

**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**

# Prof. Dr. Mustafa AKGÜN

## ► Çalıştığım Kurum:

► Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü - İZMİR

## ► Çalışma Konularım

► Doktora, Yüksek Lisans Tezleri, Üniversitenin Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK ve Döner Sermaye Çalışmaları Kapsamında Çalışmalar Yapıyorum

❖ Bu Çalışmalar Kapsamında Bitmiş Ve Süren Araştırma Konularım

► Mikrobölgeleme Çalışmaları

► Deprem Tehlike ve Risk Analizi Çalışmaları

► Deprem – Zemin- Yapı Ortak Davranışını Etkileyen Zemin Özelliklerinin Araştırılması

► Sahaya Özgün Tasarım Spektrum Hesaplamalarında Kullanılacak Zemin-Anakaya Modelleme Çalışmaları

► Kuyu İçi Sismik, Özdirenc, Doğal Potansiyel ve Doğal Gamma Ölçüm Çalışmaları

# SUNUM – 1 Konusu

PARSEL Bazlı Saha Araştırmaları İle Bu Sahalardaki  
Jeofizik Çalışmaların Yapılma Amaçları

Ve

Jeoloji ve Jeofizik Çalışma Sonuçlarının Birbiri İle  
Uyumluğunun Önemi

Konularında Genel Bilgilendirme Yapmak İstedim

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

# Parsel Bazlı Çalışmalarda Tanımlanan Rapor İçeriği

## B. SONDAJA DAYALI ZEMİN ve TEMEL ETÜDÜ RAPORU

### içeriğinde tanımlanan jeofizik saha çalışma yöntemleri

#### 2.5.6. Jeofizik Çalışmalar

Jeofizik yöntemlerin sondaj çalışmalarına yardımcı bir unsur oluşturacağı ilkesi esas alınarak sondaj sayısını azaltarak arada geçilen zemin tabakalarının belirlenmesi, özellikleri ve sınırlarının anlaşılması için kullanılabilir.

Burada eksik kalan tanım zemin tabakalarının hangi özellikleri?

Yapılacak yerel jeofizik çalışmaların amaçları tam olarak belirlenmeli, alınan tüm kayıtlar ve yapılan hesaplamalar ayrıntılı bir şekilde yorumlanarak verilmelidir.

Burada Amaç olarak ne vurgulanmak isteniyor?

Çalışmaların amacı, yöntemi, kullanılan araçların adı, özellikleri, alınan ölçüm sonuçları, tüm tablo ve grafikler yorumlarıyla birlikte verilmelidir. Jeofizik çalışmalar ayrıca sondaj loglarıyla birlikte yorumlanmalı, ölçüm yerlerinin koordinatları tablo halinde verilmelidir.

Yorum kelimesi ile ne isteniyor?

#### **2.5.6.1. Sismik Kırılma (Bu yöntemin temel varsayımları bu çalışmalar için uygunmu?)**

- Sığ derinlikler için yapılacak araştırmalarda aşağıda belirtilen amaçlar için kullanılmalıdır.
- Yeraltı yapısının (tabaka sayısı, kalınlıkları, boyuna Vp, enine Vs dalga hızları) belirlenmesi,
- Yerin elastik parametrelerinin belirlenmesi (yoğunluk, poisson oranı, elastisite modülü, kayma (shear) modülü, zemin hakim titreşim periyodu),
- Elde edilen parametrelere göre zemin sınıfının belirlenmesi,
- Gömülü fay izlerinin araştırılması,
- Varsa zemin içerisindeki boşlukların ve süreksizliklerin bulunması vb.

#### **2.5.6.2. Sismik Yansıma (Sadece P dalgası elde edilebilir ve zemin araştırmaları için yeterli değildir)**

- Daha derin zemin araştırmaları için Sismik Kırılma bölümünde belirtilen amaçlar için kullanılmalıdır.

#### **2.5.6.3. Elektrik Özdirenç (tabakaların özdirenç değişimleri ile zemin elastik özellikleri arasında ilişki nedir?)**

- Nemlenme derinliği veya suya doygun seviyenin belirlenmesi,
- Tabaka sayısı ve derinliklerinin belirlenmesi,
- Sağlam zemin ve temel kaya derinliğinin belirlenmesi,
- Yerin direnç özelliğine göre yeraltı jeofizik yapısının belirlenmesi vb. amaçlarıyla yapılmalıdır.

#### **2.5.6.4. Mikrotremör Çalışmaları**

- Zemin hakim titreşim periyotlarının belirlenmesi, (Sadece TA, TB mi saptanır? )
- Zeminin büyütme katsayısının belirlenmesi, (Son yıllarda sorgulanan bir kavram)

# Jeofizik Çalışma Yöntemlerinin Ayrıntısına Girmeden Önce Saha Araştırmaları Konusunda Kendimize Sormamız Gereken Bazı Sorularımız Olmalıdır.

- Özellikle Bir Alana Hem Ekonomik Değeri Hem de Toplumsal Menfaati Olacak Özelliklere Sahip Bir Mühendislik Yapısı Yapılacaksa Saha Araştırmalarında;
  - Yapının Ekonomik Ömrü Süresince Kalabileceği Tehlikeler Olarak Ne Kabul Ediliyor?
    - EKONOMİK ÖMÜR 50 YIL VE EN BÜYÜK TEHLİKE DEPREM
  - Bu Tehlikeye Karşı Hangi Önlemlerin Alınması Düşünüyor?
    - GÜNÜMÜZDE İNSAN YAŞAMI KAYIPLARI İLE EKONOMİK KAYIPLAR AYNI DEĞERDEMi?
  - Bunun (Deprem Tehlikesi) İçin Yeraltına Ait Tanımlanmak İstenen Parametreler Nelerdir?
    - BU ÇALIŞMALAR İNSAN HAYATINI MI YOKSA YAPIYI KORUMAK İÇİN Mİ YAPILIYOR?
  - Bu Parametreler Kaç Metre Derinlik İçin İsteniyor?
    - SİSMİK ANAKAYA SINIRINA KADAR (VS>3000 M/S.) YAPILMALIDIR.
  - Bu Parametreler Tanımlanırken YER ALTI YAPISI Nasıl Kabul Ediliyor?
    - ❖ YATAY YARI SONSUZ HOMOJEN İZOTROP VE ELASTİK JEOLojİK TABAKALARDAN MI?
    - ❖ YOKSA YATAY YÖNDE SINIRLI, HETEROJEN, ANİZOTROP VE ANELASTİK OLAN TABAKALARMİ?

Günümüzde bilinen en önemli bir gerçek te yer altını oluşturan katmanların, tüm özellikleri yönünden STOKASTİK kavramlar kullanılarak modellenmesi ve tanımlanması yapılır.

- ❖ Bu Konu Günümüze Değın Yapılan Çalışmalarla Kanıtlanmış Bir Gerçektir.
- ❖ STOKASTİK (STOCHASTIC) MODEL, İSTATİKSEL KAVRAMLARLA YAPILAN MODELLEME ÇALIŞMASIDIR.
- ❖ Bu modelde, İki veya daha fazla sayıda değişken arasındaki ilişkinin hatası konusunda belli istatistiksel varsayımlar yapılarak bu ilişkilerin bir model içinde gösterilmesi hedeflenir.
- ❖ Tanımlanan hata payı nedeniyle kurulan model de, değişkenler arasında derecesi tam olarak bilinmeyen bir ilişkiyi temsil eder.
- ❖ Bu tip sistemlerde aynı şartlar altında aynı deney tekrarlınsa dahi aynı sonuçlar elde edilmeyebilir ancak sonuçların hangi aralıkta veya hangi dağılımda olacağı, hangi sonucun ortaya çıkma ihtimalinin ne olduğu hesaplanabilir.
- ❖ Stokastik modellerde sistemin gelecekteki konumunun bilinmesi yerine tahmin edilmesi ve olasılıklar dahilinde değerlendirme söz konusudur.

**SONUÇ:** Yeraltıyla ilgili tüm özellikler rasgele değişkenler içerir ve hiçbir zaman elde edilen sonuçlar %100 doğru değildir ve hata payı içerir.

Önemli olan bu hata oranının kabul edilebilir seviyelerde olmasının sağlanması için yapılması gerekenler ne olmalıdır?

**Bu Çalışmaları Kontrol Edecek Meslek Dallarından Olan Kişilerden ve Kurumlardan Neyi Nasıl Kontrol Etmesi İsteniyor?**

- **Sadece Saha Çalışmalarının Rapor Formatlarına Uygun Yapılıp Yapılmadığının Kontrol Edilmesi Mi?**
- **Yoksa**
  1. **Hem Rapor Formatlarına Uygun Gerekli Çalışmalar Yapılmış**
  2. **Hem de Çalışma Sonuçları ile Yorumlarının Çalışma Alanının Jeolojik-Jeoteknik-Geoteknik Özellikleri Dikkate Alınarak Yapıldığının Kontrol Edilmesi mi?**



Bu Konularla İlgili Saha Araştırmalarını Yapacak  
Meslek Gurubundan Ne İsteniyor?

Bu Konuda Yönetmeliklerde ne isteniyorsa yap getir anlayışımı olacak?

**AMA YERALTININ GENEL ÖZELLİKLERİ DEĞİŐMEDİĐİ HALDE,**

**BU KONU İLE İLGİLİ YÖNETMELİKLER SÜREKLİ DEĞİŐTİRİLİYOR**

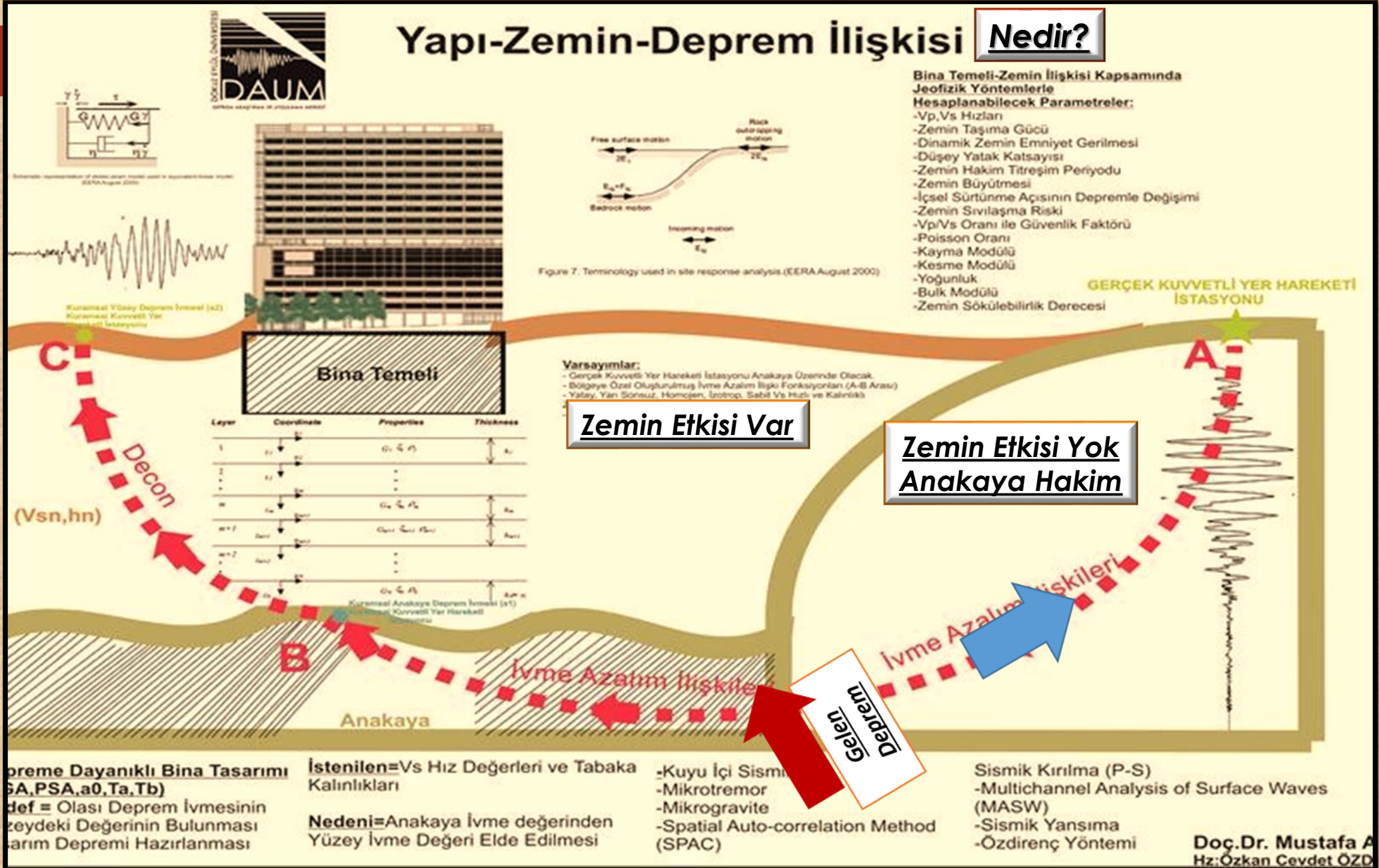
**ACABA NEDEN DEĞİŐTİRİLİYOR?**

**SONUÇ: EKSİK KALAN BİR KONU OLMASA DEĞİŐMEMESİ GEREKİR**

Bu Çalışma Sonuçlarını Hesaplarında Kullanacak olan  
İnşaat Mühendisliğinin Farklı Dallarını Temsil Eden Mühendisler;

- ❖ Deprem Mühendisi (Deprem-Zemin Ortak Davranışını araştıracak olan),
- ❖ Temelden Sorumlu Mühendis (Deprem-Zemin-Yapı Ortak Davranışını modelleyecek)
- ❖ Üst yapıdan sorumlu olan Mühendis (Zemin-Yapı Ortak davranışını modelleyecek)
- ❖ Bu mühendislik dalları acaba gerçekten hangi parametrelere ihtiyaç duyuyor?
- ❖ Özellikle günümüzün bilgisayar ve ekipman gelişimi içinde ne istenmesi gerekecek?

# Deprem Sırasında Zemin İçinde Ve Yüzeyinde Oluşacak Olan Olaylar Nelerdir



**Kaymayı Oluşturan Kuvvet ile Zeminin Buna Karşı Koyma Özelliği**  
**Çalışma Alanına Özgün Saptanabilirmiydi?**

**Hatalı Parametrelerle Kurulmuş Olan Dinamik Kuvvet-Zemin Ortak Davranışı ile**  
**İlgili Yaşanmış Sonuçlara Örnek Olabilirmi;**

**Bu Olay Oluşmadan Önce Bazı Saha Çalışmaları Yapılsaydı Olay Engellenebilirmiydi ?**



**Yapılacak Saha Çalışmalarının Amacı Bu Olayların Oluşmasını Engellemek Değilmi?**

**Hatalı Parametrelerle Kurulmuş Olan Dinamik Kuvvet-Zemin Ortak Davranışı ile**  
**İlgili Yaşanmış Sonuçlara Örnek Olabilirmi;**

**Bu Olay Oluşmadan Önce Bazı Saha Çalışmaları Yapılsaydı Olay Engellenebilirmiydi ?**



**Yapılacak Saha Çalışmalarının Amacı Bu Olayların Oluşmasını Engellemek Değilmi?**

## Kaymayı Oluşturan Kuvvet ile Zeminin Buna Karşı Koyma Özelliği Çalışma Alanına Özgün Saptanabilirmiydi?

Hatalı Parametrelerle Kurulmuş Olan Dinamik Kuvvet-Zemin Ortak Davranışı ile İlgili Yaşanmış Sonuçlara Örnek Olabilirmi;

Bu Olay Oluşmadan Önce Bazı Saha Çalışmaları Yapılsaydı Olay Engellenebilirmiydi ?



Yapılacak Saha Çalışmalarının Amacı Bu Olayların Oluşmasını Engellemek Değilmi?

Hatalı Parametrelerle Kurulmuş Olan Dinamik Kuvvet-Zemin Ortak Davranışı ile İlgili Yaşanmış Sonuçlara Örnek Olabilirmi;

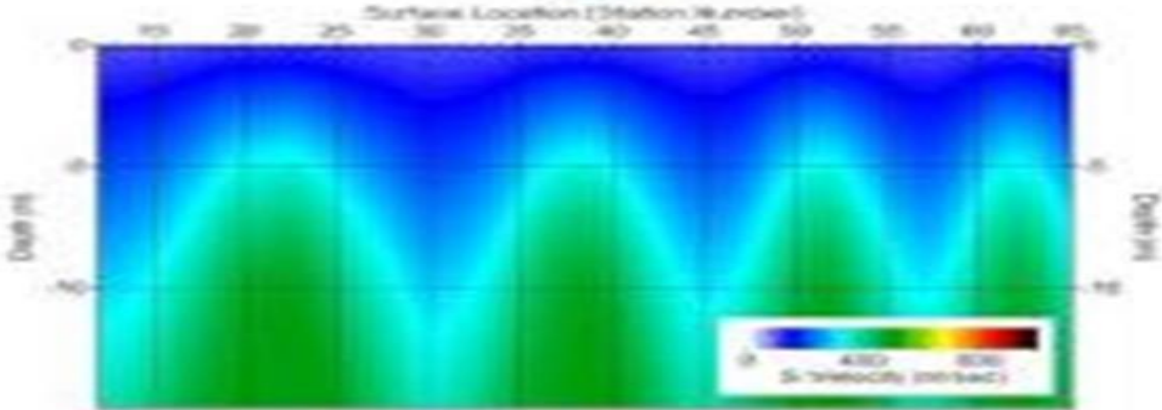
Bu Olay Oluşmadan Önce Bazı Saha Çalışmaları Yapılsaydı Olay Engellenebilirmiydi ?



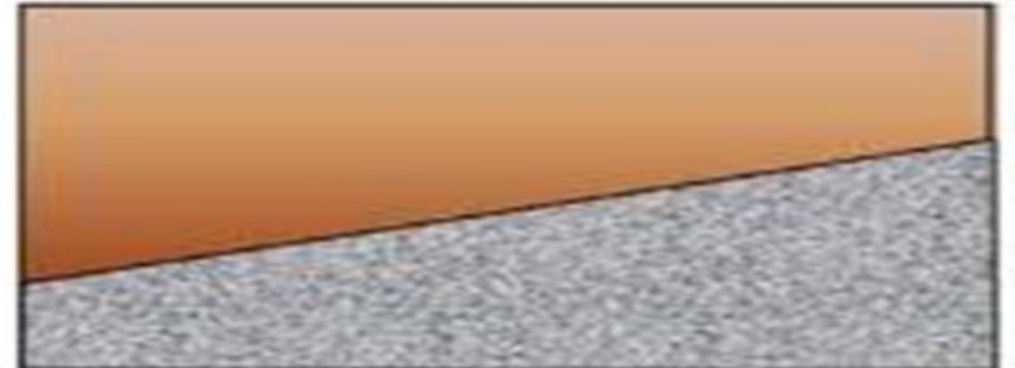
Yapılacak Saha Çalışmalarının Amacı Bu Olayların Oluşmasını Engellemek Değilmi?

# Sondaj Çalışmalarına Destek Amaçlı Tanım İçin Bu Bakış Açısı Kullanılabilir mi?

## SEISMIC SURVEY



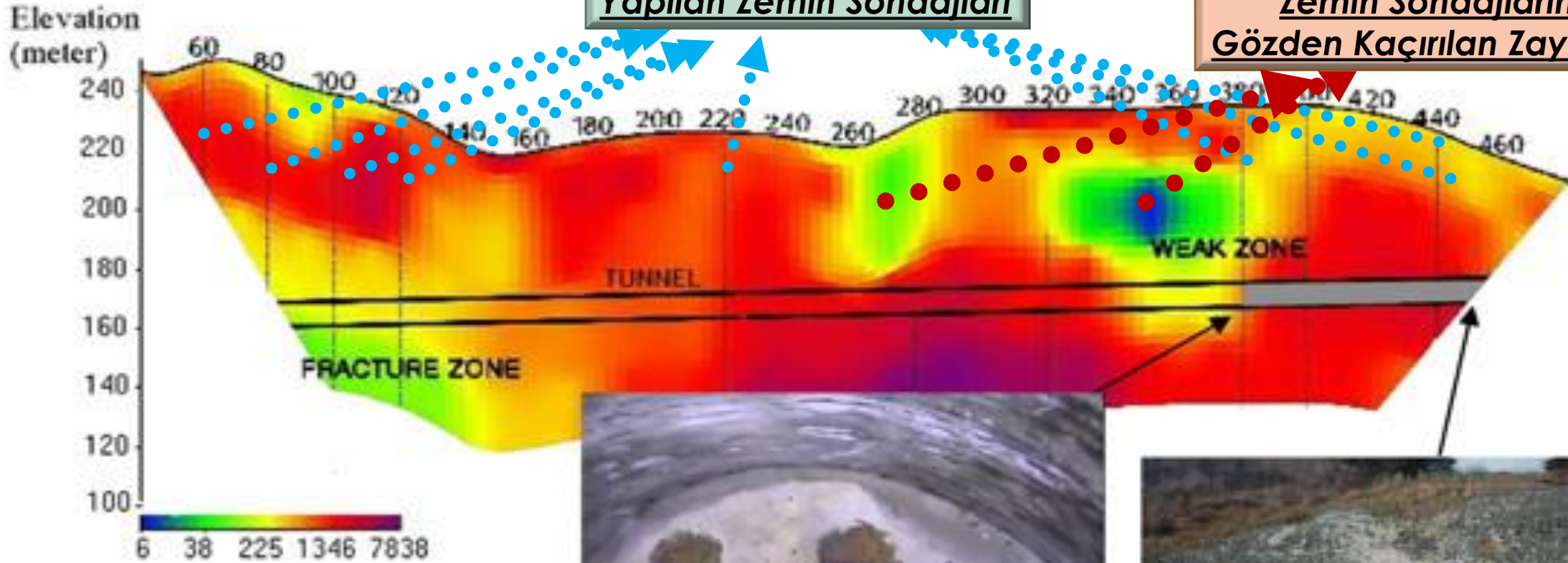
## DRILLING



# Çok Elektrotlu Özdirenç Tomografi Ölçümlerinin Zemin Sondajlarına Katkısına Yaşanmış Örnek Bir Çalışma

Yapılan Zemin Sondajları

Zemin Sondajlarında Gözden Kaçırılan Zayıf Zonlar



The tunnel front at the weak zone was shot-creted and three windows left open for the engineers to study the weak-zone material.

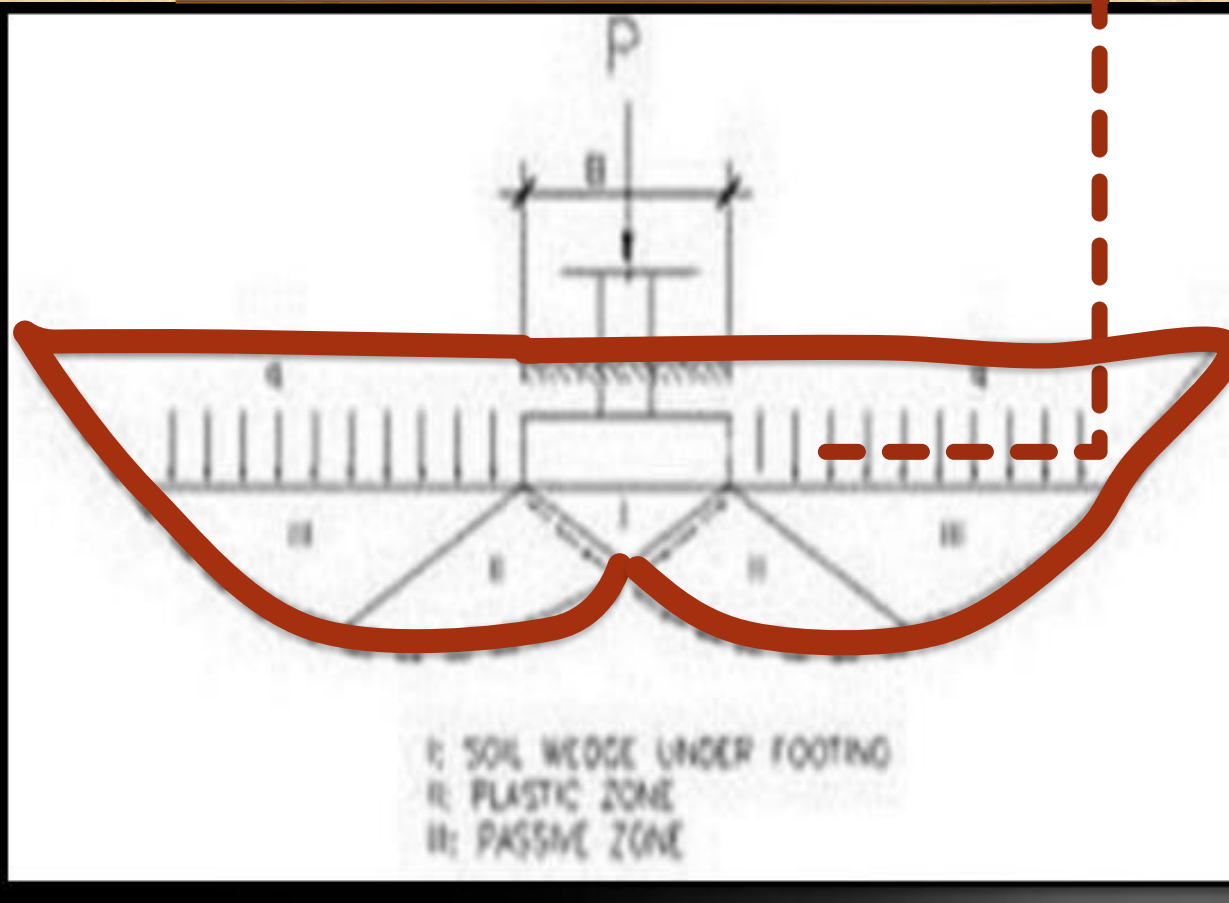


Site investigation for proposed tunnel, courtesy of Hyundai Construction Company, Korea

## SONUÇ

Statik ve Dinamik Yük Koşullarda Zemin-Yapı Ortak Davranışını Tanımlayan Parametrelerin Çalışma Alanlarına Özgün Saptanması ve Kullanılması Tüm Meslek Dallarının Ortak Çözüm İstenen Problemi Olmalıdır.

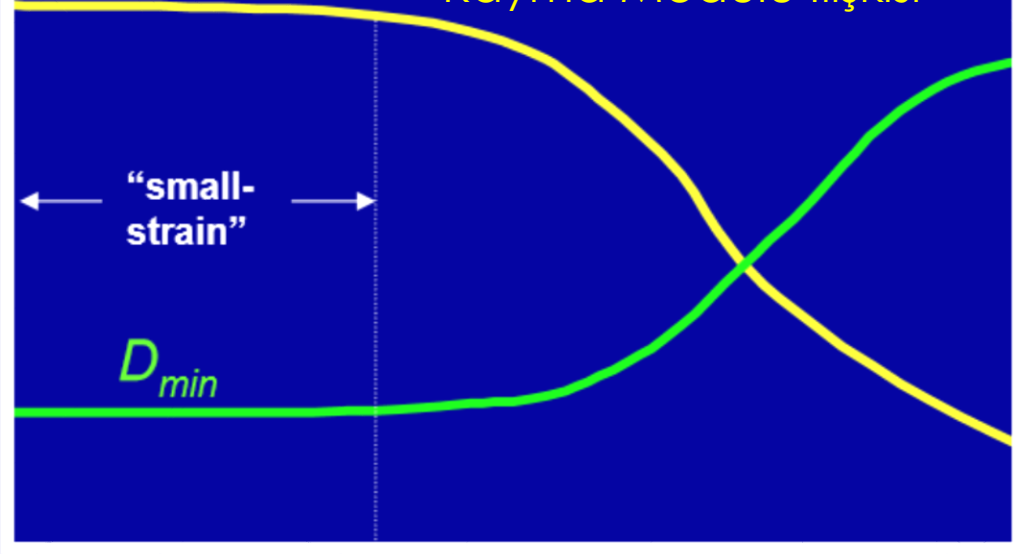
Yapının Statik Yükünün Etkileme Alanı



Bu Alanda Dinamik Davranışın Araştırılması Konusunda Kullanılan Kavramlar

Shear Modulus,  $G$

$G_{max} = \rho v_s^2$  → Sismik S Dalga Hızı İle Kayma Modülü İlişkisi



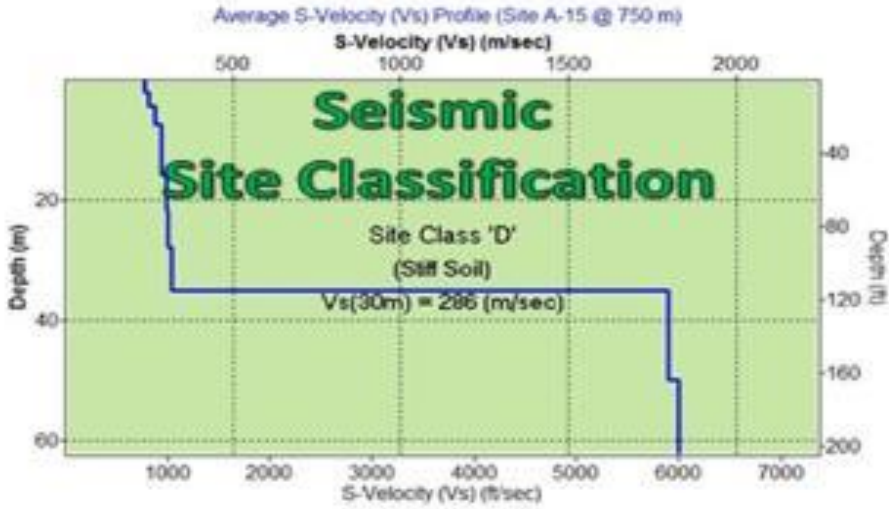
0.001 %

Shear Strain,  $\gamma$  (%)

Material Damping,  $D$

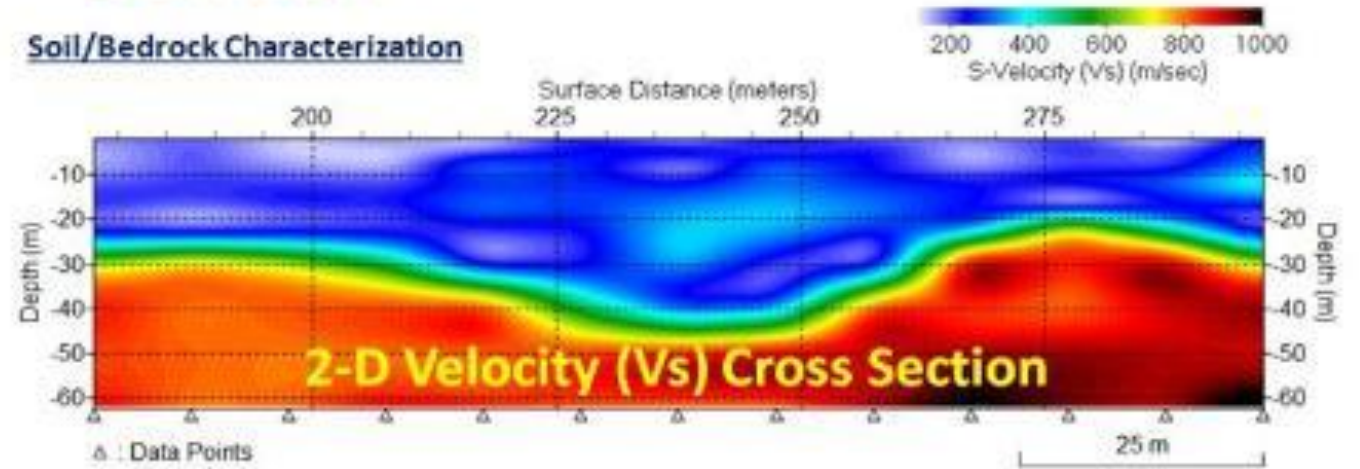
# Sismik Yöntemlerden Elde Edilen 1-2-3 Boyutlu Sismik Hız Değişimleri Yer Altını Tanımlayacak Olan STOKASTİK Modelin Hata Oranını Azaltabilir

## 1-D MASW

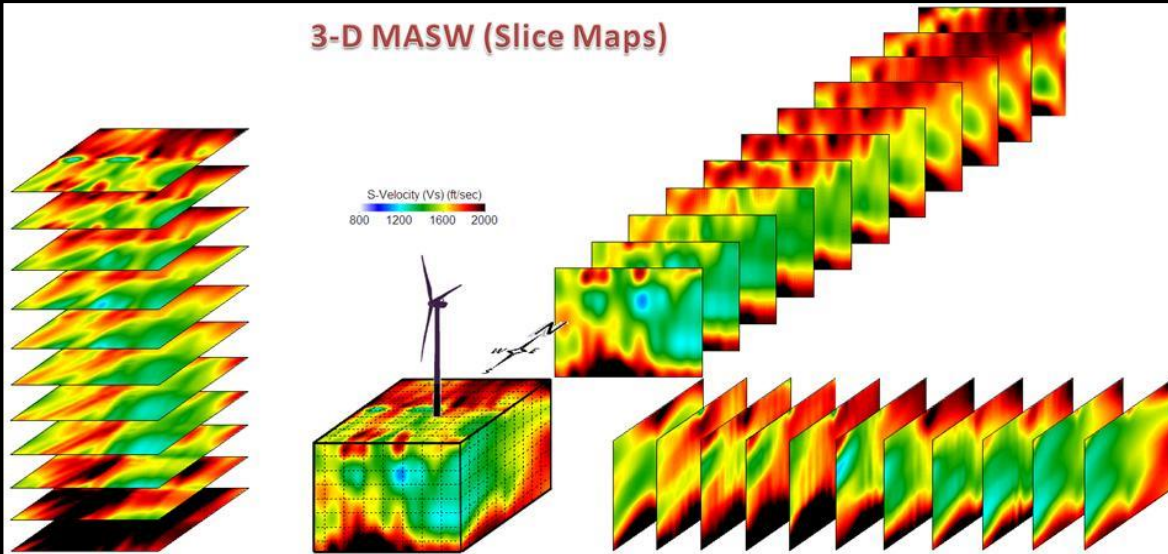


## 2-D MASW

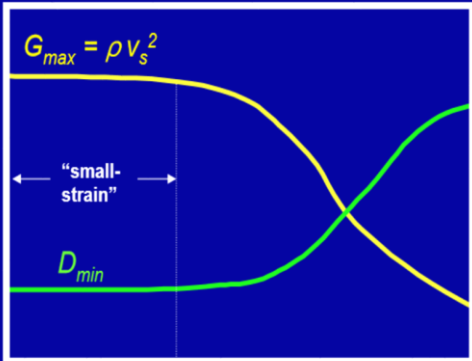
### Soil/Bedrock Characterization



## 3-D MASW (Slice Maps)



Shear Modulus, G



0.001 %

Shear Strain,  $\gamma$ (%)

Material Damping, D





## Deprem Etkisinde Yapılar Üzerinde Oluşabilecek Yaşanmış Sonuçlar

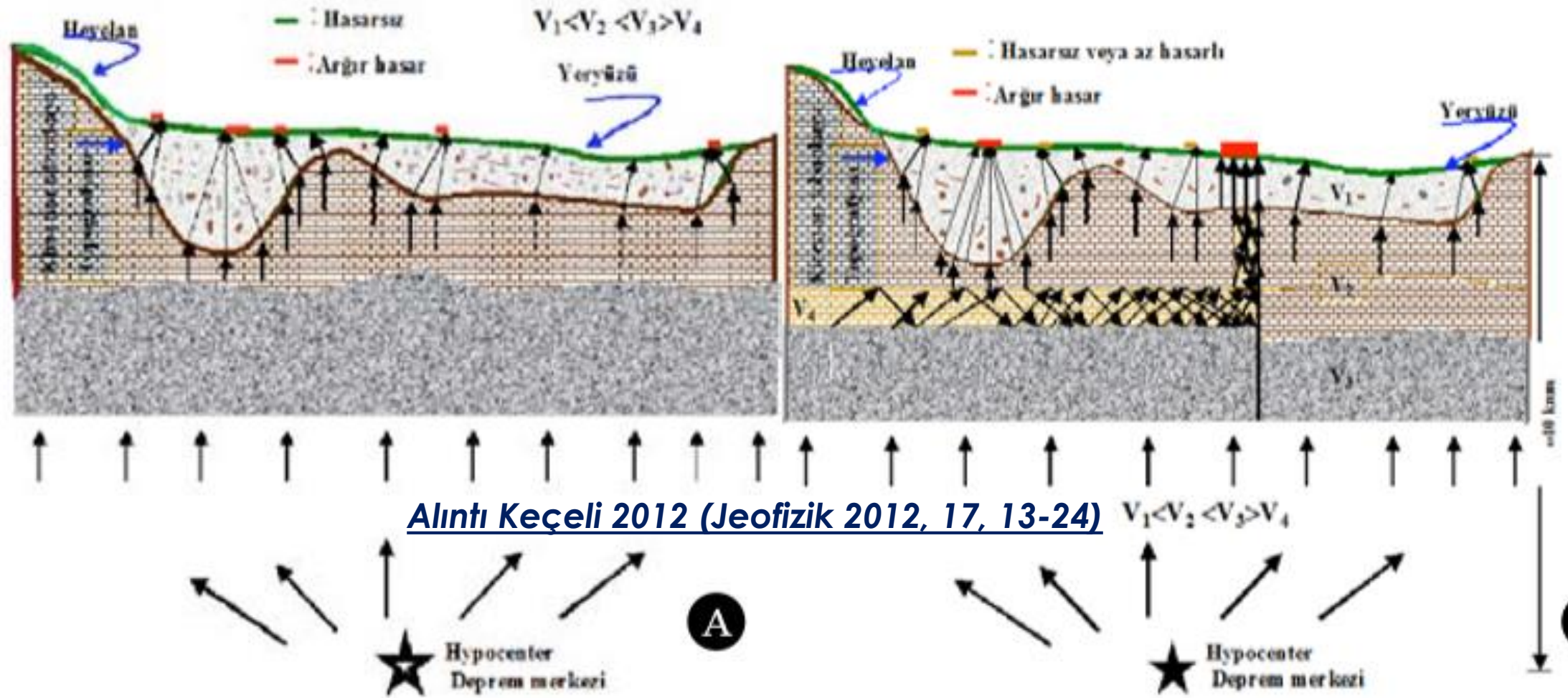


- Bu yapıların yapılacağı alanlarla ilgili saha çalışmaları yapılmış olması gerekir.
- Projelerinin yetkili mühendisler tarafından hazırlanarak kontrol edilmiş olması gerekir.
- Bu durumda bu fotoğraflardaki sonuçlar neden oluşmuş olabilir diye kendimize sormamız gerekirmi?

**Sivilaşma Olayı ve Etkileri Konusunda Yapılacak Saha alışmalarının Amacı Deprem Sırasında ve Sonrasında Bu Olayların Oluşmasını Engellemek Değilmi?**



**Yapı Parsel Bazında Yapısal Bile Yapı Yüksekliği, Yer altı Katmanları Ara Yüzey Morfolojisinin Deprem Sırasında Oluşabilecek Yapısal Hasarlar Üzerinde Etkili Olabildiği Kanıtlanmış Sonuçtur**

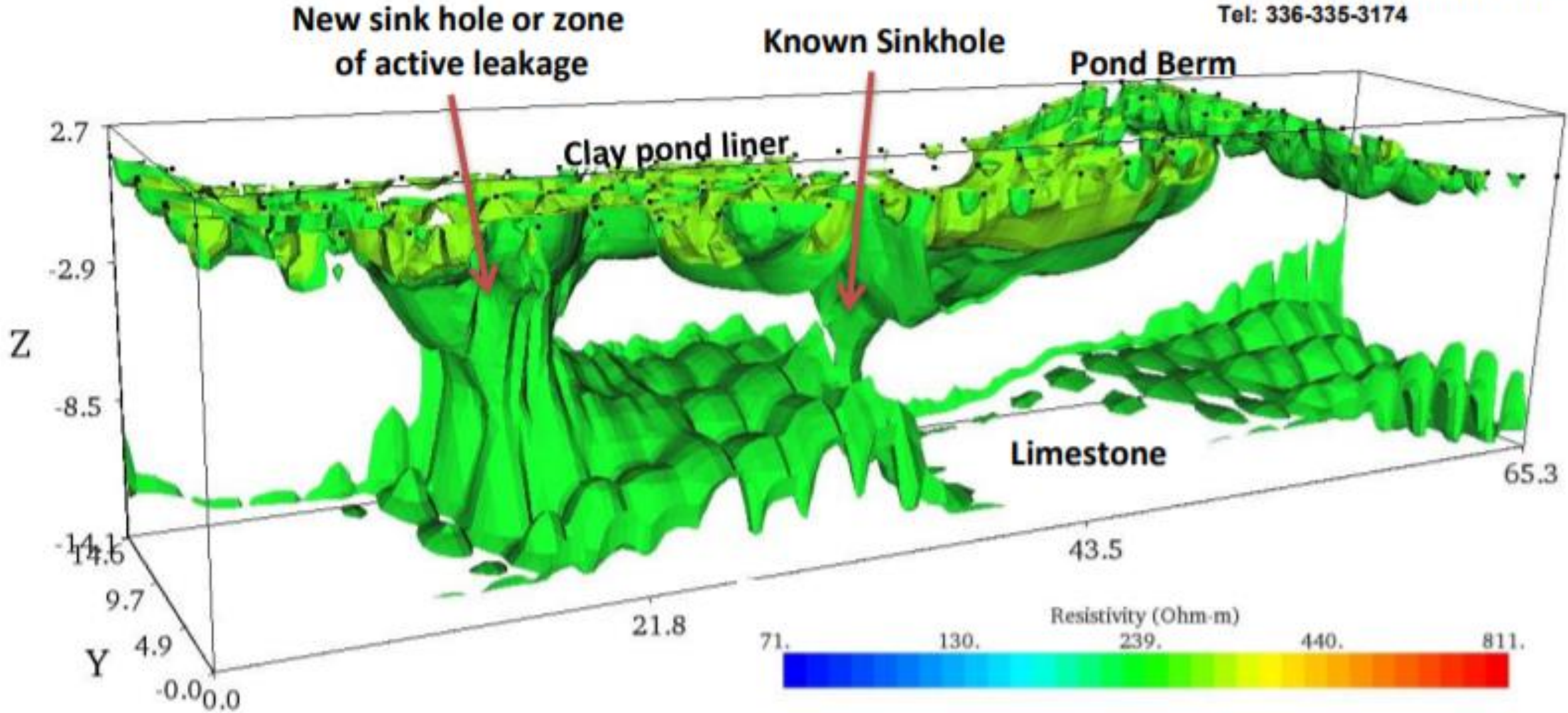


Alıntı Keçeli 2012 (Jeofizik 2012, 17, 13-24)

Şekil 8. Şematik jeolojik kesit; (a) Gömülü vadi tabankaya topografyası tarafından sismik dalga odaklanmasının oluşumu, (b) Deprem dalgalarının küçük hızlı ara ortam içinde ardışık yansıma ve kırılmalarla kanalize olmalarının etkisi.

Yeraltına Ait 3 Boyutlu Öz direnç Değişim Haritası Bize Yer altı Suyu Dağılımı İle İlgili Bilgi Sağlayabilir

ENVIRONMENTAL & ENGINEERING, P.C.  
503 Industrial Ave. Greensboro,  
Tel: 336-335-3174



# Bu Aşamada Karşımıza Çıkan Sonuç

- Günümüzde yani 07.11.2017 tarihi itibariyle yeraltını parsel bazında olsa çalışma amaçlarımıza uygun olarak;
  - Hangi çalışma ortamlarında ölçümler yapılarak,
  - Kaç metre derinliğe kadar,
  - Hangi parametreleri elde ederek,,
  - Hangi hassasiyette ölçümler yaparak,
  - Kaç boyutlu olarak modelleme yapabiliriz?

## Sonuç olarak ;

- ❖ Her türlü ortamda çalışarak (yerleşim yerleri dahil olmak üzere karada ve denizde)
- ❖ Çalışma için gerekli olan derinliğe kadar (km bazında olabilir)
- ❖ Zemin sondajlarına destek sağlama amaçlı olarak elde edilecek olan;
  - Sismik P ve S dalga hızları, kayma modülü, elastisite modülü, poisson oranı, öz direnç değişimleri, yoğunluk değişimleri vd. gibi parametreleri saptayabiliyoruz..
- ❖ Yanal-Düşey yönde tomografi ölçümleri ile çalışmalarda metre bazında hassasiyet elde edebiliyoruz.
- ❖ Ayrıca tüm bu çalışmalar 1D, 2D ve 3D olarak yapılabilir.



**Dinlediğiniz İçin Teşekkür Ederim**