



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**BATMAN İLİ ve CİVARININ
MİKROTREMOR YÖNTEMİ ile ZEMİN
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Salim YILMAZ

YÜKSEK LİSANS

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

**Kasım
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Salim Yılmaz tarafından hazırlanan “Batman İli ve Civarının Mikrotremor Yöntemi ile Zemin Özelliklerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 22/11/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

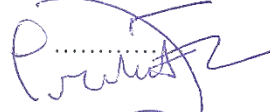

Başkan
Prof. Dr. Ferhat ÖZÇEP

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Nuray ALPASLAN

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

İmza




Prof. Dr. Şahnaç TİGREK
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Salim YILMAZ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

BATMAN İLİ ve CİVARININ MİKROTREMÖR YÖNTEMİ ile ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Salim YILMAZ

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Salih DİNÇ

2019, 85 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr.Üyesi Salih DİNÇ

Prof. Dr.Ferhat ÖZÇEP

Dr. Öğr.Üyesi Nuray ALPASLAN

Deprem öncesi ve sonrası zemin davranışı ile deprem sırasında zemin-yapı etkileşimi hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla kullanılan mikrotremör yöntemi, son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmış, kolay uygulanabilirliği, hızlı ve ekonomik olması nedeniyle jeofizik yöntemler içerisinde önemli bir konuma gelmiştir. Mikrotremör yöntemi ile yerin dinamik parametreleri, değişimleri, zemin kesitinde yer alan formasyonların dinamik davranış özellikleri ve hasar görülebilirlik belirlenebilmektedir. Zemin araştırmalarında kullanılan zemin büyütmesi ve zemin hâkim periyodu parametreleri mikrotremör yöntemi ile hızlı ve ekonomik olarak tespit edilebilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında, Batman il merkezi ve yakın çevresinde mikrotremör yöntemi kullanılarak alınan mikrotremör kayıtları, bölgenin jeolojik yapısı göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmada 3-bileşen hız ölçer sismometre ile ölçümler alınmış, veriler Geopsy yazılımında Yatay/Düşey Spektral Oranlar (Nakamura) yöntemi ile çözümlenmiş, bölgenin bilinen jeolojisi ve ilgilenilen araştırma derinliği göz önünde bulundurularak zemin hâkim frekansı saptanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, ölçüm noktasındaki baskın frekans ile zemini oluşturan litoloji birlikte irdelenerek, bölgenin hâkim frekans haritaları yapılmış ve bölgenin jeolojisi ile elde edilen mikrotremör ölçümleri arasındaki ilişkiler yorumlanarak tartışmaya sunulmuştur.

Batı Raman kampus alanındaki ölçümlerde, üç, dört, altı, sekiz ve on iki numaralı noktalar dışında kalan diğer noktalarda, baskın frekans değerlerinin 5 Hz ve üzerinde olması, periyod değerlerinde 0,2 saniyenin altında kalması Batı Raman Kampüs alanında hakim olan çok kırıklı, orta zayıf dayanımlı yer yer kil ara bantlı kireçtaşı birimi olduğunu göstermiştir. Kültür ve Pazaryeri mahallerinden alınan ölçümlerde, bir, üç, altı, yedi ve sekiz numaralı noktaların baskın frekans değerlerinin 1 Hz civarında olması, bölgenin zayıf sediman bir katmanla karakterize olduğunu, buna karşın diğer noktalardaki sonuçlar ile zeminin zayıf dayanımlı olarak belirlenmesi, bu bölgede kuzeybatı güneydoğuya uzanımlı bir boşluk ya da faylanma olabileceğini göstermiştir. Gap ve Bahçelievler mahallelerinde alınan mikrotremör kayıtlarında zemin hâkim periyodları 0,2-0,4 saniye arasında değişmiştir. Bölgeyi temsil eden baskın birimin eski alüvyon olmasından dolayı elde edilen ölçüm sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Sediman kalınlığını gösteren modelde mevcut jeolojik eski alüvyon tabakası ile bire bir örtüşmektedir.

Anahtar Kelimeler: Batman, Hâkim Peryod, Mikrotremör, Nakamura (H/V) spektral oran yöntemi, Yer Büyütmesi

ABSTRACT

MS THESIS

EXAMINING SOIL PROPERTIES OF BATMAN PROVINCE AND ITS VICINITY with MICROTREMOR METHOD

Salim YILMAZ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Advisor Asst. Prof. Dr Salih DİNÇ

2019, 85 Pages

Jury

**Advisor Asst. Prof. Dr Salih DİNÇ
Prof.Dr. Ferhat ÖZÇEP
Assoc Prof. Dr. Nuray ALPASLAN**

Microtremor method, which is used to learn about the soil behavior and soil-structure interaction both before and after the earthquake, has recently been used as a widespread method and it has become important in geophysical methods due to being easily applicable, fast and economic. Dynamic parameters and changes of the ground, dynamic behavior properties of the formations in the soil section and vulnerability can be determined with microtremor method. Soil amplification and soil dominant period parameters that are used in soil examinations can be identified with micro-tremor method in a fast and economic manner.

In this thesis study, micro-tremor records of the Batman province and its vicinity obtained with microtremor method were evaluated and interpreted by considering the geological structure of the area. In the study, the measurements were made with 3-component seismometer, the data were analyzed with Horizontal/Vertical Spectral Ratio (Nakamura) technique in Geopsy software and soil dominant frequency was tried to be determined by considering the known geology of the area and the depth of the study. In the second part of the study, dominant frequency and the lithology that forms the soil were evaluated together, the dominant frequency maps of the area were drawn and the relation between the geology of the area and obtained microtremor measurements were interpreted and discussed.

In the measurements made in the West Raman campus site, finding dominant frequency values as 5 Hz and above in points except the points numbered three, four, six, eight and twelve and finding period values below 0,2 seconds showed that the unit dominant in the West Raman Campus area was faulted, moderate-weak competent limestone unit with occasional clay bands. In the measurements made in Kültür and Pazaryeri quarters, finding dominant frequency values around 1 Hz in the points numbered one, three, six, seven and eight showed that the area was characterized with a weak sediment layer; however, determining the soil as weak competent according to the results of the other points showed that there may be a gap or faulting extending in this region to the northwest-southeast. Soil dominant periods of the Gap and Bahçelievler quarters changed between 0,2-0,4 seconds according to the microtremor records. Since the dominant unit of the region is late alluvium, it is seen that it is consistent with the measurement results. In the model showing sediment thickness, the current geological conditions exactly match with the late alluvium layer

Keywords: Batman, Dominant Period, Micro-tremor, Nakamura (H/V) spectral ratio technique, Soil Amplification

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının başlangıcından sonuna kadar her aşamasında bilimsel katkısını ve tecrübesini esirgemeyen, desteğini her zaman hissettiğim çok kıymetli hocalarım Sn. Dr. Öğr. Üyesi Nuray ALPASLAN ve Sn. Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansımın başlangıcında çalışmalarımın devamlılığı için beni gayretlendiren Sn. Prof. Dr. M. Tahir Nalbantçılar'a, mikrotremor yöntemini sevdiğim, tanıştıran ve öğreten Sn. Dr. Savaş Karabulut'a, her zaman bilgisini, desteğini ve hoşgörüsünü eksik etmeyen Sn. Prof. Dr. Ferhat Özçep'e, saha çalışmalarında yanımda ve yardımda bulunan Sn. Veysel Köylü ve Sn. Hasan Tunçboğa'ya, ayrıca şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, başta eşim ve çocuklarım olmak üzere tüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

Salim YILMAZ
BATMAN-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1.GİRİŞ	1
1.1.Tez Amacı	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL ve METOT	6
3.1. Sismik Dalgalar	6
3.1.1. Cisim Dalgaları	7
3.1.2. Yüzey Dalgaları	8
3.2. Mikrotremorların Genel Özellikleri	9
3.2.1.Mikrotremorların Tanımı	9
3.2.2.Mikrotremorları Oluşturan Dalgalar	10
3.2.3.Mikrotremorların Periyot Dağılımları	11
3.2.4.Mikrotremorların Zamana Göre Değişimi	11
3.3. Zemin Büyütmesi, Zemin Hâkim Periyodu ve Zemin Transfer Fonksiyonu	12
3.4. Mikrotremor Verilerinin Değerlendirilmesi ve Ölçüm Yöntemleri	13
3.4.1. Referans İstasyonuna Göre Spektral Oranlar Yöntemi	14
3.4.2. Yatay/Düşey Spektral Oran Yöntemi (Nakamura Yöntemi, H/V)	15
3.4.3. Sıfır Kesme Yöntemi (Kanai Yöntemi)	18
4.TARTIŞMA ve BULGULAR	22
4.1. İnceleme Alanı Genel Tanıtımı	22
4.2. İnceleme Alanı Jeolojisi ve Stratigrafisi	23
4.2.1. Germav Formasyonu (Kg)	24
4.2.2. Gercüş Formasyonu (Pgg)	25
4.2.3. Hoya Formasyonu (Midyat Kireçtaşı)	25
4.2.4. Germik Formasyonu (Pgge)	25
4.2.5. Şelmo Formasyonu (Ngş)	26
4.2.6. Alüvyonlar (Qal)	27
4.3. Tektonizma	27
4.4. Batman İli Depremselliği	28
4.5. İnceleme Alanında Yapılan Çalışmalar	30
4.5.1. İnceleme Alanındaki Mikrotremor Ölçümlerinin Alınması ve Verilerini Nakamura Yöntemi ile Değerlendirilmesi	30
4.5.2. Baskın Periyod ve Tabaka Kalınlığı Arasındaki İlişki	34
4.5.3. Baskın Periyod ve V_{S30} Hızını Modellenmesi	36
4.5.4. Zemin Büyütmesi ve Sınıflandırılması	38

4.6. Batı Raman Kampüsünde Alınan Mikrotremor Ölçümleri.....	41
4.6.1. Spektral Oranlara Göre Zeminlerin İrdelenmesi	42
4.6.2. Hâkim Frekans ve Periyod Üzerinden Büyütme Analizi.....	46
4.6.3. Vs Dalgası Modelini Oluşturma ve Büyütme Analizi	49
4.6.4. Batı Raman Kampüs Alanı İçin Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi ...	53
4.7. Kültür & Pazaryeri Mahalleleri Mikrotremor Ölçümleri	56
4.7.1. Spektral Oran & Hâkim Periyotlara Göre Zeminlerin İrdelenmesi	59
4.7.2. Vs Dalgası Modelini Oluşturma ve Büyütme Analizi	63
4.7.3. Kültür & Pazaryeri Mahalleleri Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi ...	66
4.8. Gap ve Bahçelievler Mahalleleri Mikrotremor Ölçümleri	68
4.8.1. Spektral Oran & Hâkim Periyotlara Göre Zeminlerin İrdelenmesi	70
4.8.2. Vs Dalgası Modelini Oluşturma ve Büyütme Analizi	74
4.8.3. Gap ve Bahçelievler Mahalleleri Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi .	76
5.SONUÇLAR	77
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	: Büyütme (Midorikava, 1987)
ASHA	: Büyütme (Midorikava ve ark., 1991)
a	: Ortalama genlik
dk	: Dakika
E(f)	: Kaynak etkisi
f	: Frekans
f ₀	: Baskın Frekans
h	: katman kalınlığı
H/V	: Yatay/Düşey Spektral Oran
Hz	: Hertz
km	: Kilometre
m	: Metre
m/sn	: Metre/saniye
T	: Periyot
T ₀	: Baskın periyot
V _s	: S dalgası hızı
V _{s30}	: 30 metre derinliğe kardar ortalama S dalga hızı
λ	: Dalga boyu

Kısaltmalar

BR:	Batı Raman
BZKK	: Bitlis – Zağros Kenet Kuşağı
DAF .	: Doğu Anadolu Fayı
DB	: Doğu-Batı
GB	: Gap ve Bahçelievler Mahalleleri

HB	: Yüzey tabakasının tabanındaki hareketin yatay bileşeni
HS	: Yüzeydeki hareketin yatay bileşeni
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KG	: Kuzey-Güney
KP	: Kültür ve Pazaryeri Mahalleleri
MASW	: Yüzey dalgalarının çok kanallı analizi
MTA	: Maden Tetkik Arama
NHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Program
ReMİ	: Mikrotremorde Kırılma Yöntemi (Refraction Microtremor)
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

1.GİRİŞ

Yeryüzünün tektonik açıdan canlı olduğunun en büyük kanıtı depremlerdir. 225 milyon yıl öncesindeki Pangea Kıtasından günümüze kadar gelen hareketliliğin sonucunda oluşan depremler, rijit plakalar üzerinde sürekli bir gerilime ve yük binmelerine sebep olmaktadır. Bu şekilde biriken devasa potansiyel enerji küçükten büyüğe birçok depremle kinetik enerjiye dönüşmekte, ortaya çıkan dinamik kuvvetlerin etkisinde yeryüzünde deformasyonlara, can ve mal kayıplarına neden olmaktadır.

Deprem gerçeği ile yaşamak, azami önlemleri almanın gerekliliğini doğurmuş ve ilk kıstasının ise yerleşim yerlerinin doğru seçimi olduğu mihengini ortaya koymuştur. Olası kayıpları azaltmak için zemine ait özelliklerin, fiziksel yapısı ve dinamik kuvvetlerin etkisinde verdiği tepkileri jeoloji ve jeofizik bilimleri ışığında tespiti elzemdir.

Deprem sonrası yapılan araştırmalarda sismik kuvvetlerin farklı yapı ve zeminlerde farklı tepkiler verdiği, aynı imkân ve şartlarla yapılan yapıların bazıları hiç hasar almazken, bazılarının ağır hasar aldığı yada yıkıldığı gözlenmiştir. Farklı zeminlerin aynı sismik dalgada farklı tepki verdiği, hatta farklı yapıların aynı zeminde aynı sismik dalgada farklı tepkime gösterdiği gözlemleri üzerine dikkatleri zemini oluşturan yüzey tabakalarına çevirmiştir.

Zemine ait dinamik parametrelerin belirlenmesinde kullanılan sismik yöntemlerin mekâna ve maliyete dayanan olumsuzluklarından kaçınmak üzere bilim insanları yönünü yüzey dalgası kaynaklı analiz yöntemlerine çevirmiş, yaygınlaşmasına ön ayak olmuştur. (Borcherdt ve ark., 1991; Park ve ark., 1999; Liu ve ark.,2000; Louie, 2001; Okada, 2003). Bu yöntem pasif ve aktif kaynaklı olmak üzere ikiye ayrılırken; aktif kaynaklarla oluşan yüzey dalgası yönteminde 30 metre derinliğe kadar, pasif (gürültü) kaynaklı yüzey dalgaları yönteminde ise 100 metre derinliğe kadar zemin irdelenebilir. Her iki yönteminde birbirine göre avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Aktif kaynaklı yöntem sığ derinliklerde pasif yönteme göre daha fazla ayrımlılığa olanak verirken şehir içinde kullanımı zahmetlidir. Pasif kaynaklı yöntem şehirleşmiş alanlarda daha kolay ölçüm alındığından tercih sebebidir.

1.1. Tez Amacı

Bu tez çalışması kapsamında Batman ili ve civarında mikrotremor yöntemi kullanılarak zeminin fiziksel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada 3-bileşen hız ölçer sismometre ile ölçümler alınmış, veriler Geopsy yazılımında Yatay/Düşey Spektral Oranlar (Nakamura) yöntemi ile çözümlenmiş, bölgenin bilinen jeolojisi ve ilgilenilen araştırma derinliği göz önünde bulundurularak zemin hâkim frekansı saptanmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, ölçüm noktasındaki baskın frekans ile zemini oluşturan litoloji birlikte irdelenerek bölgenin hâkim frekans haritaları oluşturulmuştur. Bölgenin jeolojisi ile elde edilen mikrotremor ölçümleri arasındaki ilişkiler yorumlanmak üzere haritalara dökülecek ve tartışmaya sunulacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Mikrotremorlerle ilgili ilk çalışmalar 1908 yılında Omori ile başlamıştır. Omori çalışmalarına mikroseismler üzerine araştırmalar yapmıştır. Ewing ve ark. (1957) titreşimlerinin kaynağı olan okyanus dalgalarındaki iletim mekanizması, yer küre ve tabaka katmanlarındaki seyahati gibi mikroseism sorunlarının çözümü üzerine araştırmalarını sürdürmüştür.

Kanai ve Tanaka çalışmalarında Japon yönetmeliğini baz alarak lokal zemin hareketlerini tahmin edebilmek için kısa periyotlu mikrotremor ölçümlerinden faydalanmışlardır (1961). Farklı tekniklerle mikrotremor spektral analizlerini incelemeye çalışmışlardır.

Kanai (1966) spektral incelemenin sonuçlarını kullanarak mikrotremor ölçümlerini ve mikrotremor bileşenlerini değerlendirmiştir. Referans ve tek istasyon (Nakamura) yöntemleri geliştirerek günümüze kadar ulaşmıştır.

Borcherdt (1970) tarafından geliştirilen referans yöntemi, değişik alanlarda etki ve tepkimelerin araştırılması ve incelenmesi için önerilmiş bir yöntemdir. Referans yönteminde farklı saha ve kaya özelliği olan alanlarda aynı anda mikrotremor kayıtlarının alınması gerekmektedir. Kayalık alandan alınan ölçümler baz alınarak elde edilen spektral oranlar ile diğer ölçüm sahaları karşılaştırılarak transfer fonksiyonları elde edilir. Bu uygulamanın yapılmasındaki asıl sebep ölçümlerdeki hatayı en aza indirerek incelenen bölgenin olası deprem tepkisini öngörebilmektir. Uzak depremler için kullanılan referans yöntemi iyimser sonuç verse de ölçülen yerin değişken olması sebebiyle hata payı da vardır. Referans yöntemine göre tek istasyon yönteminin uygulanması daha kolaydır. Uygulamada zemin hâkim frekansı ve büyütmesini öngörebilmek için yatay ve düşey (H/V) mikrotremor kayıtlarının oranı temel alınır.

Mikrotremor çalışmalarında birçok görüş ve düşünce ortaya çıkmış, bunlardan biri olan Aki, (1988) mikrotremor ölçümlerini kullanarak frekansa bağımlı zemin büyütmesini araştırmış, bu araştırmada en büyük problemin farklı zeminlerde farklı kaynakların gözlenmesi ile kayıtlardaki zemin ve kaynak etkisinin ayırt edilmesindeki güç olması üzerinde durmuştur.

Nakamura (1989) mikrotremor ölçümlerinde yarım saatlik kayıtlar tutmuş bu kayıtların kültürel gürültülerin (şehir, trafik vb.) fourier spektrumunu nasıl etkilediğini, mikrotremor ölçümleri ile farklı kaynakların doruk periyotlardaki değişimini incelemiştir.

Chavez Garcia ve ark. (1996), Meksika başkentinde farklı iki bölgede aldıkları mikrotremor ölçümlerinden oluşturdukları büyütme haritası, bölge jeolojisi ile bütünlük gösterdiği ve mikrobölgeleme çalışmalarında mikrotremor ölçümlerinin kullanılabilceği konusunda tavsiyede bulunmuşlardır.

Regnier ve ark. (2000), Pasifik Okyanusunda bulunan Vanuatu Devleti başkentinde (Port Vila) mikrobölgeleme çalışmasında tek istasyon (Nakamura) yöntemini kullanmıştır. Ortaya çıkan büyütme ve hâkim frekans haritaları, jeolojik yapı ve daha önceleri yapılmış olan sondaj verileri ile örtüşmüştür. Büyütmenin yüksek olduğu lokasyonlar geçmişte yoğun hasar alan yerlere tekabül etmiştir.

Bour ve ark. (1998) Fransa'da yapmış oldukları mikrotremor ölçümlerini Nakamura yöntemi ile yorumlamış, frekans değerlerinin genelde uyumlu olduğu fakat büyütme değerlerinin bazı noktalarda diğer yöntemlere nazaran belirgin farklılıklar sergilediğini ortaya koymuştur.

Mucciarelli (1998), farklı zemin ve koşullarda ölçümünü aldığı mikrotremor kayıtlarını, Nakamura yönteminin uygulanabilirliği ve güvenilirliğini arttırmak üzere çalışmalar yapmış, hız ölçer sismometreler ile ölçüm alınmasını tavsiye etmiştir.

Ochiai ve ark. (2000) almış olduğu mikrotremor ölçümlerini H/V spektral oran yöntemi ile değerlendirmiş, elde edilen hakim frekans değerlerinin alüvyonal tabaka kalınlıkları ile bağlantısını ortaya koymuştur. Japonya'daki projede, çalışma alanlarını 500m² lik parsellere ayırmış, toplamda 932 noktada kayıt almıştır.

Delgado ve ark. (2000), İspanya'da yapmış oldukları çalışmada aldıkları mikrotremor ölçümlerini tek istasyon yöntemi ile değerlendirmişler ve çalışma alanına ait sondaj verileri ile kıyaslayarak, bölgenin anakaya derinliğini hesaplamışlardır.

Mukhopadhyay, S., Bormann, P. (2004), Hindistan'ın Delhi şehrinde yaptıkları çalışmada, mikrotremor yönteminin mikrobölgeleme çalışmaları için güvenilir, hızlı ve ekonomik olduğu üzerinde durmuşlardır.

Nguyen ve ark. (2004), 11 Haziran 1938'de meydana gelen Belçika depremindeki sismik yoğunluğu, topladıkları mevcut mikrotremor kayıtları üzerinden elde edilen çözümlenmeler ile açıklamaya çalışmışlardır.

Dikmen ve Mirzaoğlu (2005) yaptıkları çalışmalarında, Bursa Yenişehir ilçesinde sismik mikrobölgeleme çalışmasında almış oldukları mikrotremor ölçümlerini H/V spektral oran yöntemiyle değerlendirerek büyütme değerlerini ve hâkim titreşim periyotlarını haritalamıştır. Yöntemin sismik risk analizinde etkili bir jeofizik yöntemi olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Karabulut (2005), İstanbul Büyükçekmece ilçesinde daha önce sismik kırılma ve sondaj çalışmaları yapılmış yerlerde aldığı mikrotremor ölçümlerini Nakamura yöntemi ile değerlendirerek mikrobölgeleme haritaları oluşturmuştur.

Beker (2011), Karadeniz Teknik Üniversitesi yerleşkesinde mikrotremor yöntemi ile zemin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Tek İstasyon mikrotremor yöntemini kullanmış, elde ettiği hâkim periyod ve büyütme değerlerinin daha öncesinde yapılmış olan sismik yöntemlerin sonuçları karşılaştırmış ve değerlerin birbiriyle örtüştüğü, mikrotremor yönteminin zemin özelliklerini iyi bir şekilde yansıttığını belirtmiştir.

Özgenç (2014), Trabzon'un Arsin ilçesinde, Tek İstasyon Nakamura, ReMİ ve MASW yüzey dalgası yöntemleri ile zeminin fiziksel özelliklerini belirlemeye çalışmış olup, uygulanan yöntemleri hem kendi aralarında hem de önceden yapılmış sondaj çalışmaları ile karşılaştırmıştır.

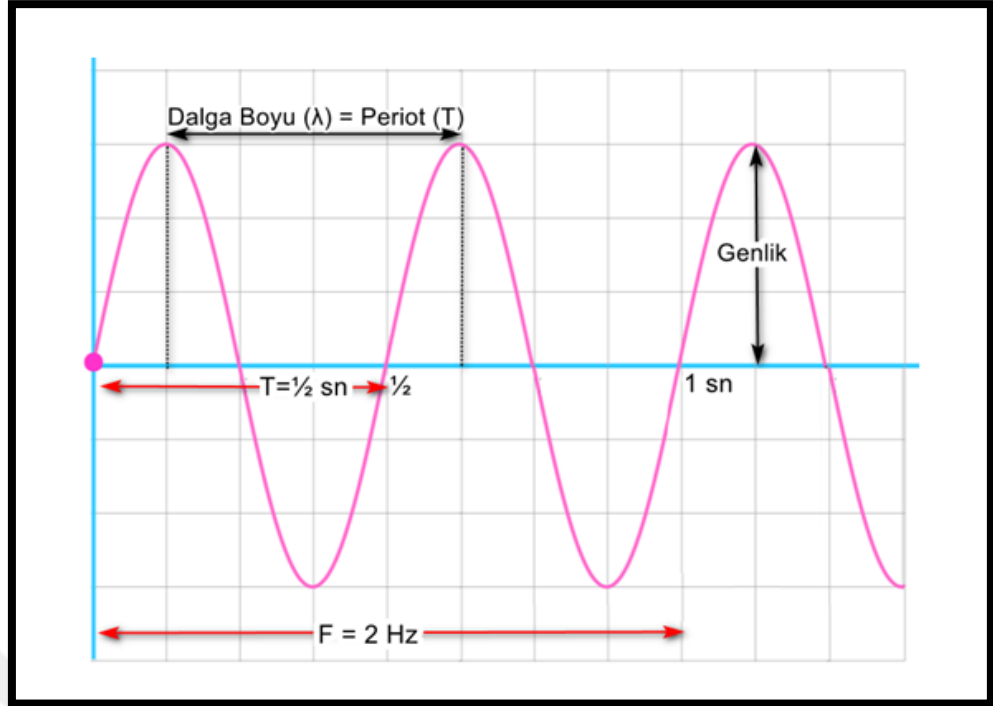
3. MATERYAL ve METOT

Bu tez çalışması kapsamında Batman ili ve civarında mikrotremor yöntemi kullanılarak zeminin fiziksel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanında hız ölçer sismometre ile kaydedilen mikrotremor verileri toplanmıştır. Sonrasında bilgisayar ortamında Nakamura tek istasyon tekniği ile, SESAME ortak projesiyle geliştirilen Geopsy yazılımında veriler işlenmiştir. Gerekli veri işlem aşamalarında sonra ölçüm noktasına ait zeminin düşey ve yatay frekans dağılımları oranlanır. Frekans dağılımlarının oranlandığı grafikteki belirgin/baskın genlik üzerinden periyot ve genlik değerleri okunur.

Çalışmanın ikinci aşamasında, zeminin baskın periyodu, zeminin jeolojik yapısıyla irdelenip, zemin sınıflama haritaları oluşturulmuştur. En son aşamada mevcut jeolojik verilerle oluşturulan mikrotremor haritaları yorumlanarak tartışmaya sunulacaktır.

3.1. Sismik Dalgalar

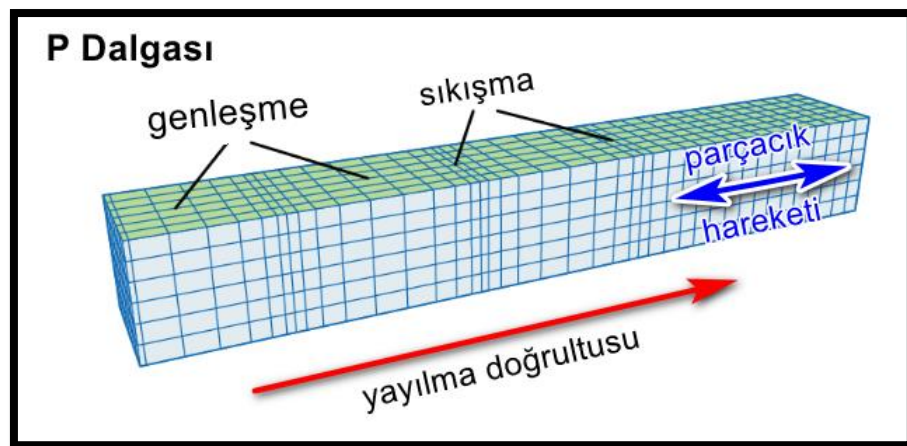
Doğal (deprem, meteor düşmesi, tüm tektonik hareketler vb.) yada yapay (atom bombası, dinamit patlatma vb.) bir enerji kaynağından oluşan, yeryüzündeki hareketi deprem kayıtçılarında fark edilebilen tüm dalgalar sismik dalga olarak nitelendirilebilir. Diğer tüm dalgalarda (ses, manyetik vb.) olduğu gibi sismik dalganın da periyot, genlik, dalga boyu ve sayısı vardır. Şekil 3.1’de bir sismik dalgaya ait bileşenler verilmiştir. Frekans (F); belirli bir olayın belirli bir zaman aralığında kaç kere tekrar ettiği sayılır, sonra bu sayı zaman aralığına bölünerek frekans elde edilir. Periyot (Dalga boyu) bir tam dalganın oluşması için geçen süredir. Periyot, frekansla ters orantılıdır. Sismik dalgalar, cisim ve yüzey dalgaları olarak iki başlık altında toplanır.



Şekil 3.1. Sismik dalga bileşenleri

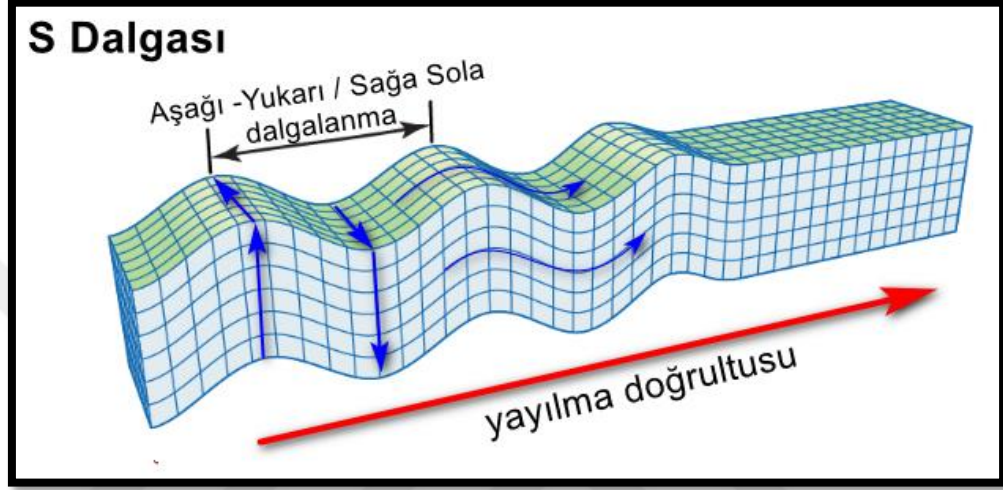
3.1.1. Cisim Dalgaları

Cisim dalgaları P (Primer) ve S (Seconder) dalgaları olmak üzere ikiye ayrılır. P dalgası sismik kayıtçıya ilk ulaşan dalga olup dalga ilerlemesi doğrultusu ileri-geri hareketi olduğundan sıkışma dalgası ya da boyuna dalga olarak da adlandırılır. Her ortamda yayılabilir. Geçtiği ortama bağlı olarak saniyede 7-8 km yol alabilirler. Şekil 3.2’de P-dalgası parçacık hareketinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.2. P-dalgası parçacık hareketinin şematik gösterimi

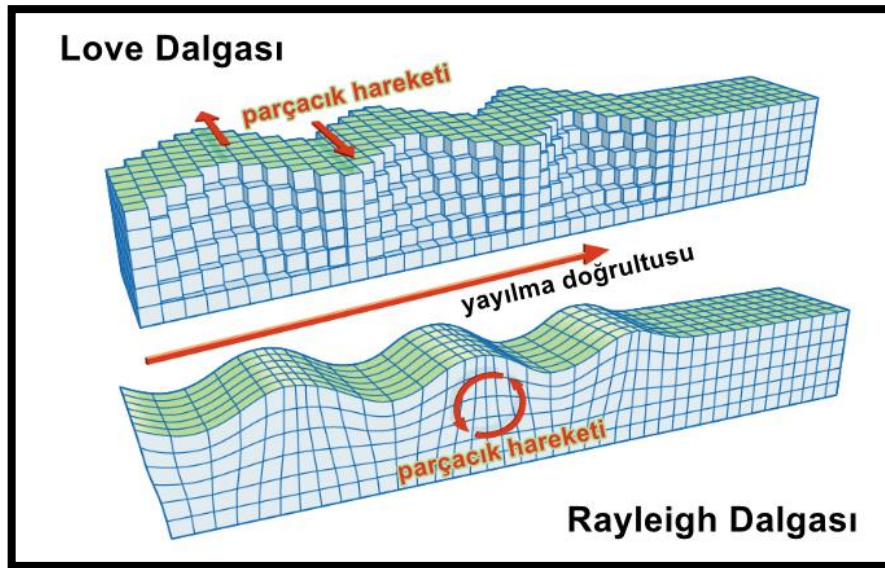
S- dalgaları, P-dalgasından sonra sismik kayıtcıya ulaşan dalga olup, kesme dalgası ya da enine dalga olarak da adlandırılır. Yayılma doğrultusuna dik gelecek şekilde yatay ve düşey olarak etkidiğinden kayma deformasyonuna neden olurlar. Sıvı ortamlarda yayılamaz. Yerküre çekirdeğinin sıvı olduğu gerçeği bu bilgiye dayanır. Geçtiği katı ortama bağlı olarak saniyede 3,5-4 km yol alabilirler. Şekil 3.3’de P-dalgası parçacık hareketinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.3.S-dalgası tanecek hareketinin şematik gösterimi

3.1.2. Yüzey Dalgaları

Yüzey dalgaları, yeryüzü ve yüzeye yakın katmanlar arasında hareket eden cisim dalgalarından meydana gelir. Derinlere doğru genlikleri azalmasına karşın yer kabuğunda daha uzak mesafeleri kat eder. Kuvvetli sarsıntılarda cisim dalgalarından daha fazla yıkıcı etkileri vardır. Bunlar R (Rayleigh) ve L (Love) dalgaları olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Rayleigh ve Love dalgalarının tanecik hareketlerinin şematik gösterimi

3.2. Mikrotremorların Genel Özellikleri

Mikrotremor yöntemi 1950'lerden günümüze gerek ölçü alımı gerekse veri-işlem açısından çok geliştirilmiş ve çeşitlendirilmiştir. Geçmiş yıllarda birçok mikrotremor araştırması ve gözlemi Japonya'da yapılmıştır. 1980'lere kadar A.B.D., Meksika Şili, Çin gibi diğer ülkelerde kullanılmamış, daha sonraki yıllarda bu ülkelerde yapılan mikrotremor çalışmalarının çoğunda Nakamura (1989) tarafından ileri sürülen Nakamura Yatay/Düşey (H/V) Spektral Oran Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem yatay spektral bileşenin (H), düşey spektral bileşene (V) oranının alınması esasına dayanır. Nakamura Yatay/Düşey (H/V) Spektral Oran Yöntemi genliklerin sıklıkla belirgin tutarsızlıklar göstermesine rağmen, baskın frekansın bulunmasında daha başarılı sonuçlar vermiştir (Bard, 1998).

3.2.1. Mikrotremorların Tanımı

Kanai ve Tanaka (1961) Mikrotremoru tanımlarken kaynağının doğal ya da yapay etkenlerden oluştuğu, sayısal olarak genliğinin 0,1 ve 1 mikron, periyodunun ise 0,05 ve 2 saniye arasında değişen 'titreşimler' ifadesini kullanmıştır. Doğal titreşimler tüm sismik (deprem, tsunami vb.), jeolojik (kayma, düşme, jeotermal aktivite vb.), atmosferik (rüzgâr, okyanus dalgaları vb.), astronomik (dünyanın kendi ekseninde dönmesi, gelgit etkisi, Güneş Patlamaları vb.) aktivitelerle örneklendirilebilirken, yapay

veya kültürel titreşimler ise insanoğlu kaynaklı tüm aktiviteleri (ulaşım, sanayi, nükleer aktiviteler vb.) içerir.

Mikrotremor için rüzgâr, okyanus dalgaları, küçük depremler ve jeotermal aktivitelerin oluşturduğu doğal etkiler ile şehirleşme, ulaşım, trafik ve endüstriden kaynaklanan küçük genlikli titreşimlerdir (Ishiyama, 1982).

1 Hz üzeri (1 saniye ve altındaki periyotlar) frekansların yapay kaynaklardan oluşan kısa periyotlu titreşimler ve 1 Hz altı (1 saniye ve üzerindeki periyotlar) frekansların doğal kaynaklardan oluşan uzun periyotlu titreşim olarak sınıflandırıyor. Yine Dikmen (2006)'in araştırmalarına göre kimi araştırmacı kısa periyodu 0,01 ile 0,5 saniye, orta periyodu 0,5 ile 1 saniye, uzun periyodu ise 1 ile 2 saniye aralığında değişen titreşimler olarak sınıflandırırken 2 saniye üzerindeki titreşimleri 'mikroseism' olarak nitelendirmektedir (Dikmen,2006).

Mikrotremorun, yeryüzündeki P ve S dalgalarının etkileşiminden meydana geldiğini, buna rağmen yüzey dalga enerjisinin ağırlıklı olduğu ve yüzey dalgası olarak ilerlediği söylenmiştir (Toksöz ve Lacoss, 1968). Mikrotremorlar farklı jeolojik yapılarda farklı tepkiler vermesinden dolayı takibi ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi zemini tanımlanması için önem taşımaktadır (Lermo ve ark., 1994).

3.2.2.Mikrotremorları Oluşturan Dalgalar

Yeryüzünde küçük salınımlar olarak gözlemlediğimiz mikrotremorları oluşturan dalgaların türleri hakkında, cisim dalgası ya da yüzey dalgası içerip içermediklerine ilişkin birçok araştırmacı değişik çalışmalar ortaya koymuşlardır.

Aki (1957), mikrotremorların kaynağının büyük ölçüde yüzey dalgası olduğunu savunurken, Rodriguez ve ark., (2000), yapmış olduğu çalışmalarda mikrotremorların baskın olarak Rayleigh dalgasından oluştuğu sonucuna varmışlardır.

Kanai ve Tanaka (1961) ise mikrotremorları zemin tabakaları arasında tekrar tekrar yansıyamaya maruz kalan S dalgasınca oluştuğunu ifade etmiştir.

Toksöz ve Lacoss (1968), elastisite teorisini baz alarak cisim ve yüzey dalgalarının etkileşiminden kaynaklanan çok değişken ve rastgele oluşan doğal titreşimler olduğunu ileri sürmüştür.

Nogoshi ve Igarashi (1971) ise Rayleigh dalgalarının yatay/düşey (H/V) değerlerini karşılaştırarak mikrotremorun Rayleigh dalgasından oluştuğunu savunmalarına karşın verdikleri örneklerde Rayleigh dalga enerjisinin H/V oranının pik

yaptığı noktadaki değerinin sifıra yakın olmasından dolayı bu yöntem ile mikrotremor kaynağının Rayleigh dalgası olduğu sonucuna varılamaz (Nakamura, 2008). Bu durumu Nakamura (1989), H/V oranının maksimum değer aldığı frekans aralığına düşey gelen SV dalgası ile açıklamıştır.

Kanai (1983) yapmış olduğu çalışmalar ile deprem kayıtları arasındaki benzerliklerden yola çıkarak mikrotremorların düşey düzlemde polarize olan S-dalgalarından oluştuğu sonucuna ulaşsa da yaklaşımı birçok araştırmacı tarafından kabul görmemiştir.

Nakamura (1989), Rayleigh dalgasının H/V oranının pik yaptığı frekans aralığına düşey gelen SV dalgası ile açıklamıştır.

Okada (2003), mikrotremorların oluşumunda yüzey dalgalarının cisim dalgalarına göre daha baskın olduğunu, tüm bu dalgalarının farklı mekanizmalarla, farklı jeolojik birimlerdeki yayınımlarının rastgele oluşumunu, yalnızca cisim ve yüzey dalgaları ile açıklanamayacağını, bunlara ek olarak kırılan ve saçılan dalgaları da barındıran stokastik elastik dağların birleşimiyle oluştuğunu ifade eder.

3.2.3.Mikrotremorların Periyot Dağılımları

Yapılan çalışmalar ışığında temel kaya üzerinde tek bir tabaka var ise (tek tabakalı basit yapı) mikrotremor spektrumlarında en büyük genlikli tek bir pik gözlemlenir. Aynı şekilde birden fazla büyük genlikli pikler gözlemleniyorsa zemin yapısının homojen ya da tabakalı olmadığı konusunda fikir verir. Genel itibarı ile temel kaya üzerinde ince bir örtü tabakası mevcut ise birden fazla genlikler gözlemlenirken, örtü tabakasının kalınlaşması ve ana kayadan uzaklaşmanın etkisiyle belirgin ve tek bir pik gözlemlenmektedir. Yer in tabakalı bir ortamdan oluştuğu varsayımı ile hareket edilirse elde edilecek olan periyot dağılımları zemine en yakın olan tabakanın özelliklerini yansıtacaktır (Kanai ve Tanaka, 1961).

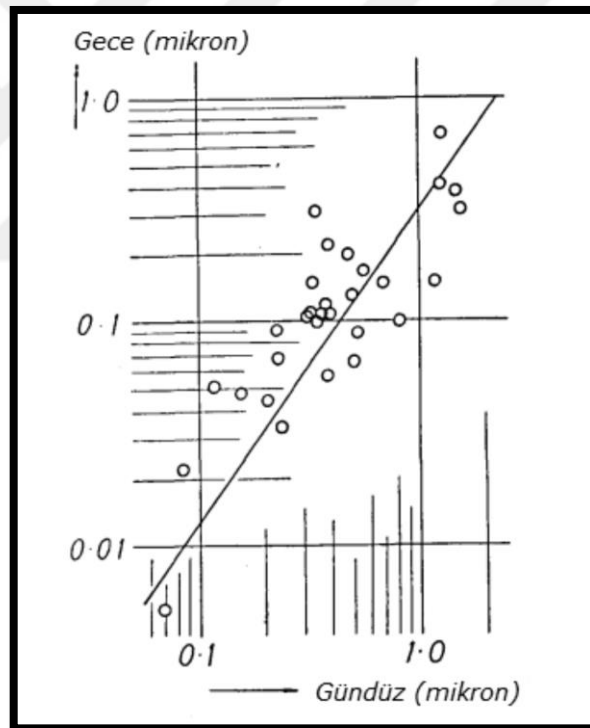
3.2.4.Mikrotremorların Zamana Göre Değişimi

Mikrotremorların p ve s dalgalarının etkileşimi olarak oluştuğu ancak karakteristik yapısının S (yüzey) dalgaları şeklinde yayıldığını belirtmiştik. Bu elastik dalgalar aynı zamanda zemin içerisinde ilerlerken farklı litolojilerde oluşan her bir kırılma ve saçınımlarla ayrı bir mikrotremor kaynağı gibi davranacaktır. Bu kaynaklarca

oluşan rasgele sinyal ve dalga formları sayısal olarak formülize edilemediği gibi belirli bir zaman ve mekân açısından da tahmin yürütülemez. Bundan dolayı zamandan ve uzaydan bağımsız oluşan mikrotremorların genliği hem belirsiz hem de benzersizdir (Okada, 2003).

Kültürel gürültülerin (kaynakların) daha fazla olduğu gündüz vakitlerinde mikrotremor ölçümleri için kayıt süresini uzun tutmanın gerektiği, gece ölçümlerinin nispeten daha az gürültülü olduğu ve buna bağlı daha kısa süreyle ölçüm alınmasının mümkün olduğu önerilmektedir (Guiterez, 1992).

Farklı zeminlerde aynı noktada, fakat farklı zamanlarda yapılan ölçümlerde gündüz vaktinde alınan kayıtların genlik değeri daha büyüktür (Şekil 3.5). Aynı durum kırsaldan şehre yaklaşıldıkça -kültürel gürültünün artmasının da etkisiyle- genliklerin büyüdüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 3.5. Gece- gündüz arasındaki mikrotremorların genlik ilişkileri (Kanai ve Tanaka,1961)

3.3. Zemin Büyütmesi, Zemin Hâkim Periyodu ve Zemin Transfer Fonksiyonu

Fayların kırılması ile ortaya çıkan sismik dalgalar yerin altında ve yer yüzeyinde farklı hızlarla seyahat etmeye başlar. Aynı kaynaktan çıkan dalgaların hızını ve seyahat sürelerini tayin eden ana etmen ise litolojidir. Meydana çıkan depremde, titreşimler lokasyona bağlı olarak saniyelerden dakikalara kadar sürebilir.

Bullen ve Bolt (1985), deprem anında belirli bir noktaya ait titreşim süresi ve şiddetini, depremin büyüklüğüne, kaynağına olan uzaklığına ve lokasyona ait zeminin özelliğine bağlamıştır.

Bordeck (1970), deprem anında kaynaktan yayılan sismik dalgaların, yeryüzüne ulaşana kadar hızlarının farklılık gösterdiğini, hatta aynı bölgede bulunan farklı alanlarda zeminin de etkisiyle titreşimlerin farklı şiddetlerle hissedildiğinden yola çıkarak ‘deprem dalgalarının lokal zeminlerdeki etkisini araştırma’ gereğini duyurmuştur. Singh ve Ordaz (1993) yapmış olduğu çalışmada genç sediman katmanlarının yaşlı birimlere oranla sismik dalgaları büyütmesi ise bu gereği desteklemektedir.

Zeminin sismik dalgalar etkisi altında vereceği tepkiyi bulabilmek için ‘zemin transfer fonksiyonu’ çözümlenmeye çalışılır. Bunun için ampirik ve teorik yöntemler izlenilebilir. Teorik yöntemlerde daha önceki verilerden elde edilen bağıntılardan yola çıkarak zemin için farklı modeller oluşturulabilir. Ampirik yani diğer adıyla deneysel çalışmalara örnek olarak ta gürültü kayıtları ile almış olduğumuz ölçümleri değerlendirerek yapılan farklı yöntemler (Nakamura, 2 istasyon vb.) ile zemin transfer fonksiyonunun belirlenmesidir. Bu açıdan en güvenilir veri deprem kayıtları olmasına karşın pratik ve ekonomik değildir.

Teorik olarak hesaplanmış olduğumuz zemin transfer fonksiyonu ile depremin olmasını beklemeden, zemin hâkim periyodu ve zemin büyütmesini bularak, yapılacak mühendislik yapılarının olası bir deprem karşısında rezonansa girmeden en kısa zamanda en az şiddet ile etkilenmesi sağlanacaktır.

3.4. Mikrotremor Verilerinin Değerlendirilmesi ve Ölçüm Yöntemleri

Mikrotremor kayıtları sismometre ile alınmaktadır. Bu cihazlar üç bileşenli olup yatay da iki adet, düşeyde ise bir adet sensörü bulunmaktadır. Yatay sensörler Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönleri gözetilerek zemine yerleştirilir. Sismometreler tipine ve özelliklerine göre ivme ölçer, hız ölçer ve yer değiştirme ölçer olarak değişebilir. Mikrotremor için hız ölçer sismometre kullanılır. Alınan kayıtlar doğrudan bilgisayara ya da harici belleğe kayıt edilebilir (Şekil 3.6 a ve Şekil 3.6 b).

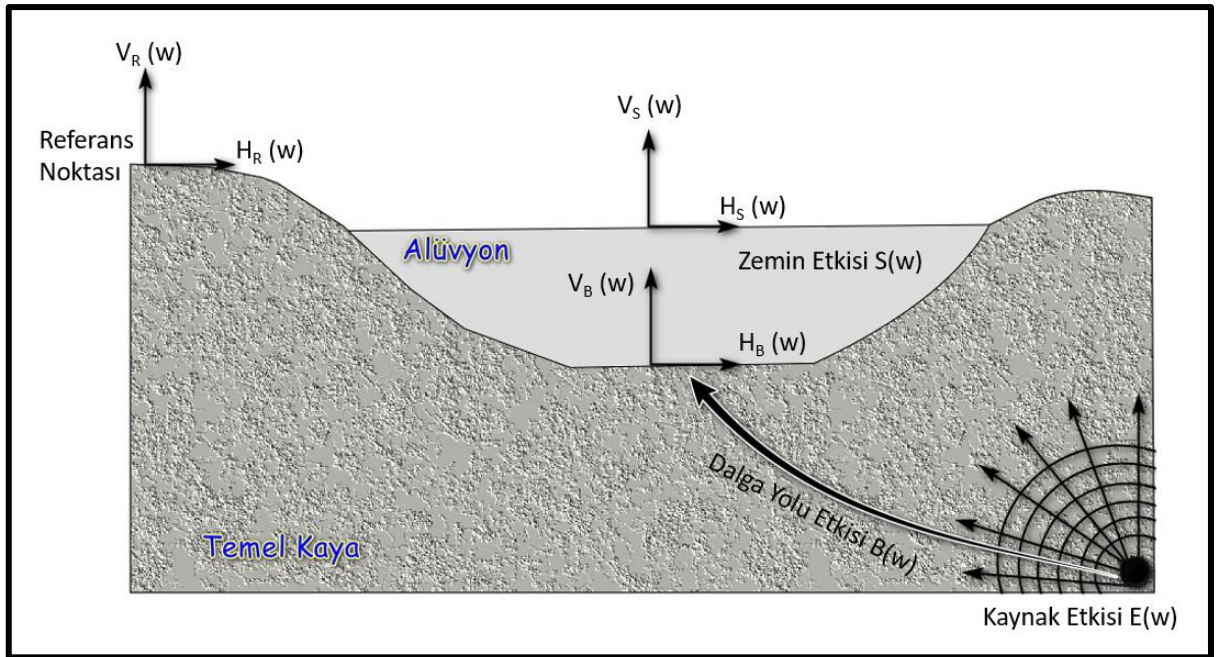


Şekil 3.6 (a) GÜRALP marka CMG-6TD üç bileşen geniş-band hız ölçer sismometre **(b)** Arazide kurulan sismometre ve ek ekipmanları (Dahili gps anteni, kayıt için pc ve güç için akü)

Ölçümler mümkün oldukça doğal zemin üzerinde alınmıştır. Çakıllı-otlu zeminlerden, ağaç ve ağaç köklerinden, direklerden uzak noktalarda ölçüm yapılmıştır. Yağmur, aşırı sıcaklar, aşırı rüzgârlı havalarda sahaya çıkılmamıştır. Kültürel gürültülerden kaçınmak için genellikle akşam ve gece saatlerinde ölçüm alınmıştır. Gürültünün fazla olduğu gündüz saatlerinde kayıt süreleri daha uzun tutulmuştur.

3.4.1. Referans İstasyonuna Göre Spektral Oranlar Yöntemi

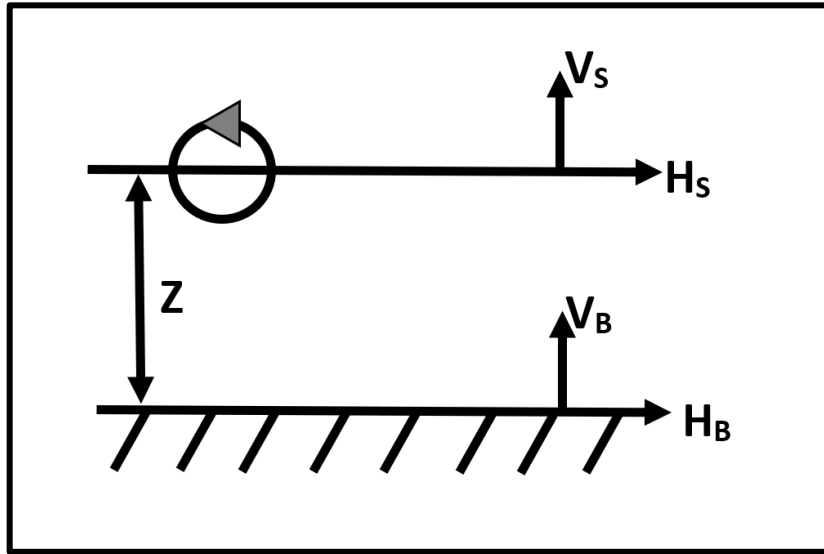
Yöntemi ilk defa Borcherdt (1970) kullanmış, deprem ivme kayıtları üzerinde çalışmıştır. Bu yöntemin temeli, ana kayanın büyütme değerinin bir olduğu kabulü üzerine kurgulanmıştır. Çünkü anakaya deprem dalgalarını büyütmez. Bundan dolayı referans noktasındaki mikrotremor kayıtları ile örtü tabaka üzerindeki kayıtların genlik spektrumları oranlanarak zemin transfer fonksiyonu elde edilir. Dikmen (2006), yöntemin referans noktası bulunmasının kolay olmadığına ve farklı ölçümler için ortak veri penceresi seçilmesindeki zorluğa değinmiş, bunu ise birden fazla veri penceresi alınması ile aşılabileceği konusunda tavsiyede bulunmuştur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Referans noktası yöntemi ölçüm alım modeli (Dikmen, 2006)

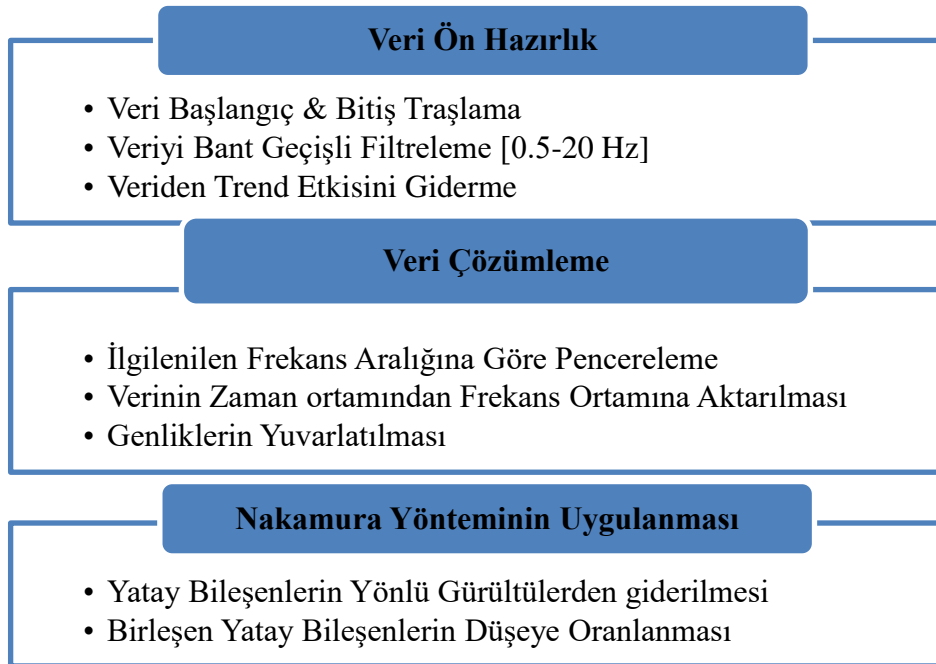
3.4.2. Yatay/Düşey Spektral Oran Yöntemi (Nakamura Yöntemi, H/V)

Nakamura (1989) deprem kayıtları ile kültürel gürültü kayıtlarını kıyaslayarak bu yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntemdeki temel kabulü, zeminin tek tabakadan oluştuğu ve düşey bileşenin yatay bileşenlerden küçük olduğudur. Mikrotremorun yüzeyden ve yüzeye yakın tabakadan gelen kültürel gürültülerden kaynaklanan rayleigh dalgası olduğu varsayımı ile düşeyden gelen etkileri ihmal eder. Mikrotremoru oluşturan Rayleigh dalgaları örtü tabakasının karakteristik özelliklerini taşır. Yöntem için oluşturulan basit modelde tek tabakalı yarı sonsuz ortam üzerinde Rayleigh dalgaları ile yöntem kurgulanmıştır. Şekil.3.8’de görüldüğü üzere, modelde HS ve VS yüzeydeki yatay ve düşey bileşeni, HB ve VB yüzey tabakasının yatay ve düşey bileşenlerini ifade eder.



Şekil 3.8. Nakamura (1989) tarafından mikrotremor ölçümlerini açıklamak için önerilen basit model. Z: zemin tabakasının kalınlığı

Verilerin H/V Yöntemi ile değerlendirilmesinde uygulanan işlemlerin akış şeması Şekil 3.9'da verilmiştir. Yöntemde mikrotremorların düşey bileşenleri zemin tabakasından etkilenmezken, yatay bileşenler zeminin yapısı ve yoğunluğundan dolayı büyütülür. Yatay bileşen spektrumları düşey bileşen spektrumları ile oranlanarak işlem tamamlanır.



Şekil 3.9. Nakamura (H/V) yöntemi uygulama akış şeması

Dikmen (2005), Nakamura yöntemindeki V_S yüzey ve V_B tek tabaka tabanı hareketlerindeki düşey bileşenleri frekansın bir fonksiyonu olarak tanımlar.

$$A_S(\omega) = \frac{V_S(\omega)}{V_B(\omega)} \quad (3.1)$$

Formül (3.1)'de; V_S ve V_B yüzey tabakasının tabanındaki hareketlerin düşey bileşenleridir.

Zemin transfer fonksiyonu, H_S ve H_B bileşenlerin spektral oranı olarak tanımlanır Formül (3.2) bağıntısındaki gibi tanımlanır.

$$S_E(\omega) = \frac{H_S(\omega)}{H_B(\omega)} \quad (3.2)$$

$$S_M(\omega) = \frac{S_E(\omega)}{A_S(\omega)} = \frac{\frac{H_S(\omega)}{H_B(\omega)}}{\frac{V_S(\omega)}{V_B(\omega)}} = \frac{H_S(\omega)}{H_B(\omega)} \cdot \frac{V_B(\omega)}{V_S(\omega)} = \frac{H_S(\omega)}{V_S(\omega)} \cdot \frac{V_B(\omega)}{H_B(\omega)} = R_S(\omega) \cdot R_B(\omega) \quad (3.3)$$

Formül (3.3)'e göre, $S_E(\omega)$;transfer fonksiyonu, $A_S(\omega)$;düşey bileşenlerin kaynak etkisine oranlayarak kaynak etkisini gidermeye çalışır.

Nakamura yöntemindeki temel kabulünde belirttiği üzere ilgilenilen frekans aralığı (mühendislik yapıları için) temel kayada alınan yatay/düşey spektral oran $R_B(\omega)$, (3.4) bağıntısında tanımlandığı gibi yaklaşık 1'e eşittir (Şekil 3.10).

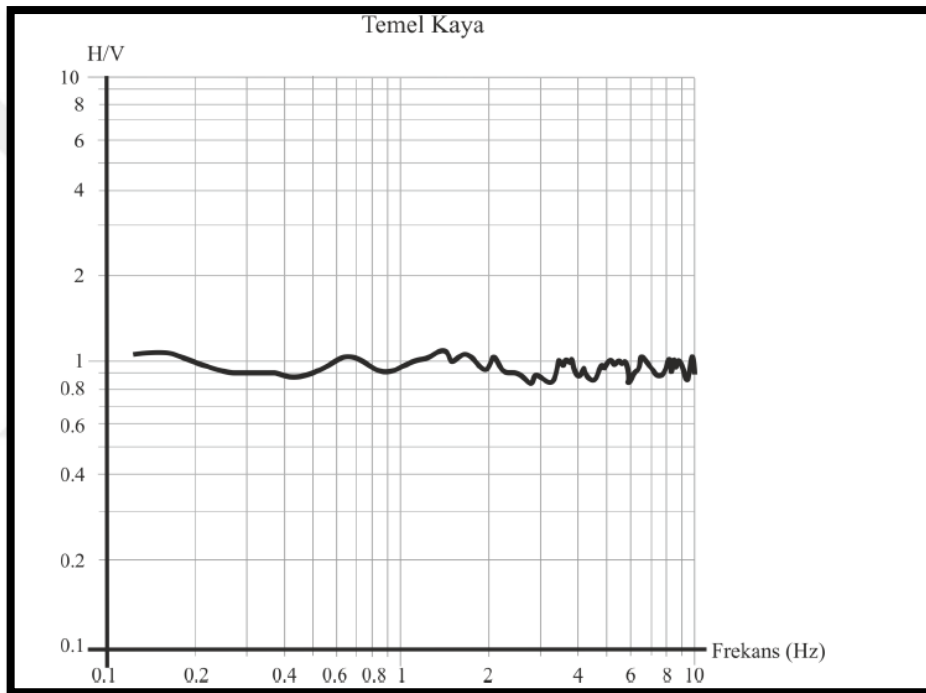
$$R_B(\omega) = \frac{V_B(\omega)}{H_B(\omega)} = 1 \quad (3.4)$$

Formül (3.2) eşitliği Formül (3.4) bağıntısına yerleştirildiğinde yerin etkisi, hareketin yüzeydeki yatay ve düşey bileşenleri cinsinden tanımlanmış olur. Kuzey-Güney ($NS(\omega)$) ve Doğu-Batı ($EW(\omega)$) olmak üzere kaydedilen iki yatay bileşeni tek bileşene indirmek için ise Formül (3.5) bağıntısında verildiği gibi karekök

ortalamları alınır ve düşey bileşene ($V_S(\omega)$) oranlanarak Formül (3.6) bağıntısında tanımlanan yatay/düşey spektral oran elde edilir.

$$H_S(\omega) = \sqrt{NS(\omega)^2 + EW(\omega)^2} \quad (3.5)$$

$$S_M(\omega) = \frac{H_S(\omega)}{V_S(\omega)} \quad (3.6)$$



Şekil 3.10. Temel kaya üzerinde alınan mikrotremor verisinin Yatay/Düşey spektral oranları (Nakamura, 1989)

3.4.3. Sıfır Kesme Yöntemi (Kanai Yöntemi)

Yöntem ilk kez Kanai ve Tanaka (1961) tarafından önerilmiştir. Kaydedilen mikrotremor kayıtlarında ikişer dakikalık pencereler seçilir. Verinin grafikte sıfırı kestiği iki nokta arasındaki mesafe periyodun yarısına tekabül eder. Elde edilen her bir periyot periyot/frekans grafiklerine işlenerek bir eğri elde edilir. Bu periyod dağılım eğrisinin pik yaptığı (doruk) nokta baskın periyod olarak adlandırılır (Şekil 3.11).

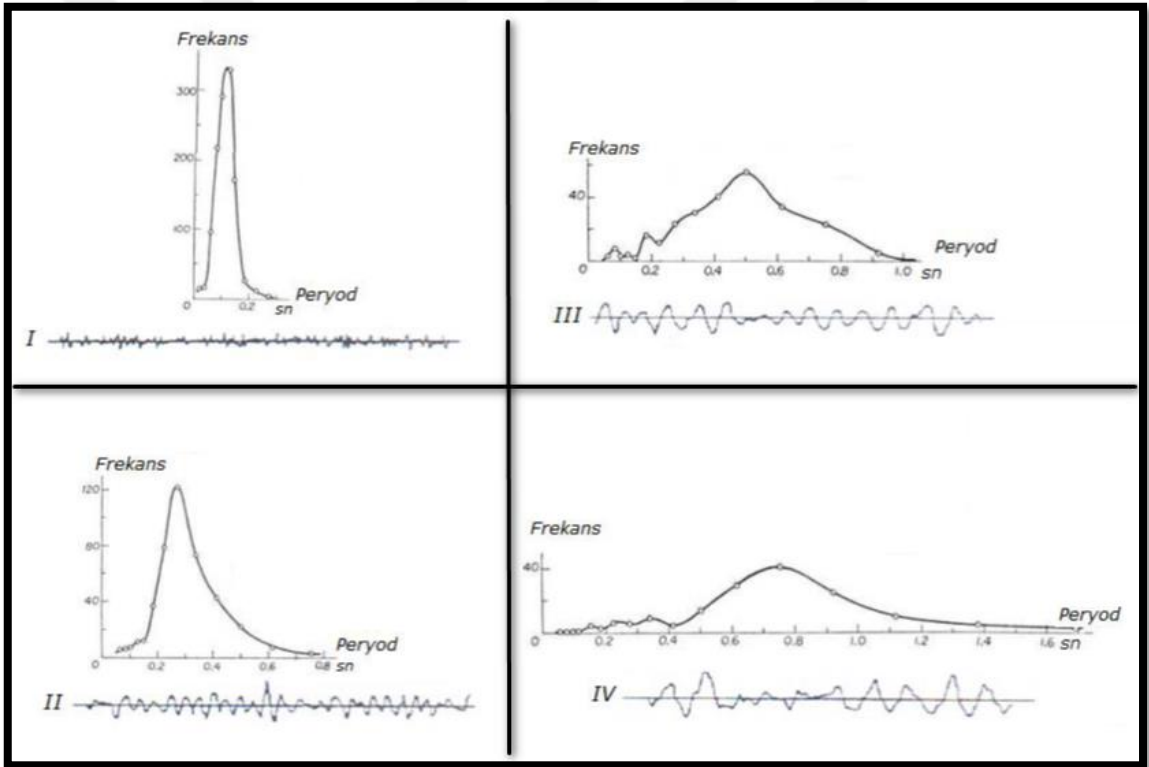
Elde edilen periyod dağılım eğrileri Kanai ve Tanaka (1961) tarafından aşağıdaki şekilde sınıflandırılarak yorumlamıştır;

I. Periyod Dağılımı:

- Zemin basit ve tek tabakalı
- temel kaya, örtü tabaka yok ya da çok az
- baskın periyod 0,1-0,6 s arasında

II. Periyod Dağılımı:

- Zemin biraz daha karmaşık;
- Yeni oluşan alüvyonal örtü tabakası
- Baskın periyod 0,2 s'den az, 1 s'den uzun



Şekil 3.11. Sıfır kesme yönteminin temelini oluşturan frekans-periyod dağılımları (Kanai ve Tanaka, 1961)

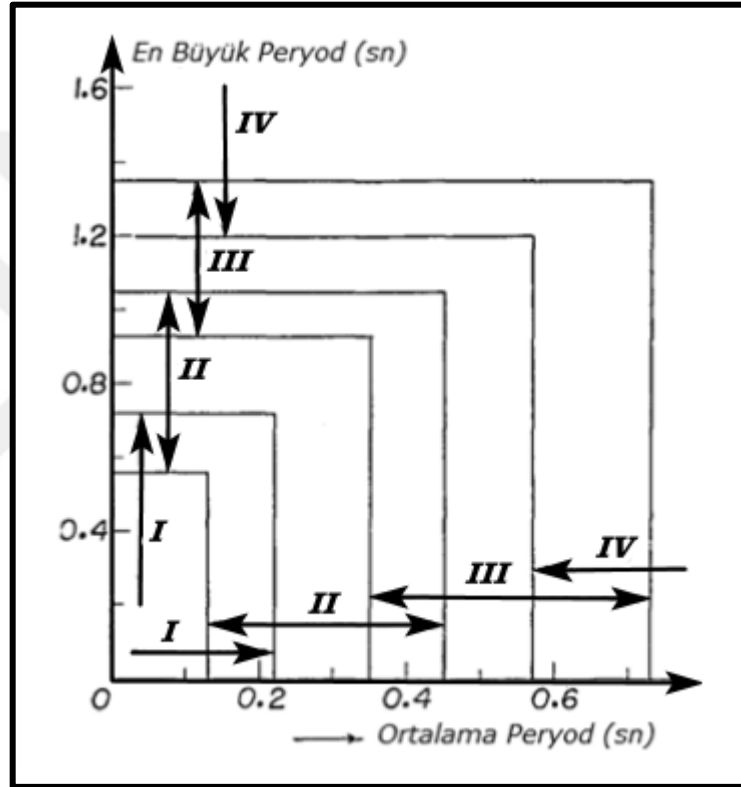
III. Periyod Dağılımı:

- Zemin birden fazla tabakalı
- Eski alüvyonal örtü tabakası (5 metreden fazla)
- Baskın periyod 0,4 -0,8 s arasında

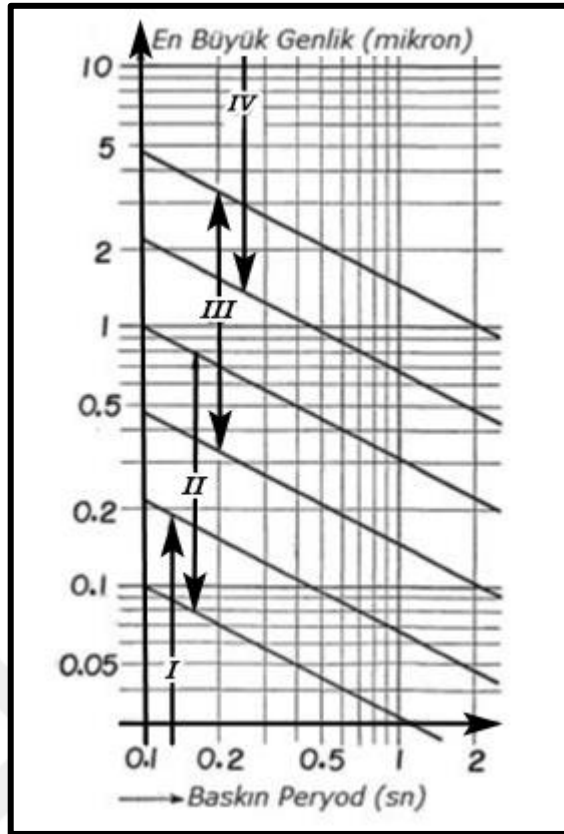
IV. Periyod Dağılımı:

- Zemin karmaşık yapıda
- Oldukça kalın (30 metre) sediman tabakası
- Baskın periyod 0,05 – 2 s arasında

Sıfır kesme yöntemi kullanılarak oluşturulan zemin sınıflamaları Şekil 3.12 ve 3.13 de görülmektedir. Çizelge 3.1'de Sıfır kesme yöntemi zemin sınıflaması verilmiştir.



Şekil 3.12. Sıfır Kesme yönteminde ortalama-en büyük periyod ilişkisine göre zemin sınıflaması (Kanai ve Tanaka, 1961)



Şekil 3.13. Sıfır Kesme Yönteminde En Büyük Genlik – Baskın Periyod İlişkisine Göre Zemin Sınıflaması (Kanai ve Tanaka, 1961)

Çizelge 3.1. Sıfır Kesme Yöntemi zemin sınıflaması (Kanai ve Tanaka, 1961)

Zemin Sınıf	Zemin Özellikleri
I	Kaya ya da konsolide olmuş sıkı birimler
II	Daha az ayrılmış, kumlu, çakıllı, sıkı kil yada milden oluşan yeni alüvyonal katman (5 metre yada daha kalın alüvyon)
III	Kalınlığı 5 m ve üzeri kalın alüvyon
IV	Yumuşak deltalar, kalınlığı 30 metre ve üzeri kalın çamur ve örtü tabakadan oluşan alüvyon

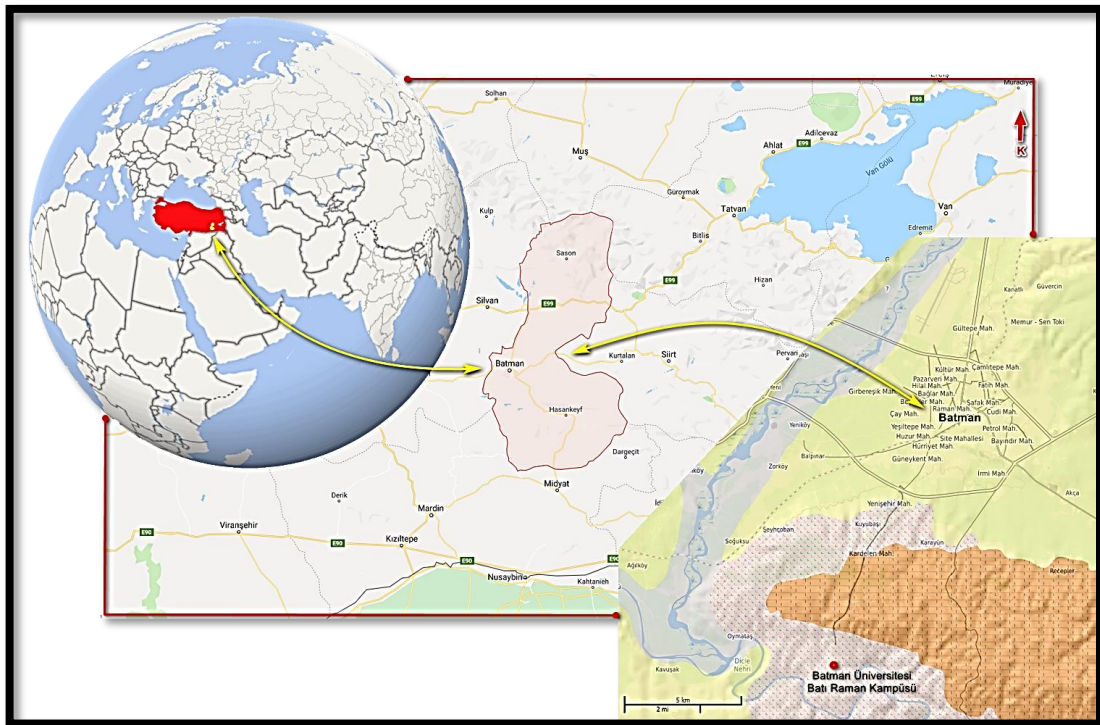
4.TARTIŞMA ve BULGULAR

Bu tez çalışması kapsamında Batman ili ve civarında mikrotremor yöntemi kullanılarak zeminin fiziksel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada tek noktada 3-bileşen hız ölçer sismometre ile mikrotremor kayıtları alınmıştır. Kayıtlar Nakamura yatay/düşey spektral oranlar yöntemine göre değerlendirilerek zemine ait frekans spektrumları elde edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında, zemin hâkim periyot ve zemin tipi ilişkilerini kullanılarak zemin sınıflama haritaları oluşturulacaktır. Bunun yanında baskın frekans değerlerinden Vs hızı ve sediman kalınlığı tespit edilmeye çalışılıp, 3 boyutlu yeraltı modeli oluşturulacaktır. En son aşamada mevcut jeolojik verilerle ilişki kurularak mikrotremor verileri ve ortaya çıkan haritalar yorumlanacak, tartışmaya sunulacaktır.

4.1. İnceleme Alanı Genel Tanıtımı

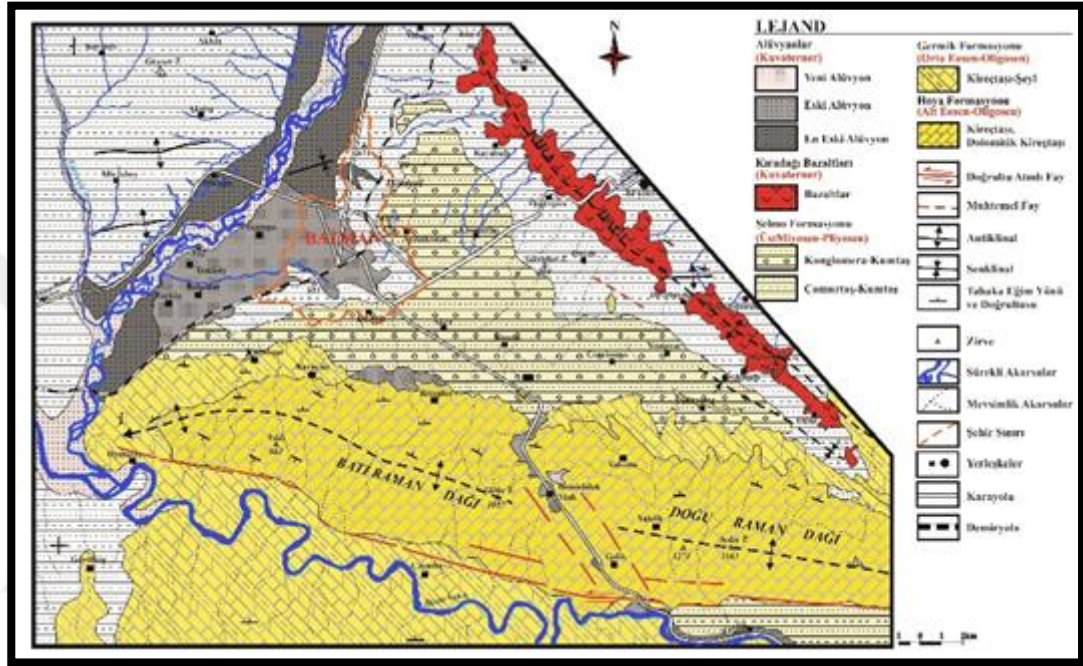
Bu çalışma kapsamında; inceleme alanı, Batman İli merkezindeki Gap, Bahçelievler, Pazaryeri, Kültür Mahalleleri ile Batman Üniversitesi Batı Raman kampüsünü kapsamaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

4.2. İnceleme Alanı Jeolojisi ve Stratigrafisi

Batman ilinin jeolojik özelliklerine bakıldığında Bitlis Zağros bindirme kuşağının kuzeyinde Avrasya levhasına ait dilimlenmiş metamorfik kayalar ve ofiyolitik kayalar yer alır (Eren ve ark., 2012). Batman ili jeolojik haritası Şekil 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.2. Batman ili jeoloji haritası (Sunkar ve Tonbul, 2013)

Çalışma alanı ve çevresinde Midyat Grubu Tektonik Birliği alt grupları olarak da Şelmo, Germav, Hoya-Gercüş Formasyonları ve Alüvyon yer almaktadır. Şekil 4.3' te inceleme alanındaki formasyon stratigrafik konumları görülmektedir.

ise gri, mavimsi gri, boz ve kahve renkli, orta sertlikte, tabakalanması belirgin ve dayanımlı bir yapıya sahiptir. (Dinç ve Keskin, 2017)

Bolgi ve Sezgin (1960) çalışmalarında tip kesitinde Germav Formasyon kalınlığını 676 metre olarak ölçmüştür. Germav Formasyonu, Güneydoğu Anadolu bölgesinde geniş bir mostraya sahiptir ve güneyde ülke sınırlarını aşmaktadır (Güven ve ark., 1991). Batman ilinde bulunan Germav Formasyonu Gercüş formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir.

4.2.2. Gercüş Formasyonu (Pgg)

İlk kez Maxon (1936) tarafından adlandırılan formasyonun genelde kırmızımsı renkli çamur taşı, kum taşı ve kil taşından oluşur. Bolgi (1961) tarafından oluşturulan tip kesitinde kalınlığı 271 m olarak ölçülmüştür.

Formasyon, Batman-Siirt hattının güneyinde, Mardin İlinde Becirman veya Germav Formasyonu “üst üyesi” üzerine geçişli olarak gelir (Güven ve ark., 1991a).

Formasyondaki çakıl taşları; kırmızımsı, boz, beyaz renkli, sert, köşeli, breş görünümlü, kötü boylanmalı, karbonat çimentolu-kil matriksli, sıkı tutturulmuş, kanal dolgusu ve yer yer merceksel geometrilidir. Kumtaşları ise sarı, kırmızı, kahvemsî renkli, iri taneli, polijenik (birden fazla kayaç türü içen) elemanlı (çört, kireçtaşı), çapraz tabakalıdır. Siltaşları, kırmızımsı, sarımsı, gri renkli ve dağılğan yapılıdır (Dinç ve Keskin, 2017).

4.2.3. Hoya Formasyonu (Midyat Kireçtaşı)

Midyat grubu formasyonu olan Hoya'nın en yaygın kayacı kireçtaşıdır. Perinçek (1978), Güneydoğu Anadolu otokton ve allokton kaya birimleri, jeoloji haritasında “Midyat Grubu” içinde “Hoya Formasyonu” olarak isim bazında ilk kez kullanmıştır. Formasyonun kalınlığı 50 ile 600 m arasında değişkenlik gösterir (Karakuş, 2010). Midyat kireçtaşı başlıca gri, açık gri, krem, bej, kirli sarı ve beyaz renkli kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve killi kireç taşlarından oluşmuştur. İnce, orta, kalın tabakalanma sunar. Bölgede, kalınlığı yer yer 1000 m' yi aşar (Eren ve ark.,2012).

4.2.4. Germik Formasyonu (Pgge)

İlk kez Bolgi (1961) tarafından adlandırılan Germik formasyonu beyaz, kızıl kahve, yeşil, bej, gri renkli jips, anhidrit, şeyl, dolomit ve kumlu-siltli dolomitlerden oluşur. Midyat kireçtaşları üzerinde uyumlu olarak yer alır. En fazla 465 m kalınlık gösterir (Eren ve Ark.,2012).

Germik formasyonu beyaz, bej, gri, kahvemsî, kirli sarı renkli yumuşakça, dağılgan fiziksel koşullara dayanıksız, yer yer dolomitli kireçtaşı, killi kireçtaşı ve jips araldanmasından oluşmaktadır. Tabana dolomit seviyeleriyle başlayan birim üstte doğru jips araldanmalı devam etmektedir (Dinç ve Keskin, 2017).

4.2.5. Şelmo Formasyonu (Ngş)

Bolgi (1961) tarafından adlandırılan formasyonun geneli karasal nitelikteki kırıntılı kayalardan oluşup, hâkim litolojisi ayrışmış kiltasıdır. Formasyon, grimsî yeşil, pembe, yer yer kahvemsî mor renkli kumtaşı, şeyl, kumlu silttaşı, alt kesimlerde ara tabakalı beyaz renkli jips seviyelerinde, karbonat çimentolu, yumuşakça, kötü boylanmalı, kaba dokulu, poroz, alt seviyelerinde ince tabakalı, dağınık kireçtaşı çakıllı, üst seviyelerinde kalın ve çapraz tabakalı sertçe kumtaşı halindedir (Bolgi, 1961). Birimin tip kesiti Batman Sason ilçesine bağı Şelmo köyü civarında olup 455 metre olarak ölçülmüştür.

MTA Jeolojij haritalarında da görüleceğı üzere Batman kent merkezinin büyük bir kısmını şelmo formasyonu oluşturmaktadır. Formasyonunda, ayrışmış kiltası içerisinde, silttaşı, kumtaşı seviyeleri mercekler şeklinde bulunur. Formasyon Orta-Geç Miyosen yaşlı kabul edilmektedir. Plaj kumları, geçiş, gel/git düzlüğü ve playa ortamları gibi genelde karasal ortam fasiyeslerini yansıtır (Yılmaz ve Duran, 1997).

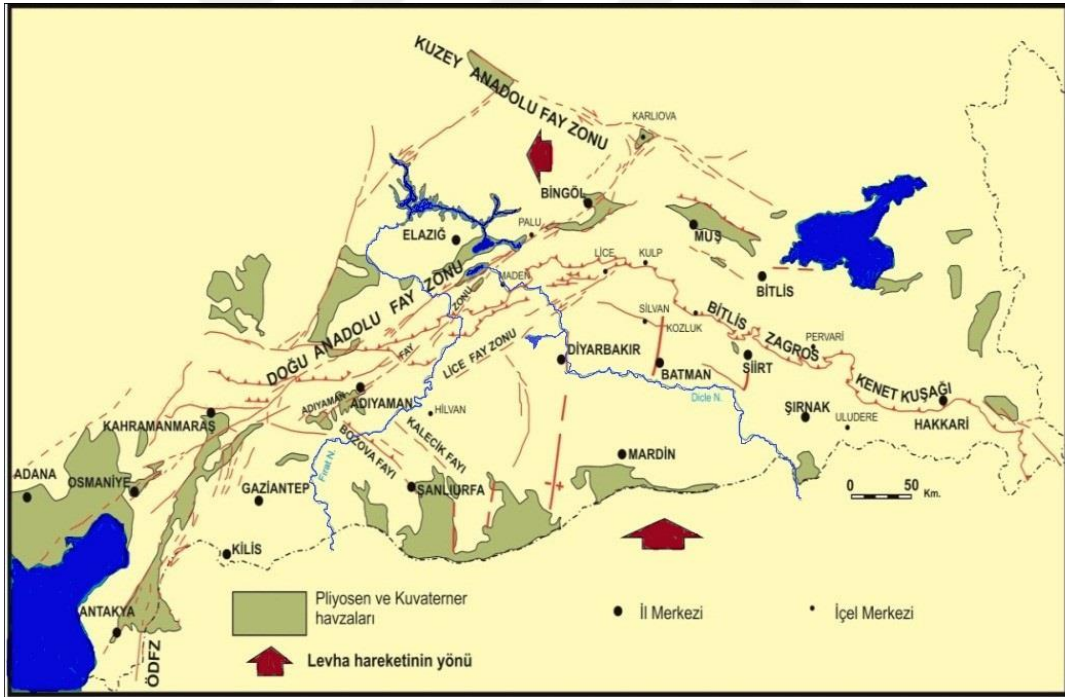
Germik ve Midyat kireç taşları üzerinde uyumsuzluk gösteren formasyon bölgede 1400 m. kalınlığa kadar erişebilmektedir (Eren ve ark., 2012).

4.2.6. Alüvyonlar (Qal)

Akarsu yatakları, çöküntü alanları ve ovalarda biriken çok az tutturulmuş çakıl, kum, kil, silt ve çamurlardan oluşmaktadır.

4.3. Tektonizma

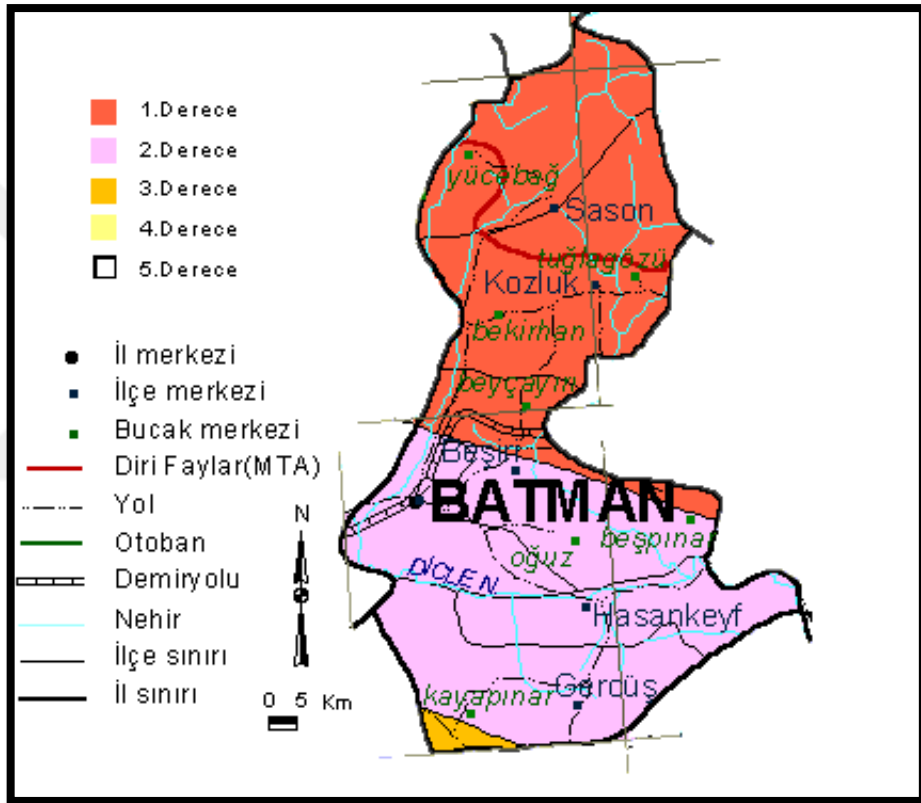
Afrika Plakası tektonik hareketlilikten dolayı sürekli kuzeye doğru ilerlemiştir (Şekil 4.4). Günümüzden 10 milyon yıl önce Arabistan levhası Avrasya levhası ile Bitlis-Zagros Kenet Kuşağında ve Güneydoğu Anadolu bindirmesi boyunca çarpışmıştır (Şengör,1980). Bu dönemden 2-5 milyon yıl öncesinde ise sıkışmalardan dolayı BZKK'na paralel kıvrımlanmalar oluşmuş, sıkıştırmaları kaldıramadığı noktalarda ise yanal atımlı faylar (KAF ve DAF) oluşmuştur. (Perinçek ve Eren, 1990; Herece ve Akay, 1992; İmamoğlu, 1993, 1996).



Şekil 4.4. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan önemli tektonik yapılar (Perinçek, (1987)'den değiştirilmiştir)

4.4. Batman İli Depremselliği

Batman şehri, fazla hareketli olan fay hatlarına yakın olması sebebiyle şehri deprem açısından riskli konuma sokmaktadır. Batman şehri 2. dereceden deprem bölgesinde yer almakta olmakla birlikte 1. deprem kuşağında kalan bölgelere çok yakın bir konumdadır. Ayrıca deprem haritasına göre; Batman ilinin kuzeyinde yer alan Kozluk ve Sason ilçeleri 1. Derece deprem kuşağında, diğerleri ise 2. Derece deprem kuşağında yer almaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Batman İli Deprem Haritası (AFAD)

Çizelge 4.1'e göre Batman şehir merkezine 100 km mesafedeki yarıçaplı bir daire içerisinde önemli sayılabilecek ve magnitüd değeri 4'den büyük depremlerin sık yaşanması bu alanın deprem açısından hareketli ve önemli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.1. Batman il merkezine 100 km uzaklıkta oluşan 1960-2019 yılları arasında meydana gelen ve magnitüd değeri 4-9 Arasında Olan Depremler (<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/mudim/katalog.asp>)

No	Tarihi	Zamanı	Enlem	Boylam	Derinlik	Mw	Yer
1	19.09.1964	16:57:01	37.5000	40.0000	300 km	4.7	Duztas-Derik (Mardin)
2	28.06.1965	23:27:03	38.0000	41.3000	330 km	5.4	Eskihamur-Besiri (Batman)
3	19.08.1966	21:38:56	38.4000	41.2000	1720 km	4.7	Tuzlakoy-Kulp (Diyarbakır)
4	06.09.1975	12:10:43	38.3300	40.5600	2 km	4.9	Ziyaret-Lıce (Diyarbakır)
5	05.03.1990	02:59:42	38.2000	40.5600	26 km	4.2	Gunalan-Kocakoy (Diyarbakır)
6	17.09.1994	02:24:41	37.8800	41.4800	33 km	4.9	Yakıttepe-Kurtalan (Siirt)
7	29.05.1997	23:46:11	38.2300	41.4800	0 km	3.5	Tosunpınar-Kozluk (Batman)
8	01.03.1999	17:56:33	38.1800	41.0900	0 km	3.9	Cıgdemli-Silvan (Diyarbakır)
9	01.03.1999	14:53:52	38.1700	41.1300	6 km	4.3	Demirkuyu-Silvan (Diyarbakır)
10	25.04.1999	12:49:00	37.9700	41.0600	27 km	3.5	Akbas-Bısmıl (Diyarbakır)
11	25.04.1999	10:28:32	38.0600	41.1000	12 km	3.5	Bellıbahce-Silvan (Diyarbakır)
12	07.06.1999	19:05:12	37.7500	41.1600	13 km	3.7	Çayüstü- (Batman)
13	07.08.2000	06:36:24	37.5500	40.9500	8 km	4.0	Dereiçi-Savur (Mardin)
14	19.03.2001	23:25:15	37.9800	41.2700	4 km	3.6	Bilek-Beşiri (Batman)
15	03.04.2002	23:59:49	37.4600	40.4600	10 km	3.5	Mazıdağı (Mardin)
16	02.05.2003	01:55:32	38.1700	41.1200	7 km	3.6	Kazandağı-Silvan (Diyarbakır)
17	17.12.2003	10:55:39	36.6600	40.7500	1 km	3.7	Suriye
18	27.03.2004	17:48:46	38.1600	41.4900	10 km	3.6	Kumlupınar-Kozluk (Batman)
19	17.04.2004	16:23:04	38.1600	41.2500	5 km	3.5	Yeniçağlar-Kozluk (Batman)
20	05.10.2004	00:17:40	36.8800	41.2300	9 km	3.8	Suriye
21	17.01.2006	08:30:16	38.3287	41.5763	102 km	3.6	Akçalı-Kozluk (Batman)
22	20.06.2006	21:09:30	37.4497	42.0535	84 km	3.6	Damlarca-Güçlükonak (Şırnak)
23	24.08.2007	04:12:26	36.8100	40.8397	50 km	3.8	Suriye
24	03.05.2009	02:36:58	36.6465	40.8802	50 km	3.6	Suriye
25	21.06.2009	23:19:00	36.8040	41.4205	50 km	3.6	Suriye
26	18.05.2010	13:28:22	36.7737	40.5698	52 km	3.5	Suriye
27	06.06.2010	19:09:04	38.2283	40.4730	50 km	3.5	Karpuztepe-Sur (Diyarbakır)
28	27.06.2010	13:27:37	38.3143	41.0165	53 km	3.8	Barın-Kulp (Diyarbakır)
29	23.03.2012	06:42:07	36.7328	41.0923	20 km	3.5	Suriye
30	04.09.2014	17:16:05	37.6723	41.5505	43 km	3.8	Büyükdere-Hasankeyf (Batman)
31	24.03.2018	15:04:05	38.3355	40.9668	50 km	4.1	Dağcılar-Silvan (Diyarbakır)
32	12.08.2019	13:34:26	38.3322	40.8828	50 km	4.1	Dolapdere-Silvan (Diyarbakır)

4.5. İnceleme Alanında Yapılan Çalışmalar

Bu tez çalışması kapsamında, Batman ili kent merkezi ve yakın çevresinde zemin parametrelerini belirlemek amacıyla, oluşturulan yerleşkelerin dağılımları ve ölçüm almaya uygunluğu dikkate alınarak toplam 40 noktada CMG-6TD cihazı ile tek istasyon yöntemine uygun mikrotremor kayıtları alınmıştır. Bu kayıtlar veri işlem aşamalarından geçirilip Nakamura H/V oran yöntemi uygulanarak zemin hâkim frekans (hâkim periyod) ve büyütme değerleri bulunmuştur.

4.5.1. İnceleme Alanındaki Mikrotremor Ölçümlerinin Alınması ve Verilerini Nakamura Yöntemi ile Değerlendirilmesi

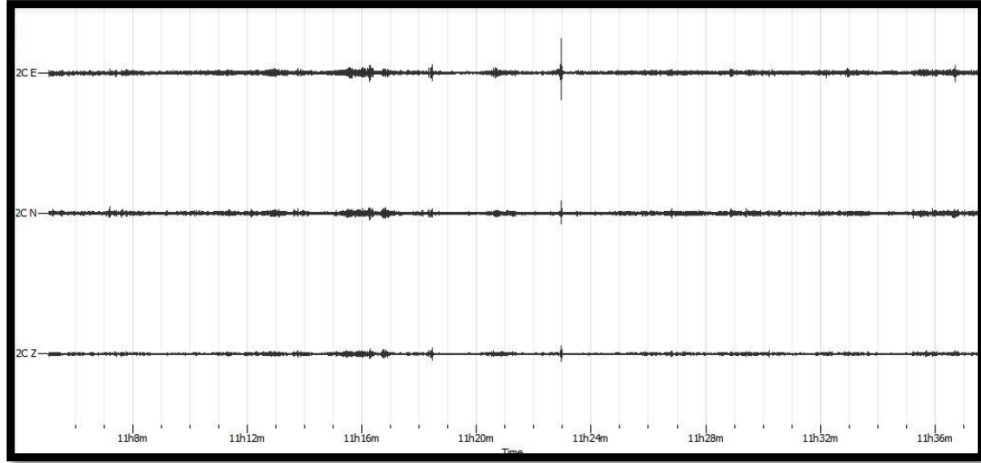
Ölçüm aldığımız noktalara ait zemin hâkim periyodu ve büyütme değerlerini belirleyebilmek için, mikrotremor ölçümlerinden elde edilen ham veriye Nakamura (1989)'nın Yatay/Düşey Spektral Oran yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem dinamik zemin parametrelerinin tespitinde hızlı ve ekonomik olduğu için tercih sebebidir. Avantajı ise sarsıntıların az olduğu ya da temel kayanın bulunmadığı bölgelerde kolayca uygulanabilmesi ve referans noktasına ihtiyaç duyulmamasıdır.

Nakamura H/V yöntemini geliştirirken Japonya'daki deprem kayıtlarından faydalanmış, mikrotremorların yüzey kaynaklı olduğu, gürültünün düşey bileşenlerinin zemin tabakasından kaynaklanmadığını fakat yatay bileşeninin zemin tabakasının hız ve yoğunluğu ile orantılı olarak büyüttüğünü fark etmiştir. Buradan yola çıkarak kayıtlardaki, yatay bileşen ve düşey bileşen spektrumlarına oranlayarak zemin transfer fonksiyonunu elde etmiştir.

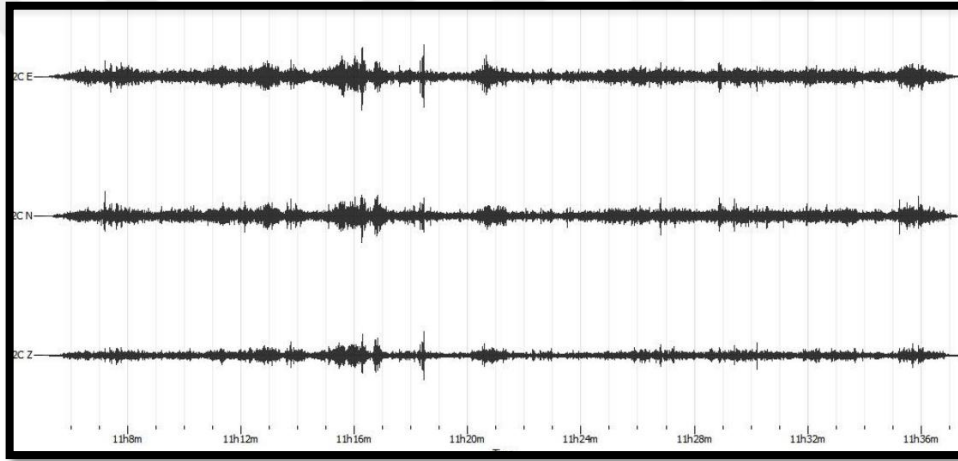
Araziden alınan ham veriler, Geopsy paket programında aşamalar halinde işletilerek istenilen forma dönüştürülür ve son olarak Nakamura Yönteminin uygulanmasıyla değerlendirmeye uygun hale getirilir.

Ham verinin Nakamura yöntemi ile değerlendirilmesinin takip edilen işlemler şöyle sıralanabilir;

1.Aşama Trend Etkisinin Giderilmesi: Veri başlangıç ve sonunda oluşan ani değişimlerin (atlamaların) giderilmesi için uygulanır. Bu işlemde veri yatay eksene çekilir ve trend etkisi olarak adlandırılan sorun giderilir (Şekil 4.6a ve Şekil 4.6b).



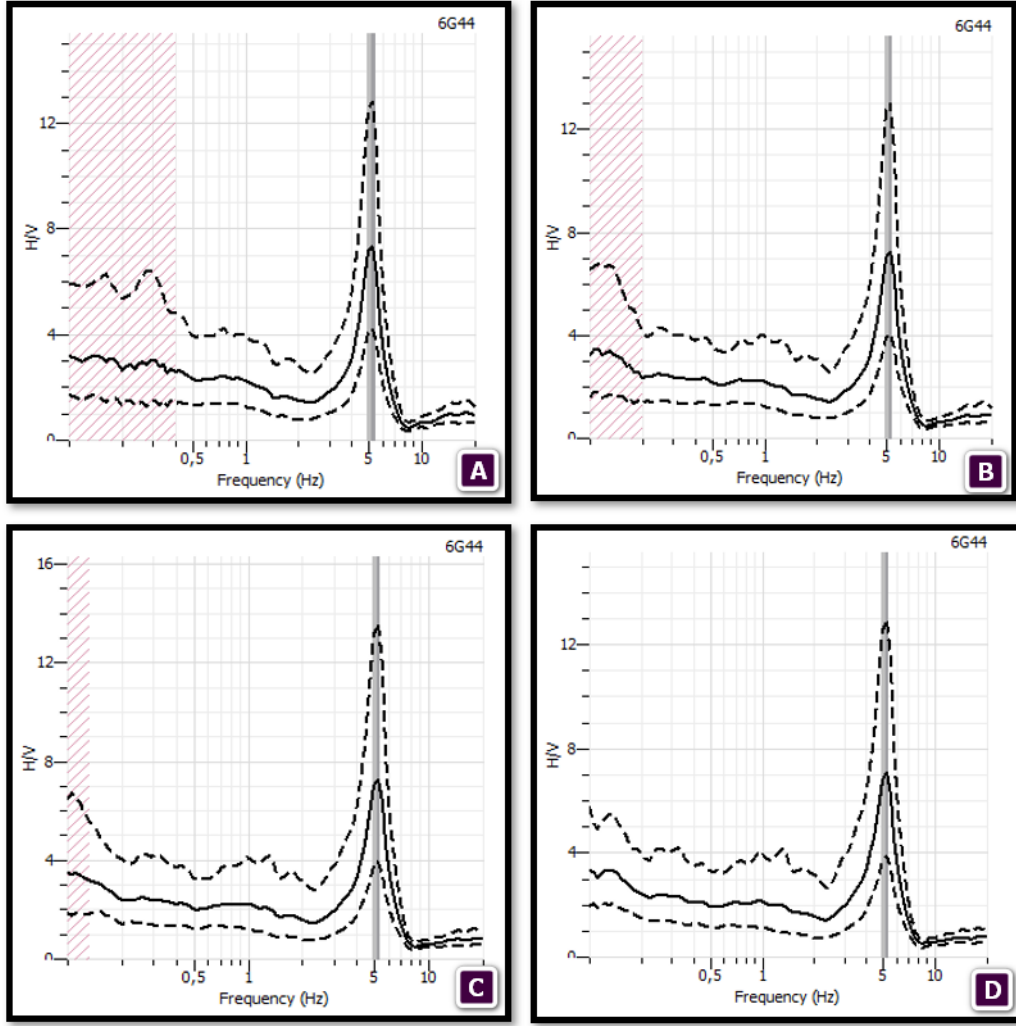
Şekil 4.6. (a) Ham veri



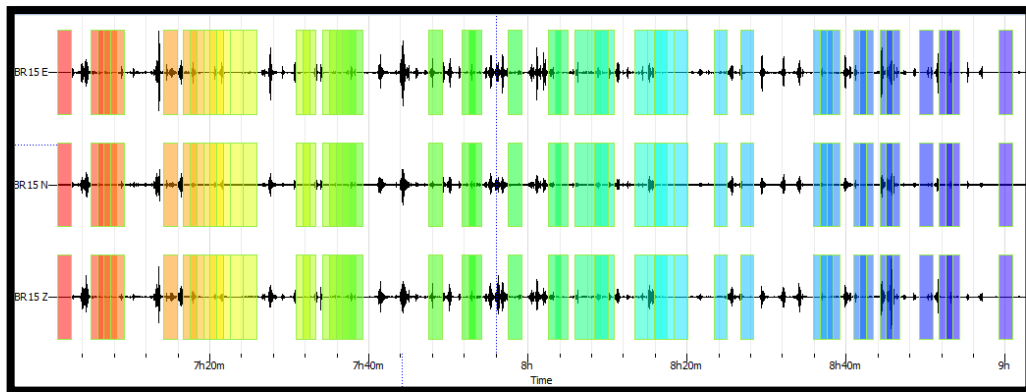
Şekil 4.6. (b) Trend etkisi giderilmiş, süzgeç uygulanmış ve kenarlarından % 10 tıraşlanmış üç bileşen mikrotremor kaydı

2.Aşama Süzgeçleme: Mikrotremorların periyotları 0.05- 2 s arasında değişmesi baz alınarak 0.5- 20 Hz arasında bant geçişli süzgeç kullanılarak verideki düşük ve yüksek frekanslı gürültüler ayıklanmış olur. Sadece mikrotremoru oluşturan frekans içeriği kalır.

3.Aşama Pencereleme: İlgilenilen frekans aralığı göz önünde bulundurularak aşırı gürültü içermeyen veriler seçilerek değerlendirilmesi için uygun pencere boyunun seçilmesi. Karabulut (2005), yapmış olduğu çalışmalarda pencere boyunun ilgilenilen frekans araladığının 10 katı seçilebileceğini belirtmiştir (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8).

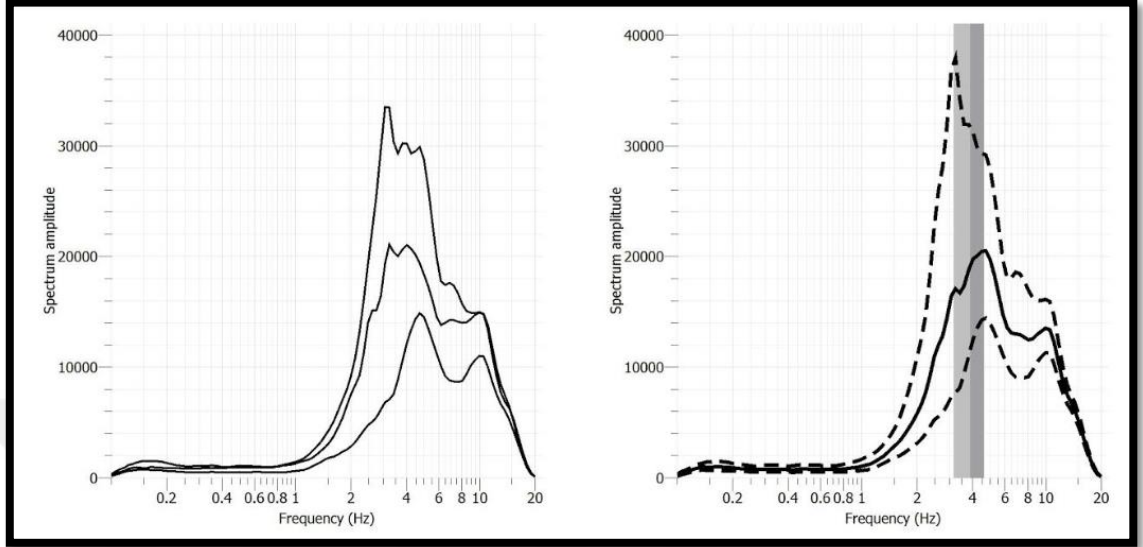


Şekil 4.7. Batı Raman 15 noktasında (A) 25, (B) 50, (C) 75 ve (D) 100 saniyelik pencere boyları için çizdirilen H/V spektral oranlar (Kesik çizgiler standart sapma, bütün çizgi ise ortalama değer)



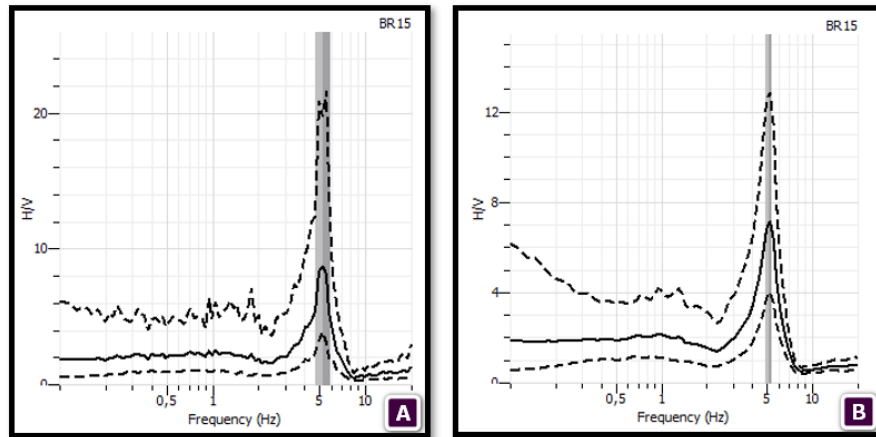
Şekil 4.8. Batı Raman 15 noktası için Çözümlemede kullanılmak üzere üç bileşen mikrotremor verisinden seçilen 100 saniyelik pencereler

4.Aşama Hızlı Fourier Dönüşümü: Zaman ortamındaki verinin frekans ortamına geçirilmesi ve üç bileşenli verinin genlik spektrumlarının çıkarılması işlemidir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Mikrotremor kaydına ait üç bileşen genlik spektrumu (Kesik çizgiler standart sapma, bütün çizgi ise ortalama değer)

5. Aşama Genlik Piklerinin Yuvarlatılması: Üç bileşene ait genlikler Konno & Ohmachi penceresi ile yuvarlatılmış, daha düzgün bir spektrum elde edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Batı Raman 15 noktasına ait (A) yuvarlatma uygulanmamış (B) Konno & Ohmachi penceresi ile yuvarlatılmış mikrotremor kaydının H/V spektral oran grafikleri (Kesik çizgiler standart sapma, bütün çizgi ise ortalama değer)

6. Aşama Tek Yatay Bileşenin Hesaplanması: Ölçüm yapılan nokta için yatay bileşenin yönlü gürültülerden oluşabilecek etkiye azaltmak ve yönden bağımsız hale

getirmek amacıyla yatay bileşenlerin spektrum değerlerinin karekök ortalaması alınarak tek bir yatay bileşen elde edilmiştir.

7. Aşama Yatay/Düşey Oran Spektrumunun Yorumlanması: Elde edilen tek yatay bileşen, düşey bileşen ile oranlanarak H/V spektrum grafiği elde edilir. Tüm bu işlemler her bir pencere için ayrı ayrı uygulanarak hesaplanmıştır. Elde edilen grafikte en büyük genliğe sahip olan pik değeri büyütme değerini ve baskın frekans aralığını verir.

4.5.2. Baskın Periyod ve Tabaka Kalınlığı Arasındaki İlişki

Deprem dalgasının frekans içeriği kaynaktaki kırılmaya bağlı olmasına karşın yayıldığı ortamın fiziksel özelliklerince şekillenir. Büyütme etkisinin ise frekansa bağlı olduğu bilinmektedir. En fazla büyütmenin hangi frekanslı dalgada gerçekleşeceği ise yumuşak zemin tabakasının kalınlığı ve sismik dalga hızınca belirlenir (Yalçınkaya, 2010). Yumuşak sediman tabakasının kalınlığı arttıkça baskın periyodu ve depremin büyütme etkisi artmaktadır. Bunun üzerine sediman kalınlığı ile baskın periyodun arasındaki ilişki formülize edilmeye çalışılmıştır.

Kanai (1983), temel kaya üzerindeki yumuşak sediman tabakasının baskın periyodunu için (5.1) deki bağıntıyı geliştirmiştir.

$$T = \sum 4H_i/V_{S_i} \quad (4.1)$$

Formül (4.1)'de; T ; baskın periyod, H ; sediman tabaka kalınlığı, V_S ; sediman tabakasındaki S dalgasıdır.

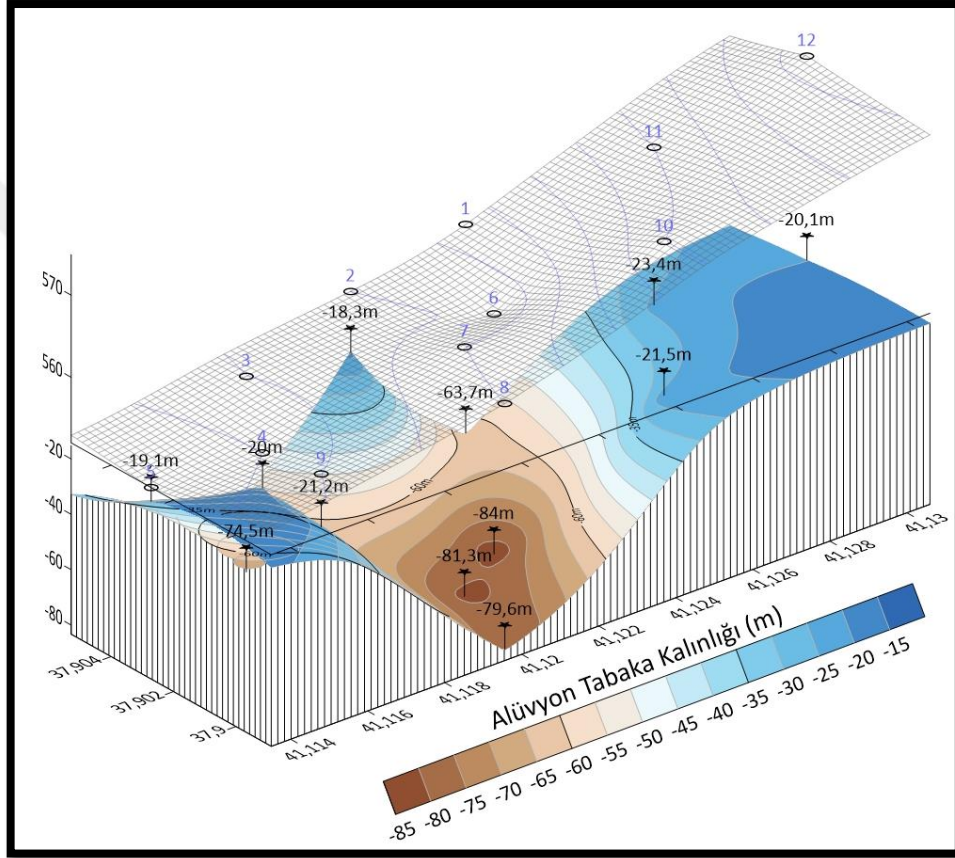
Burada baskın periyodun, tabaka kalınlığı ile doğru orantılı olarak değiştiği fakat hız ile ters orantılı olduğu görülebilir. Deprem dalgası yumuşak zemin tabakasında ne kadar yavaş hareket ederse baskın periyod bir o kadar büyük değer alacak ve büyütme değeri büyüyecektir.

Tek istasyon yöntemi ile alınan mikrotremor kayıtlarından sediman kalınlığını bulmak için çalışan Seht ve Wohlenberg (1999), sediman kalınlığını (H) frekansın (f) bir fonksiyonu olarak hesaplamıştır.

$$H = 96f^{-1.388} \quad (4.2)$$

Formül (4.2)'de görüldüğü üzere, yumuşak sediman tabaka kalınlığı (H) ve frekans (f) değeri arasında, frekansın almış olduğu negatif üs değerince ters orantı görülmektedir.

Mikrotremor kayıtlarından elde edilen frekans değerleri Seht ve Wohlenberg, (1999)' in geliştirdiği bağıntı (4.2) kullanılarak, ölçüm noktalarına denk gelen sediman kalınlıkları hesaplanmaya çalışılmış ve sahada ölçülen rakımlar ile üst üste çakıştırılarak 3 boyutlu modellemeler oluşturulmuştur (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Kültür Pazaryeri Mahalleleri kampus alanında yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 Baskın Frekans değerleri üzerinden, Ölçüm alanının eş yükseklik haritası ve Seht ve Wohlenbergin (1999) yumuşak sediman kalınlığı $H = 96f^{-1.388}$ bağıntısı ile hesaplanan (H) derinlik değeri.

Burada dikkat edilmesi gereken husus derinliğin frekansa bağlı olarak hesaplanmış olduğu, frekansın çok farklı sebeplerden dolayı (zeminin aşırı zayıf olması, kırıkların çok fazla olması, yeraltı su tablasının zemine çok yakın olması vb.) çok küçük değerler alması olasılığıdır. Derinlikler hiçbir şekilde kesinliği ifade etmeyip birden fazla yöntem ile değerler korele edilmelidir.

4.5.3. Baskın Periyod ve V_{s30} Hızını Modellenmesi

Burada mikrotremor kayıtlarından elde edilen baskın periyod ve frekans değerleri üzerinden daha önce yapılmış çalışmalarla hesaplanan ampirik ifadelerle sert anakaya üzerindeki yumuşak sediman kalınlığını ve V_s hızını modellemeye çalışacağız.

Daha önce Kanai (1983)'nin, temel kaya üzerindeki yumuşak sediman tabakasının baskın periyodunu için (4.3) deki bağıntıyı geliştirdiğine değinmiştik. Formül (4.3)'de; T ; baskın periyod, H ; sediman tabaka kalınlığı, V_s ; sediman tabakasındaki S dalgasıdır.

$$T = \sum 4H_i/V_{s_i} \quad (4.3)$$

Mikrotremor ölçümlerinden elde ettiğimiz baskın periyodu artan H sediman kalınlığının bir fonksiyonu olacak şekilde modelleyecek şekilde bağıntıyı düzenlersek,

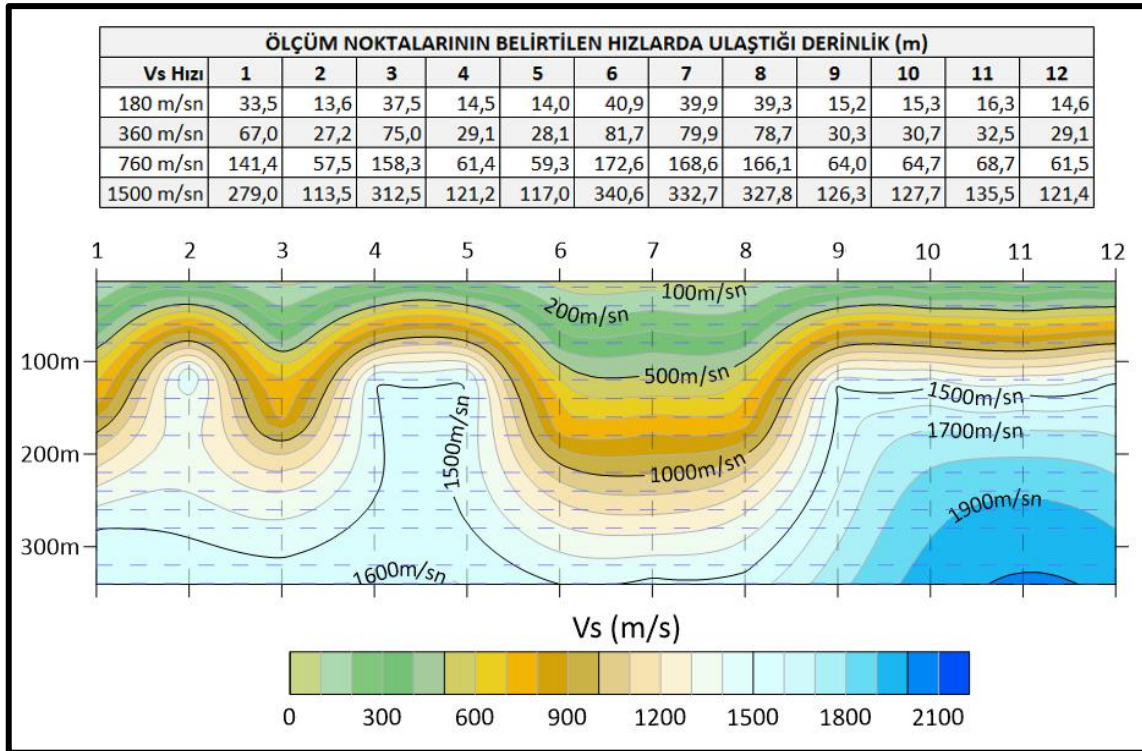
$$T = \frac{4H}{V_s} \Leftrightarrow \frac{1}{f_0} = \frac{4H}{V_s} \Leftrightarrow V_s = f_0 \cdot 4H \quad (4.4)$$

Formül (4.4)'de; f_0 değeri $T = 1/f_0$ bağıntısından bildiğimizi baskın frekans değeridir. Mikrotremor kayıtlarından elde ettiğimiz frekans değerlerini V_s hızının derinliğe göre değişim fonksiyonu olarak (4.4) de ki bağıntı ile hesaplayarak tablolar oluşturulmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Vs hızının tespit edilen hâkim frekans değerleri ile derinliğin bir fonksiyonu olarak oluşturulan derinlik/Vs hız değişim tablosu (Kültür ve Pazaryeri Mahalleleri örneği)

		ÖLÇÜM NOKTALARININ DERİNLİKLE DEĞİŞEN Vs HIZI (m/s)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SEDİMAN TABAKASININ SİĞDAN DERİNE DEĞİŞEN KALINLIĞI (m)	2,5	13,44	33,03	12	30,95	32,06	11,01	11,27	11,44	29,69	29,36	27,67	30,88
	5	26,88	66,06	24	61,9	64,12	22,02	22,54	22,88	59,38	58,72	55,34	61,76
	7,5	40,32	99,09	36	92,85	96,18	33,03	33,81	34,32	89,07	88,08	83,01	92,64
	10	53,76	132,1	48	123,8	128,2	44,04	45,08	45,76	118,8	117,4	110,7	123,5
	12,5	67,2	165,2	60	154,8	160,3	55,05	56,35	57,2	148,5	146,8	138,4	154,4
	15	80,64	198,2	72	185,7	192,4	66,06	67,62	68,64	178,1	176,2	166	185,3
	17,5	94,08	231,2	84	216,7	224,4	77,07	78,89	80,08	207,8	205,5	193,7	216,2
	20	107,5	264,2	96	247,6	256,5	88,08	90,16	91,52	237,5	234,9	221,4	247
	22,5	121	297,3	108	278,6	288,5	99,09	101,4	103	267,2	264,2	249	277,9
	25	134,4	330,3	120	309,5	320,6	110,1	112,7	114,4	296,9	293,6	276,7	308,8
	27,5	147,8	363,3	132	340,5	352,7	121,1	124	125,8	326,6	323	304,4	339,7
	30	161,3	396,4	144	371,4	384,7	132,1	135,2	137,3	356,3	352,3	332	370,6

Buradaki amaç ölçümün yapıldığı bölgenin bilinen litolojisine denk gelen, fakat hız modeli için bizi ana kaya kabul edebileceğimiz hız değerlerine karşılık gelen örtü kayaç kalınlığını tespit edebilmektir. Tabloda 360-760 m/s bandını yakalayan derinlikler kırmızı çizgi ile belirtilmiş, temel kayayı yakalayan derinliklerin (tablodaki mavi noktalı kutucuk) 12,5-15 m civarı olduğu kabul edilmiştir. Şekil 4.12'de Kültür Pazaryeri mahalleleri mikrotremor kayıtları kullanılarak Kanai (1983)'nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile (ölçümlerin eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı) ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Kültür Pazaryeri mahalleleri mikrotremor kayıtları kullanılarak Kanai (1983)'nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli.

4.5.4. Zemin Büyütmesi ve Sınıflandırılması

Tek istasyon (Nakamura) mikrotremor kayıtları H/V (Yatay/Düşey) Spektral Oran yöntemi kullanılarak zemin baskın frekansı ve periyodu bulunarak haritalanmıştır. Zemin sınıflamasında Kanai ve Tanaka (1961)'nin zemin sınıflaması kullanılmıştır (Çizelge 4.3). Periyod değeri 0,3 sn'ye kadar olan periyotlar Z1, 0,3-0,5 sn arası Z2, 0,5-0,7 arası Z3, 0,7 ve üzeri ise Z4 olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.3. Kanai zemin sınıflaması (Kanai ve Tanaka, 1961)

Zemin Sınıf	Zemin Özellikleri
Z1 (I)	Kaya ya da konsolide olmuş sıkı birimler
Z2 (II)	Daha az ayrılmış, kumlu, çakıllı, sıkı kil ya da milden oluşan yeni alüvyonal katman (5 metre ya da daha ince alüvyon)
Z3 (III)	Kalınlığı 5 metre ve üzeri kalın alüvyon
Z4 (IV)	Yumuşak deltalar, kalınlığı 30 metre ve üzeri kalın çamur ve örtü tabakadan oluşan alüvyon

Mühendislik jeofiziği ve jeolojisinde zeminin dinamik parametrelerinin belirlenmesinde ilk 30 metredeki sediman kalınlıkları ve bu tabakalara ait Vs hızları

(V_{S30}) önem taşır. Bu tabakların kalınlık ve hızlarından elde edilen V_{S30} hızı zemin sınıflamasında kullanılan önemli bir parametredir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6). Mikrotremor kayıtlarının frekans değerlerinden hesaplanan V_s hızları, göreceli olarak, tek istasyon yönteminde anakaya üzerinde tek bir tabakanın var olduğu kabulü üzerine V_{S30} ile aynıdır. Formül (4.5)'de ilk 30 metredeki V_s hızlarına ait ortalama V_{S30} hızının değeri hesaplanabilir. Burada h_i ; birbirinden farklı her bir tabaka için gereken kalınlığı, V_{S_i} ; farklı tabakalara ait V_s hız değerlerini temsil eder.

$$V_{S30} = 30 / \sum_{i=1}^n h_i / V_{S_i} \quad (4.5)$$

Çizelge 4.4. NEHRP V_{S30} Değeri Zemin Sınıflaması

Zemin Sınıfı	Zemin Tanımı	V_{S30} Değeri (m/sn)
A	Sert Kaya	>1500
B	Kaya	1500-760
C	Çok Sert/Sıkı Zemin veya Yumuşak Kaya	760-360
D	Sert/Sıkı Zemin	360-180
E	Gevşek Zemin	<180

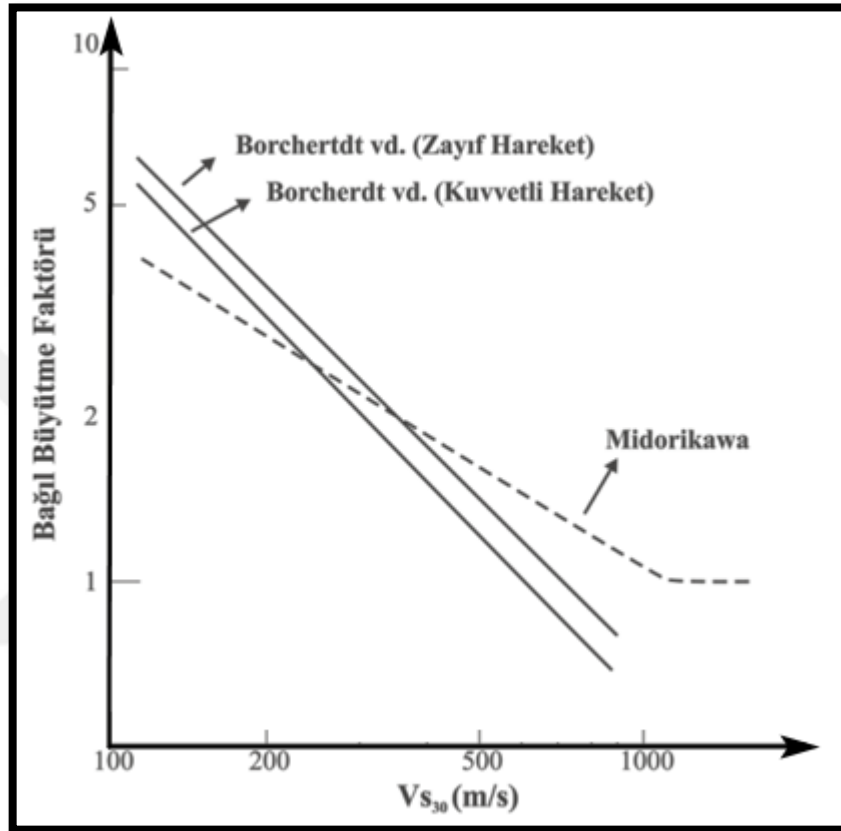
Çizelge 4.5. Eurocode 8 V_{S30} Değeri Zemin Sınıflaması

Zemin Sınıfı	Zemin Tanımı	V_{S30} Değeri (m/sn)
A	Kaya	>800
B	Çok Sıkı Kum, çakıl, Kil	800-360
C	Sıkı Kum, Çakıl, Kil	360-180
D	Gevşek Zemin	<180

Çizelge 4.6. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) V_{S30} Değeri Zemin Sınıflaması

Zemin Sınıfı	Zemin Tanımı	V_{S30} Değeri (m/sn)
ZA	Sert Kaya	>1500
ZB	Kaya (az ayrışmış)	1500-760
ZC	Çok Sert/Sıkı Zemin (kum/çakıl/sert kil) ya da Zayıf Kaya (Ayrışmış, çok çatlaklı)	760-360
ZD	Orta Sıkı Zemin (sıkı kum/çakıl/sert kil)	360-180
ZE	Gevşek Zemin (kum/çakıl/yumuşak kil)	<180
ZF	Özel değerlendirme ve araştırma gereken riskli zeminler	

Zemin sınıflamasının yanı sıra V_s kesme hızı kullanılarak büyüme hesaplaması yapmakta mümkündür. Deprem ve saha ölçümleri üzerinden geliştirilen bağıntılarla ilk 30 metrenin ortalama V_s hızı (V_{s30}) ile büyüme değeri arasındaki ilişki Şekil 4.13’de verilmiştir. Çizelge 4.7’de bağıl büyüme ile V_{s30} arasındaki ilişkiler verilmiştir.



Şekil 4.13. Bağıl Büyütme ile V_{s30} arasındaki ilişki. (ISSMFE, 1993)

Çizelge 4.7. Bağıl Büyütme ile V_{s30} arasındaki ilişkiler. (ISSMFE, 1993)

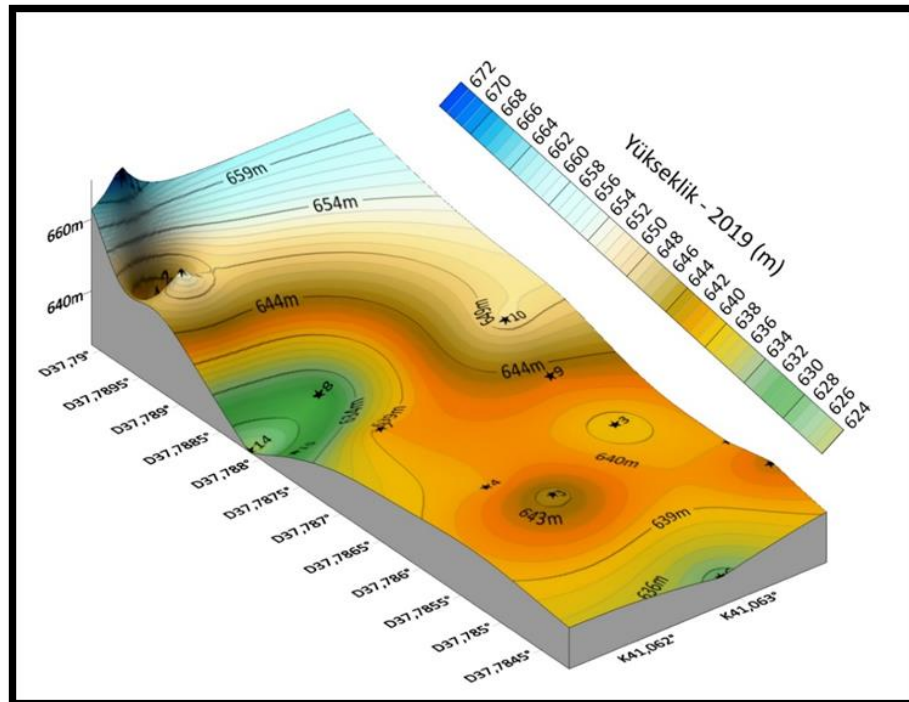
Araştırmacılar	Bağıntı	Açıklamalar
Midorikawa (1987)	$A = 68(V_{s30})^{-0,6}$ ($V_{s30} < 1100$ m/s) $A = 1$ ($V_{s30} > 1100$ m/s)	A: Göreceli büyüme faktörü
Borchardt vd. (1991)	$AHSA = 700/V_{s30}$ (Zayıf hareket için) $AHSA = 600/V_{s30}$ (Kuvvetli hareket için)	AHSA: 0.4-2.0 s periyot aralığı ortalama yatay spektral büyüme.

4.6. Batı Raman Kampüsünde Alınan Mikrotremor Ölçümleri

Batı Raman kampüs alanına ait zemin parametrelerini belirlemek amacıyla, 2014 ve 2019 yıllarında toplam 15 noktada CMG-6TD cihazı ile tek istasyon yöntemi kullanılmak üzere mikrotremor kayıtları alınmıştır (Çizelge 4.8). Şekil 4.14'de Batı Raman kampüs alanında alınan ölçüm noktalarının yerleri ve Şekil 4.15'de Batman Üniversitesi Batı Raman Kampüsü Eş Yükseklik Haritası verilmiştir.



Şekil 4.14. Batı Raman Kampüs alanı ölçüm noktaları



Şekil 4.15. Batman Üniversitesi Batı Raman Kampüsü Eş Yükseklik Haritası

Çizelge 4.8.Batı Raman Kampüs Alanı Ölçüm Noktaları Özeti

Ölçü No	Tarih & Saat	Koordinatlar		Rakım (m)	Hâkim Frekans (Hz)	Hâkim Periyod (sn)	Zemin Sınıfı
		Boylam (°K)	Enlem (°D)				
BRM1	14.07.2019 23:45	41° 03' 49,25"	37° 47' 07,58"	617	13,864	0,072	Z1
BRM2	15.07.2019 00:45	41° 03' 49,78"	37° 47' 05,39"	642,8	21,882	0,046	Z1
BRM3	15.07.2019 02:10	41° 03' 48,16"	37° 47' 10,30"	638	1,064	0,940	Z4
BRM4	15.07.2019 22:36	41° 03' 43,13"	37° 47' 09,65"	639,9	1,031	0,970	Z4
BRM5	15.07.2019 23:25	41° 03' 43,78"	37° 47' 07,51"	645,2	11,892	0,084	Z1
BRM6	16.07.2019 00:25	41° 03' 46,11"	37° 47' 03,27"	633,1	1,4	0,714	Z4
BRM7	16.07.2019 01:30	41° 03' 42,74"	37° 47' 13,87"	640	11,288	0,089	Z1
BRM8	16.07.2019 02:45	41° 03' 43,54"	37° 47' 17,68"	630,1	1,449	0,690	Z3
BRM9	17.07.2019 22:45	41° 03' 47,82"	37° 47' 12,78"	642,2	14,13	0,071	Z1
BRM10	18.07.2019 00:00	41° 03' 47,76"	37° 47' 14,72"	650,5	21,165	0,047	Z1
BRM11	19.11.2014 12:47	41° 03' 42,60"	37° 47' 24,31"	672	5,012	0,200	Z1
BRM12	19.11.2014 13:50	41° 03' 41,85"	37° 47' 23,06"	634	0,764	1,309	Z4
BRM13	19.11.2014 15:00	41° 03' 41,91"	37° 47' 21,78"	654	19,615	0,051	Z1
BRM14	20.11.2014 07:25	41° 03' 40,83"	37° 47' 17,29"	625	12,225	0,082	Z1
BRM15	20.11.2014 09:00	41° 03' 41,53"	37° 47' 15,70"	631	5,142	0,194	Z1

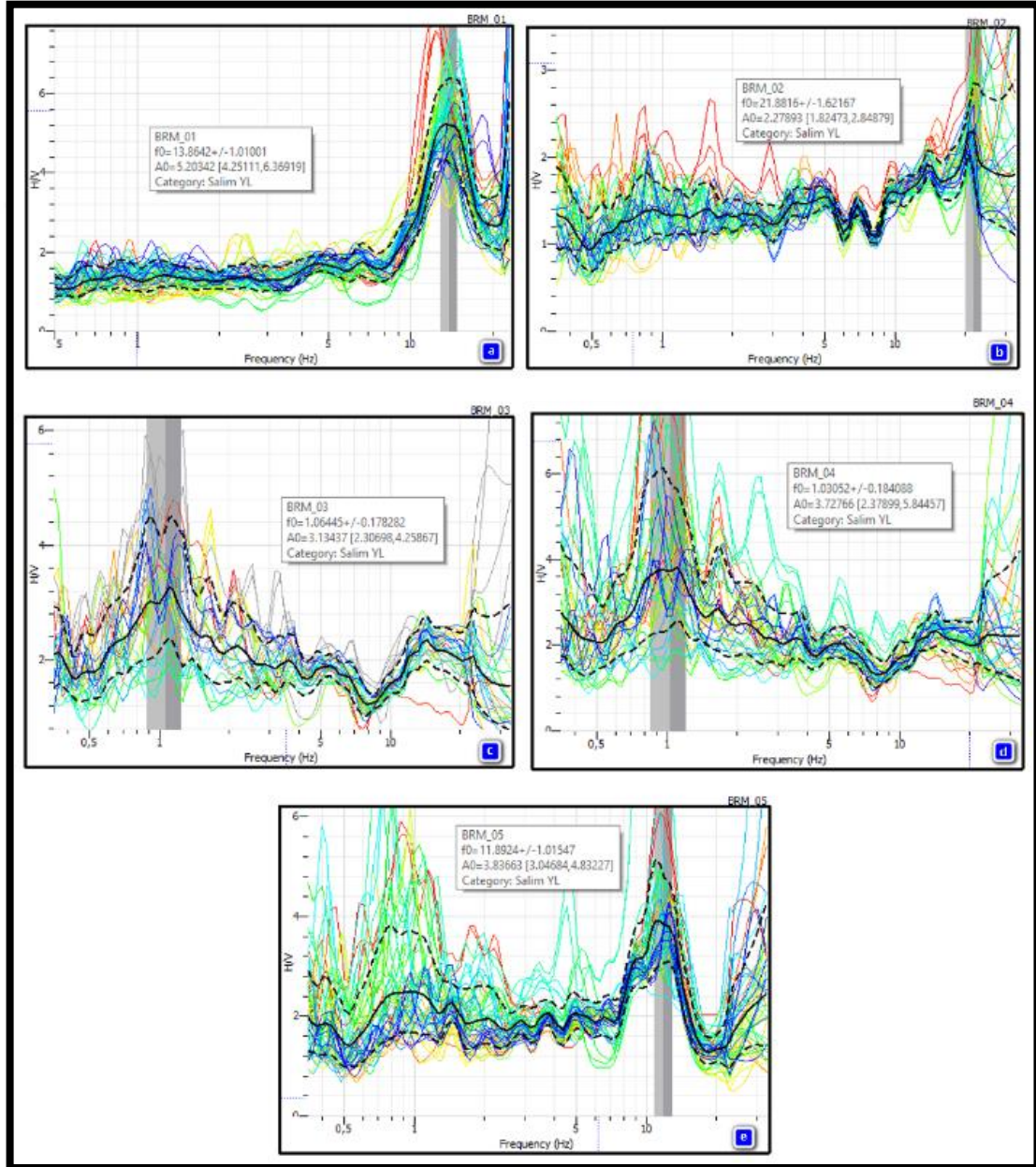
4.6.1. Spektral Oranlara Göre Zeminlerin İrdelenmesi

Batı Raman kampüs alanında toplanılan mikrotremor kayıtlarına ait 5'erli gruplar halinde H/V spektral oranları Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da görülmektedir.

Ölçüm noktalarından 3, 4, 6, 8 ve 12 haricindeki diğer noktalarda birden fazla pik görüldüğü, baskın frekans değerlerinin 5 Hz ve üzerinde olduğu periyodlarının 0,2 saniyenin altında kaldığı, bununda Batı Raman Kampüs alanında hakim olan çok kırıklı, orta zayıf dayanımlı yer yer kil ara bantlı kireç taşı birimine tekabül ettiği düşünülmektedir.

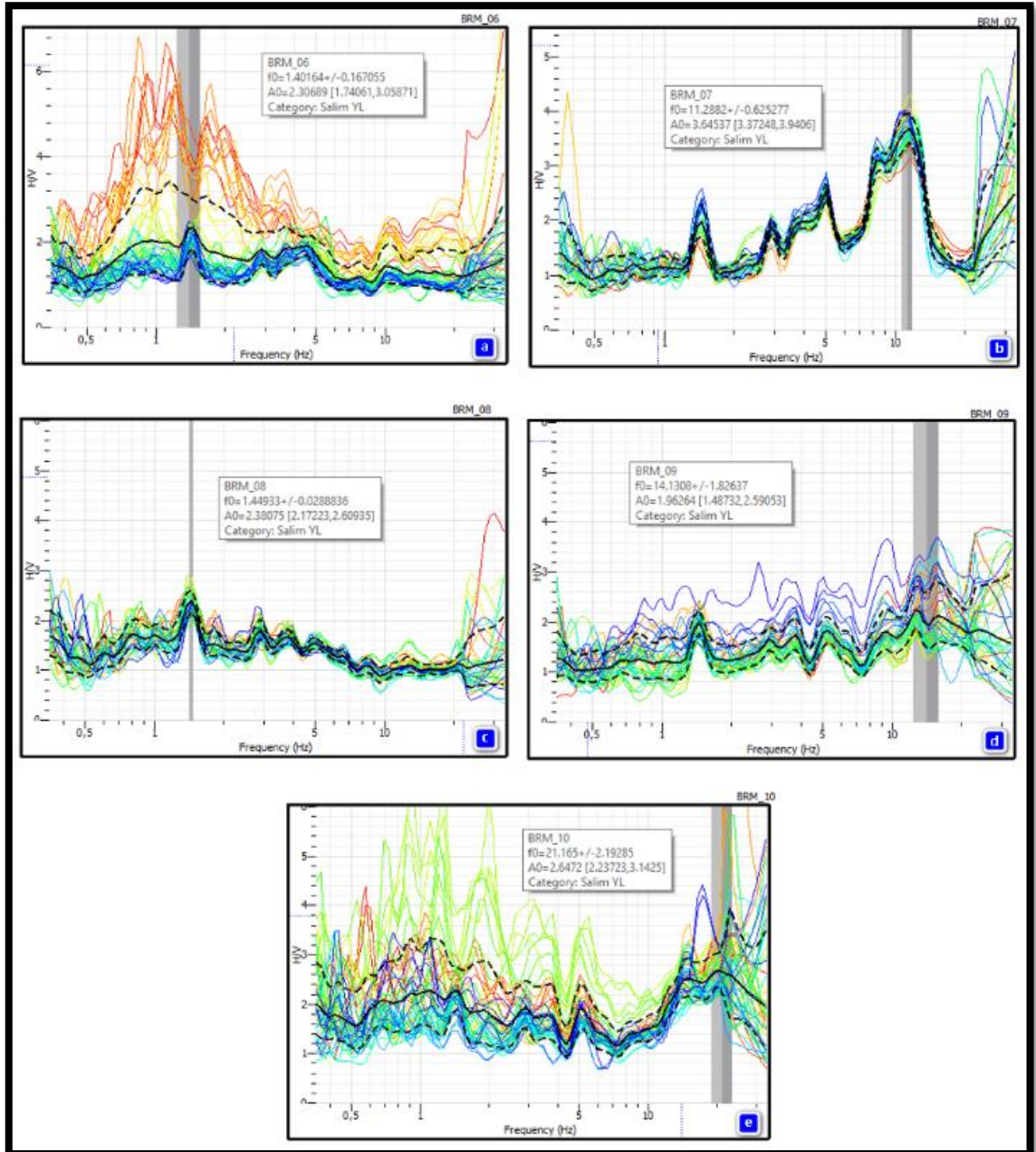
Bahsi geçen 3,4,6,8 ve 12 nolu ölçüm noktalarının ortak karakteristik özellikleri ise baskın frekanslarının 5 Hz ve altında olduğu, hakim periyodlarının 1 saniye civarında şekillendiği, spektral oranlarında genelinde yüksek genlikli ve tek bir baskın pik görülmesidir. Bu durum gevşek birimlerin hâkim olduğu bölgelerde düşük frekanslara kayan belirgin ve yüksek genlikli baskın pikler şeklinde spektruma yansır.

Şekil 4.16’de görüldüğü üzere 1, 2 ve 5. Ölçüm noktalarının spektrumlarında 10 Hz’ e kadar birden fazla pik görülmesine karşın baskın frekans 10 Hz üzerinde belirmiştir. Bu noktalardaki kireç taşı biriminin daha konsolide olduğu ya da bitkisel örtü tabakasının daha sığ olduğu şeklinde değerlendirilebilir. 3 ve 4’üncü noktalarda ise 1 Hz’ e yakın basın pikler bulunan değerlerin noktasal yada daha küçük çaplarda meydana gelen kırıklı yapılar yada derin yumuşak sediman olarak düşünülmektedir.



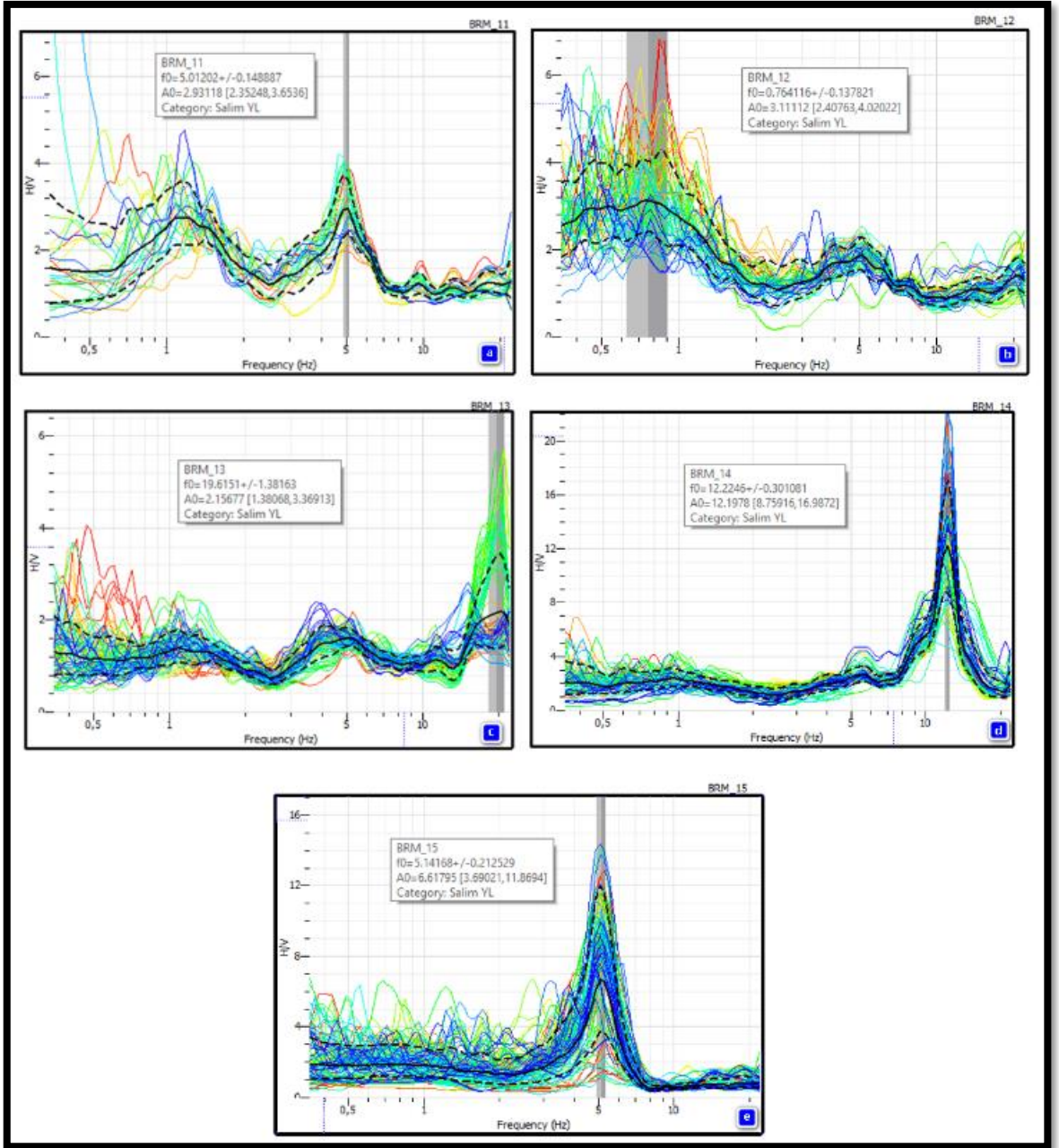
Şekil 4.16. Batı Raman kampüs alanında yapılan mikrotremör ölçümlerinden ilk 5 noktanın ölçüm noktasına ait H/V oran spektrumları

Şekil 4.17'de verilen spektral oranlar incelendiğinde ise 6. ve 8. ölçüm noktalarında her bir pencerenin keskin bir şekilde verdikleri pik ile yumuşak bir sediman yapıya karşılık geldikleri aşıkardır. 7, 9 ve 10. Ölçüm noktalarında ise aynı şekilde 10 Hz'e kadar birden fazla fakat baskın olmayan pikler verirken 10 Hz'in üzerinde ana kayaya daha yakın olduğuna ya da yapısal bozunmanın daha az olduğu konsolide bir litolojiyi işaret eder.



Şekil 4.17. Batı Raman kampus alanında yapılan mikrotremor ölçümlerinden ikinci 5 noktanın ölçüm noktasına ait H/V oran spektrumları

Şekil 4.18.'deki 12. Ölçüm noktasına bakıldığında baskın frekansın 1 Hz'inde altında olan derin kaynaklı bir sinyal olduğu, örtü tabakasının kalınlığının çok fazla olduğu ya da neredeyse sert ana kayanın hiç olmadığı kanısını vermektedir. Bölgenin jeolojisinde baskın yapının kireç taşı olduğu düşünülürse aşırı bozunmaya uğrayan bir noktaya ya da boşluğa da karşılık gelebilir. Buna karşın hiçbir şekilde mikrotremor kayıtları tek başına kesinlik ifade edemez, yapının birden fazla jeofizik ve jeolojik yöntemle irdelenmesi ve jeolojisinin göz önünde bulundurularak hareket edilmelidir.



Şekil 4.18. Batı Raman kampüsü alanında yapılan mikrotremor ölçümlerinden üçüncü 5 noktanın ölçüm noktasına ait H/V oran spektrumları

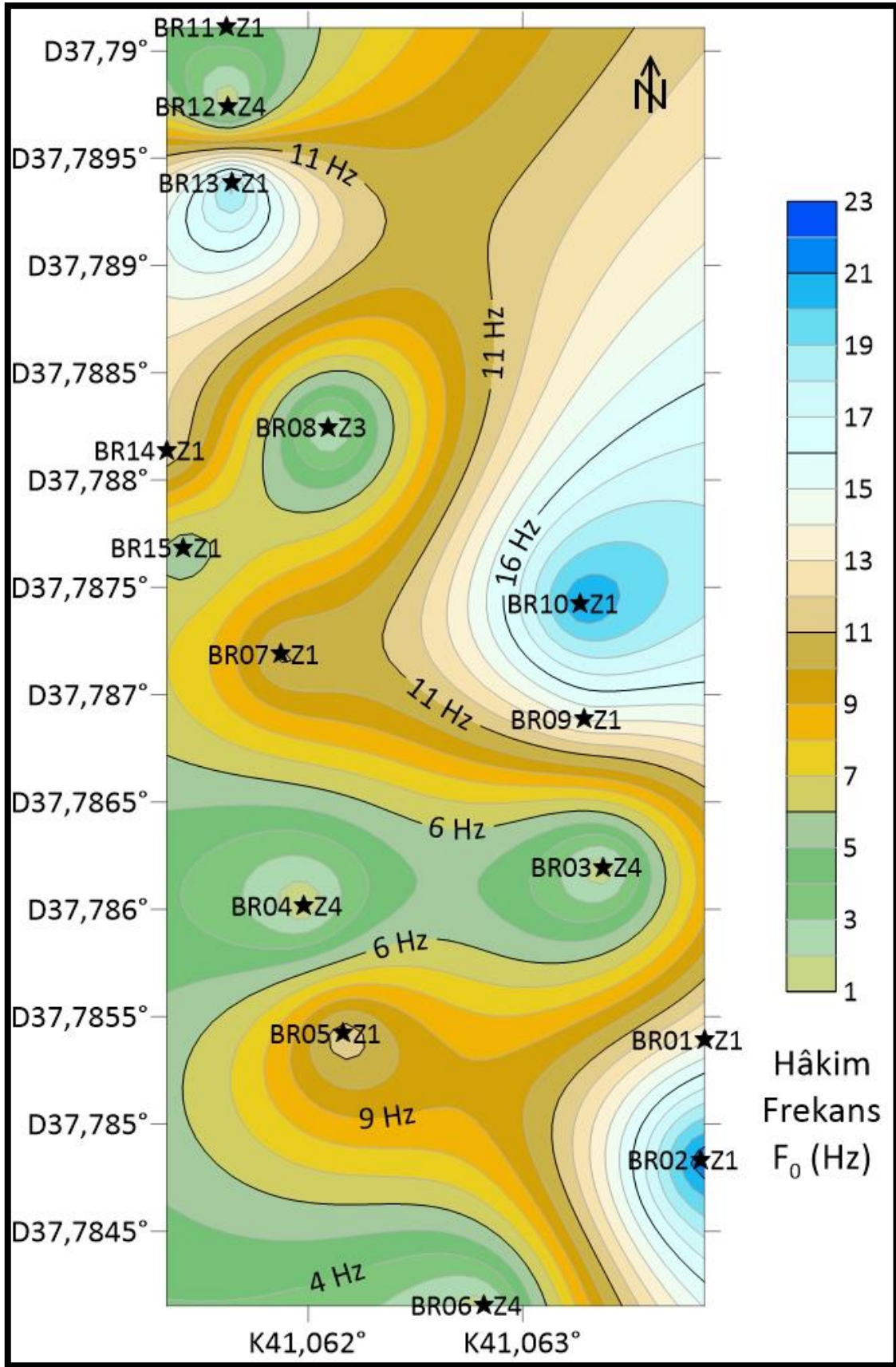
4.6.2. Hâkim Frekans ve Periyod Üzerinden Büyütme Analizi

Mikrotremor kayıtlarında tek istasyon (Nakamura) H/V (Yatay/Düşey) Spektral Oran yöntemi kullanılarak zeminin baskın frekansı ve periyodu haritalanmıştır (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20). Çizelge 4.9'da görüldüğü üzere zemin sınıflamasında Kanai ve Tanaka (1961)'nin zemin sınıflaması kullanılmıştır. Periyod değeri 0,3 sn'ye kadar olan periyotlar Z1, 0,3-0,5 sn arası Z2, 0,5-0,7 arası Z3, 0,7 ve üzeri ise Z4 olarak sınıflandırılmıştır.

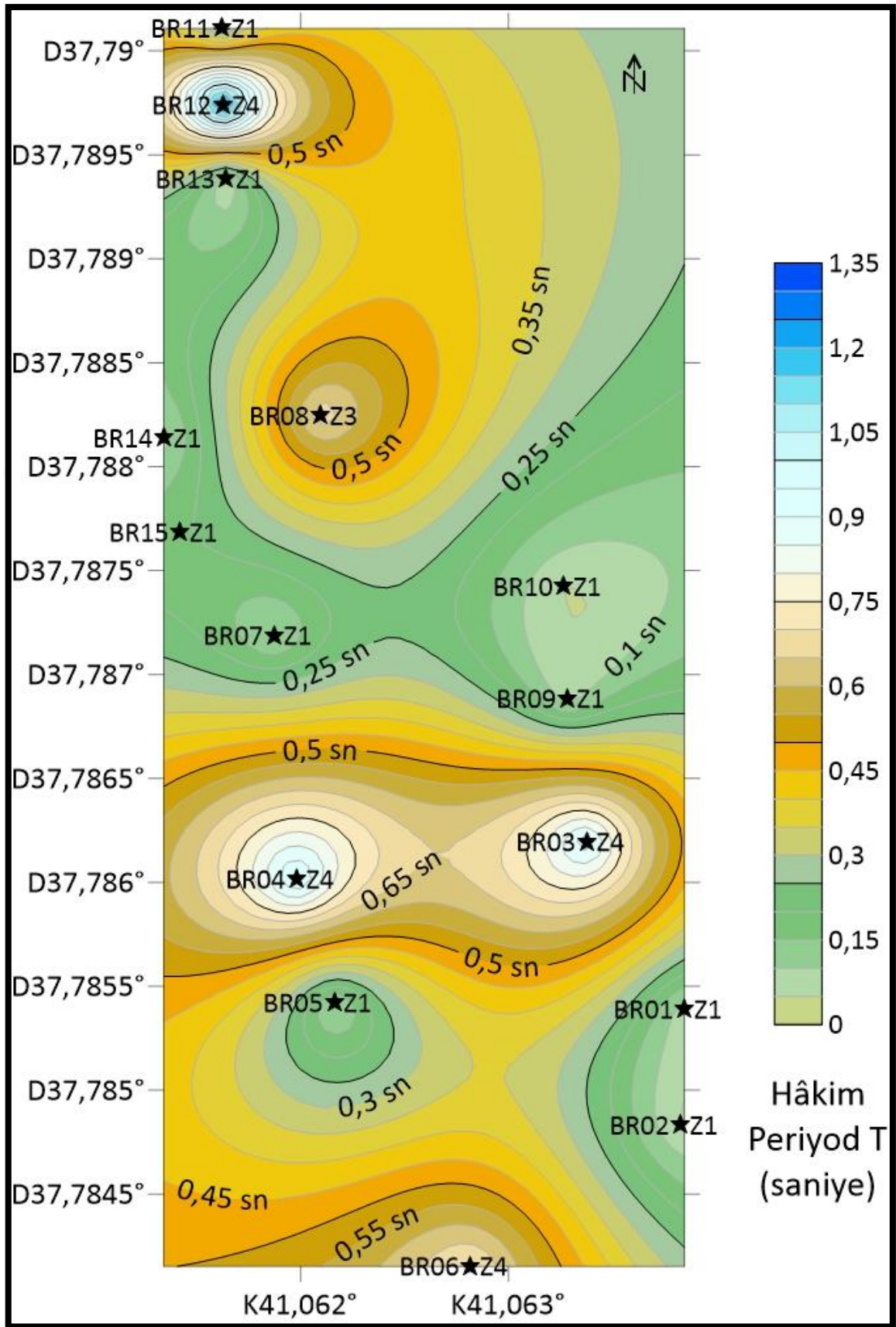
Çizelge 4.9. Kanai zemin sınıflaması (Kanai ve Tanaka, 1961)

Zemin Sınıf	Zemin Özellikleri
Z1 (I)	Kaya ya da konsolide olmuş sıkı birimler
Z2 (II)	Daha az ayrılmış, kumlu, çakıllı, sıkı kil ya da milden oluşan yeni alüvyonal katman (5 m ya da daha ince alüvyon)
Z3 (III)	Kalınlığı 5 m ve üzeri kalın alüvyon
Z4 (IV)	Yumuşak deltalar, kalınlığı 30 m ve üzeri kalın çamur ve örtü tabakadan oluşan alüvyon

Kayıtlardan elde edilen periyot değerleri 0,046-1,309 sn arasında yer almaktadır. Hâkim periyot değeri zemin sağlamlığı ile ters orantılı olup, periyot değeri ne kadar düşükse zemin bir o kadar sağlam, ne kadar da yüksekse zemin bir o kadar da zayıftır. Kaya ya da konsolide birimlerde dalga seyahati kısa olduğundan dalga periyodu kısa, yumuşak sedimanlarda ise dalga seyahati uzun sürecek ve dalga periyodu da uzayacaktır. Bulunan değerlerin sadece mikrotremor kayıtlarından elde edildiği ve zeminin sağlamlığı hakkında bir kesinlik ifade etmediği unutulmamalıdır. Güvenilir bir zemin sınıflaması için birden fazla yöntem kullanılarak verilerin harmanlanması ve yorumlanması daha doğru olacaktır. Bu çalışmada yalnızca mikrotremor kayıtlarından elde edilen veriler ve mevcut jeolojik yapı karşılaştırılarak değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 4.19. Batı Raman kampus alanında yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 Baskın Frekans değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları. Frekans değerlerinin zemin sağlamlığı ile doğru orantılı olduğu, frekans büyüdükçe zeminin sağlamlaştığı görülmektedir.



Şekil 4.20. Batı Raman kampus alanında yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen T Baskın Periyod değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları. Periyot değerlerinin zeminin sağlamlığı ile ters orantılı olduğu, periyot küçüldükçe zeminin sağlamlaştığı görülmektedir.

4.6.3. Vs Dalgası Modelini Oluşturma ve Büyütme Analizi

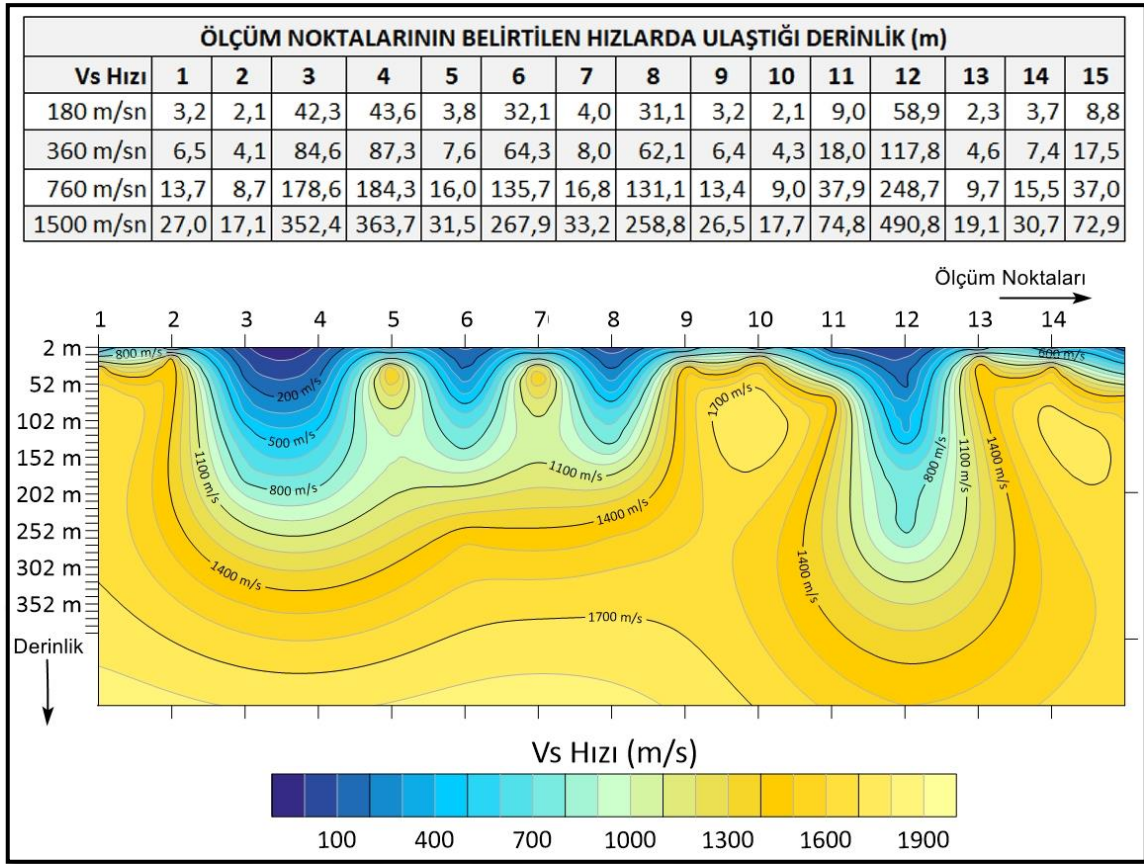
Mikrotremor kayıtlarından elde edilen baskın periyod ve frekans değerleri üzerinden daha önce yapılmış çalışmalarla hesaplanan ampirik ifadeleri kullanarak sert anakaya (kaya yada konsolide olmuş sıkı birimler) üzerindeki sediman kalınlığını ve Vs hızını modellemeye çalışacağız.

$V_s = f_0 \cdot 4H$ (5.7) bağıntısında mikrotremor kayıtlarından elde ettiğimiz frekans değerlerini Vs hızının derinliğe göre değişim fonksiyonu olarak hesapladığımızda Çizelge 4.10'daki tablo elde edilir. Buradaki amaç ölçümün yapıldığı Batı Raman Kampüsünün bilinen litolojisine (çok kırıklı, orta zayıf dayanımlı yer yer kil ara bantlı kireç taşı birimi) denk gelen fakat hız modeli için bizi ana kaya kabul edebileceğimiz hız değerlerine (Çok Sert/Sıkı Zemin veya Yumuşak Kaya için 360 m/sn-760 m/s arasında verilen değer) karşılık gelen örtü kayaç kalınlığını tespit edebilmektir. Çizelge 4.10.'da 360-760 m/s bandını yakalayan derinlikler kırmızı çizgi ile belirtilmiş, temel kayayı yakalayan derinliklerin (tablodaki mavi noktalı kutucuk) 7,5-10 m civarı olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.10. Batı Raman Kampüsü Ölçüm noktalarındaki hâkim frekans değerleri ile derinliğin bir fonksiyonu olarak hesaplanan Vs hızının derinliğe göre değişimi.

		ÖLÇÜM NOKTALARININ DERİNLİKLE DEĞİŞEN Vs HIZI (m/s)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEDİMAN TABAKASININ SİĞDAN DERİNE DEĞİŞEN KALINLIĞI (m)	2,5	139	219	11	10	119	14	113	14	141	212	50	8	196	122	51
	5	277	438	21	21	238	28	226	29	283	423	283	15	392	245	103
	7,5	416	656	32	31	357	42	339	43	424	635	424	23	588	367	154
	10	555	875	43	41	476	56	452	58	565	847	565	31	785	489	206
	12,5	693	1094	53	52	595	70	564	72	707	1058	707	38	981	611	257
	15	832	1313	64	62	714	84	677	87	848	1270	848	46	1177	734	309
	17,5	970	1532	74	72	832	98	790	101	989	1482	989	53	1373	856	360
	20	1109	1751	85	82	951	112	903	116	1130	1693	1130	61	1569	978	411
	22,5	1248	1969	96	93	1070	126	1016	130	1272	1905	1272	69	1765	1100	463
	25	1386	2188	106	103	1189	140	1129	145	1413	2117	1413	76	1962	1223	514
	27,5	1525	2407	117	113	1308	154	1242	159	1554	2328	1554	84	2158	1345	566
30	1664	2626	128	124	1427	168	1355	174	1696	2540	1696	92	2354	1467	617	

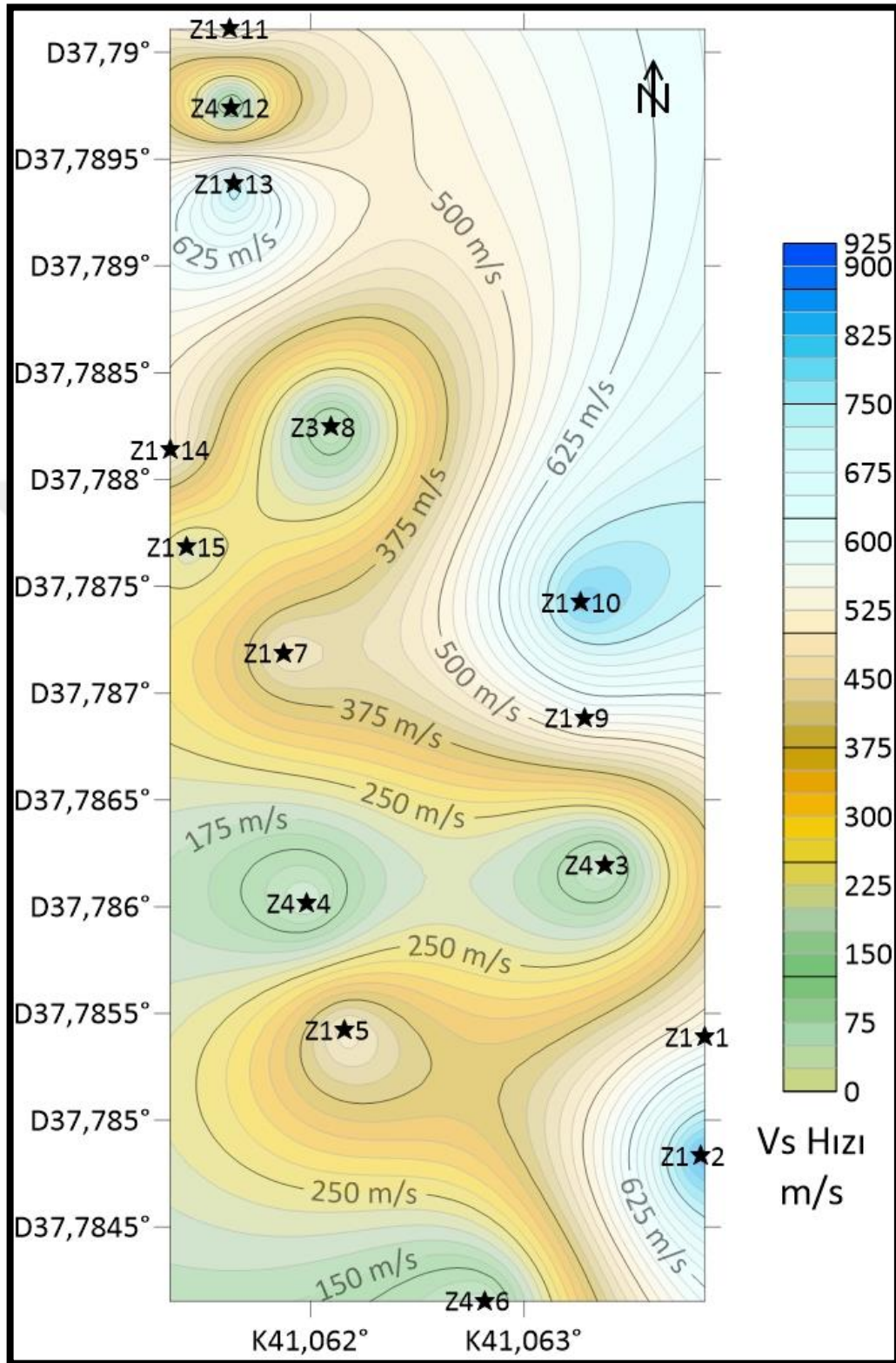
Şekil 4.21'de bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli oluşturulmuştur.



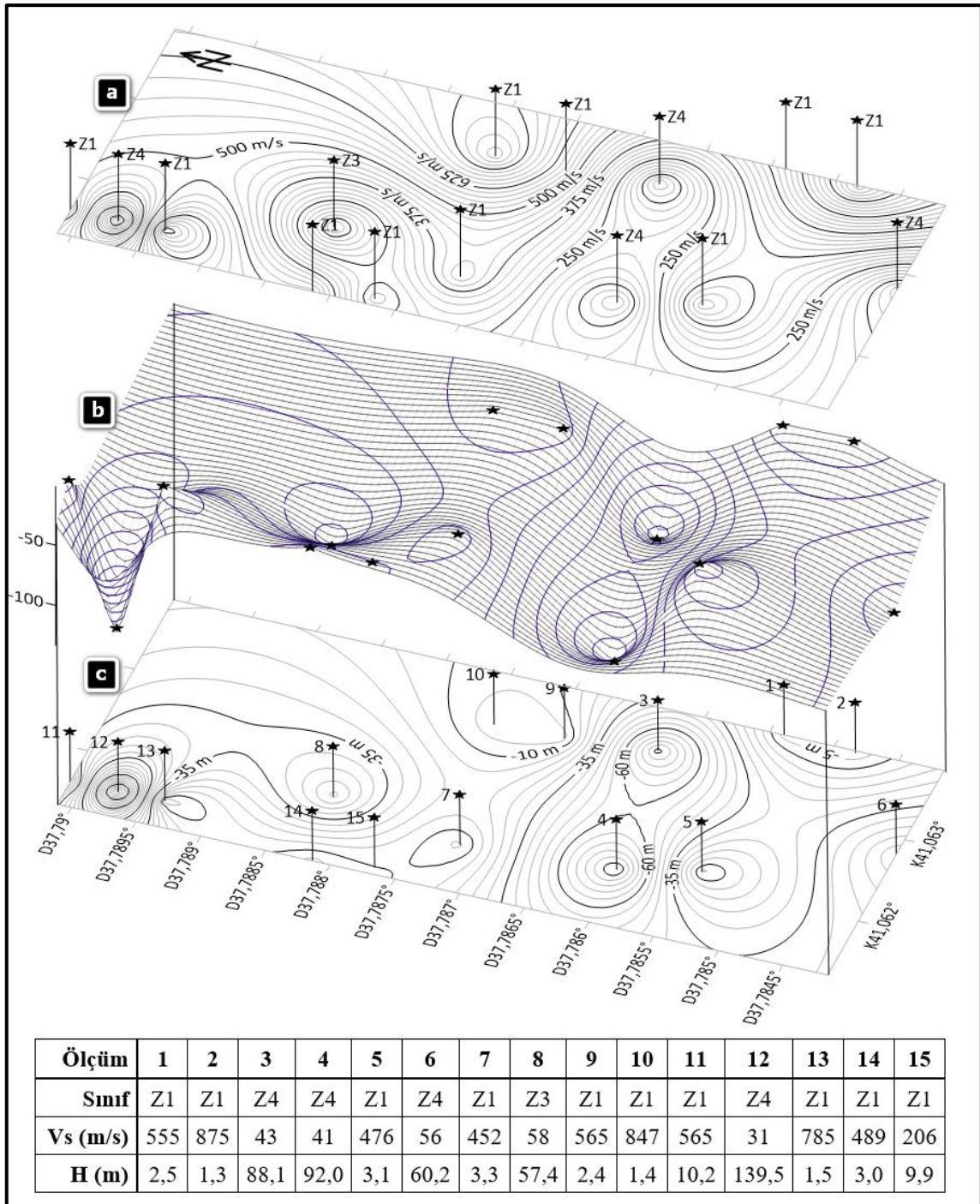
Şekil 4.21. Kanai, (1983)'nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı ortaya çıkacak olan hızla bağlı derinlik modeli.

Şekil 4.22'de Batı Raman kampüs alanındaki mikrotremor kayıtlarından elde edilen F_0 baskın frekans değerlerinin, Kanai, (1983)'nin ana kaya üzerindeki yumuşak zemin tabakası için ileri sürdüğü $T = \Sigma 4H_i/V_{si}$ formülüyle hesaplanan V_s hızlarının yer aldığı harita ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları verilmiştir.

Şekil 4.23'de ise Batı Raman kampüs alanı için hesaplanan V_s hızları, bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları ile Seht ve Wohlenbergin (1999) yumuşak sediman kalınlığı $H = 96f^{-1.388}$ bağıntısından hesaplanan (H) derinlik değerlerinin 3 boyutlu görünümü verilmiştir.



Şekil 4.22. Batı Raman kampüs alanındaki mikrotremor kayıtlarından elde edilen F_0 baskın frekans değerlerinin, Kanai, (1983)'nin ana kaya üzerindeki yumuşak zemin tabakası için ileri sürdüğü $T = \Sigma 4H_i/V_{si}$ Formülüyle hesaplanan V_s hızlarının yer aldığı harita ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları.

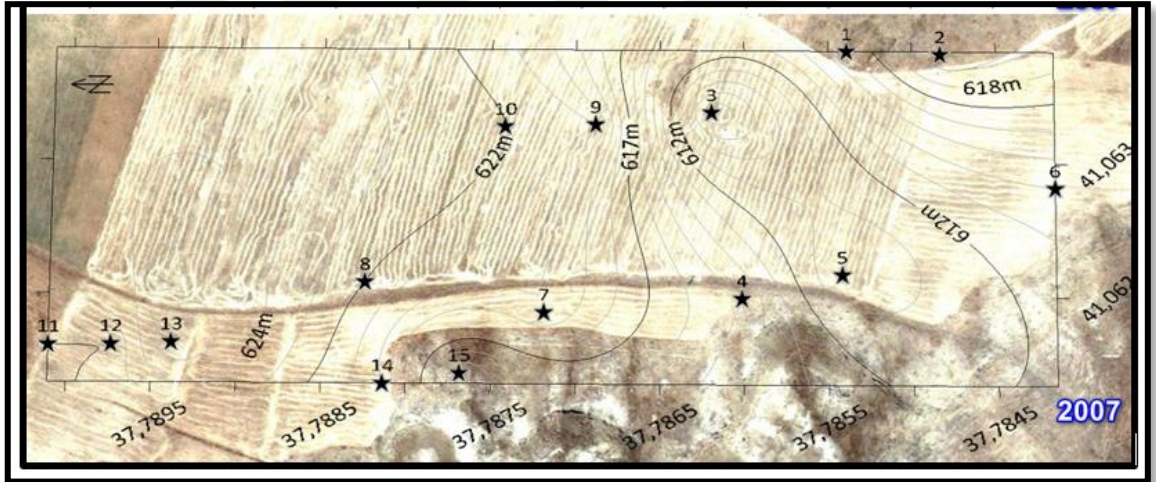


Şekil 4.23. Batı Raman kampus alanında yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 Baskın Frekans değerleri üzerinden a) V_s hızlarının hesaplanmasıyla oluşturulan hız haritası ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları. b) ve c) Yumuşak sediman kalınlığı $H = 96f^{-1.388}$ bağıntısı ile hesaplanan (H) derinlik değeri.

4.6.4. Batı Raman Kampüs Alanı İçin Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

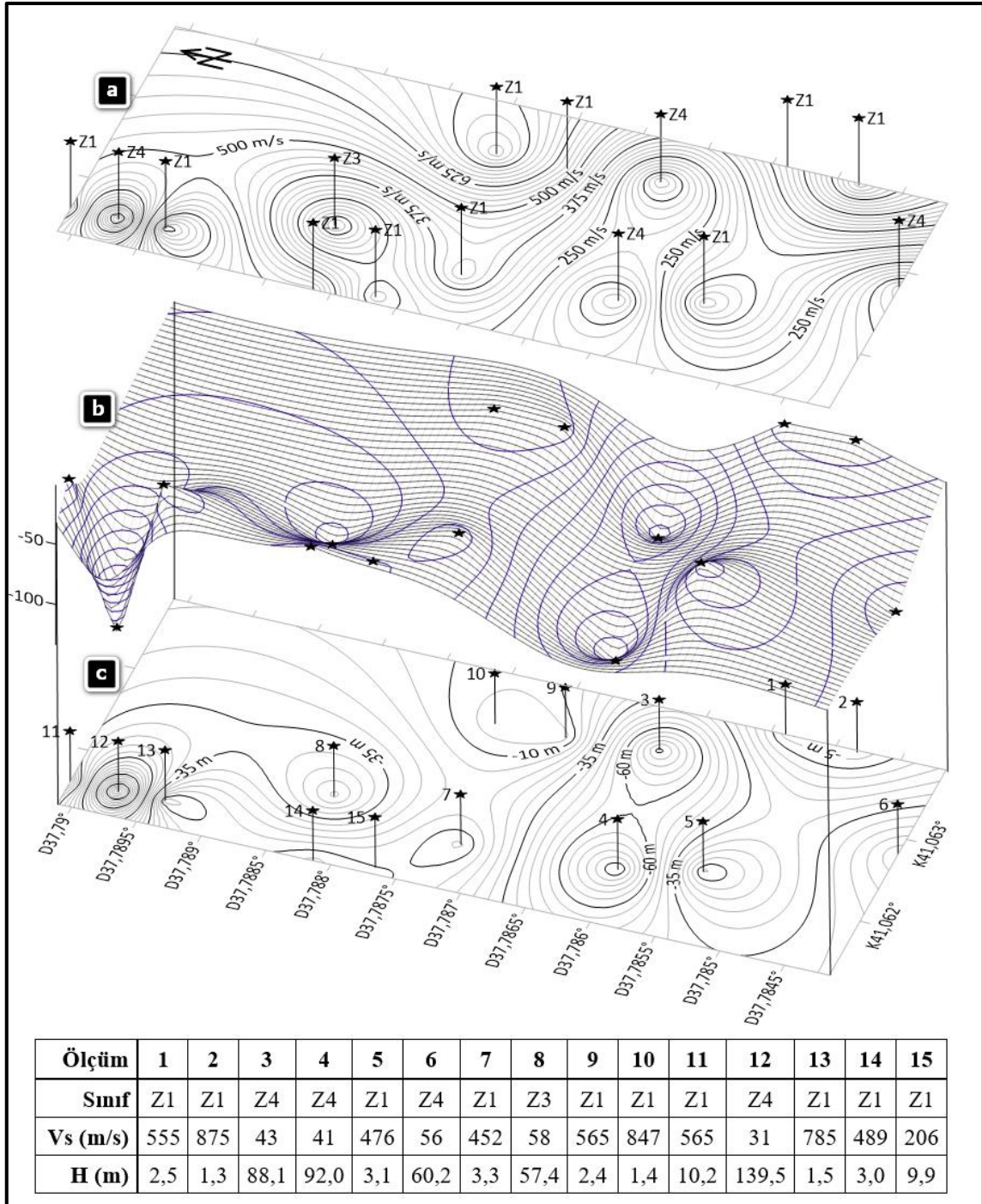
Batı Raman Kampüs alanında alınan kayıtlar ve değerlendirmeler sonucunda elde edilen sediman kalınlığı ve buna bağlı modellenen Vs hızları bölgenin “çok kırıklı, orta zayıf dayanımlı yer yer kil ara bantlı kireç taşı birimi” olarak ifade edilen yapısı ile uyusmaktadır.

Batı Raman Kampüs alanında (4, 6 ve 8 numaralı ölçüm noktaları) çıkan çok yüksek değerler sediman kalınlığının etkisinin yanı sıra ölçüm noktasındaki kırıklı, boşluklu ya da bozunmuş alanlara işaret edebilir. Kampüs alanında üniversite kurulmadan 2007 yılından önceki fiziksel halini ve tahmini rakımlarını Google Earth üzerinden gözlemlediğimiz üzere bölgede kot farkını giderebilmek için zemin iyileştirme ve dolgu çalışmaları yapıldığı bilinmektedir. Şekil 4.24’de Batı Raman kampus alanının 2007 yılındaki hali ve rakım bilgileri gösterilmiştir.

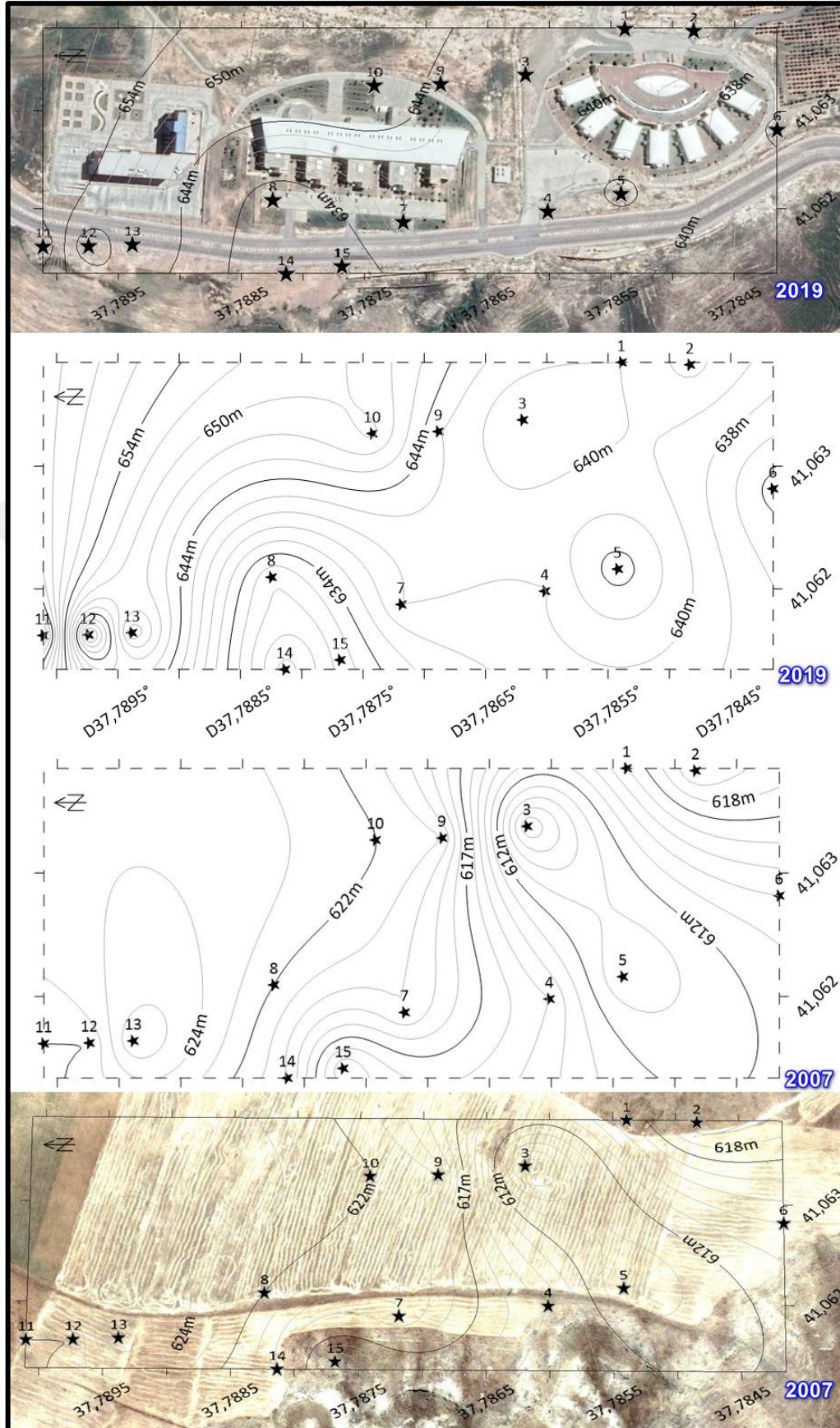


Şekil 4.24. Batı Raman kampus alanının 2007 yılındaki hali ve rakım bilgileri (Google Earth)

Bu bilgiler ve alınan ölçümler ile 2007 yılında (Şekil 10) alınan uydu fotoğraflarından da görüleceği üzere 4, 7, 11, 12, 13 ve 14 numaralı ölçüm noktaları eski tarla yolunun altında kalan eğimli alana denk gelmektedir. Daha öncesinde sürülmemiş 14 ve 15 numaralı ölçüm noktaları ile sağlam yapılan dolgu üzerinde alınan 11 ve 13 numaralı ölçümlerde sıkı zemin değerleri (Z1) elde edilmiştir. Fakat aynı sıradaki 12 numaralı ölçüm noktasındaki dolgu alanında değerler çok düşük (Z4) çıkmıştır (Şekil 4.25). Şekil 4.26’da Batı Raman kampus alanının 2007 ve 2019 yılları arasındaki dolgu öncesi ve günümüz rakım farklılıkları gösterilmiştir.

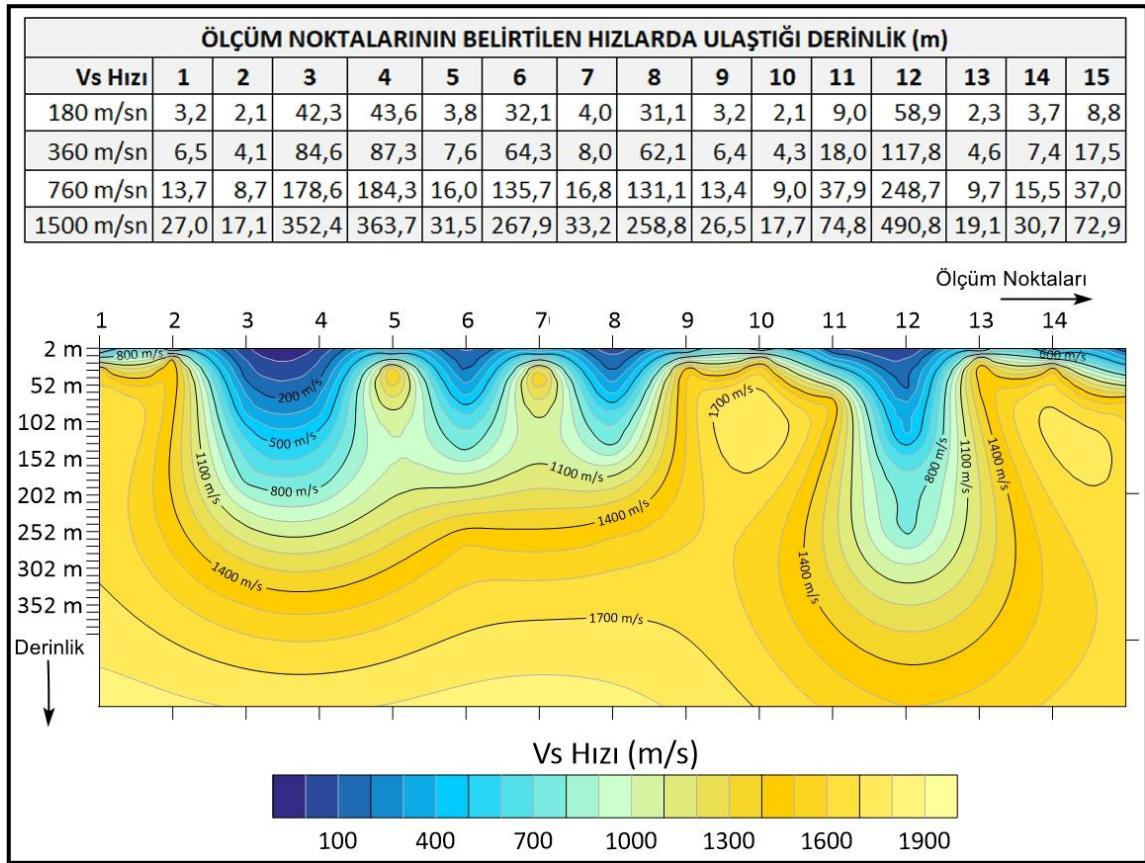


Şekil 4.25. Batı Raman kampüs alanında yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 Baskın Frekans değerleri üzerinden a) Kanai,(1983)'nin ana kaya üzerindeki yumuşak zemin tabakası için ileri sürdüğü $T = \Sigma 4H_i/V_{si}$ formülünü kullanarak V_s hızlarının hesaplanmasıyla oluşturulan hız haritası ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları. b) ve c) Seht ve Wohlenberg, (1999)'in yumuşak sediman kalınlığı $H = 96f^{-1.388}$ bağıntısı ile hesaplanan (H) derinlik değeri.



Şekil 4.26. Batı Raman kampüs alanının 2007 ve 2019 yılları arasındaki dolgu öncesi ve günümüz rakım farklılıkları

Mikrotremor kayıtlarından elde ettiğimiz frekans değerleri üzerinden modellenen Vs hızları ve bu hızlara bağlı yeraltı modeli oluşturulmaya çalışılmış olup, bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda ölçüm noktalarının bir profil oluşturacak şekilde tespit ve tayin edilmesi daha yararlı olacaktır (Şekil 4.27).

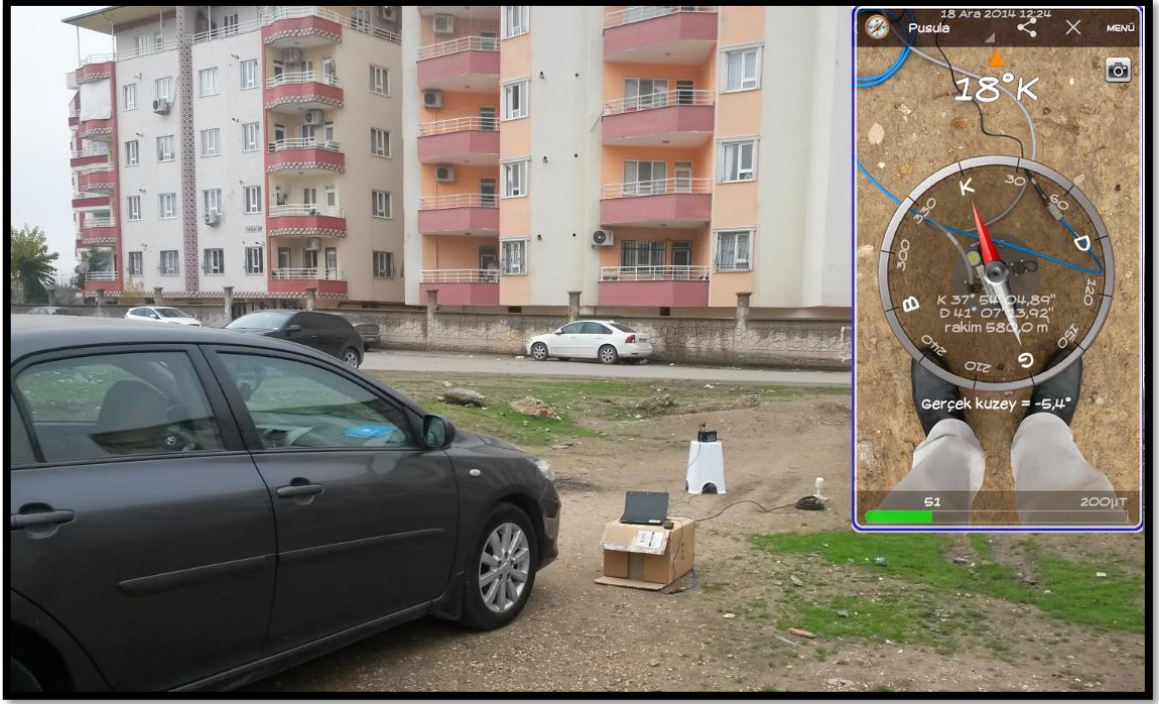


Şekil 4.27. Kanai (1983)'nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli.

4.7. Kültür & Pazaryeri Mahalleleri Mikrotremor Ölçümleri

Batman Merkez ilçesine bağlı Pazaryeri ve Kültür Mahalleleri Şekil 4.28'de görülmektedir. Kültür Mahallesi, Pazaryeri Mahallesi'ne göre daha merkezde bulunup Vilayet, Emniyet Müdürlüğü ve Batman'ın en büyük AVM'si sınırlarına dahildir. Kültür Mahallesi'nde bina yapılaşması ve şehir planlaması birçok mahalleye göre gelişmiştir. Pazaryeri Mahallesi ise sınırları içerisinde il ve ilçe otoparkı bulunup, şehir yerleşimi göreceli olarak daha dağınıktır.

Ölçüm alanındaki noktalar, öncelikle Google Earth/Map üzerinden tespit edilmiş, sonrasında noktaların uygunluğunun teyitti için tek tek kontrol edilmiştir. Uygun olan noktalarda ölçüm alınmış olup (Şekil 4.29), özel mülkiyet olan ve tel örgü ile çevrilmiş noktalar iptal edilmiştir. Çizelge 4.11’de Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinden alınan mikrotremor ölçüm noktaları verilmiştir. Şekil 4.30’da Batman Merkez Kültür ve Pazar yeri mahalleleri ölçüm noktaları eş yükseklik haritası verilmiştir.



Şekil 4.28.Batman ili kent merkezi Kültür Mahallesi KP6 mikrotremor ölçüm noktasından bir kare

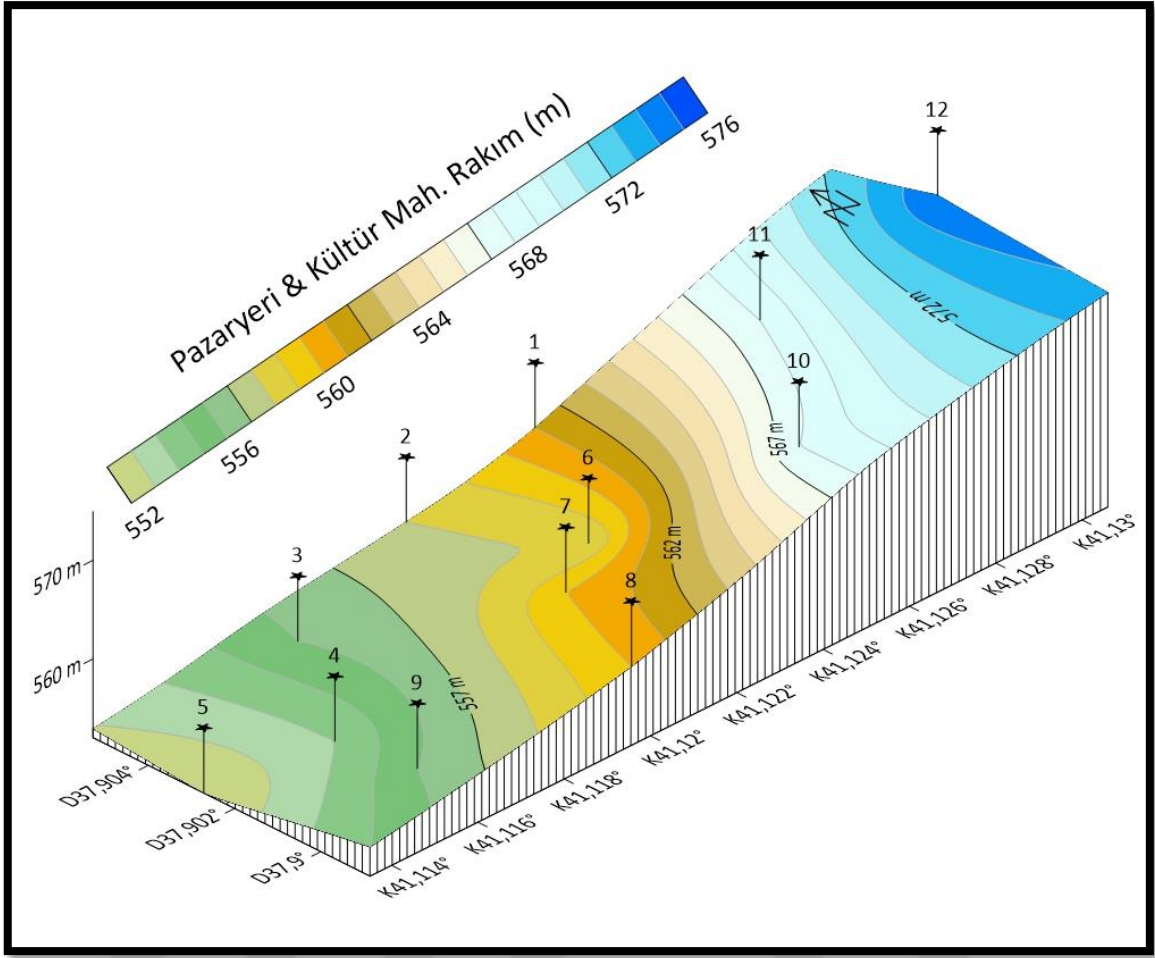
Özellikle şehir içi ölçümlerinde en az iki kişi ile sahaya çıkılmasında yarar olacaktır. Yapılan çalışma hakkında mahalle sakinlerine bilgilendirme yapmanın yanı sıra cihazı gözden ayırmamak gerekmektedir.



Şekil 4.29. Batman ili kent merkezi Kültür & Pazaryeri Mahalleleri mikrotremor ölçüm noktaları

Çizelge 4.11. Kültür ve Pazaryeri Mahalleleri mikrotremor ölçüm noktaları

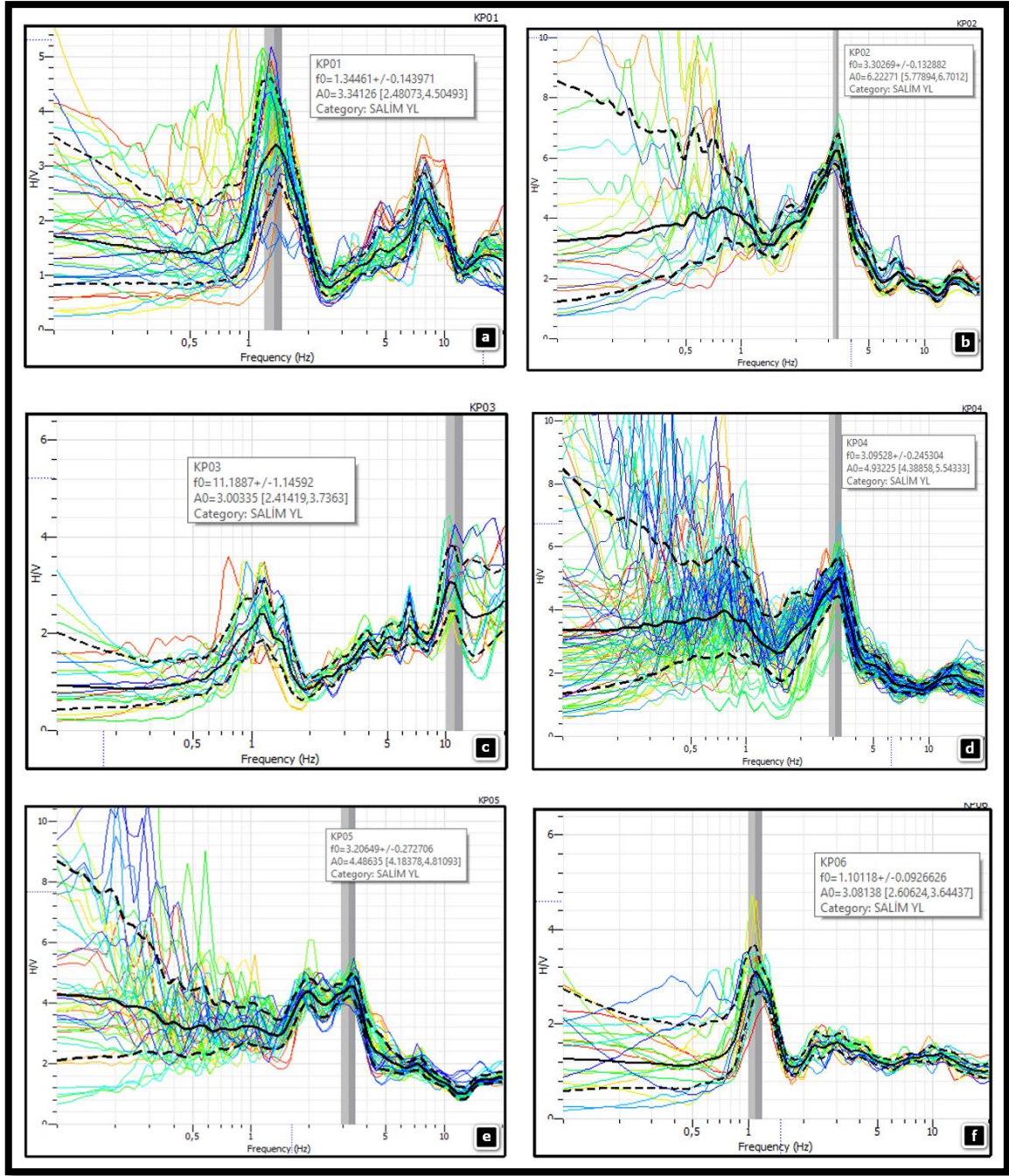
Ölçü No	Tarih & Saat	Koordinatlar		Rakım (m)	Hakim Frekans (Hz)	Hakim Peryod (sn)	Zemin Sınıfı
		Boylam (K)	Enlem (D)				
KP1	15.06.2015 05:36	37°54'19.01"K	41° 7'25.47"D	561	1,344	0,744	Z4
KP2	15.06.2015 10:36	37°54'18.98"K	41° 7'14.70"D	558	3,303	0,303	Z2
KP3	16.06.2015 01:42	37°54'15.25"K	41° 7'1.92"D	556	1,2	0,833	Z4
KP4	16.06.2015 11:42	37°54'6.95"K	41° 6'56.71"D	554	3,095	0,323	Z2
KP5	16.06.2015 12:05	37°54'9.77"K	41° 6'48.59"D	552	3,206	0,312	Z2
KP6	18.06.2015 12:14	37°54'9.50"K	41° 7'20.42"D	558	1,101	0,908	Z4
KP7	18.06.2015 13:33	37°54'4.89"K	41° 7'13.92"D	560	1,127	0,887	Z4
KP8	18.06.2015 14:00	37°53'55.91"K	41° 7'10.42"D	560	1,144	0,874	Z4
KP9	16.06.2015 15:10	37°53'59.65"K	41° 6'56.29"D	556	2,969	0,337	Z2
KP10	16.06.2015 18:17	37°54'0.74"K	41° 7'29.22"D	568	2,936	0,341	Z2
KP11	17.06.2015 14:30	37°54'12.83"K	41° 7'38.07"D	568	2,767	0,361	Z2
KP12	17.06.2015 12:29	37°54'10.12"K	41° 7'50.16"D	575	3,088	0,324	Z2



Şekil 4.30. Batman Merkez Kültür ve Pazaryeri Mahalleleri ölçüm noktaları eş yükseklik haritası

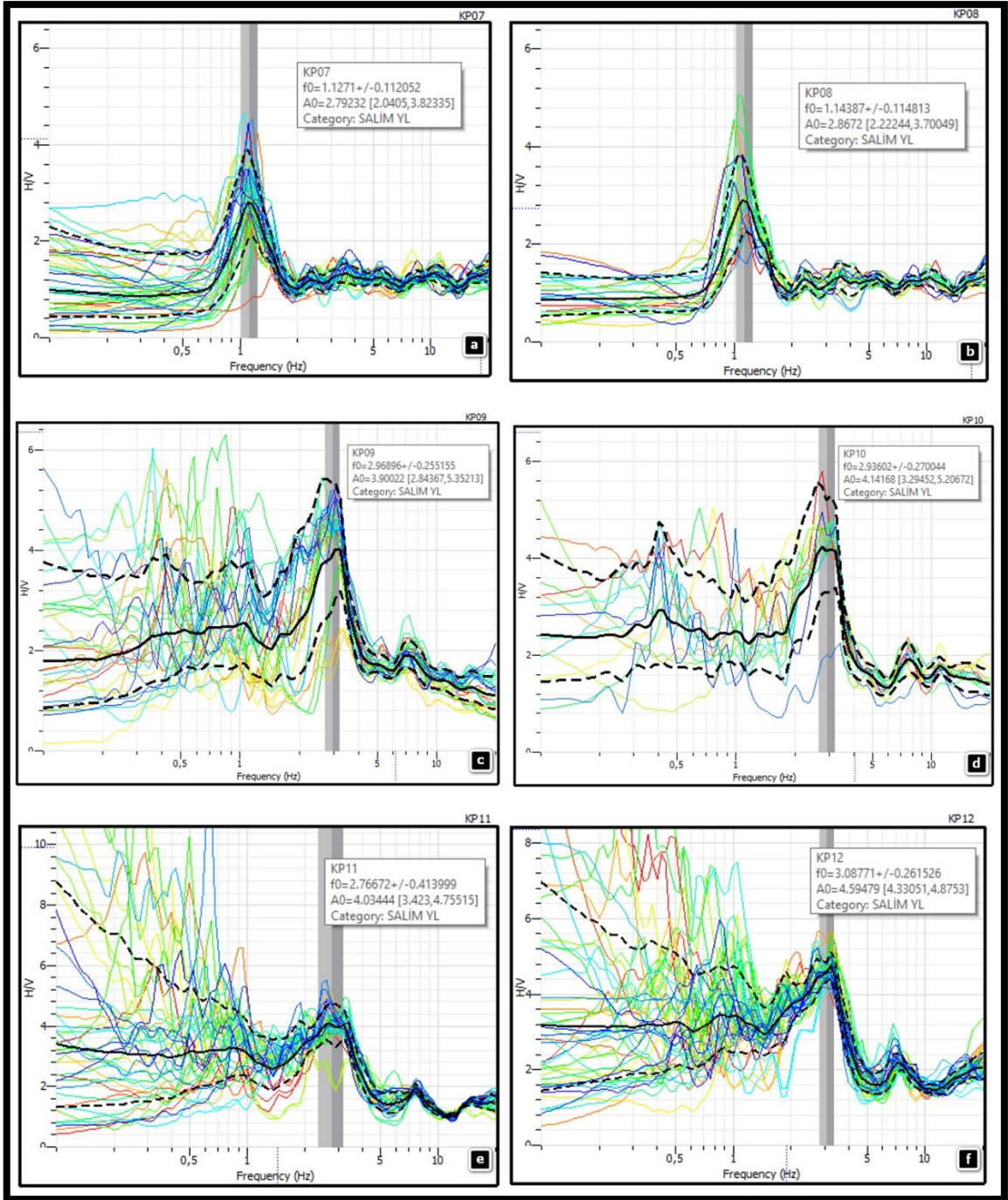
4.7.1. Spektral Oran & Hâkim Periyotlara Göre Zeminlerin İrdelenmesi

Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinde toplanılan mikrotremor kayıtlarına ait 6'şarlı H/V spektral oranları Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'de görülmektedir. Sığ zemin araştırması yaptığımızdan dolayı ilgilendiğimiz frekans aralığını ham sinyalleri filtrelerken 0,1-20 Hz arası olarak seçmekteyiz. Özellikle 3. ölçüm noktasında frekans değeri 11,18 Hz çıkmasına karşın bölgenin genel yapısına uygun olmadığı ve diğer ölçüm noktalarının da gözlemlenmesi sonucu 1 Hz'i biraz geçen ilk pikin değerlendirmeye alınması daha uygun olacaktır. Grafik üzerinden okuduğumuz değer bize 3 noktasının (Şekil 4.31c) frekans değeri 1,2 Hz'i vermektedir. Buna göre 1,3,6,7 ve 8 noktalarının baskın frekans değerlerinin 1 Hz civarında olması, büyük ve tek bir pik yapmış olması bölgenin zayıf sediman bir katmanla karakterize edildiği yönünde fikir verir. Hâkim periyodlarının ortak özellikleri ise 0,7 sn'den uzun sürmeleridir.

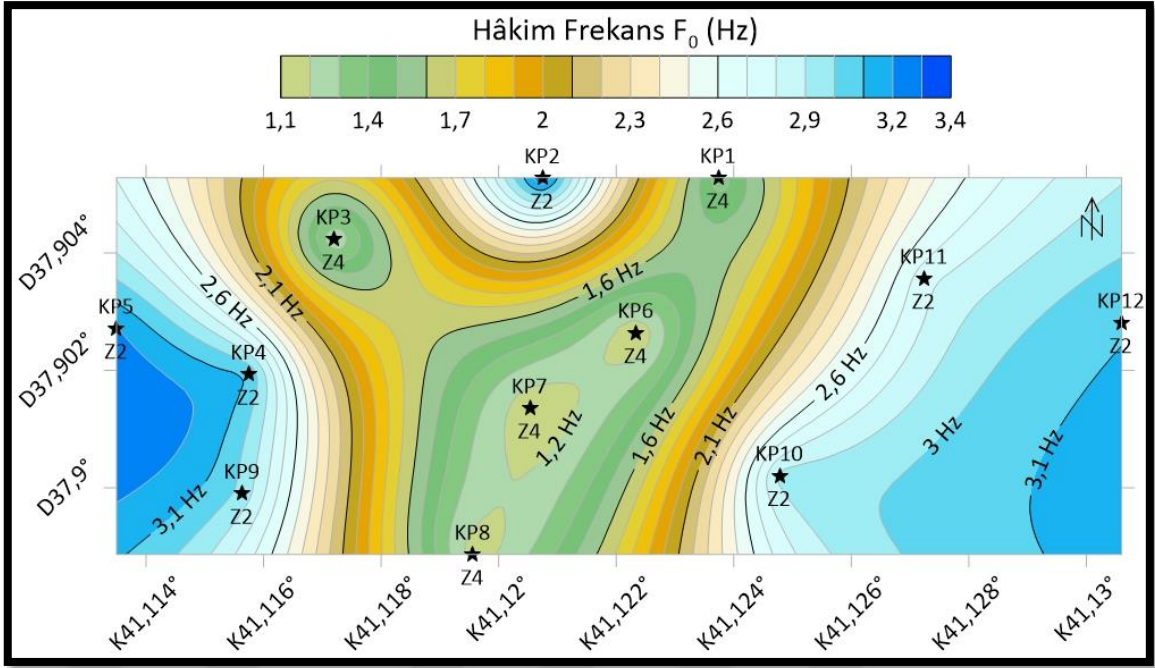


Şekil 4.31. Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden ilk 6 noktanın ölçüm noktasına ait H/V oran spektrumları

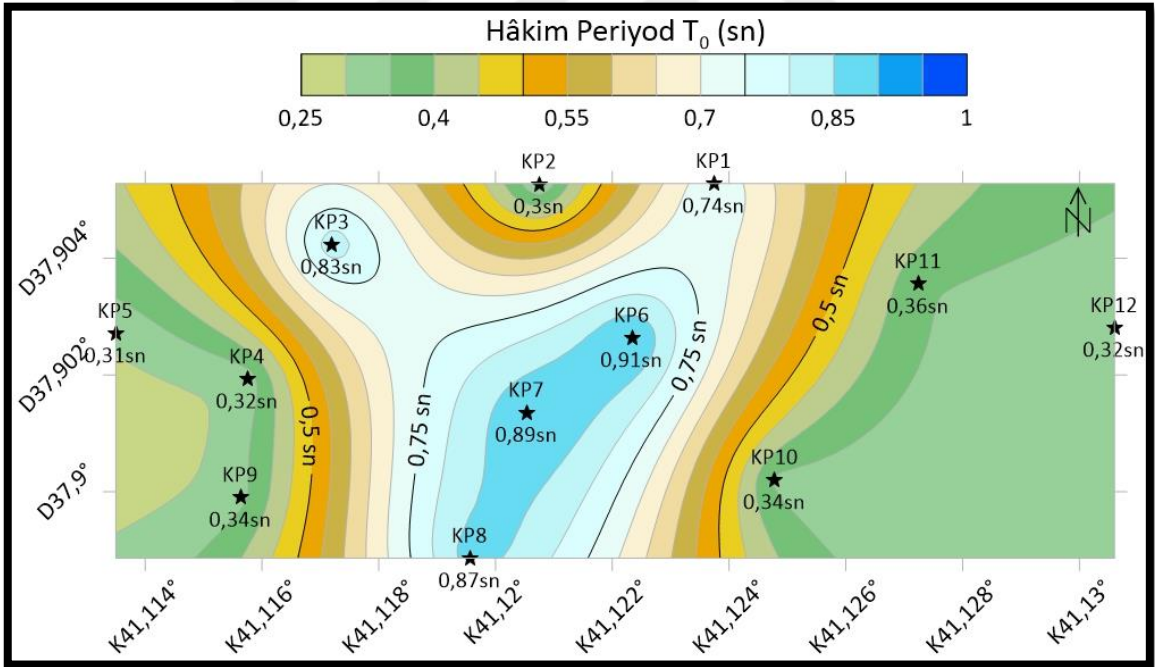
Batman ili jeoloji haritasında da (Şekil 4.2) görüleceği üzere Batman ilinin kuzey batısını oluşturan birimler “Eski Alüvyon” olarak nitelendirilir. Çalışma alanında doğudan batıya gidildikçe, Batman Çayına yaklaşıldıkça rakımın azalması (Şekil 4.30.) alüvyon tabakanın varlığını desteklemektedir. Belirtilen noktaların dışında kalan ölçüm noktalarının spektral oranları (Şekil 4.33 ve Şekil 4.34) alüvyonal katmanlarda alınan değerlerle aynı sonuçları vermektedir.



Şekil 4.32. Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden son 6 noktanın ölçüm noktasına ait H/V oran spektrumları



Şekil 4.33. Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 Baskın Frekans değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları. Frekans değerlerinin zemin sağlamlığı ile doğru orantılı olduğu, frekans büyüdükçe zeminin sağlaştığı görülmektedir



Şekil 4.34. Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen T Baskın Periyot değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları. Periyot değerlerinin zeminin sağlamlığı ile ters orantılı olduğu, periyot küçüldükçe zeminin sağlaştığı bilinmektedir.

4.7.2. Vs Dalgası Modelini Oluşturma ve Büyütme Analizi

Kanai (1983)'nin $T = 4H/V_s$ yumuşak sediman kalınlığı baskın periyod formülü üzerinden Vs hızının derinliğe göre değişim fonksiyonu olarak hesapladığımız Çizelge 4.12'deki tabloda, Pazaryeri ve Kültür mahallelerinin bilinen alüvyonal litolojisine karşılık gelen hız değerinden (180-360 m/sn hız bandındaki sert/sıkı zemin ya da sıkı kum, çakıl, kil) modelimiz için ana kaya kabul edebileceğimiz derinlik 12,5-15 metre olarak seçilmiştir.

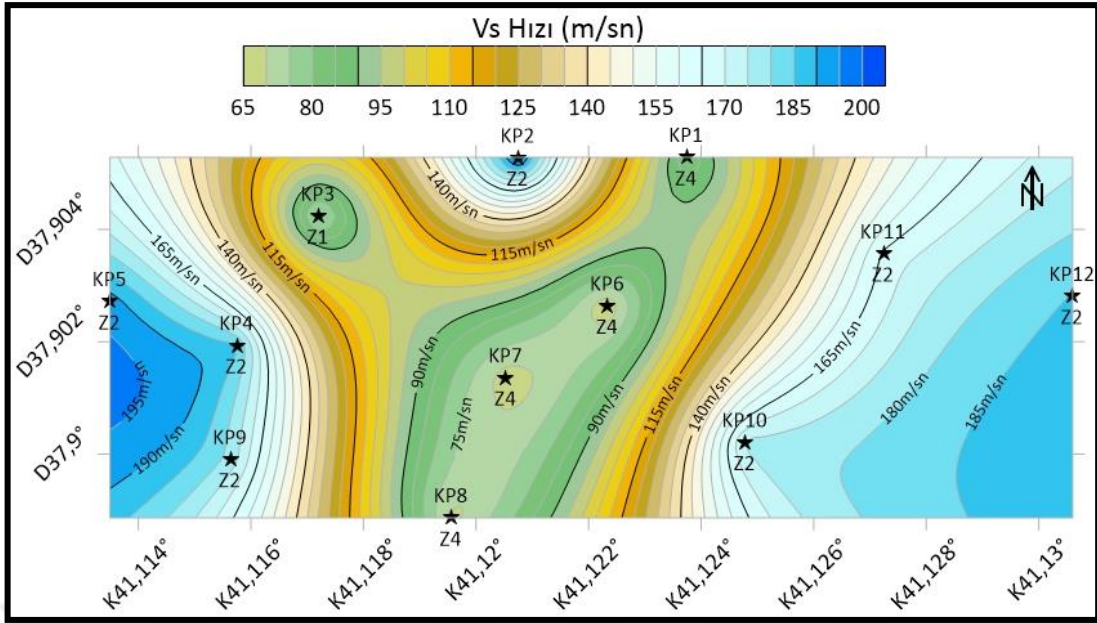
Şekil 4.35'de Kültür ve Pazaryeri mahallelerinde alanında mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 baskın frekans değerleri üzerinden Kanai, (1983)'nin ana kaya üzerindeki yumuşak zemin tabakası için ileri sürdüğü $T = \sum 4H_i/V_{si}$ formülünü kullanarak 15 metre derinlik için V_s hızlarının hesaplanarak oluşturulan hız haritası modeli ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları verilmiştir.

Çizelge 4.12. Kültür ve Pazaryeri Mahalleleri ölçüm noktalarındaki hâkim frekans değerleri ile derinliğin bir fonksiyonu olarak hesaplanan Vs hızının derinliğe göre değişimi

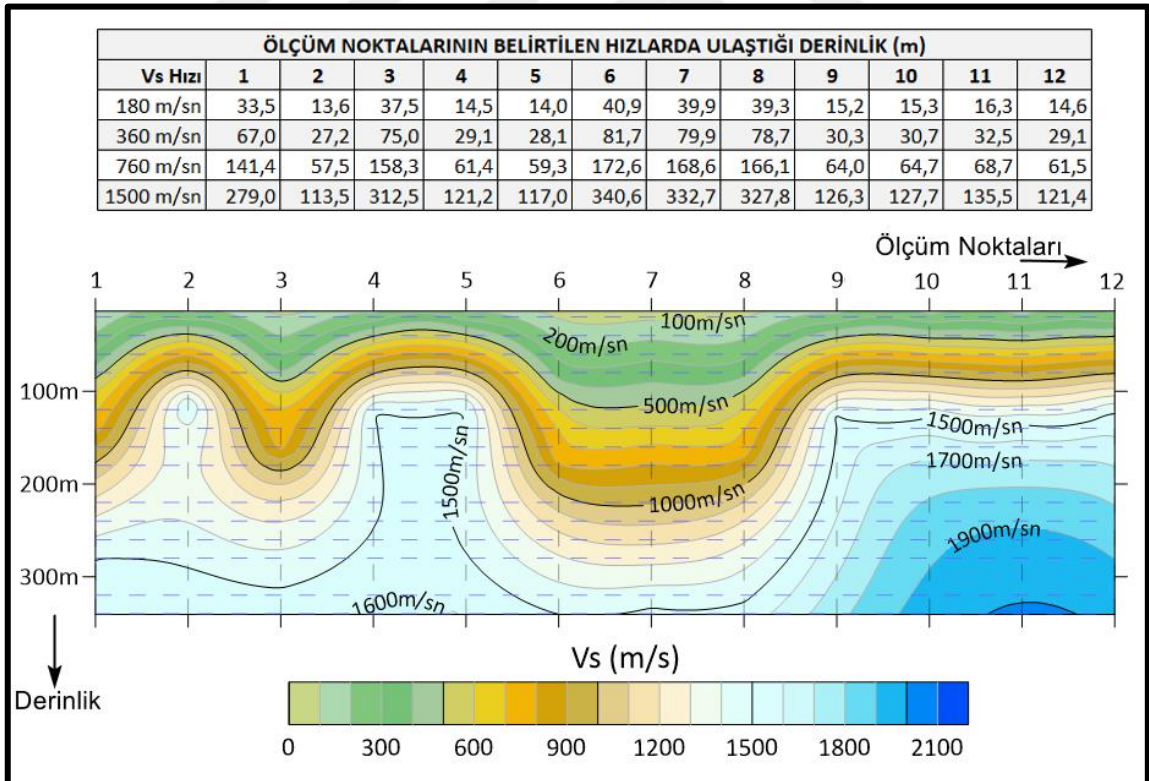
		ÖLÇÜM NOKTALARININ DERİNLİKLE DEĞİŞEN Vs HIZI (m/s)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SEDİMAN TABAKASININ SİĞDAN DERİNE DEĞİŞEN KALINLIĞI (m)	2,5	13,44	33,03	12	30,95	32,06	11,01	11,27	11,44	29,69	29,36	27,67	30,88
	5	26,88	66,06	24	61,9	64,12	22,02	22,54	22,88	59,38	58,72	55,34	61,76
	7,5	40,32	99,09	36	92,85	96,18	33,03	33,81	34,32	89,07	88,08	83,01	92,64
	10	53,76	132,1	48	123,8	128,2	44,04	45,08	45,76	118,8	117,4	110,7	123,5
	12,5	67,2	165,2	60	154,8	160,3	55,05	56,35	57,2	148,5	146,8	138,4	154,4
	15	80,64	198,2	72	185,7	192,4	66,06	67,62	68,64	178,1	176,2	166	185,3
	17,5	94,08	231,2	84	216,7	224,4	77,07	78,89	80,08	207,8	205,5	193,7	216,2
	20	107,5	264,2	96	247,6	256,5	88,08	90,16	91,52	237,5	234,9	221,4	247
	22,5	121	297,3	108	278,6	288,5	99,09	101,4	103	267,2	264,2	249	277,9
	25	134,4	330,3	120	309,5	320,6	110,1	112,7	114,4	296,9	293,6	276,7	308,8
	27,5	147,8	363,3	132	340,5	352,7	121,1	124	125,8	326,6	323	304,4	339,7
	30	161,3	396,4	144	371,4	384,7	132,1	135,2	137,3	356,3	352,3	332	370,6

Şekil 4.36'da Kültür ve Pazaryeri Mahalleleri mikrotremor kayıtları kullanılarak Kanai (1983)'nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin (eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılıyorsa) ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli verilmiştir.

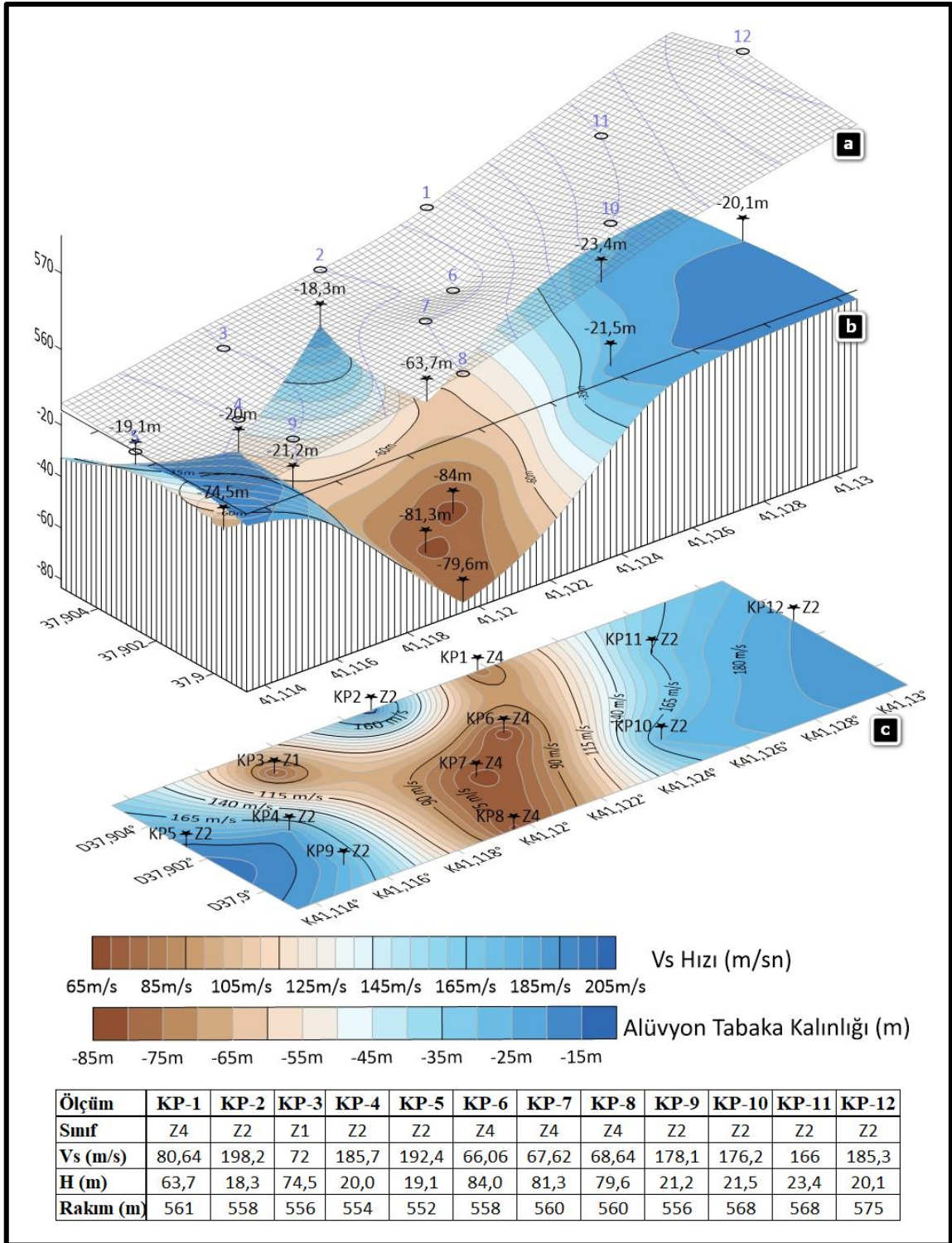
Şekil 4.27'de ise Kültür ve Pazaryeri Mahalleleri için hesaplanan V_s hızları, bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları ile Seht ve Wohlenberg, (1999)'in yumuşak sediman kalınlığı bağıntısından hesaplanan (H) derinlik değerleri ve ölçüm alanı rakım bilgilerinin 3 boyutlu görünümü verilmiştir.



Şekil 4.35. Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinde alanında mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 baskın frekans değerleri üzerinden Kanai, (1983)'nin ana kaya üzerindeki yumuşak zemin tabakası için ileri sürdüğü $T = \Sigma 4H_i/V_{si}$ formülünü kullanarak 15 m derinlik için V_s hızlarının hesaplanarak oluşturulan hız haritası modeli ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları.



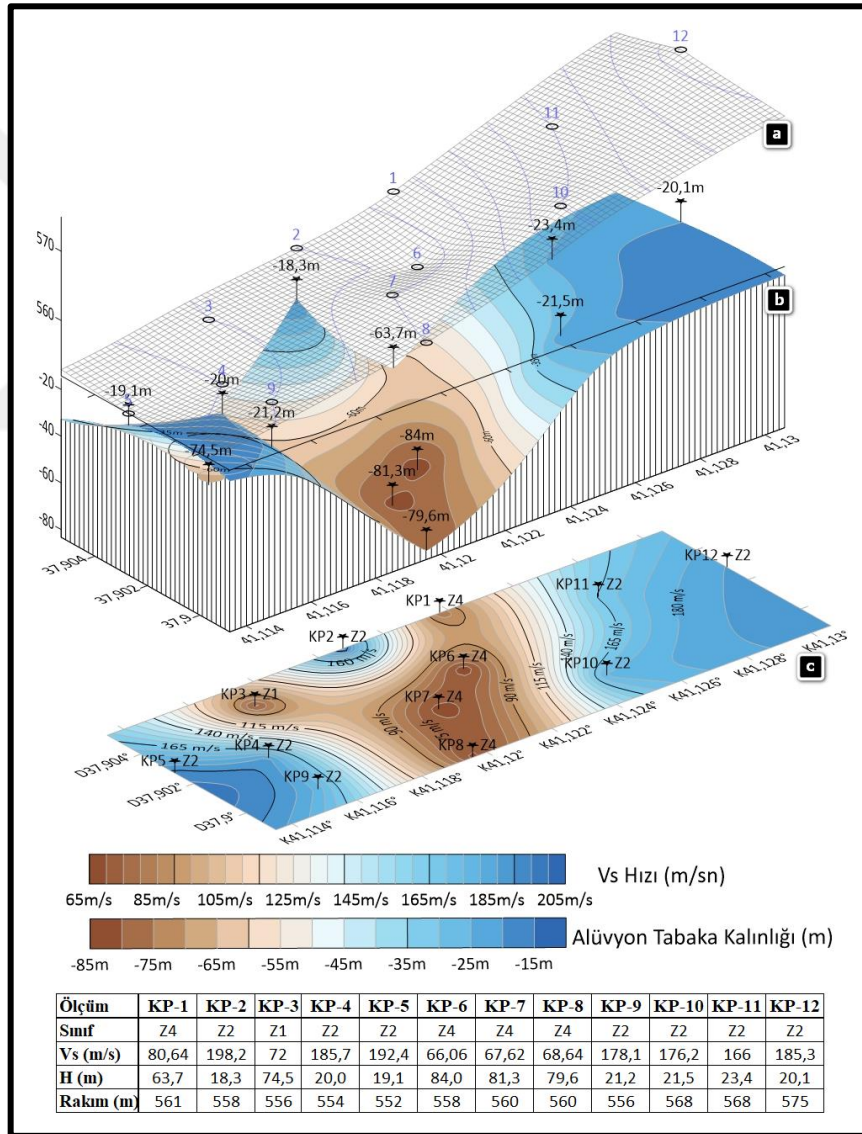
Şekil 4.36. Kültür Pazaryeri mahalleleri mikrotremor kayıtları kullanılarak Kanai (1983)'nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli.



Şekil 4.37. Kültür Pazaryeri Mahallelerinde alınan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 Baskın Frekans değerleri üzerinden a) Ölçüm alanının eş yükseklik haritası. b) Seht ve Wohlenberg (1999)'in yumuşak sediman kalınlığı $H = 96f^{-1.388}$ bağıntısı ile hesaplanan (H) derinlik değeri. c) Kanai, (1983)'nin ana kaya üzerindeki yumuşak zemin tabakası için ileri sürdüğü $T = \Sigma 4H_i/V_{si}$ formülünü kullanarak V_s hızlarının hesaplanmasıyla oluşturulan hız haritası ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları.

4.7.3. Kültür & Pazaryeri Mahalleleri Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

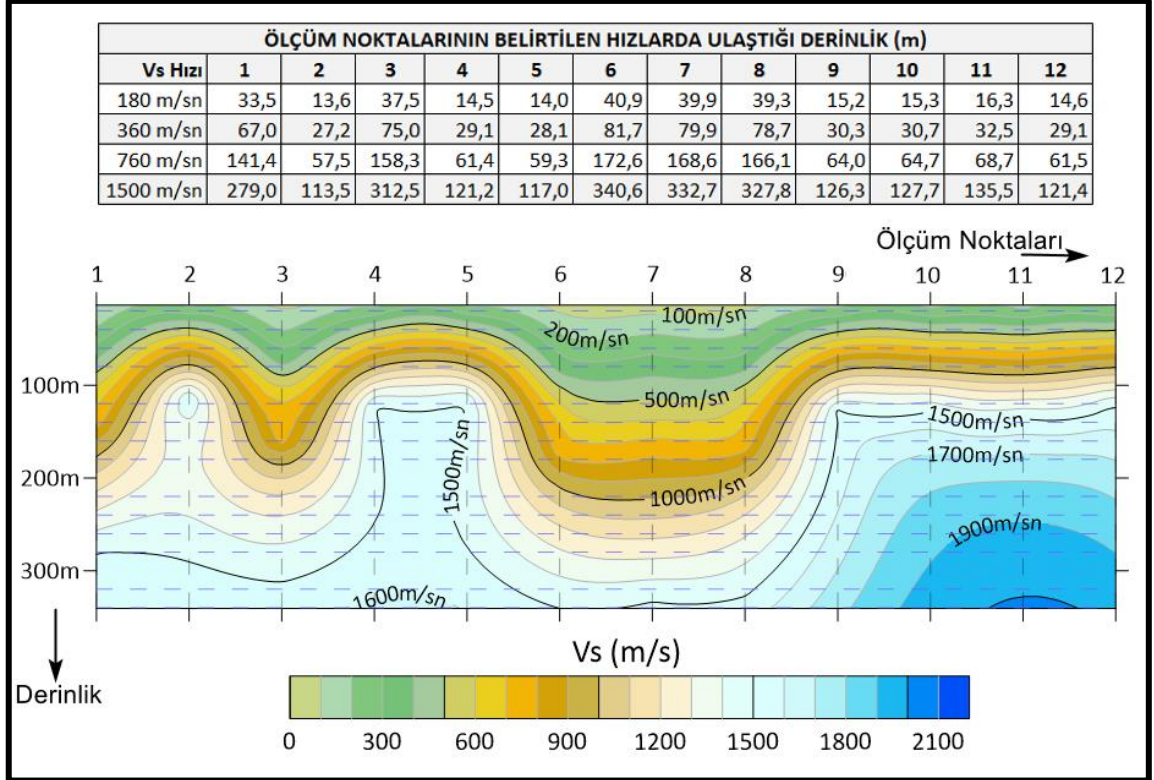
Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinde doğudan batıya doğru yönelen bir rakım azalmasına karşın yapılan model çalışmasında özellikle 4, 9, 10, 11 ve 12 numaralı ölçüm noktalarında sediman kalınlığının fark edilebilir ölçüde değişmediği görülmektedir (Şekil 4.38). Buna karşın 1, 6, 7, 8 numaralı noktalarda zeminin zayıf dayanımlı çıkması kuzey batıdan güney doğuya doğru uzanan bir boşluk ya da faylanmadan kaynaklandığı düşünülebilir. Aynı etkiyi yüksek yeraltı suyu da verebilmektedir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Kültür Pazaryeri Mahalleleri a) Ölçüm alanının eş yükseklik haritası. b) Seht ve Wohlenberg (1999)'in yumuşak sediman kalınlığı $H = 96f^{-1.388}$ bağıntısı ile hesaplanan (H) derinlik değeri. c)

Kanaı, (1983)'nin ana kaya üzerindeki yumuşak zemin tabakası için ileri sürdüğü $T = \Sigma 4H_i/V_{si}$ formülünü kullanarak V_s hızlarının hesaplanmasıyla oluşturulan hız haritası ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları.

Mikrotremor kayıtlarından elde ettiğimiz frekans değerleri üzerinden modellenen Vs hızları ve bu hızlara bağlı yeraltı modeli oluşturulmaya çalışılmış olup 6, 7, ve 8 numaralı ölçüm noktalarındaki değerler kuzey batı–güney doğu uzanımlı koridor şeklindeki bölgeyi kısmi olarak ta olsa yansıtmaktadır (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Kültür Pazaryeri mahalleleri mikrotremor kayıtları kullanılarak Kanai (1983)'nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli.

4.8. Gap ve Bahçelievler Mahalleleri Mikrotremor Ölçümleri

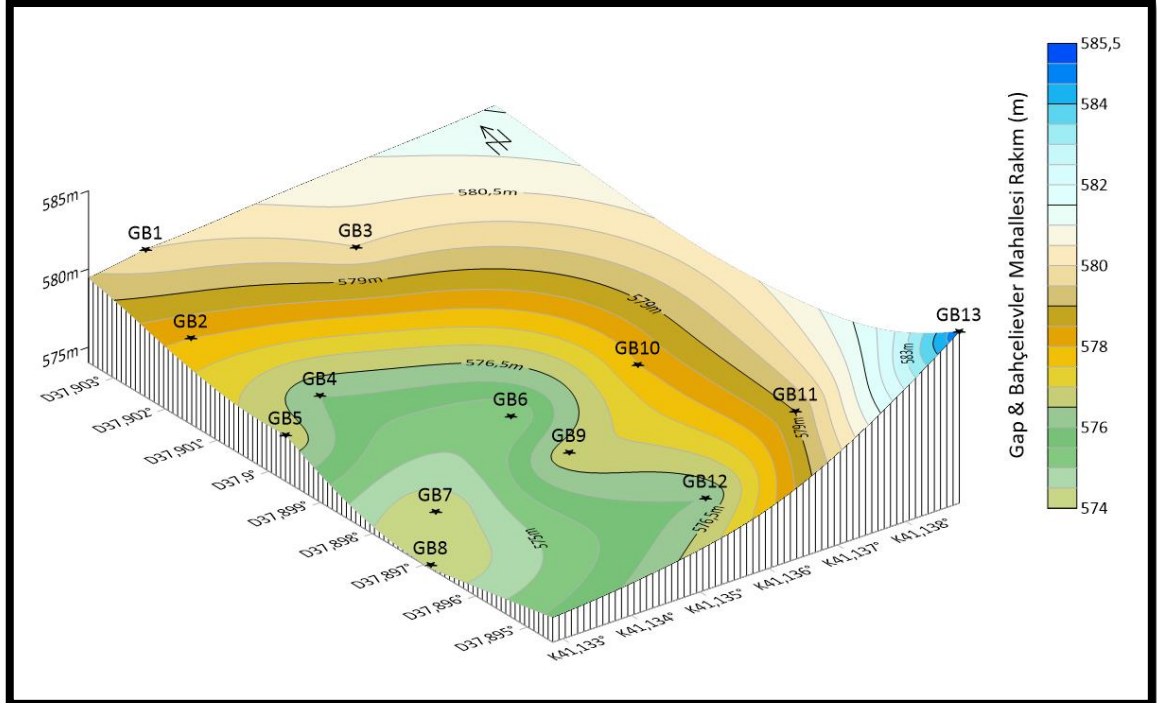
Batman'ın Merkez ilçesine bağlı Gap ve Bahçelievler Mahallesi Şekil 4.40'da görülmektedir. Mahallelerin Turgut Özal Bulvarı üzerindeki yerleşimlerinde daha çok işletmeler hakimken iç kısımlarına doğru mahalli yerleşim alanları mevcuttur. Gap Mahallesi, Kültür Mahallesi'ne komşu olup Turgut Özal Bulvarı sınıрыyla birbirinden ayrılır. Turgut Özal Bulvarı üzerinde genellikle büyük plazalar mevcutken, arka caddesinde lokanta ve kafe sektörleri revaçtadır. Batman'ın sosyal yaşamı bu bölgede yoğunlaşmıştır. Mahallenin özellikle doğu kısmında ve yer yer iç kısımlarında kentsel dönüşüm süreci hızlanmıştır. Şekil 4.41'de Batman Merkez Gap ve Bahçelievler Mahalleleri ölçüm noktaları eş yükseklik haritası verilmiştir. Çizelge 4.13'de ise Gap ve Bahçelievler Mahalleleri mikrotremor ölçüm noktaları verilmiştir.



Şekil 4.40. Batman ili kent merkezi Gap & Bahçelievler Mahalleleri mikrotremor ölçüm noktaları

Çizelge 4.13.Gap ve Bahçelievler Mahalleleri mikrotremor ölçüm noktaları.

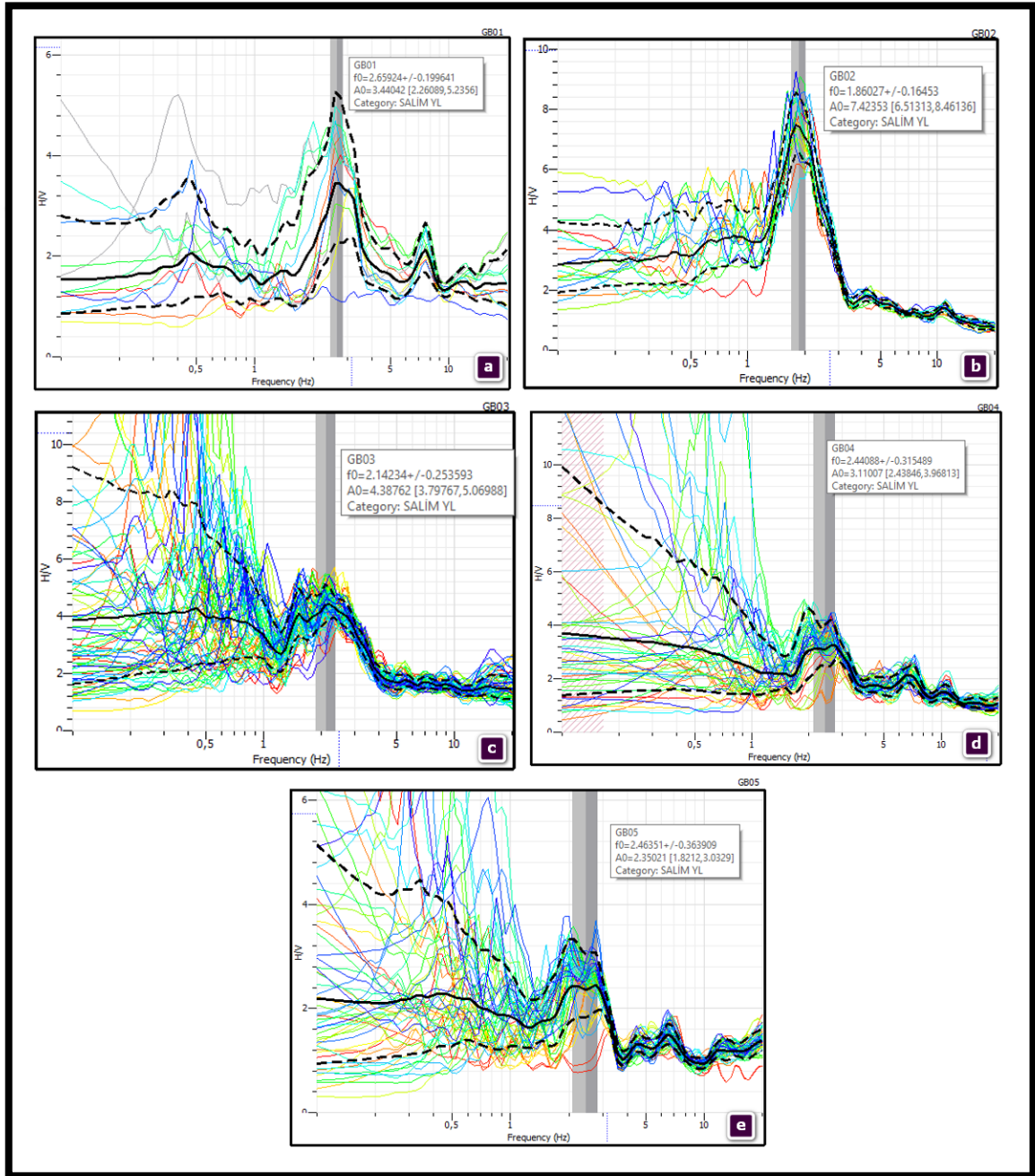
Ölçü No	Tarih & Saat	Koordinatlar		Rakım (m)	Hakim Frekans (Hz)	Hakim Peryod (sn)	Zemin Sınıfı
		Boylam (K)	Enlem (D)				
GB1	19.11.14 19:02	37°54'12.55"K	41° 8'1.28"D	580	2,659	0,376	Z2
GB2	19.11.14 12:47	37°54'7.18"K	41° 7'59.61"D	578	1,86	0,538	Z3
GP3	19.11.14 11:27	37°54'7.45"K	41° 8'8.47"D	580	2,142	0,467	Z2
GB4	20.11.14 19:36	37°54'1.95"K	41° 8'2.43"D	576	2,44	0,410	Z2
GB5	20.11.14 10:06	37°53'58.82"K	41° 7'58.28"D	577	2,464	0,406	Z2
GB6	20.11.14 14:22	37°53'56.73"K	41° 8'8.51"D	575	2,676	0,374	Z2
GB7	20.11.14 11:17	37°53'52.78"K	41° 8'1.59"D	574	2,471	0,405	Z2
GB8	29.11.14 15:48	37°53'49.01"K	41° 7'58.49"D	574	2,183	0,458	Z2
GP9	30.11.14 11:27	37°53'50.45"K	41° 8'6.84"D	577	2,723	0,367	Z2
GP10	30.11.14 14:05	37°53'53.96"K	41° 8'13.08"D	578	3,269	0,306	Z2
GP11	28.11.14 16:42	37°53'45.37"K	41° 8'9.60"D	579	2,181	0,459	Z2
GP12	28.11.14 17:30	37°53'44.63"K	41° 8'9.60"D	576	2,02	0,495	Z2
GP13	28.11.14 18:11	37°53'40.25"K	41° 8'19.60"D	585	1,91	0,524	Z3



Şekil 4.41. Batman Merkez Gap ve Bahçelievler Mahalleleri ölçüm noktaları eş yükseklik haritası

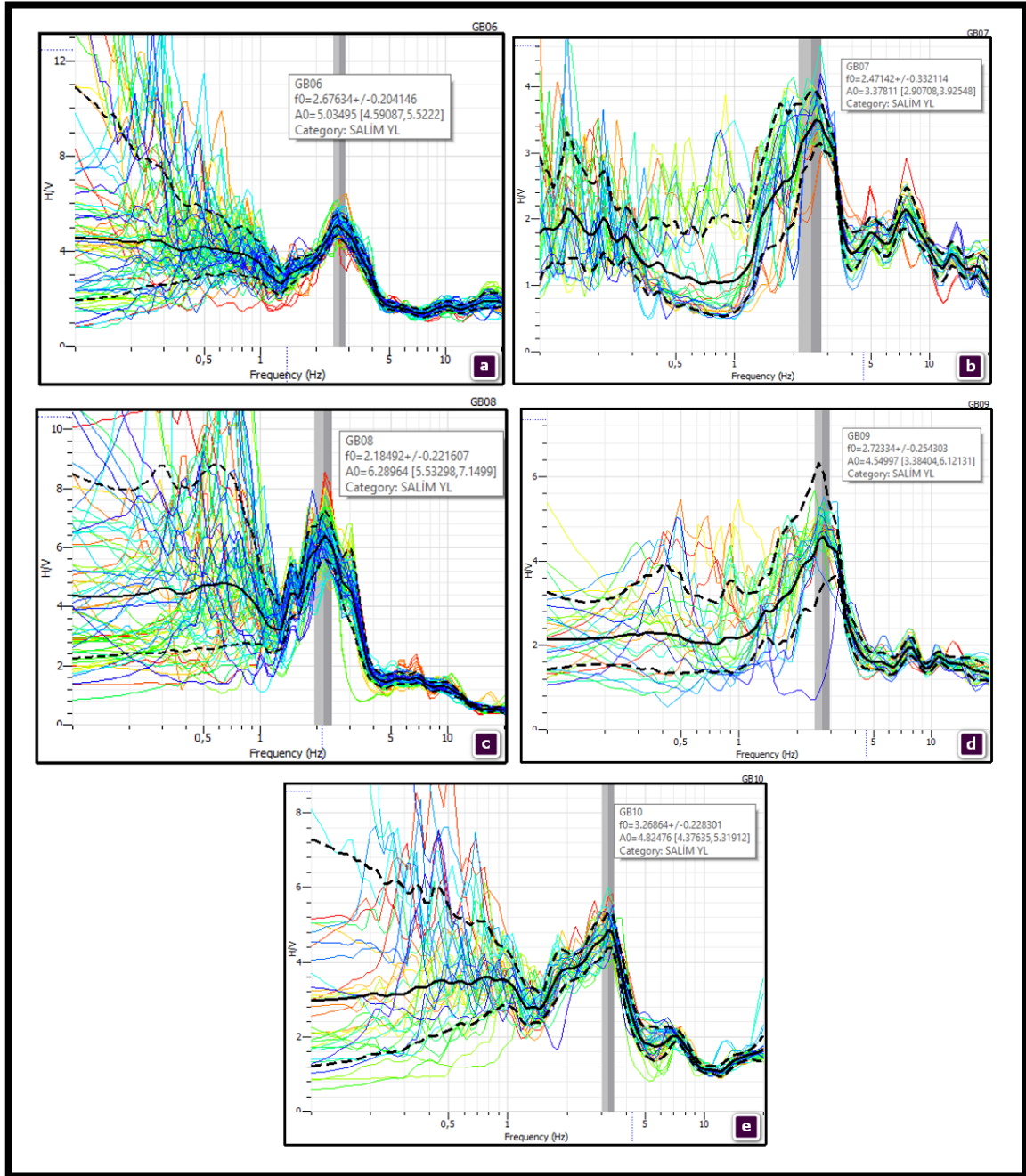
4.8.1. Spektral Oran & Hâkim Periyotlara Göre Zeminlerin İrdelenmesi

Gap ve Bahçelievler Mahallelerinde toplanılan mikrotremor kayıtlarına ait H/V spektral oranları Şekil 4.42 ve Şekil 4.43’de verilmiştir. Zemin hâkim periyodları 0,2-0,4 saniye arasında değişmiştir. Bölgeyi temsil eden baskın birimin eski alüvyon olmasından dolayı elde edilen ölçüm sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

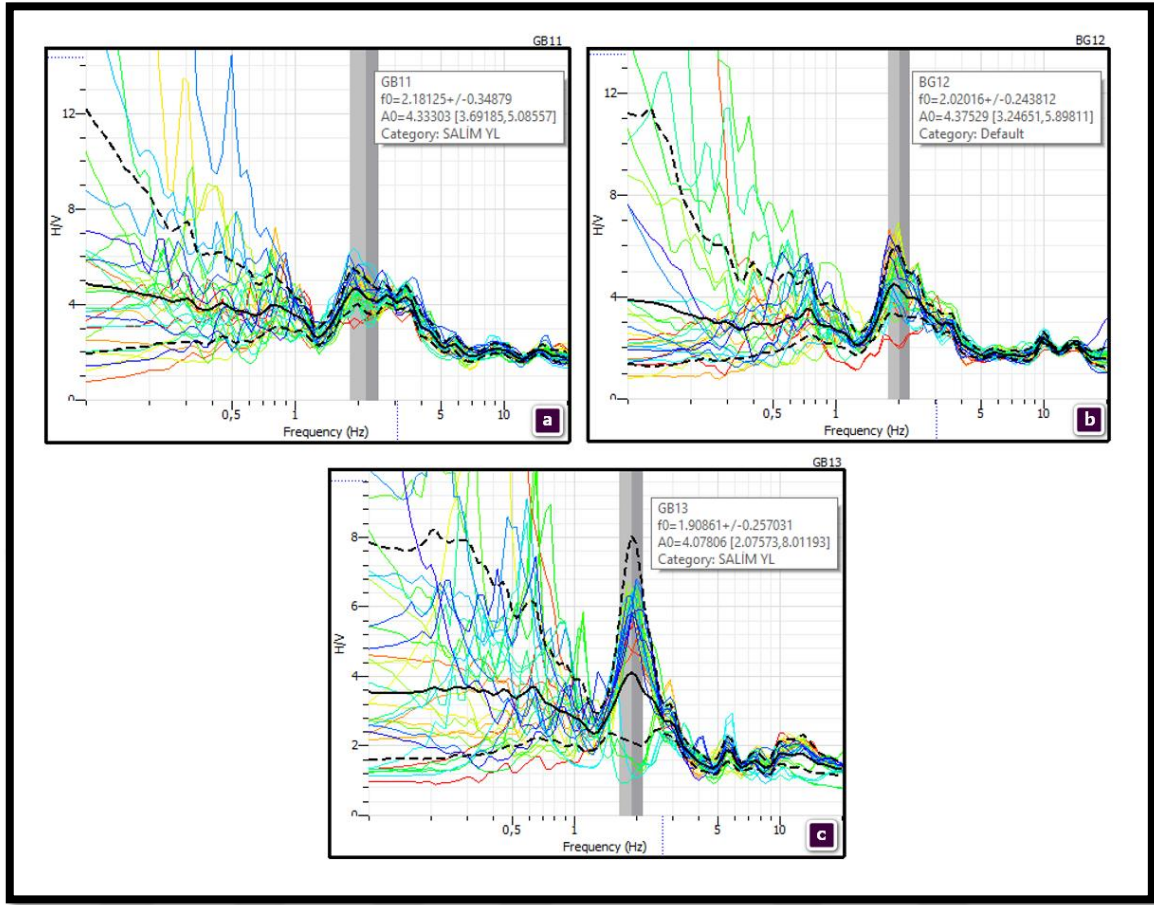


Şekil 4.42. Gap Mahallesinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden ilk 5 noktanın ölçüm noktasına ait H/V oran spektrumları

Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'deki H/V oranlarından da görüleceği üzere, ölçüm değerleri birbirine çok yakın olup bölgenin alüvyondan oluştuğu spektrumlarda görülen keskin tek bir pik vermesinden de anlaşılmaktadır.

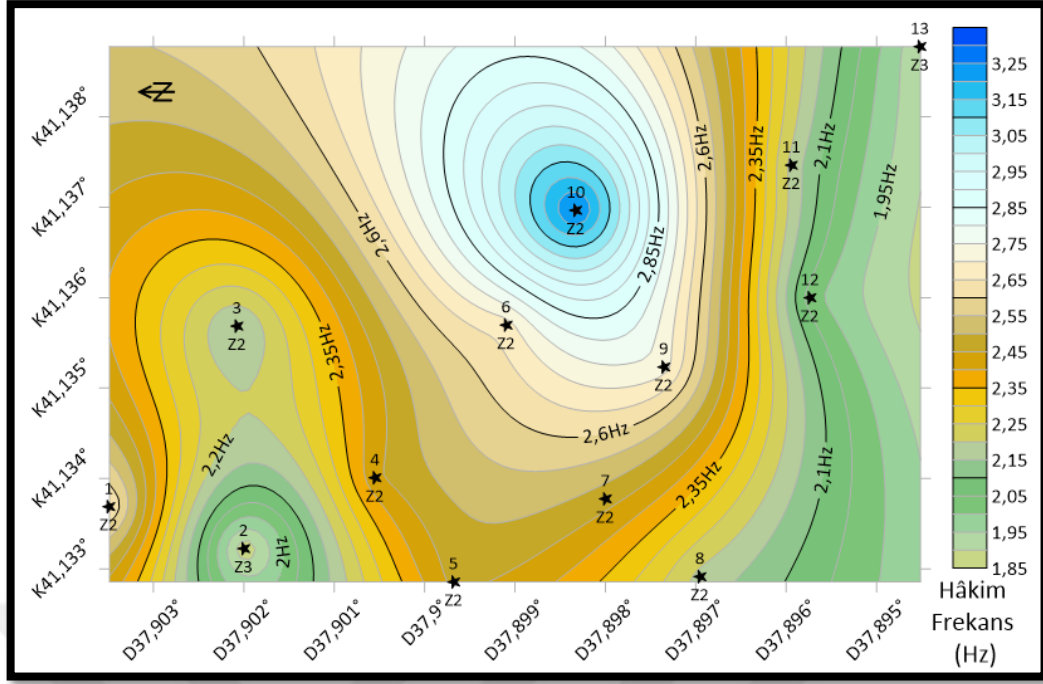


Şekil 4.43. Gap Mahallesiinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden son 5 noktanın ölçüm noktasına ait H/V oran spektrumları

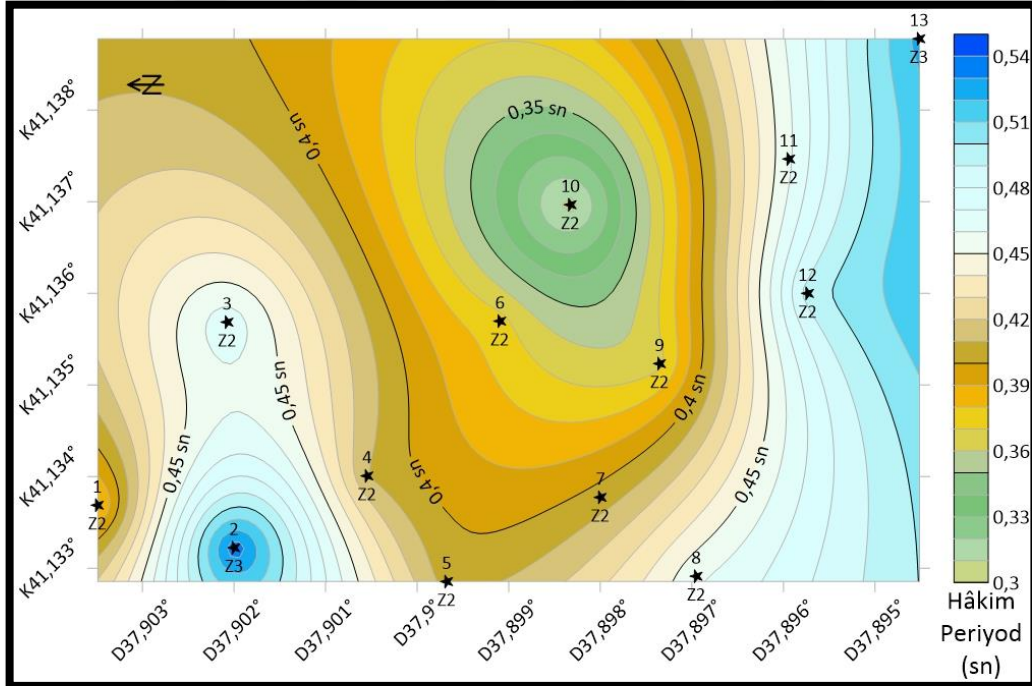


Şekil 4.44. Bahçelievler Mahallesinde yapılan mikrotremor ölçümlerine ait H/V oran spektrumları

Şekil 4.44’de Gap ve Bahçelievler mahallelerinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 baskın frekans değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları verilmiştir. Frekans değerlerinin zemin sağlamlığı ile doğru orantılı olduğu, frekans büyüdükçe zeminin sağlamlaştığı görülmektedir (Şekil 4.44). Şekil 4.45’de ise Gap ve Bahçelievler Mahallelerinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen T baskın periyot değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları verilmiştir. Periyot değerlerinin zeminin sağlamlığı ile ters orantılı olduğu, periyot küçüldükçe zeminin sağlamlaştığı bilinmektedir.



Şekil 4.44. Gap ve Bahçelievler Mahallelerinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 baskın frekans değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları. Frekans değerlerinin zemin sağlamlığı ile doğru orantılı olduğu, frekans büyüdükçe zeminin sağlamlığı görülmektedir



Şekil 4.45. Gap ve Bahçelievler Mahallelerinde yapılan mikrotremor ölçümlerinden elde edilen T baskın periyot değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları. Periyot değerlerinin zeminin sağlamlığı ile ters orantılı olduğu, periyot küçüldükçe zeminin sağlamlığı bilinmektedir.

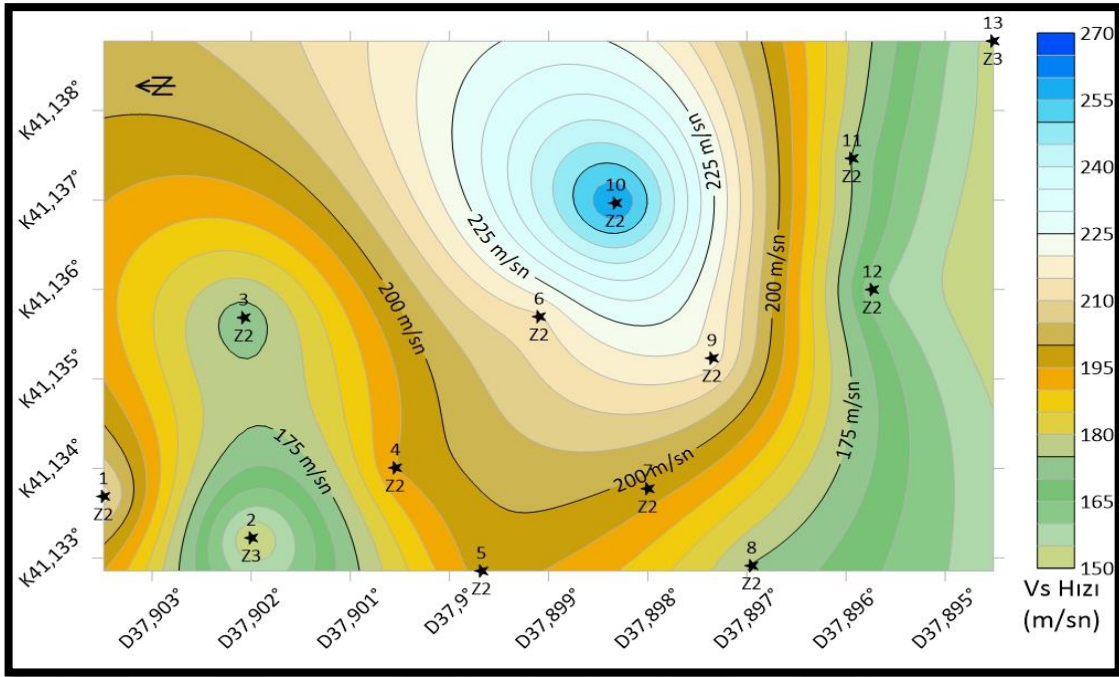
4.8.2. Vs Dalgası Modelini Oluşturma ve Büyütme Analizi

Kanai (1983)'nin $T = 4H/V_S$ yumuşak sediman kalınlığı baskın periyod formülü üzerinden Vs hızının derinliğe göre değişim fonksiyonu olarak hesapladığımız Çizelge 7 'deki tabloda, Gap ve Bahçelievler mahallelerinin bilinen alüvyonal litolojisine karşılık gelen hız değerinden (180-360 m/sn hız bandındaki sert/sıkı zemin ya da sıkı kum, çakıl, kil) modelimiz için ana kaya kabul edebileceğimiz derinlik 20 metredir.

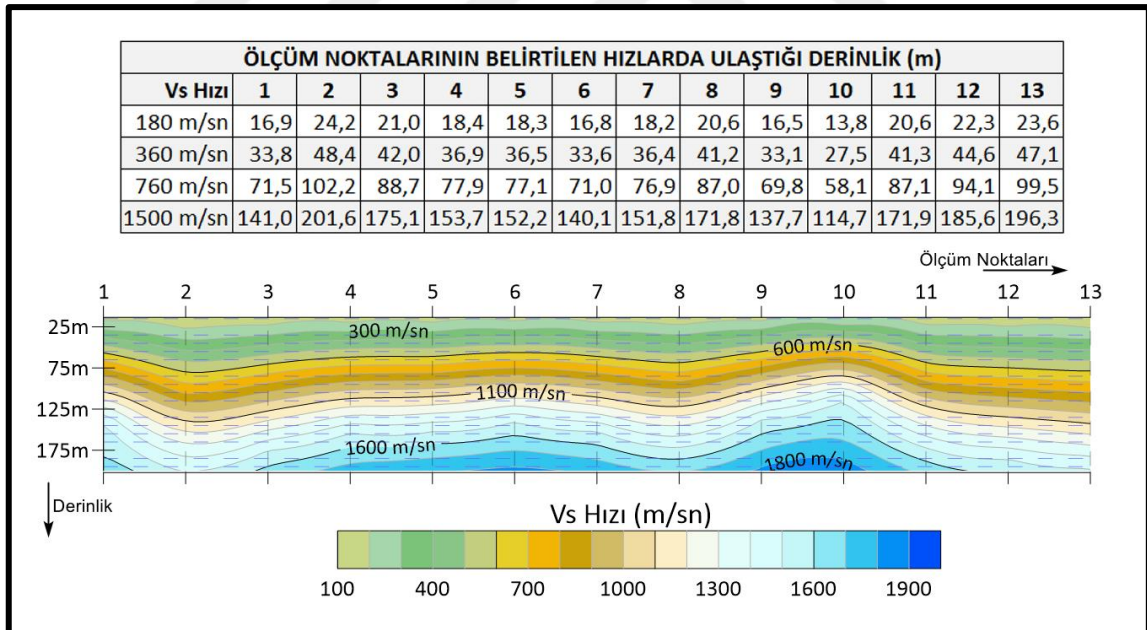
Çizelge 4.14'de Gap ve Bahçelievler Mahalleleri ölçüm noktalarındaki hâkim frekans değerleri ile derinliğin bir fonksiyonu olarak hesaplanan Vs hızının derinliğe göre değişimi verilmiştir. Şekil 4.46'da Gap ve Bahçelievler Mahallelerinde alanında mikrotremor ölçümlerinden elde edilen F_0 baskın frekans değerleri üzerinden Kanai, (1983)'nin ana kaya üzerindeki yumuşak zemin tabakası formülünü kullanarak 15 metre derinlik için Vs hızlarının hesaplanarak oluşturulan hız haritası modeli ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları verilmiştir. Şekil 4.47'de ise Gap ve Bahçelievler Mahallelerinde mikrotremor kayıtları kullanılarak Kanai (1983)'nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin (eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayımı üzerine) ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli verilmiştir.

Çizelge 4.14. Gap ve Bahçelievler Mahalleleri ölçüm noktalarındaki hâkim frekans değerleri ile derinliğin bir fonksiyonu olarak hesaplanan Vs hızının derinliğe göre değişimi

		ÖLÇÜM NOKTALARININ DERİNLİKLE DEĞİŞEN Vs HIZI (m/s)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SEDİMAN TABAKASININ SİĞDAN DERİNE DEĞİŞEN KALINLIĞI (m)	2,5	27	19	21	24	25	27	25	22	27	33	22	20	19,1
	5	53	37	43	49	49	54	49	44	54	65	44	40	38,2
	7,5	80	56	64	73	74	80	74	65	82	98	65	61	57,3
	10	106	74	86	98	99	107	99	87	109	131	87	81	76,4
	13	133	93	107	122	123	134	124	109	136	163	109	101	95,5
	15	160	112	129	146	148	161	148	131	163	196	131	121	115
	18	186	130	150	171	172	187	173	153	191	229	153	141	134
	20	213	149	171	195	197	214	198	175	218	262	174	162	153
	23	239	167	193	220	222	241	222	196	245	294	196	182	172
	25	266	186	214	244	246	268	247	218	272	327	218	202	191
	28	292	205	236	268	271	294	272	240	300	360	240	222	210
30	319	223	257	293	296	321	297	262	327	392	262	242	229	



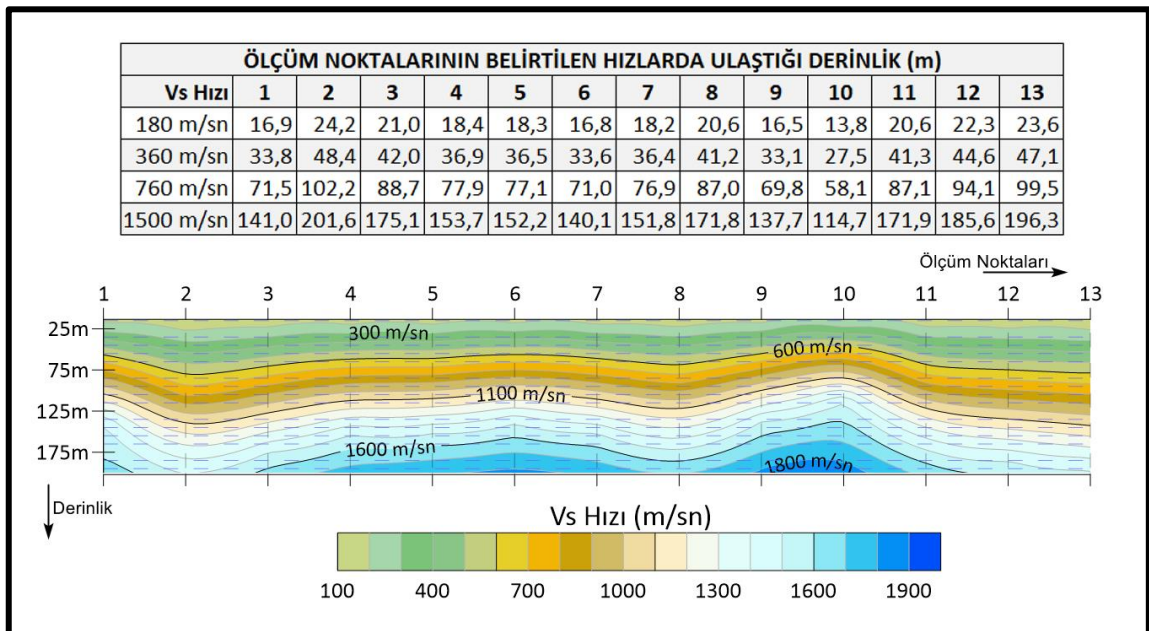
Şekil 4.46. Gap ve Bahçelievler Mahallelerinde yapılan mikrotremör ölçümlerinden elde edilen F_0 baskın frekans değerleri üzerinden Kanai, (1983)'nin ana kaya üzerindeki yumuşak zemin tabakası için ileri sürdüğü $T = \Sigma 4H_i/V_{si}$ formülünü kullanarak 15m derinlik için V_s hızlarının hesaplanarak oluşturulan hız haritası modeli ve bu değerlere karşılık gelen zemin sınıfları



Şekil 4.47. Gap ve Bahçelievler mahallelerinde mikrotremör kayıtları kullanılarak Kanai (1983)'nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli

4.8.3. Gap ve Bahçelievler Mahalleleri Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Şekil 4.48’de Gap ve Bahçelievler mahallelerinde mikrotremor kayıtları kullanılarak Kanai, (1983)’nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin (eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı) ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli gösterilmiştir. Gap ve Bahçelievler Mahallesiindeki ölçümler sonucunda sediman kalınlığını modellediğimizde mevcut jeolojik eski alüvyon tabakası ile bire bir örtüşmektedir.



Şekil 4.48. Gap ve Bahçelievler mahallelerinde mikrotremor kayıtları kullanılarak Kanai (1983)’nin bağıntısı üzerinden bilinen zemin sınıflama hızlarına karşılık gelen derinlik değerleri ile ölçümlerin eşit aralıklarla düz bir profil üzerinden alınmış olduğu varsayılsaydı ortaya çıkacak olan hıza bağlı derinlik modeli

5.SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında, Batman il merkezi ve yakın çevresinde mikrotremor yöntemi kullanılarak alınan mikrotremor kayıtları, bölgenin jeolojik yapısı göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmada 3-bileşen hız ölçer sismometre ile ölçümler alınmış, veriler Geopsy yazılımında Yatay/Düşey Spektral Oranlar (Nakamura) yöntemi ile çözümlenmiş, bölgenin bilinen jeolojisi ve ilgilenilen araştırma derinliği göz önünde bulundurularak zemin hâkim frekansı saptanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, ölçüm noktasındaki baskın frekans ile zemini oluşturan litoloji birlikte irdelenerek, bölgenin hâkim frekans haritaları yapılmış ve bölgenin jeolojisi ile elde edilen mikrotremor ölçümleri arasındaki ilişkiler yorumlanarak tartışmaya sunulmuştur.

Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1-) Batman il merkezi ve yakın çevresinde alınan mikrotremor kayıtları bölgenin jeolojik yapısı göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Genel olarak ölçüm alınan her 3 bölgede elde edilen bulgular ile bölgenin jeolojik yapısı birebir örtüşmektedir.

2-) Batı Raman kampüs alanına ait zemin parametrelerini belirlemek amacıyla, 2014 ve 2019 yıllarında toplam 15 noktada CMG-6TD cihazı ile tek istasyon yöntem kullanılarak mikrotremor kayıtları alınmıştır. Ölçüm noktalarından 3, 4, 6, 8 ve 12 numaralı noktalar haricindeki diğer noktalarda birden fazla pik görüldüğü, baskın frekans değerlerinin 5 Hz ve üzerinde olduğu periyodlarının 0,2 saniyenin altında kaldığı bununda Batı Raman kampüs alanında hakim olan çok kırıklı, orta zayıf dayanımlı yer yer kil ara bantlı kireç taşı birimine tekabül ettiği düşünülmektedir.

3-) Batı Raman kampus alanındaki 3,4,6,8 ve 12 numaralı ölçüm noktalarının ortak karakteristik özellikleri ise baskın frekanslarının 5 Hz ve altında olduğu, hakim periyodlarının 1 saniye civarında şekillendiği, spektral oranlarında genelinde yüksek genlikli ve tek bir baskın pik olduğu görülmüştü. Bu durum gevşek birimlerin hâkim olduğu bölgelerde düşük frekanslara kayan belirgin ve yüksek genlikli baskın pikler şeklinde spektrumlara yansımıştır.

4-) Batı Raman Kampüs alanında 4, 6 ve 8 numaralı ölçüm noktaları için çıkan çok yüksek değerler sediman kalınlığının etkisinin yanı sıra ölçüm noktasındaki kırıklı, boşluklu ya da bozunmuş alanlara işaret ettiği tespit edilmiştir.

5-) Batı Raman Kampüs alanında alınan kayıtlar ve değerlendirmeler sonucunda elde edilen sediman kalınlığı ve buna bağlı modellenen Vs hızları bölgenin “*çok kırıklı, orta zayıf dayanımlı yer yer kil ara bantlı kireç taşı birimi*” olarak ifade edilen yapısı ile uyuşmaktadır.

6-) Batı Raman Kampüs alanında alınan ölçümler ile 2007 yılında alınan uydu fotoğraflarından da elde edilen bilgilere göre, 4, 7, 11, 12, 13 ve 14 numaralı ölçüm noktaları eski tarla yolunun altında kalan eğimli alana denk gelmektedir. Daha öncesinde sürülmemiş 14 ve 15 numaralı ölçüm noktaları ile sağlam yapılan dolgu üzerinde alınan 11 ve 13 numaralı ölçümlerde sıkı zemin değerleri (Z1) elde edilmiştir. Fakat aynı sıradaki 12 numaralı ölçüm noktasındaki dolgu alanında değerler çok düşük olan (Z4) zemin sınıfında olduğu söylenebilir.

7-) Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinden alınan mikrotremor kayıtlarında 1, 3, 6, 7 ve 8 numaralı noktaların baskın frekans değerlerinin 1 Hz civarında olması, büyük ve tek bir pik yapmış olması bölgenin zayıf sediman bir katmanla karakterize edildiği tespit edilmiştir.

8-) Kültür ve Pazaryeri Mahallelerinde doğudan batıya doğru yönelen bir rakım azalmasına karşın yapılan model çalışmasında özellikle 4, 9, 10, 11 ve 12 numaralı ölçüm noktalarında sediman kalınlığının fark edilebilir ölçüde değişmediği belirlenmiştir. Belirtilen noktaların dışında kalan ölçüm noktalarının spektral oranları alüvyonal katmanlarda alınan değerlerle aynı sonuçları vermektedir. Buna karşın 1, 6, 7, 8 numaralı noktalarda zeminin zayıf dayanımlı çıkması kuzey batıdan güney doğuya doğru uzanan bir boşluk ya da faylanmadan kaynaklandığına işaret etmektedir.

9-) Gap ve Bahçelievler Mahallelerinde toplanılan mikrotremor kayıtlarında zemin hâkim periyodları 0,2-0,4 saniye arasında değişmiştir. Bölgeyi temsil eden baskın birimin eski alüvyon olmasından dolayı elde edilen ölçüm sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Gap ve Bahçelievler Mahallesiindeki ölçümler sonucunda sediman kalınlığını modellediğimizde mevcut jeolojik eski alüvyon tabakası ile bire bir örtüşmekte olduğu söylenebilir.

10-) Sonuç olarak mikrotremor yöntemi uygulanarak yapılan mühendislik çalışmalarında kritik derinlik olan ilk 30 metrenin irdelenebileceği ve ölçüm sonuçları ile jeolojik özelliklerin korele edilebileceğidir. Ancak zeminlerin heterojen yapıda olmaları ve santimetre mertebesinde değişiklik göstermesi, mühendislik çalışmalarında tümleşik (farklı yöntem ve metot) çalışmaların yapılmasının daha sağlıklı olacağı sonucuna bizi götürür. Dolayısıyla özellikle geniş-büyük alanlarda yürütölen mühendislik amaçlı çalışmaların birkaç yöntemle desteklenmesinin fayda sağlayacağı aşikardır.

KAYNAKLAR

- Aki, K., 1957. Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, 35, 415-456.
- Aki, K., 1988. Local site effects on strong ground motion, *Proc. Earthquake Eng. Soil Dyn. II*, 103–155.
- Bard, P. Y., 1998. Microtremor Measurements: A Tool For Site Effect Estimation?, *Second International Symposium on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion – ESG98*, Japan.
- Beker, Y. 2011. Karadeniz Teknik Üniversitesi yerleşkesinde mikrotremor yöntemi ile zemin özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, , *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Borcherdt, R. D., 1970. Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 60, 29-61.
- Borcherdt, R. D., Wentworth, C. M., Glassmoyer, G., Fumal, T., Mork, P. ve Gibbs, J., 1991. On the observation and predictive GIS mapping of ground response in the San Francisco Bay region, *California: Fourth International Conference on Seismic Zonation*, Stanford, California, Proc., III, 545-552.
- Bour, M., Fouissac, D., Dominique, P. ve Martin, C., 1998. On the use of microtremor recordings in seismic microzonation, *Soil Dyn. and Earthq. Eng.*, 17, 465-474.
- Bolgi, T. ve Sezgin, M. (1960). İspandika-Kidil ve Kentalan-Garzan arasındaki Sahalarının strüktürel etüdüleri. *TPAO Arama Grubu, Rapor no. 136*, .s. 52.
- Bolgi, T. (1961). V. Petrol Bölgesi seksiyon ölçmeleri AR/TPO/261 nolu saha ile Reşan-Dodan arası batısındaki sahanın strüktürel etüdüleri. *TPAO Arama Grubu, Rapor No:162*. 52 s.
- Bullen, K. E. ve Bolt, B., 1985. An introduction to the theory of seismology, 433, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Chavez-Garcia, F.J.,Cuenca,J.,Sanchez-Sesma, F.J., 1996. Site Effects in Mexico City Urban Zone. *A Complementary Study, Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, (15), 141-146.
- Delgado, J., Casado, L. C., Estevez, A., Giner, J., Cuenca, A. ve Molina, S., 2000. Mapping Soft Soils in the Segura River Valley (SE Spain): A Case Study of Microtremors As An Exploration Tool, *Journal of Applied Geophysics*, 45, 19-42.
- Dikmen, Ü. ve Mirzaoğlu, M., 2005. The Seismic Microzonation Map of Yenişehir Bursa, Nw Of Turkey By Means Of Ambient Noise Measurements, *Journal Of Balkan Geophysical Society*, 8, 2, 53-62.

- Dikmen, Ü., 2005. Mikrotremor Yöntemi, Mühendislik Jeofiziği ve Uygulamaları Kurs Notları-1, Bölüm 10, 313-345, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası.
- Dikmen, Ü., 2006. Mikrotremor Yöntemi, Veri Toplama, Veri İşlem ve Yorum, Kısa Kurs Notları, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Ewing, M., Jardetzky, W. ve Press, F., 1957. Elastic Waves in Layered Media, Mc Graw-Hill, New York.
- Eren, Y. , Nalbantçılar, M.T. , Beyaz, T. , Dinç, S. , Ünal, M. , Arslan, Ş. ve Polat, S., 2012, Esentepe (Gültepe/Batman) Çukurunun Oluşum Mekanizması, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1 (2), 385-394, Batman.
- Gutterrez, C. ve Singh, S.K., 1992. A Site Effect Study in Acapulco, Guerrero, Mexico: Comparison of Results from Strong Motion and Microtremor Data, *Bulletin of Seismological Society of America*, 82, 1186-1205.
- Güven, A., Dinçer, A., Tuna, M.E. ve Çoruh T., 1991a, Güneydoğu Anadolu Kampaniyen-Paleosen otokton istifinin stratigrafisi; *TPAO Arama Grubu Rapor No. 2828*, 133 s., Ankara.
- Güralp Systems, 2014. CMG-6TD Operator's Guide, Güralp Systems Limited 3 Midas House Calleva Park Aldermaston, Reading Berks, RG7 8EA England.
- Herece, E. ve Akay, E., 1992, Karlıova-Çelikhan arasında Doğu Anadolu fayı. *Türkiye 9. Petrol Kongresi, Bildiriler*, 361-372, Ankara
- İmamoğlu, M. Ş. (1993). Gölbaşı (Adıyaman)-Pazarcık-Narlı(K.Maraş) Arasındaki Sahada Doğu Anadolu Fayı'nın Neotektonik İncelemesi. (Yayımlanmamış doktora tezi). *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Ishiyama, Y. 1982. "Motions of Rigid Bodies and Criteria for Overturning by Earthquake Excitations." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 10: 635-50.
- ISSMFE, 1993. Manual for zonation on seismic geotechnical hazards, published by Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Kanai, K. ve Tanaka A, T., 1961. On microtremors VII, *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, 39, 97-114.
- Kanai, K., 1966. Observation of Microtremor, XI., Matsushiro Earthquake Swarm Areas, *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, XLIV, Part 3, University of Tokyo.
- Kanai, K., 1983. Engineering Seismology, 251, University of Tokyo, Japonya.
- Karabulut, S., 2005. Büyükçekmece ilçesinde mikrotremor verileriyle mikrobölgeleme çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul*.

- Karabulut, S., 2012. İstanbul kenti için yer tepkisi ve 3 boyutlu (3-B) kayma dalga hızı (Vs) yapısının belirlenmesi, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Karakuş, A. (2010). Hasankeyf Tarihi Ören Yerinde Yapılan Gözlem ve İnceleme Raporu. *Dicle Üniversitesi*. 3 s., Diyarbakır.
- Konno, K. ve Ohmachi, T., 1998. Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88, 1, 228-241.
- Lermo, J. ve Chavez-Garcia F. J., 1994. Are microtremor useful site response Evolution?, *Bulletin of The Seismological Society Of America*, 84, 1350-1364.
- Liu, H. P., Boore, D. M., Joyner, W. B., Oppenheimer, D. H., Warrick, R. E., Zhang, W., Hamilton, J. C. ve Brown, L. T., 2000. Comparison of phase velocities from array measurements of Rayleigh waves associated with microtremors and results calculated from borehole shear-wave velocity profiles, *Bulletin of The Seismological Society Of America*, 90, 666-678.
- Louie, J. N., 2001. Faster, better: shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 91, 2, 347-364.
- Maxon, J.H. (1936). Geology of petroleum possibilities of the Hermis dome. *MTA Derleme no.255*, 25 s
- Midorikawa, S., 1987. Prediction of Isoseismal Map in the Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake, *Journal of Structural Engineering*, 33B, 43-38 (in Japanese with English abstract).
- Mukhopadhyay, S., Bormann, P. (2004): Mikrotremor verileri kullanılarak düşük maliyetli sismik mikrobölgeleme: Delhi, Hindistan'dan bir örnek. - *Asya Yer Bilimleri Dergisi* , 24 , 3, s. 271-280
- Mucciarelli, M., 1998. Reliability and Applicability of Nakamura's Technique Using Microtremors: An Experimental Approach., *Journal of Earthquake Engineering*, 2, 4., 625-638.
- Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of sub-surface using microtremor on the ground surface, *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*, 30, 1, 25-33.
- Nakamura, Y., 2008. On The H/V Spectrum: The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008. Beijing, China.
- Nguyen, F., Rompaey, V., Teerlynck, H., Van Camp, M., Jongmans, D. ve Camelbeeck, T., 2004. Use of microtremor measurement for assessing site effects in Northern

- Belgium–interpretation of the observed intensity during the Ms=5.0 June 11 1938 earthquake: *Journal of Seismology*, 8, 41–56.
- Nogoshi, M. ve Igarashi, T., 1971. On the Amplitude Characteristic of Microtremor, Part II, *Journal of Seismic Society of Japan*, 24, 26-40.
- NEHRP, National Earthquake Hazards Reduction Program ABD Ulusal Deprem Tehlikeleri Azaltma Programı (NEHRP)
- Ochiai, T., Enomoto, T., Abekı, N., Maeda, T. 2000. Seimic microzonation of predominant period of ground in Sagami Plain using H/V Spectra Ratio, Proc. 6th Int. Conf. On Seismic Zonation, Cal., USA. 10
- Okada, H., 2003. The Microtremor Survey Method (Geophysical Monograph Series no. 12), 135, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.
- Özgenç, A., 2014. Arsin ilçe merkezinde (Trabzon) zemin parametrelerinin yüzey dalgası yöntemleriyle belirlenmesi, Yüksek Lisan Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Park, C. B., Miller, R. D. ve Xia, J., 1999. Multi-channel analysis of surface waves, *Geophysics*, 64, 3, 800-808.
- Perinçek, D. (1978). V-VI-IX. Bölge (Güneydoğu Anadolu otokton-alloktion birimler) jeoloji sembolleri. *TPAO Arama Grubu, Rapor No.6657*.
- Perinçek, D. & Eren, A. G. 1990. Origin of the Amik Basin within the strike-slip East Anadolian and Dcad Sea fault zones. Proceedings of the 8th Petroleum Congress of Turkey, 16-20 April. 1990, Ankara, Turkey, 180-192.
- Rodriguez, M., Chavez-Garcia, F. J. ve Stephanson, W. R., 2000. 132WCEE, 1441.
- SESAME European Project, 2005. Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation.
- Seht, I. V. ve Wohlenberg, J., 1999. Microtremors Measurements Used to Map Thickness of Soft Sediments, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 89, 250-259.
- Singh, S.K. ve Ordaz, M., 1993. On The Origin of Long Coda Observed in The Lake-Bed Strong Motion Records of Mexico City", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 83, 1298-1306.
- S. Dinç, F. Keskin, 2017. Hasankeyf ve Çevresindeki (Batman) Birimlerin Petrografik Özellikleri, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi* Cilt 7 Sayı 2/2.
- Toksöz, M.N. ve Lacoss, R.T., 1968. Microseisms: mode structures and sources. *Science*, 159, 872-873.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) ; 18. Mart. 2018

http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/89227ad223d3b7a_ek.pdf

Yalçinkaya, 2010. Zemin Neden Bu Kadar Önemli, Jeofizik Bülteni Haziran/2010

Sayı:63, 77-80s.

http://www.jeofizik.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=24&dergi=2

Yılmaz, E., Duran, O. 1997. Güneydoğu Anadolu Bölgesi otokton ve allokton birimler stratigrafi adlama sözlüğü 'Lexicon'. *Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı Eğitim Yayınları*, No: 31, 460 s.



ÖZGEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Salim YILMAZ
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir, 1982
Telefon : 0 488 217 61 70

e-mail : salimyilmaz@hotmail.de

EĞİTİM

Derece		Bitirme Yılı
Lise	: Yunus Emre Tek. Lisesi (Elektronik Bl.) , Eskişehir	2000
Üniversite	: KTÜ Jeofizik Müh. Bölümü Trabzon	2008
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2006 (Devam Ediyor)	Tpao Batman Bölge Müdürlüğü	Malzeme Eksperti

YABANCI DİLLER

İngilizce