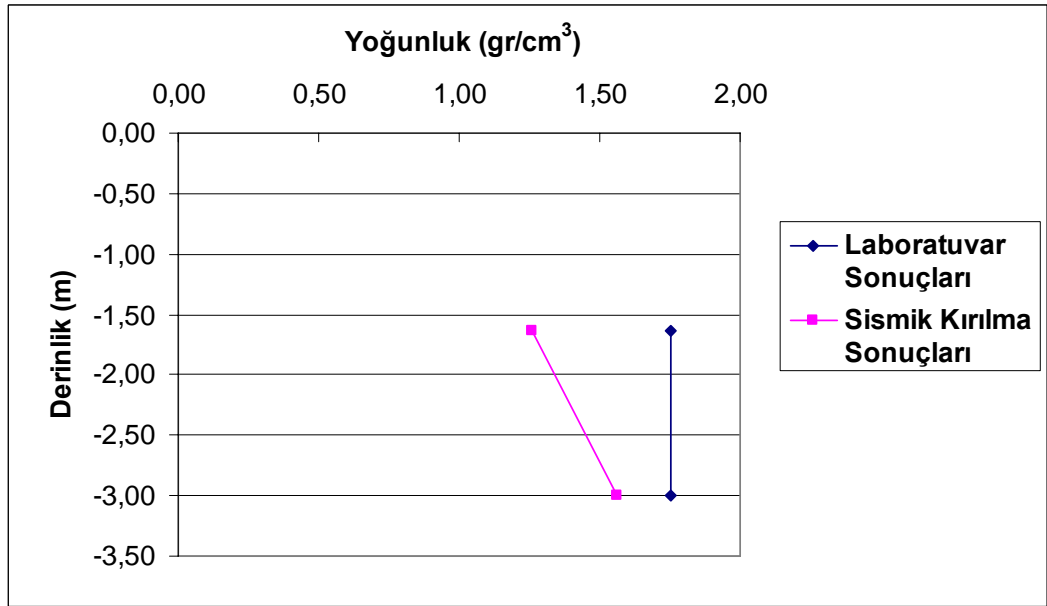
Şekil 6.1 Ege Üniversitesi kampüsünde yer alan Yüzme Havuzu binası alanına ait sonuçlar.



Şekil 6.2 D.E.Ü Mühendislik fakültesine ait C blok binası alanına ait sonuçlar.



Şekil 6.3 Ege Üniversitesi kampüsünde yer alan kapalı spor salonu binası alanına ait sonuçlar.



Şekil 6.4 Ege Üniversitesi kampüsünde yer alan medikososyal binası alanına ait sonuçlar

6.2 Sismik Kırılma Bulguları ile Sondaj Bulgularının Karşılaştırılması

Ege Üniversitesi kampüs alanında C blok (Yc), yüzme havuzu (Yy), medikososyal (Ym) ve kapalı spor salonunda (Yk) yapılan 4 adet sismik kırılma çalışmaları sonucunda elde edilen Vp ve Vs dalga hızlarından CBS ortamında hazırlanan hız dağılım kontur haritaları (Şekil 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9 ve 6.10) hazırlanmıştır. Sismik kırılma sonucu elde edilen SPT-N'₃₀ değerleri ile sondaj

loglarından elde edilen SPT-N'₃₀ değerlerini karşılaştırmak amacıyla çizilen grafikler aşağıda alt başlıklar halinde yorumlanmıştır.

6.2.1 *V_p* ve *V_s* hızlarından Yararlanılarak Yapılan Hız Dağılım Haritalarının Yorumu

3 m. derinlikteki *V_s* dağılım haritasına (Şekil 6.5) bakıldığında en yüksek hıza sahip alanın medikososyal binasının olduğu görülmektedir. Bu alanda hız 290 m/sn den büyüktür. Yüzme havuzu ve kapalı spor salonu binalarının olduğu alanlar da ise hız 240-290 m/sn olarak görülmektedir. B ve C bloklarının olduğu alanlarda ise hız 140-240 m/sn arasında olup bu alanlarda en düşük *V_s* hız değerlerine sahiptir.

6 m. derinlikte *V_s* hız dağılım haritasına (Şekil 6.6) bakıldığında en yüksek hıza sahip olan alanın C bloğunun olduğu görülmektedir. Bu alanda hız 440 m/sn daha büyüktür. Hız sırasıyla, kapalı spor salonu, yüzme havuzu ve medikososyal binası alanlarına doğru azalmaktadır. Hızın 240-440 m/sn arasında değiştiği görülmektedir.

10 m. derinlikteki *V_s* hız dağılım haritasına (Şekil 6.7) bakıldığında 6m. derinlikteki *V_s* hız dağılım haritası ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bunun nedeni 6 ve 10 m. derinlikteki bu iki seviyenin benzer zemin özellikleri göstermesidir. Sondaj logları incelendiğinde bu benzerlik görülmektedir.

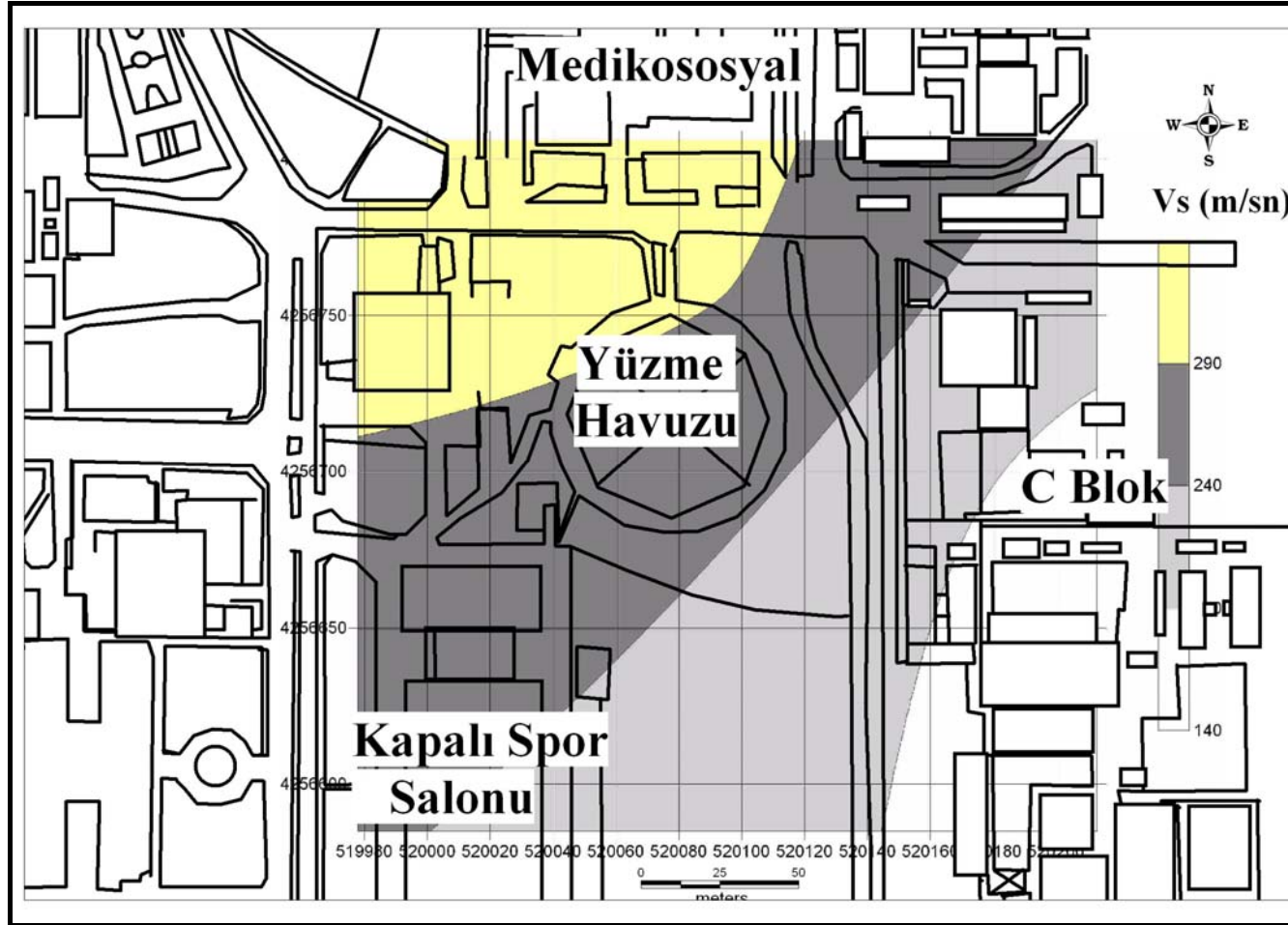
3 m. derinlikteki *V_p* hız dağılım haritasına (Şekil 6.8) bakıldığında, en yüksek hızın yüzme havuzu alanında olduğu görülmektedir. Bu alanda hız 690 m/sn den büyük olduğu görülmektedir. Medikososyal ve kapalı spor salonunun bulunduğu alanlarda ise hız 590–690 m/sn arasında olduğu görülmektedir. Çalışma alanında elde edilen *V_p* dalga hızları en düşük 300 m/sn ve 700 m/sn den büyük değerlerdir.

6 m. ve 10 m. derinlikteki *V_p* hız dağılım haritalarına (Şekil 6.9 ve Şekil 6.10) bakıldığında, en yüksek hızın B ve C bloklarına ait olduğu görülmektedir. Bu

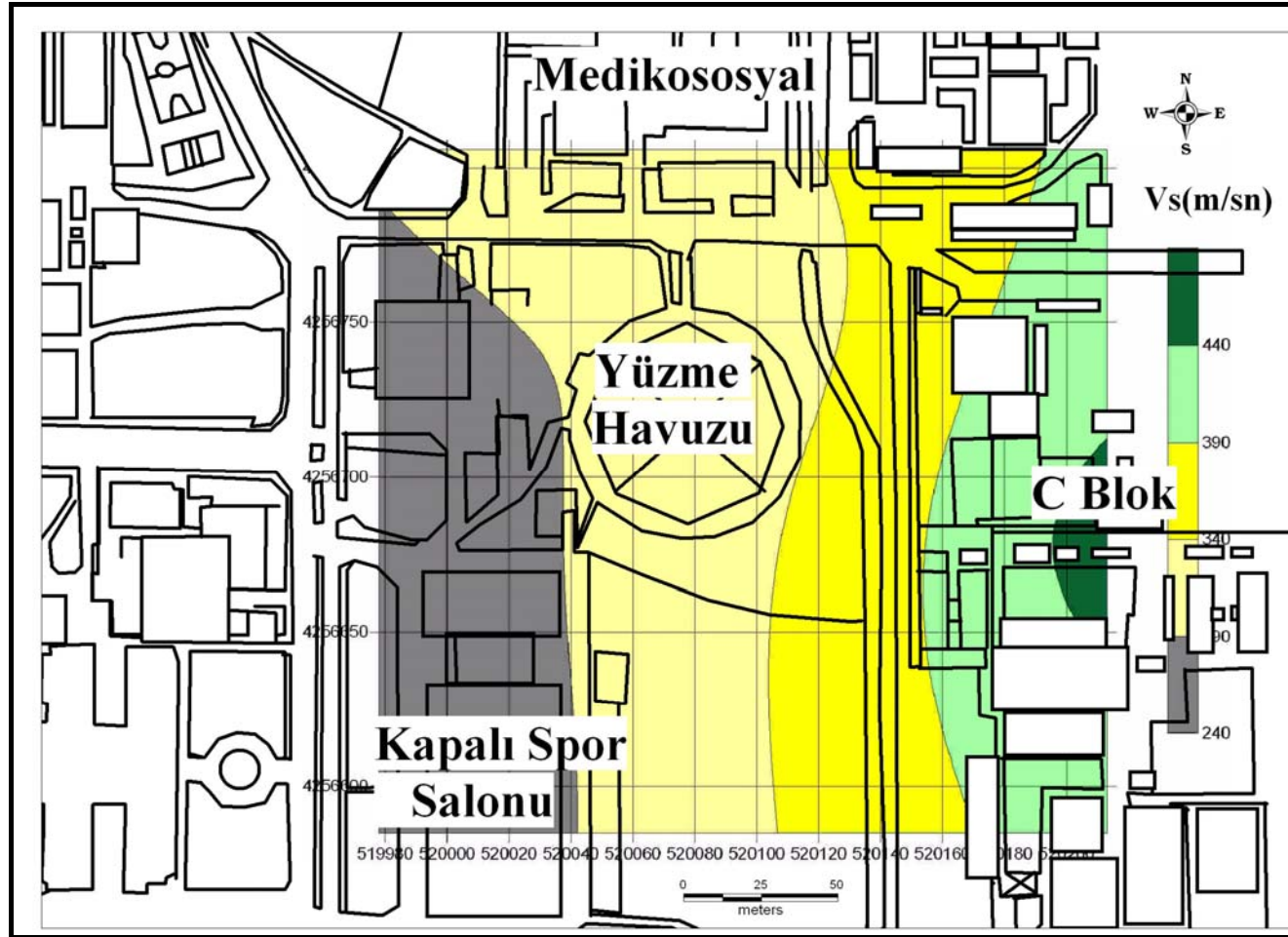
alanlarda hız 780-830 m/sn arasında olduğu görülmektedir. Yüzme havuzunun olduğu alan ise ikinci yüksek hıza sahip alandır. Bu alanda hız 680–780 m/sn'dir. Medikososyal ve kapalı spor salonunun olduğu alanlar ise en düşük V_p hızına sahip alanlardır. Bu alanlarda hız 630-680 m/sn arasında olduğu görülmektedir.

Sismik kırılma çalışmaları sonucunda elde edilen V_p ve V_s dalga hızlarından yararlanılarak CBS ortamında hazırlanan hız dağılım kontur haritaları (Şekil 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9 ve 6.10) incelenmesi yukarıda yapılmıştır. İnceleme sonucu, V_p ve V_s hızlarının sismik kırılma yönteminin çalışma prensibine uygun olarak derinlikle beraber arttığı görülmektedir. EK 1'deki sondaj logları incelendiğinde zeminin üst kısımlarını bitkisel toprak ve kum ve silt zeminlerin olduğunu, derinlere gidildikçe kil zeminin arttığı görülmektedir. Zemin profili gevşek zeminden sıkı zemine doğrudur. Buna bağlı olarak V_p ve V_s hızlarının da arttığı görülmektedir. Düşük hızların gevşek zeminleri gösterdiğini ve sıkı zeminlere doğru geçildikçe V_p ve V_s hızlarının arttığını söyleyebiliriz. V_p ve V_s hızlarının düşük veya yüksek olması zeminin sıkışabilirliği, dayanımlı olup olmadığı ve sökülebilirliği hakkında bilgi vermektedir. Sismik kırılma çalışmaları sonucu elde edilen kayıtlara (Şekil 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9) bakıldığında hızların yüksek olduğu yerlerde elastisite modüllerinin ve zemin hakim titreşimlerinin büyük olduğu görülmektedir, buda bu kısımlarda zeminin daha dayanımlı ve sökülebilirliğinin daha zor olduğunu göstermektedir.

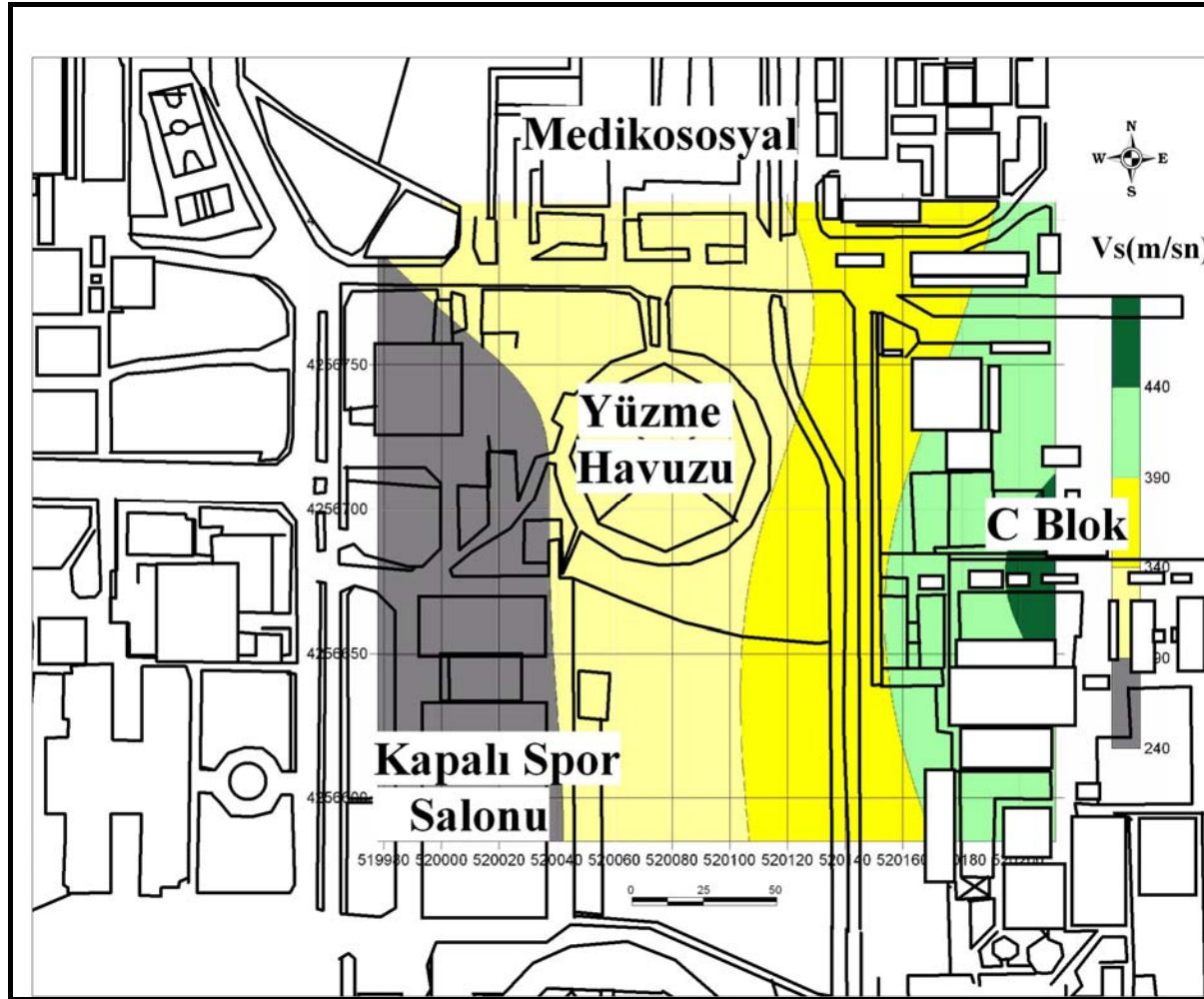
V_p/V_s hız oranındaki artış, zeminlerdeki gözenekliliğin, boşluk oranı ve çatlaklığın arttığını göstermektedir. Bu oranın büyümesi zemin özellikleri bakımından olumsuz bir özelliği göstermektedir.



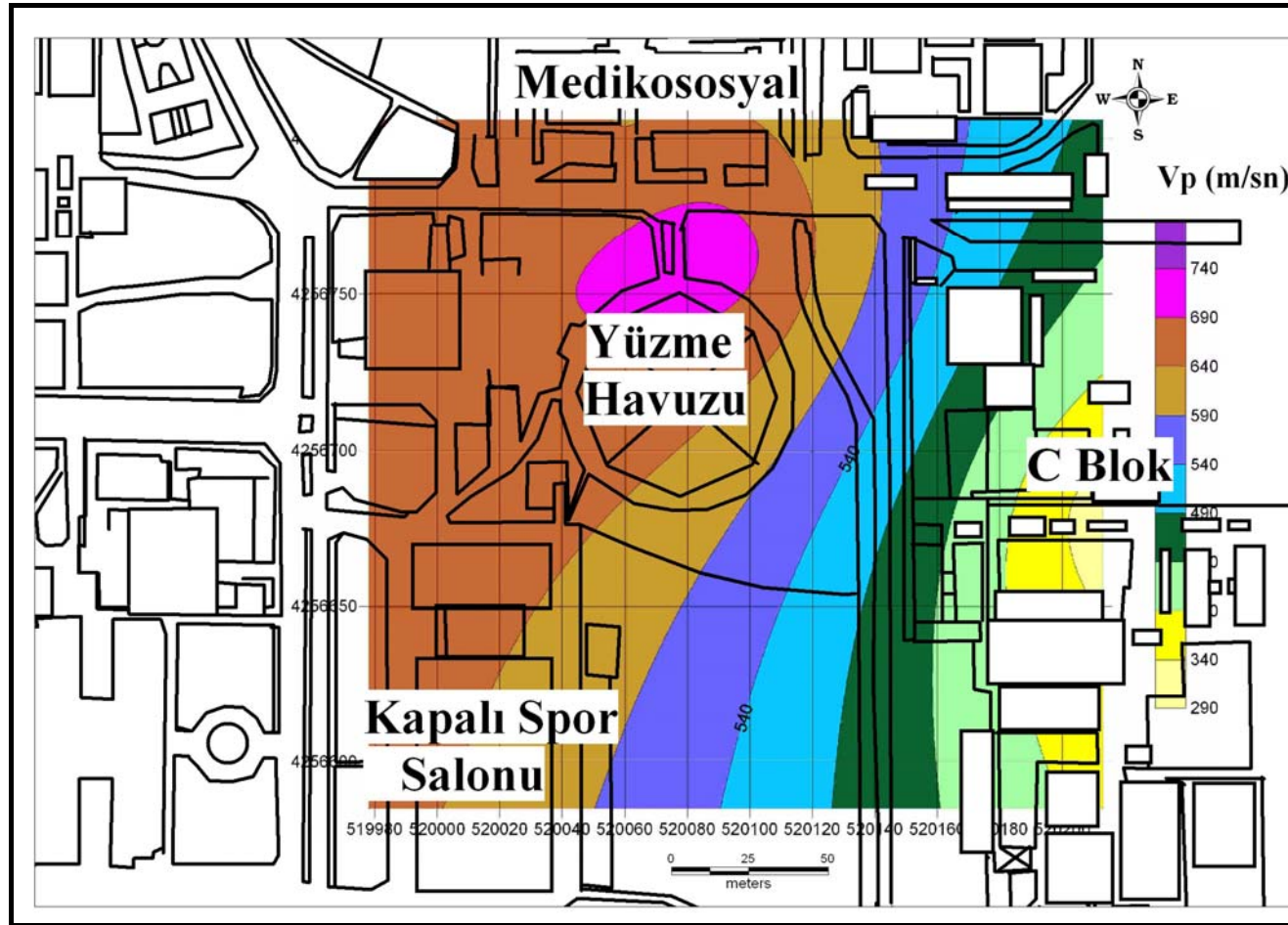
Şekil 6.5 3 m. derinlik için hazırlanmış V_s hız dağılım haritası.



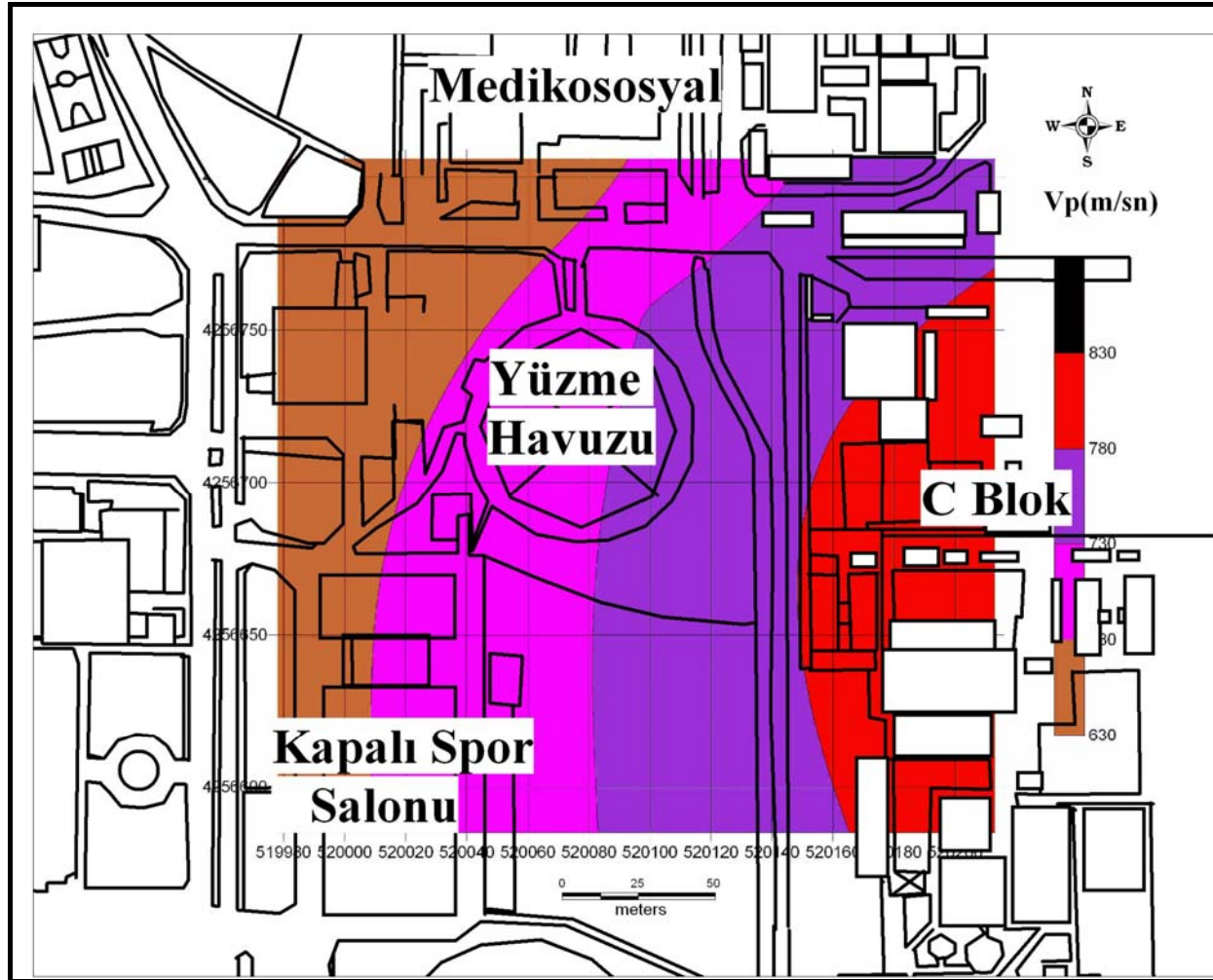
Şekil 6.6 6 m. derinlik için hazırlanmış Vs hız dağılım haritası



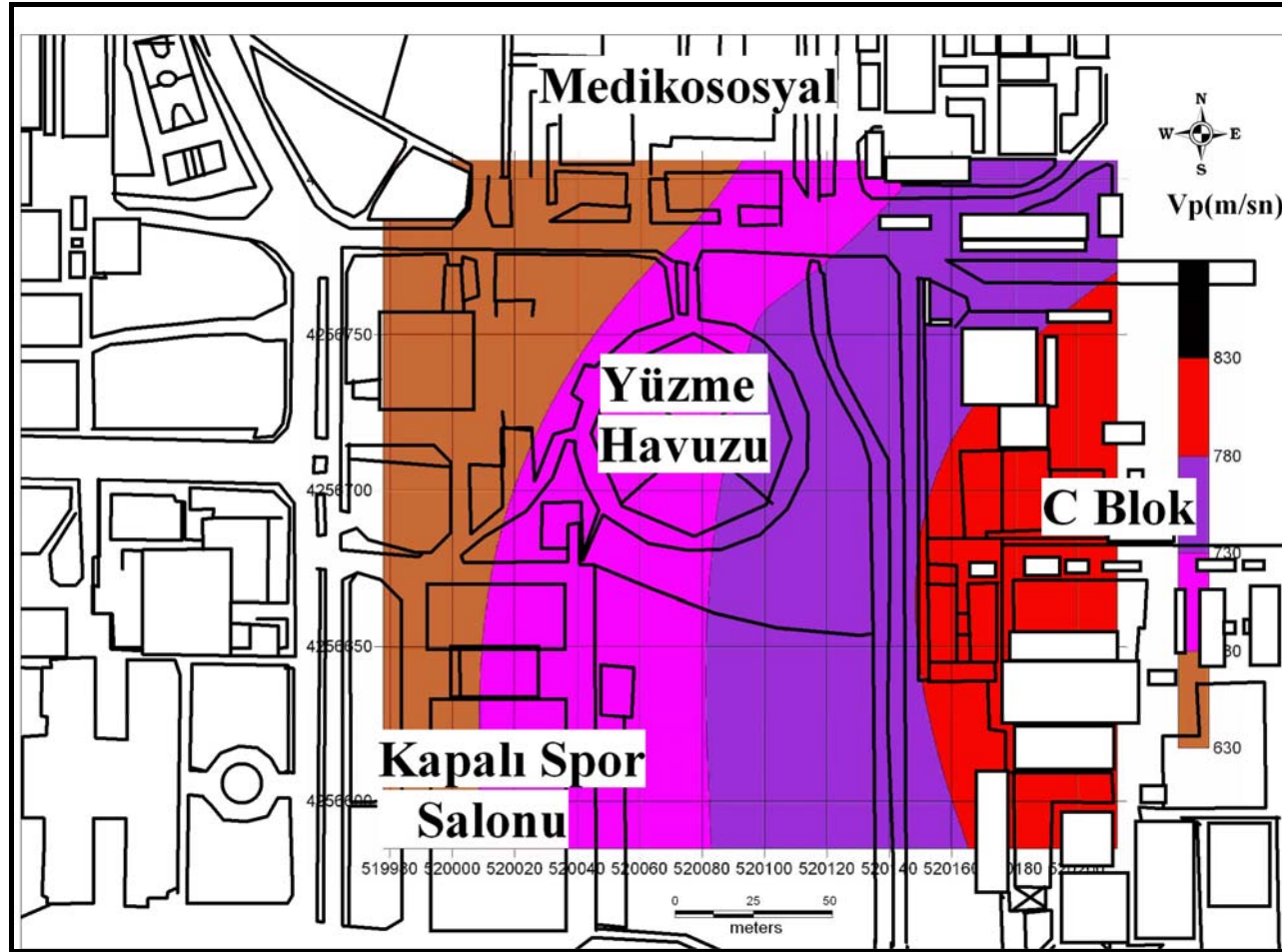
Şekil 6.7 10 m. derinlik için hazırlanmış Vs hız dağılım haritası.



Şekil 6.8 3 m. derinlik için hazırlanmış Vp hız dağılım haritası



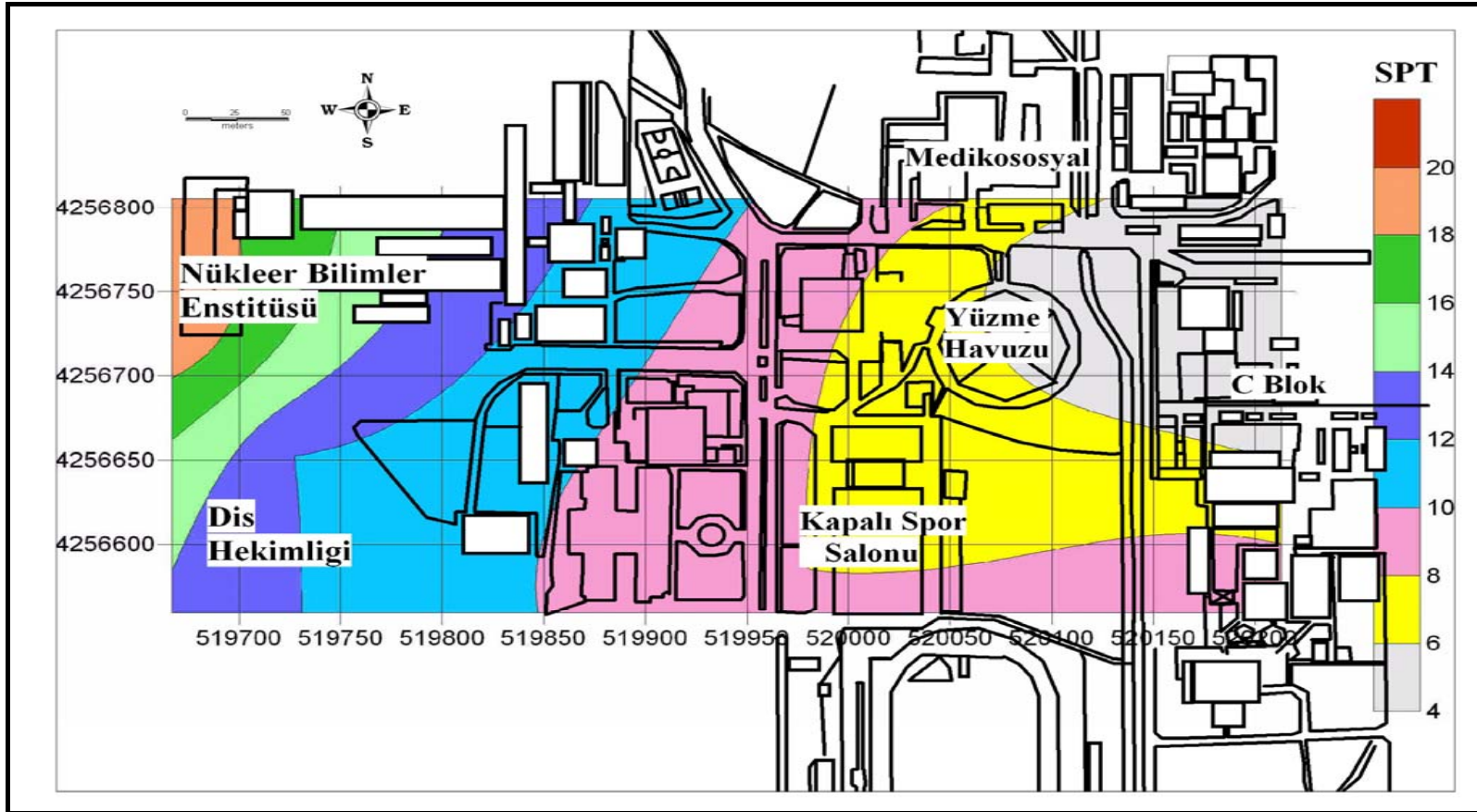
Şekil 6.9 6 m. derinlik için hazırlanmış V_p hız dağılım haritası.



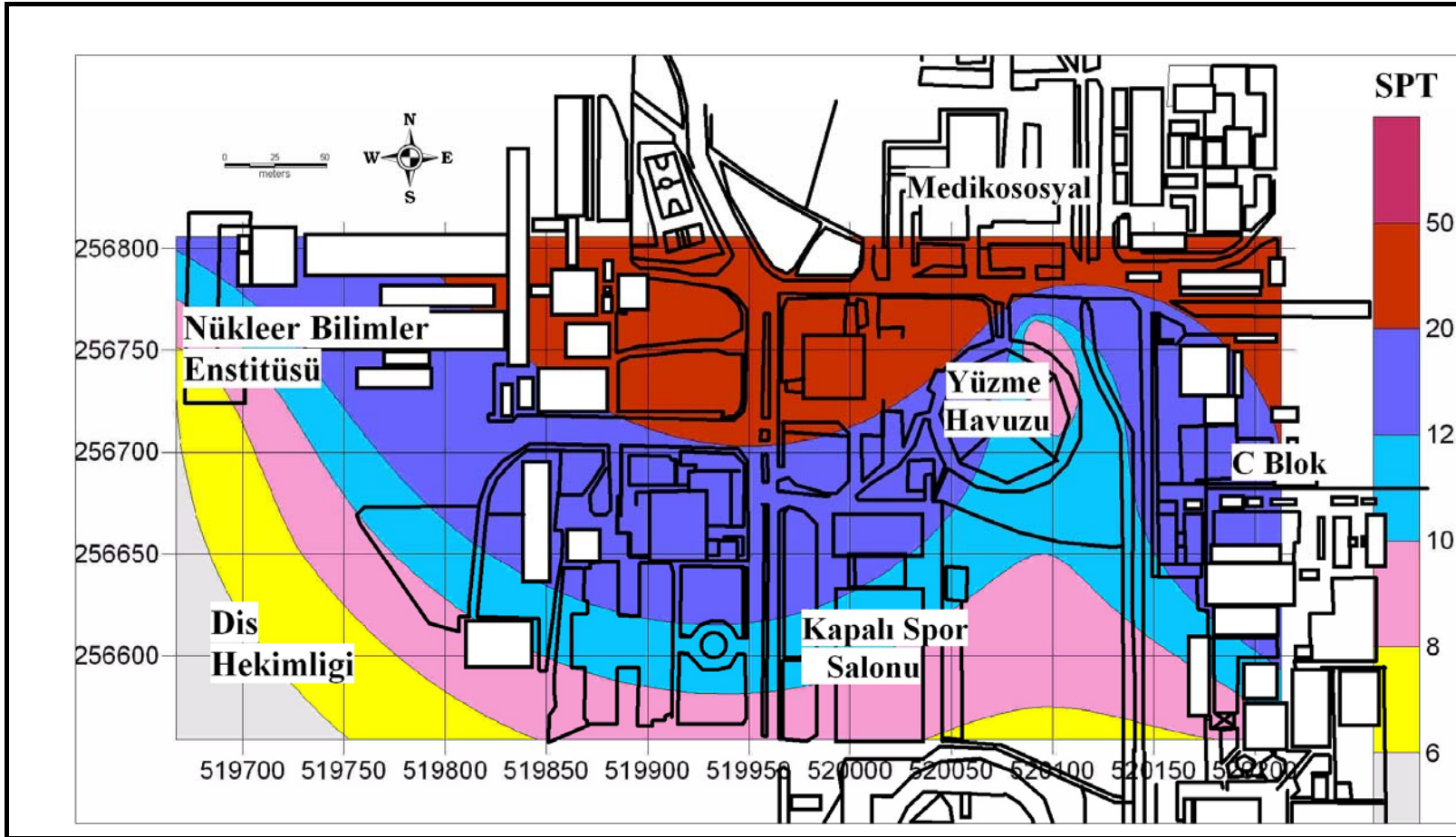
Şekil 6.10 10 m. derinlik için hazırlanmış V_p hız dağılım haritası.

6.2.2 V_p , V_s ve Sondaj Verilerinden Elde Edilen $SPT-N'_{30}$ İlişkisi

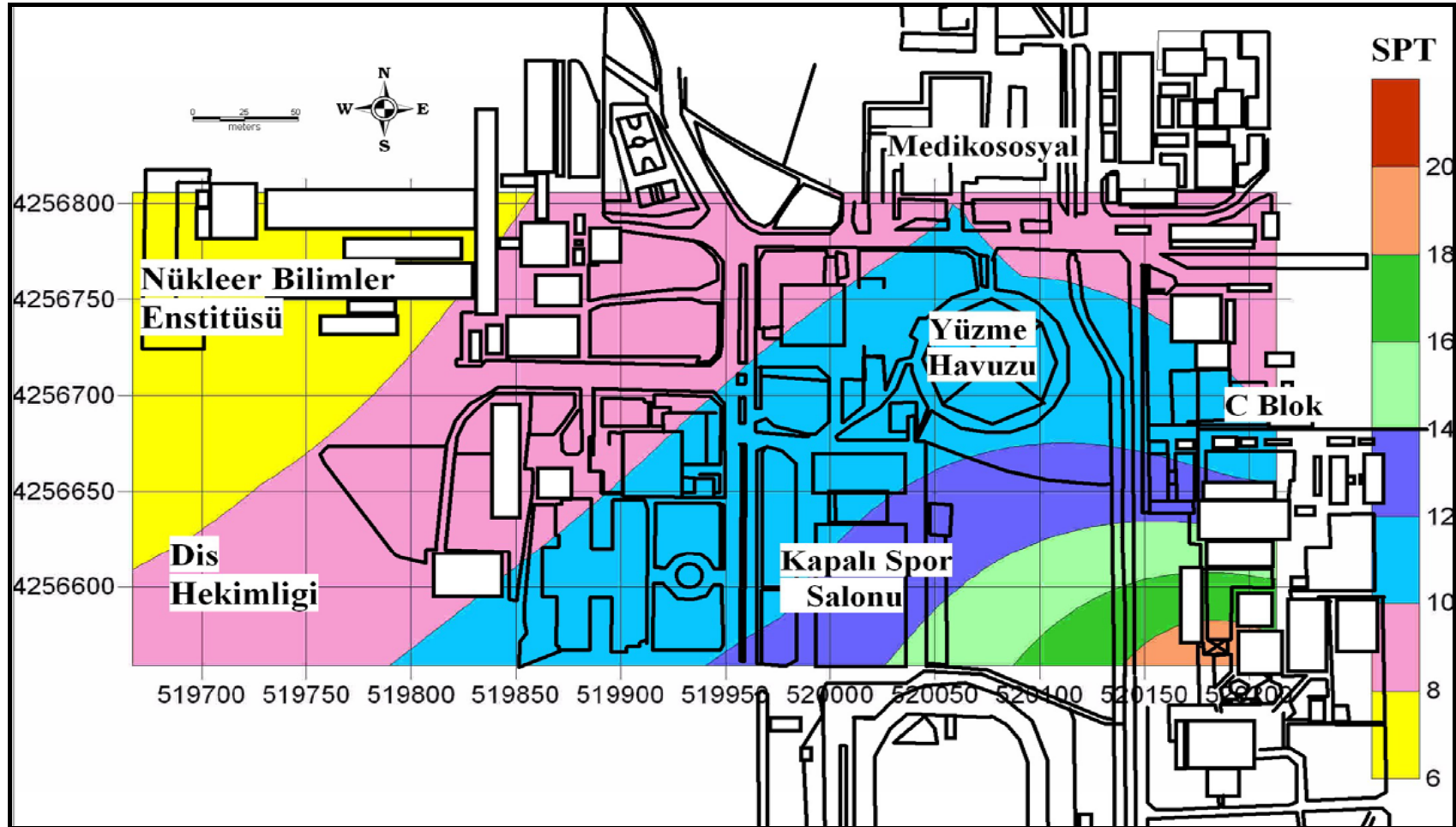
Sondaj verilerinden elde edilen $SPT-N'_{30}$ değerleri kullanılarak CBS ortamında çalışma alanına ait 2, 4 ve 6 metre derinliklerdeki SPT zonlama haritası hazırlanmıştır (Şekil 6.11, 6.12 ve 6.13). Bu haritalar yardımıyla sondaj verilerinden elde edilen $SPT-N'_{30}$ değerleri ile sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen V_p ve V_s hızları grafikler (Şekil 6.14, 6.15, 6.16 ve 6.17) çizilerek karşılaştırılmıştır. Şekil 6.14, 6.16 ve 6.17 de V_p ve V_s hızlarının sondaj bulgularındaki $SPT-N'_{30}$ değerleriyle hemen hemen paralel olarak arttığı, Şekil 6.15'te ise $SPT-N'_{30}$ değerlerinde bir dengesizlik olduğu görülmektedir.



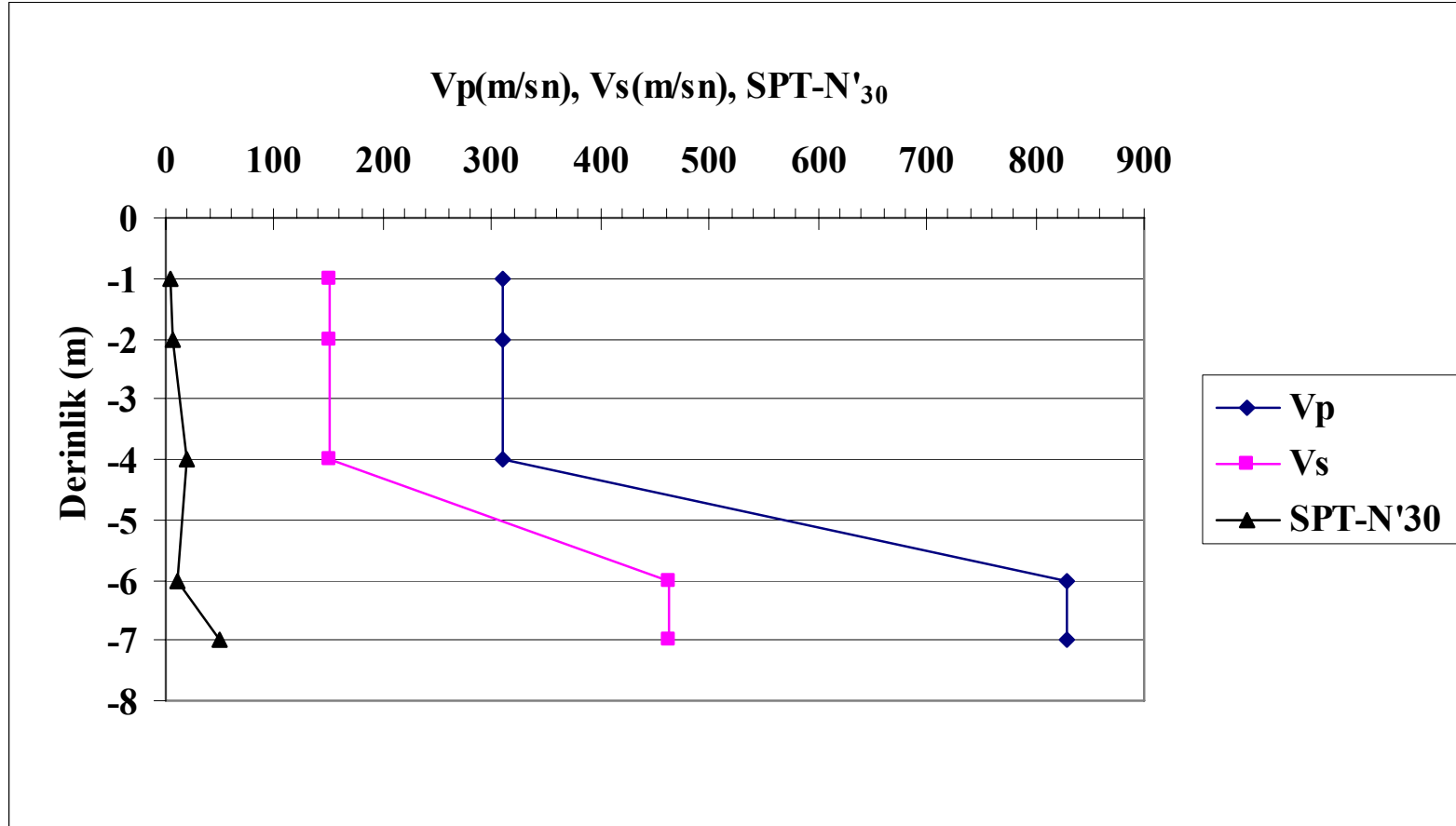
Şekil.6.11 2 metre derinliğe ait SPT-N'₃₀ zonlama haritası



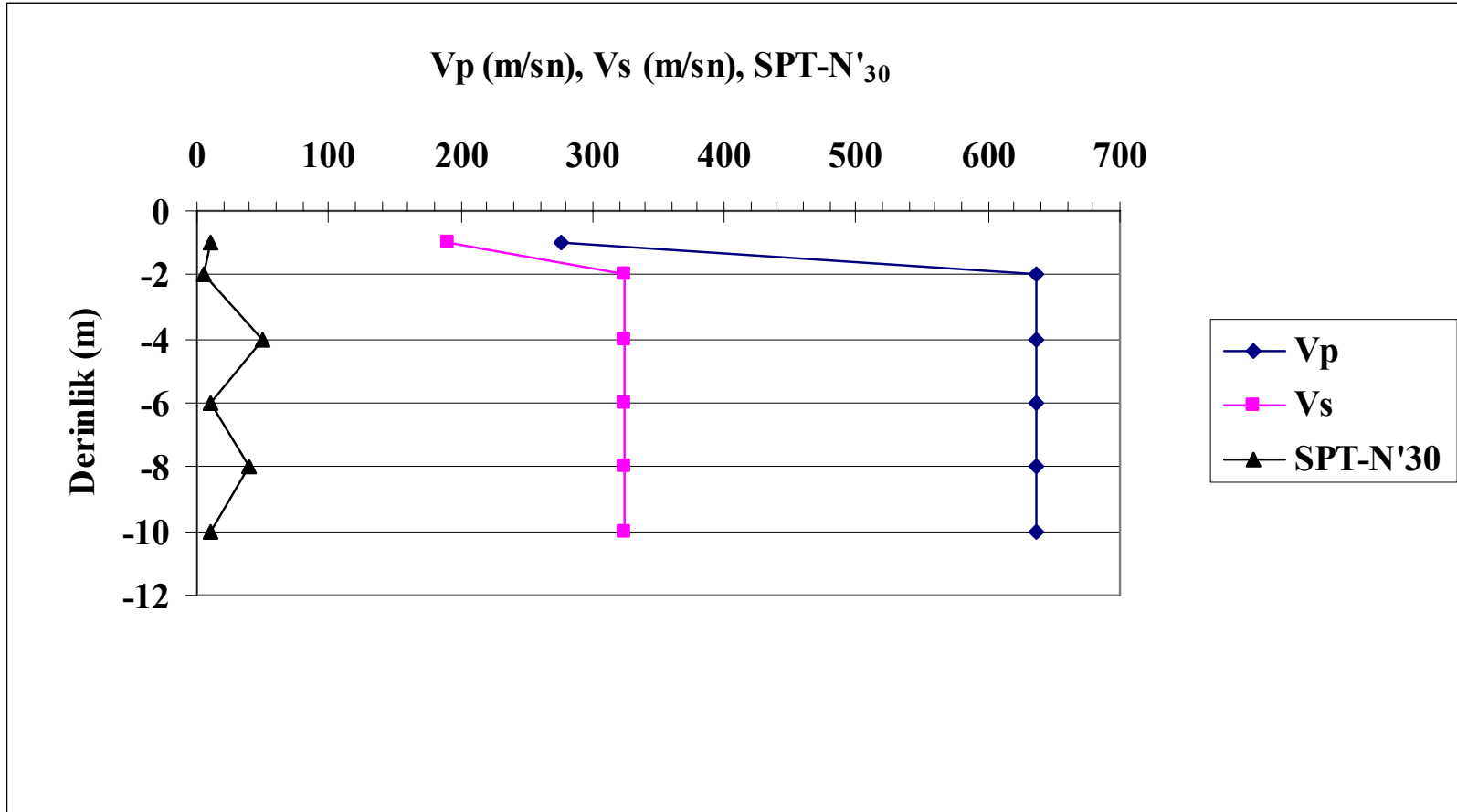
Şekil 6.12 4 metre derinliğe ait SPT-N'30 zonlama haritası.



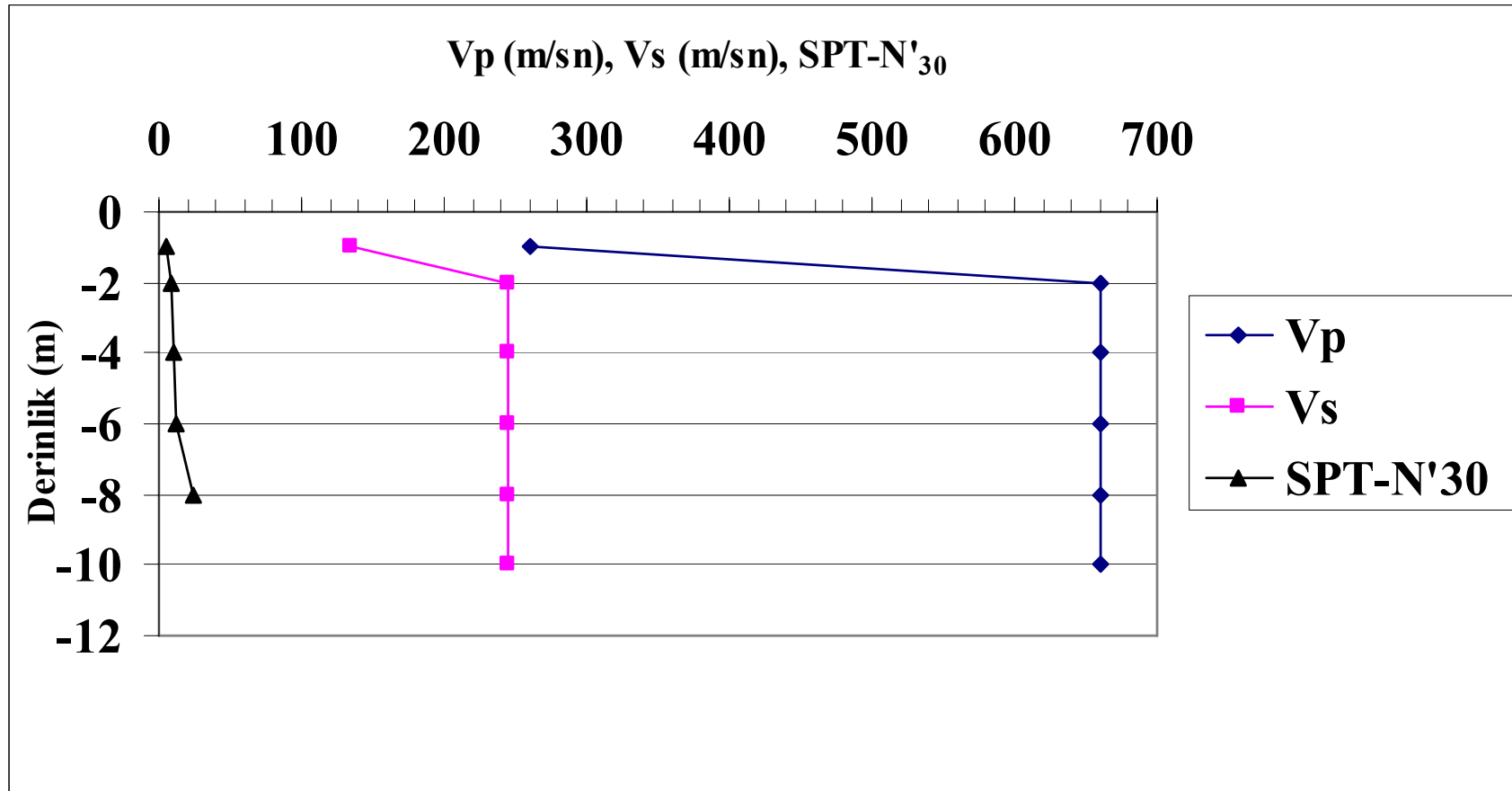
Şekil 6.13 6 metre derinliğe ait SPT-N'30 zonlama haritası.



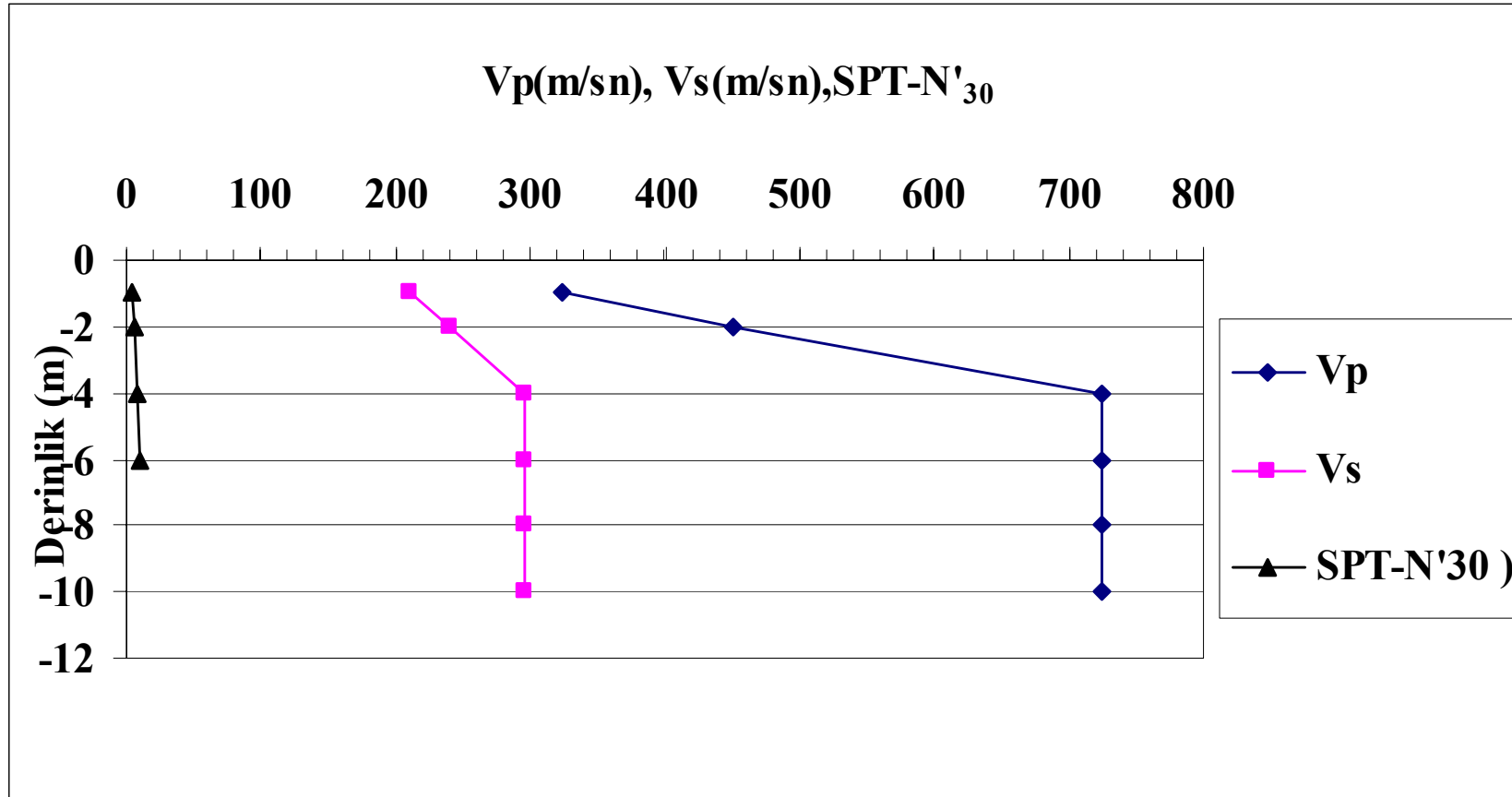
Şekil 6.14 C Blok için Vp, Vs ve SPT-N'₃₀ İlişisini Gösteren Grafik



Şekil 6.15 Medikososyal için Vp, Vs ve SPT-N'₃₀ İlişisini Gösteren Grafik



Şekil 6.16 Kapalı Spor Salonu için Vp, Vs ve SPT-N'₃₀ İlişkisini Gösteren Grafik

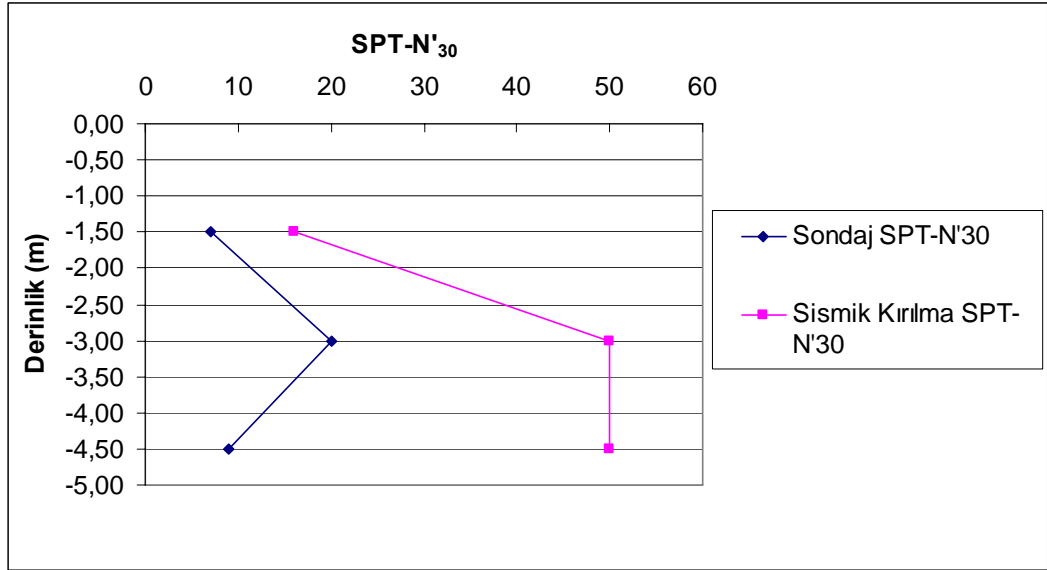


Şekil 6.17 Yüzme Havuzu için V_p , V_s ve SPT- N'_{30} İlişisini Gösteren Grafik.

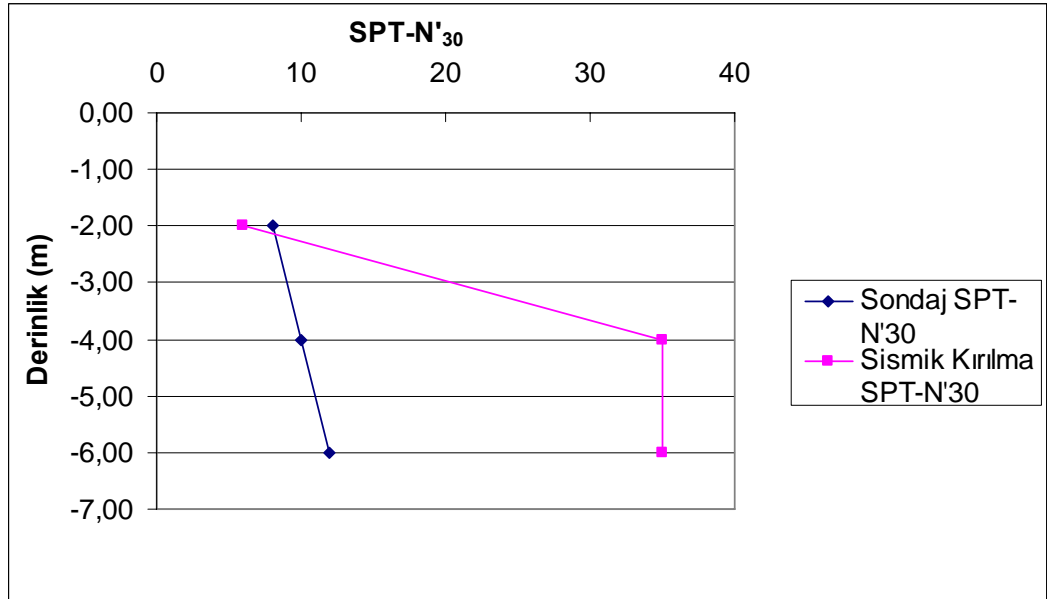
6.2.3 Sismik Kırılma SPT-N'₃₀ ve Sondaj SPT-N'₃₀ değerlerinin karşılaştırılması

Ege Üniversitesi Kampüs'ünde yer alan medikososyal, kapalı spor salonu, yüzme havuzu binalarına ait geoteknik profiller Ek 1/a, 1/b, 1/c'te verilmiştir. Bu sondaj loglarından elde edilmiş olan SPT-N'₃₀ değerleri ile sismik kırılma çalışmaları sonucu elde edilen SPT-N'₃₀ verileri (Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8) grafik haline getirilerek karşılaştırılmıştır (Şekil 6.18, 6.19 ve 6.20). Sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen SPT-N'₃₀ değerleri sondaj verilerinden elde edilen SPT-N'₃₀ değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Kuvaterner yaşlı birimler üzerinde yapılan sismik kırılma çalışmalarının sondaj çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ile örtüşmemesinin nedeni, bu birimlerin genellikle alüvyondan oluşması ve alüvyon içindeki malzemenin homojen olmayan dağılım sunması, sismik enerjinin büyük bir sönüme uğramasına neden olmakta ve sismik hızı etkilediği düşünülmektedir.

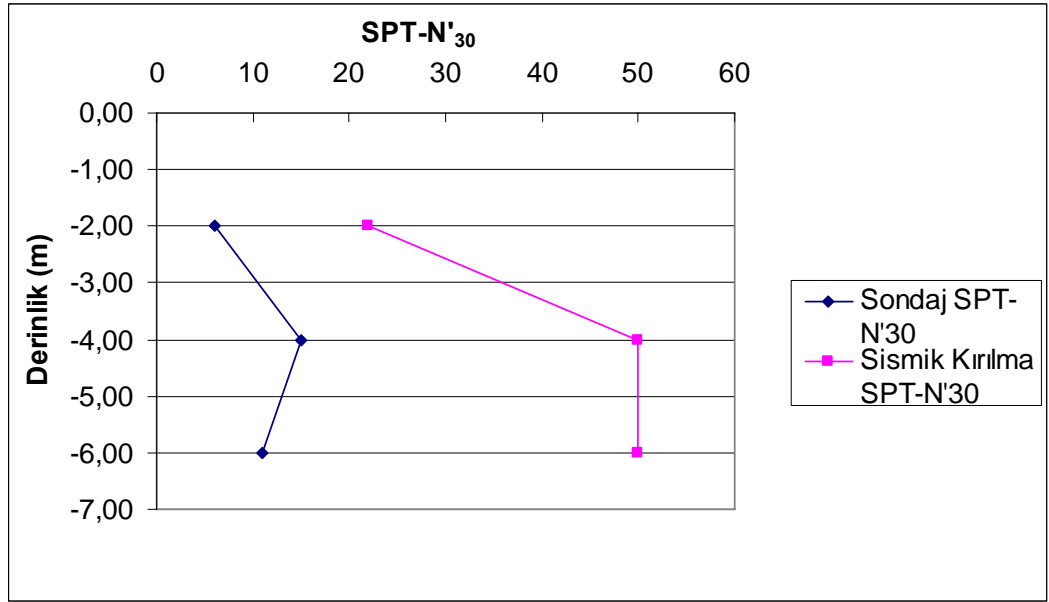
Ege Üniversitesi Kampüs'ünde yer alan D.E.Ü Mühendislik Fakültesi'ne ait C Blok'a ait sondaj loglarından elde edilen SPT-N'₃₀ (EK 1/d) ve sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen SPT-N'₃₀ değerleri (Şekil 4.9) kullanılarak çizilen Şekil 6.21'deki grafik incelendiğinde, bir düzensizlik görülmektedir. Bunun nedeni sismik kırılma çalışmasının yapıldığı alanda dolgu malzemesinin bulunmasıdır.



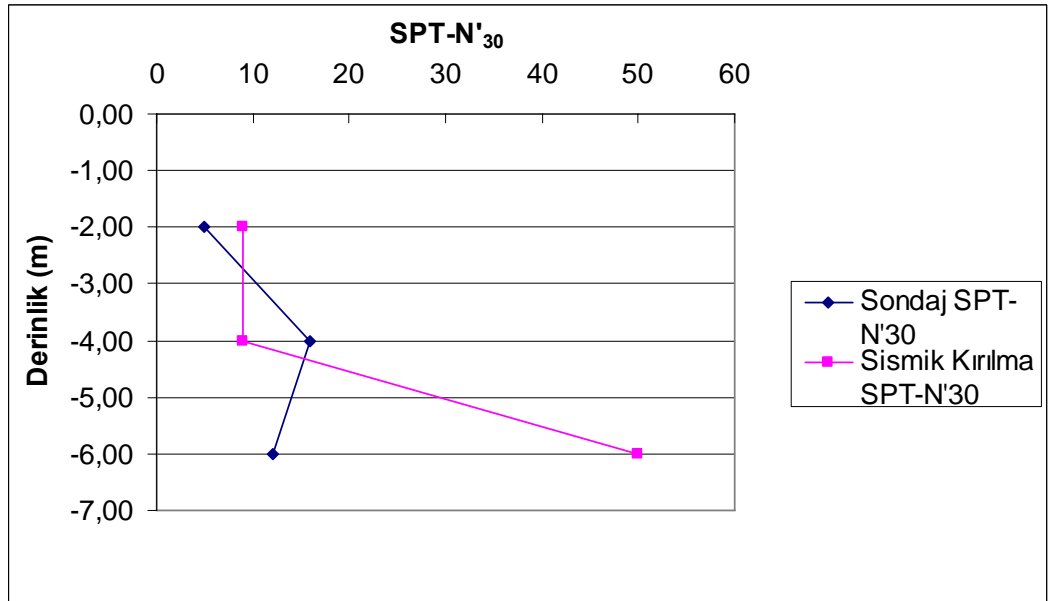
Şekil 6.18 Şekil 6.22 Ege üniversitesi kampüs alanına ait medikososyal binası alanına ait sondaj SPT-N'30 ve sismik kırılma SPT-N'30 değerlerini gösteren grafik.



Şekil 6.19 Ege üniversitesi kampüs alanına ait kapalı spor salonu binası alanına ait sondaj SPT-N'30 ve sismik kırılma SPT-N'30 değerlerini gösteren grafik.



Şekil 6.20 Ege üniversitesi kampüs alanına ait yüzme havuzu binası alanına ait sondaj SPT-N'₃₀ ve sismik kırılma SPT-N'₃₀ değerlerini gösteren grafik.



Şekil 6.21 Ege üniversitesi kampüs alanında yer alan D.E.Ü. müh. fakültesine ait C blok binası alanına ait sondaj SPT-N'₃₀ ve sismik kırılma SPT-N'₃₀ değerlerini gösteren grafik.

6.2.4 Sismik Kırılma Afet Zemin Grubu ile Sondaj Verilerinden Elde Edilen Zemin Gruplarının Karşılaştırılması

Çalışma alanında sismik kırılma sonucu elde edilen afet zemin grubu ile sondaj verilerinden elde edilen zemin grupları Tablo 6.2 ve Tablo 6.3'e göre karşılaştırılmıştır (Tablo 6.4). Medikososyal (Ym), kapalı spor salonu (Yk) ve yüzme havuzu (Yy) binalarına ait alanlarında sismik kırılma çalışma sonucu bulunan zemin grubu C, yerel zemin grubu ise Ym ve Yy'de Z₃, Yk'da Z₄ bulunmuştur. Fakat Ym ve Yy'de tabaka kalınlıkları 10 m. den küçüktür. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte verilen zemin sınıflaması ve yerel zemin sınıflaması (Tablo 6.2 ve Tablo 6.3) incelendiğinde Z₃ yerel grubuna ait zeminlerde h>50 m olması durumunda zemin grubu C olmaktadır. Çalışma alanında yapılan sismik kırılma sonucu ulaşılabilen maximum derinlik toplam 10 metredir. Bu nedenle zemin grubunun C yerine D olması gerekmektedir.

Tablo 6.2 Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte verilen zemin sınıflaması (URL 1).

Zemin Grubu	Zemin Grubu sınıfı	Stand. Penetr (N/30)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (Kpa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1-Masif volkanik kayalar ve ayrılmış 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 ayrılmış 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 ayrılmış metamorfik kayalar, 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-Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları	---	---	---	>200
	2- Gevşek kum	>10	<35	---	>200
	3-Yumuşak kil ve siltli, kil	>8	---	<100	>200

Tablo 6.3 Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte verilen yerel zemin sınıflaması (URL 1).

Yerel Zemin Sınıflaması	Zemin Grubu Tablosuna Göre Zemin Grubu Ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z ₁	(A) grubu zeminler h ₁ < 15 m olan (B) grubu zeminler
Z ₂	H ₁ >15 m olan (B) grubu zeminler h ₁ < 15 m olan (C) grubu zeminler
Z ₃	15 m <h ₁ <50 m olan (C) grubu zeminler h ₁ <10 m olan (D) grubu zeminler
Z ₄	h ₁ >50 m olan (C) grubu zeminler h ₁ >10 m olan (D) grubu zeminler

Tablo 6.4 Çalışma alanında yapılan sismik kırılma çalışmalarında bulunan afet zemin gruplarının, sondaj verilerinden elde edilen zemin sınıflaması ile karşılaştırılması.

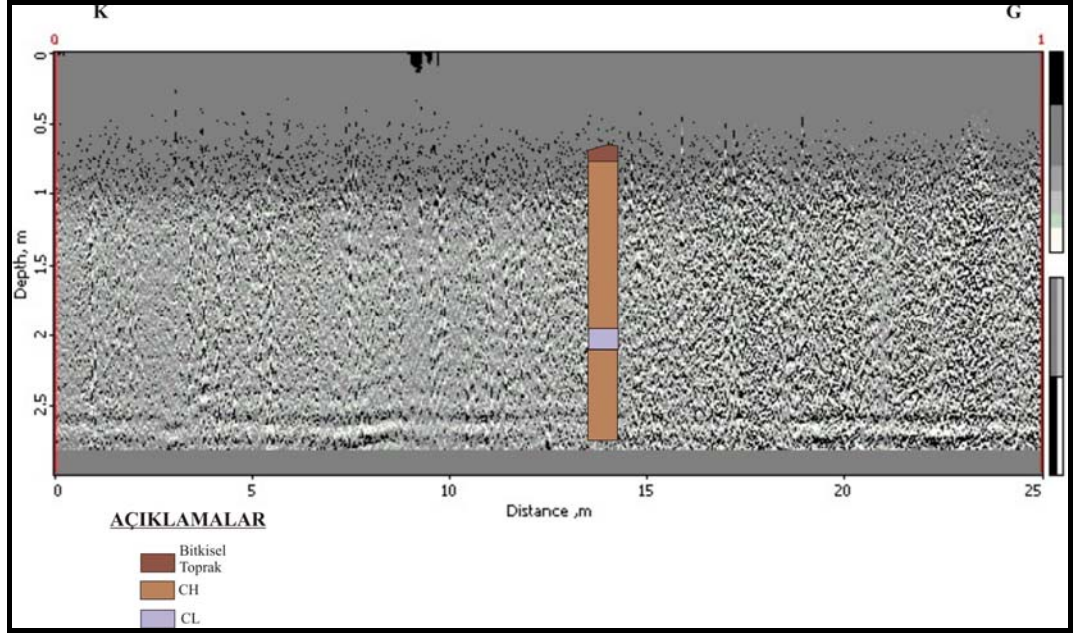
Çalışma Alanı	Sismik Kırılma			Afet İşleri Zemin Açıklaması	Sondaj Verilerinden Elde Edilen Zemin Sınıflaması
	Zemin Grubu	Yerel Zemin Grubu	SPT-N' ₃₀		
Medikososyal (Ym)	C	Z ₃	16-50	C Zemin Grubu: Orta sıkı kum, çakıl D Zemin Grubu: Yumuşak kil ve siltli, kil	<u>ML</u> (Düşük plastisiteli silt) <u>CH</u> (Yüksek plastisiteli kil)
Kapalı Spor Salonu (Yk)	C	Z ₄	6-35	C Zemin Grubu: Orta sıkı kum, çakıl veya Katı kil ve siltli,kil D Zemin Grubu: Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları	<u>ML</u> (Düşük plastisiteli silt) <u>MH</u> (Yüksek plastisiteli silt) <u>CH</u> (Yüksek plastisiteli kil)
C Blok (Yc)	D	Z ₄	9-50	D Zemin Grubu: Yumuşak kil ve siltli, kil	<u>MH</u> (Yüksek plastisiteli silt) <u>CH</u> (Yüksek plastisiteli kil) <u>CL</u> (Düşük plastisiteli kil)
Yüzme Havuzu (Yy)	C	Z ₃	22-50	C Zemin Grubu: Orta sıkı kum, çakıl D Zemin Grubu: Gevşek kum ve Yumuşak kil ve siltli, kil	<u>MH</u> (Yüksek plastisiteli silt) <u>SC</u> (Kumlu kil)

6.3 Yer Radarı Bulguları ile Sondaj Bulgularının Karşılaştırılması

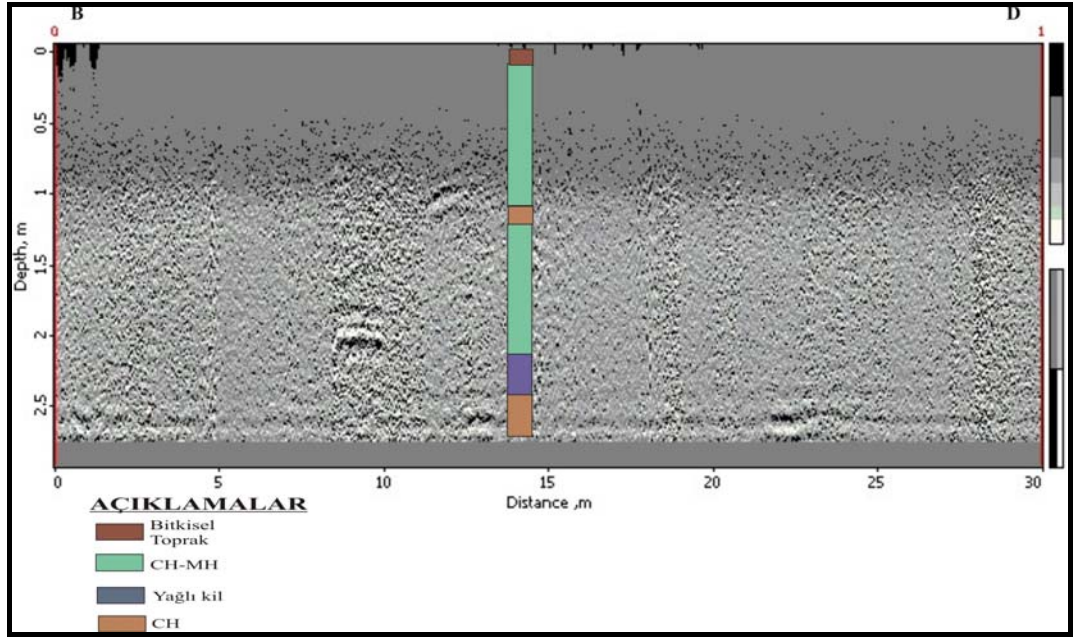
Şekil 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27 ve 6.28'deki yer radarı görüntüleri incelendiğinde sinyallerin alınan ölçüm hattı boyunca sürekli olarak değiştiği görülmektedir. Şekil 6.22'da 0-15 metre arasında sinyallerin sıklığı 15-25 metre arasındaki sinyallere göre daha az olduğu görülmektedir. Diğer yer radarı görüntü şekilleri incelendiğinde de aynı sonuç görülmektedir. 25 metrelik bir alanda zemin özelliklerinin değişiklik gösterdiği görülmektedir. Aynı şekilde Şekil 4.7'deki yer radarı görüntüleri incelendiğinde 0-30 metre arasında sinyallerin sürekli olarak değiştiği görülmektedir. Buda 30 metrelik bir alanda zemin özelliklerinin aynı olmadığını ve değişebileceğini göstermektedir.

Yer radarı sinyalleri, zemin dokusu, zemin yoğunluğu, zeminin su içeriği ve tuz miktarı, dielektrik sabit ve zemin iletkenliği gibi parametrelere göre değişim göstermektedir. Bu parametrelerde her zemin için farklılık göstermektedir. Her farklı zemin için yer radarı sinyalleri değişim göstermektedir. Çalışma sonucu elde edilen radar görüntülerindeki değişimin sebebi de zeminin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Radar görüntüleri üzerine sondaj noktaları yerleştirildiğinde sondaj derinliği boyunca zemin özelliğine bağlı olarak sinyallerin değiştiği görülmektedir (Şekil 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27 ve 6.28).

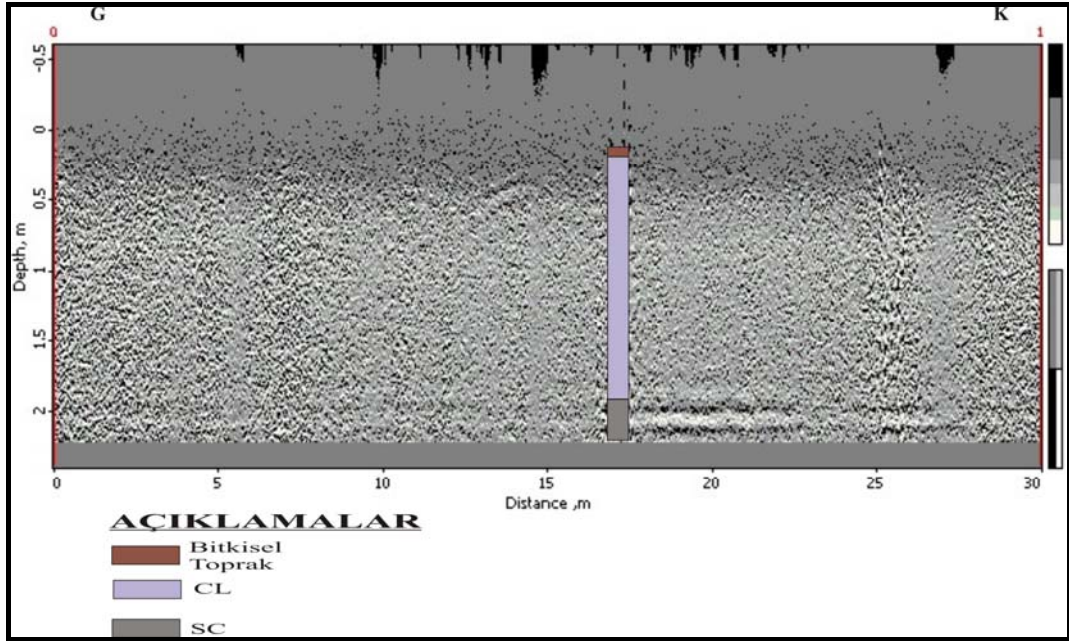
Bu durumda, yer radarı görüntüleri dikkate alınarak zemin özelliklerinin yatayda ve düşeyde çok kısa mesafelerde değişebileceğini ve buna bağlı olarak zemin araştırmaları için yapılan sondajların sayılarının arttırılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.



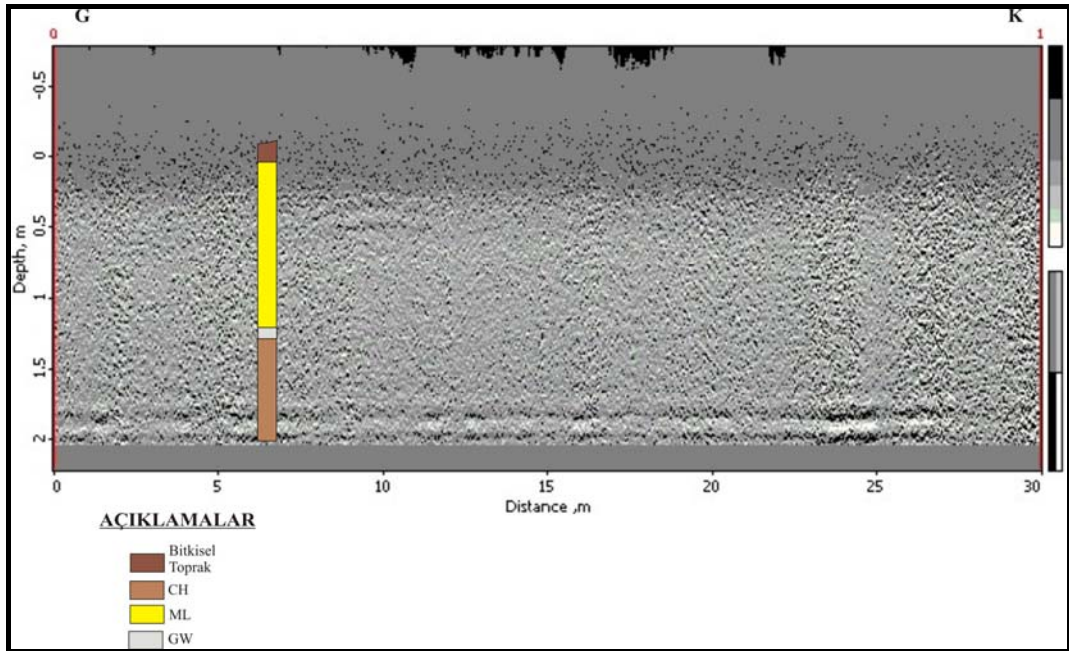
Şekil 6.22 B Blok'tan alınan GPR verisi.



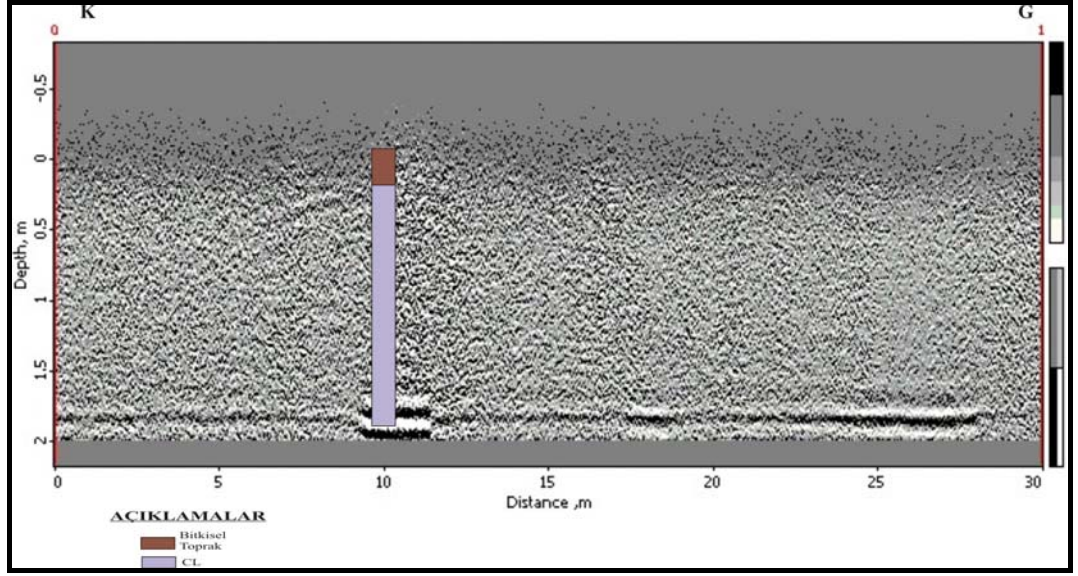
Şekil 6.23 C Blok'tan alınan GPR verisi.



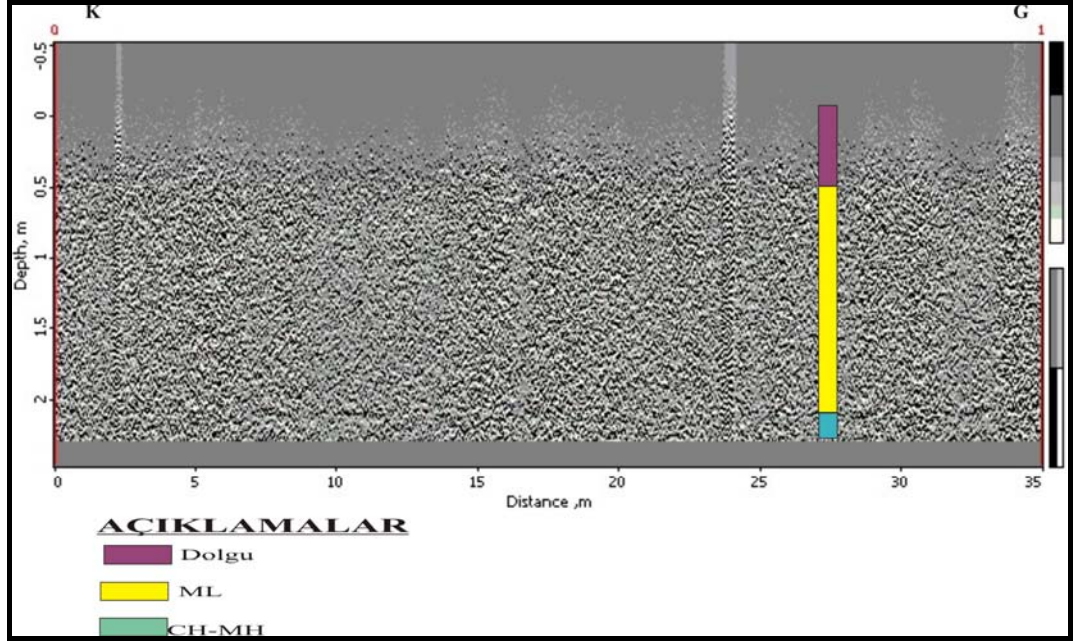
Şekil 6.24 Diş Hekimliği Binasından alınan ham GPR Verisi.



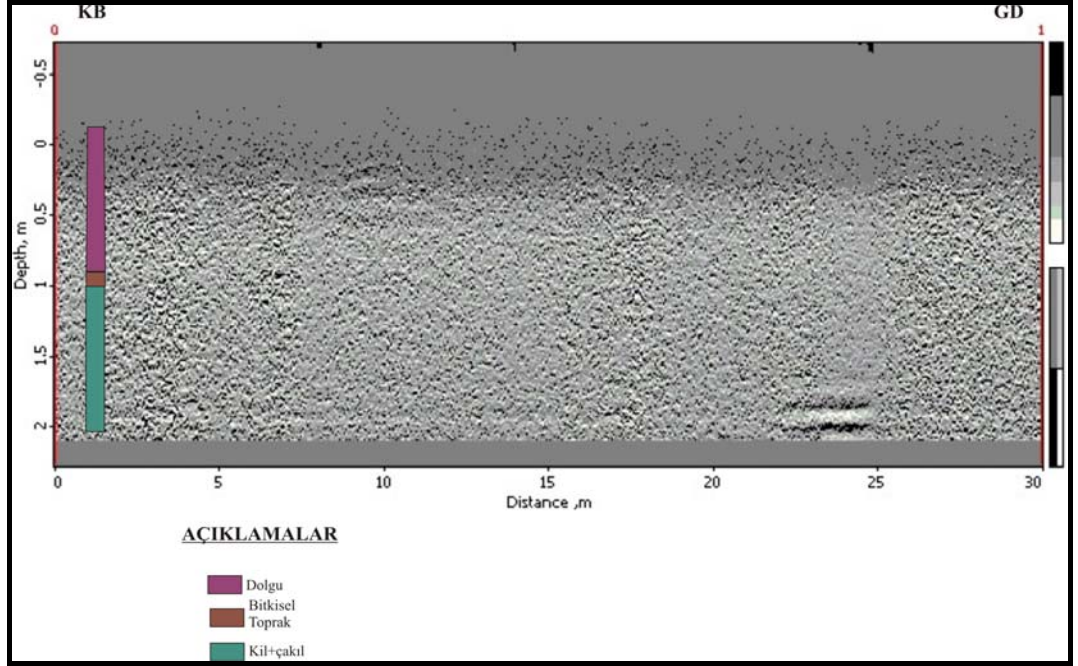
Şekil 6.25 Medikososyal Binasından alınan ham GPR Verisi.



Şekil 6.26 Nükleer Bilimler Enstitüsü Binasından alınan ham GPR Verisi.



Şekil 6.27 Kapalı Spor Salonu Binasından alınan ham GPR Verisi.



Şekil 6.28 Yüzme Havuzu Binasından alınan ham GPR Verisi

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR

E.Ü kampüs alanında daha önceden zemin özellikleri sondajlarla belirlenen lokasyonlarda sismik kırılma ve yer radarı çalışmaları yapılmış ve elde edinilen sonuçlar sondaj bulguları ile karşılaştırılarak sismik kırılma ve yer radarı yöntemlerinin zemin etüdü araştırmalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

7.1 Sismik Çalışmalar

İlk olarak, laboratuvar bulgularından elde edilmiş olan yoğunluklar ile sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen yoğunluklar arasındaki ilişki grafikler çizilerek karşılaştırılmıştır ve sismik kırılma hızı değerlerinden yararlanılarak bulunan yoğunluk değerlerinin laboratuvar sonucu bulunan yoğunluk değerlerine göre düşük olduğu görülmüştür (Şekil 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4).

Aynı şekilde sondaj loglarından elde edilen SPT-N'₃₀ değerleri ile sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen V_p ve V_s hız değerleri grafikler şeklinde çizilerek karşılaştırılmıştır. Grafikler incelendiğinde, her iki yöntemde bulunan SPT-N'₃₀ değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmektedir (Şekil 6.18, 6.19, 6.20 ve 6.21). Genelde sismik kırılma hız değerlerinden yararlanılarak hesaplanan SPT-N'₃₀ değerlerinin zemin sondajlarından elde edinilen değerlerden daha büyük olduğu belirlenmiştir.

Bu farklılıkların nedeninin, çalışmanın alüvyon içinde yapılmış olması ve alüvyon malzemenin enerjinin sönümüne neden olmasıdır. Bu durum sismik kırılma çalışmalarını önemli ölçüde etkilemektedir. Alüvyon içindeki hava boşlukları, merceklemler, porozite ve su miktarı çalışmanın hassasiyetini azaltılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, sismik çalışma sonucu bulunan değerlerin sismik alınan bölgenin tamamını, laboratuvar deneyleri için alınan numunelerin de numunenin alındığı kesimi ifade etmesi de farklılığın nedeni olarak düşünülmektedir.

7.2 Yer Radarı Çalışmaları

Ege Üniversitesi Kampüs alanında yapılan yer radarı çalışmaları sonucu elde edilen görüntüler incelendiğinde zeminlerin çok kısa mesafelerde yatay ve düşey olarak değişebileceği görülmektedir. Zemin araştırmaları için yapılan sondajların dar bir alanı temsil ettiği ve dolayısıyla geniş bir alanı taramak için çok sayıda sondaja gereksinim duyulmaktadır. Bazen sondaj noktaları arasındaki mesafeler uzun olabilmektedir. Bu mesafeler arasında da zemin özellikleri çok fazla değişebilir ve yapılan çalışmalar sonucu araştırması yapılan alanın tüm özellikleri tam olarak belirlenemeyebilir. Yapılan çalışmanın tam doğruluğunu sağlayabilmek için sondaj noktaları sayılarının artırılması gerekmektedir. Bu noktaların seçimine karar verilirken yer radarı görüntülerindeki sinyallerin değişim gösterdiği alanlar dikkate alınabilir.

Sonuç olarak;

- sismik kırılma ve yer radarı yöntemlerinin tek başına zemin etüdlerinde kullanılmasının çok uygun olmayacağı,
- yer radarı görüntüleri ışığında sondaj noktalarının seçimine karar verilmesinin daha uygun olacağı,
- bu sondaj noktalarına göre alınan numuneler üzerinde laboratuvar deneylerinin yapılmasının daha uygun olacağı,
- sismik kırılma sonucu elde edilen verilerle laboratuvar deneyleri sonucu elde zemin özelliklerinin arasındaki bağıntıların daha kapsamlı bir çalışmada ortaya konulmasının zemin etüd çalışmalarında yararlı olacağı,

belirlenmiştir.

Ayrıca, sismik kırılma ve yer radarı yöntemlerine ilave olarak çalışmadan daha fazla verim alınabilmesi açısından öz direnç tomografi yönteminin kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Akay, E. (2000). *Magmatic and Tectonic Evolution of the Yuntdağ Volcanic Complex Western Anatoli.*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir
- Aksoy, K. (1988). *Ege Üniversitesi. Kampüsünde yer alan Yüzme Havuzu İnşaatı Alanındaki Zeminlerin Geoteknik Özellikleri.* Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Bitirme Ödevi, İzmir.
- Annan, A. P. (1999). *Ground Penetrating Radar Workshop Notes.* Sensors Software Inc., Missisaugao, Ontario, Canada
- Barışcan, M. ve Şen, S. (1989). *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Binaları Zemin Kat Döşemelerindeki Çökmeler ile ilgili Geoteknik Etüd ve İrdemeler.* Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Bitirme Ödevi, İzmir.
- Balıkli, P. (1995). *Ege Üniversitesi Yerleşim Alanındaki Zeminlerin Geoteknik Özellikleri.* Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Ödevi, İzmir.
- Bristow, C.S ve Jol, H.M. (Ed.). (2003). *Ground Penetrating Radar in Sediments.* Geological Society Special Publications, London, 211, 191-198.
- Bowles, J.E. (1979). *Physical and Geotechnical Properties on Soils.* Mc-Graw-Hill Book Company, New York.
- Çatakli, A. (2003). *Siğ Yeraltının Görüntülenmesinde Yer Radarı Yöntemi.* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

- Daniels, D, J. (Ed.).(2004). *Ground Penetrating Radar. The Institution of Electrical Engineers*. The Institution of Electircal Engineers, London, United Kingdom, 97-107.
- Domaç, A. (1989). *Bornova Ovası (İzmir) ve Kuzeyinin Jeolojisi, Çevre Kayaçların Mühendislik Özellikleri*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Ödevi, İzmir, s. 87.
- Ercan, A. (2000). *Yer Mühendislik Özelliklerinin Jeofizik Ölçümler, Jeolojik ve Jeoteknik Deneylerle Belirlenmesi*. İller Bankası, Jeoteknik Semineri.
- Ercan, A. (2001). *Kıran (Afet) Bölgelerinde Yeraraştırma Yönetimleri*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, S.154-155.
- Erdoğan, B., (1990). İzmir- Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar arasındaki Bölgenin stratigrafik Özellikleri ve Tektonik evrimi. *TPJD Bülteni*, C-271, 20.
- Ergeç, T. ve Sezgin, M. (1990). *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi E Blok Binası Duvarlarındaki Çatlakların Geoteknik Açından Etüdü*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Bitirme Ödevi, İzmir.
- Griffin, S. ve Pipet, T. (2002). Ground Penetrating Radar. *Geophysical and Remote Sensing Methods for Regolith Exploration*, 144, 80-89
- Innocenti, F. Ve Mazzuoli, R. (1972). Petrology of the İzmir-Karaburun Volcanic Area. *Bull. Volcanologique*, V.36/1, s. 83-103.
- Imai, T., Slichter, C.P., Yoshimura. K. ve Kosuge, K (1993). Low Frequency Spin Dynamics in Undoped and Sr-Doped La₂CuO₄. *Phys. Rev. Lett.* 70, 102, 1002-1005 (5372-STCS 650).

- Iyisan, R. (1996). Zeminlerde Kayma Dalgası Hızı ile Penetrasyon Deney Sonuçları arasındaki Bağıntı. *IMO Teknik Dergi, Cilt:7, Sayı:2*, TMMOB İnş. Müh. Odası, Ankara.
- İzdar, E. (1975). Batı Anadolu'nun Tektonik Gelişimi ve Ege Denizine ait Üniteler ile Karşılaştırılması. *Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 8*, İzmir.
- Last, W. M. ve Smol, P. (Ed.). (2001). Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Chemical Techniques. *The Netherlands: Kluwer Academic Publishers*.
- Kanai, K. (1983). Engineering Seismology, University of Tokyo Press, Tokyo.
- Kaya, O. (2002). *1.3 VS 2 Bornova Viyadüklerinin Temel sistemleri*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği, Bitirme Ödevi, İzmir.
- Kaynar, G. (2002). *Bornova Yöresindeki Kireçtaşlarının Mühendislik Özellikleri*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği, Bitirme Ödevi, İzmir.
- Keçeli, A. (1990). Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması. *Jeofizik TMMOB, Jeofizik Odası, Vol. 4, No:2*.
- Kıncal, C. (2004). *İzmir İç Körfezi Çevresinde Yer Alan Birimlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.

- Koca, M.Y. (1995). *Slope Stability Assesment of the Abandoned Andesite Quarries in and Around the İzmir City Centre*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, s. 430
- Koçman, A. (1989). *Uygulamalı Fiziki Coğrafya Çalışmaları ve İzmir –Bozdağlar Yöresi Üzerinde Araştırmalar*. Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 49, İzmir, s.184.
- Kurtuluş, C. (2002). *Sismik Arama Teori ve Uygulama* (Yayın No: 55). İstanbul. *Kocaeli Üniversitesi Yayınları*.
- Kramer, S.L. (1996). *Geotechnical Eartquake Engineering*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 653.
- Malkavi, Aa.I.H., Eeri, M ., Al-Homoud, A.S., Batayneh, J.S. (1995). Probabilistic Seismic Hazard Zonation and Dynamic Site Periods Mapping for Major Cities in Jordan, *Earthquake Spectra*, s.637-651.
- Özbek, D. (1981). *Altındağ Köyü (İzmir) Çevresinin Jeolojisi ve Altındağ Taş Ocaklarının Mühendislik Jeolojisi*. Ege Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Ödevi, İzmir, s. 54 (Yayınlanmamış).
- Savaşçın, M.Y. (1974). Batı Anadolu ‘Andezit Bazalt’ Jenezi Sorununa Katkılar, *TJK Bülteni*, C.17, s. 87-171.
- Scaife, J.E. ve Annan, A.P. (1991). *Ground Penetrating Radar a Powerful, high Resolution tool for mining, enginnering and enviromental problems*. In: 93rd CIM Annual general meeting, Vancouver, British Columbia, April 1991, 6pp.
- Stickley, G. F., Noon, D.A. Cherniakov, M. ve Longstaff, I. D. (2000). Gated Stepped-Frequecy Ground Penetrating Radar. *Journal Applied Geophysics*, 43, 259-269.

Takahaski, T. (2004). Suggested Methods for Land Geophysics in Rock Engineering. *Rock Mechanics and Mining Science*, 41, 885-914.

Turhan, E. (2002). E.Ü. Fen Fakültesi Yerleşim Alanındaki Killerde Kuruma Çatlakları ile Büzülme Limitleri ilişkisinin Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği, Bitirme Ödevi, İzmir.

Türk, N. ve Koca, M. Y. (1994). *Engineering Geological Problems of the first Phase of the İzmir Metro*. Proceedings Sevent International Congress International Association of Engineering Geology, 5-9 September 1994, Lisboa, Portugal, 4259-4264

Ulriksen, C.P.F. (1982). *Application of Impulse Radar to Civil Engineering*, Ph.D. Thesis, University Technology, Lund, Sweden.

Weeds, R. D. (Ed.). (1994). *Geophysical Characterization of Sites*. Rotterdam: AA. Balkema, p.69-79.

Wilchek, L. (2000). *Ground Penetrating Radar for Detection of Rock Structure*. M. S. Thesis, Alberta University, Canada.

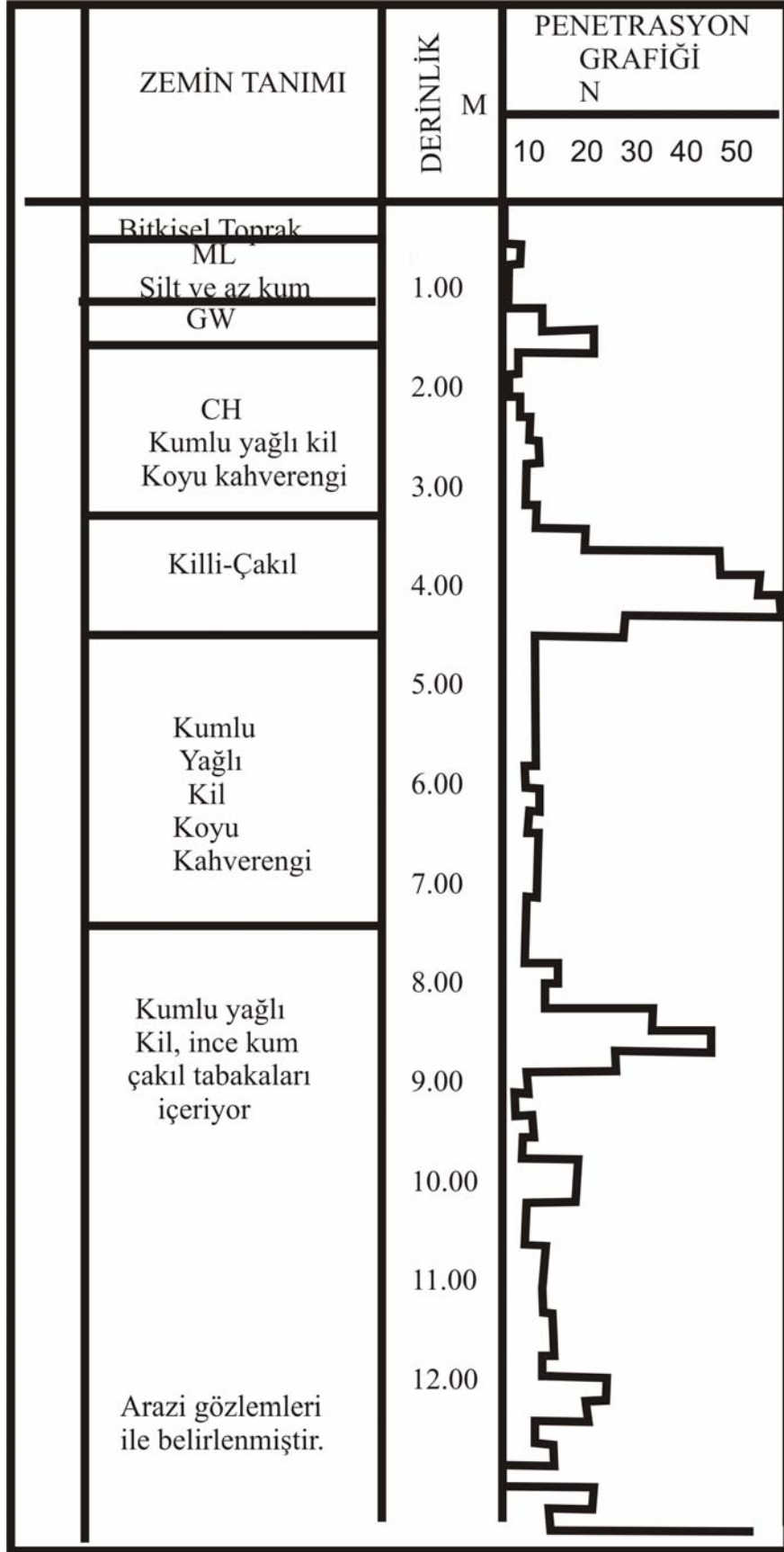
Yılmaz, R. (2004). Temel İnşaatı, Birsen Yayınevi, S.207, İstanbul.

Zenginoğlu, K. (1992). *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakülte Ek Bina İnşaatı alanındaki Zeminler için Laboratuvar Deneyine Dayalı Güvenilir Temel Taban Basıncı Hesabı*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Bitirme Ödevi, İzmir.

URL 1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.
<http://www.deprem.gov.tr/yonet.htm>.

EKLER

EK 1
SONDAJ LOGLARI



E.Ü. Medikososyal binasına ait geoteknik profil

	ZEMİN TANIMI	DERİNLİK M	PENETRASYON GRAFİĞİ N							
			10	20	30	40	50			
	Dolgu kil-çakıl									
	ML Silt ve az kum koyu kahverengi	1.00								
	MH Elastik silt ve az kum koyu kahverengi	2.00								
	CH-MH Kumlu yağlı kil-silt Koyu Kahverengi	3.00								
	CH Kumlu yağlı kil Açık kahverengi	4.00								
	Killi çakıl	5.00								
	CH	6.00								
	Killi çakıl	7.00								
	CH	8.00								
	Killi çakıl	9.00								

E.Ü. Spor salonuna ait geoteknik profil.

	ZEMİN TANIMI	DERİNLİK M	PENETRASYON GRAFİĞİ N							
			10	20	30	40	50			
	Dolgu									
	Bİtkİsel Toprak	1.00								
	Kil-çakıl	1.20								
	MH Plastik Sİlt ve az Kum Koyu Gri	1.40								
		1.60								
		1.80								
		2.00								
		2.20								
		2.40								
		2.60								
		2.80								
		3.00								
		3.20								
	SC Killi Kum	3.40								
		3.60								
		3.80								
		4.00								
		4.20								
		4.40								
		4.60								
		4.80								
		5.00								
		5.20								
	5.40									
	5.60									
	5.80									
	6.00									

E.Ü. Yüzme havuzuna ait geoteknik profil

ZEMİN TANIMI	DERİNLİK M	PENETRASYON GRAFİĞİ N				
		10	20	30	40	50
Bİtkisel Toprak MH-CH ⁺ Elastik Sİlt	1.00					
CH-yağlı Kil	1.20					
MH-CH Elastik Silt Yağlı	1.40					
KİL Ve Az Kum	1.60					
Açık Kahverengi	1.80					
CL-kumlu Düşük	2.00					
Pls kil ve Kum	2.20					
CH	2.40					
Yağlı Kil ve Kum	2.60					
MH	2.80					
Elastik Kil	3.00					
Yağlı Kil ve az	3.20					
Kum	3.40					
	3.60					
Kum-çakıl	3.80					
	4.00					
	4.20					
	4.40					
	4.60					
Yağlı Kil	4.80					
Elastik Kil	5.00					
Ve az Kum	5.20					
	5.40					
	5.60					
	5.80					
	6.00					
	6.20					
	6.40					
	6.60					
Kum-çakıl	6.80					
	7,00					

D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi C blok'a ait geoteknik profil

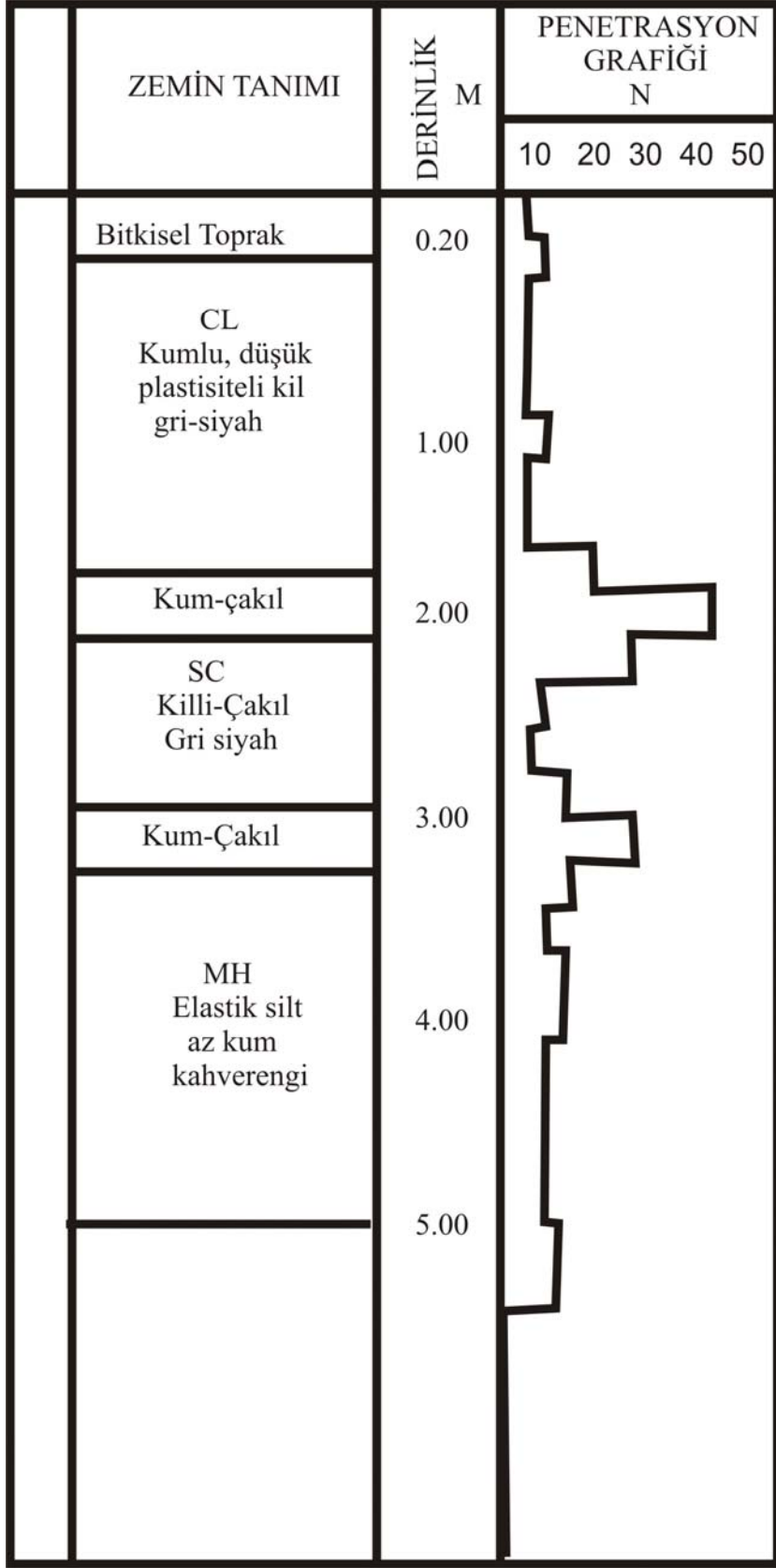
EK-1/d

ZEMİN TANIMI	DERİNLİK M	PENETRASYON DERİNLİĞİ				
		10	20	30	40	50
Bitkisel Toprak						
CH Yağlı kil ve az kum açıkkoyu kahverengi	1.00					
CL Düşük plastisiteli kil	2.00					
CH Yağlı kil ve az kum koyu kahverengi						
MH-CH	3.00					
ML						
CH Kumlu kil						
CL Düşük pls. Kil	4.00					
SC Killi kum						
	5.00					

D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi B blok'a ait geoteknik profil

ZEMİN TANIMI	DERİNLİK M	PENETRASYON GRAFİĞİ N				
		10	20	30	40	50
Bitkisel Toprak						
CL Düşük Plastisiteli kil ve az kum	1.00					
SC Killi Kum	2.00					
Kum-Çakıl	3.00					
Kumlu Yağlı Kil						
	12.60					

E.Ü. Diş hekimliğı fakültesine ait geoteknik profil



E.Ü. Nükleer bilimler enstitüsüne ait geoteknik profil