

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
Eğitim ve Yayın Dairesi Başkanlığı
Parsel Bazlı Zemin Etüt Çalışmaları Eğitimi
SAHA ARAŞTIRMALARINDA ARAZİ DENEYLERİ
KAPSAMINDA
YAPILACAK JEOFİZİK ARAŞTIRMALAR

Prof.Dr Mustafa AKGÜN

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Müh. Böl.

İzmir

SUNUM – 2 ve 3

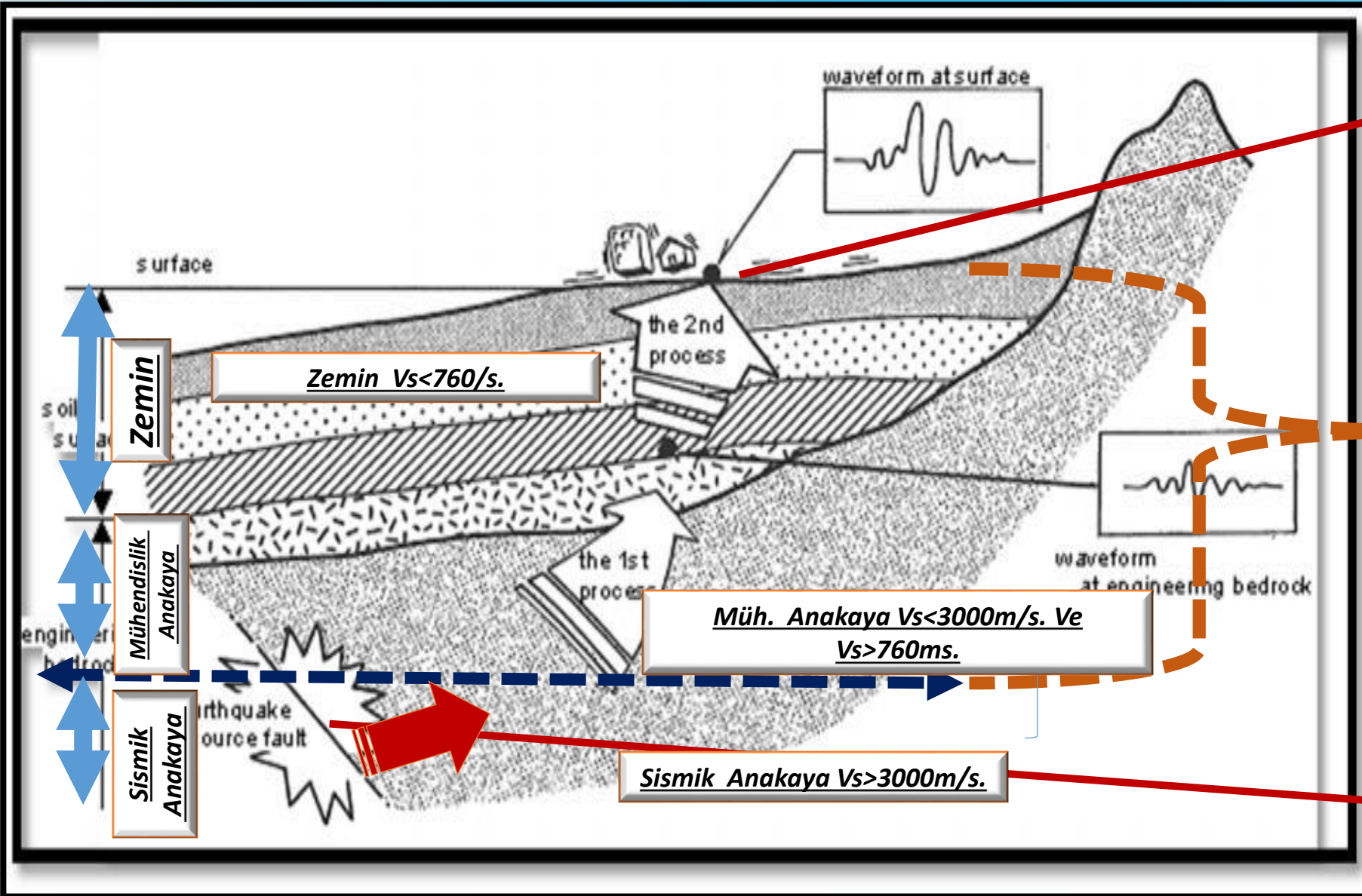
Sunum-1 de Parsel Bazlı Saha Araştırmalarında En önemli Tehlike Kaynağı Dinamik Yük (Deprem, Heyelan) Olarak Tanımladık.

Not: Parsel Nedir?

Parsel; İmar Kanununun 18. maddesine göre ayrılıp sınırlandırılmış arazi parçasıdır.

Bu Sunumda Deprem Tehlikesinin Araştırılmasına Yönelik Yapılacak Saha Araştırmalarının Amacı Kullanılacak Jeofizik Yöntemler Konusunda Bilgi Paylaşımına Yapmaya Çalışacağım

İlk Önce Deprem Etkisi Nerde Başlar Nerde Biter Kavramına Bakalım ki Zemin Tepki Analizleri İçin Hangi Seviye Kullanılacağına Karar Verelim.



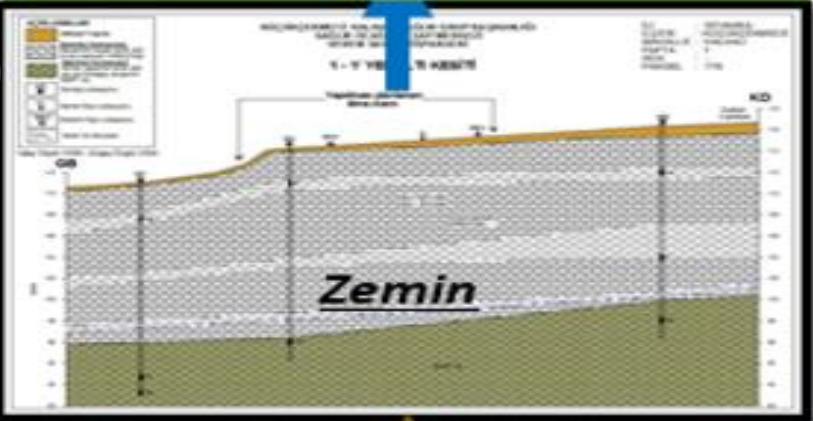
Deprem Etkisinin Bittiği Nokta (Zemin Yüzeyi)

- Deprem-Zemin Titreşim Hareketinde Değişim Yaratacak Ortam Tanımı
- Deneydeki Tablanın Titreşim Frekansını Etkileyecek Olan Alan
- Sismik Anakaya-Zemin Yüzeyi Arasında Kalan Ortamdır.
- Bu Ortamın Hangi Özellikleri Bu Değişimleri Yaratır?
- Bu Ortamın Kalınlığı Ne Kadardır?
- Bu Ortamın Özellikleri Zemin Yüzeyindeki Yapılara Nasıl Aktarılır?

Deprem Etkisinin Başlama Noktası (Deprem Kaynağı)



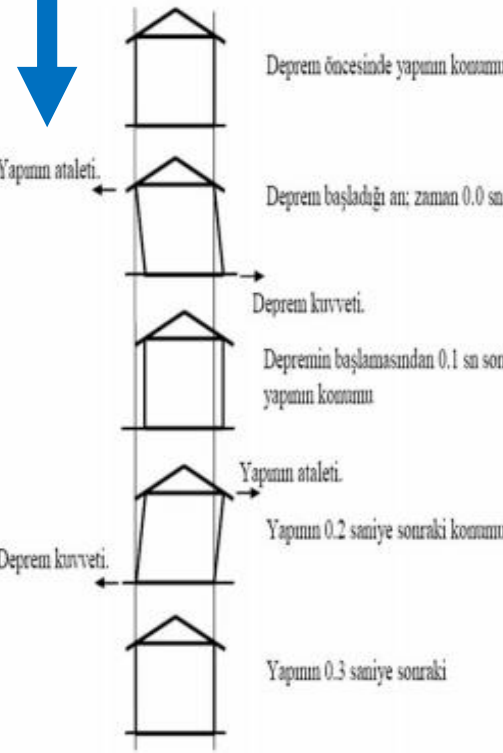
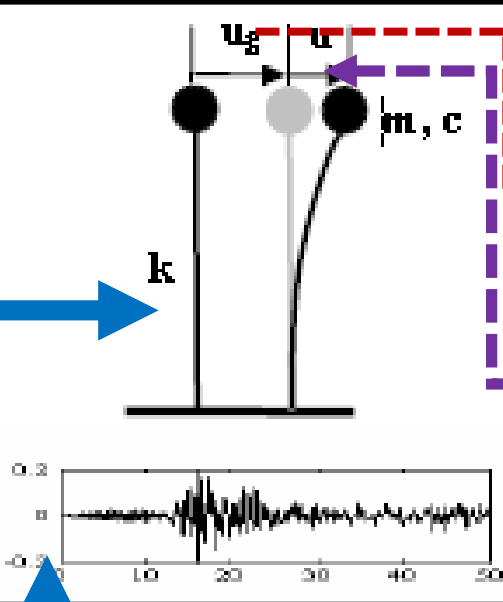
Zemin Yüzeyi – Yapı Tabanı Sınırı



Ana Kaya – zemin Sınırı

$$E(t) = \frac{1}{2} (\rho V) v^2(t),$$

Ana Kaya



Deprem sırasında zemin yüzeyinde Deprem-Zemin ve Zemin-Yapı ortak davranışı oluşur.

Önce Deprem-Zemin ve daha sonra Zemin-Yapı ortak hareketi sonucu yapının temeli U_g kadar yer değiştirir.

U_g maksimum olduğu anda yapının kendisinin üst tarafı da U kadar yer değiştirir.

Deprem-Zemin ortak hareketi, Zemin-Yapı ortak yer değiştirmesi U_g nin değerini belirler. Bunun için yatay deprem kuvveti ve zemin özellikleri araştırılmalıdır..

Yapının yapacağı U yer değiştirme değerini de yapının kütle, yükseklik ve sönüm katsayısı belirler.

Ancak hangi yapının harekete geçmesine neden olacak olay deprem-zemin ortak davranışının spektral ortamdaki Hakim Genlik Frekans değerlerinden kaynaklanır.

Bu durumda sonuç nedir?

Deprem olmadan önce zemin titreşim hakim genlik frekans değerleri ile U_g değerinin araştırılması amacıyla saha araştırmaları yapılması gerekmezmi?

Deprem Mühendisliği ve Yapı Dinamiği

Dr. Kemal Beyen

İnş. Yük. Müh. (M.S.)

Deprem Yük. Müh. (Ph. D.)

İ.M.O. İstanbul Şubesi Seminerleri 2006

Bu Deprem Bize Zemin

Anakaya Yapısının Ve

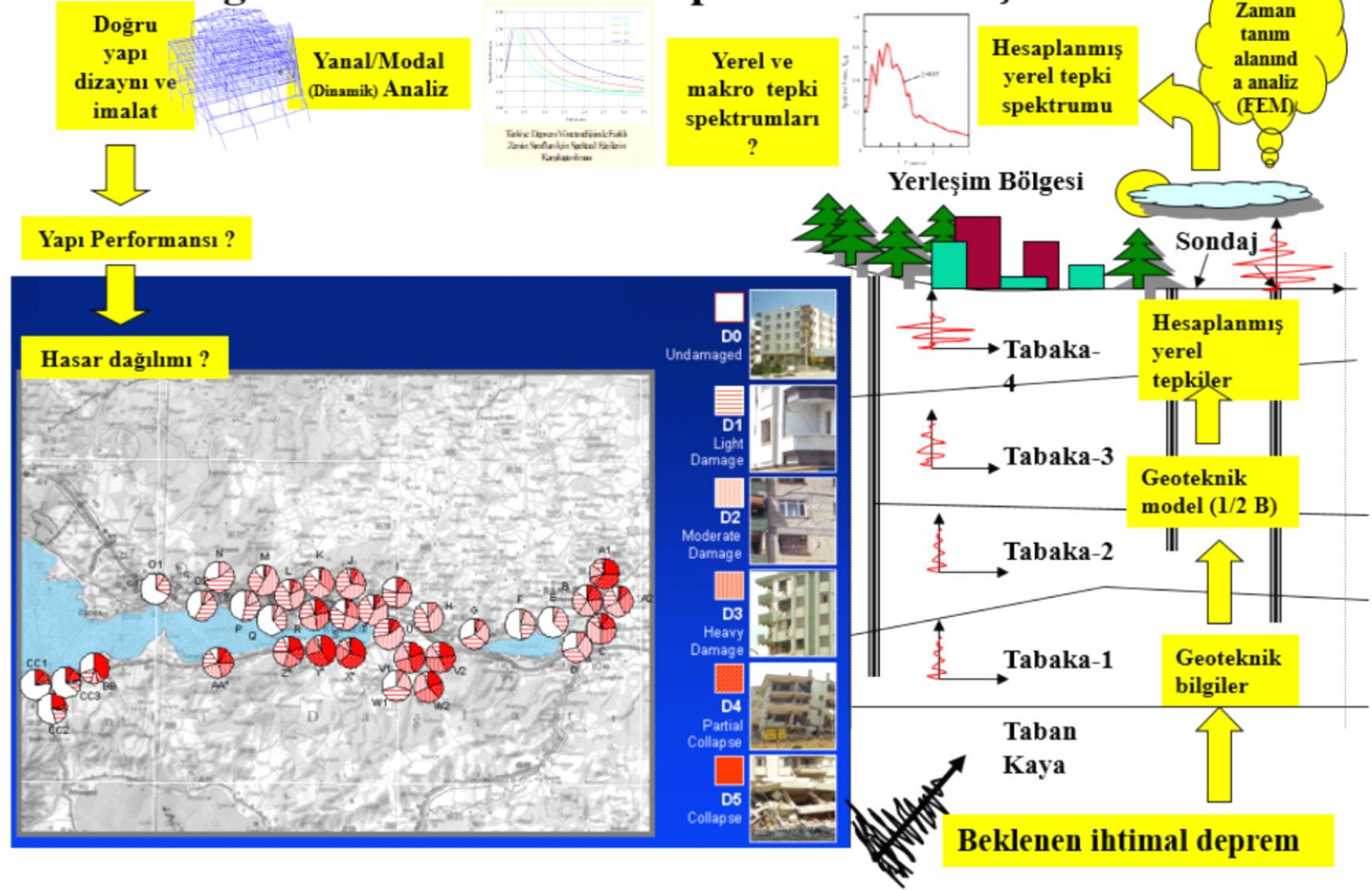
Modelinin Zemin

Yüzeyindeki Yapısal

Hasarlar Üzerinde Etkili

Olduğunu Göstermiştir.

17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminin Sonuçları ve



....acaba hasar dağılımını gelecekte azaltabilirmiyiz ...

Kemal Beyen
Kemal Beyen

Deprem Mühendisliği ve Yapı Dinamiği

Dr. Kemal Beyen

İnş. Yük. Müh. (M.S.)

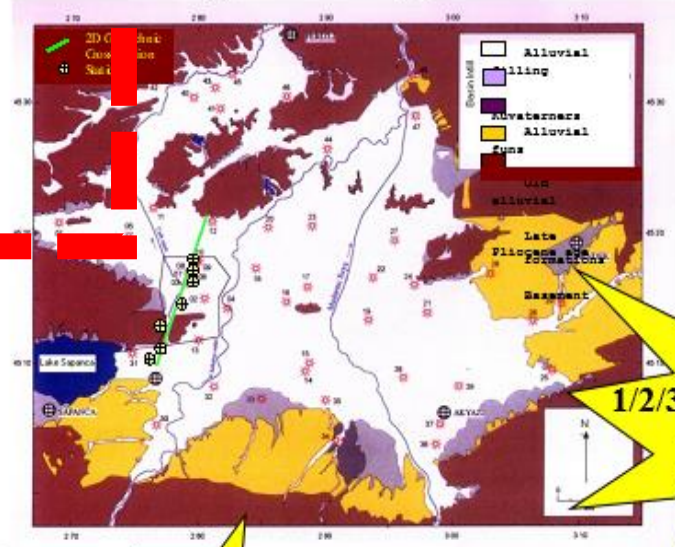
Deprem Yük. Müh. (Ph. D.)

İ.M.O. İstanbul Şubesi Seminerleri 2006

**Çalışma Alanlarına Uygun Olarak
Yapılacak Jeoloji ve Jeofizik
Saha Araştırmaları
İle Oluşturulacak
Zemin Anakaya Modelleri ile
İstenilen Analizler 1-2 ve 3
Boyutlu Olarak Yapılabilir.**

**Çünkü Günümüzde Her Türü
Analiz Programını En Kısa Sürede
Çalıştıracak Ve Sonuç Verecek
Bilgisayar Olanakları Var.**

Kaç Boyutlu Analiz ?



Jeoloji...

Formasyonların
1/2/3 Boyutlu mühendislik
parametreleri ve
dinamik değerleri

Analiz Programları...
FEM/BEM/FDM

1/2/3 Boyutlu
zemin davranış
modelleri



Bilgisayar/kapasite...

Zaman...

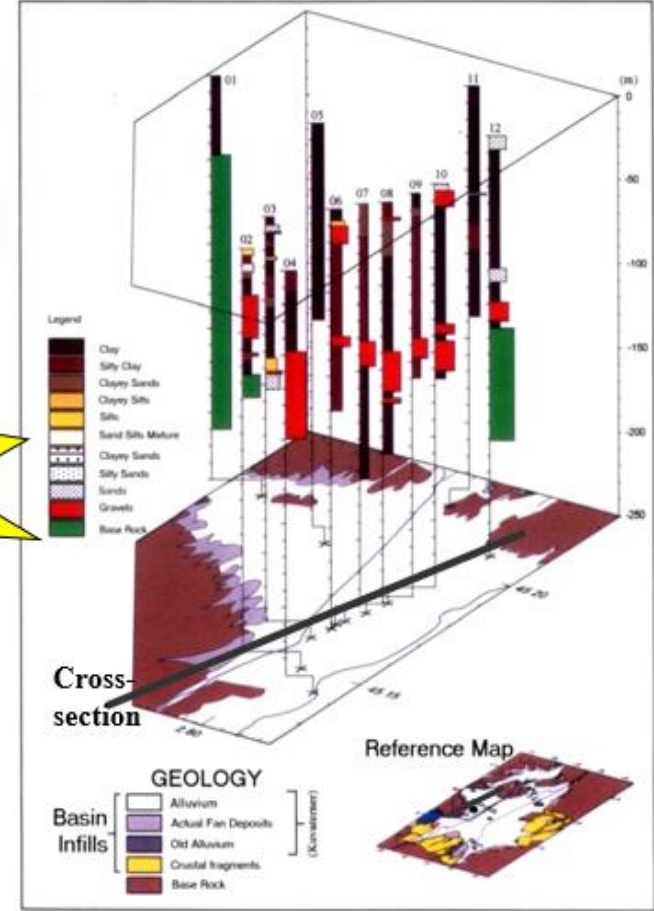


Figure 2 Logs and description of geological features of the West part of Adapazari plain and the cross-section used for this study.

Depremlerin Zemin ve Yapılar Üzerindeki Etki Gücüne Bağlı Olarak
Zemin ve Yapılarında Oluşacak Olan Sonuçları Kontrol Eden
Deprem, Zemin ve Yapı İle İlgili Araştırılacak Temel Kavramlar Nelerdir?

- **İlk aşamada ana kaynağından (Depremin odağı) çıkan deprem dalga hareketi sismik anakaya sınırından itibaren deprem-zemin ortak davranışını oluşturur.**
- **İkinci aşamada zemin yüzeyine ulaşan deprem-zemin ortak titreşim hareketinin, deprem öncesinde zemin yüzeyinde eylemsiz olarak duran yapıya enerji aktarması sonucunda zemin-yapı ortak titreşim hareketi oluşur.**
- **Bu durumda, yapılarda hasara neden olacak zemin-yapı ortak davranışı, deprem öncesinde tanımlanırsa deprem sırasında can ve mal kayıpları oluşmaması için hangi özellikte ve kalitede yapılar yapılacağına karar verilebilir.**

Depremlerin Zemin ve Yapılar Üzerindeki Sarsma Gücüne Bağlı Olarak
Zemin ve Yapılarında Oluşacak Olan Sonuçları Kontrol Eden
Zemin ve Yapı İle İlgili Kavramlar Nelerdir?

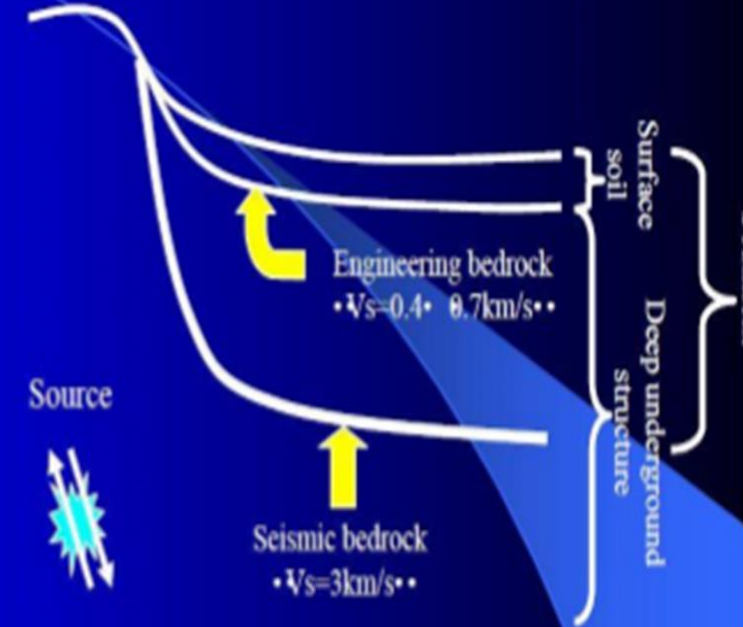
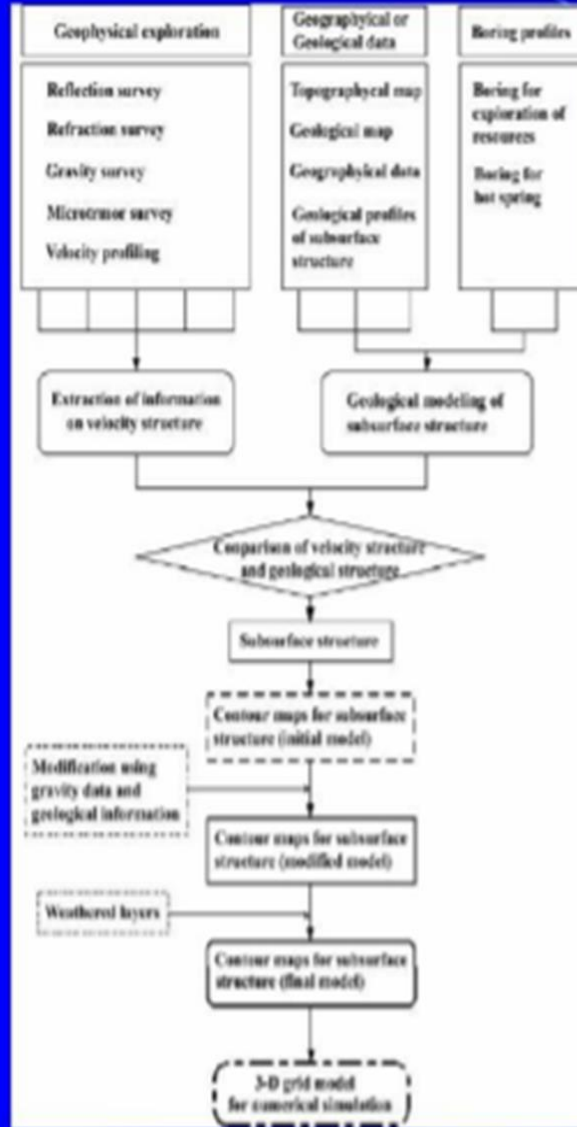
➤ SONUÇ OLARAK;

- ❖ Bildiğimiz gerçek, deprem kuvveti önce zemini titreştiriyor ve daha sonra da zemin üzerinde eylemsiz olarak duran yapı dış kuvvete (deprem) karşı titreşmeye başlıyor.
- ❖ Bu durumda ilk araştırılacak konumuz, deprem sırasında zeminin nasıl bir titreşim hareketi yapacağına karar vermemize olanak sağlayacak olan deprem ve zeminin hangi özellikleri olacaktır?
- ❖ Bu konuyu araştırmak için Zemin Tepki Spektrum Hesaplama çalışmaları yapılır.
- ❖ Zemin Tepki Spektrumu kavram olarak bize Sismik Anakayadan Gelen Deprem Hareketinin Zemin Yüzeyinde Nasıl Bir Titreşim Oluşturacağı Konusunda Bilgi Verir.

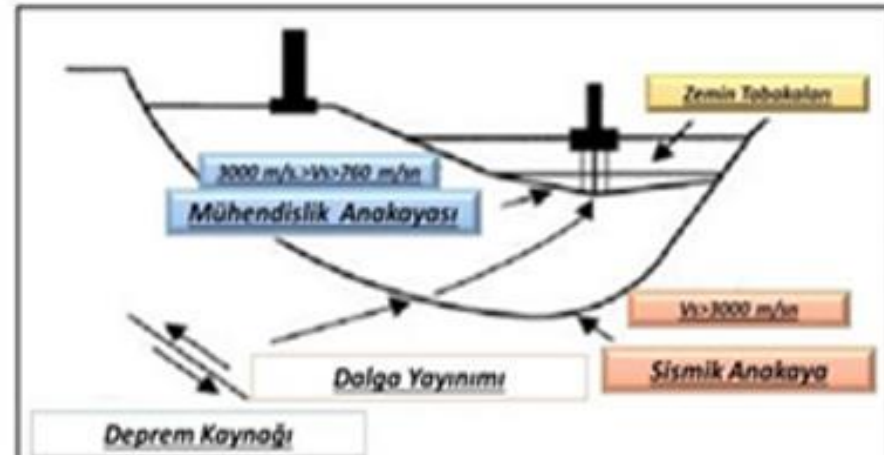
Günümüzde Geoteknik Derslerinde Tanımlanan Zemin-Anakaya Modeli



Sismik Anakaya İle Zemin Arasında Kalan Ortamın Deprem Dalgası Üzerindeki Etkisini Araştırmak İçin Önerilen Yer altı Modelleme Çalışması



- The deep underground structure from the crust and plates up to seismic bedrock;
- The structure of sediments from the seismic bedrock up to engineering bedrock ($V_s = 400 \text{ m/s} - 700 \text{ m/s}$);
- The structure of surface soils from the engineering bedrock up to the ground surface.



Nath (2008) Çalışmasında S Dalga Hızlarına Göre Tanımlanan Zemin-Anakaya Modeli

Bu Durumda; Deprem-zemin Ortak Davranış (Deneydeki Tablanın) Titreşim Hareketini Tanımlayacak Olan Parametreler de Titreşimin Genlik Ve Frekans Değerleri Oluyor.

❖ **Bu durumda genlik-frekans değerlerdeki değişimlerine bağlı olarak oluşabilecek olaylara göz atmamız gerekecek;**

- **Titreşimin hakim genlik-frekans değerleri, yapı yüksekliği ile zemin-yapı davranışı arasında ilişki kurulmasını sağlar.**
- **Bu çalışmalarda yapıda her kat 0.1s. Periyot ile tanımlanır.**
- **Diğer bir tanımla 5 katlı bir yapının periyodu 0.5s. Olur.**
- **Örneğin zemin üzerinde hakim genlik-periyot (1/frekans) aralığı 0.1s-0.5s. arasında ise bu zemin üzerine kurulacak 1kat-5kat arasındaki yapılar diğer yapılara göre baskın olarak deprem sırasında zemin-yapı ortak davranışı oluşacaktır.**
- **Yapılan çalışma sonuçlarına göre, zemin yüzeyinde oluşacak hakim genlik-periyot değişimleri sismik anakaya ile zemin yüzeyi arasında kalan tabakalar arasındaki sismik empedans değerlerinden (Sismik S dalga hızı*Yoğunluk değeri) etkilenir.**
- **Bu tanıma göre, zemin-yapı ortak titreşim hareketini spektral ortamda tanımlamak için, sismik anakaya sınırına kadar sismik S dalga hızı ve yoğunluk değerlerinin elde edilmesi gerekir.**

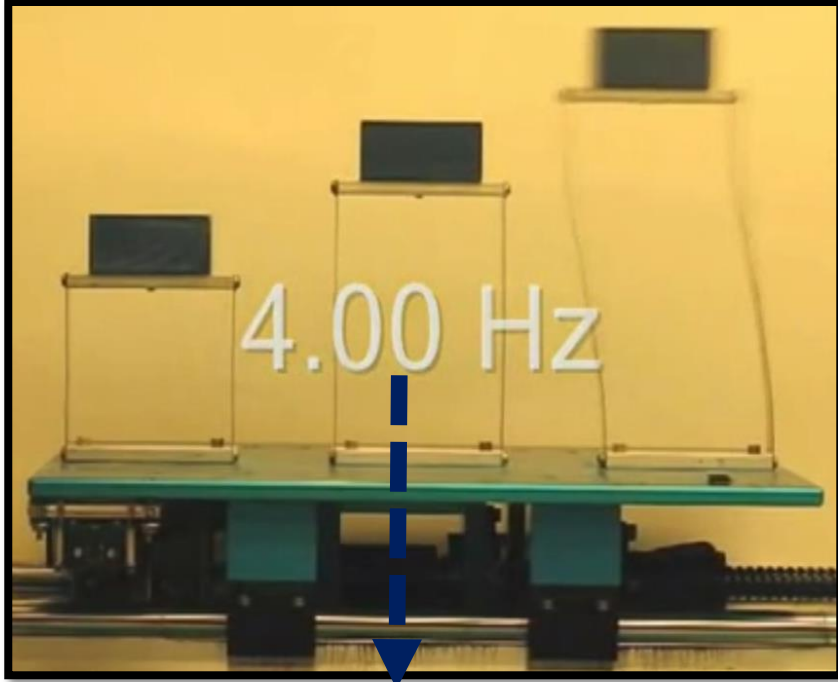
Depremlerin Zemin ve Yapılar Üzerindeki Etkileri Nedir?

- Deprem-zemin ortak titreşim hareketi devam ederken, yapılar zeminden bağımsız olarak titreşiyor ve bu hareket bazen deprem etkisi bitse bile devam edebiliyor.
 - ❖ Yapıların bazı özelliklerine göre bu titreşim davranışında farklılıklar olabilir.
 - ❖ Yapıda oluşacak davranış farklılığının nedeni de; zeminin kendi içinde oluşan deprem davranışını yapıya aktarırken hem zeminin kendi özelliklerinin hem de yapının bazı özelliklerinin zemin-yapı ortak titreşim davranışını etkilemesi olacaktır.
 - ❖ Bu durumda dikkate almamız gereken diğer bir soruda;
 - Acaba tablanın titreşim hareketini engelleyebilecek fren etkisi olursa ne olur?
 - ❖ Sorunun yanıtı, tabla sallanma hareketi elastik, elastoplastik veya plastik özellikte mi olacak?
 - ❖ Bu durumda, tablanın salınım hareketini engelleyen karşı bir kuvvet olursa üstteki yapının kırılma ve parçalanma olasılığının da artacağını göz Ardı etmemek gerekir.
- Son Olarak ta, Deneyde Zemini Temsil Tablanın Yatay Salınım Hareketinin Hangi Deformasyon Seviyelerinde Olacağı da Zemin Dinamik Analizi kapsamında irdelenmesi gerekecektir.

Deprem-zemin ortak davranış hareketini (Deneydeki tablanının titreşim hareketi)

frekans ortamında tanımlayacak parametreler de baskın genlik-frekans değerleridir.

- Deney Sonucu: Tabla titreşim hareketi hakim genlik-frekans değerimleri ile
- yapı yüksekliği ve zemin-yapı deformasyon değerleri arasında ilişki bir ilişki vardır.



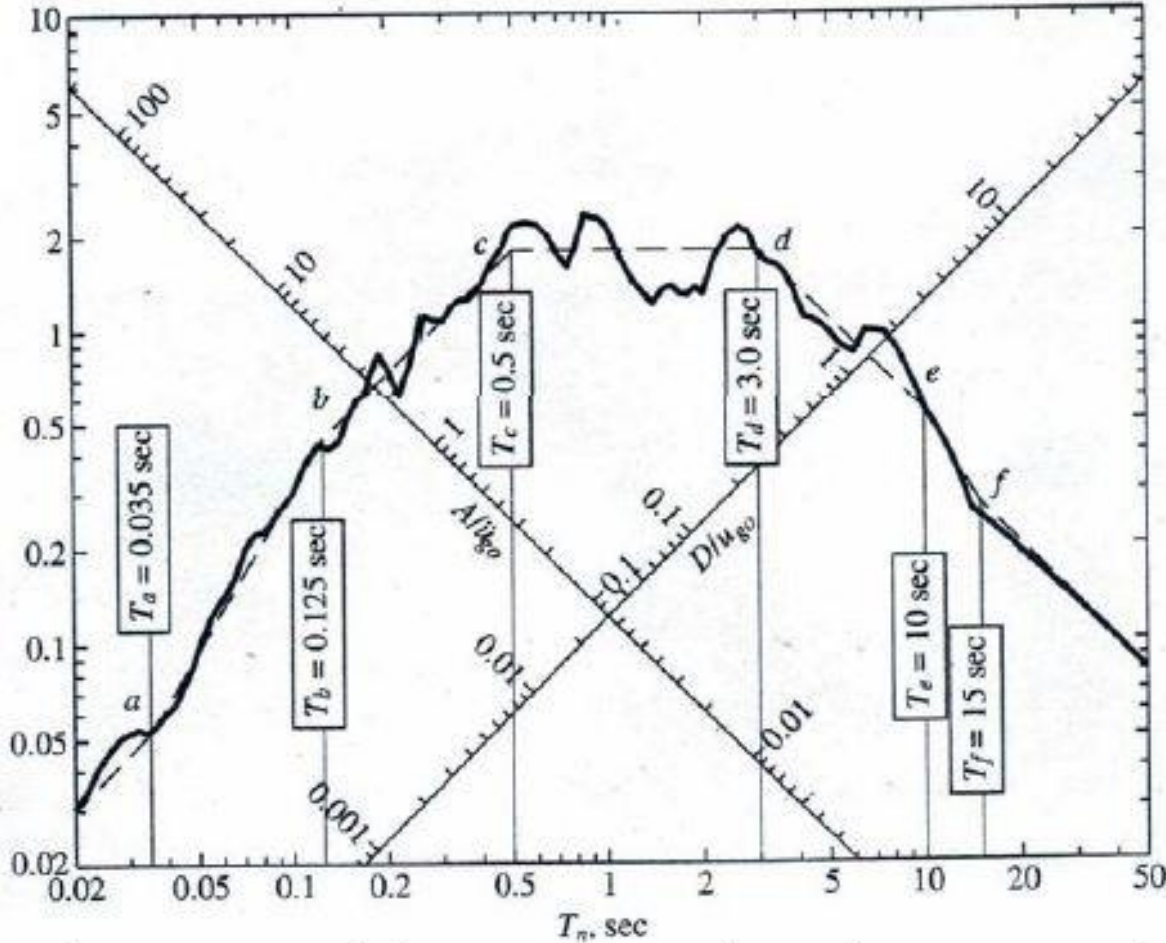
Bu hakim frekans değerinde oluşan zemin-yapı etkileşimine En Yüksek Bina Tepki Veriyor.

Bu hakim frekans değerinde oluşan zemin-yapı etkileşimine Orta Yüksek Bina Tepki Veriyor.



Bu hakim frekans değerinde oluşan zemin-yapı etkileşimine En Alçak Bina Tepki Veriyor.

Deprem-Zemin Ortak Titreşim Hareketi Spektrumundaki Baskın Genlik-Periyot Değerlerinin Yapı Tasarımına Etkisi



ivme duyarlı
periyot bölgesi

hız duyarlı
periyot bölgesi

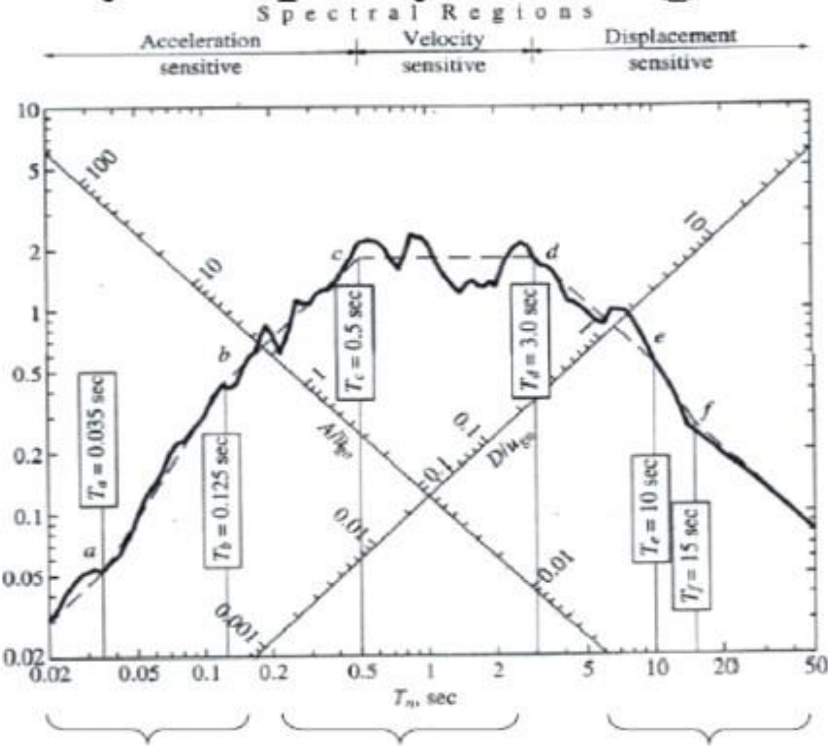
deplasman duyarlı
periyot bölgesi

Yandaki Grafik Bize Deprem-Zemin Ortak Davranışını Spektral Ortamda Tanımlıyor; Bu grafikteki genlik periyot değişimleri de saha araştırmaları yapılan alanda inşaa edilecek yapının deprem sırasında

- Nasıl Etkileneceği
 - Deprem kuvvetine karşı nasıl karşı koyacağını
 - Deprem kuvvetine karşı oluşturacağı davranışın yer değiştirme, hız veya ivmeye göre olacağı
 - Bu davranışa göre yapı malzemesinin nasıl olması gerektiği
- Konusunda Ön Bilgi Sağlamış Oluyor.

Duyarlı periyod bölgeleri

Yapı Dinamiği



ivme duyarlı periyod bölgesi

hız duyarlı periyod bölgesi

deplasman duyarlı periyod bölgesi

Üç parçalı gösterimi olan spektrum yaklaşık üç periyodik bölgede düşünülürse. Küçük periyodlu bölge ivme hassaslığı yüksek bölge, orta periyod bölgesi hız'a duyarlı bölge ve uzun periyodlu bölge deplasmana duyarlı bölge olarak çok açıktır.

Yapı Yüksekliği Dikkate Alınarak Tanımlanacak Deprem-Zemin Ortak Davranışı için Duyarlı periyod bölgeleri

- Küçük periyod bölgesinde spektral genlik değişimleri, yer ivme genliklerine duyarlıdır.
- Buna karşın uzun periyod bölgesinde spektral genlik değişimleri yer deplasman genliklerine duyarlıdır.
- Spektral genlikler bir çok bölge için ivme, hız ve deplasman genliklerinin tepe değerleri ve periyod eksenindeki kapladıkları büyüklükler ve oranlarıyla açığa çıkan duyarlı periyod uzunlukları ile değişmektedir.

PGD=Peak Ground Displacement = Yer Ötelenmesi Tepe genlik değeri

PGV=Peak Ground Velocity = Yer Hızı Tepe genlik değeri

PGA=Peak Ground Acceleration = Yer İvmesi Tepe genlik değeri

- Yüksek PGV/PGA oranı daha uzun ivme hassas periyod bölgesini tanımlar.
- Düşük PGD/PGV oranı daha uzun deplasman hassas periyod bölgesini tanımlar.
- Yapılar ivme hassaslığı uzun olan periyod bölgesinde veya az ya da dışında kalmaları sonucuna göre elastik veya rijit davranış gösterirler. Örneğin geniş ivme duyarlı bölgede, 15-20 katlı bir yapı ya da deprem yalıtımlı (T_1 büyük periyod sahip) yapılar elastik davranış gösterecektir.

Sonuçta;

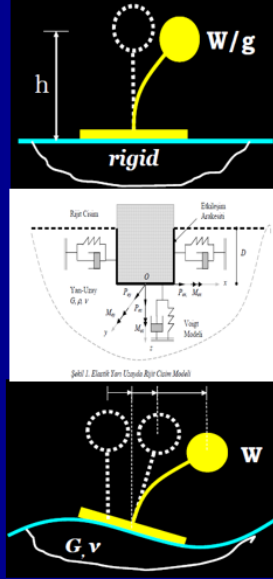
- Geniş ivme hassas periyod bölgesinde oldukça fazla yapısal titreşim modları yapıda oluşacak ve yüksek ivme genliğine maruz kalacaktır.
- Bu ise elastik taban kesme kuvvetini ve katlar arası ötelenmeleri yüksek katlı yapılarda artıracaktır.
- Yapının büyük olan ilk modal periyodu T_1 , ilk mod kütle katılım oranını büyütür yüksek modların katkılarını azaltacaktır.
- İkincil mertebedeki sönüm katkılarını azaltacaktır.
- Depremin talep ettiği düktilite bu geniş ivme duyarlı periyod bölgesinde artacaktır.

YAPI-ZEMİN DİNAMİK ETKİLEŞİMİ

DERS BİLGİLERİ

Prof. Dr. Erkan ÇELEBİ
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yapı Anabilim Dalı

Ofis: M-8 Bina; 8203 Oda
www.sakarya.edu.tr/~ecelebi



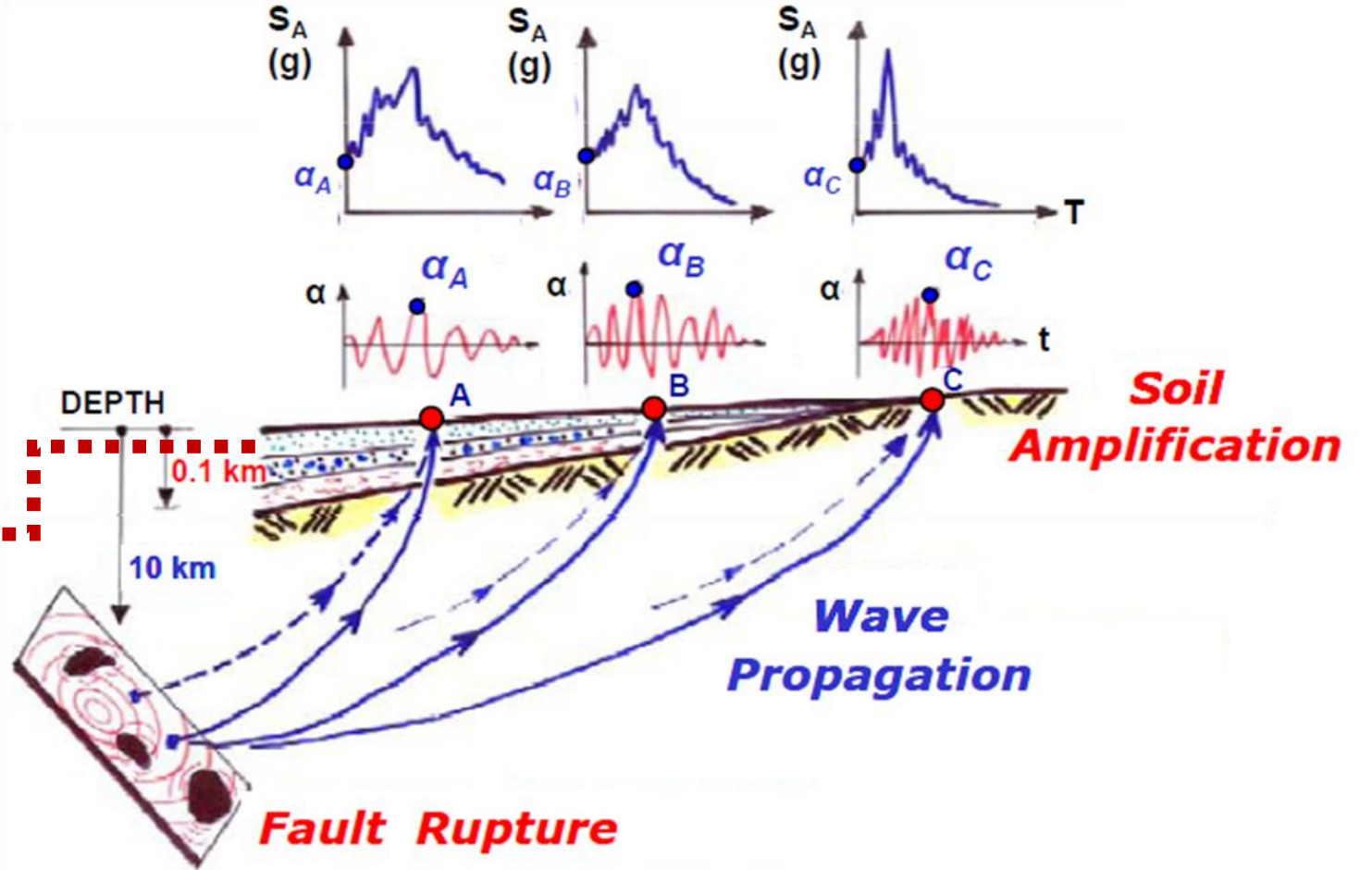
Modelde Zemin Kalınlığı
Ortalama 0-100 m. Arasında
değişiyor.

Diğer Bir Tanımla Bu Durumda 100m.
Derinlik İçin Saha Araştırmaları
Gereklidir.

Ancak Hangi Parselde Bu Çalışma
Yapılacak?

Zemin Oluşturan Tabakaların Yatay ve Düşey Yöndeki Dağılım Modelinin Zemin Transfer Spektrumu üzerindeki etkisi

Parsel Olarak Tanımlanan Alan A, B ve C Alanlarından Herhangi Biri Olabilir



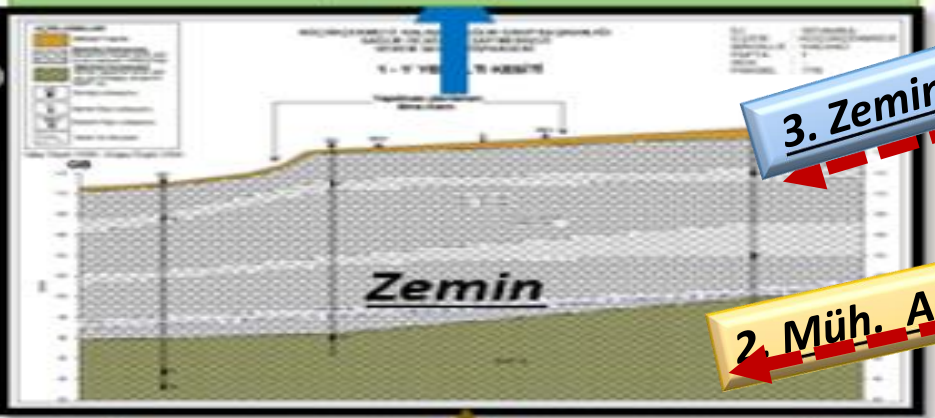
YER TEPKİ ANALİZİ İle Zemin Yüzeyindeki Deprem-Zemin Ortak Davranışı Özellikleri Genlik - Frekans Ortamında Araştırılırken Kullandığımız Tanımları Tekrar Hatırlarsak

- ❖ Zemin tanımı olarak Sismik S dalga hızının $V_s < 760 \text{ m/s}$. Olduğu ortam kabul edilir.
- ❖ Araştırmalarda, zemin kalınlığı ve zeminin oluşturan katmanların sayısı, kalınlıkları ve elastik özelliklerinin saptanması istenir.
- ❖ Sismik Anakaya tanımı olarakta Sismik S dalga hızının $V_s > 3500 \text{ m/s}$. Olduğu sınırın altındaki ortam kabul edilir.
- ❖ Ayrıca sismik anakayanın elastik özelliklerinin de bilinmesi gerekir.
- ❖ Zemin Yüzeyi-Sismik Anakaya arasında kalan ortamın Genlik-Frekans Spektrum Ortam özellikleri **Zemin Transfer Spektrum kavramı ile tanımlanır ve araştırılır.**

Son Aşamada da; Zemin Tepki Analizi Yapıldıktan Sonra Mühendislik Anaya Seviyesine Ait Deprem Kuvveti Kullanılarak **DİNAMİK ETKİLER ALTINDA ZEMİN DAVRANIŞI Kavramı ile Deprem-zemin Ortak Davranışının Zamana Bağlı Olarak Hangi Elastik Sınırlar İçinde Oluşacağı Araştırılır.**



Zemin Yüzeyi – Yapı Tabanı Sınırı



Zemin

Ana Kaya – zemin Sınırı

$$E(\theta) = \frac{1}{2} (\rho V) v^2(\theta)$$

Ana Kaya

Yapılması Gereken Tüm Çalışmaların Özeti

4. Zemin-Yapı Ortak davranışı

3. Zemin içindeki Deprem Davranışı

2. Müh. Anakaya içindeki Deprem Davranışı

1. Sismik Anakaya içindeki Deprem Davranışı

Seismic Wave Design System

Bu Konularda Kullanılabilecek Bilgisayar Programları

SeleS / *ARTEQ* / *k-SHAKE* and *k-WAVE*.

k-WAVE (Waveform processing)
For example, a fourier transform, a response spectrum, and a power spectrum can be computed.

k-SHAKE (Seismic response analysis)
Analysis based on multiple reflection theory. (Equivalent linear analysis)

ARTEQ (Artificial Earthquake wave evaluation)
Calculate the seismic wave to fit the target spectrum.

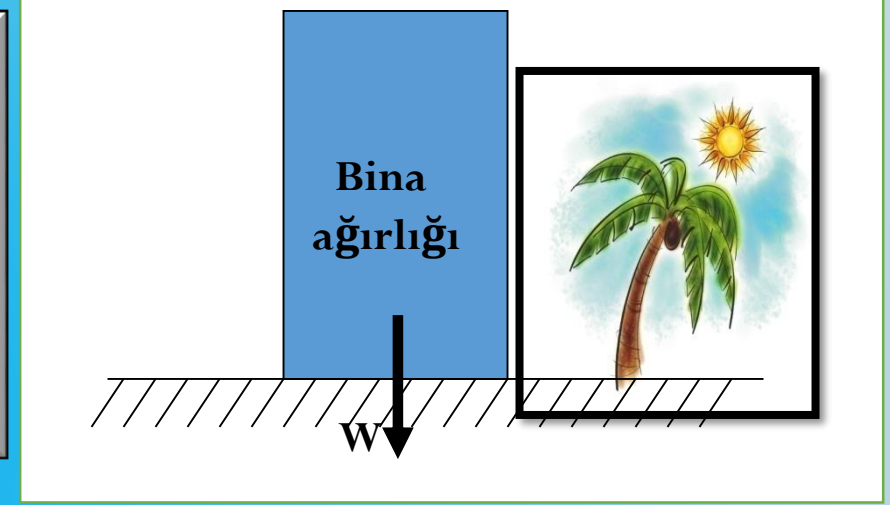
SeleS (Seismic load evaluation)
Evaluate the average response spectrum using an attenuation relationship for the ground motion.

Ground Surface / Le
Engineering bedrock
Seismic bedrock

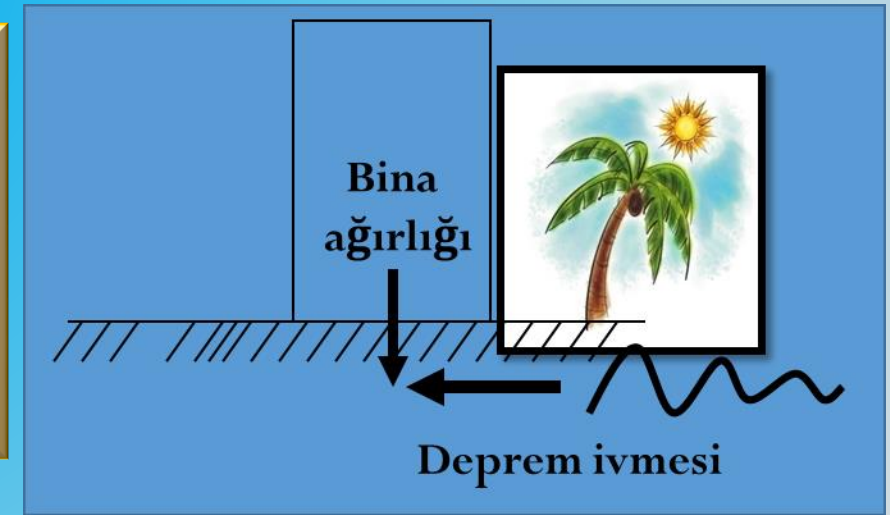
SeleS Image ARTEQ Image k-SHAKE Image

**Son Aşama Olarak Zemin Deformasyon Analizi Kapsamında
Yapılacak Mühendislik Hesaplarının Kapsamı Ne Olmalıdır?**

**Mühendislik Yapısının Ağırlığının Yere
Bindireceği Ek Statik Yüklerle Yerdeki
Dengeleri Bozmadan Nasıl Durabileceğinin
İncelenmesi Ve**



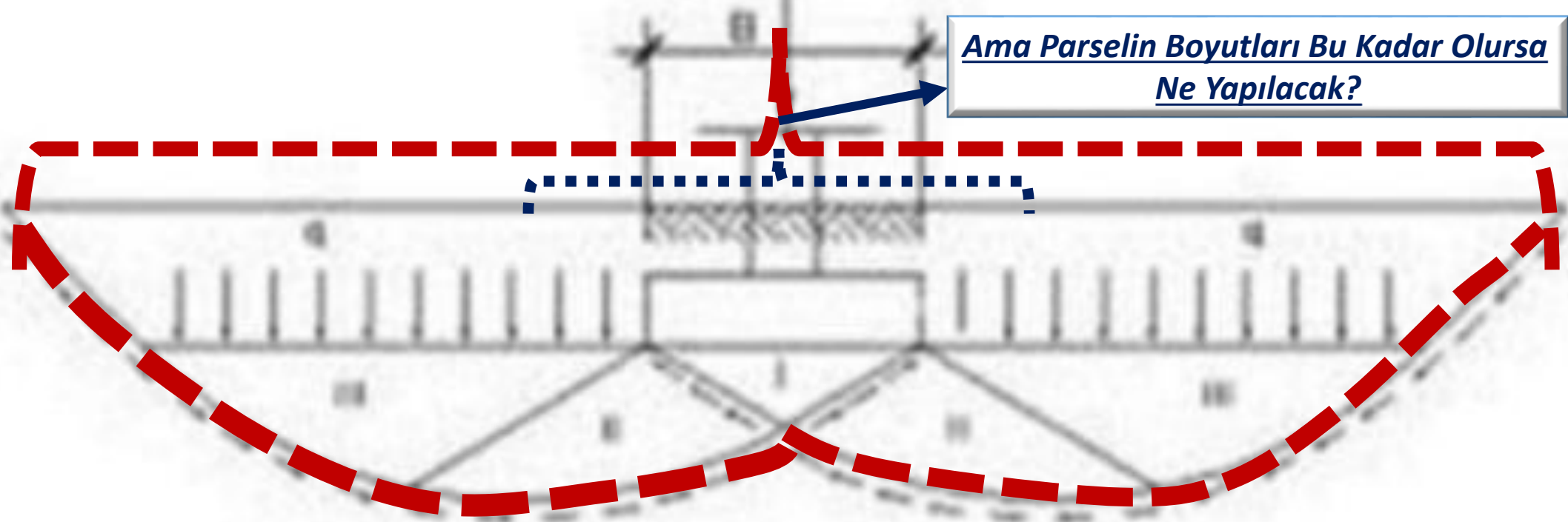
**Deprem Anında Oluşan Dinamik Yatay
Yüklerle Zemin Yüzeyinde Ve Çevrede
Oluşabilecek Etkilerin Önceden Kestirilmesi
Konularını İçermesi Gerekir.**



Zemin – Yapı Ortak Davranışı Kapsamında Statik Yapı Yüğü Etki Alanı Tanımı

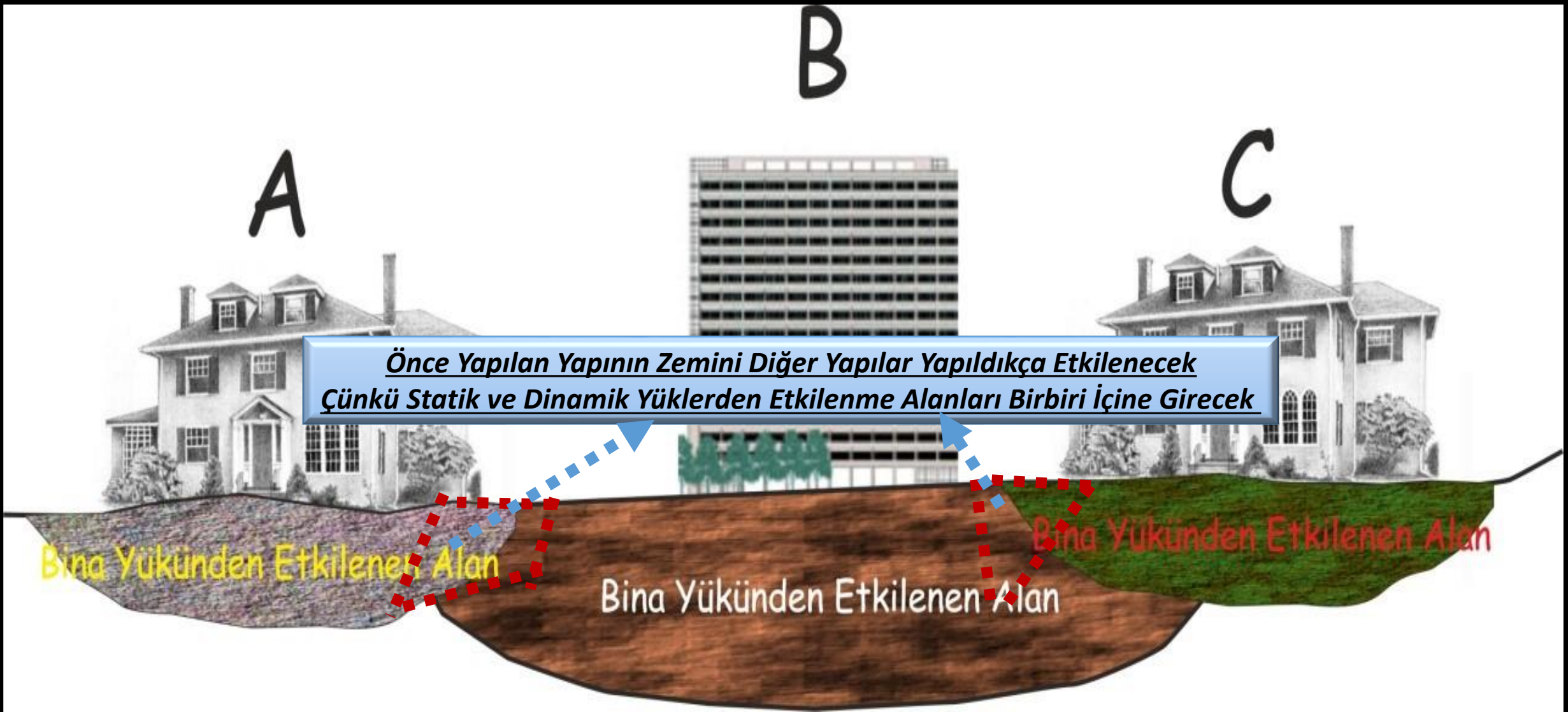
Bu Alanın Tamamını Tanımlayacak Zemin Özelliklerinin Araştırılması Gerekir.

***Ama Parselin Boyutları Bu Kadar Olursa
Ne Yapılacak?***



I: SOIL WEDGE UNDER FOOTING
II: PLASTIC ZONE
III: PASSIVE ZONE

Yapıların Statik Yük Etki Alanlarınının Birbirine Etkilemesi Durumunda Parsel Bazında Etüt Neyi temsil Edecek?

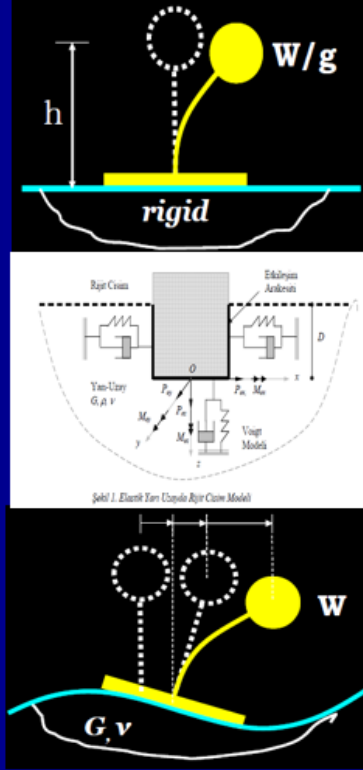


YAPI-ZEMİN DİNAMİK ETKİLEŞİMİ

DERS BİLGİLERİ

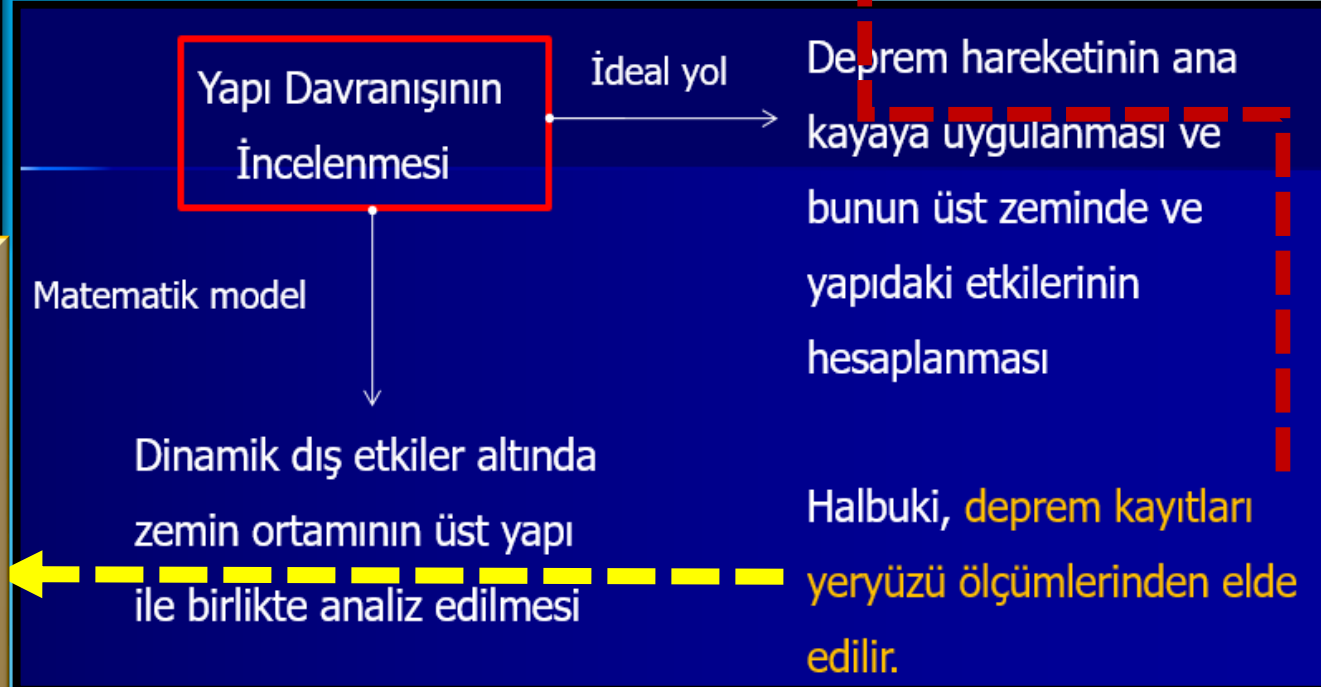
Prof. Dr. Erkan ÇELEBİ
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yapı Anabilim Dalı

Ofis: M-8 Bina; 8203 Oda
www.sakarya.edu.tr/~ecelebi



Bu Ders Kapsamında
Anlatılanlar Anakaya Deprem
Verisinin Önemini Vurguluyor

Ana Kaya Deprem Verisi Konusunda
Kabul Edilen Gerçekte
Anakaya Deprem Verisinin
Zemin Yüzeydeki Deprem İstasyon
Ölçümlerinden Elde Edilememesidir.



Tekrar Özetlersek;

Dış Dinamik Kuvvet (Doğada Yatay Deprem Kuvveti) Etkisi İle Zemin Yüzeyinde Önce Belirli Frekanslarda (Periyotlarda) Deprem-Zemin Ortak Titreşimi Oluşur.

Bu Titreşim Hareketinin Frekans (Periyot) Değerine Göre Zemin Üzerindeki Yapılar Yüksekliğine Bağlı Olarak Titreşir.

Bu Titreşim Hareketi Zemin-Yapı Ortak Davranışı İle Tanımlanır.

Bu Davranışın Genlik Frekans Değerlerini Kontrol Eden Yer Altı Parametreleri Sismik Anakaya İle Zemin Yüzeyi Arasında Kalan Tabakaların Özellikleridir.

Yapılan Çalışmalara Göre de Bu Özellikleri Saptamak İçin Sismik Anakaya, Mühendislik Anakaya ve Zeminin Derinliği, Kalınlıkları ve Elastik Davranış Özelliklerinin Sismik S Dalga Hızına Göre Tanımlanması Gerekliyor.

Elde Ettiğimiz Sonuçlara Göre Deprem-Zemin ve Zemin-Yapı Ortak Davranışını Araştırmak İçin Yapılacak Saha Ve Büro Çalışmalarının İçeriği Ne Olmalıdır?

- ❖ **Önce Zemin yüzeyinde Zemin-Yapı ortak titreşim hareketinin spektral ortamdaki özelliklerinin belirlemek için önce **Zemin Tepki Spektrumu** hesaplamaları yapılmalıdır.**
- ❖ **Bu hesaplarda sismik anakaya sınırına kadar bulunan geoteknik modeller oluşturulur ve daha sonrada bu modeller ile **Zemin Transfer Spektrum** Hesaplamaları yapılır.**
- ❖ **Daha Sonra da Zemin-Yapı ortak davranışının hangi deformasyon sınırları içinde oluşacağını araştırmak için de Mühendislik Anakayası-Zemin Modelleri kullanılarak **Zemin Dinamik Analizi** çalışmaları yapılır.**
- ❖ **Zemin Dinamik Analizi çalışmalarında ayrıca Mühendislik Anakaya üst seviyesine ait deprem kuvvetine de ihtiyaç vardır.**

Deprem-Zemin ve Zemin-Yapı Ortak davranışı Çalışmalarının Son Aşamasında
Mühendislik Anaya Seviyesine Ait Deprem Kuvveti Kullanılarak
DİNAMİK ETKİLER ALTINDA ZEMİN DAVRANIŞI Çalışmaları İçeriği Nedir?

Bu Analizde Amaç İnceleme Yapılacak Alanda;

- **Mühendislik anakayasından zemin yüzeyine doğru düşey yönde etki edecek olan deprem kuvvetinin (SH Dalgası)**
 - **Zemin içindeki oluşturacağı deformasyona bağlı davranışı,**
 - **Zemin yüzeyinde ve içinde nasıl bir şekil ve hacim değişikliği oluşturabileceğinin ve**
 - **Bu değişikliklerinin tehlike sınırlarının araştırılması temel alınır.**
 - **Bunun için zemin ($V_s < 760\text{m/s}$) Kalınlığı ve Mühendislik Anakaya **Seviyeleri** ($V_s > 760\text{m/s}$) Tanımlanmalıdır.**

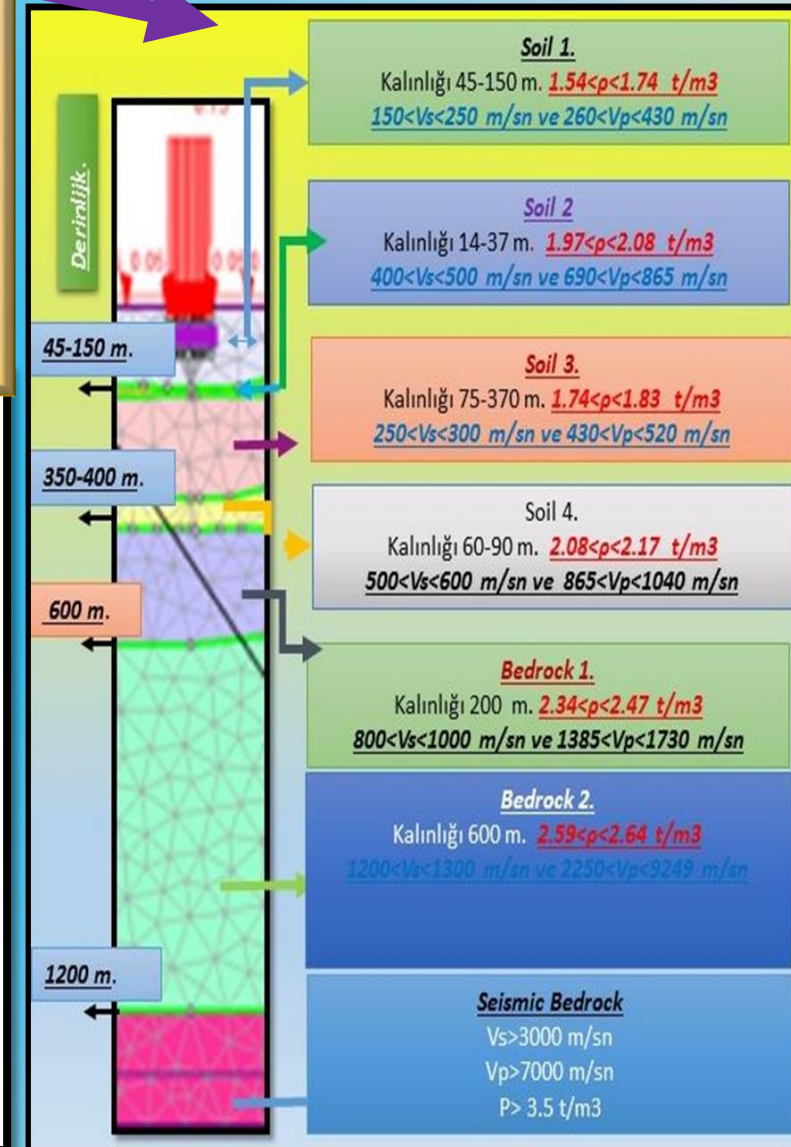
Sismik-Mühendislik Anakaya-Zemin Özelliklerini Tanımlayan Model Ve Parametreler

Bu modele hangi deprem kuvvetini etki ettireceğiz. Eşdeğer statik deprem yükünü (PGA) kullanırsak seçenekler deprem bölge tanımına göre 0.1, 0.2, 0.3 ve 0.4 olacak. Ama günümüzde PGA yerine Time History Analizi yapılıyor. Bunun anlamı sismik ve mühendislik anakaya seviyeleri için zaman ortamı deprem kaydı gerekli.

Çizelge 1. Sismik hızların ampirik bağıntılarda kullanılması ile bulunan dinamik zemin parametreleri indeks ve mekanik özellikler

| | V_s (m/sn) | | V_p (m/sn) | | E (MPa) | | G (MPa) | | ν | C (MPa) | ϕ (°) | γ (t/m ³) | |
|---|--------------|------|--------------|------|-----------|--------|-----------|-------|-------|-----------|------------|------------------------------|------|
| | min | max | min | Max | min | max | min | max | | | | min | max |
| 1 | 150 | 250 | 260 | 430 | 86 | 272 | 35 | 109 | | 0.025 | 30 | 1.54 | 1.74 |
| 2 | 400 | 500 | 690 | 865 | 782 | 1300 | 315 | 520 | | 0.15 | 35 | 1.97 | 2.08 |
| 3 | 250 | 300 | 430 | 520 | 270 | 412 | 109 | 165 | | 0.10 | 35 | 1.74 | 1.83 |
| 4 | 500 | 600 | 865 | 1040 | 1290 | 1953 | 520 | 782 | 0.25 | 0.17 | 35 | 2.08 | 2.17 |
| 5 | 800 | 1000 | 1385 | 1730 | 3714 | 6175 | 1498 | 2470 | | 4 | 36 | 2.34 | 2.47 |
| 6 | 1200 | 1300 | 2080 | 2250 | 9249 | 11154 | 3730 | 4462 | | 8 | 36 | 2.59 | 2.64 |
| 7 | 3000 | 4000 | 5190 | 6920 | 72540 | 140000 | 29250 | 56000 | | 15 | 40 | 3.25 | 3.50 |

1- Soil 1; 2- Soil 2; 3- Soil 3; 4- Soil 4; 5- Bedrock 1; 6- Bedrock 2; 7- Bedrock 3



Deprem Kuvveti Tanımları Ve Önemi - Eşdeğer Statik Deprem Yüğü PGA Nedir

• YER HAREKETİ PARAMETRELERİ

• Deprem-Zemin-Yapı analizlerinde yer yapı hareketinin tanımlanması için gösterilen çok sayıda karakteristik parametreleri

• genlik parametreleri

I. ivme,

II. hız,

III. yer değiştirme..

• depremin frekans içeriği

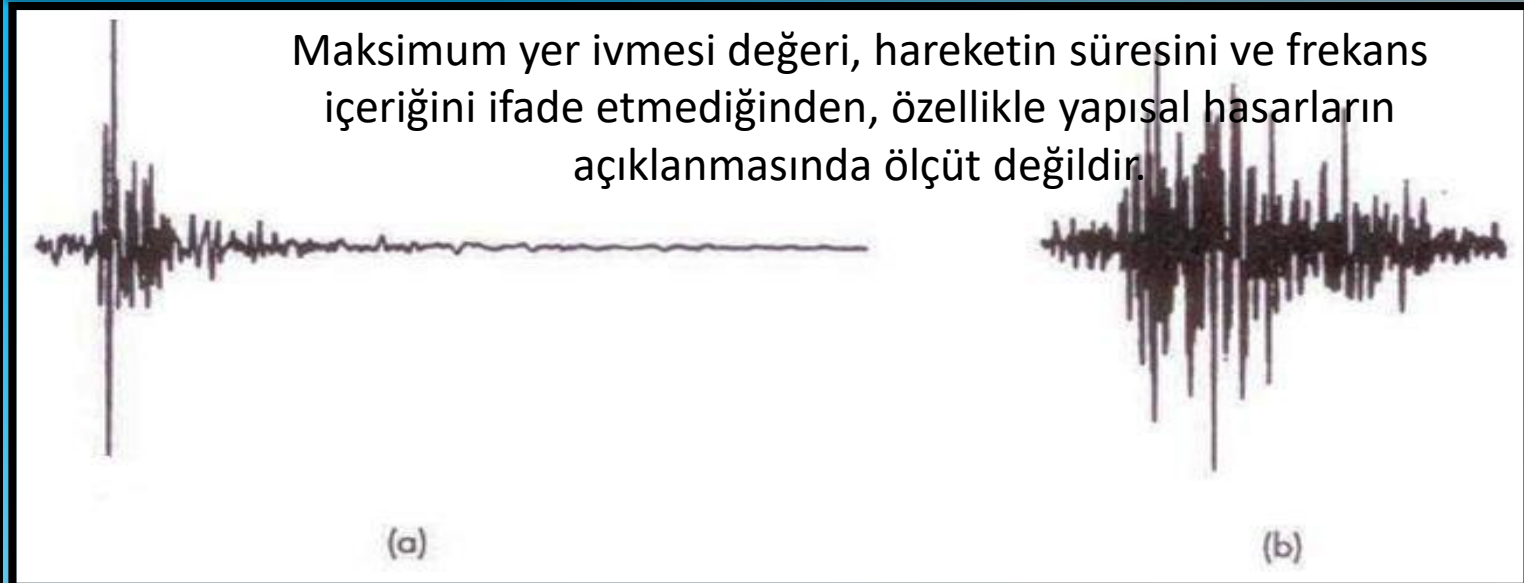
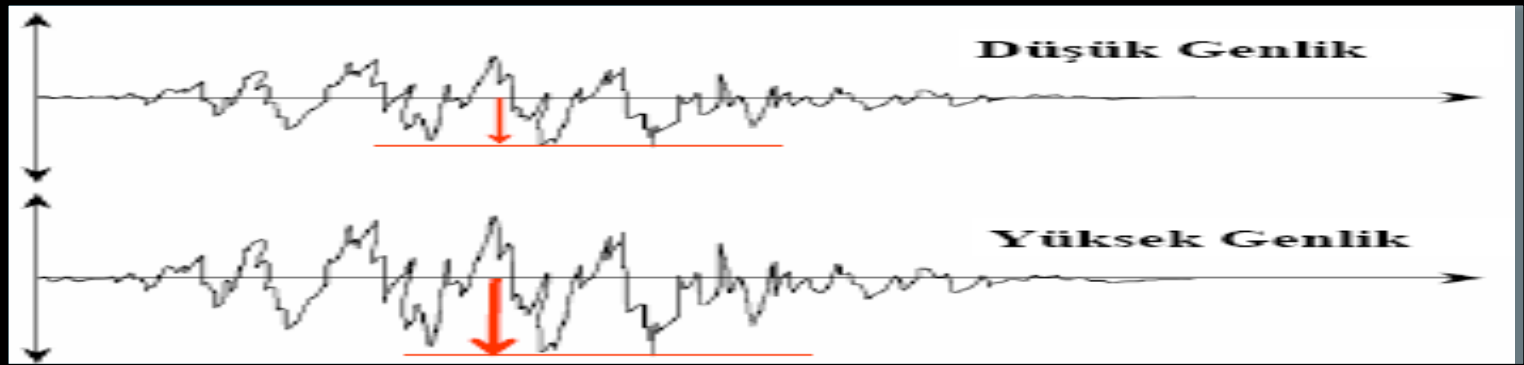
I. tepki spektrumları,

II. baskın (hakim) frekans

III. depremin süresi

Genlik Parametreleri-Pik ivme

• Maksimum yatay yer ivmesi ya her iki yöndeki bileşene ait maksimum değerlerin geometrik ortalaması ya da yönden bağımsız olarak bunların arasında en büyük olanı alınır.



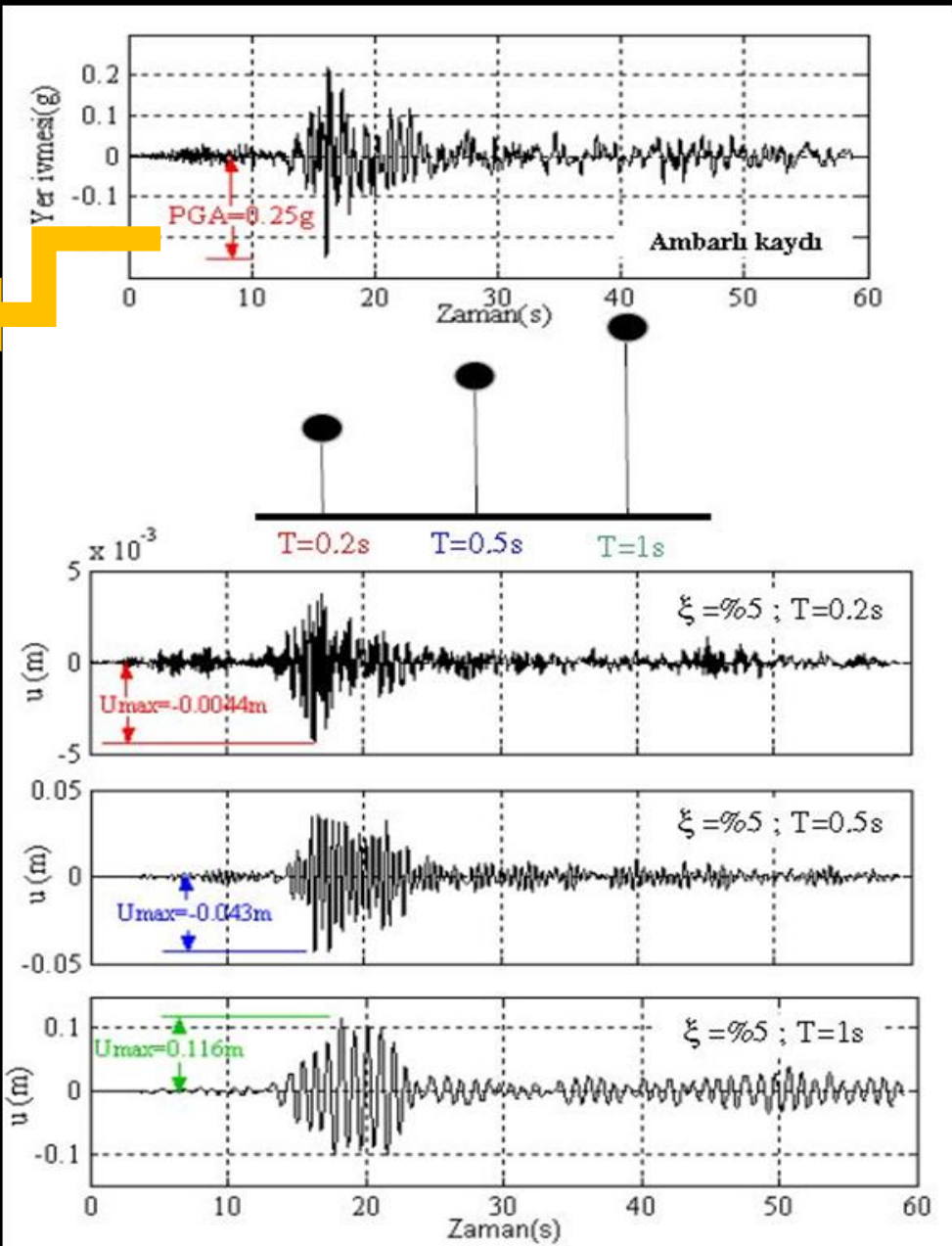
Eşdeğer Statik Deprem Yüğü PGA Tanımı ve Özellikleri

Eşdeğer Statik Deprem Yüğü Olarak Peak Ground Acceleration (PGA)
Yatay Yöndeki Deprem-Zemin Ortak Titreşim Davranışı Pik İvme Değeri
Olarak tanımlanır.

Yapıya Etki Edecek Olan $F=m.a$ kuvvetindeki a ivme değerini tanımlamak
için kullanılır Ancak bu durum alçak katlı yapılar için geçerli olur.
PGA değeri yüksek Katlı Yapıların Davranışı Açıklamakta Yetersiz Kalır.

Time History Analizleri Yapılır

PGA Değerleri Aynı Ancak Zaman ve Frekans Ortamında
Özellikleri Farklı 2 Deprem Kaydı



Temel Kavramlar ve Varsayımlar

- Deprem kaynağından çıkan sismik enerji enerjinin korunumu gereği oluşan sismik empedans oranı değerlerine bağlı olarak tabaka sınırlarından etkilenir ve zemin ara yüzüne ulaşır.
- Zemin sismik enerjiyi içinden geçirirken, deprem enerjisinin frekans-geçerlilik değerlerinde, zemini oluşturan tabakaların kalınlık, derinlik, yoğunluk ile P ve S dalga hız değerlerine bağlı olarak değişimler oluşur.
- Zemin özellikleri deprem enerjisinin frekans geçerliliğini değiştirirken zeminin kendi özellikleri de etkilenir.
- Sismik enerji zemin yüzeyindeki yapıya ulaştığı zaman yapı davranışı başlar ve yapı özelliklerine bağlı olarak yapı davranış özellikleri gösterir.
- Deprem sırasında yapıya zemin özelliklerine bağlı olarak ve zamanla değişen kuvvet etki eder. Bu kuvvet dış kuvvet olarak tanımlanır.
- Bu dış kuvvet etkisiyle yapıda iç kuvvetler oluşur.
- Deprem sırasındaki yapısal hasarlar bu iç ve dış kuvvetler arasındaki dengeye bağlı olarak oluşur.
- Dış kuvvet = Deprem hareketinin yatay bileşeni.
- İç kuvvet = eylemsizlik kuvveti+sönüm kuvveti+yapı iç kuvveti
- Eylemsizlik kuvveti= yapı toplam kütlesi*yapı hareketinin ivmesi
- Sönüm kuvveti = Yapı sönüm katsayısı*yapı hareketinin hızı
- Yapı iç kuvveti = Yapı rijitlik katsayısı*yapının yer değiştirmesi
- Sonuç; Deprem sırasında, yapı kütlesi, sünekliği ve rijitliği ile orantılı olarak hareket eder.
- $m a_v(t) + c v(t) + k L(t) + m a_d(t) = 0$ denge denklemi olarak kabul edilir.
- Bu denklem T , w ve ξ parametreleri ile tanımlanırsa zaman ortamında

$$a_v(t) + 2w \xi V(t) + w^2 = -a_d(t) \text{ olur.}$$

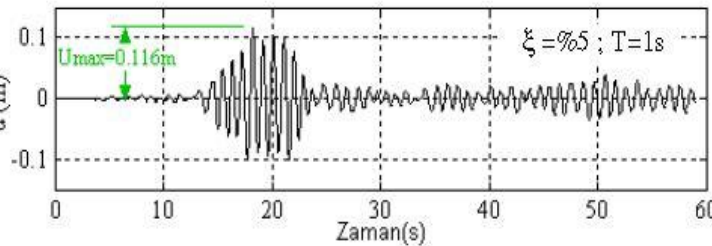
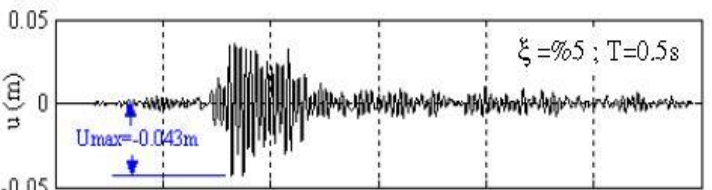
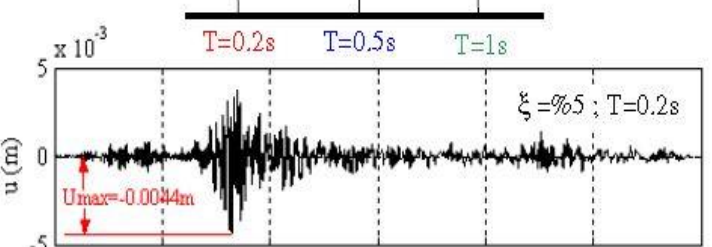
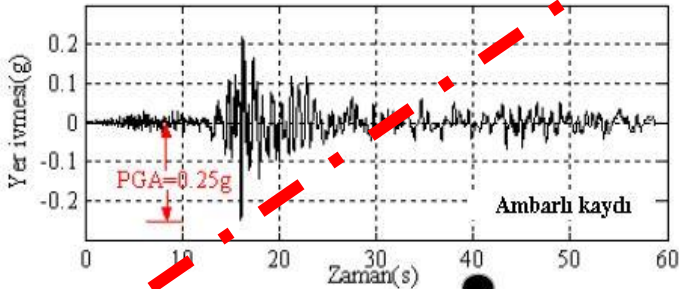
Bu denklem bize deprem kuvveti (a_d), yapı yüksekliği $W=(2\pi)/T$ (Periyot) ve yapı sönüm oranı ξ arasındaki ilişkiyi tanımlamış olur.

Tüm çözümler sırasında yapının yer değiştirmesi ölçülebilir parametre olarak karşımıza çıkar.

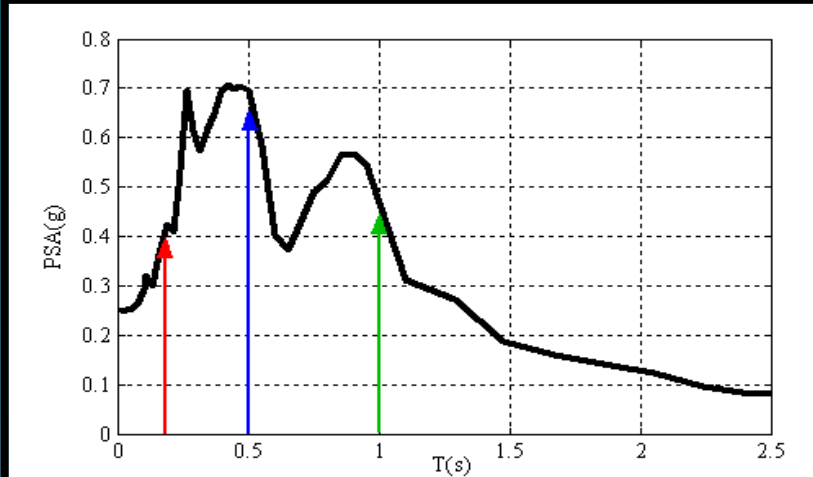
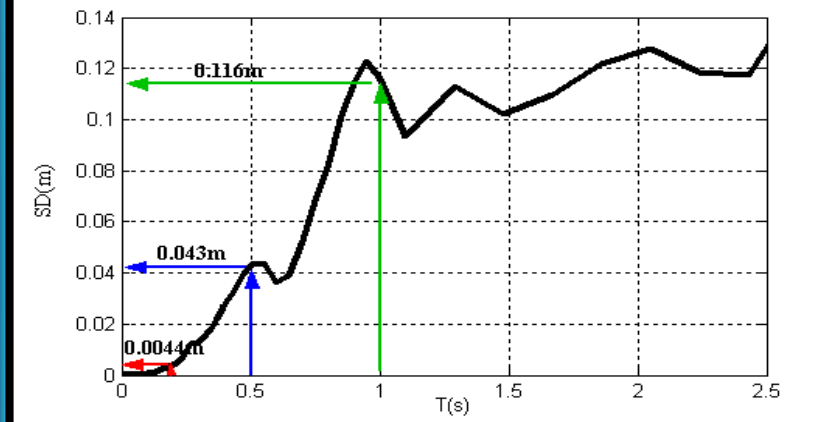
T = Yapının doğal titreşim periyodu olarak tanımlanır. Yapı yüksekliği ile ilişkilidir. Her bir kat için $T=0.1$ sn. kabul edilir.

ξ = Sönüm oranı betonarme binalar için %5 kabul edilir.

Eşdeğer Statik Deprem Yüğü Kullanılarak Depreme Dayalı Yapı Tasarlama Aşamaları



Depreme dayanıklı yapı tasarımında bu denklem temel alınır ve sayısal yöntemlerle bu denklem çözülürse dış kuvvet etkisi (deprem kuvveti) altında davranış yapan yapının deprem sırasında yapacağı yer değiştirmeler yüksekliğine (T) bağlı olarak zaman ortamında irdelenmiş olur.



Bu Aşamada Elde Ettiğimiz Sonuçlarını Temel Alırsak

Parsel Bazlı Zemin Araştırmalarında

Statik ve Dinamik Yük Etkisinin Zemin İçinde ve Zemin Yüzeyinde

Oluşturacağı Deprem-Zemin ve Zemin-Yapı Ortak Davranış

Özellikleri ile Sonuçlarının Elde Edilmesi Çalışmalarında Jeofizik

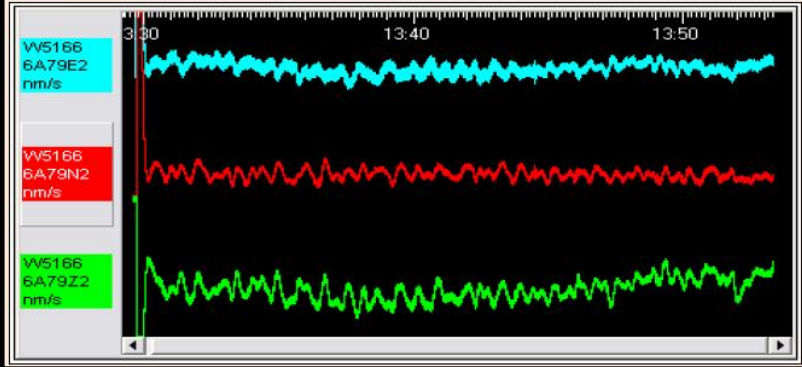
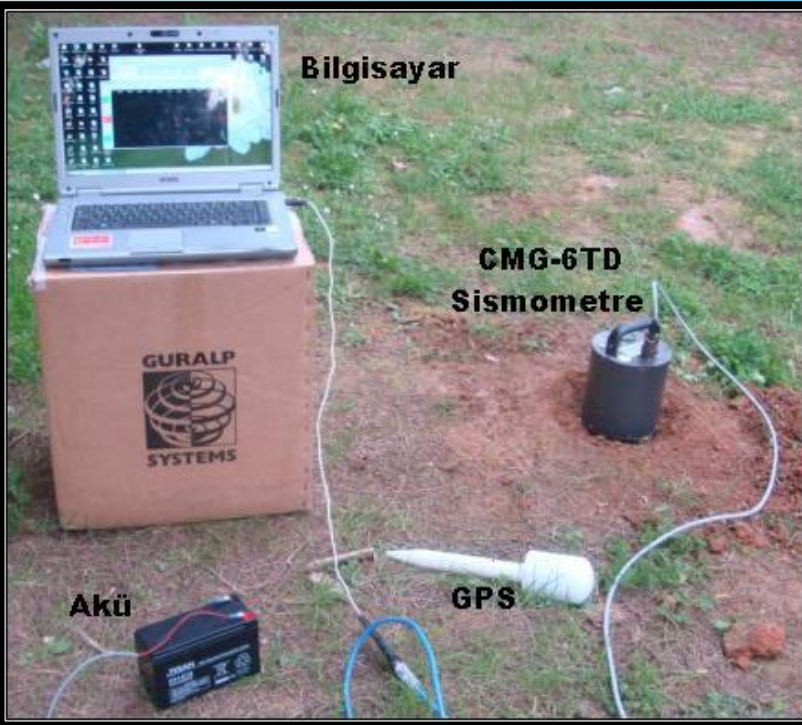
Yöntemler Kullanılarak Yapılacak Saha Araştırmaları Ne Olmalıdır?

Sismik Anakaya İle Zemin Yüzeyi Arasında Kalan Ortamın Spektrum Özellikleri Saptamak İçin Zemin Transfer Spektrum Hesaplamalarına Yönelik Saha Çalışmaları Nasıl yapılır? Hangi Yöntemler Kullanılır?

Zemin Transfer Spektrumları 2 Farklı Yolla Hesaplanabilir.

1. Yol.

- ❖ **Sahada seçilecek noktalarda Nakamura Tek İstasyon Ölçüm Tekniği İle 3 bileşen olarak (2 yatay ve 1 düşey) mikrotremor ölçümleri yapılır.**
- ❖ **Bileşenlerden H/V spektral oran yöntemi ile HVSR(f) spektrumları elde edilir.**
- ❖ **Bu şekilde elde edilen HVSR(f) grafikleri **Gözlemsel Zemin Transfer Spektrum** ile tanımlanır.**
- ❖ **Gözlemsel Zemin Transfer Spektrumundaki hakim genlik frekans değerleri ölçüm yapılan noktadaki zemin-yapı ortak davranışının hangi frekans değerlerinde baskın olabileceğini diğer bir tanımla deneydeki tablanın hangi frekansta titreşim yapacağını bize tanımlamış olur.**
- ❖ **Böylece bizde bu noktada hangi yükseklikteki yapıların etkileneceğini deprem olmadan önce öğrenmiş oluruz.**

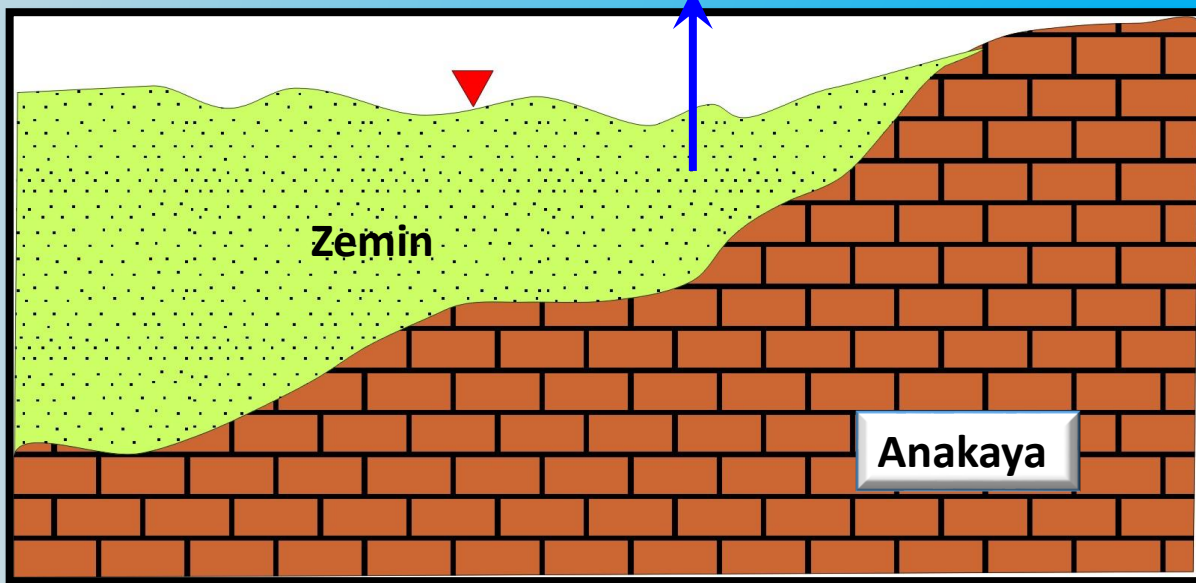


Mikrotremor Ölçümlerinde ve Veri Değerlendirmede Dikkat Edilecek Konular

- Sismik Anakaya Seviyesi araştırmalarında düşük frekans değerlerindeki değişimleri görmek için Hız Ölçer sismometreler gerekir.
- Ayrıca ölçümler geniş band frekans aralığında yapılmalı (100 Hz.).
- Her noktada ölçüm kayıt süresi ortalama 30 dk. Seçilmeli.
- Şehir içinde ölçümler gece yapılmalı ve çevre gürültülerine karşı tedbirler alınmalıdır.
- Gözlemsel Transfer Spektrumları hesaplamaları Hızlı Fourier Dönüşüm (FFT) Tekniği ile yapılmalıdır.
- FFT özelliğine göre kullanılacak terim sayısı 2ⁿ kuralına uygun olmalıdır.
- Bu nedenle veri değerlendirmede kullanılacak pencere uzunluğunun da 81.s. Olarak seçilmesi gerekir.
- Ayrıca yönetmeliklerde sığ kalınlıklı zeminler için tanımlanan pik periyot değerleri ile mikrotremor ölçümleri sonucu elde edilen pik değerleri arasında uyumsuzluk olabileceği de dikkate alınmalıdır.

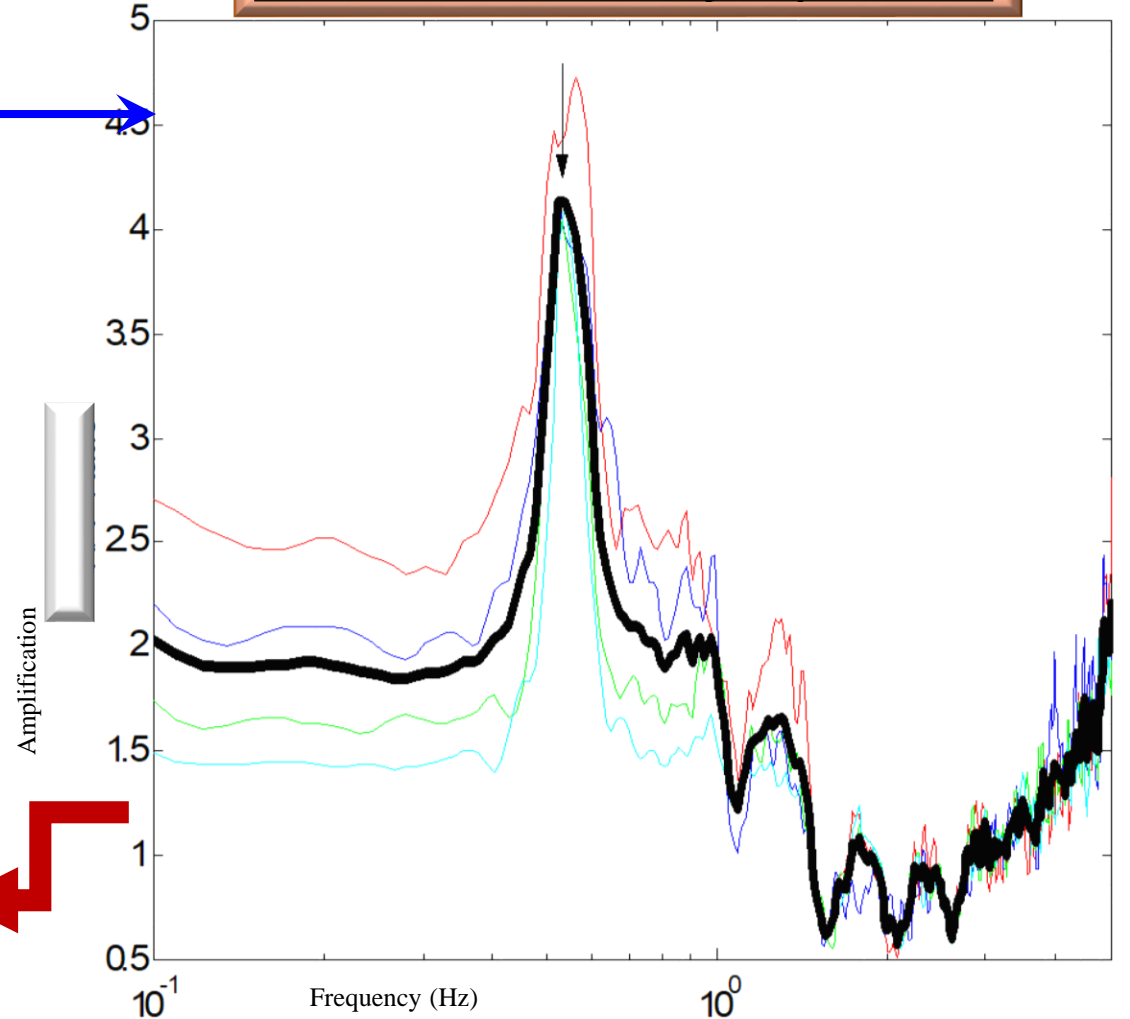
Gözlemsel Zemin Transfer Spektrum (HVSR(f)) Hesabı İçin Kullanılan Nakamura Tek İstasyon Mikrotremor Ölçüm Yöntemi

$$H / V = \frac{\text{Yatay Titresim Genlik Spektrum}}{\text{Düsey Titresim Genlik Spektrum}}$$



Bu spektrumdaki genlik-frekans değişimleri bize yaklaşık olarak zemin yüzeyinde oluşacak Deprem-Zemin ortak davranışının hangi frekans değerlerinde baskın olacağı konusunda ön bilgi verir.

Gözlemsel Zemin Transfer Spektrumu



**Gözlemsel Zemin Transfer Spektrumlarında Rastlanabilecek
Hakim Genlik-Periyot Değişim Aralığına Ait Türkiye'den Örnek Bir Çalışma**

Çalışmanın Adı:

**Kocaeli 1999 Depremi Sonrasında Adapazarı Ovasında Yapısal Hasarlar İle Zemin
Anakaya Modeli Arasındaki İlişkiyi Araştıran Makaledir.**

Makalenin Orijinal Adı:

**Bedrock Structure In Adapazarı, Turkey—A Possible Cause Of Severel Damage By The
1999 Kociaeli Earthquake**

Yazarları;

**Masao Komazawaa, Hitoshi Morikawab, Kajuro Nakamurac, Junpei Akamatsuc,*, Keiichi
Nishimurad, Sumio Sawadac, Ayfer Erkene, Akin Onal**

Basıldığı Yer;

Soil Dynamics and Earthquake Engineering 22 (2002) 829–836

Gözlemsel Zemin Transfer Spektrumlarında Rastlanabilecek Hakim Genlik-Periyot Değişim Aralığına Ait Türkiye'den Örnek Bir Çalışma Sonuçları

Çalışmada Jeofizik Yöntemler Olarak; Mikrotremor tek istasyon ölçümleri, mikrotremor dizin ölçümleri (SPAC) ve mikrogravite yöntemi ile çalışılmıştır.

Mikrotremor verileri değerlendirilirken FFT tekniğine uygun olarak 100s. Pencere boyu kullanılmıştır.

Çalışma Sonucunda 1 Profil Üzerinde (N-S Profili)

Zemin kalınlığı 405m-600m. Arasında ve Gözlemsel Zemin Transfer Spektrumundaki Pik periyot değerleri de 1s. – 5s. Arasında hesaplanmıştır.

Şaşırtıcı olan sonuç pik periyot değerlerinin 1s. Den çok fazla olmasıdır.

Table 1
Structure models at array sites

| | No | V_p (m/s) | V_s (m/s) | Density (kg/m^3) | Thickness (m) |
|---------|----|-------------|-------------|-----------------------------|---------------|
| N-array | 1 | 1500 | 200 | 1700 | 65 |
| | 2 | 1800 | 500 | 1800 | 90 |
| | 3 | 2500 | 1000 | 2000 | 250 |
| | 4 | 5400 | 3500 | 2500 | – |
| S-array | 1 | 1500 | 500 | 1800 | 150 |
| | 2 | 2500 | 1000 | 2000 | 450 |
| | 3 | 5400 | 3500 | 2500 | – |

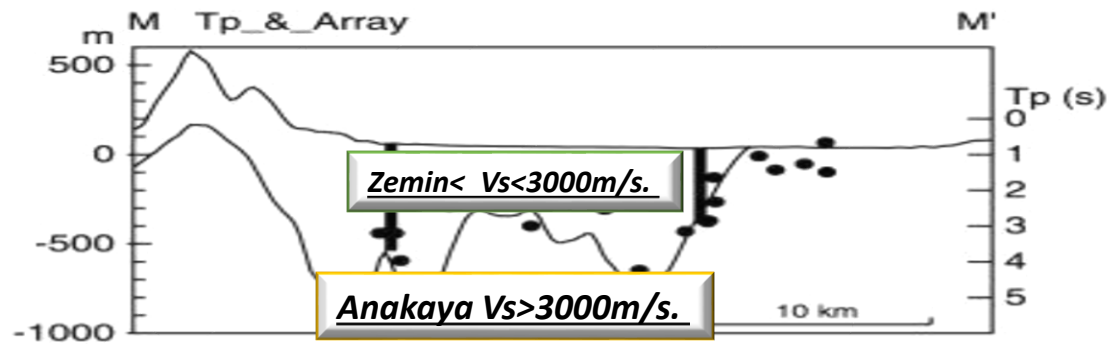


Fig. 8. Comparison among depth to bedrock at array sites, depth to gravity-basement and peak periods, T_p , of H/V. Cross section is along a line running through N- and S-arrays indicated in Fig. 6. Scale for T_p is shown at right margin.

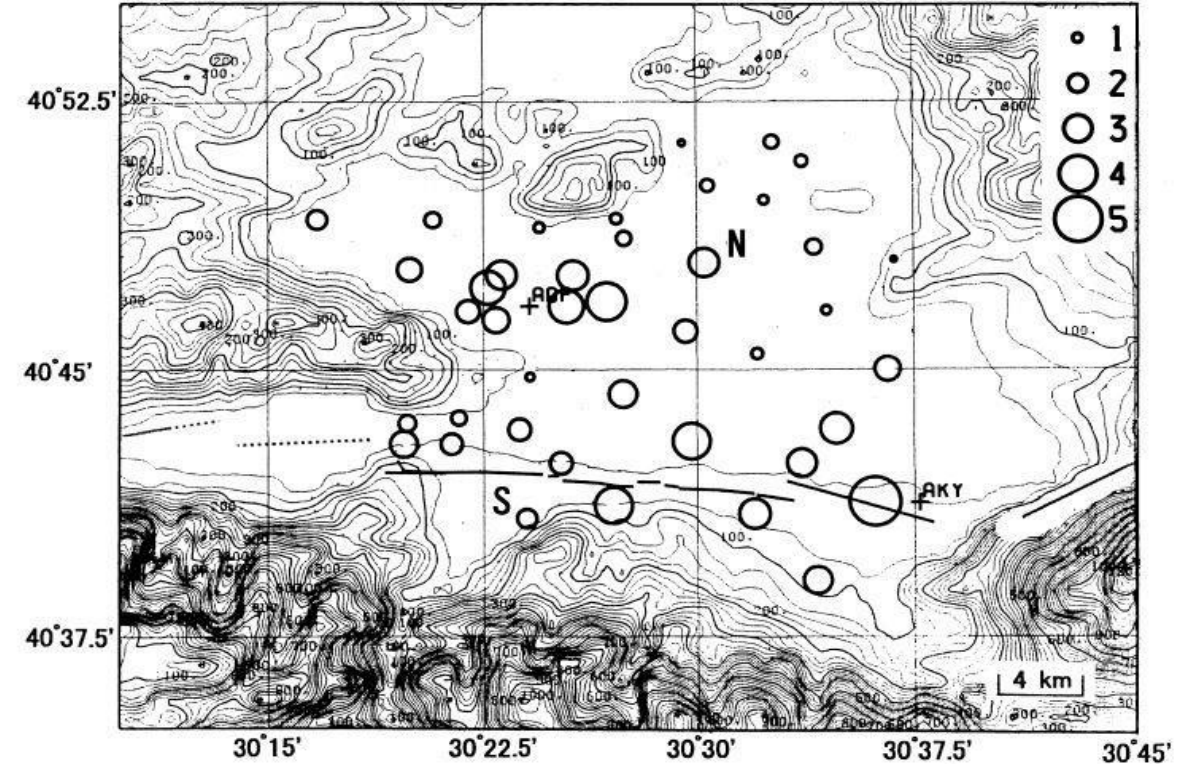


Fig. 6. Distribution of peak period, T_p , of H/V for microseisms. T_p is shown with size of circle (in s). N and S indicate the location of N- and S-arrays. Note the change in T_p between the northernmost and northern areas, and large T_p on the depressions shown in Fig. 4. Small T_p is observed along a nearly E-W line in the center corresponding the dike.

Tek İstasyon Mikrotremor Ölçüm Çalışmaları İzencesinde Yapılan İşlemler

- ❖ Sahada Tek Nokta istasyonlarda birbirinden bağımsız olarak 3 bileşen (E-W, N-S ve Z yönde) Şeklinde Geniş Frekans Bantı kullanılarak Mikrotremor Ölçüm Çalışması yapılır
- ❖ Bilgisayar ortamında geopys programı kullanılarak her bileşene ait genlik-frekans spektrumları hesaplanır.
- ❖ Bileşenlerden Her ölçüm noktası için HVSR(f)= (Yatay Bileşen Genlik/Düşey Bileşen Genlik) Spektrumları Hesaplanır.
- ❖ Bu Spektrumlar Quasi Transfer Spektrum (Yaklaşık Zemin Transfer Spektrum) Olarak Kabul Edilir.
- ❖ HVSR(f) Spektrumlarındaki Hakim Genlik Değerlerine Karşılık Gelen Periyot Değerleri de Zemin-Yapı Etkileşiminin Nasıl Olacağını Belirlemiş olur.
- ❖ Çünkü yapı yüksekliği ile zemin tepki spektrumundaki baskın (hakim) genlik-periyot değerleri arasında ilişki olduğu kabul edilir.

2. Yol Kuramsal Zemin Transfer Spektrum - Model Hesaplamaları

ölçümlerinden elde edilen HVSR(f) spektrumları ayrıca zemin parametreleri olarak matematiksel yolla da hesaplanabilir.

KLİ OLAN ZEMİN ANAKAYA PARAMETRELERİ

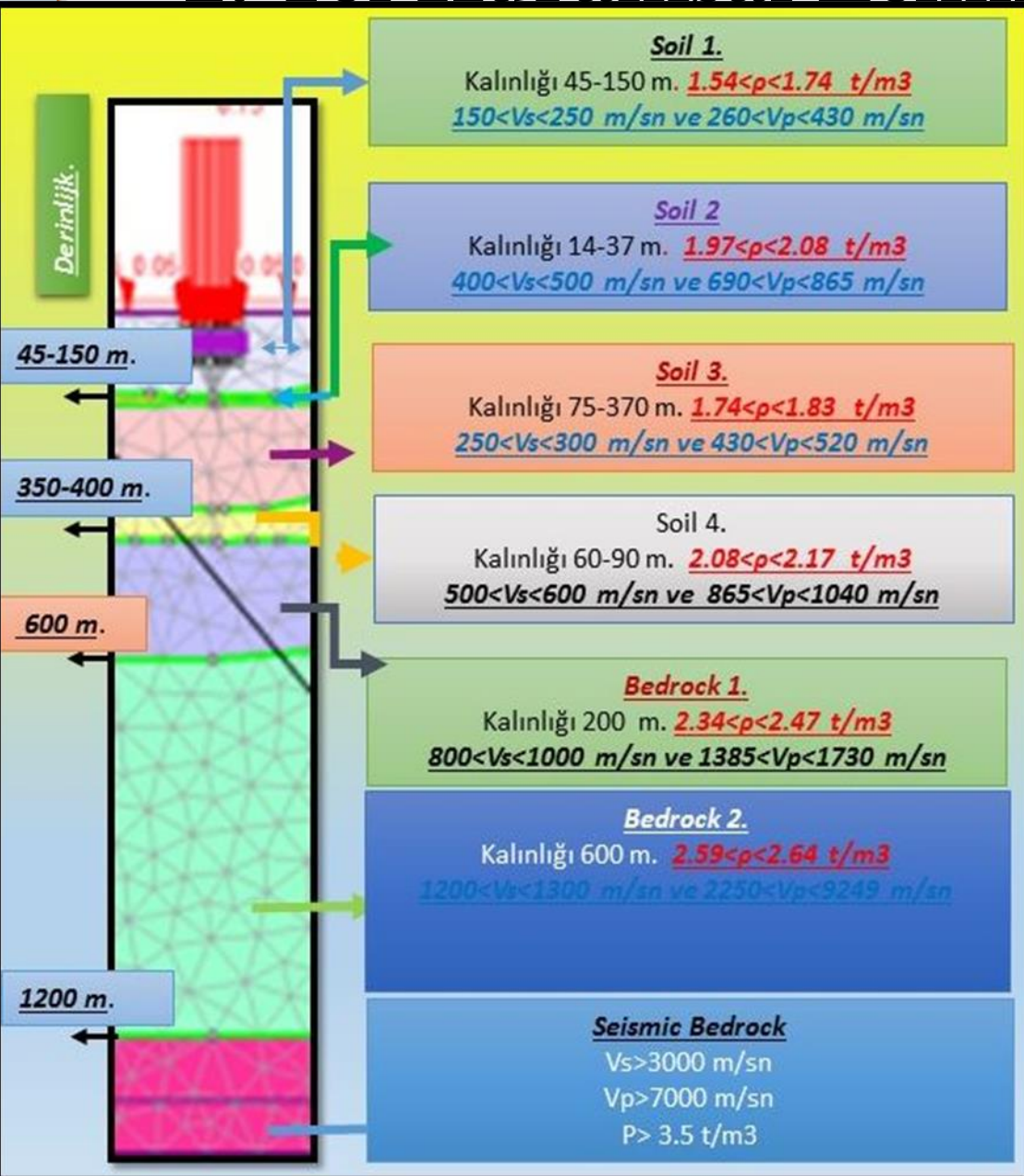
kadar olan ortamın sismik P, ve S dalga hızlarına göre

hesaplanır.

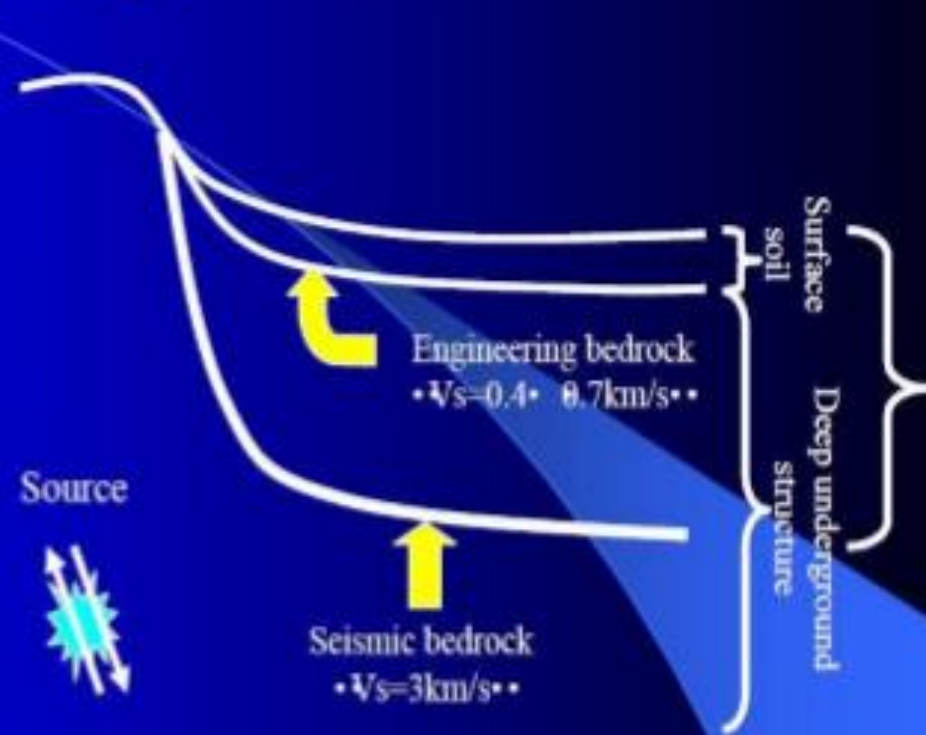
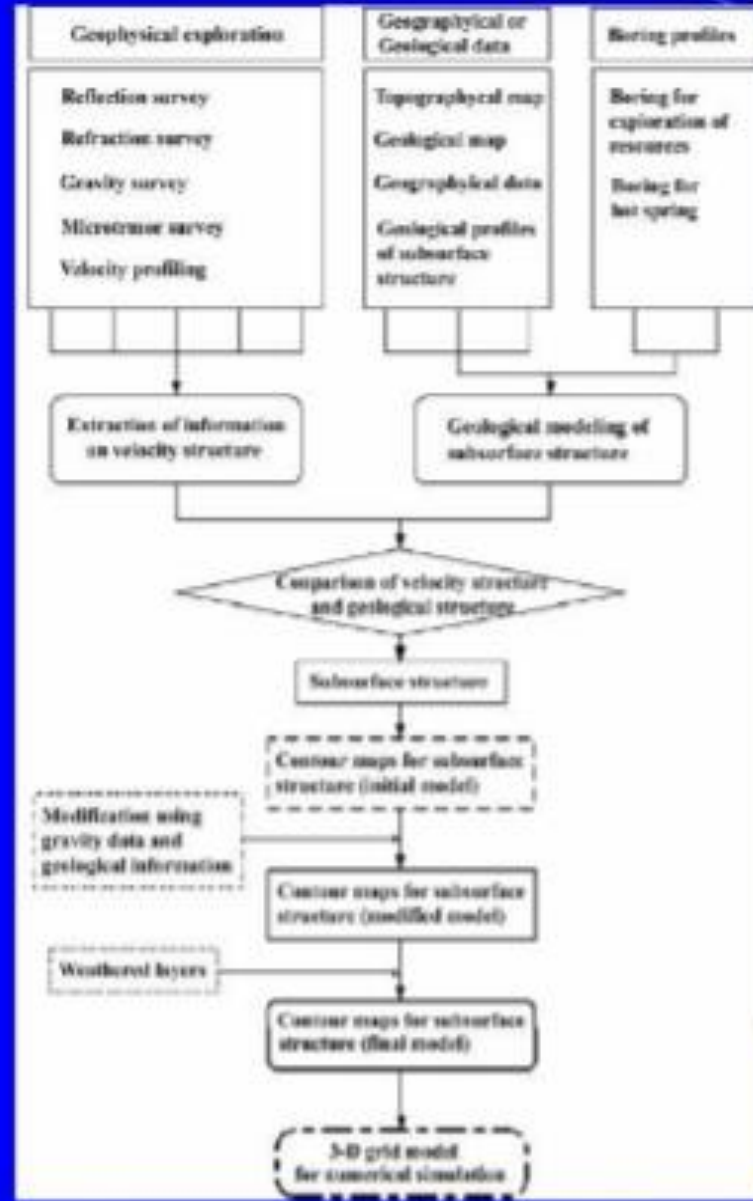
ölçüm oranları bulunur.

hesaplanır.

ortamda FFT ile hesaplamalar yapılarak HVSR(f) grafikleri



Sismik Anakaya İle Zemin Arasında Kalan Ortamın Deprem Dalgası Üzerindeki Etkisini Araştırmak İçin Yapılan Yer altı Modelleme Çalışması



- The deep underground structure from the crust and plates up to seismic bedrock;
- The structure of sediments from the seismic bedrock up to engineering bedrock ($V_s = 400 \text{ m/s} \cdot 700 \text{ m/s}$);
- The structure of surface soils from the engineering bedrock up to the ground surface.

Flowchart of structure modeling

Deprem-Zemin Ortak Davranışı

Yandaki şekle göre deprem hareketi deprem kaynağında başlıyor.

Önce sismik anakayadan ivme azalım ışıkları kavramı ile geçiyor.

Sismik anakaya $V_s > 3000 \text{ m/s}$.

Mühendislik Anakaya sınırına geldiği zaman sismik empedans değerleri deprem dalgasının frekans spektrumunda genlik frekans değişimleri oluşturuyor.

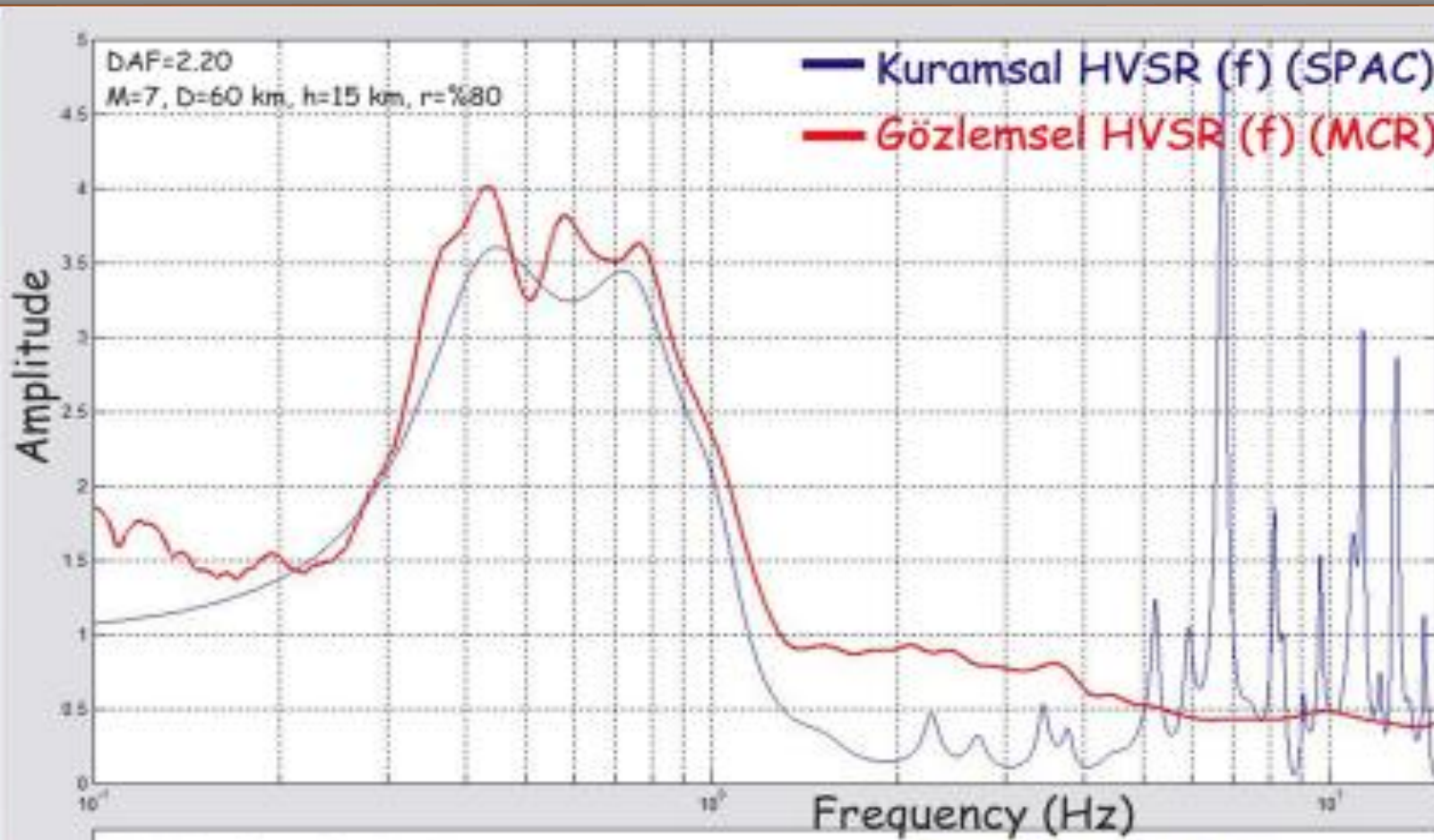
Mühendislik anakayası $V_s > 760 \text{ m/s}$.

Zemin sınırına gelen deprem dalgasının zemin içinden geçerek zemin yüzeyine ulaşmaya kadar hem deprem hareketinin genlik-frekans değerleri değişebilir. Hem de zemin özelliklerine bağlı olarak zemin içinde elastik, elastoplastik veya plastik deformasyonlar oluşabilir.

Model HVSR Hesaplamaları İçin Computers & Geosciences 34 (2008) dergisinde yayınlanmış Bir Çalışma Örneği

ModelHVSR—a Matlabs Tool To Model Horizontal-to-vertical Spectral Ratio Of Ambient Noise

Yazar: Marijan Herak; Department of Geophysics, Faculty of Sciences, University of Zagreb, Zagreb, Croatia



| V_p | V_s | ρ | D | Q_p | Q_s | V_p | V_s | ρ | D | Q_p | Q_s |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 21 | 53 | 1.76 | 17.7 | 39 | 8 | 900 | 200 | 1.65 | 20.0 | 90 | 20 |
| 34 | 544 | 1.70 | 25.9 | 102 | 30 | 1200 | 350 | 1.90 | 60.0 | 120 | 35 |
| 70 | 175 | 1.70 | 28.6 | 94 | 20 | 1500 | 500 | 2.08 | 70.0 | 150 | 50 |
| 156 | 390 | 1.86 | 101.2 | 117 | 30 | 1800 | 400 | 1.95 | 100.0 | 180 | 40 |
| | 694 | 2.29 | 51.7 | 147 | 30 | 1800 | 650 | 2.21 | 50.0 | 180 | 65 |
| 188 | 504 | 1.91 | 47.2 | 115 | 23 | 1700 | 550 | 2.13 | 50.0 | 170 | 55 |
| 208 | 794 | 2.30 | 85.6 | 150 | 30 | 2200 | 700 | 2.28 | 70.0 | 220 | 70 |
| 3000 | 850 | 2.37 | 999.0 | 999 | 999 | 3000 | 850 | 2.37 | 999.0 | 999 | 999 |

Başlangıç
Zemin Anakaya Model
Parametreleri

Optimize Edilmiş
Zemin Anakaya Model
Parametreleri

Gözlemsel Ve/Veya Kuramsal Olarak Hesaplanan Zemin Transfer Spektrumları (ZTF) Önemi Nedir, Nerde ve Nasıl Kullanılır.?

- ❖ Günümüzde zemin yüzeyindeki ve/veya mühendislik anakaya seviyesindeki deprem etkisini hesaplamak için yaygın olarak kullanılan **LİNEER SİSTEM KURAM** ına göre, bu sistemde, sismik anakaya verisi giriş verisi, Zemin Transfer Spektrumu Transfer Fonksiyonu ve Zemin yüzeyindeki Deprem Verisi de çıkış verisi olur.
- ❖ Çalışmalar spektral ortamda yapıldığı için hesaplamalarda matematiksel bölme ve çarpma işlemleri kullanılır ve bu durum bize işlem kolaylığı sağlamış olur.
- ❖ Zemin Yüzeyine Ait Deprem Spektrumu = (Sismik Anakaya Deprem Verisi) * (ZTF)

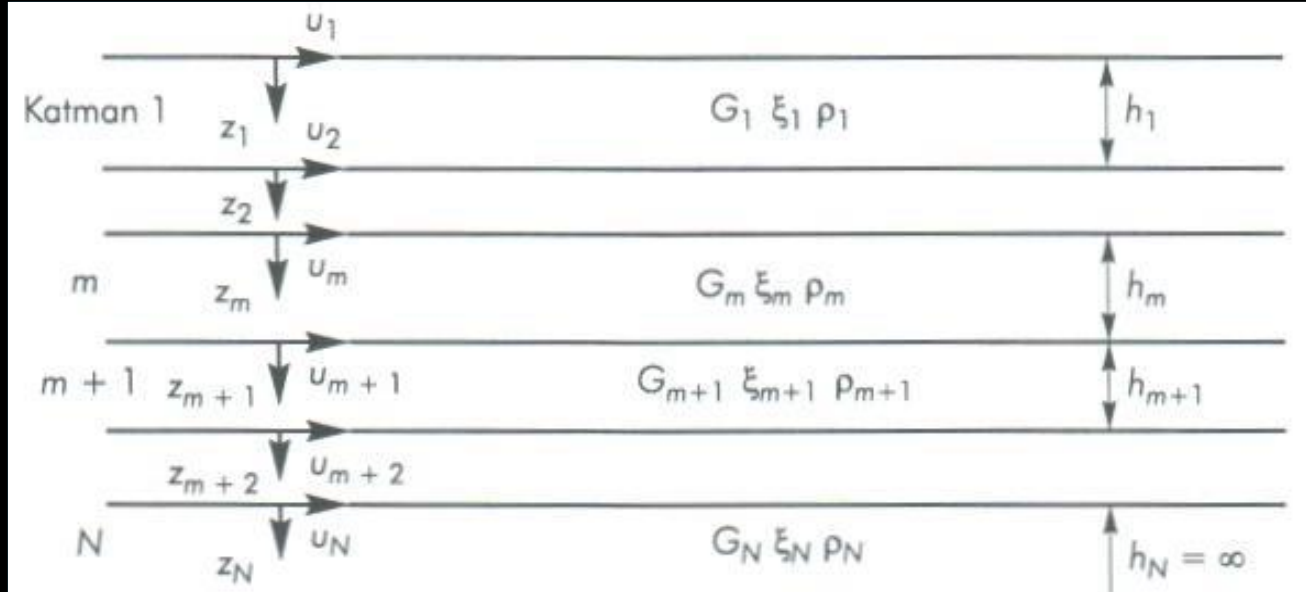
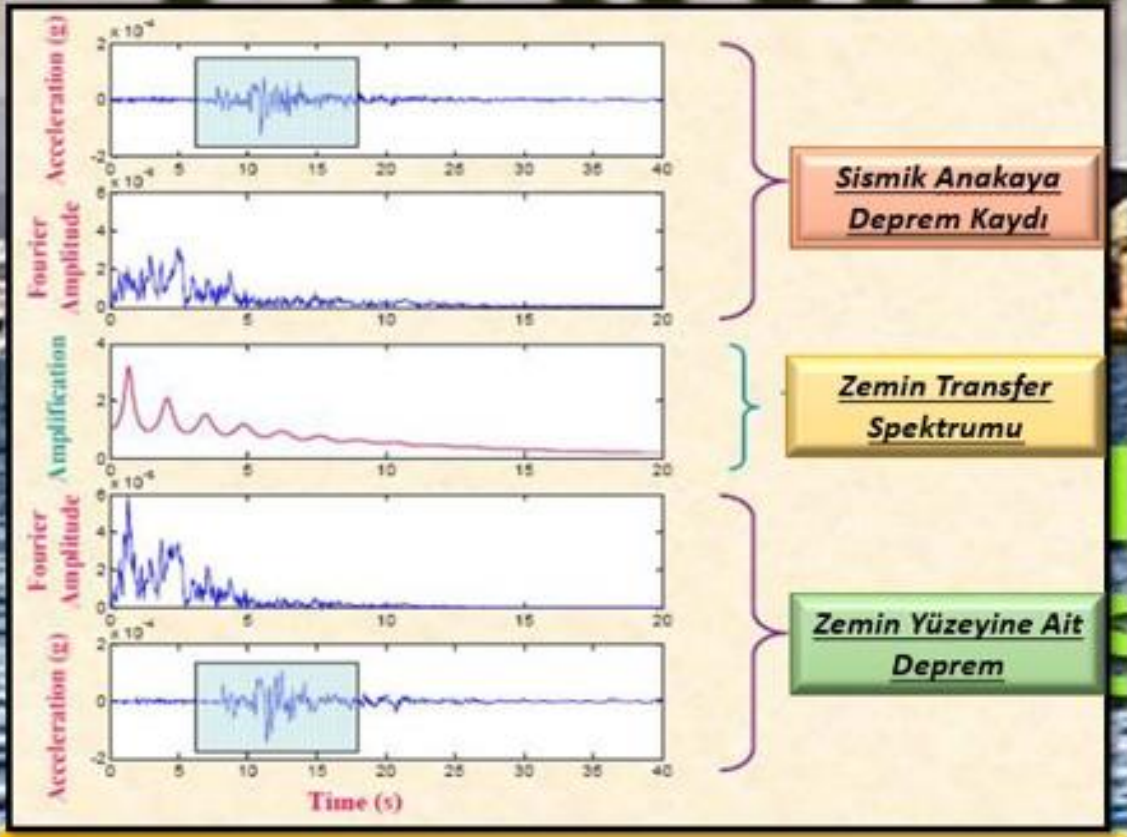


Gözlemsel Ve/Veya Kuramsal Olarak Hesaplanan Zemin Transfer Spektrumları Önemi Nedir, Nerde ve Nasıl Kullanılır.?

- ❖ Lineer Sistem 3 bileşenden oluşur.
- ❖ Bu bileşenlerden 2 si bilirse 3 bileşen basit matematik işlemle hesaplanır.
- ❖ Bu kapsamda yapılan çalışmalarda;
 - ❖ 1. Bileşen sismik anakaya deprem verisi senaryo depremi ile elde edilir.
 - ❖ 2. Bileşen zemin transfer spektrumu da ister zemin yüzeyi, isterse mühendislik anakaya seviyesi temel alınarak kuramsal yolla hesaplanır.
 - ❖ 3. Sonuç olarak istenilen seviyedeki deprem verisi hesaplanmış olur.
 - ❖ Zemin-Yapı ortak davranışı araştırmaları için sismik anakayadan zemin yüzeyine sismik anakaya deprem verisi transfer edilir.
 - ❖ Zemin Dinamik Analizi çalışmaları için de sismik anakaya seviyesinden mühendislik anakaya seviyesine sismik anakaya deprem verisi transfer edilir.



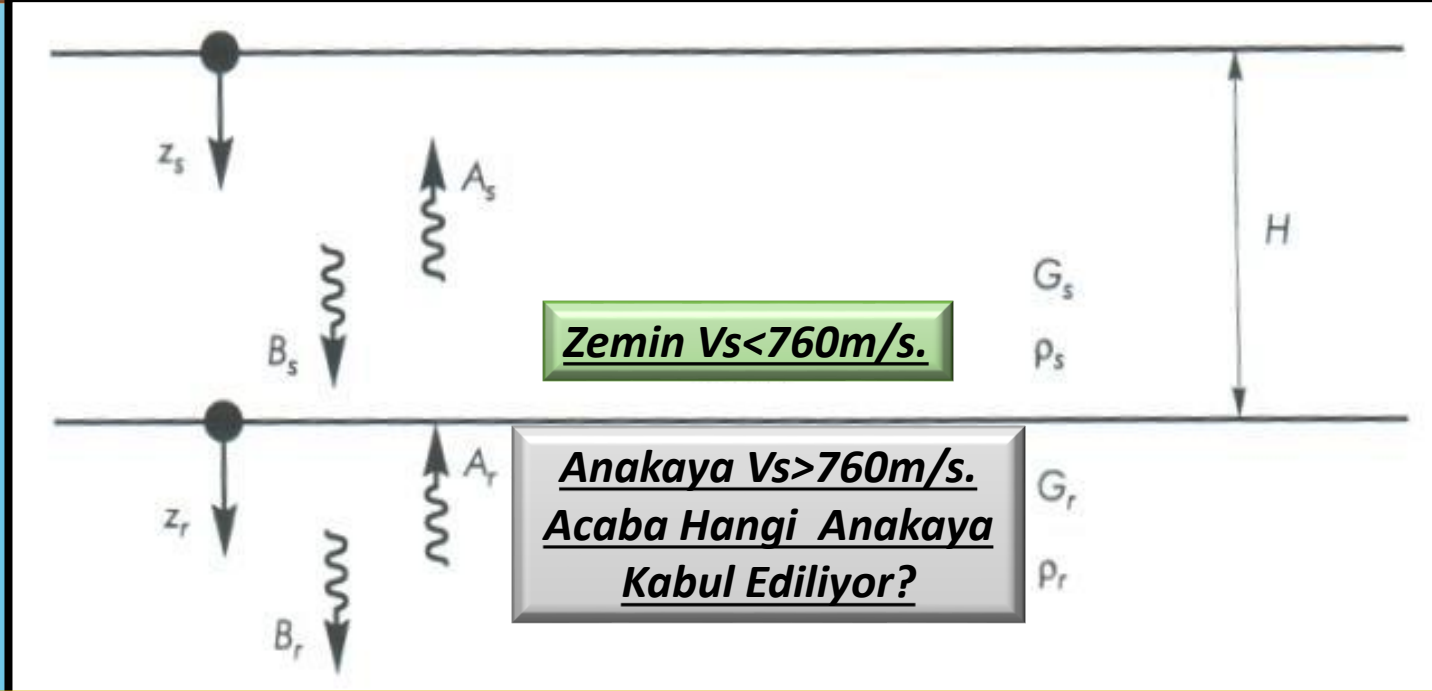
Elastik Bir Kaya Üzerinde Tabakalı ve Sönümlü Zemin Tabakaları Olması Koşulunda Zemin Transfer Spektrum Hesaplanması Aşamaları



Bu modelde zemin transfer spektrum hesaplamaları için sismik anakaya seviyesine kadar gerekli zemin tabaka parametreleri ;

- **Tabaka kalınlıkları (h) = Sismik S dalga hızları temel alınır.**
- **Yoğunluk değeri (ρ) = Sismik S dalga hızlarından bulunur**
- **Sönüm katsayısı (ξ) = Tablo değerlerinden hesaplanır.**
- **Kayma Modülü (G) olarak Gmax = yoğunluk * (Sismik S hızı)²**

Bu Sonuçlara Göre Vs30 Hız Değerleri İle Tanımlanan Zemin Anakaya Modeli Ne Anlama Geliyor?



Yukarıda tek tabaka için tanımlanmış zemin anakaya modeli Vs30 hız değerine göre kullanılır.

Bu koşulda, Vs30 hız değerine göre zemin ve anakayanın özellikleri konusunda aşağıdaki varsayımlar kullanılır.

Bu varsayımlara göre de zemin tepki spektrum hesaplama bağıntıları basite indirgenerek kullanılır.

Varsayılan model tanımları da aşağıdaki gibi olur;

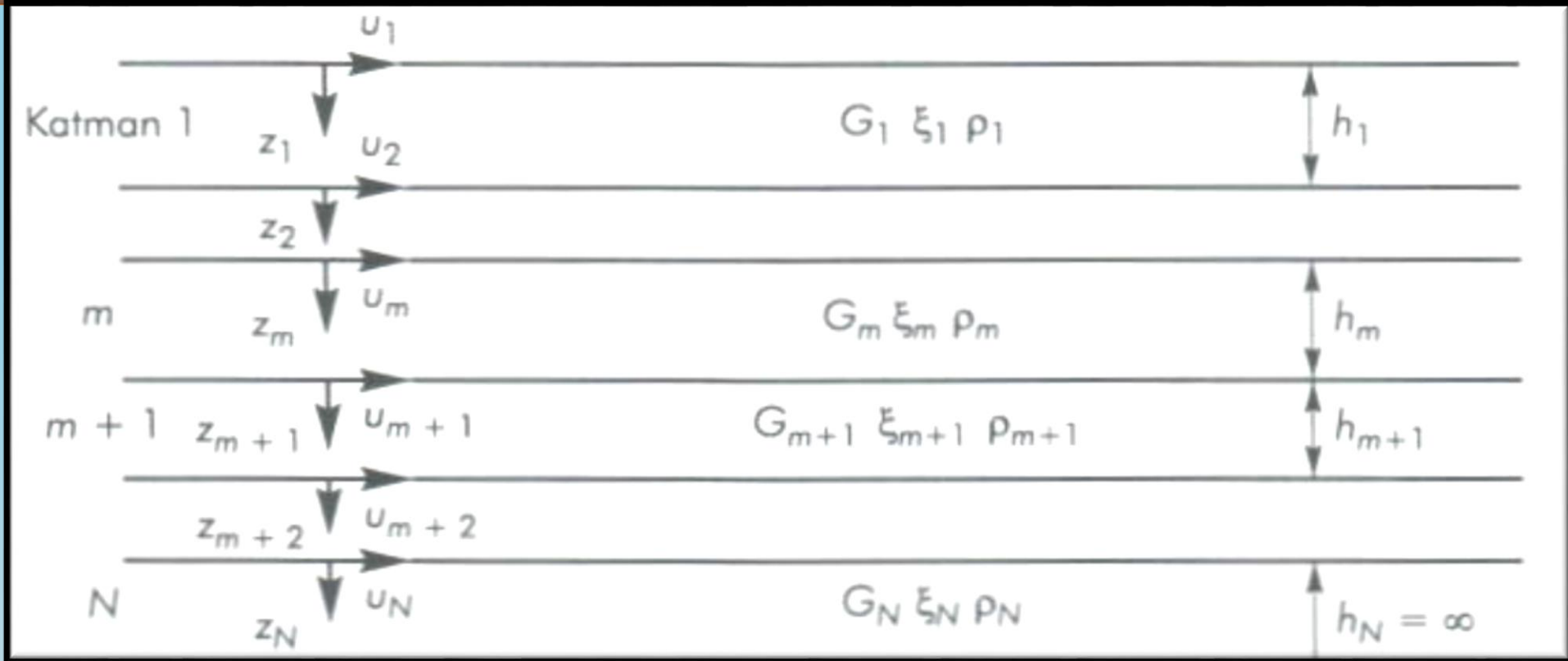
- Rijit bir kaya (Mühendislikmi yoksa Sismikmi Olacak?) üzerinde üniform sönümsüz bir zemin tabakası,
- Rijit bir kaya üzerinde (Mühendislikmi yoksa Sismikmi Olacak?) üniform sönümlü bir zemin tabakası;
- Elastik bir kaya üzerinde (Mühendislikmi yoksa Sismikmi Olacak?) üniform sönümlü bir zemin tabakası;

Ancak STOKASTİK Modelleme Kavramlarına Göre; Gerçek Doğada Yer altı Yapıları Bu kadar Basit Olmaz

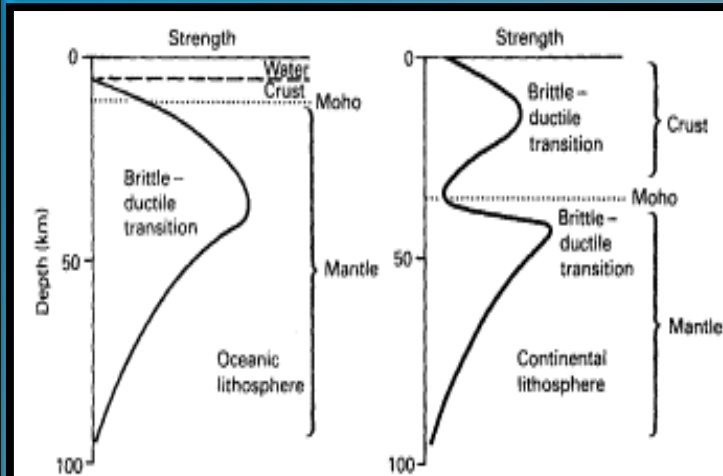
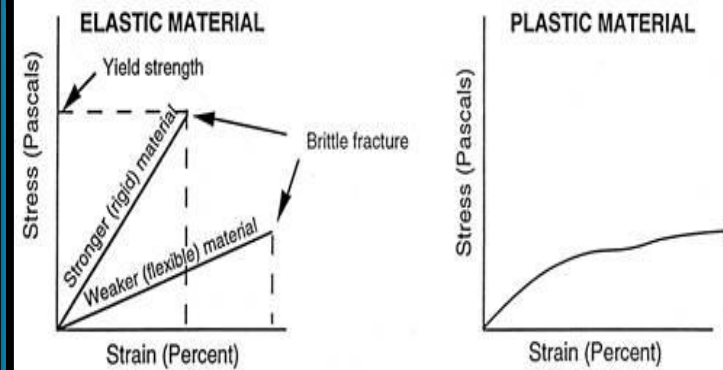
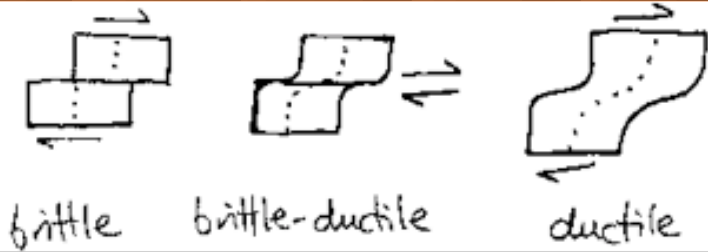
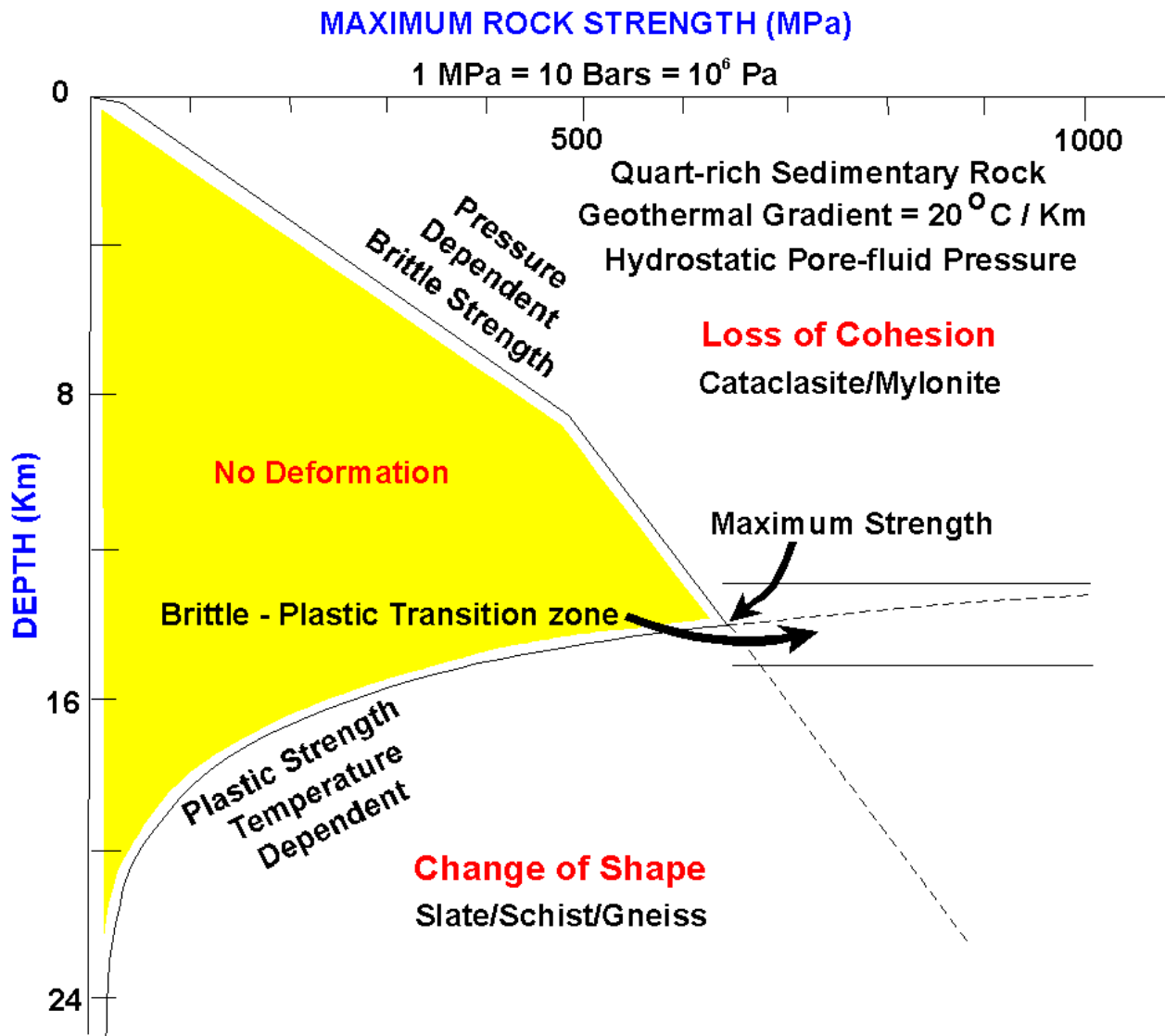
Yer Altı Elastik bir Mühendislik Anakaya Üzerinde Yeralan Çok Tabakalı ve Sönümlü Zemin Tabakalarından Oluşur.

Zemin Tepki Spektrum ve Zemin Dinamik Analiz Çalışmalarında da Bu Model Dikkate Alınır. Ancak Bu Model Bile Yeraltını Tam Temsil Etmez.

Çünkü, Yer Altı Bu Şekilde Yatay, Yarı Sonsuz, Homojen Ve İzotrop Katmanlardan Oluşmaz.

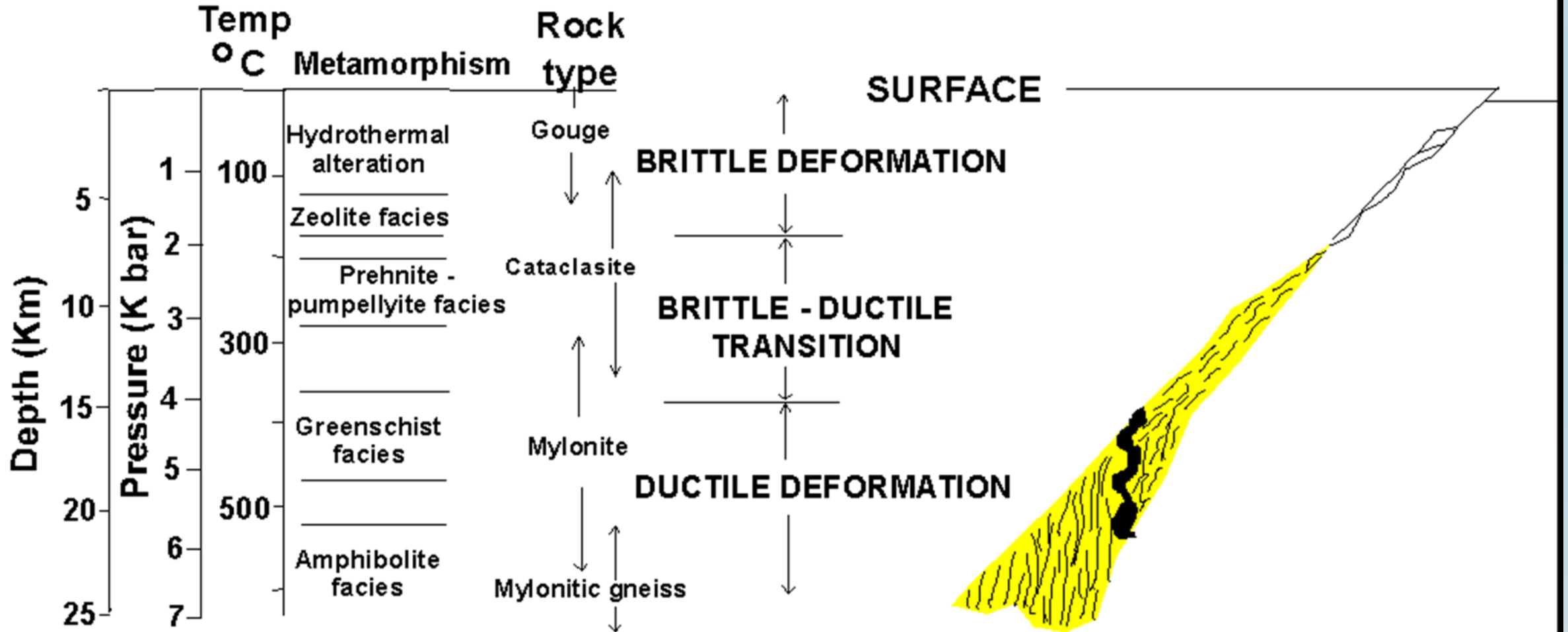


Sismik Anakaya Özellikleri ile İlgili Gerekli Araştırmalara Konu Olacak Temel Kavramlar

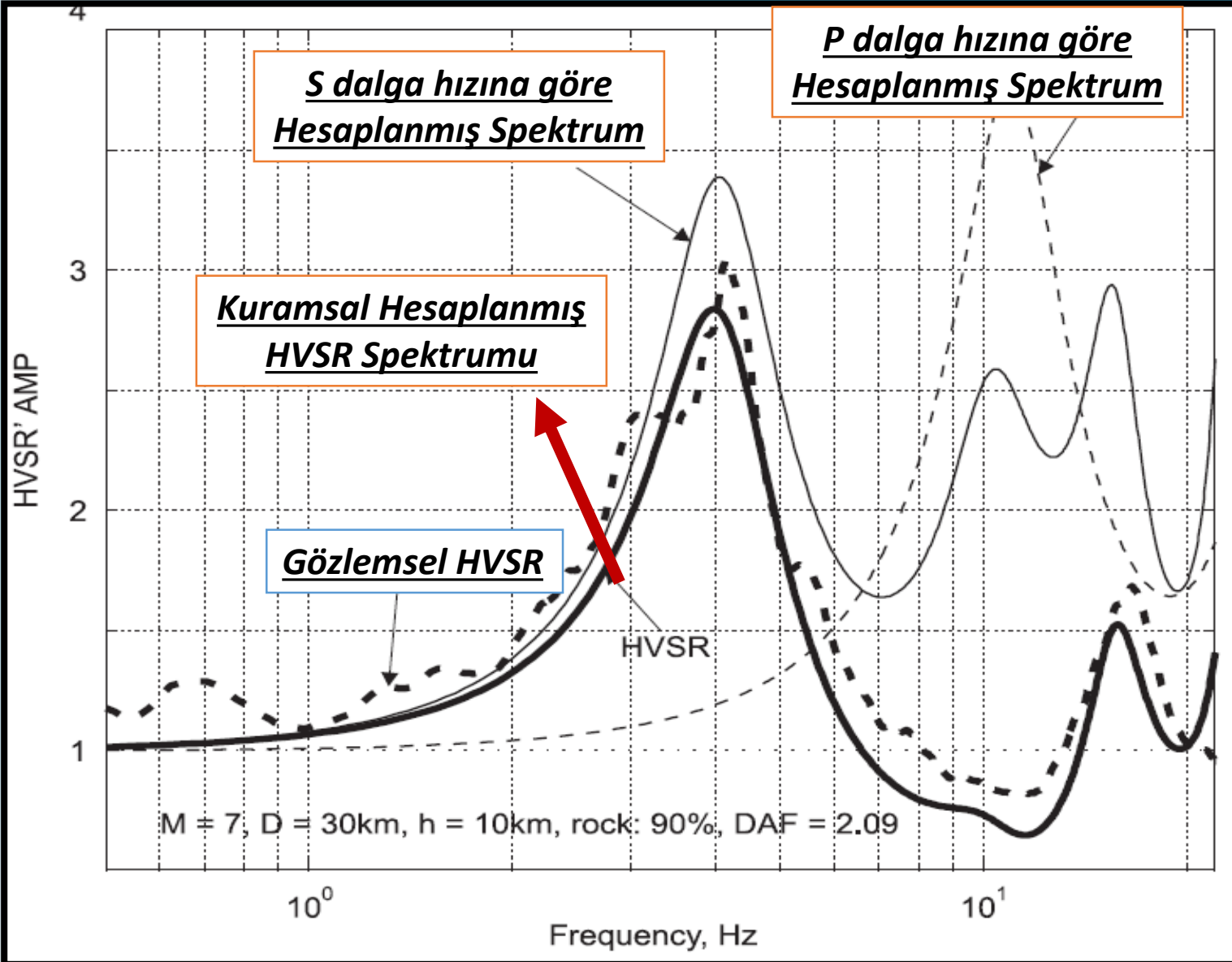


Sismik Anakaya Özellikleri İle İlgili Gerekli Araştırmalara Konu Olacak Temel Kavramlar

DYNAMIC & DYNAMOTHERMAL METAMORPHISM



Ayrıca, Kuramsal ve/veya Gözlemsel Zemin Transfer Spektrumları ile Senaryo Deprem Çalışması Yaparak Zemin Yüzeyine Ait Dynamic Amplification Factor (Dinamik Büyütme Katsayısı) Hesaplamaları da Yapılabilir



Bu durumda; Gözlemsel veya Kuramsal olarak hesaplanan Zemin Transfer Spektrumuna sahip olduğumuz için lineer sistem kuramı kullanılarak senaryo deprem çalışma yaparak zemin yüzeyine ait büyütme faktörünü hesaplama şansımız da olacaktır.

Örneğin yandaki grafikte senaryo deprem parametreleri olarak

Magnitüt = 7
Yatay Uzaklık = 30 km.
Düşey Derinlik = 10 km. ve
Sismik anakaya sönümü katsayısı = %90

Olarak kullanıldığında zemin dinamik büyütme katsayısı **DAF= 2.09 olarak hesaplanmıştır.**

DİNAMİK ETKİLER ALTINDA
ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZLERİ İÇİN
KULLANILAN MODELLER

DİNAMİK ETKİLER ALTINDA ZEMİN DAVRANIŞI Analizi Çalışmalarının Ortak Konusu Nedir?

- **Zeminin, kendisine uygulanan statik ve/veya dinamik kuvvete karşı bir kuvvet uygulaması gerekir.**
- **Zemine uygulanan bu kuvvetler statik (Yapı) yük ve dinamik (Deprem) yükün ortak etkisidir..**
- **Bu kuvvetlerin etkimesi sonucu zemin denge durumundan çıkar.**
- **Dinamik yük etkisinde tekrar denge durumuna gelmek için içindeki enerjiyi atmaya çalışır.**
- **Sonuç olarak, statik ve dinamik kuvvetlerin zemini değişikliğe zorlaması ile enerji atılır.**
- **Bu değişimler hacimsel, şekilsel değerlerde 1D, 2D veya 3D boyutlu olarak oluşur.**
- **Bu konuda önemli olan, bu değişimlerin sürekli olan statik kuvvet etkisinde ve geçici olan dinamik kuvvet etkisi sona erdikten sonra kalıcı olup olmayacağı sorusunun yanıtıdır.**
- **Bu nedenle, DİNAMİK ETKİLER ALTINDA ZEMİN DAVRANIŞI ve YER TEPKİ ANALİZLERİ nde ortak araştırılması gereken konu önce zemine etki ederek deprem-zemin ortak davranışı yaratacak olan dinamik yükü tahmin ederek bu kuvvetler etkisinde zeminde statik ve dinamik yük altında oluşacak şekil ve hacim değişiklikleri**
 - **Kalıcımı (Plastik) olacak?**
 - **Kısmi kalıcımı (Elasto Plastik) olacak?**
 - **Geçicimi (Elastik) Olacak?**
- **Sorularına yanıt aranması olacaktır.**

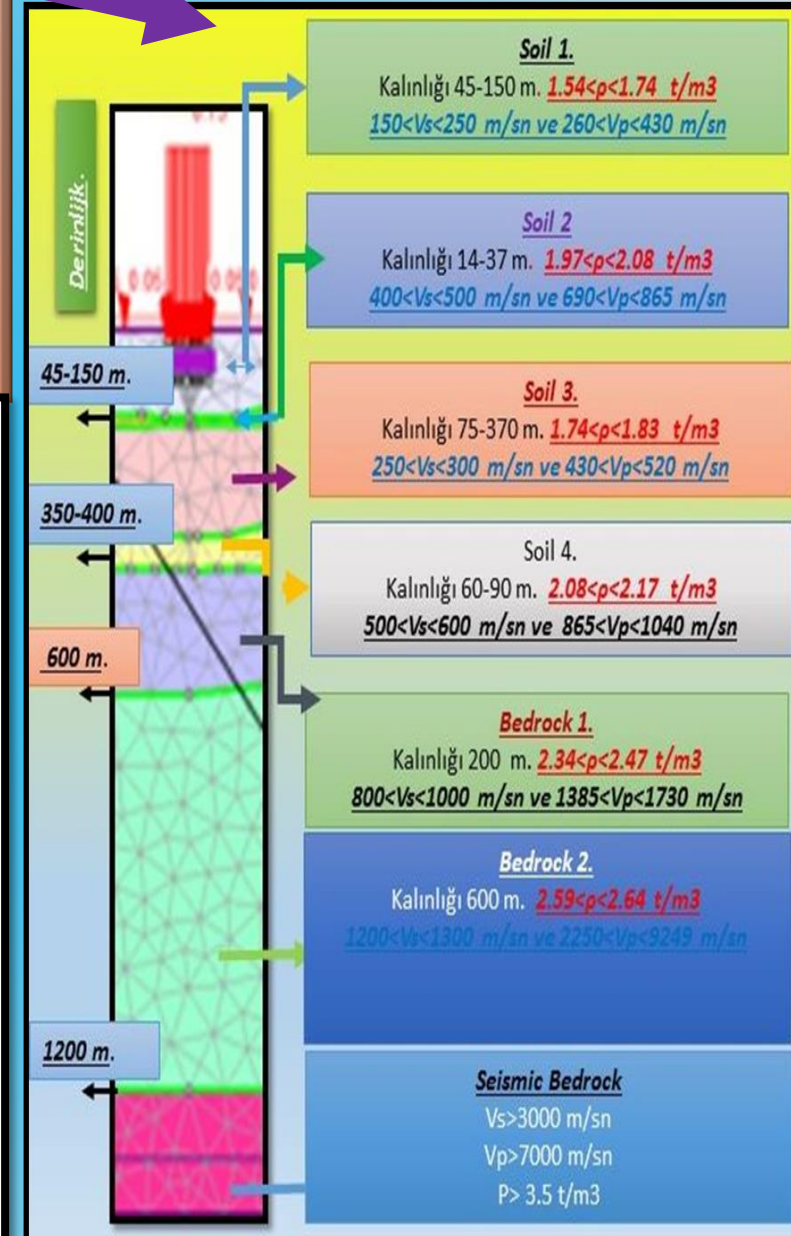
Zemin Dinamik Analizi Çalışmalarında Kullanılan Zemin-Mühendislik Anakaya Modeli ile

Gerilim-Deformasyon Hesaplamalarında Kullanılan Bilgisayar Programı Giriş Parametrelerinin Maksimum-Minimum Tanım Aralık Değerleri

Çizelge 1. Sismik hızların ampirik bağıntılarda kullanılması ile bulunan dinamik zemin parametreleri indeks ve mekanik özellikler

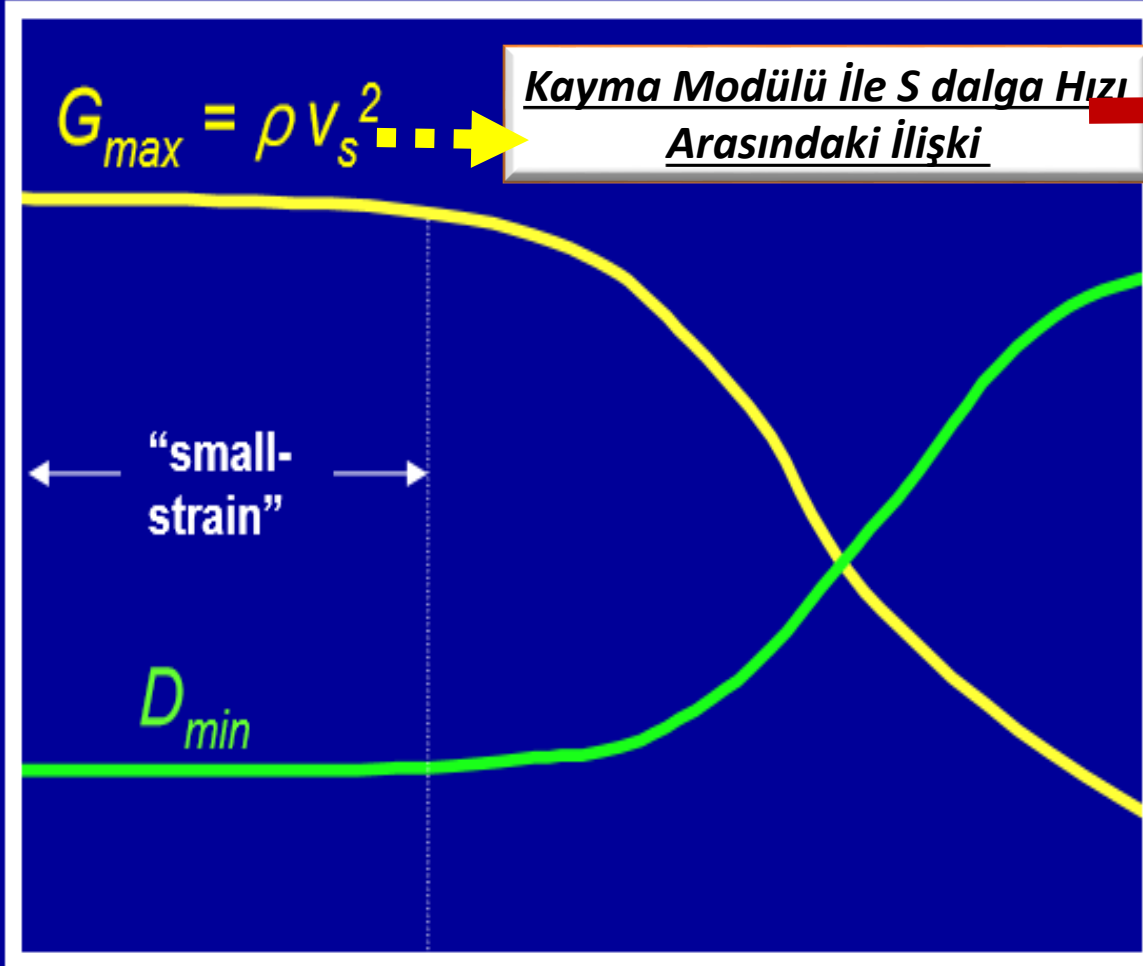
| | V_s (m/sn) | | V_p (m/sn) | | E (MPa) | | G (MPa) | | ν | C (MPa) | ϕ (°) | γ (t/m ³) | |
|---|--------------|------|--------------|------|---------|--------|---------|-------|-------|---------|------------|------------------------------|------|
| | min | max | min | Max | min | max | min | max | | | | min | max |
| 1 | 150 | 250 | 260 | 430 | 86 | 272 | 35 | 109 | | 0.025 | 30 | 1.54 | 1.74 |
| 2 | 400 | 500 | 690 | 865 | 782 | 1300 | 315 | 520 | | 0.15 | 35 | 1.97 | 2.08 |
| 3 | 250 | 300 | 430 | 520 | 270 | 412 | 109 | 165 | | 0.10 | 35 | 1.74 | 1.83 |
| 4 | 500 | 600 | 865 | 1040 | 1290 | 1953 | 520 | 782 | 0.25 | 0.17 | 35 | 2.08 | 2.17 |
| 5 | 800 | 1000 | 1385 | 1730 | 3714 | 6175 | 1498 | 2470 | | 4 | 36 | 2.34 | 2.47 |
| 6 | 1200 | 1300 | 2080 | 2250 | 9249 | 11154 | 3730 | 4462 | | 8 | 36 | 2.59 | 2.64 |
| 7 | 3000 | 4000 | 5190 | 6920 | 72540 | 140000 | 29250 | 56000 | | 15 | 40 | 3.25 | 3.50 |

1- Soil 1; 2- Soil 2; 3- Soil 3; 4- Soil 4; 5- Bedrock 1; 6- Bedrock 2; 7- Bedrock 3



Zemin Dinamik Analizi Çalışmalarında Temel Alınan Grafik

Shear Modulus, G



0.001 %

Shear Strain, γ (%)

Material Damping, D

Bu bağıntı yardımı ile zemin sondajlarının sayısına Ve derinliğine destek sağlanabilir.

Çünkü sondaj derinliği arttıkça zemin laboratuvar deneylerinin yapılmasına uygun karot örneklerinin alınması maliyeti artar.

Ama uygun jeofizik ekipmanlarla yapılan saha araştırmalarından elde edilecek Vs hız ve yoğunluk değerleri bize kayma modülü hakkında bilgi sağlayabilir.

ZEMİN DİNAMİK ANALİZ SONUÇLARININ YORUMLANMASI

Deprem Sırasında-Sonrasında Zemin Deformasyon Seviyelerinin Araştırılması

- Deprem-zemin ortak davranışını tanımlamak için zeminde oluşan birim yatay yer değiştirme ile tanımlanan deformasyon seviyesine göre karar verilir.
 - Deformasyon 10^{-5} ve daha küçük olursa elastik,
 - Deformasyon 10^{-3} civarında ise elasto-plastik,
 - Deformasyon 10^{-2} den daha büyük olduğunda plastik olur.



| | Birim Deformasyon (%) | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|--------|------------|--------|
| | 10^{-4} | $10^{-3,5}$ | 10^{-3} | $10^{-2,5}$ | 10^{-2} | $10^{-1,5}$ | 10^{-1} | $10^{-0,5}$ | 10^0 | $10^{0,5}$ | 10^1 |
| G/G_{max} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,90 | 0,71 | 0,47 | 0,24 | 0,10 | 0,05 | 0,04 |
| ξ (%) | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,53 | 4,83 | 7,68 | 12,3 | 18,5 | 24,4 | 27,0 | 30,0 |

- Eğer Kayma Mukavemeti Özellikleri Araştırılacaksa
 - Tekrarlı Gerilme Genlik Değerleri ile Çevrim Sayısı Dikkate Alınır.
- Eğer zeminde dinamik ve statik yük altında oluşabilecek gerilme ve şekil değiştirme özellikleri araştırılacaksa;
 - Dinamik kayma modülü (G_{max}) ve Sönüm oranları dikkate alınır.

G İle Birim Kayma Değerleri Arasındaki İlişki

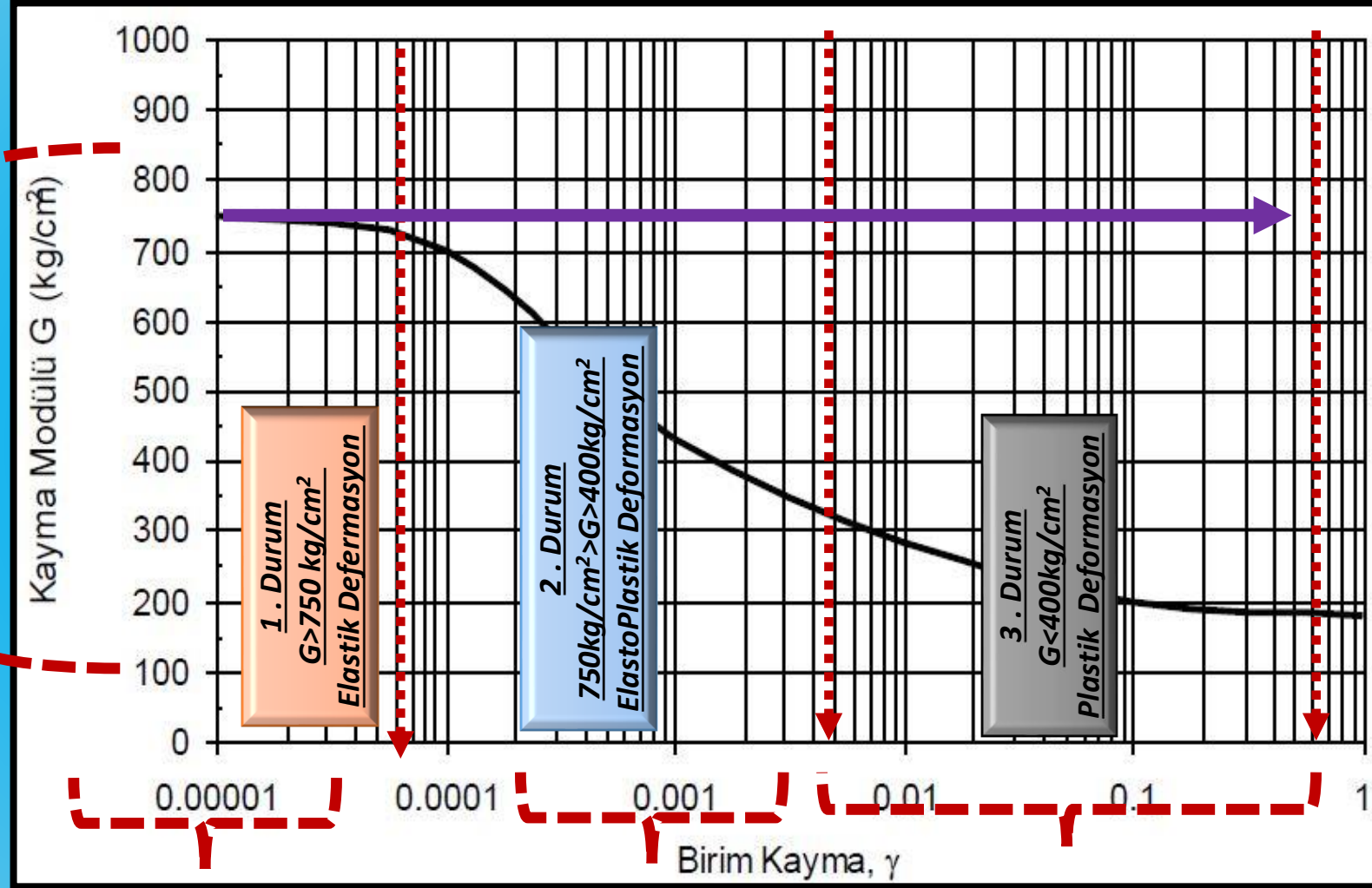
Yandaki şekilde G (kayma Gerilimi) ile birim kayma miktarı arasındaki ortak değişim tanımlanmıştır.

Bu değişimlere göre $G < 800 \text{ kg/cm}^2$ koşulunda kayma miktarı değerlerine göre 3 durum oluşabilir.

1. Durum. $G =$ ortalama 750 kg/cm^2 , oluşabilecek deformasyon seviyesinin elastik olma olasılığı yüksek.

2. Durum. $750 \text{ kg/cm}^2 > G > 300 \text{ kg/cm}^2$ oluşabilecek deformasyon seviyesinin elasto-plastik olma olasılığı artar.

3. Durum. $G < 300 \text{ kg/cm}^2$ koşulunda oluşabilecek deformasyon plastik kabul edilir.



0.001 %
Shear Strain, γ (%)

G ve Gmax Değerleri Arasındaki İlişki

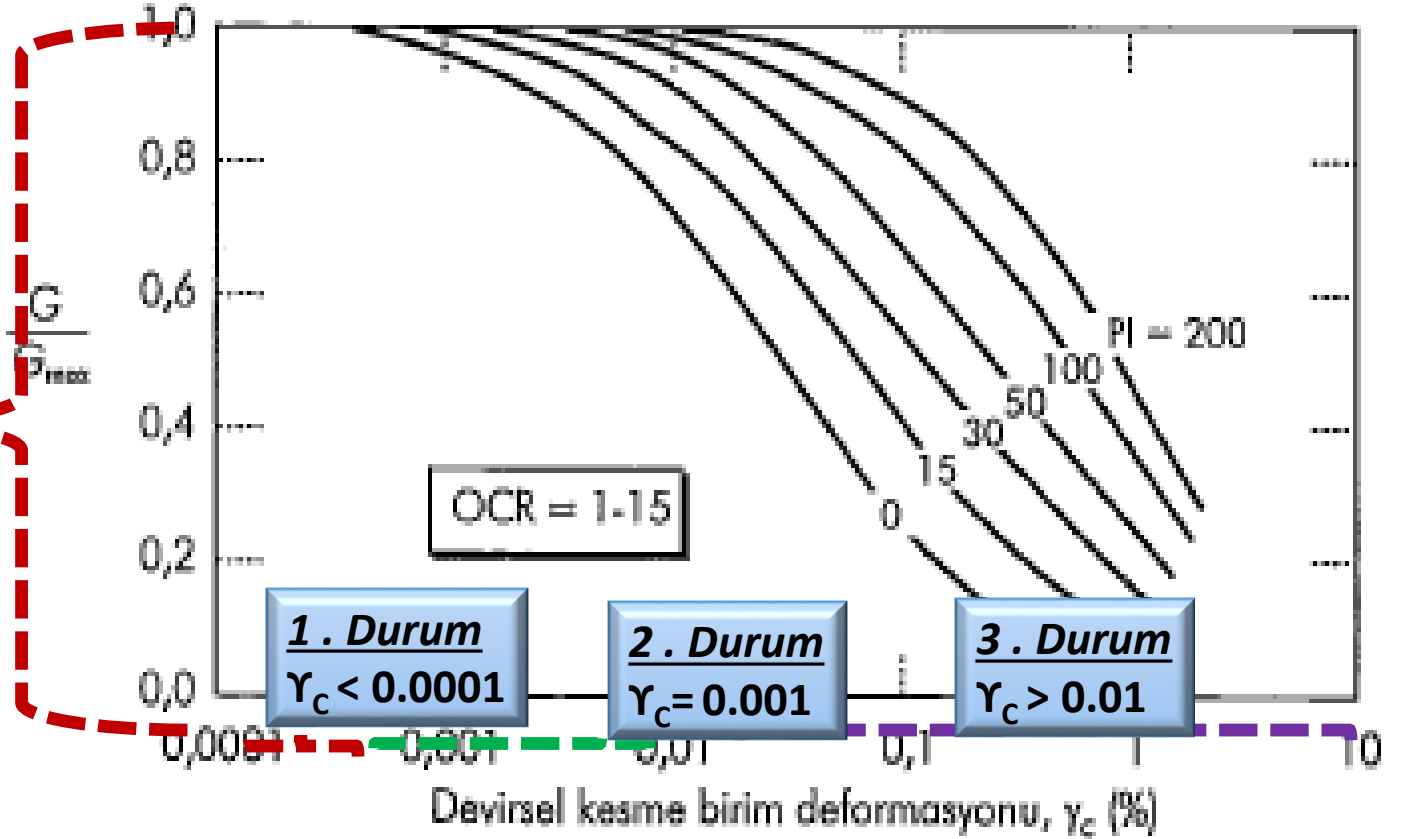
Gmax ile normalize edilen G ile birim kayma miktarı arasındaki ortak değişim tanımlayan şekil.

Bu değişimlere göre Gmax ile G arasındaki kayma miktarı değerlerine göre 3 durum oluşabilir.

1.Durum. $G_{max}=G$ ve 750kg/cm^2 , koşulunda oluşabilecek deformasyon seviyesi elastik olma olasılığı yüksek.

2.Durum. $G_{max}>G$ olma koşulunda $750\text{kg/cm}^2>G>300\text{kg/cm}^2$ oluşabilecek deformasyon seviyesinin elasto-plastik olma olasılığı artar.

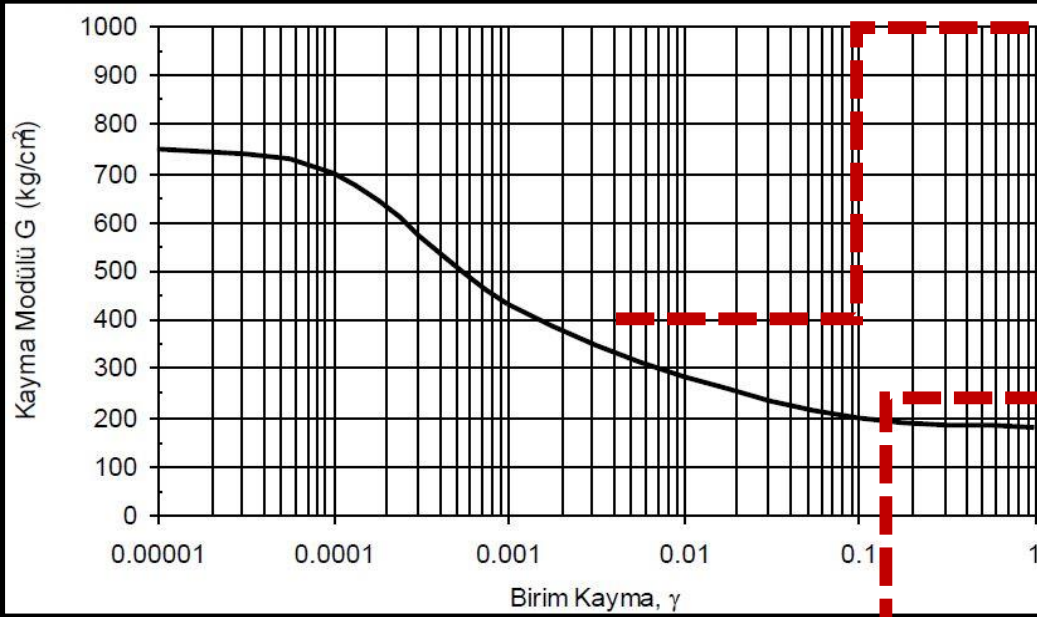
3.Durum. $G_{max}\gg G$ ve $G<300\text{kg/cm}^2$, koşulunda oluşabilecek deformasyon plastik kabul edilir.



0.001 %

Shear Strain, γ (%)

G, Gmax, G/Gmax ve Shear Strain Değerleri Arasındaki İlişki

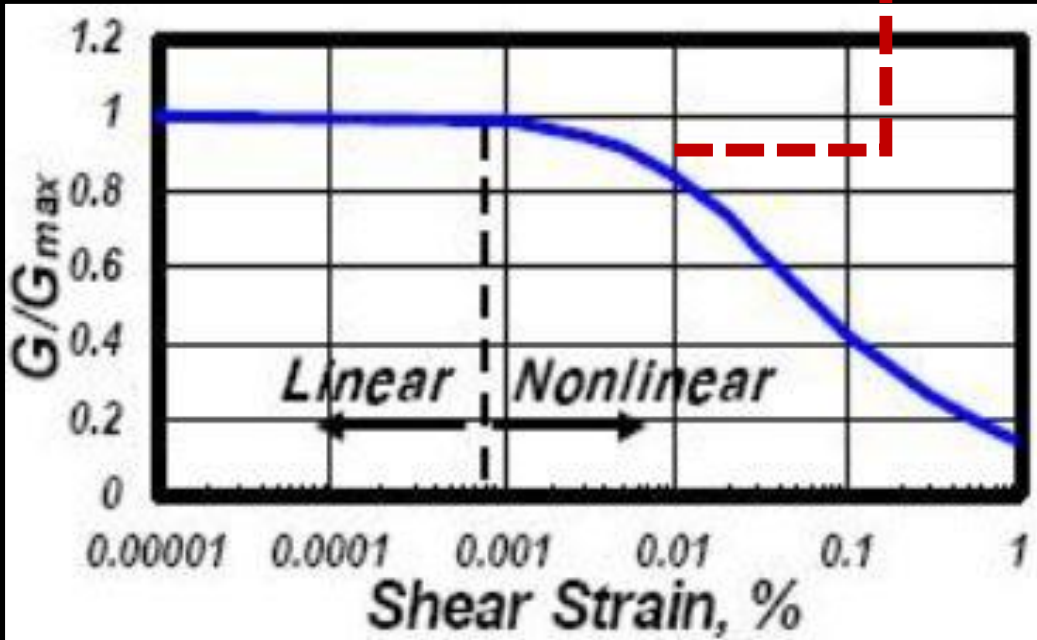


Bu grafiğe göre

- $G > 750$ kg/cm² olduğunda birim kayma değerleri 10^{-5} değerinden küçük olur ve dinamik davranış elastik deformasyon tanımına girer.
- $G < 750$ kg/cm² olduğunda birim kayma değerleri 10^{-5} değerinden daha büyük olur ve dinamik davranış elastoplastik veya plastik deformasyon tanımına girer.

Bu grafiğe göre

- $G/G_{max} =$ veya > 1 olduğunda birim kayma değerleri 10^{-5} değerinden küçük olur ve dinamik davranış elastik deformasyon tanımına girer ve davranış lineer olur.
- $G/g_{max} < 1$ olduğunda birim kayma değerleri 10^{-5} değerinden daha büyük olur ve dinamik davranış nonlineer ve deformasyonda elastoplastik veya plastik deformasyon tanımına girer.



Her iki grafik dikkate alındığında ve irdelendiğinde karşımıza çıkan sonuçlar

- $G_{max} > 750$ kg/cm² olduğunda $G/G_{max} > 1$ olması için $G > G_{max}$ ve $G > 750$ kg/cm² gerekir ki bu durumda shear strain değeri $< 10^{-5}$ olur. olduğunda deformasyon elastik ve davranış lineer olur.
- $G_{max} < 750$ kg/cm² koşulunda $G/G_{max} < 1$ olması için $G < G_{max}$ ve $G < 750$ kg/cm² olması gerekir. Bu durumda davranış nonlineer ve deformasyon elastoplastik veya plastik seviyelerde oluşabilir.

Gmax Değerinin Vs ve Yoğunluğa Göre Değişimi

- Genel Bağntı = $G_{max} = \rho * V_s^2$ (Kramer (1996))
- Pratik Bağntı = $(\rho * V_s^2 / 100) = \text{kg/cm}^2$ = Bu bağntı kullanılarak S dalga hızı ve yoğunluk kullanılarak Gmax hesaplanır.
- Yoğunluk bilinmiyorsa, yoğunluk değerleri P ve S dalgalarından kuramsal olarak hesaplanabilir.
 - Vs hızı kullanılarak yoğunluk $\rho = 0.44 * V_s^{0.25}$ hesaplanır (Lankston 1990),
 - Vp Kullanılarak yoğunluk $\rho = 0.31 * V_p^{0.25}$ hesaplanır (Lankston 1990)
 - Örnek 1: Vs=50m/s ve $\rho=1,2\text{g/cm}^3$ için hesaplanan $G_{max} = (1200 * 2500) / 100 = 30 \text{ kg/cm}^2$
 - Örnek 2: Vs=100m/s, ve $\rho=1.4\text{g/cm}^3$ için hesaplanan $G_{max} = (1400 * 10000) / 980 = 146 \text{ kg/cm}^2$

Vs ve Yoğunluk Tablo Değerleri Kullanılarak Gmax Hesaplama Sonuçları

| Vs Hız Değerleri (m/s) ve cm/s | | Yoğunluk (g/cm ³) ve kg/m ³ | | Gmax (kg/cm ²) | |
|--------------------------------|---------|----------------------------------------------------|------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 50 | 5.000 | 1,2 | 1200 | 30 | Dinamik Yük etkisi yatay şekil değiştirme değeri için tehlike Sınırı Elasto-plastik-plastik deformasyon olma olasılığı |
| 100 | 10.000 | 1.4 | 1400 | 146 | |
| 200 | 20.000 | 1.65 | 1650 | 660 | |
| 250 | 25.000 | 1.75 | 1750 | 1093 | |
| 300 | 30.000 | 1.83 | 1830 | 1647 | |
| 500 | 50.000 | 2.10 | 2100 | 5.250 | Dinamik Yük etkisi yatay şekil değiştirme değeri elastik olma olasılığı çok yüksek. |
| 700 | 70.000 | 2.26 | 2260 | 11.074 | |
| 1000 | 100.000 | 2.47 | 2470 | 24.700 | |

SEISMIC VULNERABILITY INDICES FOR GROUND AND STRUCTURES USING MICROTREMOR, Yutaka NAKAMURA, World Congress on Railway Research, Florence, Nov. 1997

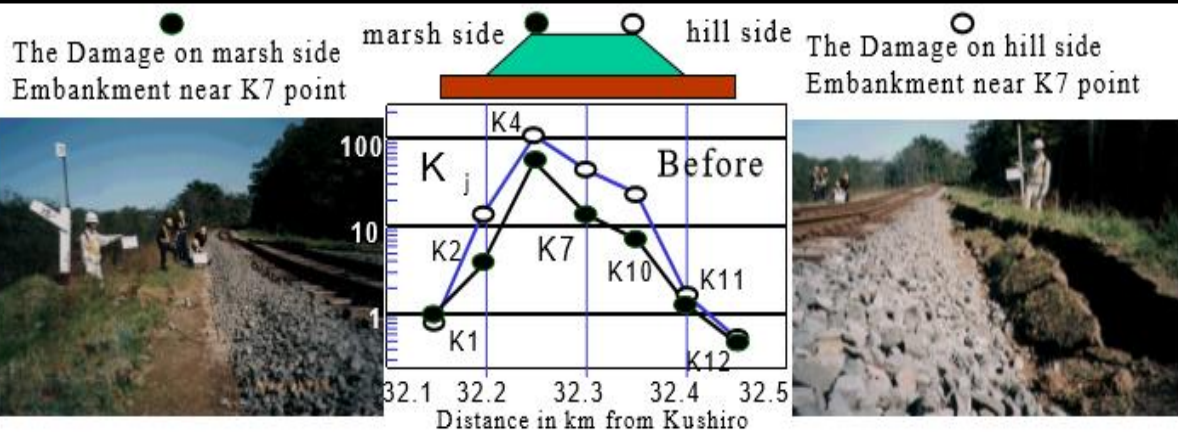
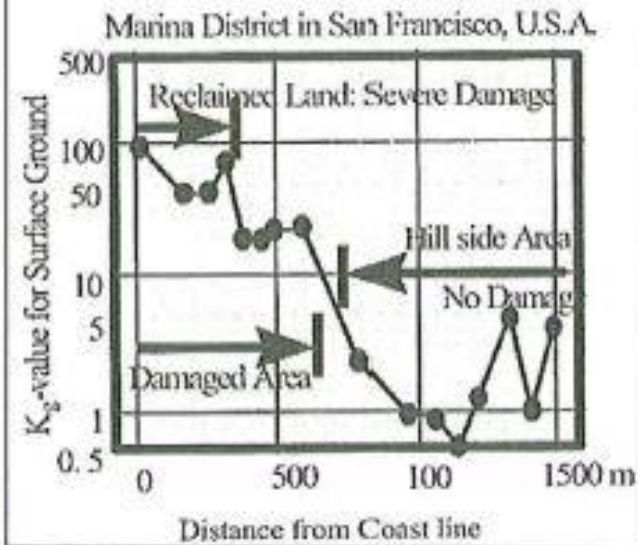
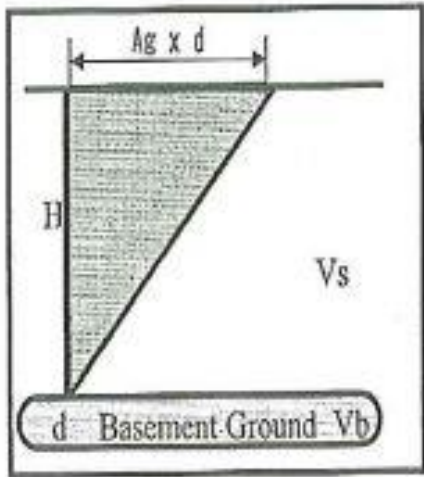


Fig. 3 Relation between Embankment Damage and K_j -values measured before the earthquake



Summary

In this paper, a new technique to investigate rapidly with precision durability against earthquake of various structures and surface ground by using microtremor. Validity of the proposed method has been examined by comparing the results of investigations by the new technique in the earthquake damaged areas (before or after the event) with actual earthquake damage experienced.

Nakamura bu çalışmasında 1994 Hokkaido-Toho-Oki Earthquake depreminden sonra oluşan yapısal hasarlar ile mikrotremor ölçümlerinden hesapladığı HVSF(f) spektrumlarındaki pik genlik frekans değerlerini (A, F) karşılaştırmış ve aralarında $K=A^2/F$ formülü ile tanımlanan K değerinin hasar endeks katsayısı olarak tanımlamıştır.

K değerinin 50 den büyük olduğu alanlarda ayrıntılı zemin dinamik analiz çalışılması yapılmasını önermiştir.

$$\gamma = A_g \times \delta/h,$$

$$F_g = C_b/(4A_g \times h).$$

$$\alpha_b = (2\pi F_g)^2 \times \delta,$$

$$\begin{aligned} \gamma &= (A_g \times \alpha_b / (2\pi F_g)^2) \times 4A_g \times F_g / C_b \\ &= (A_g^2 / F_g) \times \alpha_b / (\pi^2 C_b). \end{aligned}$$

$$\gamma_e = K_g(e) \times \alpha_b$$

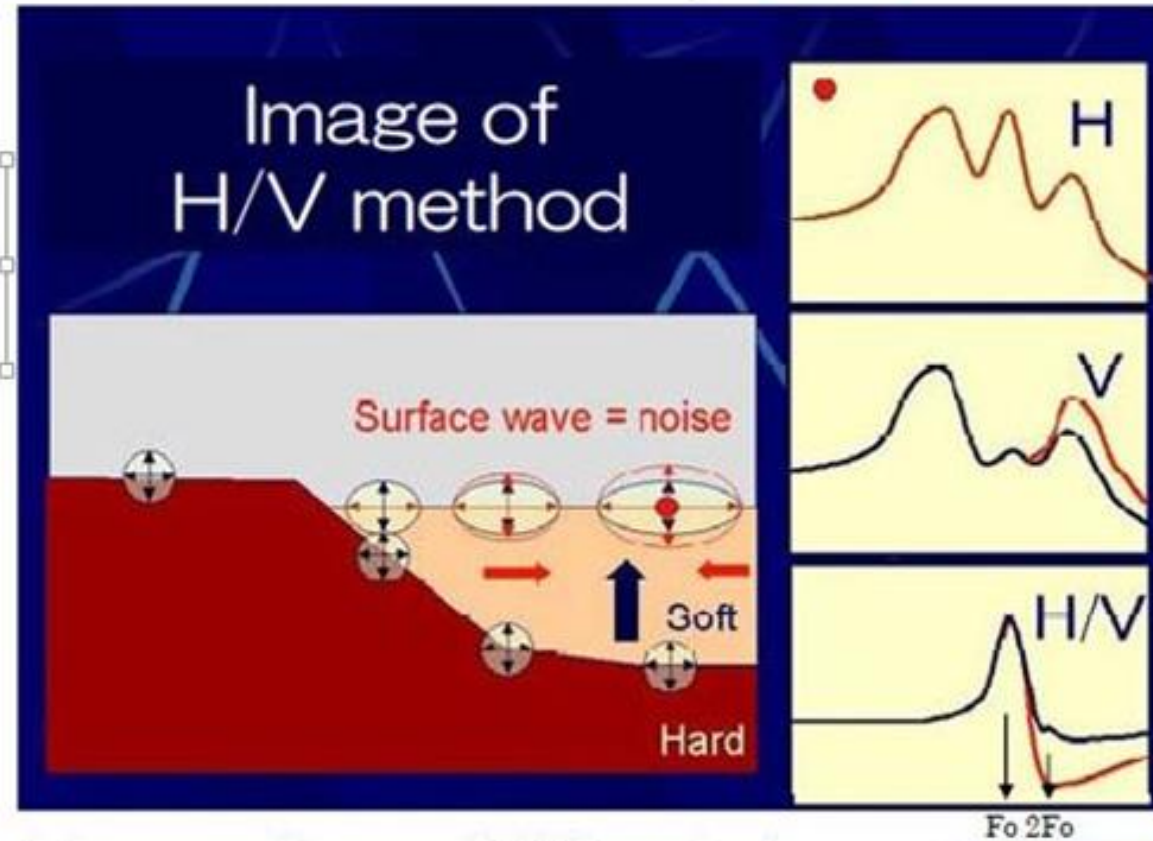
$$K_g(e) = e \times A_g^2 / F_g / (\pi^2 C_b) / 100.$$

$$1/(\pi^2 C_b) = 1.69 \times 10^{-6} \text{ (s/cm).}$$

$$e = 60\%$$

$$K_g(e) \cong A_g^2 / F_g$$

Mikrotremor Çalışmaları ile Quasi Transfer Spektrumu (HVSR) ve Kg Hasar Endeksi Katsayısı Eldesi



(Nakamura, 2008)

Ne Elde Ettik? Özetlersek

**Deprem Kuvvetinin Oluşturacağı Deprem-zemin Ortak Davranışının
Deformasyon Değişimlerini Araştırmak İçin
Mühendislik Anakaya Sınırına Kadar Katmanların
Sismik S Dalga Hızı Ve Yoğunluk Değerleri
Temel Alınarak Tanımlanması ve Modellenmesi Gerekir.**

**Bunun İçin Zemin-Mühendislik Anakayasası Modelleri Hazırlanmalıdır.
Ayrıca Çalışma Alanlarına Uygun Yapılacak Mikrotremor Ölçümleri
İle Kayma Modülü G Hakkında da Yaklaşım Yapılabilir.**

Bu Aşamaya Kadar Parsel Bazında Yapılan Çalışmalarda da Olsa Sismik S Dalga Hızı Değerlerinde Sismik Anakaya Sınırına Kadar Oluşabilecek Düşey Yöndeki Değişimlerin Önemli Olduğunu Saptadık

Günümüzde kullanılan arazi çalışma ekipmanları ve veri değerlendirmede yararlanılan bilgisayar olanakları ile;

- **Geçmiş yıllara göre alıcıların frekans aralığı arttırıldı.**
- **Tomografi ölçüm tekniği ile yatay ve düşey yönde ayrımlılık arttı.**
- **İstenilen derinliğe kadar S dalga hızı hesaplanabilmektedir.**
- **Bu derinlik bazen km. bazında olabilir.**
- **Her türlü ortamda (Şehir içinde, yollarda vd.) ölçü alınabilir.**
- **Ayrıca zemin yüzeyinde ve kuyu içinde de ölçümler yapılabilir.**

Bizi Bekleyen Sonuç

Saha Araştırmalarında

Sismik S Dalga Hızı Nasıl Elde Edilir?

Sismik S Dalga Hızı Vs-Derinlik Değerlerinin Zemin Yüzeyinde ve Sondaj Kuyularında Yapılan Jeofizik Ölçüm Yöntemleri İle Elde Edilir

1.Zemin Yüzeyinde Uygulanan Sismik Yöntemler;

1.1. Aktif Kaynaklı Sismik Yöntemler; hem sismik alıcıların bir hat boyunca dizilmesi gerektiği için hem de enerji kaynağı sınırlı olacağı için yerleşim alanları içinde kullanılması sınırlı yöntemlerdir.

- ❖ Sismik Kırılma Yöntemi.
- ❖ Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi Yöntemi (MASW)

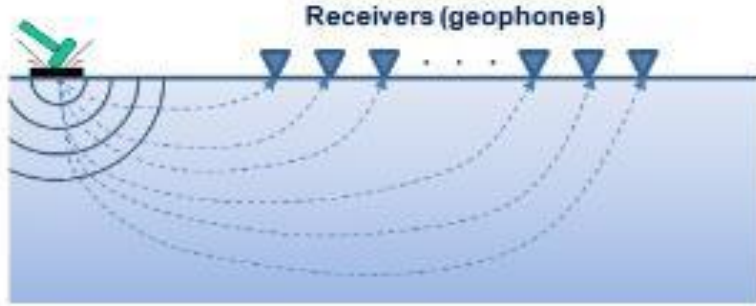
1.2. Pasif Kaynaklı Sismik Yöntemler ise; hem sismik alıcılar birbirinden bağımsız dizildiği (arada bağlantı kablosu yok) hem de enerji kaynağı sınırsız olacağı için yerleşim alanları içinde kullanılması uygun olan yöntemlerdir.

- ❖ Pasif Kaynaklı MASW Yöntemi
- ❖ Mikrotremor Dizilim Ölçümleri (SPAC Yöntemi) yöntemi.

Zemin Yüzeyinde Ve Kuyu İçinde Vs Dalga Hızını Elde Etme Yöntemleri

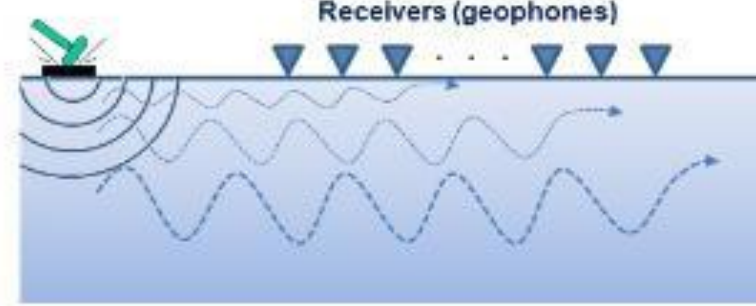
Refraction Survey

Sismik Kırılma



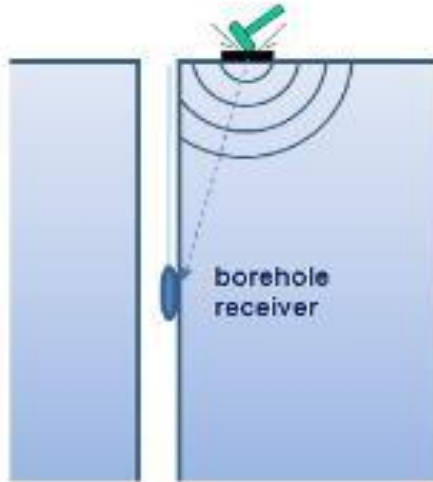
Surface-Wave Survey

Sismik MASW



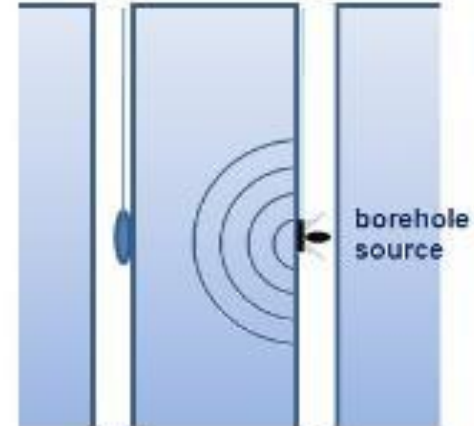
Kuyu İçi Sismik Down Hole

Down-Hole Survey

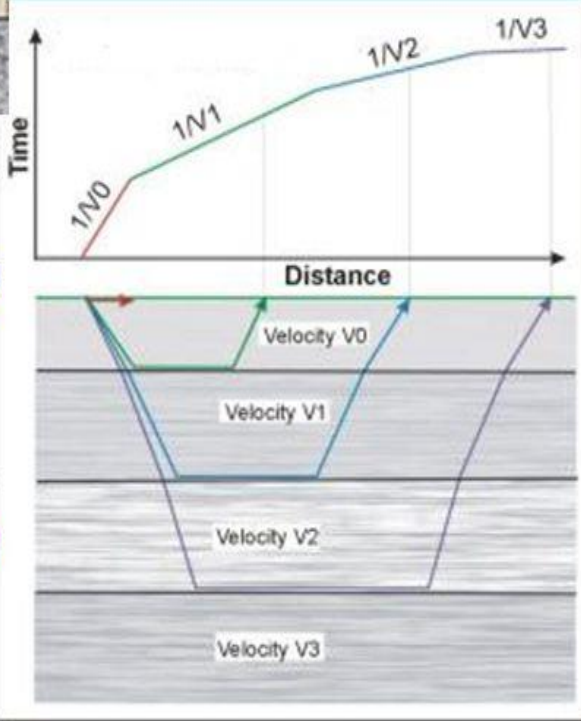
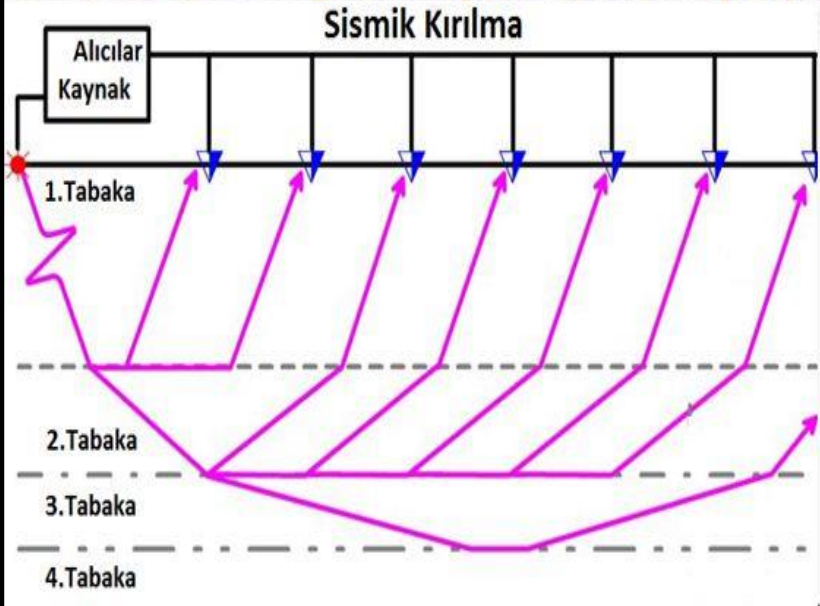
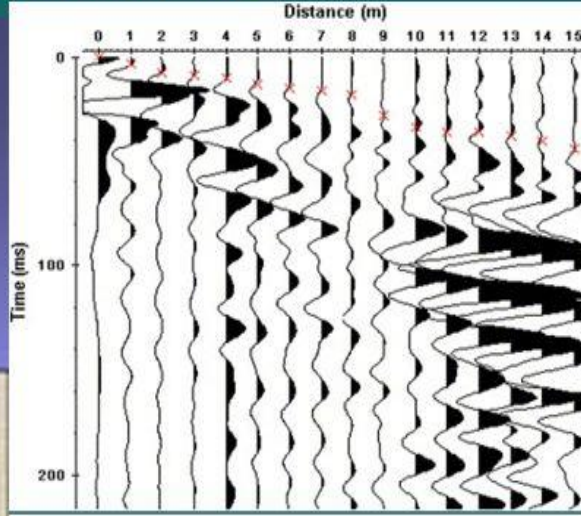
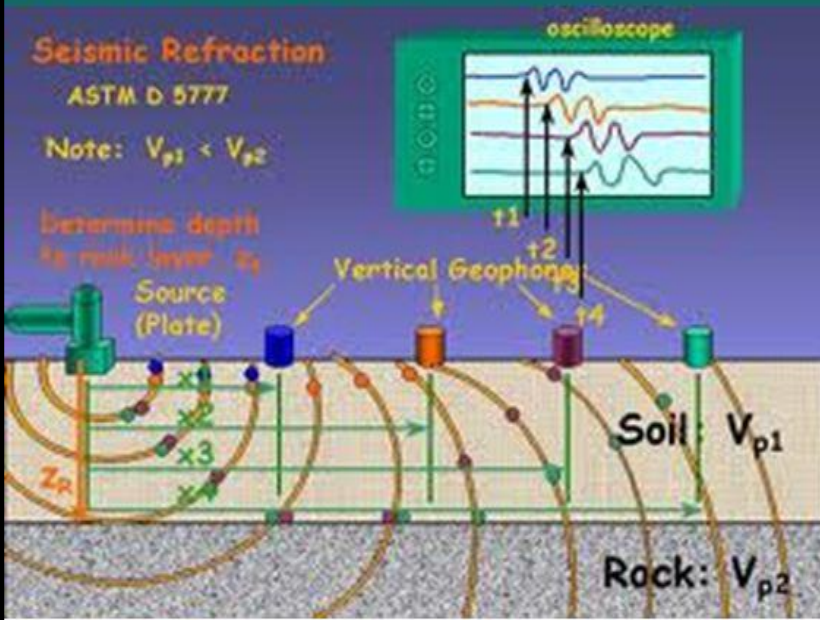


Kuyu İçi Sismik Cross-Hole

Cross-Hole Survey



Sismik Kırılma Verilerinin Değerlendirilmesi



Ölçü alma ve Değerlendirme Kriterleri

P ve S dalga hızları için uygun jeofon ve sismik enerji kaynağı kullanılmalı.

Veri değerlendirmesi sırasında Düşey yönde hızın daima artacağı varsayımının yapıldığı unutulmamalı.

Düşük hızlı ve ince tabakaların saptanmasına duyarlı bir yöntem değildir.

Sismik kırılma yönteminde S dalga hızı için uygun sismik kaynak kullanılması gerekir.

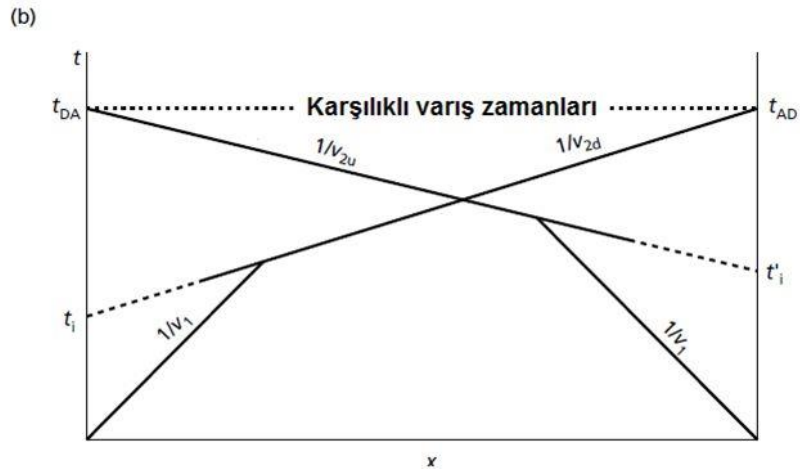
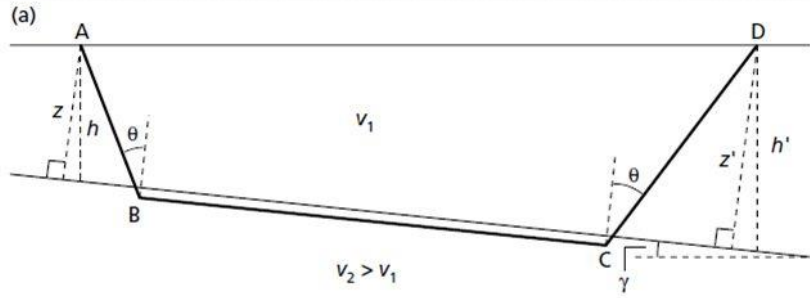
Sismik alıcıların bir hat boyunca aynı özelliklere sahip zemine yerleştirilmesi gerekir.

Araştırma derinliğini arttırmak için hat uzunluğunun arttırılması gerekir.

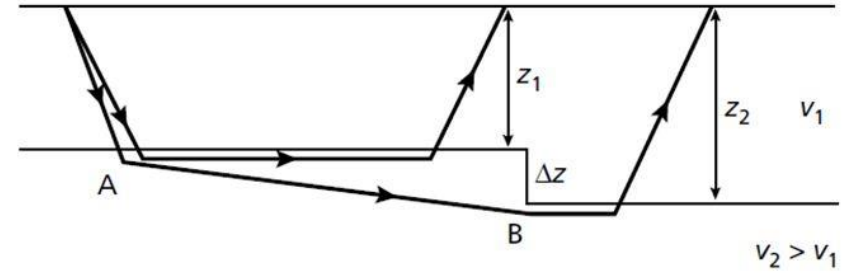
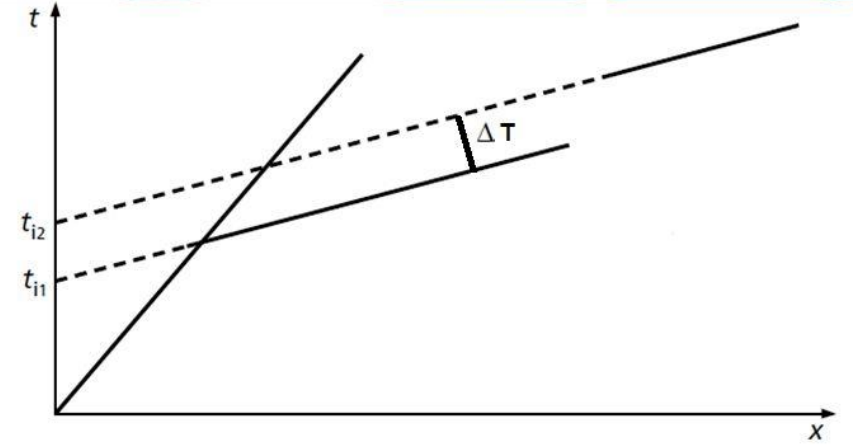
Bu nedenle ölçüm alınması için şehir içinde bazen uygun alan bulunmayabilir.

EĞİMLİ TABAKA DURUMUNDA SİSMİK KIRILMA PROBLEMİ

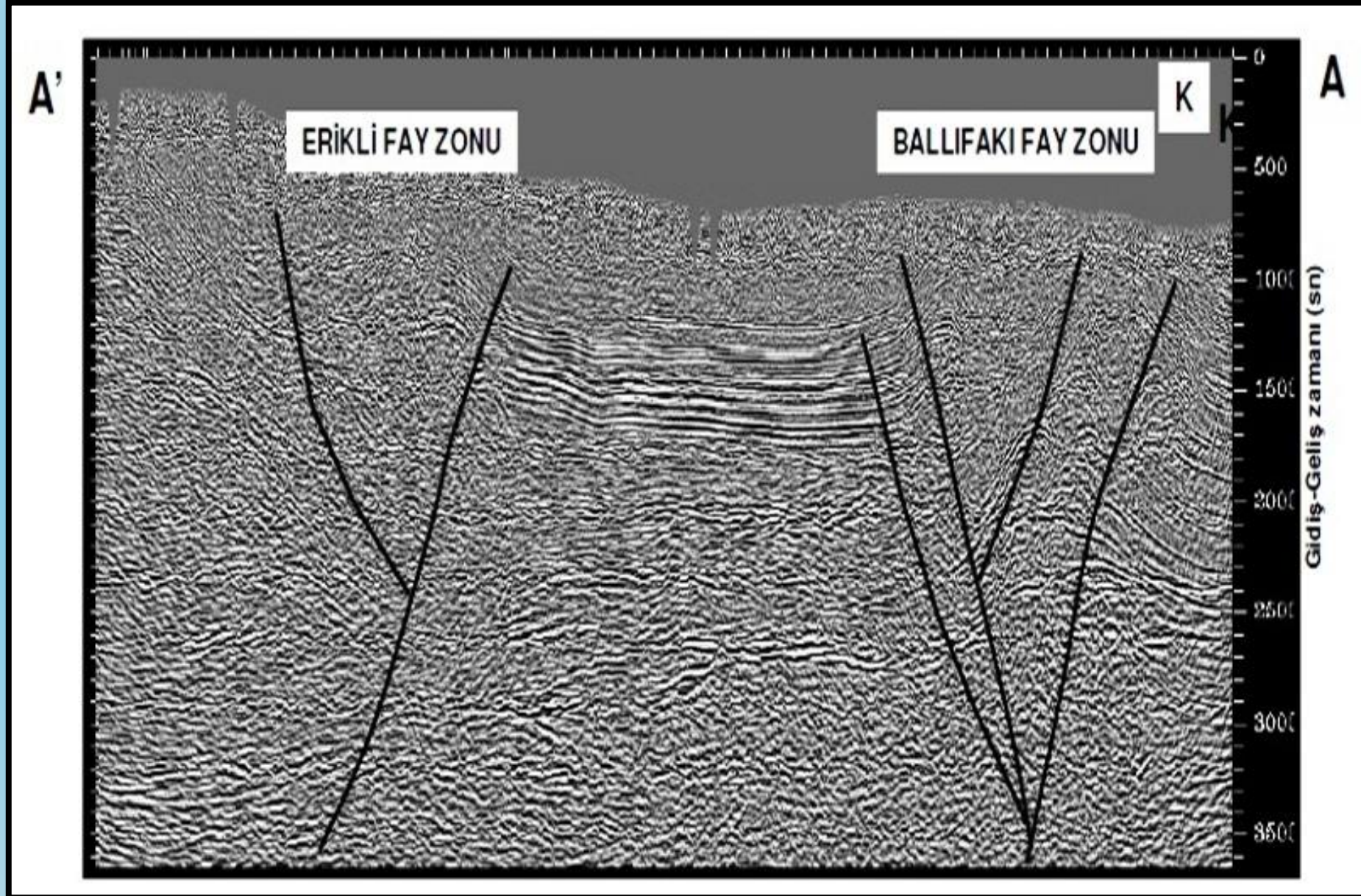
Eğimli 2 tabakalı bir ortam söz konusu ise



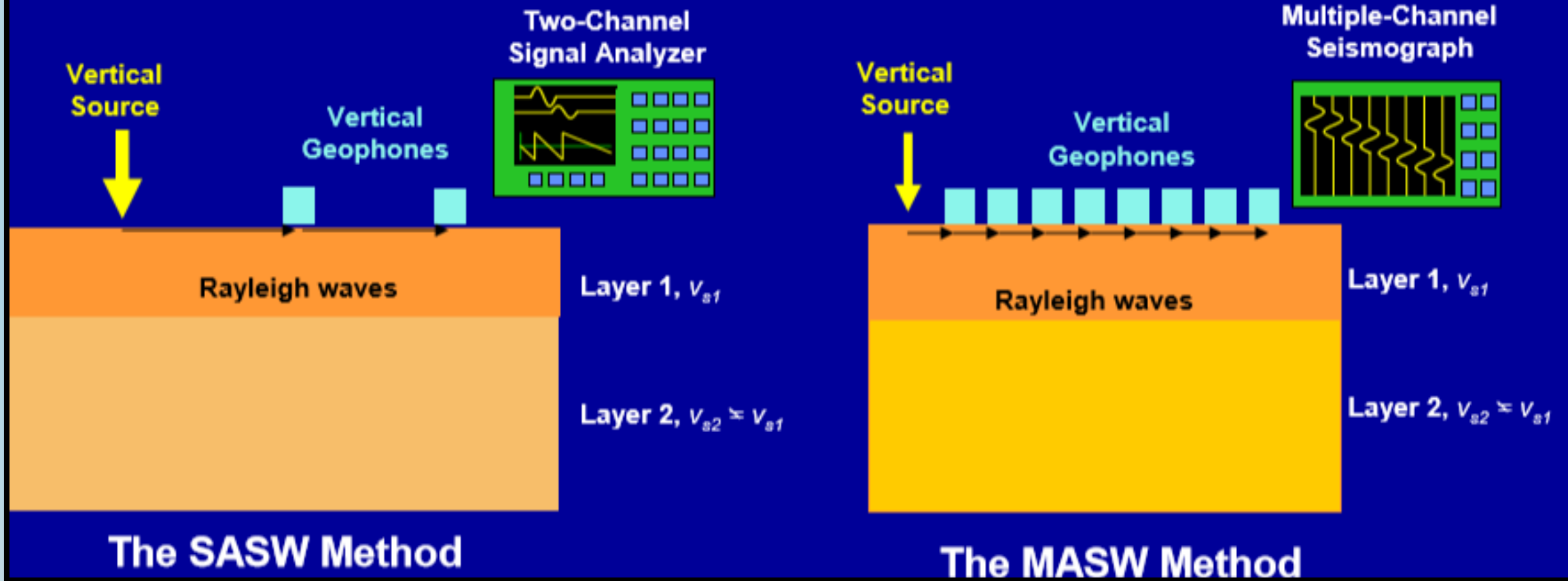
FAY OLMASI DURUMUNDA SİSMİK KIRILMA PROBLEMİ



Sismik Yansımada Fay Yapısının Saptanması



Surface Wave Methods



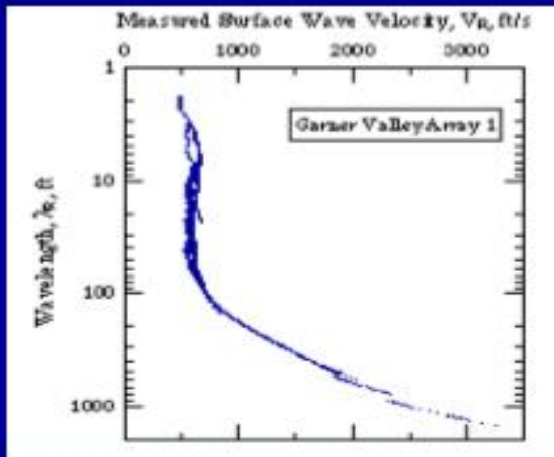
Surface Wave Methods



SASW Data Acquisition

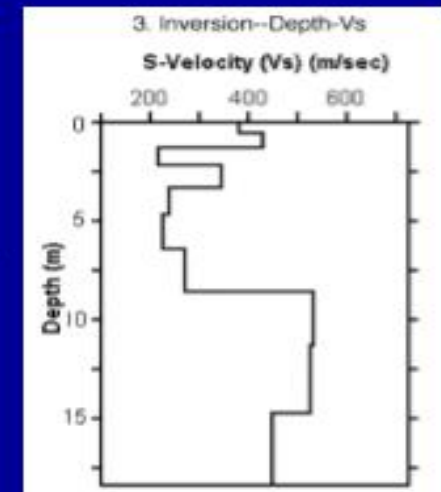


MASW Data Acquisition



Field dispersion curve

→ INVERSION →



v_s profile

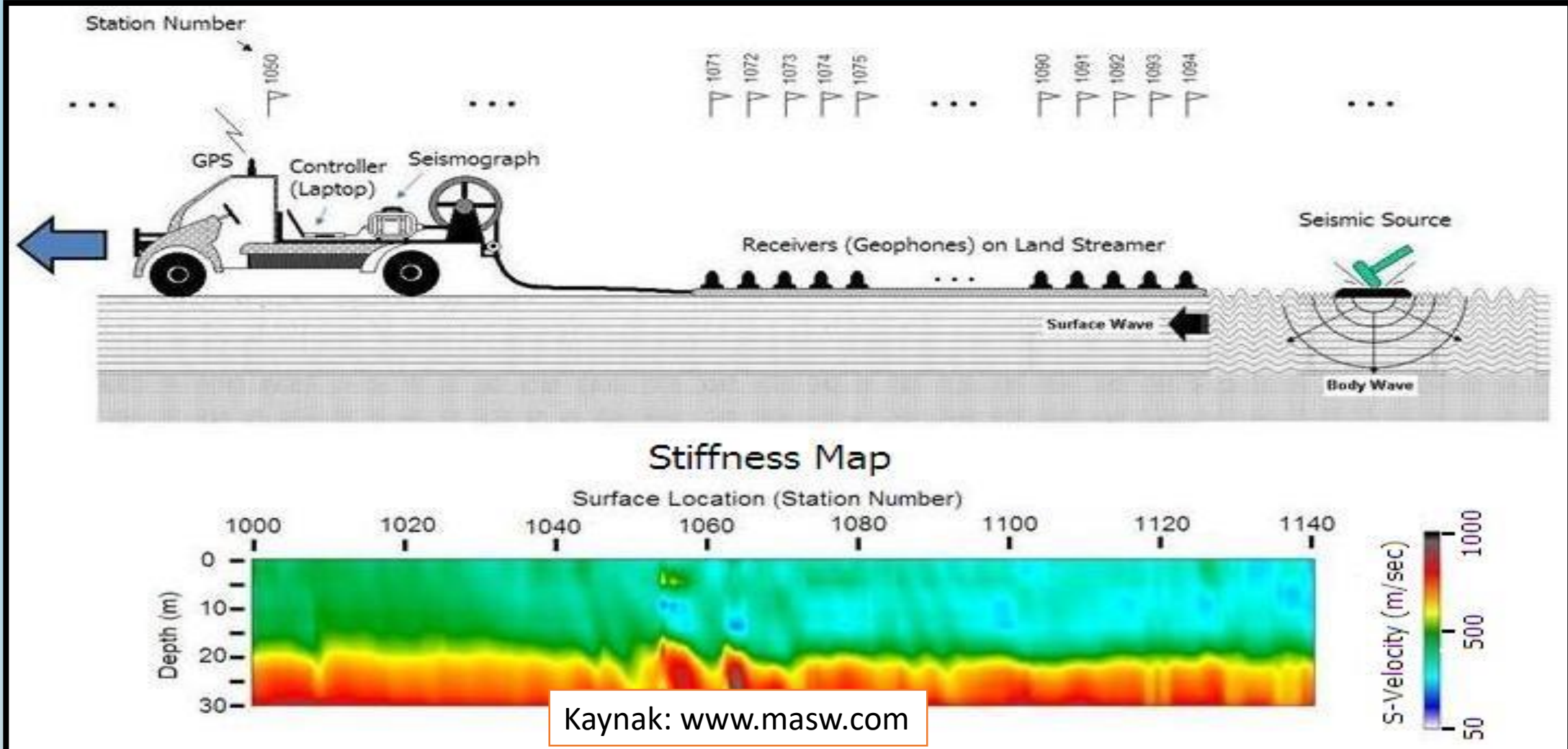
MASW YÖNTEMİ

Aktif Kaynaklı MASW Yöntemi İle Yapılan Çalışmalarda Jeofonların Bir Hat Boyunca Yerleştirilmesi Gerekir.

Bu nedenle yerleşim yerleri içinde çalışma hatlarının oluşturulması gerekir.

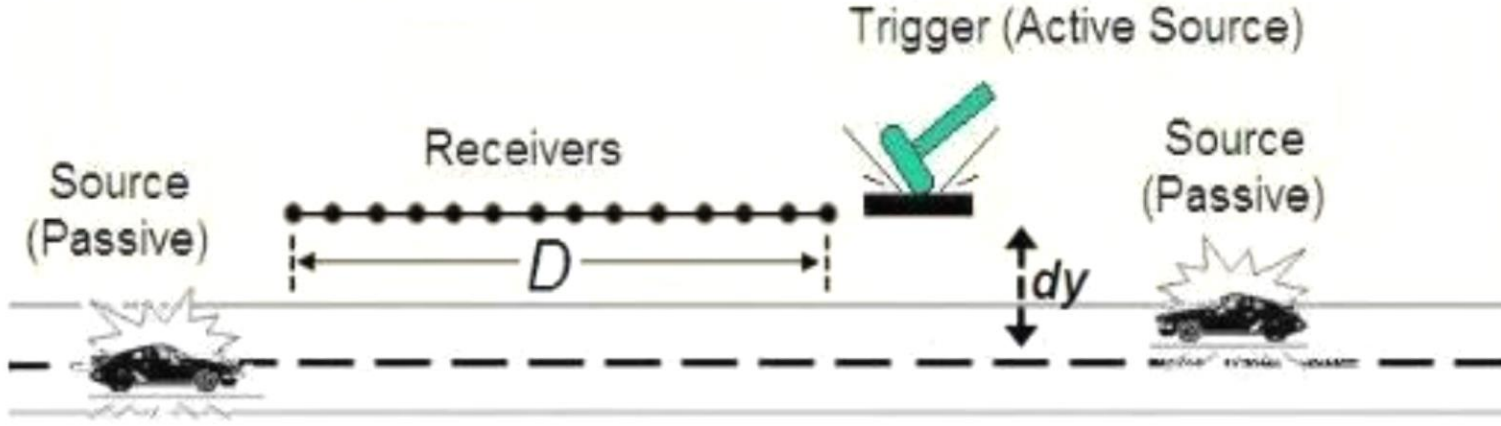
Trafik gürültüsüne de dikkat etmek gerekir.

Araştırma derinliğinin arttırılması için hem serim boyu, alıcı sayısı ve enerji kaynağı seçimine dikkat edilir.

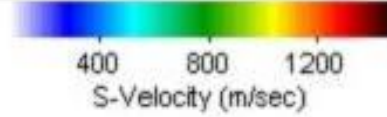


Passive Roadside MASW

Kaynak: www.masw.com

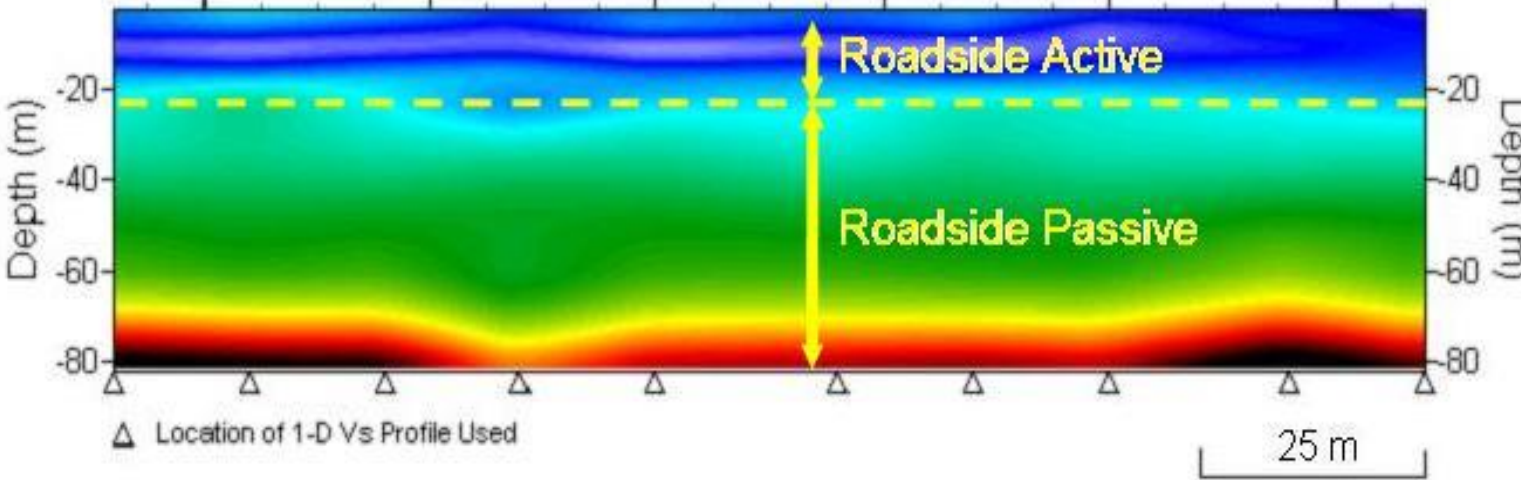


Roadside MASW



Surface Location (Station Number)

1020 1025 1030 1035 1040 1045



Yandaki şekilde;

MASW çalışmasında sismik alıcıların (Jeofonların) bir hat boyunca serilmesine uygun çalışma alanlarında araştırma derinliğini arttırmak aktif ve pasif enerji kaynaklarının birlikte kullanılması sonucunda MASW tomografi ölçüm tekniği ile ölçümler yapılmıştır.

Aktif ve pasif enerji kaynağına ait elde

edilen sonuçlar birleştirildiğinde

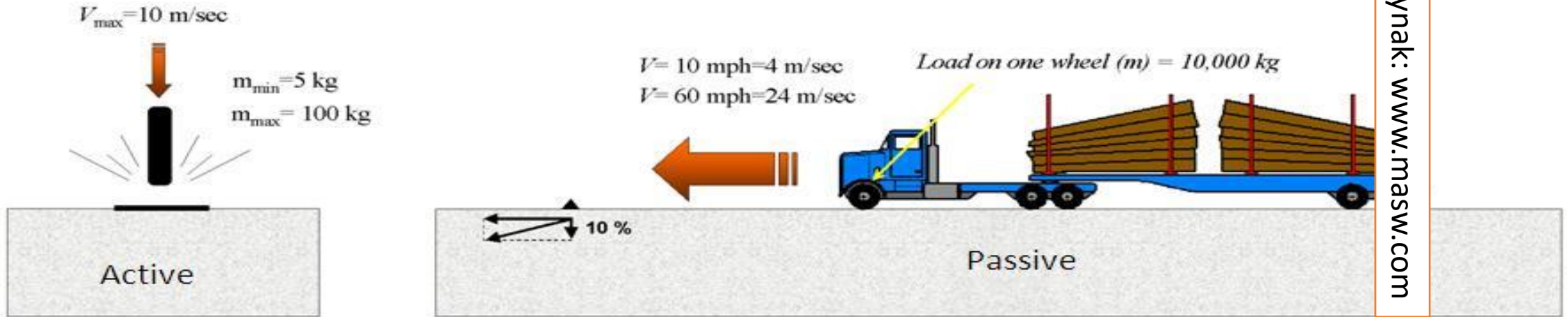
Yaklaşık 150m. Uzunluğunda ve 80m.

Kalınlığında yanal ve düşey yönde Sismik S

dalga hızı değişimleri elde edilmiştir.

Çalışmaya Uygun Ortamlarda Araştırma Derinliğini Arttırmak İçin
Balyozdan Başka Kullanılabilecek Pasif Enerji kaynakları

Energy Comparison (Active vs. Passive Source)



Kaynak: www.masw.com

Weight Drop ($V_{max} = 10 \text{ m/sec}$)

| Mass (kg) | Energy (J) |
|-----------|------------|
| 5 | 250 |
| 10 | 500 |
| 20 | 1,000 |
| 50 | 2,500 |
| 100 | 50,000 |

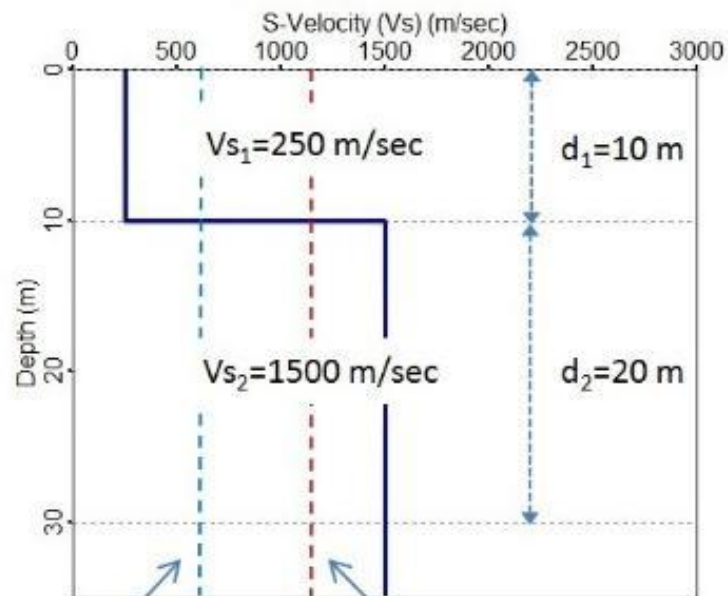
Truck ($mass = 10,000 \text{ kg}$)

| Speed (mph) | Total Energy (J) | 10% Energy (J) |
|-------------|------------------|----------------|
| 30 | 720,000 | 72,000 |
| 40 | 1,280,000 | 128,000 |
| 50 | 2,000,000 | 200,000 |
| 60 | 2,880,000 | 288,000 |
| 70 | 3,920,000 | 392,000 |

Evaluation of Average S-Velocity ($V_{s^{30}}$) (for Top 30 m)

$$V_{s^{30m}} = \sum d_i / \sum t_i = 30 / \sum (d_i/V_{s_i})$$

Layer Model (Example)



$$\overline{V_{s_2}} \cong 563 \text{ (m/sec)} = V_{s^{30}}$$

(Method 2)

$$\overline{V_{s_1}} \cong 1083 \text{ (m/sec)}$$

(Method 1)

Methods To Calculate Average Shear-Velocity ($\overline{V_S}$) (for Top 30 m)

$$\text{Method 1: } \overline{V_{s_1}} = \sum V_{s_i} \times \left(\frac{d_i}{30}\right)$$

(V_{s_i} = shear-wave velocity, d_i = thickness of i -th layer)

$$\text{Method 2: } \overline{V_{s_2}} = \frac{\sum d_i}{\sum t_i} = \frac{\sum d_i}{\sum \left(\frac{d_i}{V_{s_i}}\right)}$$

(t_i = one-way travel time in i -th layer)

$$\overline{V_{s_1}} = \left(250 \times \frac{10}{30}\right) + \left(1500 \times \frac{20}{30}\right) \cong 1083 \text{ (m/sec)}$$

$$\overline{V_{s_2}} = \frac{(10+20)}{\left(\frac{10}{250} + \frac{20}{1500}\right)} \cong 563 \text{ (m/sec)} = V_{s^{30}}$$

$$V_{s^{30}} = \overline{V_{s_2}} \text{ (Method 2!)}$$

Kaynak: www.masw.com

MASW Jeofizik Yöntemi Yapılacak İle Saha Araştırmalarında Araştırma Derinliğine Göre Temel Alınacak Çalışma Parametreleri Tablo Değerleri

The following tables list optimum parameters related to data acquisition for active MASW surveys. A slight variation in any parameter can always happen. Although also described in Park et al. (2002), they have been continuously updated by investigators and practitioners, and those most-commonly used are listed below.

Data Acquisition Parameters++ for Active MASW Survey (in ft)

Recommended Values in ()

| Depth (Z_{max}) ¹ (ft) | Source (S) ² (lb) | Receiver (R) ³ (Hz) | Receiver Spread (RS) (ft) | | | | SR Move ⁶ (dx) | | | Recording ⁸ | | | | |
|---------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------------|------------|-------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|------------|--------------|
| | | | Length ⁴ (D) | Source Offset ⁵ (X_1) | Receiver Spacing (dx) | | Lateral Resolution ⁷ | | | dt ⁹ (ms) | T ¹⁰ (sec) | Vertical Stack ¹¹ | | |
| | | | | | 24-ch* | 48-ch | High | Medium | Low | | | C | N | VN |
| ≤ 5.0 | ≤ 1 (1)** | 4.5–100 (40) | 5–15 (10) | 1–15 (2) | 0.2–0.6 (0.3) | 0.1–0.3 (0.2) | 1–2 (1) | 2–4 (2) | 4–12 (4) | 0.5–1.0 (0.5) | 0.5–1.0 (0.5) | 1–3 (3) | 3–5 (5) | 5–10 (10) |
| 5–15 | 1–5 (5) | 4.5–40 (10) | 5–45 (30) | 1–9 (5) | 0.2–2.0 (1.0) | 0.1–1.0 (0.5) | 1–2 (1) | 2–4 (2) | 4–12 (4) | 0.5–1.0 (0.5) | 0.5–1.0 (0.5) | 1–3 (3) | 3–5 (5) | 5–10 (10) |
| 15–30 | 5–10 (10) | ≤ 10 (4.5) | 15–90 (50) | 3–18 (10) | 0.5–4.0 (2.0) | 0.2–2.0 (1.0) | 1–2 (1) | 2–4 (2) | 4–12 (4) | 0.5–1.0 (0.5) | 0.5–1.0 (1.0) | 1–3 (3) | 3–5 (5) | 5–10 (10) |
| 30–60 | ≥ 10 (20) | ≤ 10 (4.5) | 30–180 (120) | 6–36 (30) | 1.0–8.0 (4.0) | 0.5–4.0 (2.0) | 1–2 (1) | 2–4 (2) | 4–12 (4) | 0.5–1.0 (0.5) | 1.0–2.0 (1.0) | 1–3 (3) | 3–5 (5) | 5–10 (10) |
| 60–100 | ≥ 10 (20) | ≤ 4.5 (4.5) | 60–300 (200) | 12–60 (40) | 2–12 (8) | 1–6 (4) | 1–2 (1) | 2–4 (2) | 4–12 (4) | 0.5–1.0 (1.0) | 1.0–2.0 (1.0) | 1–3 (3) | 3–5 (5) | 5–10 (10) |
| 100–150 | ≥ 10 (20) or passive | ≤ 4.5 (4.5) | 100–450 (300) | 20–90 (60) | 4–18 (12) | 2–9 (6) | 1–2 (1) | 2–4 (2) | 4–12 (4) | 0.5–1.0 (1.0) | 1.0–3.0 (1.0) | 1–3 (3) | 3–5 (5) | 5–10 (10) |
| > 150 | ≥ 10 (20) or passive | ≤ 4.5 (4.5) | > 150 (450) | > 30 (100) | > 6.0 (20) | > 3.0 (10) | 1–2 (1) | 2–4 (2) | 4–12 (4) | 0.5–1.0 (1.0) | ≥ 1.0 (2.0) | 1–3 (3) | 3–5 (5) | 5–10 (10) |

++ Values listed here are by no means definitive and required. There can always be a tolerance of, at least, ±20% to the most recommended values.

¹ maximum depth to be investigated, ² weight of hammer in pounds, ³ natural frequency of geophone, ⁴ approximate total length of receiver spread ($D=mZ_{max}$ with $1 \leq m \leq 3$), ⁵ distance between source and the closest receiver ($X_1 \approx \kappa D$ with $0.2 \leq \kappa \leq 1.0$), ⁶ distance in receiver spacing (dx) that the source (S) and receiver (R) setup moves after acquiring data at one location, ⁷ degree of lateral resolution being sought, ⁸ recording parameters for seismograph, ⁹ sampling interval in milliseconds (ms), ¹⁰ total recording time in seconds (sec), ¹¹ number of stacking data in seismograph's memory before being saved under different conditions of calm (C), noisy (N), and very noisy (VN) environment, respectively, ¹² acquisition filter (e.g., low-cut, high-cut, etc.), *24-channel acquisition system.

Masw Yöntemi Ölçü Alma Ekipmalarının Genel Kriterleri

Enerji Kaynağı:

Araştırma derinliğine göre seçilmelidir.

- Derine inilmek istenirse düşük frekanslı güçlü kaynak,
- Sığ çalışmalar içinse yüksek frekanslı zayıf kaynak kullanılır.

❖ Araştırma derinliği < 5 m için ortalama 2 kg ağırlık

❖ Araştırma derinliği < 10 m için ortalama 5 kg ağırlık

❖ Araştırma derinliği > 10 m için ortalama 10 kg ağırlık

❖ Araştırma derinliği >> 10 m için ortalama 50 kg ağırlık

Jeofon Tipleri

❖ Araştırma derinliği temel alınarak seçilmelidir. Genel ilke; Jeofonların çalışma frekans değeri azatikça araştırma derinliği artar.

❖ Araştırma derinliği < 5 m için 4,5 Hz, 10 Hz ve 20 Hz olabilir.

❖ Araştırma derinliği < 10 m için 4,5 Hz ve/veya 10 Hz olabilir

❖ Araştırma derinliği > 10 m için 4,5 Hz olmalıdır.

Kayıtçı Minimum 12 kanallı olmalıdır. Tetikleyiciler

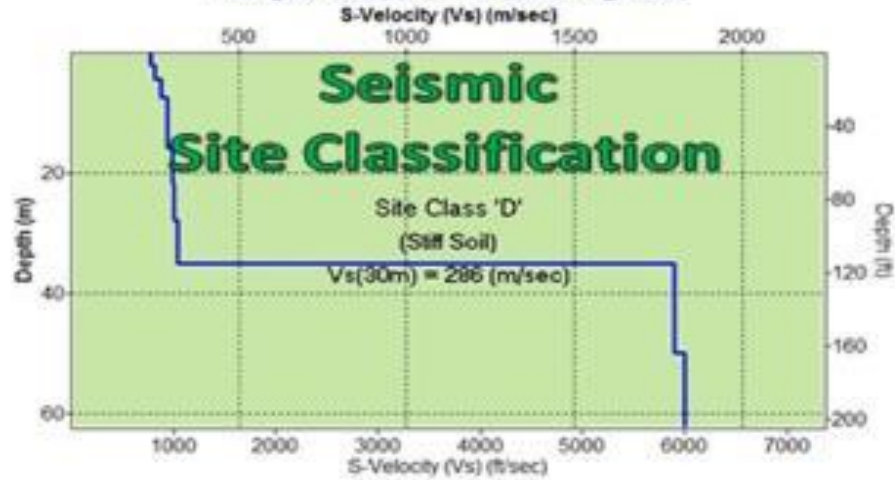
Radyo kontrollü trigger ve trigger jeofonları kullanılabilir.

MASW Ölçü Alma Arazi Parametreleri

- Ofset Aralığı Araştırma derinliğine göre seçilir.
- Kaynak Ofset Değeri için ilke olarak inceleme derinliğinin $\frac{1}{2}$ si kullanılır.
- Alıcı Ofset Değeri içinse zemin tipine bakılır.
- Zeminler için ortalama 0.5 m
- Kaya ortamlar içinse ortalama 1 m seçilir.

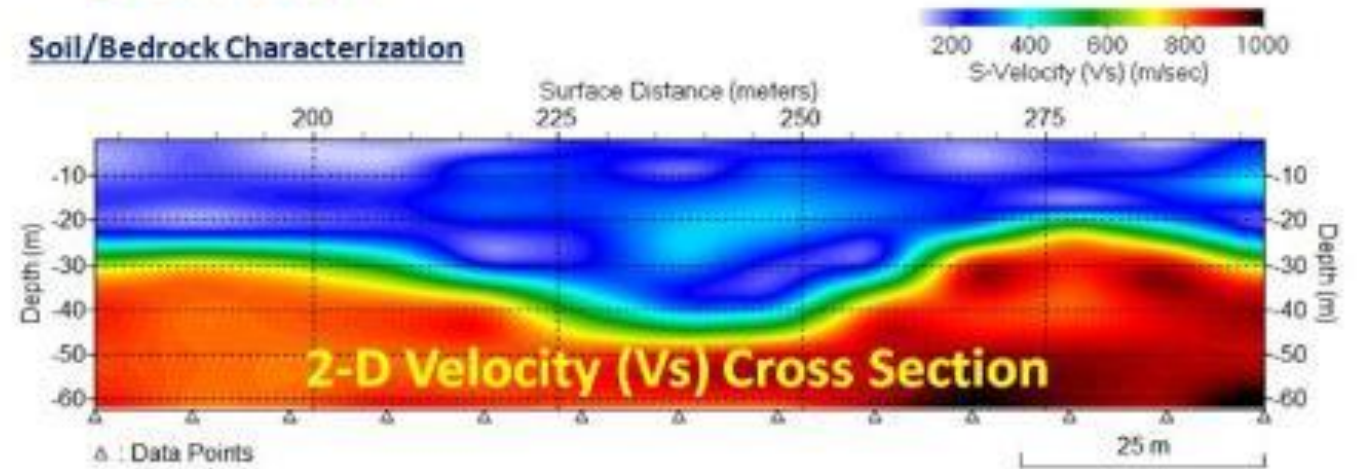
1-D MASW

Average S-Velocity (V_s) Profile (Site A-15 @ 750 m)

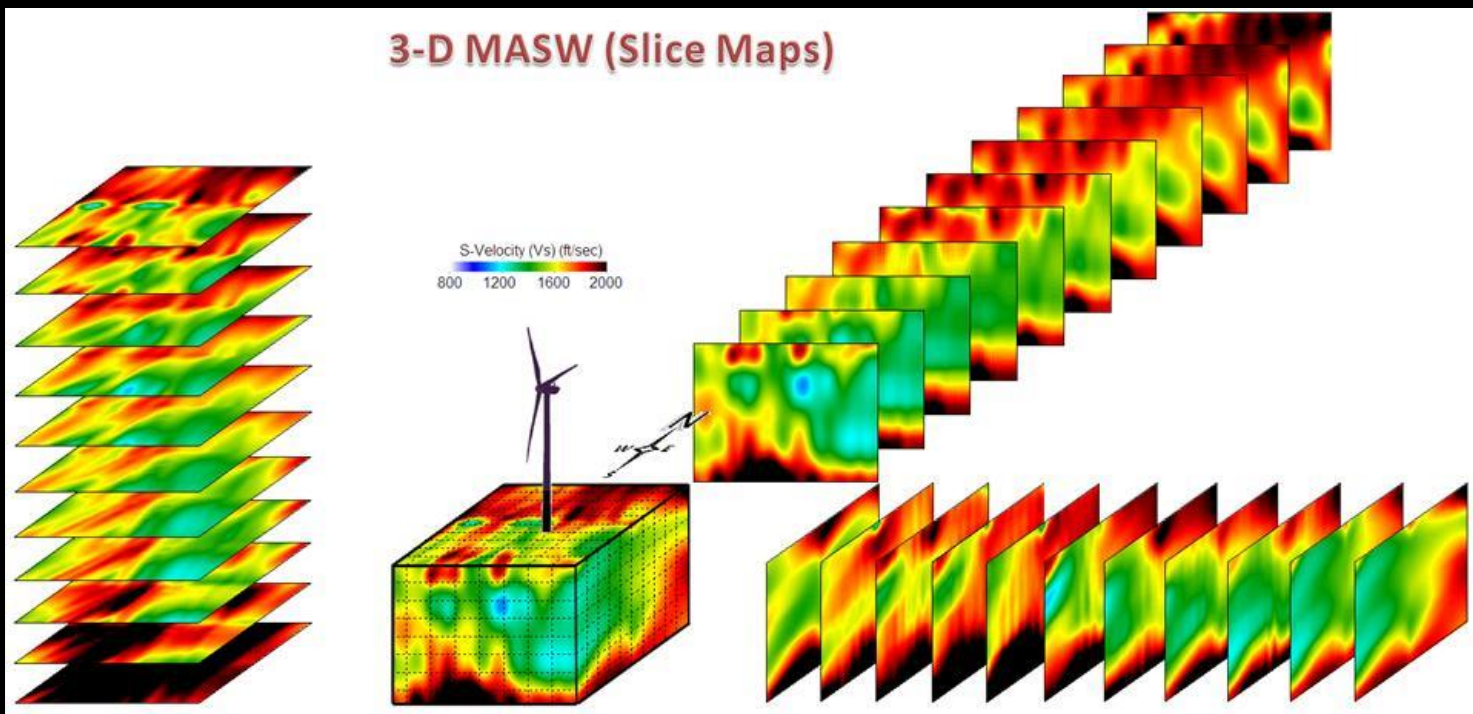


2-D MASW

Soil/Bedrock Characterization



3-D MASW (Slice Maps)



Kaynak: www.masw.com

SPAC (Spatial Auto-Correlation Method) YÖNTEMİ, Aki (1957)

- ❖ SPAC yöntemi ilk olarak Aki (1957) tarafından yüzey dalgalarından faz hızını belirlemek için kullanılmıştır.
- ❖ Aki, tüm yönlerden gelen izotropik dalgalar olarak adlandırdığı titreşimlerden aldığı kayıtlarla yakın yüzey yer yapısını belirlemeye çalışmıştır.

SPAC yönteminin temel ilkeleri;

- ❖ Titreşimlerin karmaşık dalga hareketlerinin, zamanda ve uzayda yapılan stokastik bir işlem olduğu düşünülen bir yöntemdir.
- ❖ Dairesel dizilimle belirlenen titreşim verisi için, uzaysal özilişki katsayısı, yüzey dalgaları gibi dispersif olan titreşimlerin oluşturduğu dalgalarla tanımlanabilir.
- ❖ Uzaysal özilişki katsayısı, faz hızı ve frekansın bir fonksiyonudur.

Sonuç; Titreşimlerden yüzey dalgalarının ayırt edilebilmesi için SPAC yöntemi, mükemmel bir yöntemdir. Basit bir deyişle, anlatılan bu iki yöntem, gürültüden sinyalleri belirleme kuramı üzerine kurulmuştur (Aki 1957, Okada 2003)

SPAC (Spatial Auto-Correlation Method) YÖNTEMİ, Aki (1957)

SPAC Yönteminde Veri Toplama

Alıcı : SPAC yönteminde üç bileşenli sismometre (doğal frekansı 0 ile 100 Hz olan) kullanılarak dizilim ölçüm tekniği uygulanır. Alınan kayıt üç bileşenli olduğundan Love ya da Rayleigh dalgaları incelenebilir. Rayleigh dalgaları ile Vs hız değerlerine ulaşmak istenirse sadece düşey bileşen kayıtları kullanılır.

Veri Toplama Dizilimleri:

İki tür veri toplama sistemi vardır.

1. Her istasyon birbirinden bağımsız olacak şekilde kayıt alınır. Bu sistemde, zaman doğrulaması gerekmediği için avantajlıdır. Tüm istasyonlarda, aynı zamanda kayıt alınır. Bu sistem küçük dizilimler için daha uygundur. Böylece daha sıkı yer yapısı hakkında bilgi elde edilebilir.
2. Dizilimdeki tüm istasyonlar birbirleriyle bağlanılarak çok kanallı olarak ölçü alınır. Bu sistem, istasyonlar arasında bir zaman kalibrasyonu gerektirir. Bunun için de GPS saati kullanılarak, her kayıtçının düzgün bir biçimde kayıt alınması ile sağlanır.
3. Tüm avantaj ve dezavantajlar düşünülürse, birbirinden bağımsız olan sistem, titreşim kaydı için daha uygundur.

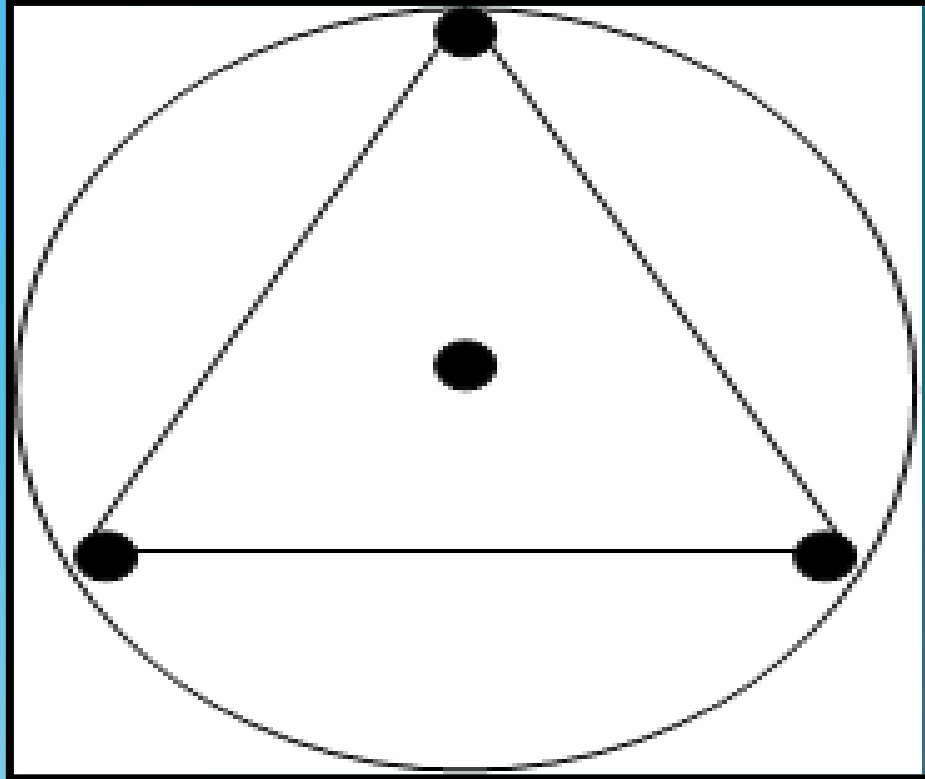
Ölçü Alma Zamanı ve Süresi

SPAC çalışmalarında, gündüz ya da gece veri toplanması, veri içeriğini etkilemez. Ancak gündüz çalışmalarında ölçü süresinin uzun tutulması sağlanmalıdır. Eğer hassas özellikte bir çalışma yapıyorsa da verilerin gece toplanmalıdır. Böylece, durağan olmayan kültürel gürültünün veri içindeki etkisi azaltılmış olur.

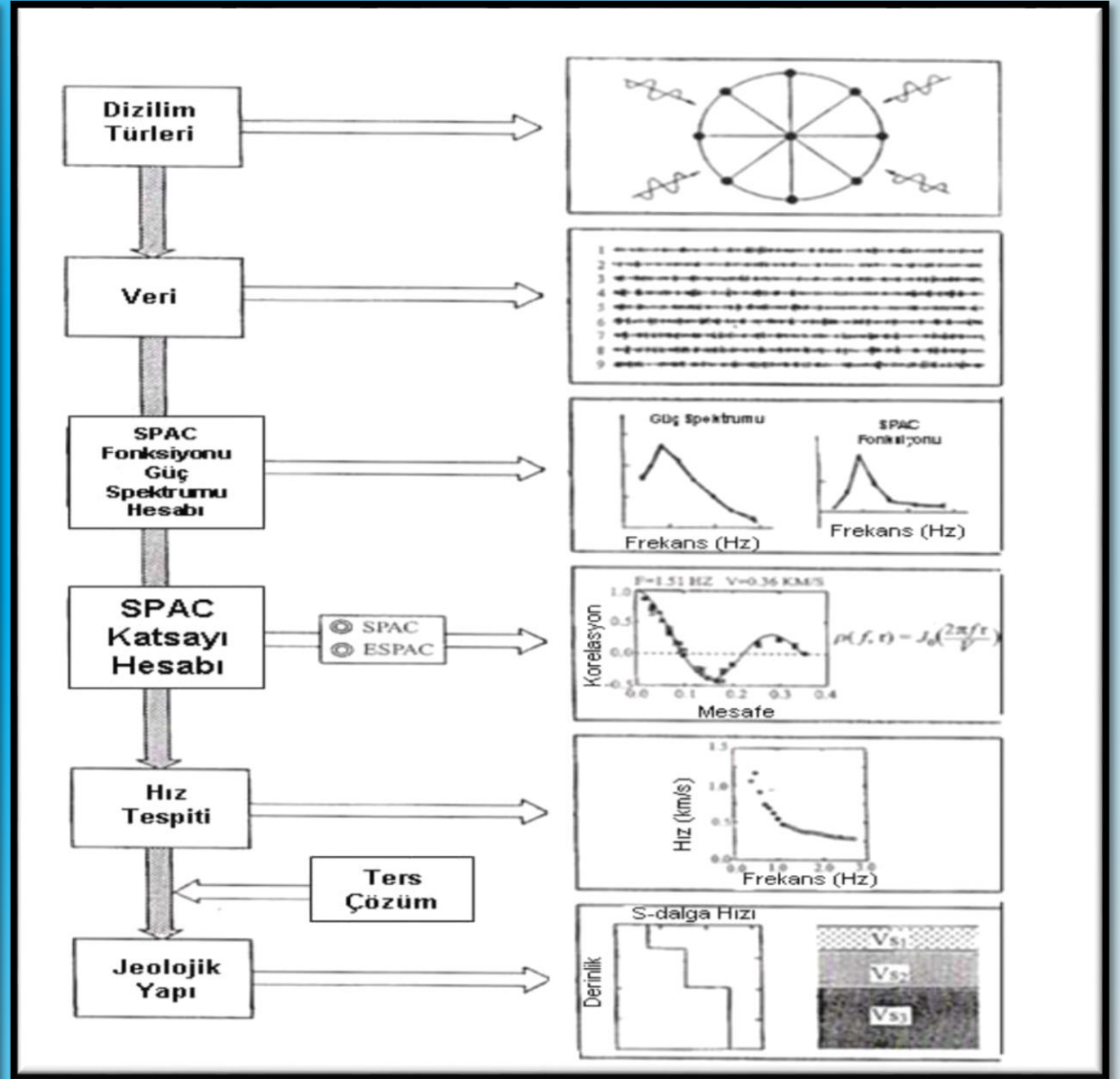
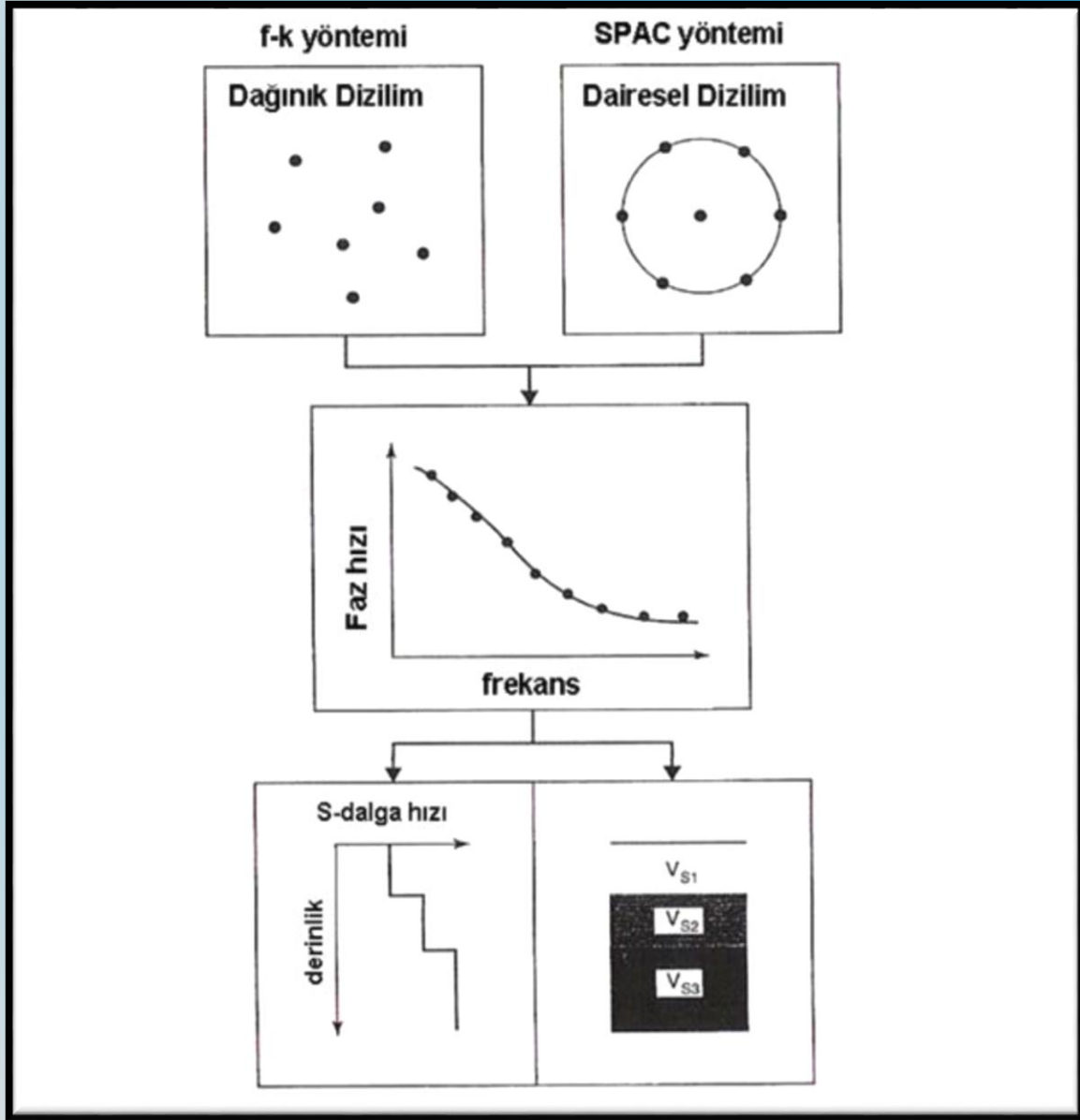
SPAC (Spatial Auto-Correlation Method) YÖNTEMİ, Aki (1957)

Alıcıların Dizilim Geometrisi:

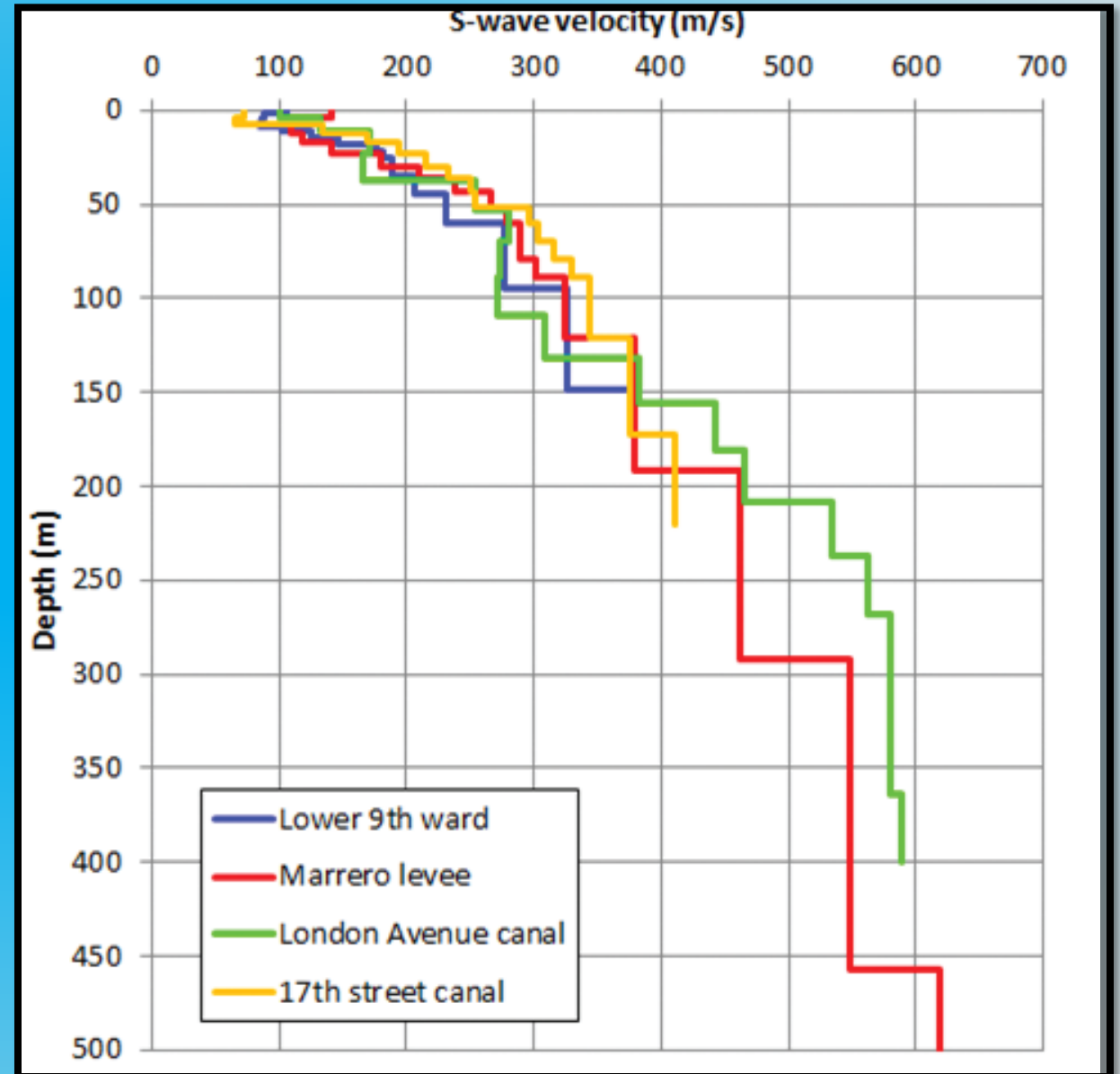
- ❖ Alıcılar çoğunlukla belirli yarıçap değerlerine sahip çemberler üzerine yerleştirilir ve alıcı konumları birbirlerine eşit mesafelerde olmalıdır.
- ❖ En çok bilinen arazi düzeneği, en az dört noktada kayıt alan dizilim türüdür.
- ❖ Bunlardan bir tanesi dairenin merkezi olarak kabul edilir.
- ❖ Merkez baz alınarak, diğer üç alet de merkezden belirli bir yarıçap değeri kadar uzakta olan noktalara yerleştirilir.
- ❖ Bu noktalar, merkezdeki alet ağırlık merkezi olarak kabul edilirse, oluşan eşkenar üçgenin köşelerine karşılık gelen yerlerdir.



DAİRESEL DİZİMLİ MİKROTREMORLAR VE SPAC YÖNTEMİ İLE YAKIN YÜZEY S DALGASI HIZ YAPISININ BELİRLENMESİ



L-shaped array with non-uniform spacing in the Lower 9th Ward, New Orleans, using the Atom Passive Wave Wireless Seismic System.



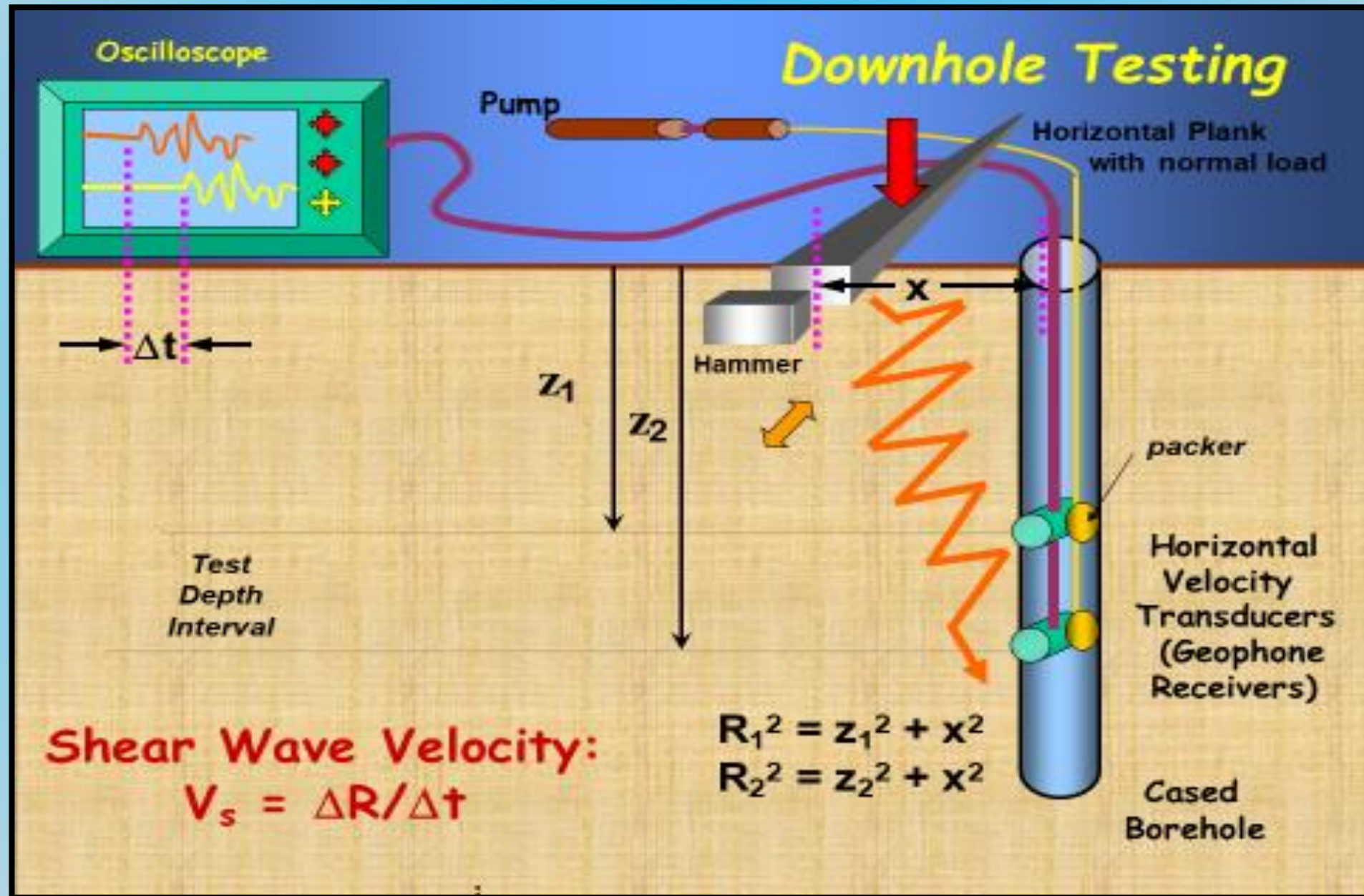
Kuyu İçin de S Dalga Hızı Elde Yöntemleri

1.Down Hole Yöntemi

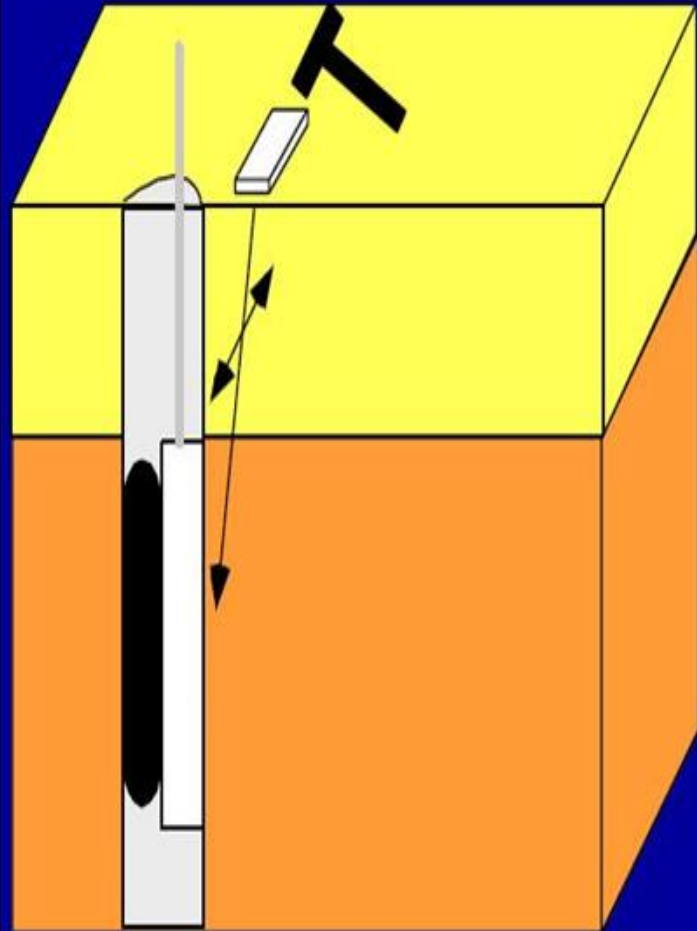
2.Cross-Hole Yöntemi

3.PS Logging Yöntemi

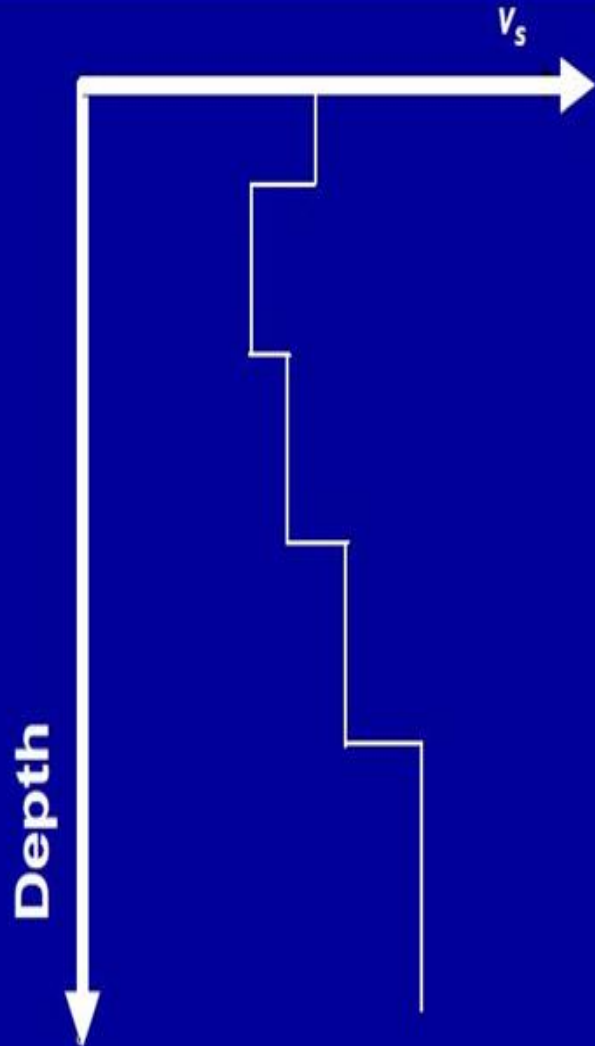
V_s Dalga Hızı Kuyu İçinde Down Hole Yöntemi İle Nasıl Elde Edilir



Vs Dalga Hızı Kuyu İçinde Down Hole Yöntemi İle Nasıl Elde Edilir



Data Acquisition



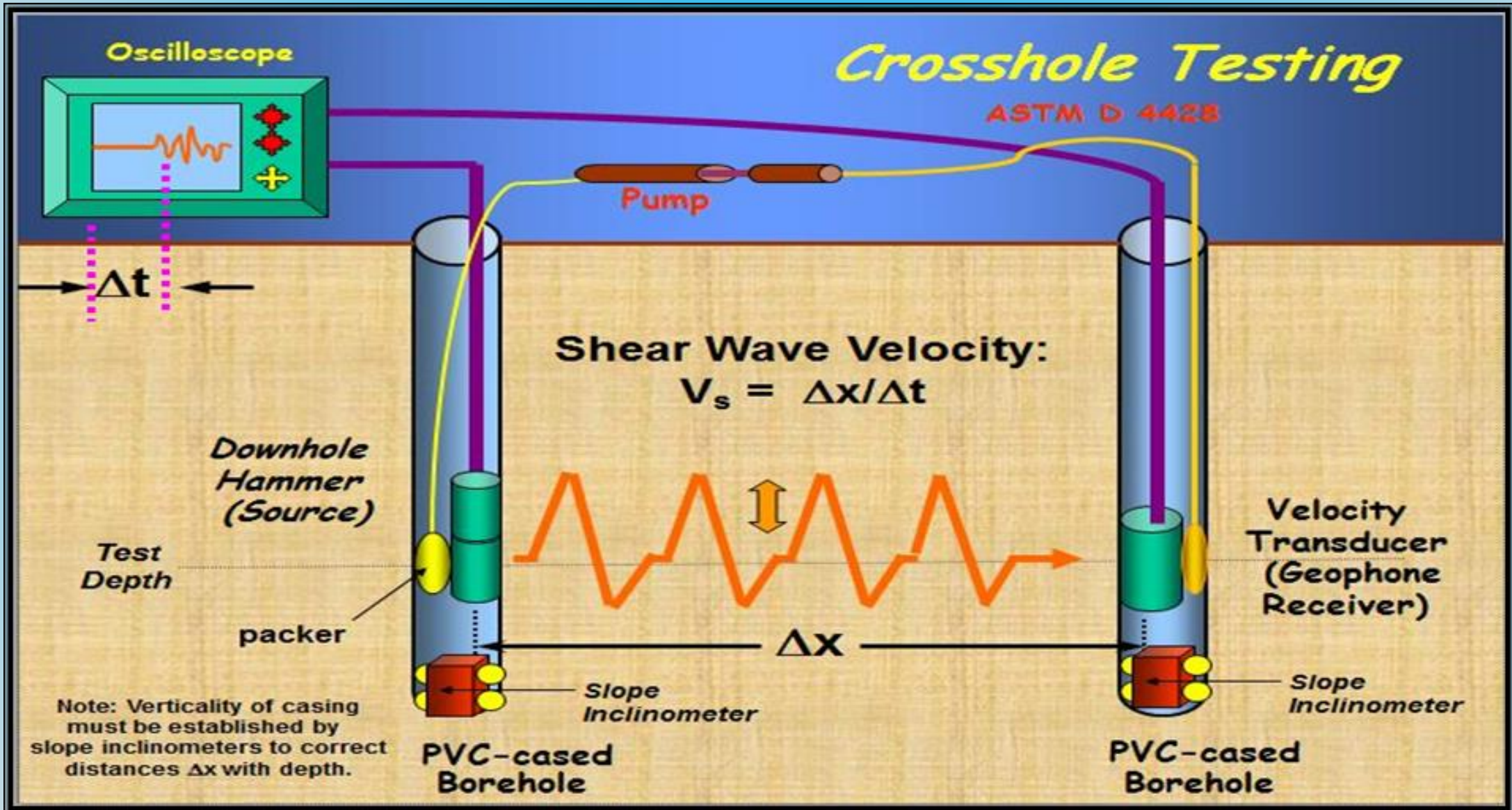
Results

- 1. Sismik kaynak kuyu başındadır.**
- 2. Sismik alıcı kuyu içinde hareketlidir.**
- 3. Kuyunun borulu ve boru etrafının çimentolu olması gerekir.**
- 4. P ve S dalga hızları alıcının tipine göre elde edilir.**

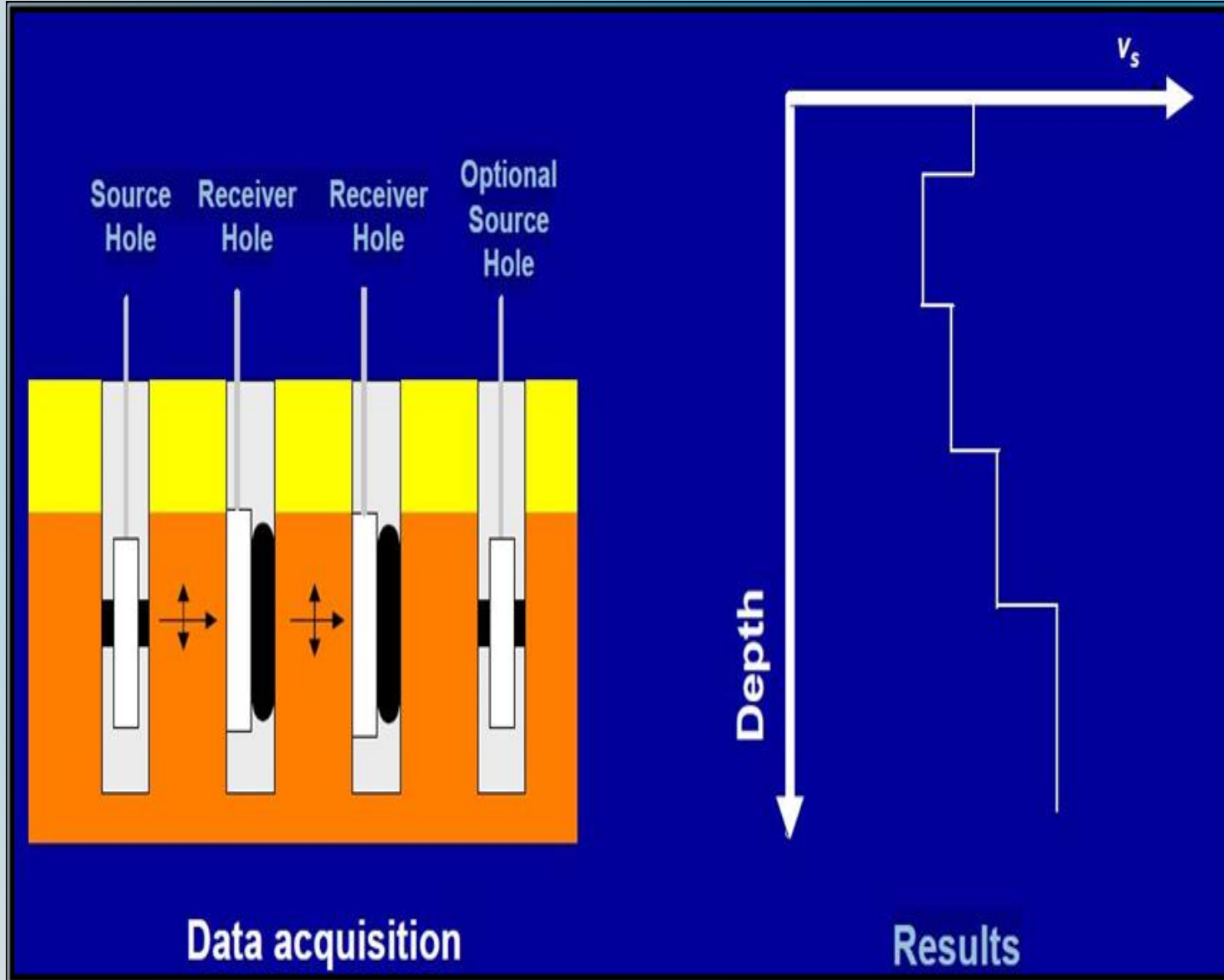
Ölçü almada ve veri değerlendirmede dikkat edilmesi gereken konular nelerdir?

- 1. Sismik kaynak gücü istenilen derinliğe kadar etkili olmalıdır.**
- 2. Kuyunun çimentolama işleminden sonra çimentonun kuruması için beklenmesi gerekir.**
- 3. Sondaj çamuru ile delme işlemi yapılmışsa kuyu çevresinin doğal konuma getirilmesi sağlanmalıdır.**

Cross Hole Yöntemi İle Vs Dalga Hızı Nasıl Elde Edilir



Cross Hole Yöntemi İle Vs Dalga Hızı Nasıl Elde Edilir



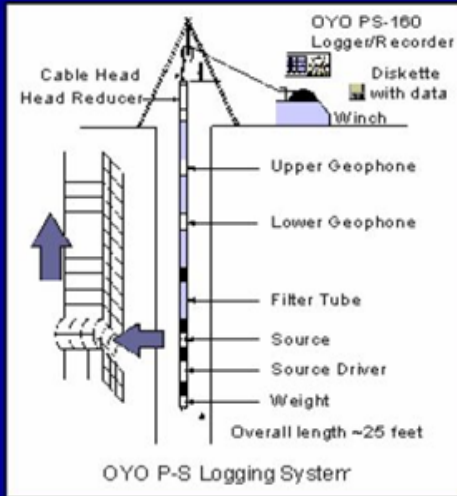
1. Sismik kaynak kuyu içinde hareketlidir.
2. Sismik alıcı kuyu içinde hareketlidir.
3. Kuyunun borulu ve boru etrafının çimentolu olması gerekir.
4. P ve S dalga hızları alıcının tipine göre elde edilir.

Ölçü almada ve veri değerlendirmede dikkat edilmesi gereken konular nelerdir?

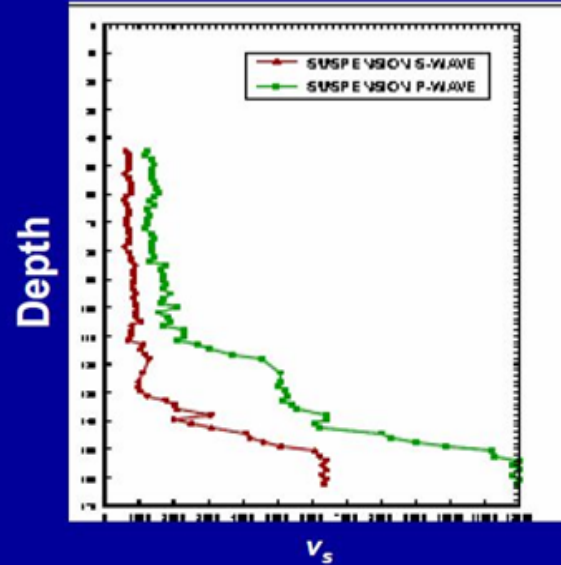
1. Sismik kaynak gücü istenilen derinliğe kadar etkili olmalıdır.
2. Kuyunun çimentolama işleminden sonra çimentonun kuruması için beklenmesi gerekir.
3. Sondaj çamuru ile delme işlemi yapılmışsa kuyu çevresinin doğal konuma getirilmesi sağlanmalıdır.
4. En önemlisi de kuyular arasındaki uzaklığının Kuyu derinliği boyunca sabit olması gerekir.
5. Kuyunun inclinometre yöntemi ile açılması gerekir.

Vs Dalga Hızı Kuyu İçinde PS Logging Yöntemi İle Nasıl Elde Edilir

PS Suspension Logger



Data acquisition



Results

Points to consider:

- Provides highly-resolved data
- Operates in uncased fluid-filled borehole

1. Sismik kaynak ve alıcı kuyu içinde hareketlidir.
2. Kuyu borusuz ve su dolu olmalıdır.

Ölçü almada ve veri değerlendirmede dikkat edilmesi gereken konular nelerdir?

1. Sismik kaynak gücü istenilen derinliğe kadar etkili olmalıdır.
2. Bilindiği gibi S dalga hızı sıvı etkisinde olan ortamlardan etkilenir.
3. Bu durum göz önüne alındığında yapay yolla sıvı ile doldurulan kuyu içinde ölçü alınması sonucu elde edilen S dalgası ortamı tam temsil etmeyebilir.

Özet Olarak

Zemin-Yapı Ortak Davranış Araştırmalarının Amacı Nedir?

- İmara veya işletmeye açılacak alanlarda yapılacak mühendislik yapısına yanıl yönde etki edecek deprem yükünün belirlenmesidir,
- Dinamik deprem ve statik yapı yükü etkisinde zeminde yaşanacak deformatyon değışimleri araştırılmasıdır.
- Yapının olası bir deprem anında yanıl deprem kuvveti ile yapacağı titreşim hareketine karşı yapının dayanma veya bu dış etkiyi karşılama özellikleri gibi konuları belirlemeyi amaçlayan çalışmalar yapılmıştır.

Saha Araştırmalarında Kullanılacak Ek Jeofizik Yöntemler
Elektrik Yöntemi İle Yapılan Saha Çalışmaları ve Elde Edilen Sonuçlar

Yöntemin Sahada Uygulanması 2 Şekilde Yapılır.

- 1. Düşey Elektrik Sondajı (DES), Vertical Electrical Sounding (VES)**
- 2. Tomografi ölçümleri şeklinde yapılır.**

Veriler Değerlendirip Yorumlarken

Yeraltındaki Yapıların Özdirenci Değişimlerinin Hangi Özelliklerden Etkilendiği Hatırlanmalıdır.

- • Bazı metalik cevherlerin varlığına
- • Madenlerin varlığına
- • Yeraltı sıcaklık değişimlerine
- • Jeotermal Enerjinin varlığına
- • Arkeolojik kalıntıların varlığına
- • Mezar, eski yapı kalıntıları, vb..
- • Yeraltı suyunun varlığına
- • Çözünmüş Tuz miktarı
- • % Gözeneklilik ve geçirgenlik değeri
- • Kayaçların yaşına
- • Kayaçların Oluşum Şekline (magmatik, metamorfik, tortul)

Doğada Bulunan Malzemelerin Gerçek Özdirenç Değerleri

Değişim tabloları

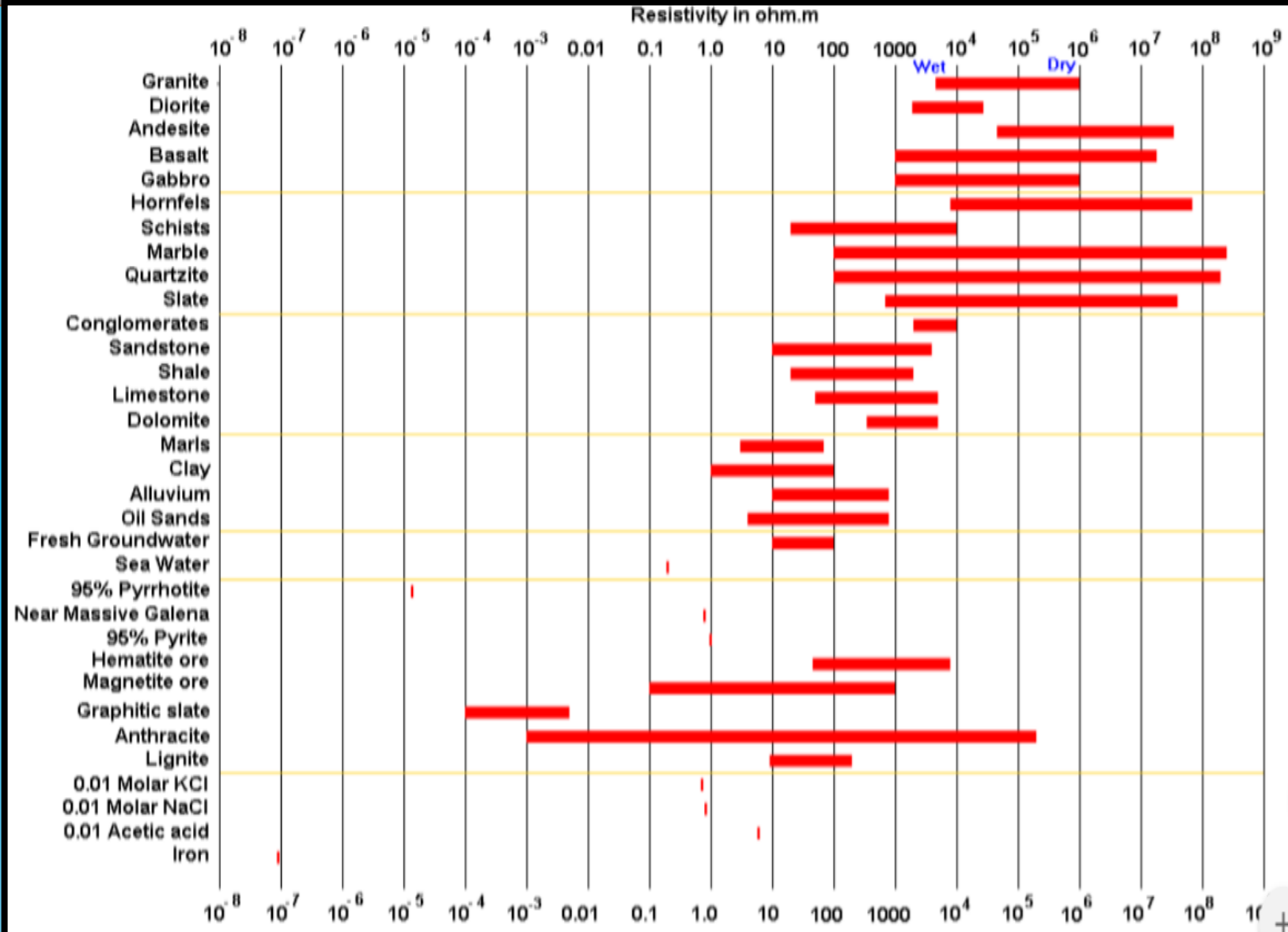
Bazı malzemelerin Elektrik Özdirençleri

| Sular | Elektrik özdirenç ($\Omega\cdot m$) |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Yüzey suları (mağmatik) | $0.1-3 \times 10^3$ |
| Meteorik yüzey suyu | $30-10^3$ |
| Yüzey suları (çökellerde) | $10-10^2$ |
| Toprak suları | 100 |
| Doğal sular (mağmatik kayalarda) ⁹ | |
| Doğal sular (çökellerde) | 3 |
| Tuzlu sular %3 | 0.15 |
| Kömürler | Elektrik özdirenç ($\Omega\cdot m$) |
| Çeşitli kömürler | $10-10^{11}$ |

Linyit 9-200

Kayaçlar

| | |
|-------------------|---------------------------------|
| Konglomeralar | $2 \times 10^3-10^4$ |
| Kumtaşları | $1-6.4 \times 10^8$ |
| Kireçtaşları | $50-10^7$ |
| Dolomit | $3.5 \times 10^2-5 \times 10^3$ |
| Marn | 3-70 |
| Killer | 1-100 |
| Alüvyon ve kumlar | 10-800 |
| Petrol kumları | 4-800 |
| Granit | $3 \times 10^2-10^6$ |
| Diyorit | 10^2-10^6 |
| Andezit | $20-5 \times 10^7$ |
| Diyabaz | $20-5 \times 10^7$ |
| Gabro | 10^3-10^6 |
| Bazalt | $10-10^7$ |
| Gnays | $7 \times 10^4-3 \times 10^6$ |
| Mermer | $10^2-2.5 \times 10^8$ |
| Kuarsit | $10-2 \times 10^8$ |
| Şeyl | $20-2 \times 10^3$ |
| Anhidrit | 10^9 |



Düşey Elektrik Sondajı (DES) Nedir?

Bu ölçüm tekniğinde seçilen bir merkez noktası altında ve düşey yönde yeraltının özdirenç değerlerine göre modellemesi yapılır.

Bir hat boyunca akım (A,B) ve potansiyel elektrotlarının (M,N) serilmesi kablolarla birbirine bağlanması gerekir.

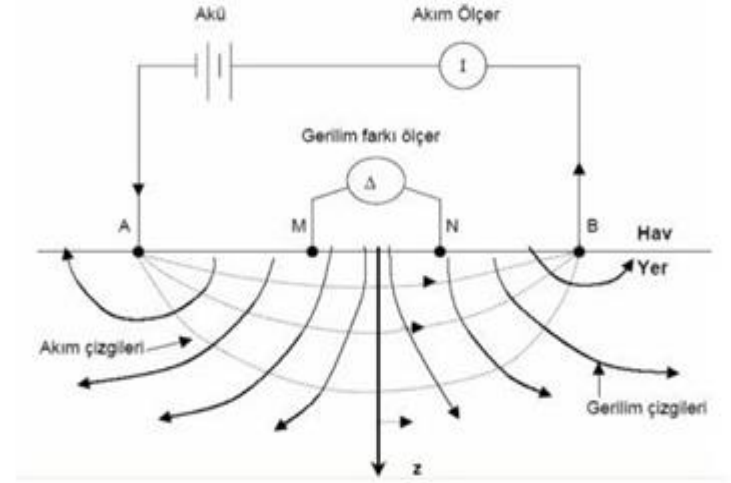
Yerleşim yerleri içinde çalışma koşulları sınırlanabilir.

A-B uzaklığı sürekli arttırılarak araştırma derinliği arttırılır.

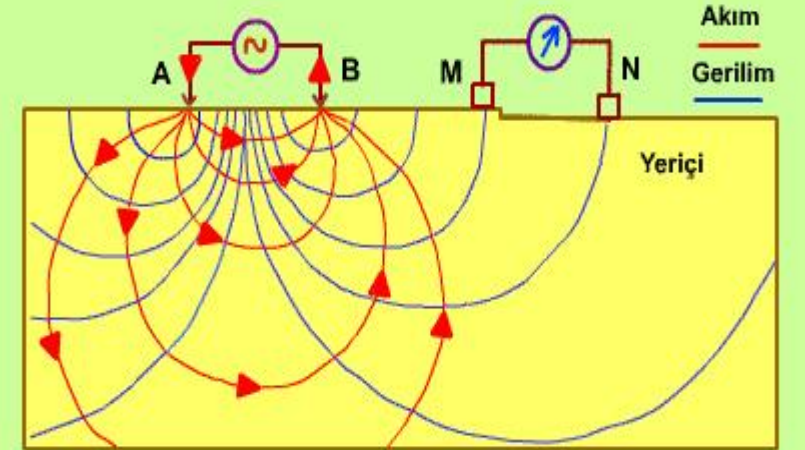
Enerji kaynağına ve A-B mesafesi araştırma derinliğini etkiler.

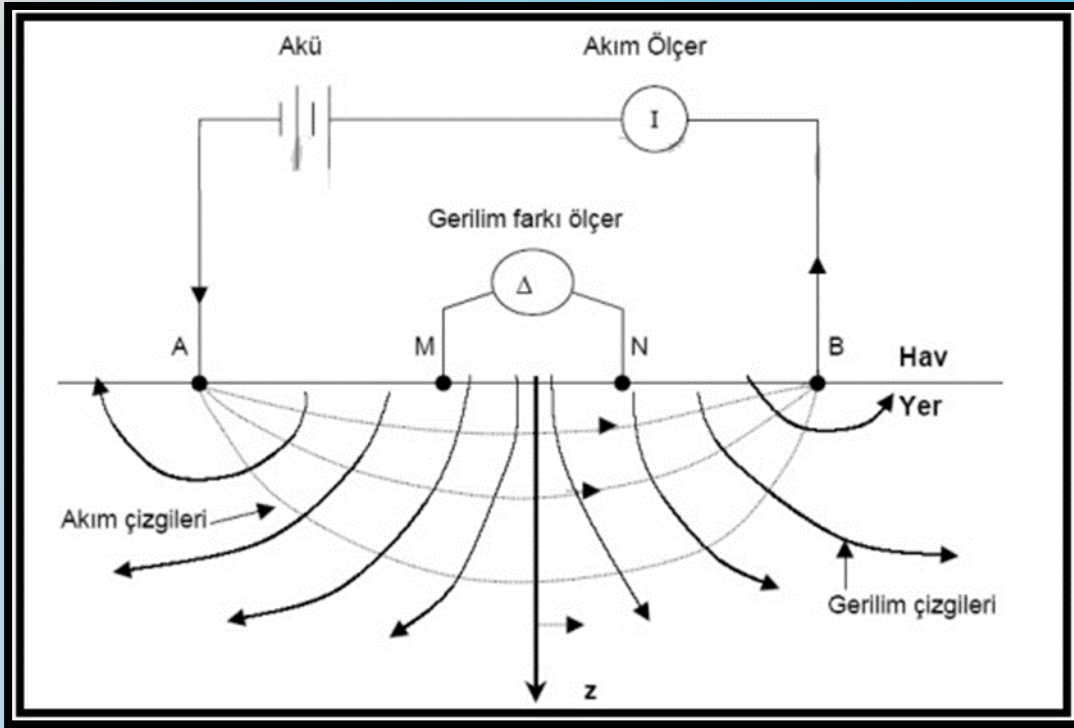
Elde edilen Parametreler tabaka kalınlıkları ve gerçek özdirenç değerleridir.

Bu uygulamada yeraltının özdirenç değerlerine göre yatay, yarı sonsuz, homojen ve izotrop katmanlardan oluştuğu kabul edilir.



Elektrik Özdirenç Yöntemi



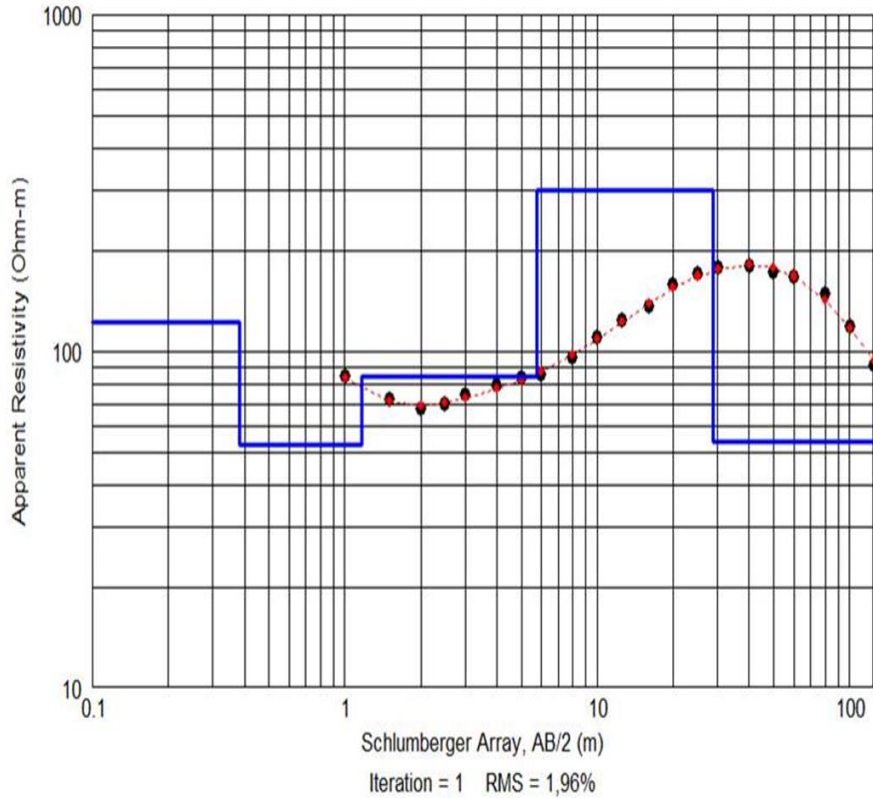


**A ve B Akım İle M ve N Potansiyel Elektrotlarının
Birbirine Konumları Dikkate Alınarak Kullanılan Ölçüm Sistemleri Kullanılır**

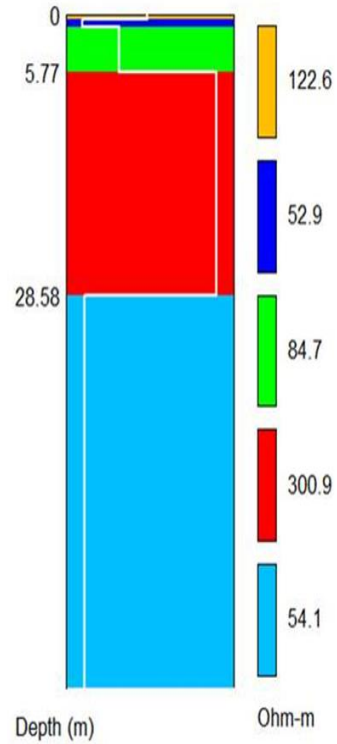
| <u>Açılım</u> | <u>Avantajları</u> | <u>Dezavantajları</u> |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wenner | <ol style="list-style-type: none">1. Yatay yapıların iyi haritalanması2. Ölçü hassasiyeti3. Kuvvetli sinyal gücü | <ol style="list-style-type: none">1. Tüm elektrotların ölçüm sırasında hareket etmesi2. Siğ değişimlere karşı duyarlı3. Fazla derinlikler için uzun kablolarla ihtiyaç duyulması4. Düşey çözünürlüğün zayıf olması |
| Schlumberger | <ol style="list-style-type: none">1. Hem yatay hem düşey yönde ortalama duyarlılığın olması2. Wenner açılımına göre daha derin araştırmaların yapılabilmesi3. Dipole- dipole açılımına göre daha kuvvetli sinyal gücü | <ol style="list-style-type: none">1. Arazide kafa karıştıncı olabilmesi2. Daha duyarlı ekipmana ihtiyaç duyması3. Uzun kablolar gerektirmesi |
| Dipole-Dipole | <ol style="list-style-type: none">1. Düşey yapıların iyi haritalanması2. Wenner açılımına göre daha iyi yatay veri kapsamı | <ol style="list-style-type: none">1. Daha fazla akım gereksinimi2. Düşey çözünürlüğün zayıf olması3. Geniş açılımlarda daha zayıf sinyal gücü4. Daha duyarlı ekipmana ihtiyaç duyması |

Düşey Elektrik Sondajı (DES), Vertical Electrical Sounding (VES) Model Eğrileri

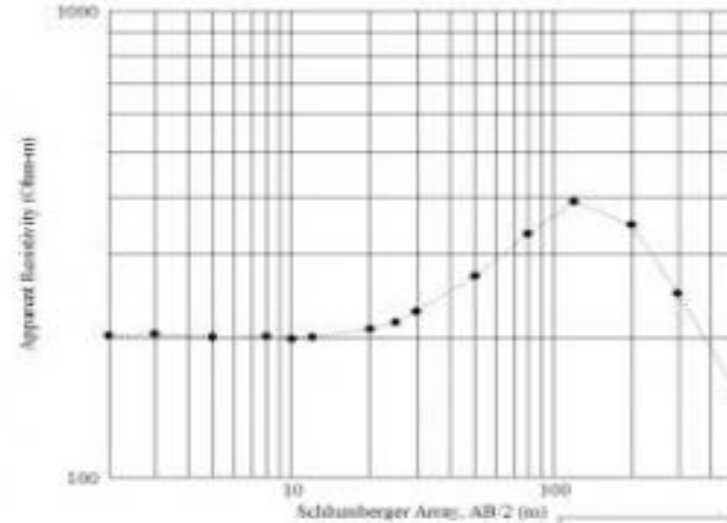
Measured and Modeled 1D Data



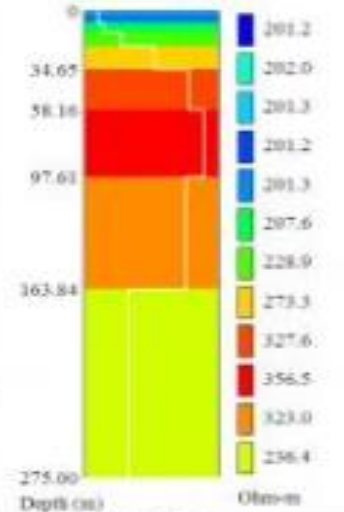
Layered Resistivity Model



Measured and Modeled Data



Layered Resistivity Model

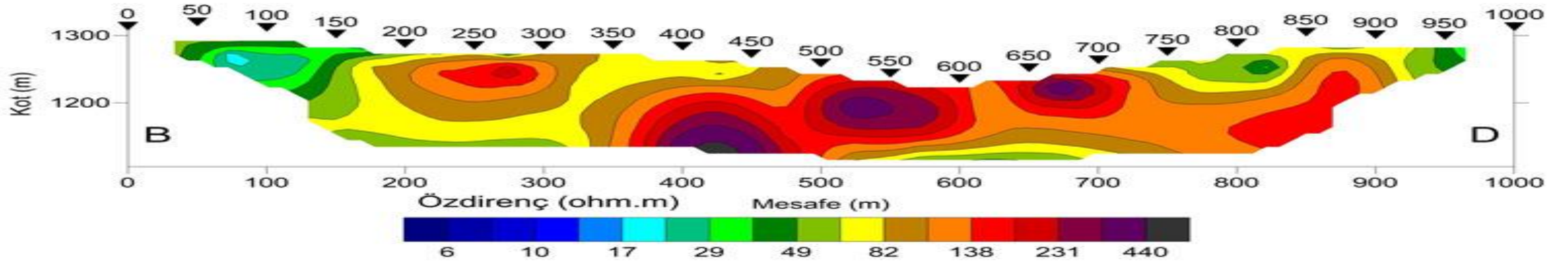


| Advanced Geosciences, Inc. | | | |
|----------------------------|--------------|-------------|--------------------|
| Job Code | AGI #001 | Survey Date | Jul 10, 2006 |
| Project Site | Ardita, TX | Instrument | AGI SuperString RS |
| Approved By | | Software | EarthImager 1D |
| Data File | Schlum1D.vtg | | |

Elektrik Yöntemlerde Kullanılan Tomografi Ölçüm Tekniği

Bu ölçüm tekniğinde yer altı hücrelere bölünerek her hücre ayrı ayrı değerlendirilir.

- Her bir hücre için gerçek öz direnç değerleri hesaplanır.
- Sonuçlar 2 boyutlu olarak grafiklenir.



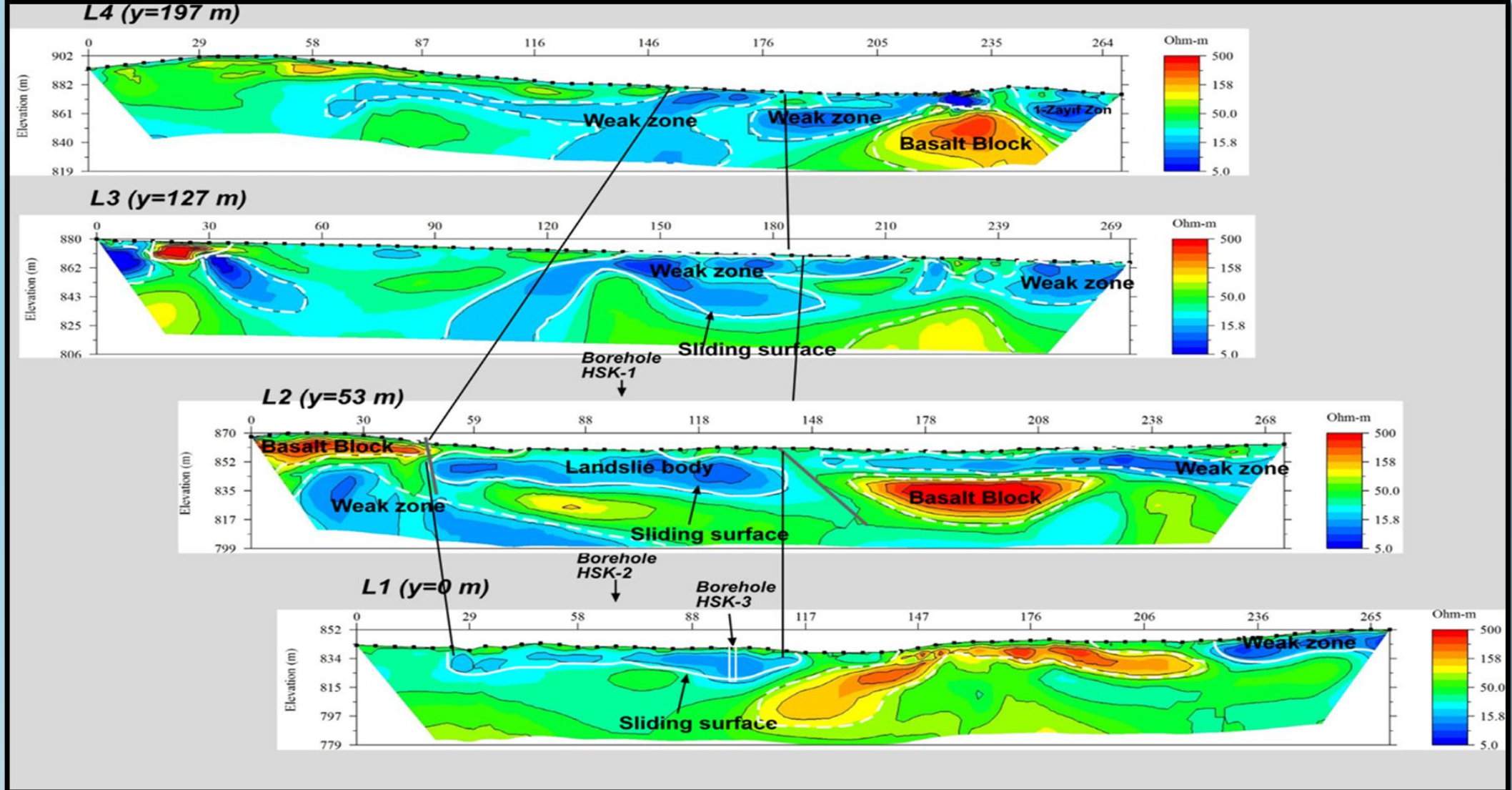
Günümüzde Elektrik Yöntemi İle Saha Araştırmalarında
Çok Kanallı ve Çok Elektrotlu Ölçüm Ekipmanları Kullanılarak Yer altı Gerçek
Özdirenç Değerlerine Göre 2D ve 3D Boyutlu olarak Modellenebilmektedir.

ÇOK ELEKTROTLU SİSTEM BİLEŞENLERİ

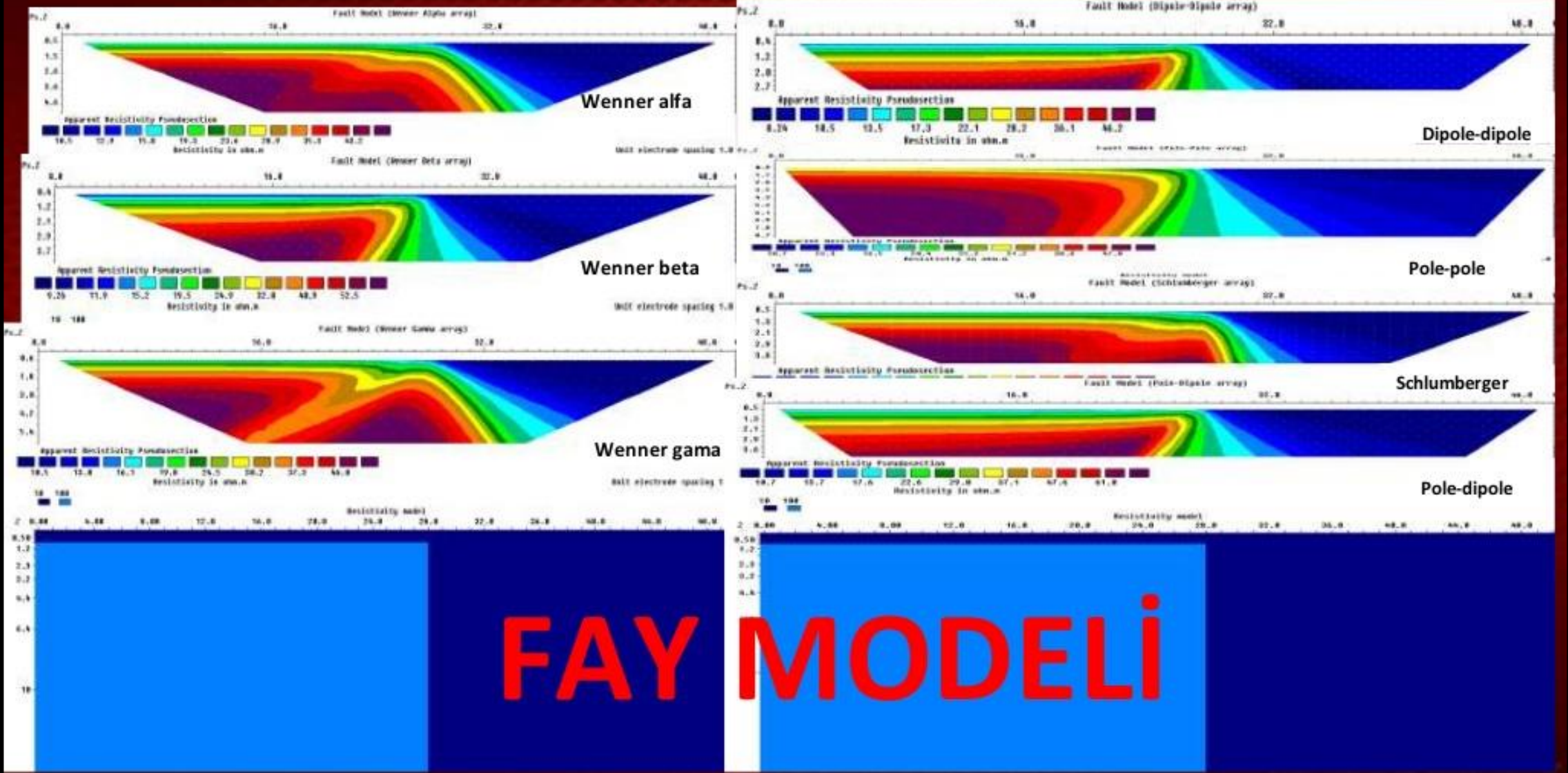


Günümüzde Elektrik Yöntemi Saha Araştırmalarında

Çok Kanallı ve Çok Elektrotlu Ölçüm Ekipmanları Kullanılarak Yer altı Gerçek Öz direnç Değerlerine Göre 2D ve 3D Boyutlu olarak Modellenebilmektedir.



DİZİLİM TIPLERİNE GÖRE ÖZDİRENÇ HESAPLAMALARI



LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

Dizilim tipi : Wenner-alfa

Elektrot sayısı : 64

Elektrot aralıkları :2.5-5 m

Yineleme sayısı : 5-12

Grup-A :

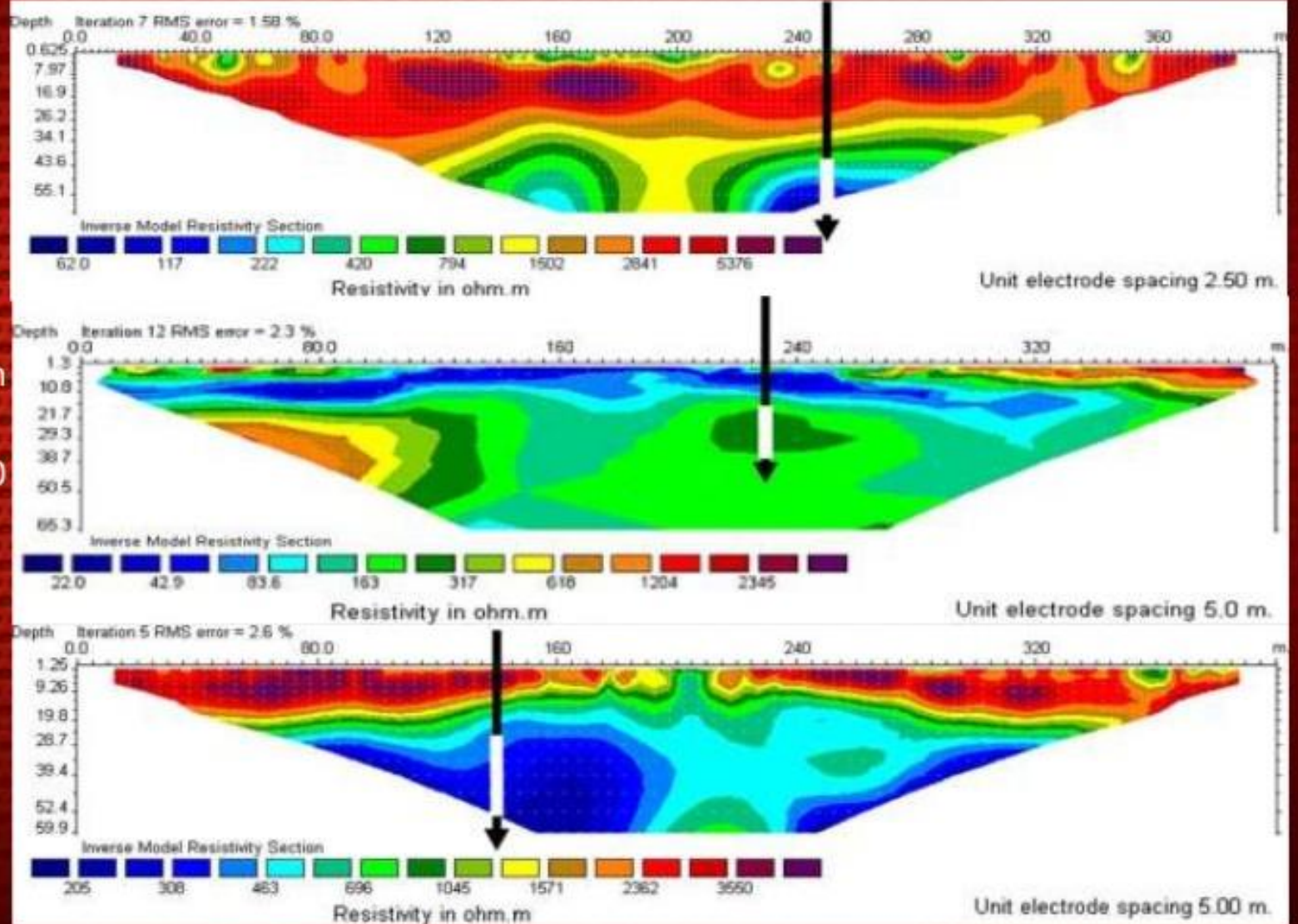
Bölgedeki ana kayaç kumtaşı (150-10000 ohm.m arası)

Hedef değerler 700 ohm.m den az olan bölgeler.

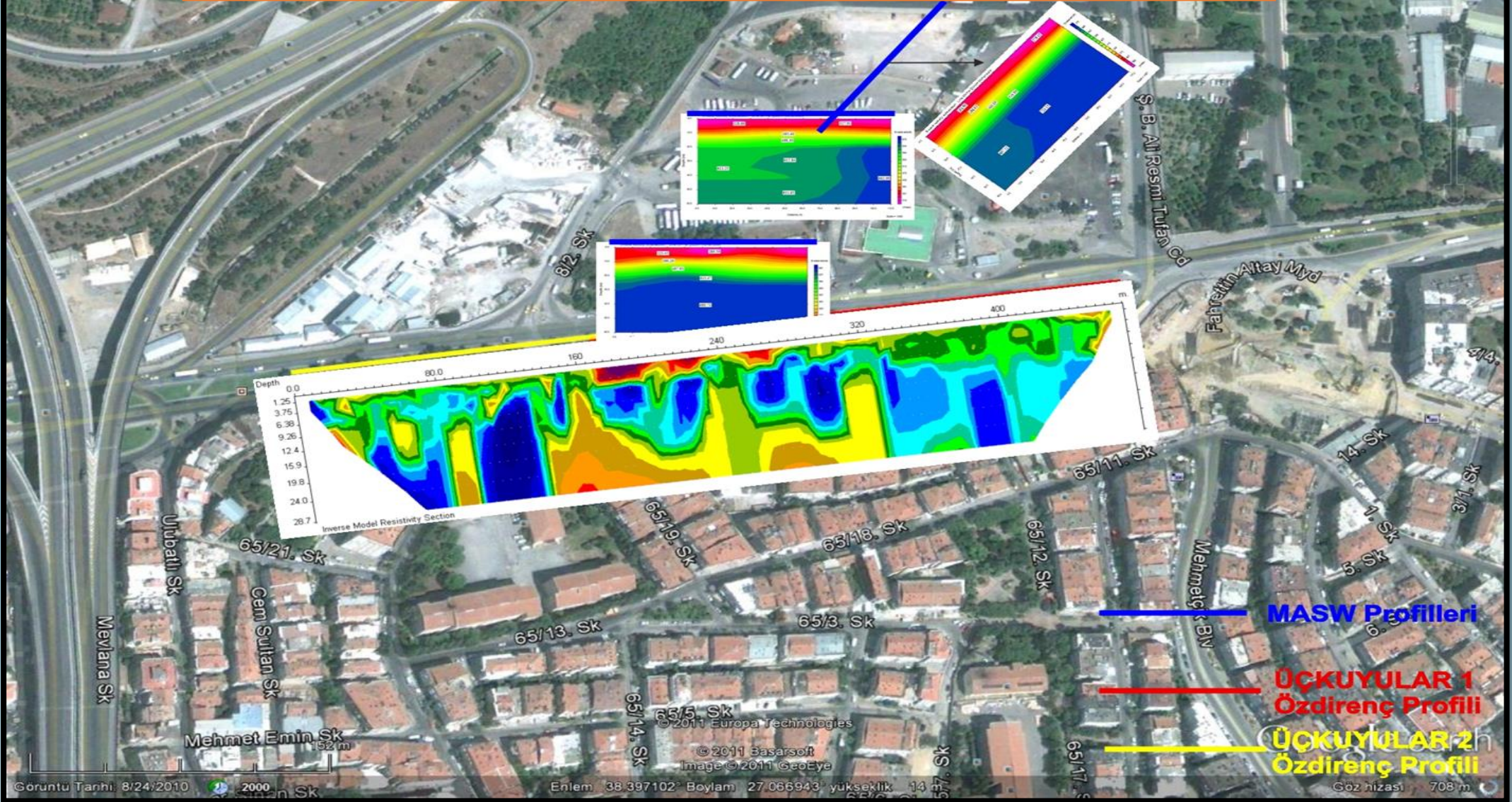
Özdirenç çalışmalarında bu grupta % 90 başarı.

Oklarla gösterilen kuyularda beyaz bölgeler yeraltı suyunu göstermektedir

YERALTI SUYU ARAMA ÇALIŞMASI KUZEY GANA



İzmir Bölgesinde Yapılmış MASW ve Özdirenç Tomografi Çalışmasına Örnek



Kitaplarda Yapılan Tanımlamalar ve Yaşanmış Depremlerin Sonuçlarına Göre Aşağıdaki Sonuçları Kullanabilirmiyiz?

- ❖ Geçmiş yıllarda; yapılan yapıların yükü ve yüksekliği günümüze göre çok düşük seviyelerde olduğu için ortalama 30m. Kalınlık içindeki zemin özelliklerini tanımlamak yeterli oluyordu.
- ❖ Bunun için, zemin sondajları, SPT değerleri, Vs30 hız değerleri yeterli kabul edilerek hesaplamalar yapılıyordu.
- ❖ Ancak günümüzde parsel bazında bile yapılan ve yapılması düşünülen yapıların temel derinliği, kazık boyları ile yapı yükseklikleri ve yapı yükleri geçmişe göre oldukça fazladır.
- ❖ Bu durumda zemin anakaya modellerinin hem ayrıntısı ve hem boyutları arttırılmak zorunda kalmıştır.

Kitaplarda Yapılan Tanımlamalar ve Yaşanmış Depremlerin Sonuçlarına Göre Aşağıdaki Sonuçları Kullanabiliyormiyiz?

- ❖ **Deprem konusunda bilinen ancak kullanılmayan sismik anakaya, mühendislik anakayası ve zemin tanımlamalarının Sismik S dalga hızlarına göre yapılıp kullanılması gerekir.**
- ❖ **En önemlisi zeminin dinamik ve statik yük altında göstereceği davranış yatay, yarı sonsuz, homojen ve izotrop kabulleri ile modellenerek çözülemez çünkü bu durum gerçeğe uymuyor.**

Kitaplarda Yapılan Tanımlamalar ve Yaşanmış Depremlerin Sonuçlarına Göre Aşağıdaki Sonuçları Kullanabilirmiyiz?

- ❖ STOKASTİK modelleme kavramlarına göre çalışmak zorundayız ve bunun içinde ne kadar çok sayıda ve çeşitli içerikte verimiz olursa STOKASTİK modelimizde o kadar gerçeğe yakın olur.
- ❖ Ayrıca günümüzde mühendislik anakaya seviyesi için deprem yükü olarak eşdeğer statik deprem yükü PGA (0.1, 0.2, 0.3, 0.4) yerine depremin zaman kayıtlarının kullanıldığı Time History Analizleri yapılması önerilmelidir.
- ❖ Zemin Transfer Spektrumlarının da Sismik Anakaya Seviyesi İçin Hesaplanması İstenmelidir.

Ancak Unutulmaması Gereken Bir Diğer Gerçek Bu Konularda Yapılan Çalışmalarda Kullanılan Bilgisayar Programları Kendisine Giriş Parametreleri Olarak Verilen Sayıların Yeraltını Temsil Edip Etmediğini Sorgulamadan Kullanıp Bize Daima Bir Sonuç Verir.

Sonuçların Doğruluğu ve Çalışma Alanını Temsil Edip Etmediği

Bilgisayar Programını Kullanan Yetkin Kişilerin Kontrolünde Olması Gerekir.

Çizelge 1. Sismik hızların ampirik bağıntılarda kullanılması ile bulunan dinamik zemin parametreleri indeks ve mekanik özellikler

| | V_S (m/sn) | | V_P (m/sn) | | E (MPa) | | G (MPa) | | ν | C (MPa) | ϕ (°) | γ (t/m ³) | |
|---|--------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|-----------|------------|------------------------------|------------|
| | <u>min</u> | <u>max</u> | <u>min</u> | <u>Max</u> | <u>min</u> | <u>max</u> | <u>min</u> | <u>max</u> | | | | <u>min</u> | <u>max</u> |
| 1 | 150 | 250 | 260 | 430 | 86 | 272 | 35 | 109 | | 0.025 | 30 | 1.54 | 1.74 |
| 2 | 400 | 500 | 690 | 865 | 782 | 1300 | 315 | 520 | | 0.15 | 35 | 1.97 | 2.08 |
| 3 | 250 | 300 | 430 | 520 | 270 | 412 | 109 | 165 | | 0.10 | 35 | 1.74 | 1.83 |
| 4 | 500 | 600 | 865 | 1040 | 1290 | 1953 | 520 | 782 | 0.25 | 0.17 | 35 | 2.08 | 2.17 |
| 5 | 800 | 1000 | 1385 | 1730 | 3714 | 6175 | 1498 | 2470 | | 4 | 36 | 2.34 | 2.47 |
| 6 | 1200 | 1300 | 2080 | 2250 | 9249 | 11154 | 3730 | 4462 | | 8 | 36 | 2.59 | 2.64 |
| 7 | 3000 | 4000 | 5190 | 6920 | 72540 | 140000 | 29250 | 56000 | | 15 | 40 | 3.25 | 3.50 |

1- Soil 1; 2- Soil 2; 3- Soil 3; 4- Soil 4; 5- Bedrock 1; 6- Bedrock 2; 7- Bedrock 3

Dinlediğiniz İçin TeŖekkür Ederim