Güneşpark Evleri Zemin ve Hasarsız Yapı İnceleme Çalışması (İstanbul İli, Küçükçekmece İlçesi, Atakent Mahallesi)

Prof. Dr. Ethem GÖRGÜN

Prof. Dr. Eşref YALÇINKAYA

Prof. Dr. Z. Mümtaz HİSARLI

Prof. Dr. Savaş ERDEM

Doç. Dr. Hakan ALP

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,

Mühendislik Fakültesi,

Jeofizik Mühendisliği Bölümü

İnşaat Mühendisliği Bölümü

20.07.2024

İçindekiler

1. GİRİŞ 5

2. ZEMİN-YAPI TİTREŞİM VE REZONANS ANALİZİ……..7

2.1. Ölçü Planı…….……..7

2.2. Yapı titreşim analizi……11

2.3. Zemin titreşim analizi……..19

2.4. Sonuç değerlendirme……...19

3. ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ VE YORUMLANMASI……..23

3.1. Ölçü Planı……...…….24

3.2. Hız analizleri……...25

3.3. Sonuç değerlendirme……...31

4. SİSMİK RİSK ve TEHLİKE ANALİZİ.....33

4.1.Mevcut Yönetmeliklerde Deprem Etkisinin Tanımlanması.....33

4.2.Proje İçin Önerilen Deprem Etkisi.....34

4.3.Bölgenin Sismotektonik Yapısı…….....35

4.4.İstanbul ve Çevresindeki Tarihsel Dönem Oluşumları.....38

4.5.İstanbul ve Civarındaki Güncel Depremsellik.....43

4.6. Olasılıksal Deprem Tehlike Değerlendirmesi.....49

4.7. Analizlerde Kullanılacak Deprem Yer Hareketlerinin Seçimi.....52

4.8. Sonuçlar.....73

5. YAPILARIN BETON KALİTESİ ….....74

5.1. Sismik-Ultrasonik Uygulamalar....…….....74

5.2. Basınç Dayanımı....……...….....75

5.3. Ultrasonik Puls Hızı Yöntemi....……...….....75

5.4. Bulgular....……...….....77

5.5. Hesaplanan Basınç Dayanımı Değerleri……...….....79

5.6. Sonuçlar.....……...….....98

6. YAPISAL DONATI VE KOROZYON DURUMU ….....99

6.1. Giriş.....…….....99

6.2. Yer Radarı (GPR) Yöntemi.....…….....100

6.3. Yapı mühendisliğinde Jeoradar teknolojisi.....…….....102

6.4. Beton içinde donatının geometrisi ve örtü derinliğnin bulunması.....…….....103

6.5. Donatının ebatlarının bulunması.....…….....106

6.6. Temel derinliğinin derinliğinin bulunması.....…….....107

6.7. Güneşpark Evleri Sitesi GeoRadar (Yer Radarı) Uygulaması.....108

6.8. Etriye ve donatıların bulunmasına yönelik yer radarı ölçümleri.....110

6.9. Temel tipi ve derinliğinin bulunması.....116

7.0. Sonuçlar…….....117

7. YAPISAL İNCELEME ve YERİNDE YAPILAN TESPİTLER.....222

7.1. Giriş ve Mimari Projelerin İncelenmesi…….....222

7.2. Statik Projelerin İncelenmesi.....…….....224

7.3. Gözlemlenen Hasarlar.....…….....228

7.4. Sonuçlar.....…….....231

8. KAYNAKLAR.....….....233

1. GİRİŞ

Bu rapor, İstanbul İli, Küçükçekmece İlçesi, Atakent Mahallesi'nde bulunan Güneşpark Evleri Sitesi'ne ait blokların/yapıların, MASW, REMI, Mikrotremör, Yer Radarı, Sismik Ultrasonik yöntemleri kullanılarak, Sismik Risk/Tehlike Analizi yapılmasını ve sonucunda "Bina Salınım ve Zemin Hakim Periyotları"nın tespit edilerek, binaların beton/demir donatı kalitesi, korozyon ve zemin parametrelerinin hesaplanmasını içermektedir. Bunlara ilaveten, sitedeki bloklara ait yapıların statik planının incelenmesini ve değerlendirilmesini içermektedir. Bu statik rapor mevcut 2018 şartnamesine göre değerlendirilerek, binanın bir depreme karşı nasıl mukavemet göstereceği hususunda bilgi verecektir. Bu siteye ait binalar dikey mimariye sahip 18 blok (16 normal + 1 bodrum kat) ve çevresindeki sosyal tesislerden oluşmaktadır. "Güneşpark Evleri Sitesi Zemin ve Hasarsız Yapı İnceleme Çalışması", raporun bundan sonraki kısımlarında *Proje* olarak anılacaktır. Rapor, aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır:

a) Zemin-Yapı Titreşim ve Rezonans Analizi

Yapının fiziksel niceliklerinden ikisi, doğal salınım periyodu ve titreşim genliğini büyütme katsayısıdır. Bu çalışmada Mikrotremör yöntemi kullanılarak bu parametreler hesaplanabilecektir. Hem binanın tüm katlarında hem de dış zemin üzerinde yapılacak doğal titreşim ölçümleri sonrasında hesaplanacak bina salınım periyodu ve zemin hakim peryotları karşılaştırılarak olası rezonans riski ortaya konulabilecektir.

b) Zemin Özelliklerinin Tespiti ve Yorumlanması

MASW (Multi Channel Analysis of surface Wave – Yüzey Dalgalarının çok kanallı analizi) tekniği, S-tipi sismik hızların düşey değişimini modellemede son yıllarda sıklıkla tercih edilen modern ve güvenilir bir tekniktir. Yöntem ana hatlarıyla Rayleigh tipi yüzey dalgalarının dispersif özelliğini kullanarak faz hızı – frekans spektrumu hesaplayıp spektrumdan belirlenen dispersiyon eğrisinin ters çözümü ile S tipi hız-derinlik fonksiyonunu oluşturmaktan ibarettir. Böylece binanın oturduğu zemine ait elastik parametreler ve zemin grubuna ait bilgi elde edilecektir.

c) Sismik Risk ve Tehlike Analizi

Sismik risk analizi, belirli bir sahadaki yer sarsıntısı tehlikesinin nicel olarak hesaplanmasıdır. Sismik tehlikeler, özel bir senaryo depremin varsayıldığı durumda olduğu gibi, deterministik (tanımsal) veya depremin büyüklüğü, yeri ve oluş zamanıyla ilgili belirsizliklerin açık bir şekilde göz önüne alındığı probabilistik yöntemle (olasılıksal) analiz edilebilir.

d) Yapıların Beton Kalitesi

Betonarme binaların ultrasonik sismik hızlardan beton dayanımının belirlenmesi çalışmalarını içermektedir. Bu çalışmada beton dayanımının dolaylı olarak sismik hızlardan belirlenmesi amaçlanmıştır. Bilindiği üzere beton dayanımı betonarme yapının uygun yerlerinden karot alınıp ve bu karotların tek eksenli basınç deneyi sonuçları ile hasarlı bir biçimde belirlenmektedir. Sismik hızlardan ise beton dayanımı hasarsız olarak elde edilmektedir. Literatür çalışmaları incelendiğinde beton dayanımına dolaylı olarak sismik P dalga hızından yaklaşımlar güvenilir bir biçimde verilmektedir.

e) Yapısal Donatı ve Korozyon Durumu

Yer radarı yöntemi ile yapı elemanlarının geometrisi ortaya konularak donatı ve paspayı hesaplanacaktır. Ayrıca binanın tabanından alınan yer radarı ölçüleri yorumlanarak ve donatıların geometrisi ortaya konulmaya çalışılacaktır. Yer radarının donatıların geometrisinin çıkarılması ve paspayı hesaplanmasında gerçekleşecektir. Düşey ve yatay yer radarı profillerine veri işlem aşamaları uygulanarak, düşey ve yatay profiller birlikte değerlendirilerek etriyelerin ve donatıların yerleri görüntülenebilecektir. Ayrıca profillerden paspayı değerleri hesaplanabilecektir.

f) Bina Statik Raporunun İncelenmesi

İnşaat Mühendisliği açısından yapının statik planının incelenmesi ve değerlendirilmesi işini içermektedir. Bu statik rapor mevcut 2018 şartnamesine göre değerlendirilerek, binanın bir depreme karşı nasıl mukavemet göstereceği hususunda bilgi verecektir.

Elde edilen tüm sonuçların birlikte sunulduğu **BİNA DEPREM GÜVENLİĞİ ÖN DEĞERLENDİRME TEKNİK RAPORU** hazırlanacaktır. Raporun sonuç bölümünde, binanın oturduğu zemin grubuna ait bilgiler yer alarak zemin yapı etkileşimi hakkında bilgiler verilecektir. Ayrıca binanın yapı elemanları hakkında tahribatsız jeofizik çalışmalar sonrasında elde edilen fiziksel parametreler verilecektir. Bu sonuçlar ön değerlendirme için kullanılabilir. Hazırlanacak Teknik Rapor, sadece başvuru sahibi ile paylaşılacaktır. Bu rapor, 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun (Kentsel Dönüşüm Kanunu) kapsamında kullanılamaz.

2. ZEMİN-YAPI TİTREŞİM VE REZONANS ANALİZİ

Genel bir kavram olarak rezonans; bir sistemin kendi doğal titreşim frekansına eş bir frekansta titreşime zorlanması durumunda, sistem titreşim genliğinin giderek artması olarak tanımlanabilir. Zemin-yapı sisteminde rezonans; zemin ve yapı doğal titreşim frekanslarının çakışması sonucu depremler sırasında zeminden yapıya iletilen titreşim genliklerinin artması anlamına gelir. Yapı sisteminin, depremler sırasında rezonans nedeniyle artan bu titreşim yüklerine dayanıklı tasarlanmış olması, deprem zararlarından korunma yönünde önemli bir adım olarak düşünülebilir.

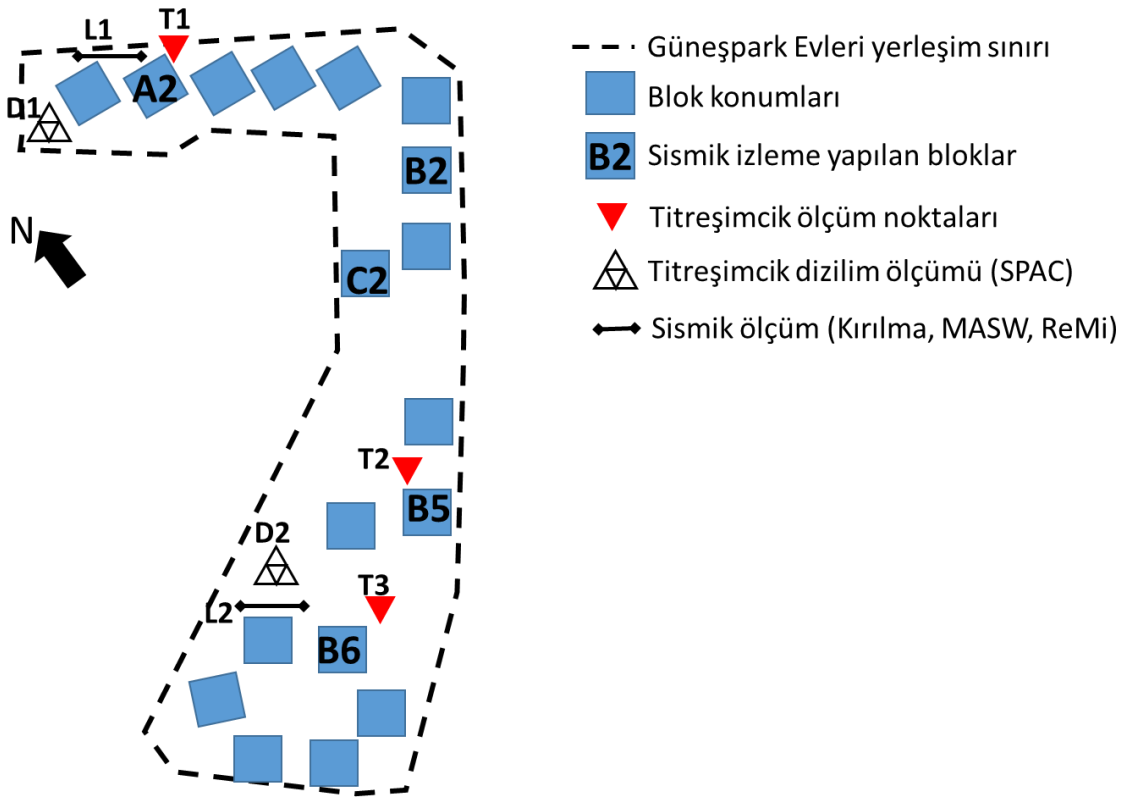
Çalışmanın bu bölümünde amaçlanan; hem yapıda hem de zeminde çevresel titreşimcikler (mikrotremör) kaydedilerek, zemin ve yapıya ait doğal titreşim frekanslarının hesaplanması ve aralarında bir rezonans durumunun olup olmadığının araştırılmasıdır. Bunun yanında, yapıların performans analizine yönelik ve yapı sağlığı izleme çalışmaları kapsamında, yapı dinamik özelliklerinin (yapı modal frekansları veya periyotları, mod şekilleri ve sönümlenme katsayıları, dalga yayılım hızları) belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu özellikler kullanılarak hem olası bir deprem sonrası binada hasar olup olmadığı belirlenebilir, hem de tasarım ve modelleme aşamalarında yapılan varsayımlar kontrol edilebilir.

2.1. Ölçü planı

Çalışma alanı İstanbul Halkalı bölgesinde Güneşpark Evleri sitesidir. Site üç ayrı etap halinde inşa edilen 18 ayrı bloktan oluşur. Şekil 2.1'de Google Map görüntüsü üzerinde site yerleşimi ve blokların konumları gösterilir. Şekil 2.2'de ise bir kroki üzerinde blok konumları ve çalışma kapsamında uygulanan Jeofizik ölçümlerin yerleri verilir. Jeofizik ölçümlerin ilk kısmı yapı ve zemin titreşim analizine yönelik yapılırken, ikinci kısım zemin araştırmalarına yönelik ölçümleri kapsar. Zemin araştırmaları site içerisinde iki ayrı lokasyonda (Şekil 2.2 L1 ve L2 noktaları) yapılan aktif (sismik kırılma ve MASW) ve pasif (ReMi ve SPAC) sismik uygulamalardan oluşur. Yapı-zemin titreşim araştırmaları ise hem serbest zeminde, hem de bloklar içerisinde yapılan titreşimcik ölçümlerinden oluşur (Şekil 2.2). Yapı-zemin titreşim analizi çalışmanın bu bölümünde verilirken, zemin araştırmaları bir sonraki bölümde verilecektir.

Şekil 2.1. Güneşpark Evleri sitesi Google Map görüntüsü. Beyaz kesikli çizgi yaklaşık site sınırlarını işaretler.

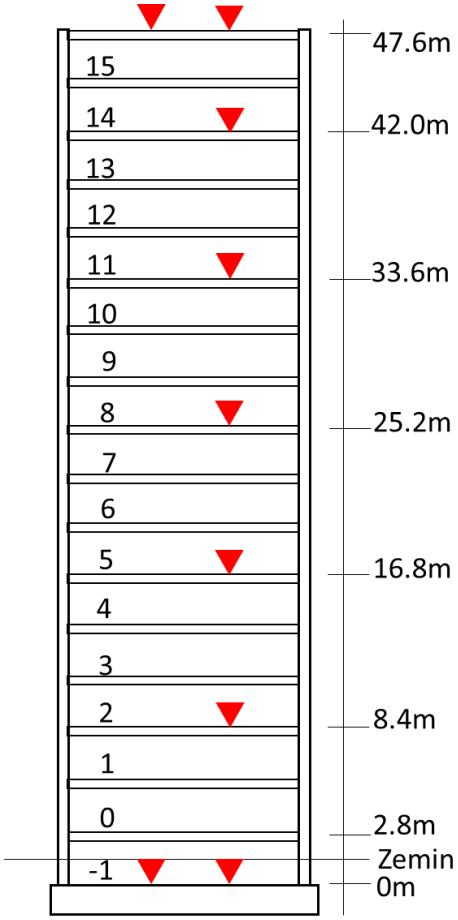
Toplam 18 bloktan oluşan Güneşpark Evleri blokları bazı yapısal farklarla birlikte, genel olarak benzer yapılardır. Tümüyle tünel kalıp sistemle inşa edilen bloklar, en-boy ve yükseklik olarak bazı küçük farklılıklara sahiptirler. Bu farklılıklar genel yapılarıyla A tipi, B tipi ve C tipi blok kodlarıyla ayrılmıştır. Titreşimcik ölçümleri her üç tip bloğu kapsayacak şekilde yapılmıştır. Titreşimcik kaydı toplanan bloklar sırasıyla A2, B2, C2, B5 ve B6 blokları olup, Şekil 2.2'de kroki üzerinde işaretlenmiştir. Ölçüm için seçilen blokların benzer yapı ve özelliklerdeki diğer blokları kolaylıkla temsil edeceği düşünülmektedir.



Şekil 2.2. Güneşpark Evleri sitesi blok yerleşim krokisi ve çalışma kapsamında gerçekleştirilen jeofizik ölçüm noktaları.

B5 blok hariç, diğer tüm bloklarda titreşimcik ölçümleri biri bodrum katı, diğeri çatı katı (17 veya 18. kat) olmak üzere eş zamanlı 2 ayrı sismometre ile yapılmıştır. Daha ayrıntılı bazı yapı dinamiği analizlerine gitmek amacıyla sadece B5 blokta 9 adet sismometre Şekil 2.3'te gösterilen katlarda eş zamanlı kullanılarak titreşimcik ölçümleri kaydedilmiştir. Aynı zamanda, blok dışında serbest zemin üzerinde 3 farklı noktada (Şekil 2.2, T1, T2 ve T3 noktaları) zemin doğal titreşim (rezonans) frekansını belirleme amaçlı mikrotremör kayıtları toplanmıştır. Tüm noktalarda kayıt süreleri 1 saatin üzerindedir. Sismometrelerde kullanılan örnekleme aralığı saniyede 250 örnektir (250 Hz).

Ölçümler nispeten insan hareketliliğinin az olduğu bir zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Ancak, asansör kullanımı, hidrofor benzeri motorlar, etraftaki trafik hareketliliğinin ürettiği titreşimler kayıtlar içinde dağılmış halde gözlenmektedir.



Şekil 2.3. Güneşpark Evleri B5 blok kroki gösterimi ve sismometre (kırmızı üçgenler) yerleşim yerleri. B5 bloğun bodrum ve çatı katında ikişer sismometre, ara katlarda birer sismometre olmak üzere toplam 9 adet üç bileşen sismometre ile eş zamanlı olarak bir saatin üzerinde titreşimcik kayıtları alınmıştır. Sismometrelerin KG ve DB bileşenleri sırasıyla blokların uzun (giriş kapısı yönünde) ve kısa (giriş kapısı yönüne dik) eksenlerine karşılık gelmektedir.

2.2.Yapı titreşim analizi

2.2.1. Yapı mod frekansları

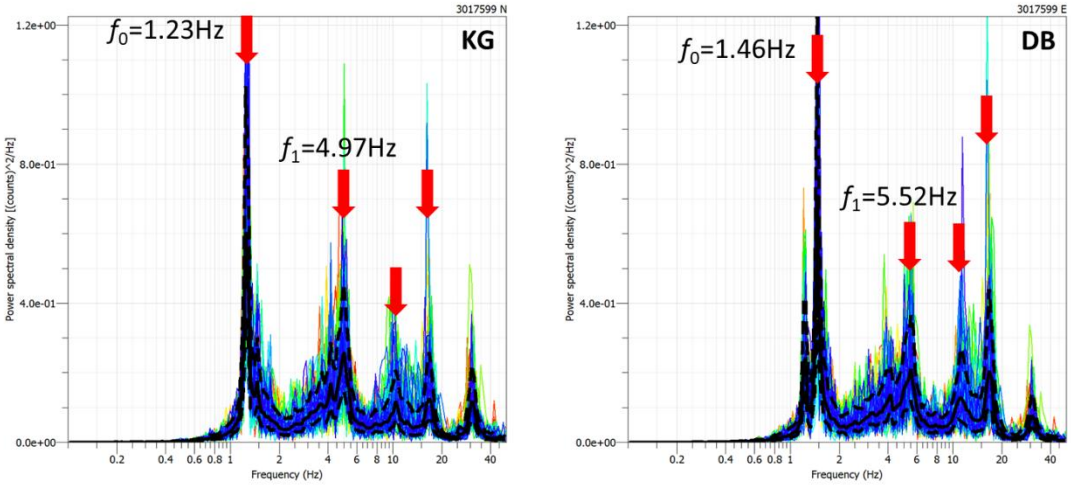
Mikrotremör (titreşimcik) kayıtları analiz edilerek yapı titreşim modlarının (eğilme ve burulma) belirlenmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden birisi kayıtların spektrumlarının hesaplanmasıdır. Spektrum hesaplamasında Fourier Spektrumu veya Güç Yoğunluk Spektrumu (Power Spectral Density) kullanılabilir. Spektrum hesaplamaları tek bir zaman penceresi kullanılarak hesaplanabileceği gibi, belirli uzunluklarda çok sayıda zaman penceresi kullanarak ta hesaplanabilir. Çok sayıda pencere kullanmanın avantajı, mikrotremör içeriğinin zaman bağımlı olarak izlenebilmesidir. Yapılar doğal titreşim frekanslarında (modal frekanslar) yüksek genlikli titreşimler gösterirler. Yapı ne kadar basit, az karmaşık ise yapı titreşim mod frekansları o kadar kolay ortaya çıkarılabilir. Ancak yapının sahip olduğu her düzensizlik, ek unsurlar mod frekanslarının ayırt edilmesini o kadar güçleştirebilir. Genellikle yapı temel (birinci) eğilme mod titreşim frekansı güvenilir şekilde ortaya konabilmesi yanında, uygun cihaz yerleştirmeleriyle yüksek modlar ve burulma modları da açığa çıkarılabilir.

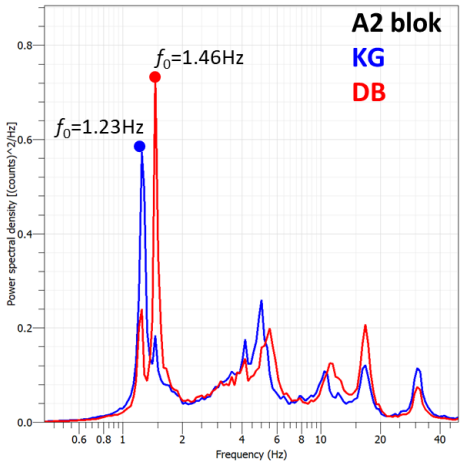
Çalışma kapsamında A2 blok en üst kat titreşimcik kayıtlarına ait yatay bileşen güç yoğunluğu spektrumu grafikleri Şekil 2.4'te verilir. KG ve DB bileşen grafikler sırasıyla apartmanın uzun ekseni (giriş kapısı yönü ekseni) ve kısa eksenine (giriş kapısı yönüne dik eksen) karşılık gelir. Grafiklerde renkli eğrilerin her biri 100sn uzunluğunda zaman pencerelerine ait spektrumları, siyah sürekli eğri ortalama spektrumu, kesikli siyah eğri ise ortalama ±1 standart sapma eğrilerini gösterir. Grafikler üzerinde belirgin bina mod frekansları (birinci ve ikinci eğilme modları: f_0, f_1) işaretlenmiştir. KG ve DB bileşenlere ait ortalama güç yoğunluğu spektrumları, ayrı bir grafik olarak Şekil 2.4'te gösterilmektedir.

Görüldüğü gibi bloğa ait modal frekanslar spektrum grafiklerinde keskin doruklar şeklinde ortaya çıkmaktadır. KG eksende birinci (temel) eğilme mod frekansı 1.23 Hz'te, DB eksende ise 1.46 Hz'te ortaya çıkmıştır. Bunların yanında, belirgin olarak KG ve DB eksenlerde sırasıyla 4.97 Hz ve 5.51 Hz'te ikinci mod frekansları spektrumlarda izlenebilmektedir. Grafiklerde üçüncü mod ya da burulma modunun varlığı da olasıdır, ancak güvenilir olarak analizlerde ayırt edilememiştir.

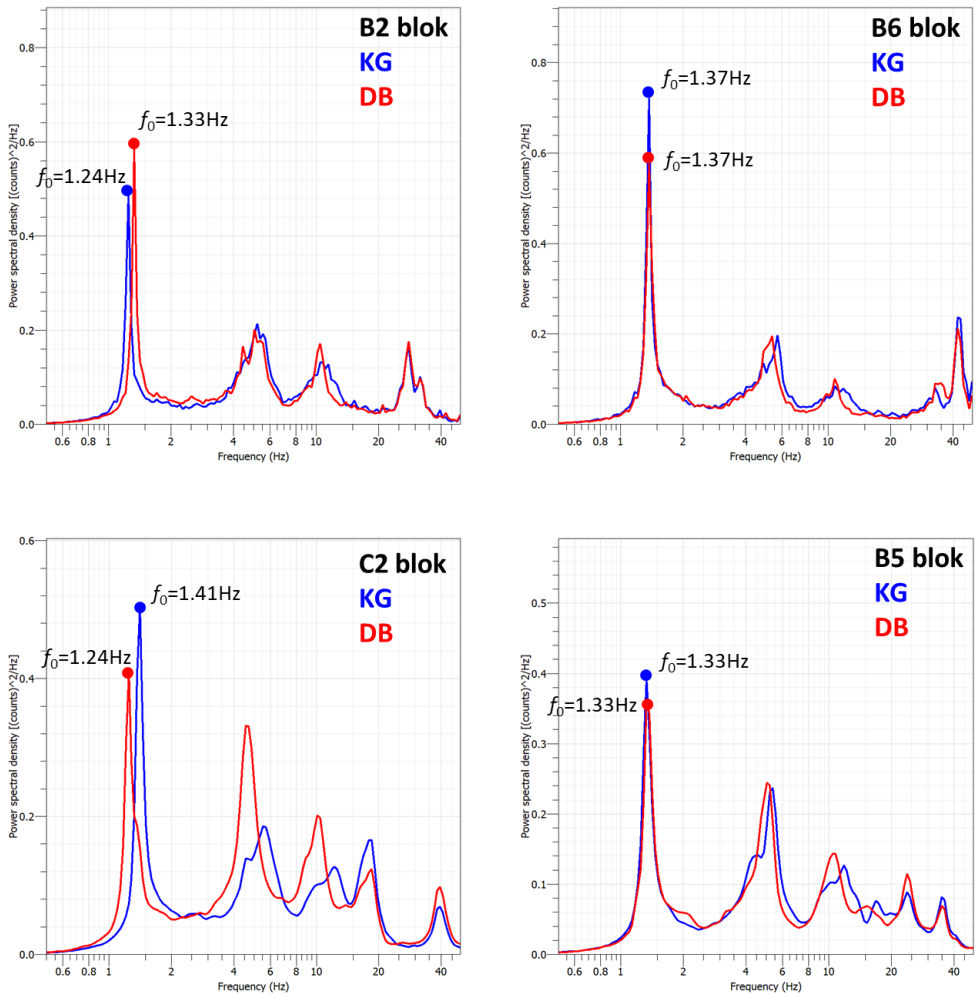
Bina eğilme mod frekansları KG ve DB yönde küçük farklılıklar göstermektedir. Bu farklılık bina rijitliğinin KG ve DB yönlerde küçük farklılıklar gösterdiğine işaret eder.

Benzer şekilde analiz edilen B2, B6, C2 ve B5 bloklara ait ortalama güç yoğunluğu spektrumları Şekil 2.5'te verilmektedir. Tüm bloklar için KG ve DB bileşen grafikler sırasıyla apartmanın uzun ekseni (giriş kapısı yönü ekseni) ve kısa eksenine (giriş kapısı yönüne dik eksen) karşılık gelir. Grafikler üzerinde her bloğa ait birinci eğilme mod frekanslar işaretlenmiştir. Ayrıca, ölçüm yapılan tüm bloklara ait birinci eğilme mod frekansları ve periyotları Tablo 2.1'de listelenmektedir. Tüm bloklarda birinci eğilme modunun 0.7-0.8 sn aralığında, yani oldukça yakın değerler aldığı görülür. Bu yakınlık tüm blokların rijitlik ve yapıları açısından oldukça benzer olduğuna işaret eder.





Şekil 2.4. Güneşpark Evleri A2 blok çatı katında 3017599 nolu sismometre ile elde edilen titreşimcik kayıtlarının güç yoğunluğu spektrumları. (KG: giriş kapısı yönü ekseni, DB: giriş kapısı yönüne dik eksen). Üst grafiklerde renkli çizgiler her bir zaman penceresine ait spektrumları, düz ve kesikli siyah eğriler sırasıyla ortalama ve ortalama ±1 standart sapma eğrilerini gösterir. Alt grafikte KG ve DB eksene ait ortalama güç yoğunluğu spektrumları üst üste çizdirilmiştir. Grafikler üzerinde belirgin temel mod ve yüksek mod titreşim frekansları (f_0, f_1) işaretlenmiştir.



Şekil 2.5. Güneşpark Evleri B2, B6, C2 ve B5 blokları çatı katlarında sismometre ile elde edilen titreşimcik kayıtlarının güç yoğunluğu spektrumları. (KG: giriş kapısı yönü ekseni, DB: giriş kapısı yönüne dik eksen). Grafikler üzerinde bloklara ait temel mod titreşim frekansları (f_0) işaretlenmiştir.

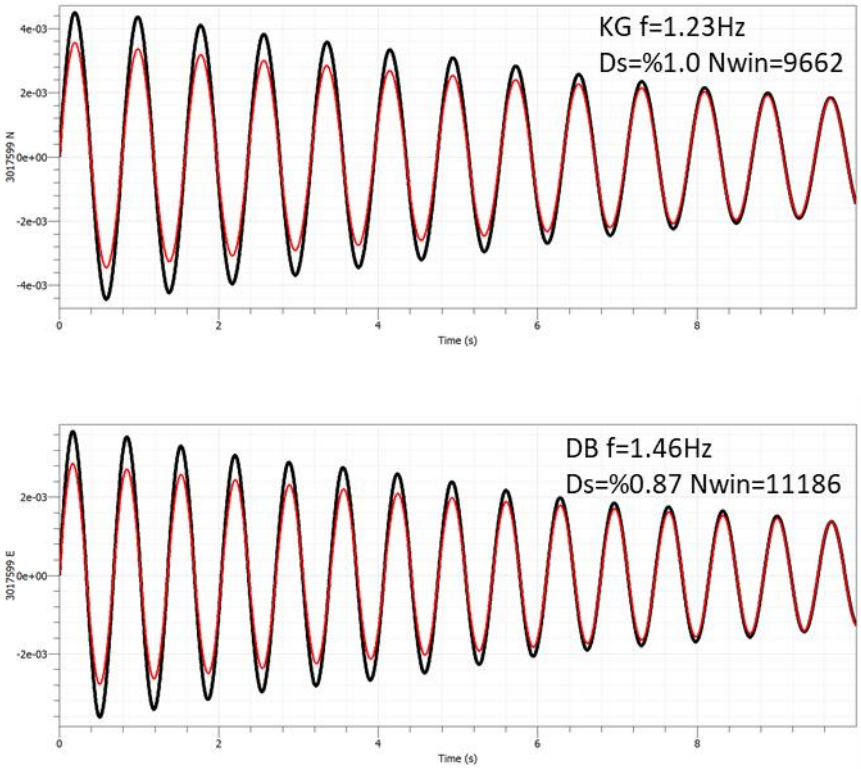
Tablo 2.1. Güneşpark Evleri sitesi titreşimcik analizi yapılan bloklarda KG ve DB eksenlerinde birinci eğilme mod frekansları (f_0), periyotları (T_0) ve sönümlenme oranları (Ds).

	f_0 (Hz)		T_0 (sn)		Ds (%)	
Blok No	**KG**	**DB**	**KG**	**DB**	**KG**	**DB**
A2	1.23	1.46	0.81	0.68	1.00	0.87
B2	1.24	1.33	0.81	0.75	1.07	0.87

B6	1.37	1.37	0.73	0.73	1.06	1.29
C2	1.41	1.24	0.71	0.81	1.00	0.81
B5	1.33	1.33	0.75	0.75	1.17	1.66

2.2.2. Yapı mod sönümlenme oranı

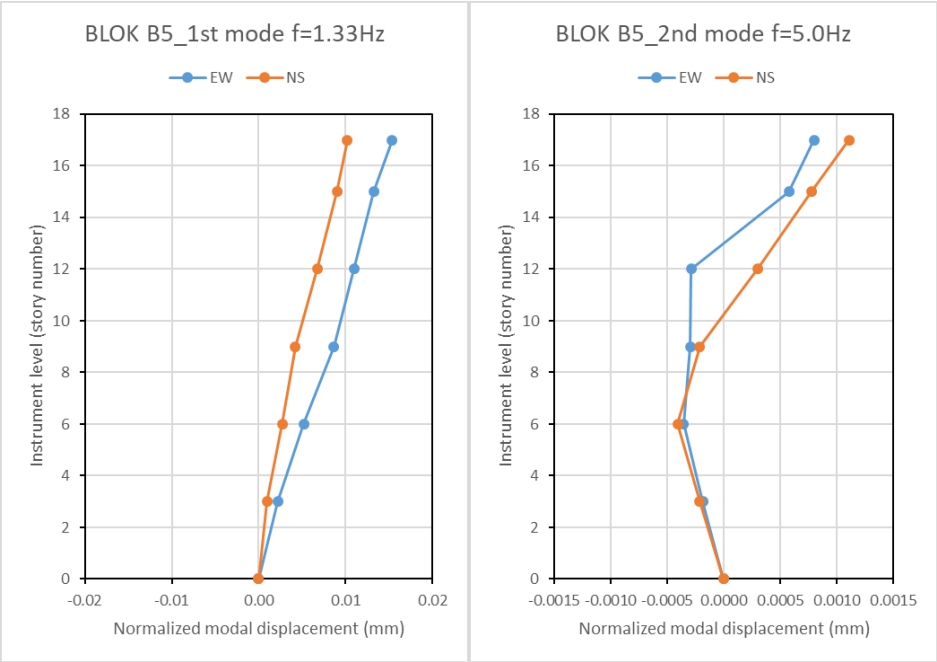
Çalışma kapsamında mikrotremör kayıtları kullanarak çalışılan blokların birinci eğilme modlarına ait sönümlenme oranları da hesaplanmıştır. Sönümlenme oranlarının hesaplanmasında kullandığımız yöntem logaritmik azalım yöntemi (logarithmic decrement method) olarak ifade edilir. Veri pencerelere ayrılarak modal frekans etrafında, dar bir frekans aralığında filtrelenir ve bir üssel azalım fonksiyonuyla modellenir. Hesaplamada farklı pencere uzunlukları (10-30-60 sn) kullanılarak ortalama sönümlenme oranı hesaplanmıştır. Şekil 2.6'da örnek olarak A2 blok birinci eğilme modu için sönümlenme oran grafikleri ve uygulama parametreleri gösterilir. Çalışılan bloklarda birinci eğilme modu için hesaplanan ortalama sönümlenme oranları ise Tablo 2.1'de verilir. Eksenel küçük farklarla birlikte sönümlenme oranlarının %0.87-%1.66 arasında değiştiği görülmüştür.



Şekil 2.6. A2 blok KG ve DB eksenlerde birinci eğilme mod frekansı için hesaplanan sönümlenme oranları.

2.2.3. Yapı mod şekilleri

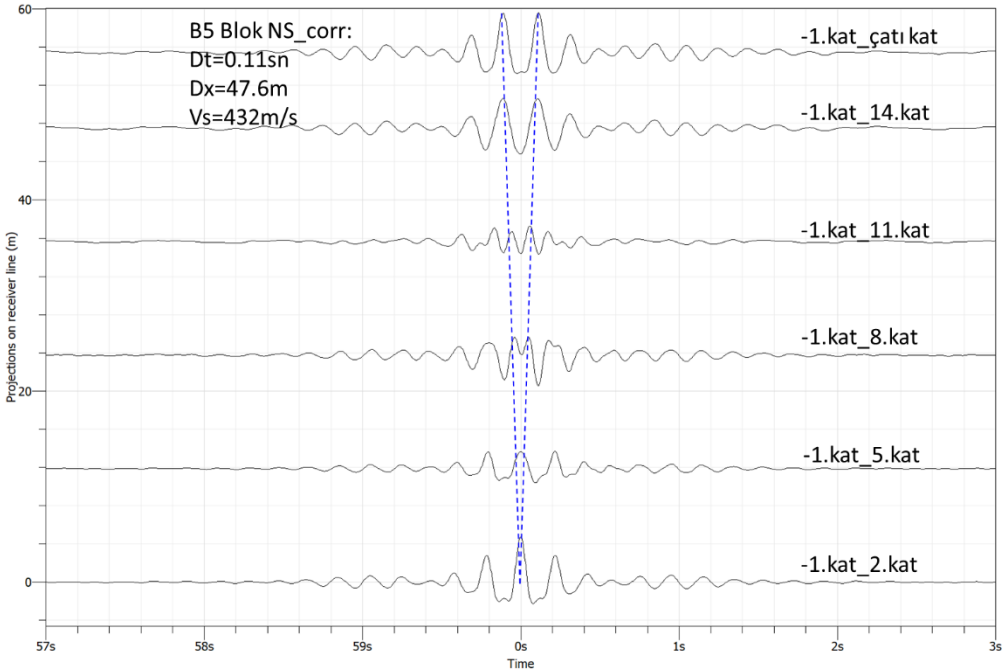
Yukarıda bahsedildiği ve Şekil 2.3'te gösterildiği gibi B5 blok bodrum kattan çatıya kadar 9 ayrı 3 bileşen sismometre ile izlenmiştir. B5 bloğa ait hesaplanan modal frekanslar Şekil 2.5'te gösterilmişti. Çok sayıda sismometre kullanımı, birinci ve ikinci eğilme mod şekillerinin hesaplanmasına izin vermiştir. Şekil 2.7'de B5 blok birinci ve ikinci eğilme modunun (f_0=1.33 Hz ve f_1=5.0 Hz) yer değiştirme şekillerini gösterir.

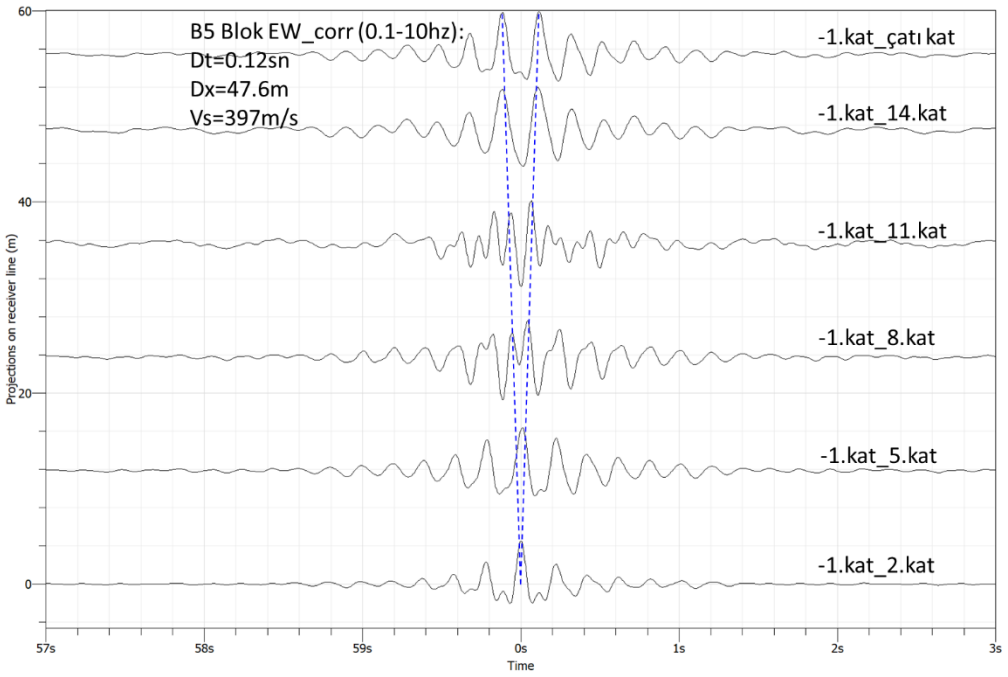


Şekil 2.7. B5 blok birinci (f_0=1.33 Hz) ve ikinci (f_1=5.0 Hz) eğilme mod şekilleri.

2.2.4. Yapı dalga yayılım hızı

B5 blok için kayma dalga hızı katlardaki sismik kayıtların bodrum kattaki kayıtla çapraz korelasyonuyla hesaplanır. Çapraz korelasyon analizi sonucu, önce her bir zaman penceresi ve daha sonra ortalamaları alınarak bodrum kata göre her bir katta dalga gecikmeleri bulunur. Kat yükseklikleri hesaba katılarak kayma dalga hızları hesaplanabilir. Şekil 2.8'de KG ve DB eksenlerde çapraz korelasyon eğrileri ve ortaya çıkan kayma dalga hızları verilmektedir. Buna göre KG bileşende kayma dalga hızı 432 m/sn, DB bileşende ise 397 m/sn bulunmuştur.





Şekil 2.8. B5 blok katlar arası çapraz korelasyon yöntemiyle hesaplanan dalga fazı gecikmeleri (Dt) ve kayma dalga hızları (Vs).

2.3. Zemin titreşim analizi

Zemin temel mod titreşim frekansının belirlenmesi amacıyla Güneşpark Evleri sitesi içinde 3 ayrı noktada (Şekil 2.2, T1, T2 ve T3) serbest zeminde titreşimcik kayıtları toplanmıştır. Güneşpark Evleri sitesi yerleşim alanı kuzey batıya doğru eğimli bir topografyaya sahiptir. En alt ve en üst ucu arasında yaklaşık 40m'lik bir kot farkı bulunmaktadır. T1 ölçüm noktası bu kuzey batıda eğimin en alt ucunda, T2 ve T3 noktaları ise güney doğuda eğimin en üst kısmında yer alırlar.

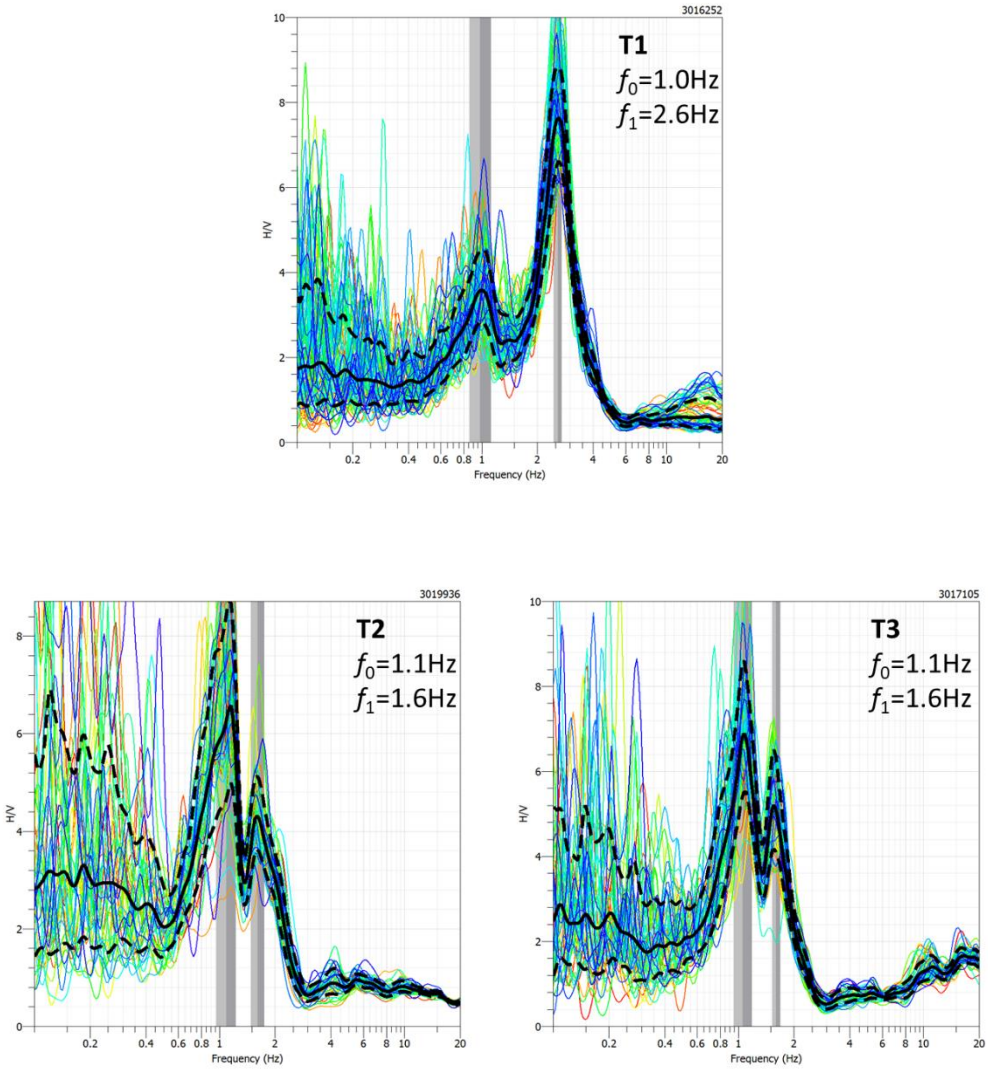
Yatay/Düşey Spektral Oran (H/V) yöntemi kullanılarak zemin temel mod titreşim frekansı (f_0) ve maksimum büyütme (A_0) değerleri araştırılmıştır. Şekil 2.9'da her üç noktada hesaplanan H/V eğrileri gösterilir. Görüldüğü gibi her üç H/V eğrisinde iki ayrı zemin hakim frekansı dikkat çekmektedir. T1 noktasında f_0=1.0 Hz (T_0=1.0 sn) ve f_1=2.6 Hz'te, T2 ve T3 noktalarında ise f_0=1.1 Hz (T_0=0.9 sn) ve f_1=1.6 Hz'te izlenmektedir. Güneşpark Evleri sitesi içinde iki ayrı zemin hakim frekansının, iki ayrı tabaka geçişine (kontrasta) işaret ettikleri düşünülmektedir. f_1 frekansının en üstte yer alan dolgu zemin kaynaklı, f_0 frekansının ise daha derinde bir tabaka geçişine işaret ettiği düşünülebilir. T1 noktasında f_1 frekansının A_0 genliği büyük iken, T2 ve T3 noktalarında f_0 frekansının genliği daha büyüktür. Yüksek A_0 genlikleri, daha yüksek tabaka kontrastlarına ve daha yüksek dalga büyütmelerine karşılık gelir.

2.4.Sonuç değerlendirme

Çalışma kapsamında Güneşpark Evleri sitesi içinde seçilen örnek bloklarda ve serbest zeminde bir dizi mikrotemör ölçümü yapılmış ve titreşim analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda hem bloklarda, hem de serbest zeminde yapı dinamiği ve zemin dinamiğiyle ilgili önemli parametreler güvenilir bir şekilde elde edilmiştir.

A2, B2, C2, B5 ve B6 blokları ait temel eğilme modunun 0.7-0.8 sn aralığında, ikinci modun ise 0.25 sn civarında olduğu görülmüştür. Modal frekanslar (veya periyotlar) inceleme yapılan tüm blok tiplerinde çok benzer olup, aynı yapı özelliklerine sahip olan site içindeki diğer blokları da

kolaylıkla temsil edeceği düşünülmektedir. Temel mod sönümlenme oranları ise %0.81 ile %1.66 arasında hesaplanmıştır.

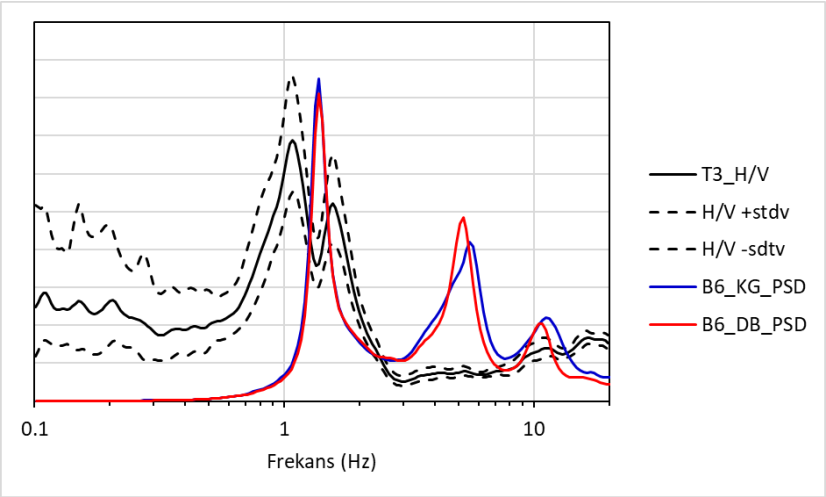


Şekil 2.9. Güneşpark Evleri sitesi üç ayrı noktada (T1, T2 ve T3) mikrotremör kayıtlarından hesaplanan H/V eğrileri. Eğri üzerinde zemin hakim frekansları (f_0, f_1) gri barlarla işaretlenmiştir. Renkli çizgiler her bir zaman penceresine ait H/V oranlarını, düz kalın ve kesikli kalın eğriler sırasıyla ortalama ve ortalama ±1 standart sapma eğrilerini gösterir.

Çok sayıda sismometre ile titreşim gözlemi yapılan B5 blokta, ilk iki eğilme moduna ilişkin modal şekilleri güvenle elde edilmiştir. Bu blokta kayma dalga yayılım hızları KG ve DB bileşenlerde sırasıyla 432 m/sn ve 397 m/sn olarak bulunmuştur.

Zemin dinamiğine yönelik site içerisinde 3 ayrı noktada yapılan mikrotremör analizlerinde çok benzer H/V eğrilerinin elde edilmesi, zemin dinamik parametrelerin yüksek güvenirlikle elde edildiğini gösterir. Site alanında zemin hakim (rezonans) frekansının f_0=1.0-1.1 Hz'te (T_0=0.9-1.0 sn) ve ikinci modun f_1=1.6-2.6 Hz (T_0=0.38-0.63 sn) değerlerinde olduğu görülmüştür. Her iki modun, iki ayrı yer altı tabaka geçişine (hız kontrastına) işaret ettiği düşünülmektedir. Site yerleşiminin önemli kot farklılığına sahip bir alanda olması nedeniyle, yanal tabaka süreksizliklerinin ortaya çıkan rezonans frekanslarında etkili olduğu düşünülmektedir. Bu ayırım ancak 2-3 boyutlu zemin modellemesi ve doğrudan deprem kayıtlarının elde edilmesiyle sağlanabilir. Rezonans frekanslarında görülen maksimum A_0=6-7 değerleri, dalga genliklerinin zemin tabakaları içinde orta derecede büyütüleceğine işaret eder.

İncelenen blok temel mod frekanslarının 1.23-1.46 Hz aralığında ve zemin hakim titreşim frekansının 1.0-1.1 Hz'te hesaplandığı düşünülürse, yapı-zemin titreşim frekanslarının çok yakın olduğu ve standart sapmalarla birlikte kısmen örtüştüğü ifade edilebilir. Yapı ve zemin rezonans frekanslarının yakınlığını kontrol etmek amacıyla Şekil 2.10'da T3 noktasında elde edilen H/V eğrisi ile bu noktaya en yakın B6 blok titreşim spektrumları birlikte gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi zemin hakim frekansı ile B6 blok temel mod frekansı birbirine çok yakın olup kısmen örtüşmektedir. Bu örtüşme, yapı ve zemin arasında kısmi bir rezonans varlığına işaret eder. İncelenen diğer bloklar ve site zemin H/V eğrileri arasında benzer bir durum mevcuttur. Sonuç olarak; Güneşpark Evleri blokların deprem güvenliği değerlendirmelerinde, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan tasarım spektrumlarında t_A-t_B periyot değerleri arasında spektral ivmelere maruz kalabileceği olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2.10. T3 noktasında elde edilen H/V eğrisi (siyah eğriler) ile B6 blok spektrumlarının (KG: mavi, DB: kırmızı) genlik ölçeksiz karşılaştırması.

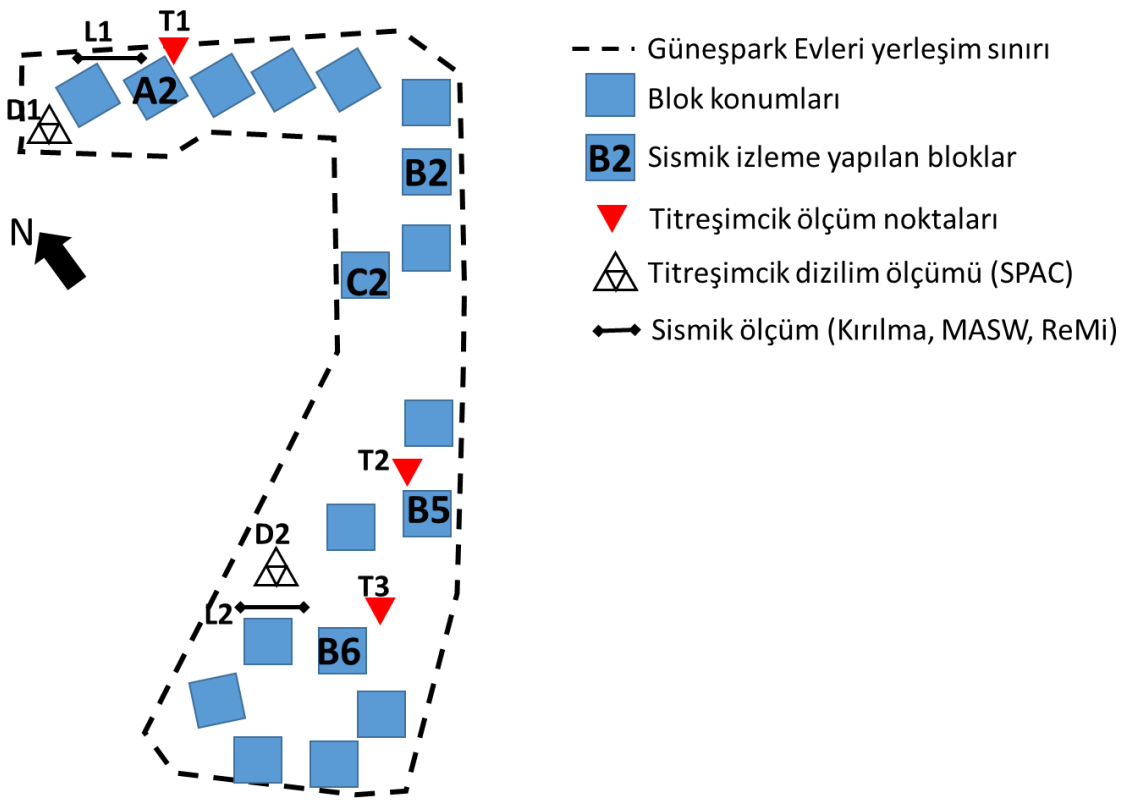
Prof.Dr. Eşref YALÇINKAYA

Bölüm Sorumlusu

3. ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ VE YORUMLANMASI

Güneşpark Evleri sitesi zemin özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla bir dizi aktif ve pasif kaynak jeofizik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilecek zemin özelliklerinin, site yapım aşamasında kabul edilen zemin özellikleriyle karşılaştırılması hedeflenmektedir. Bunun yanında, yapıların performans analizine yönelik bir çalışma planlandığında, bu çalışmada elde edilecek zemin özelliklerinin bir veri altyapısı oluşturması hedeflenmektedir.

Kullanılan aktif kaynak jeofizik ölçümler P sismik kırılma ve MASW, pasif kaynak ölçümler ise ReMi ve SPAC ölçümlerinden oluşmaktadır. Genel site konumu ve jeofizik ölçüm lokasyonları Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

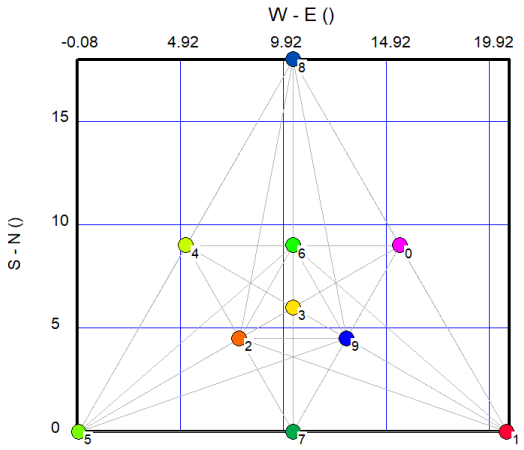


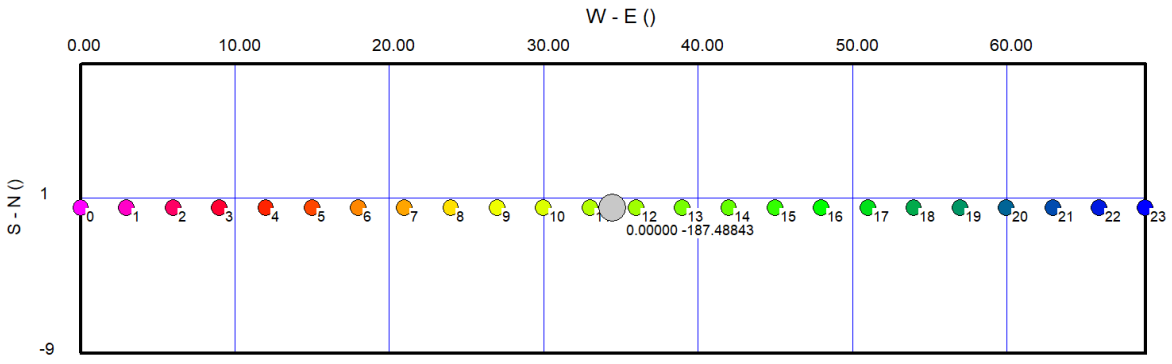
Şekil 3.1. Güneşpark Evleri sitesi blok yerleşim krokisi ve çalışma kapsamında gerçekleştirilen jeofizik ölçüm noktaları.

3.1. Ölçü planı

Jeofizik ölçümler sitenin iki ayrı noktasında gerçekleştirilmiştir. L1 noktası sitenin kuzey batı ucunda, kot olarak en düşük kısmında, L2 noktası ise kot olarak daha yukarı kesiminde yer alır (Şekil 3.1). Böylece tüm yerleşim alanını temsil edecek iki ayrı nokta seçilmeye çalışılmıştır.

Sismik kırılma, MASW ve ReMi çalışmaları 24 adet 4.5 Hz jeofon, 3 m aralıklarla toplam 69 m uzunlukta serimler kullanarak yapılmıştır. Sismik kaynak olarak 8 kg ağırlığında balyoz kullanılmış ve sismik hattın her iki tarafından -3 m, -9 m, 72 m ve 78 m'lerde toplam 4 atış yapılarak ve her atışta 3 adet yığma seçilerek kayıtlar alınmıştır. ReMi ölçümlerinin alınmasında Lineer serim kullanılmıştır. SPAC ölçümlerinde ise toplamda 10 adet istasyondan oluşan eş zamanlı 3 m, 6 m ve 12 m yarıçaplarında üç adet iç içe üçgen kullanılmıştır. Remi ölçümleri 25 dakika süreli, SPAC ölçümü ise 1 saat sürelidir. Ölçüm geometrileri Şekil 3.2'de verilmektedir.

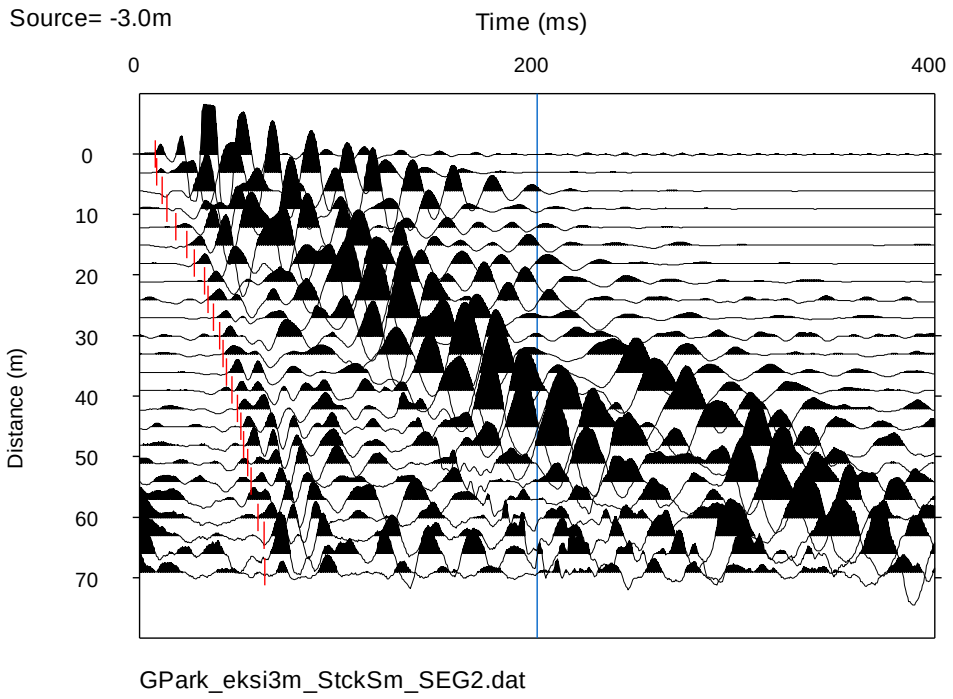




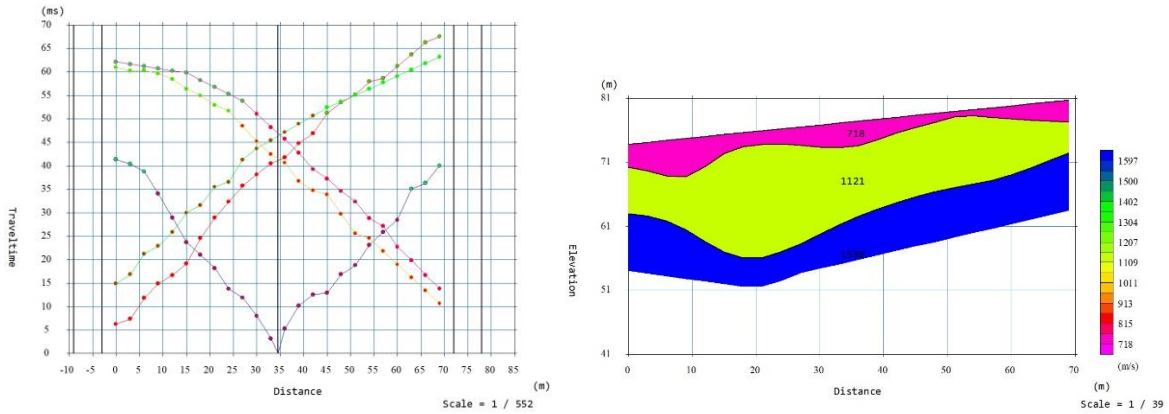
Şekil 3.2. Jeofizik ölçüm geometrisi ve jeofon numaraları. Üst grafik: SPAC ölçümleri, 10 istasyon 3 m, 6 m ve 12 m yarıçaplarında iç içe üç üçgen dizilim. Alt grafik: 3 m aralıklı 24 adet jeofon ile sismik kırılma, MASW ve ReMi ölçü geometrisi.

3.2. Hız analizleri

Güneşpark Evleri L1 hattında (Şekil 3.1) elde edilen -3 m atışa ait P kırılma sismik iz kesiti Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Her bir jeofona P dalga varışları kırmızı barlarla işaretlenmiştir. L1 hattında her iki yönlü atışlara ait seyahat zamanı-uzaklık grafiği ve tomografi çözümü ise Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi yaklaşık 20 m bir derinlik için P dalga hızları yüzeyde 718 m/sn ile başlamakta ve ortalama 10 m derinlikte 1598 m/sn'ye ulaşmaktadır. Eğime bağlı olarak tabaka kalınlıkları farklılık göstermekte ve eğim aşağı yönde kalınlıklar nispeten daha yüksektir.

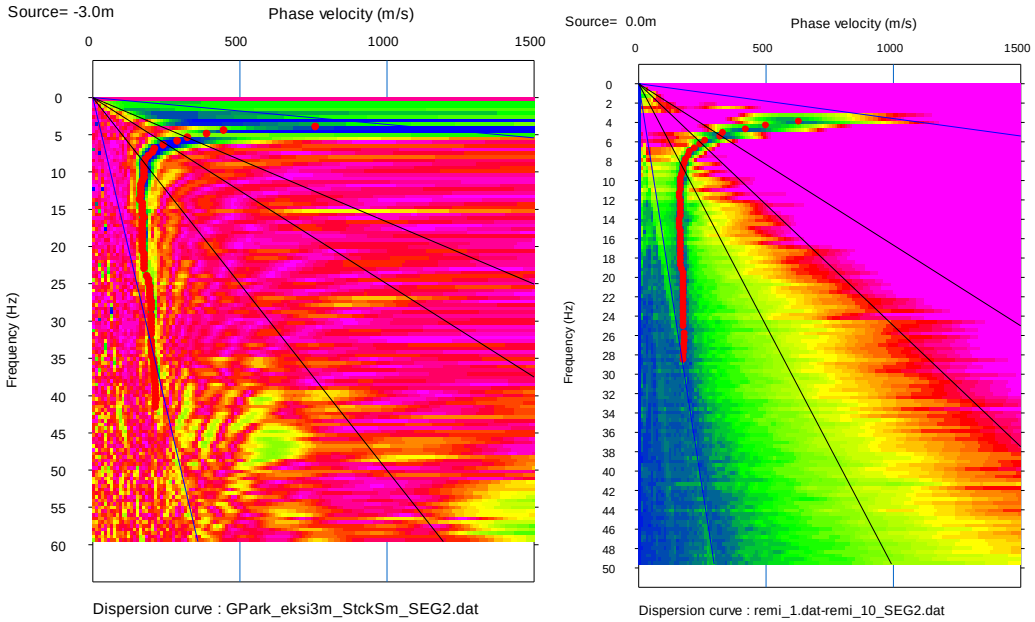


Şekil 3.3. -3 m ofset uzaklığına sahip sismik kırılma verisi uzaklık-dalga formu görüntüsü. Her bir jeofonda izlenen P dalga varışları kırmızı barlarla işaretlenmiştir.

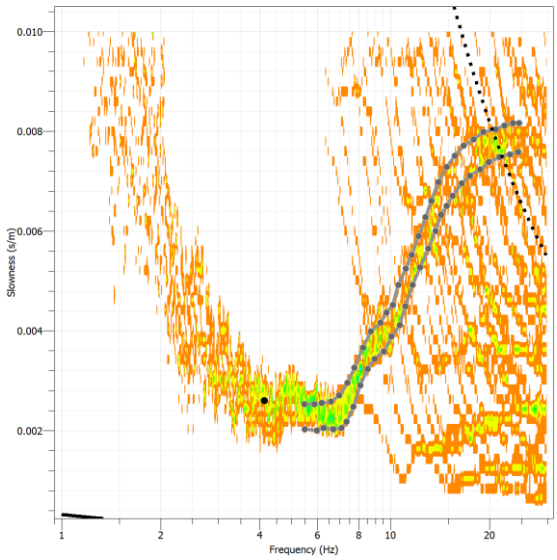


Şekil 3.4. Sol grafik: Çift yönlü atışlara ait (-3m, -9, 72m ve 78m) P dalgası seyahat zamanı-uzaklık grafiği. Grafik üzerinde 3 tabaka çözümü işaretlenmiştir. Sağ grafik: P dalgası tomografi çözümü, yer altı P dalgası hız değişimi.

L1 hattı MASW verilerinin değerlendirilmesinden elde edilen faz hızı spektrumu Şekil 3.5'te gösterilir. Benzer şekilde ReMi ölçümünün analizinden elde edilen faz hızı spektrumu da Şekil 3.5'te verilir. SPAC verilerinin değerlendirilmesinden elde edilen faz hızı spektrumu ise Şekil 3.6'da gösterilir.



Şekil 3.5. Sol grafik: MASW verisinin analizinden elde edilen faz hızı spektrumu. Grafik üzerinde seçilen ham dispersiyon eğrisi kırmızı noktalarla işaretlenmiştir. Sağ grafik: ReMi verisinin analizinden elde edilen faz hızı spektrumu. Grafik üzerinde seçilen ham dispersiyon eğrisi kırmızı noktalarla işaretlenmiştir.



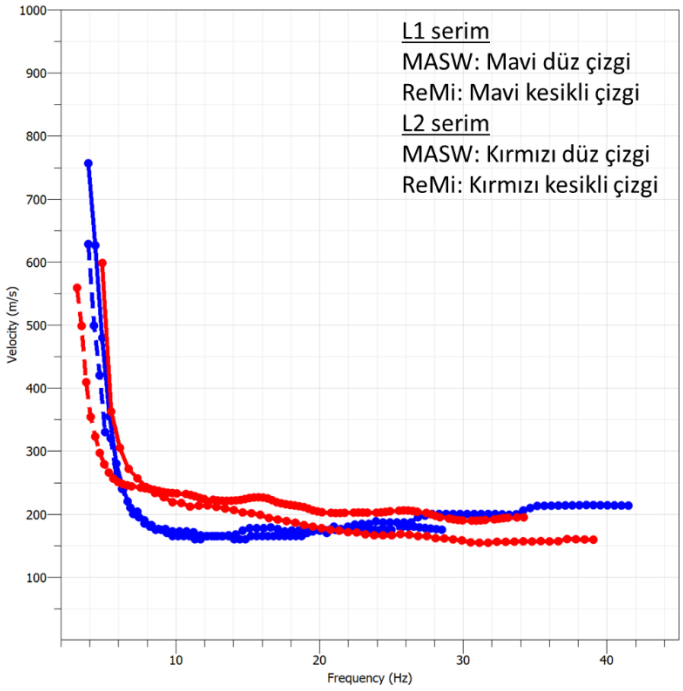
Şekil 3.6. 10 istasyonun eş zamanlı 3m, 6m ve 12m yarıçaplarında iç içe üçgenler şeklinde elde edilen kaydın SPAC analizinden üretilen faz hızı (tersi slowness) spektrumu. Noktalı eğri ile işaretlenen alan seçilen dispersiyon eğrisini gösterir.

MASW, ReMi ve SPAC ölçümlerin analizlerinden elde dispersiyon eğrileri topluca Şekil 3.7'de gösterilir. Görüldüğü gibi L1 ve L2 hatlarında elde edilen dispersiyon eğrileri birbirine oldukça benzerdir. Örnek olarak ReMi dispersiyon eğrisinin ters çözümü ve yer altı S dalgası hız kesiti Şekil 3.8'de verilir. Gözlemsel ve teorik dispersiyon eğrileri arasındaki uyum oldukça iyi olup, ulaşılan modelin güvenirliliğine işaret eder. Hız değerlerindeki hata miktarı yaklaşık 20 m/sn olarak hesaplanmıştır. Tüm dispersiyon eğrilerinin ters çözümü sonrası üretilen yer altı S dalgası hız kesitleri karşılaştırması ise Şekil 3.9'da verilir. S dalga hızı yüzeyde ortalama 10 m kalınlıkta 200 m/sn gibi düşük hıza sahip bir tabaka, sonrasında 20m civarında ortalama 400 m/sn hıza sahip orta sıkı ve 37m civarında bir derinlikte 600 m/sn'nin üzerine çıkan çok sıkı bir tabakaya işaret etmektedir.

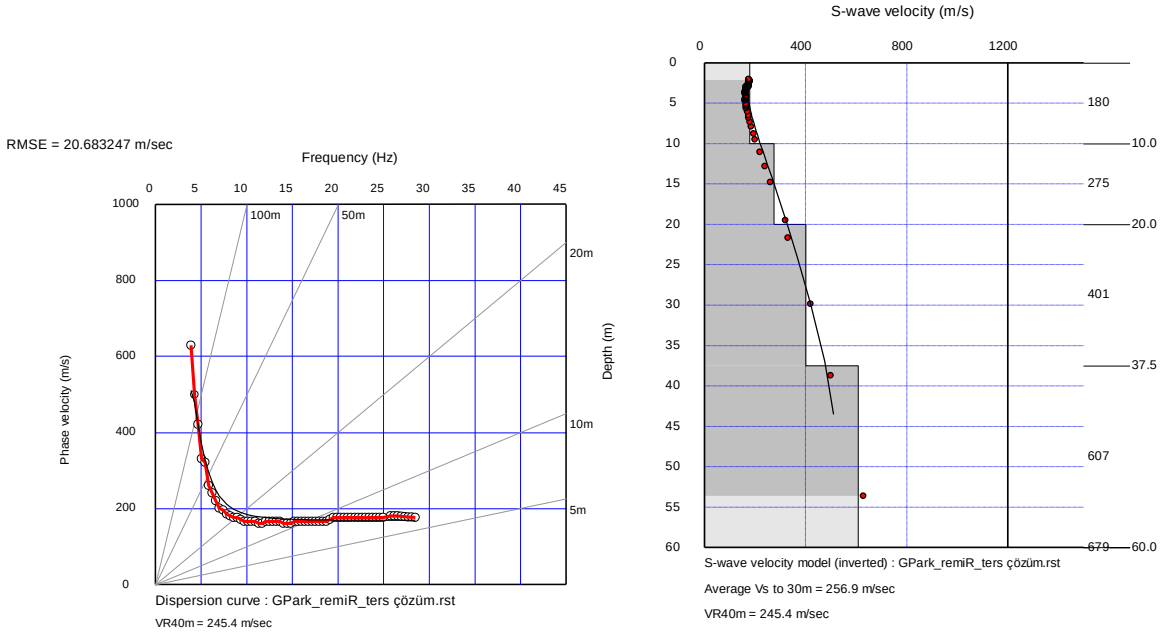
Her bir veri analizinden elde edilen yüzeyden ilk 30m derinliğe kadar hesaplanan ortalama kayma dalga hızları (Vs30) Şekil 3.9'da grafikte verilir. Görüldüğü gibi L1 hattı için Vs30=275 m/sn, L2 hattı için ise Vs30=256 m/sn olarak hesaplanmıştır. 2018 yılı Türkiye bina deprem yönetmeliğinde

tanımlanan zemin sınıflarıyla kontrol edilirse hesaplanan değerlerin ZD zemin sınıfına karşılık geldiği görülür.

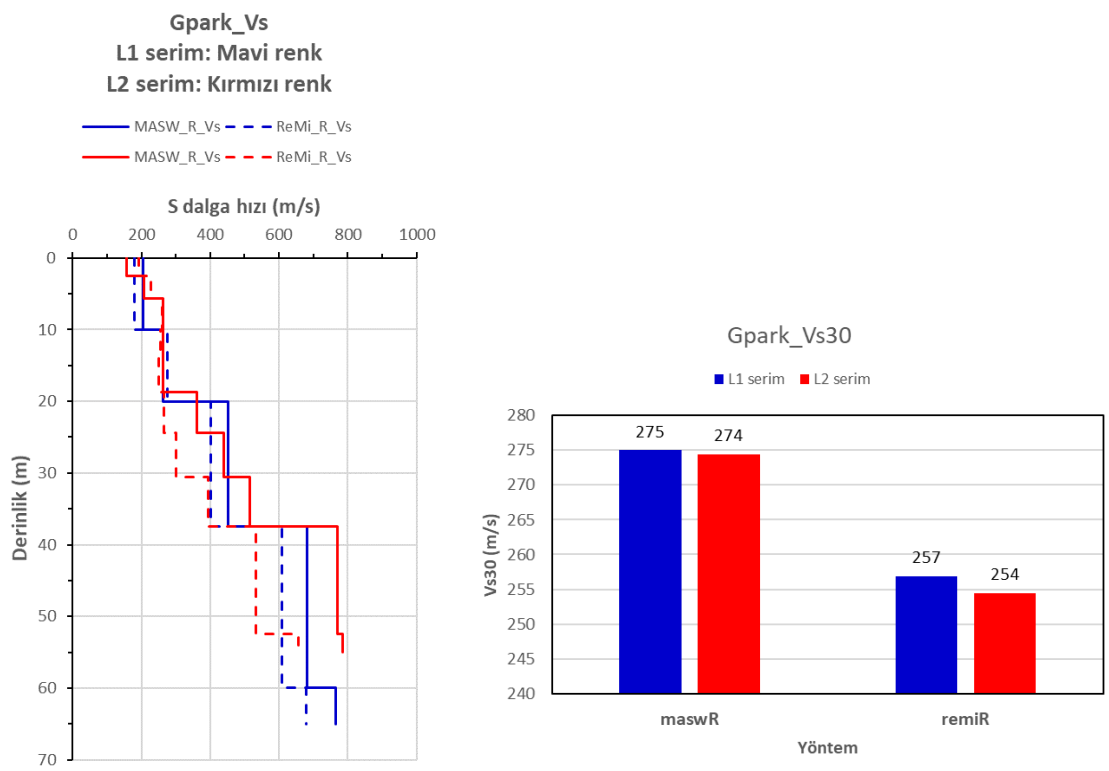
Güneşpark Evleri sitesinde blokların temel derinlikleri tek bodrum bloklarda yaklaşık 3 m, iki bodrumlu bloklarda ise 6 m civarında olduğu düşünülmektedir. Vs30 hesaplamasının yüzeyden değil, bu derinliklerden itibaren hesaplanması durumunda dahi, ZD zemin sınıfı değişmemektedir. Ancak, bazı blokların altında zemin iyileştirmesi-jet grout uygulaması olduğu proje raporunda ifade edilmektedir. Bu durumda jet grout uygulamasının, yapı temelinin oturduğu zemin tabakasını çok daha sıkı hale getirdiği düşünülür. Jet-grout kolonlar nedeniyle blok temellerinin oturduğu zemin tabakası, yüzey tabakası değil de ortalama 10 m derinlikte yer alan tabaka olduğu kabul edilirse, bu koşulda Vs30 değeri ortalama 373 m/sn olarak hesaplanmakta ve zemin sınıfı ZC olarak belirlenmektedir.



Şekil 3.7. L1 ve L2 hatlarında MASW ve ReMi analizlerinden elde edilen dispersiyon eğrilerinin birlikte gösterimi.



Şekil 3.8. Sol grafik: Ters çözüm sonrası gözlemsel (kırmızı eğri) ve hesaplanan (siyah eğri) dispersiyon eğrilerini gösterir. Aralarındaki uyum modelin güvenirliliğini verir, RMS hatası yaklaşık 20 m/sn'dir. **Sağ grafik:** Ters çözüm sonucu oluşturulan S dalgası yer altı derinlik kesiti. Şeklin altında Vs30 ve VR40 değerleri gösterilir.



Şekil 3.9. Sol grafik: L1 ve L2 hatları için MASW ve ReMi yöntemleriyle hesaplanan yer altı kayma dalga hızı kesitleri. **Sağ grafik:** Her bir yöntemden hesaplanan Vs30 değerleri.

3.3. Sonuç değerlendirme

2005 yılında inşaat öncesi yapılan zemin etüt raporu (bina yönetimi tarafından paylaşılmıştır) 1998 yılı bina deprem yönetmeliğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu raporda zemin grubu C, yerel zemin sınıfı Z3 olarak ifade edilmiştir. Bu durumda spektrum karakteristik periyotları t_A=0.15 sn ve t_B=0.60 sn olarak gözükmektedir. Zemin sınıfının belirlenmesinde kullanılan S dalga hızları rapor kapsamında gerçekleştirilen sismik çalışmalardan, özellikle ikinci tabaka için (Gürpınar formasyonu olarak ifade edilmiştir) 319 m/sn elde edildiği görülmüştür. O tarihte yapılan mikrotremör kaydından zemin temel titreşim periyodu 0.38 sn olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada Bölüm 2'de "Zemin-yapı titreşim analizleri" kısmında 3 ayrı noktada elde edilen mikrotremör verilerinin analizlerinden zemin temel titreşim periyodu T_0=0.9-1.0 sn olarak bulunmuştur. Bu değerler inşaat öncesi elde edilen değerden oldukça farklıdır.

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen sismik analizlerde S dalga hızları ilk 20 m'de 200-300 m/sn, daha sonra ise 350-400 m/sn değerlerine çıkmaktadır. Yüzeyden itibaren hesaplanan Vs30 değeri 254-275 m/sn aralığında olup, 2018 deprem yönetmeliğine göre ZD zemin sınıfına tekabül eder. Bununla birlikte, site içerisinde özellikle düşük SPT ve hızlara sahip blok altlarında jet grout uygulaması ile zemin iyileştirmesi yapıldığı inşaat raporlarında ifade edilmektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak temel derinliğinin 10 m'ye çekilmesi durumunda Vs30 değeri 373 m/sn olarak hesaplanmış ve zemin sınıfı ZC olarak tespit edilmiştir.

Yapılan ölçüm ve analizler, zemin özellikleri bakımından, yüzey tabakalarının oldukça gevşek-zayıf olduğunu, ancak jet grout uygulaması gibi gerekli zemin iyileştirmesi önlemlerinin alınmış olması sonucu yapı inşası bakımından uygun zeminler olarak nitelenebileceğini göstermektedir. Zemin koşullarına uygun olarak inşa edilmiş yapıların, deprem güvenliği açısından önemli bir gereksinimi yerine getirmiş olacağı söylenebilir.

Prof.Dr. Eşref YALÇINKAYA

Bölüm Sorumlusu

4. SİSMİK RİSK ve TEHLİKE ANALİZİ

Deprem etkisinin tanımlanmasında ilk olarak ulusal ve uluslararası yönetmeliklerdeki genel yaklaşımlar incelenmiş, daha sonra *Proje* için önerilen deprem düzeyleri açıklanmıştır. *Proje* sahasının bulunduğu bölgedeki mevcut deprem tehlikesinin değerlendirilmesi; bölgeyi etkileyebilecek depremlerin kaynağı olabilecek sismotektonik birimler (mevcut fay sistemleri), Marmara Bölgesi'ni genel olarak etkileyen tarihi depremler ve bölgede oluşan son depremlerle bölgenin depremselliği incelenerek yapılmıştır. Deprem tasarım spektrumları ve spektrum uyumlu yer hareketlerinin belirlenmesinde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) esasları dikkate alınmıştır. Raporun son kısmında ise elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmiştir.

4.1 Mevcut Yönetmelikte Deprem Etkisinin Tanımlanması

2018 yılı içerisinde yürürlüğe giren **Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği** kapsamında yer alan deprem tehlike haritalarında tasarım bazlı deprem yer hareketi değerleri ve tasarım spektrumu değişmektedir. Bu Yönetmelik kapsamında aşağıda belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır. Aşağıda tanımlanan farklı deprem yer hareketi düzeyleri için deprem verileri **Türkiye Deprem Tehlikesi Haritaları** ile tanımlanmıştır. Bu haritalara **https://deprem.afad.gov.tr/home-page** adlı internet sitesinden erişilebilir.

(DD-1) Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

(DD-2) Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

(DD-3) Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

(DD-4) Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

4.2. Proje İçin Önerilen Deprem Etkisi

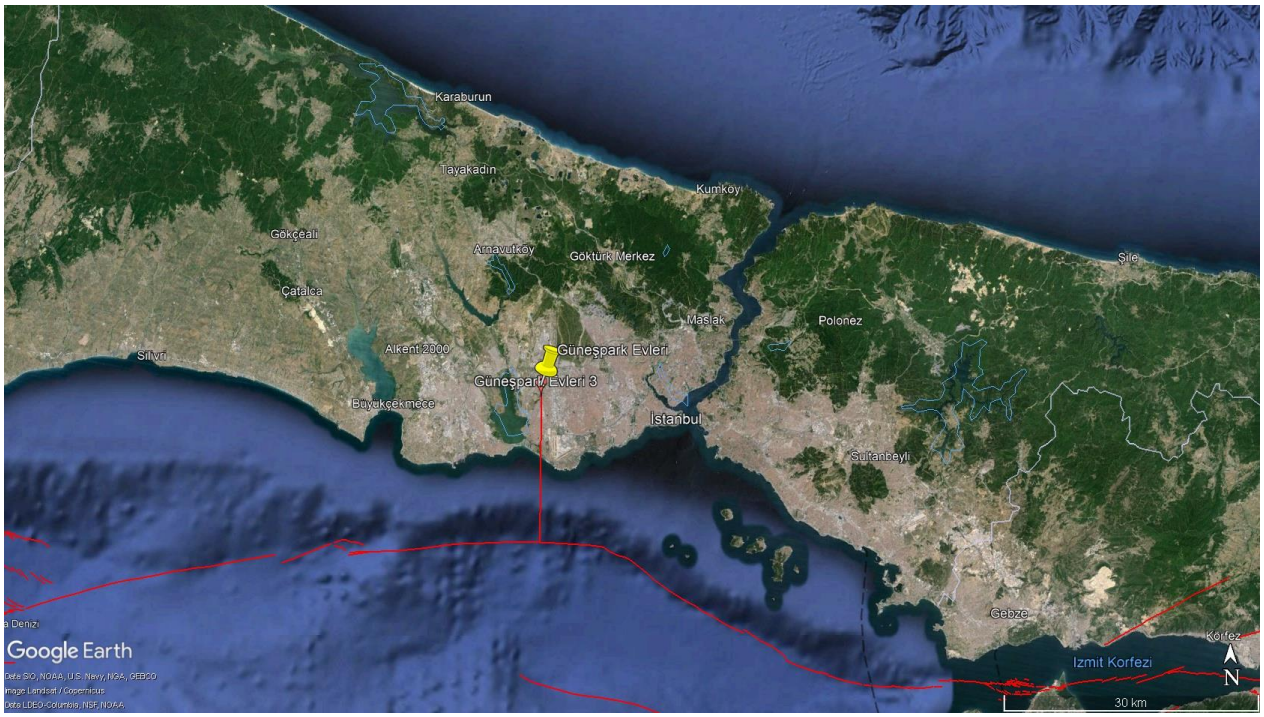
Proje'nin gerçekleşeceği bölgenin lokasyonu ve binaların yükseklikleri göz önünde bulundurularak *Proje* kapsamında tasarlanacak binalar için sahaya özgü deprem tehlike analizi 2018 yılı içerisinde yürürlüğe giren yenilenmiş Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) kurallarına göre, yukarıda tanımlanan DD-2 deprem yer hareketleri seviyesi için yapılacaktır. DD-2 deprem düzeyi için, maksimum yer ivmesi ve 0.01s - 5.0s aralığında doğal titreşim periyoduna karşılık gelen, yatay ve düşey deprem spektral ivme değerleri referans olarak alınan **"ZC" zemin grubu** için olasılıksal sismik tehlike analizi yapılacaktır.

Proje sahasının zemin sınıfına bağlı olarak yatay deprem spektrumunu belirlenmesinde kullanılacak olan spektral ivme değerleri, yukarıda belirtilen S_s ve S_1 spektral ivme değerleri F_a ve F_v zemin etki parametreleri ile çarpılarak elde edilecektir. *Proje* kapsamında inşa edilecek olan yüksek binalar, TBDY-2018'e göre *Normal Sınıf* olarak tanımlanmaktadır. Bu tür binaların deprem performanslarının DD-3 deprem etkisi altında *Minimum Hasar/Kesintisiz Kullanım Performans Bölgesi*'nde, DD-2 deprem etkisi altında *Kontrollü Hasar/Can Güvenliği Performans Bölgesi*'nde ve DD-1 deprem etkisi altında ise *İleri Hasar/Göçmeme Güvenliği Performans Bölgesi*'nde olması öngörülmektedir. İstanbul ve çevresinin deprem tehlikesi analizleri detaylı olarak çalışılmış konulardan biridir. Bu konuda mevcut çalışmalar Atakan vd., (2002); Erdik vd., (2004); JICA-İBB (2002); Kalkan vd., (2009) olarak sıralanabilir. Bir bölgede deprem tehlikesinin değerlendirilmesi aşamasında, bölgenin sismotektonik yapısı (faylanma mekanizmaları ve fay özellikleri), bölgede geçmişte yaşanmış tarihsel ve aletsel deprem kayıtları, bölgenin yerel jeolojisi ve zemin koşulları

göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle çalışmada deprem tehlikesinin değerlendirmesinde yukarıda sıralanan etkenlerin herbirinden bahsedilecektir.

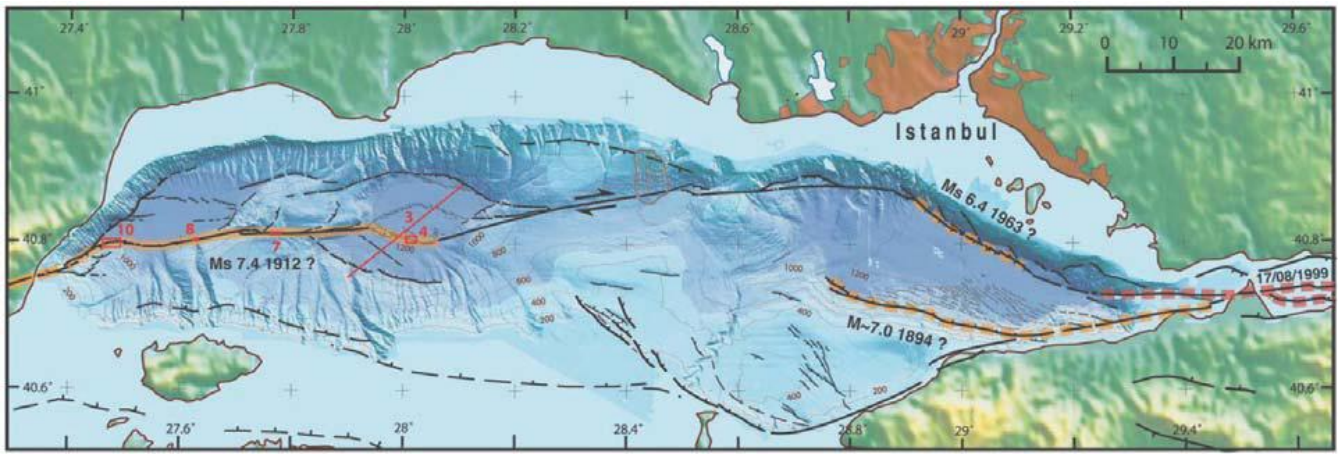
4.3. Bölgenin Sismotektonik Yapısı

Proje'nin gerçekleştirileceği bölgeyi etkileyecek büyüklükteki depremlerin Marmara Denizi'nde bulunan aktif fay sisteminden kaynaklanması öngörülmektedir (Şekil 4.1). İstanbul 16 milyonluk nüfusuyla ve endüstriyel etkinliğiyle aktif fay hatlarının doğrudan tehdidi altındadır. Marmara Denizi Fay Sistemi (MDFS) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) Marmara Denizi içindeki uzantısıdır. MFDS birçok araştırmacı tarafından incelenmiş olup bu zon ile ilgili olarak iki önemli model geliştirilmiştir. Le Pichon vd. (2001; 2003) tarafından yapılan çalışmada KAF Marmara Denizi'nin kuzeyine doğru boydan boya tek parça halinde uzanan doğrultu atımlı sağ-yanal bir fay olarak tanımlanır (Şekil 4.2). Armijo vd. (2002; 2005) ise çek-ayır (pull-apart) sistemini içeren üç koldan oluşan ve normal bileşenli doğrultu atımlı sağ-yanal fay mekanizmasını gösteren bir faylanmadan bahsederler . Her iki modelde Marmara Denizi içindeki üç adet havzanın ya da çukurluğun olduğu görülmektedir. Bu çöküntü havzaları sırasıyla doğudan batıya doğru Çınarcık Havzası, Orta Marmara Havzası ve Tekirdağ Havzası şeklinde sıralanırlar (Şekil 4.3). 1912 Ganos (M_w=7.4) ve 1999 İzmit (M_w=7.4) depremleri doğrultu atımlı sağ-yanal faylanma ile Çınarcık çukurundaki normal faylanmalar Armijo vd.'nin (2005) işaret ettiği karmaşık yapının var olduğunu ortaya koymaktadırlar. Bu karmaşık yapılar oblik yani doğrultu atımlı sağ-yanal ve normal faylanmaların bileşiminden oluşan deprem odak mekanizmalarına işaret etmektedir. Bu yapının varlığı Pınar vd. (2003) tarafından bölgede çözümü yapılan 64 adet sağ-yanal ve normal fay düzlemi çözümleriyle de kanıtlanmıştır (Şekil 4.4). Bu normal faylar aynı zamanda büyüklüğü 7.0'dan büyük bir deprem sırasında tsunami oluşturma potansiyeline de sahiptir.

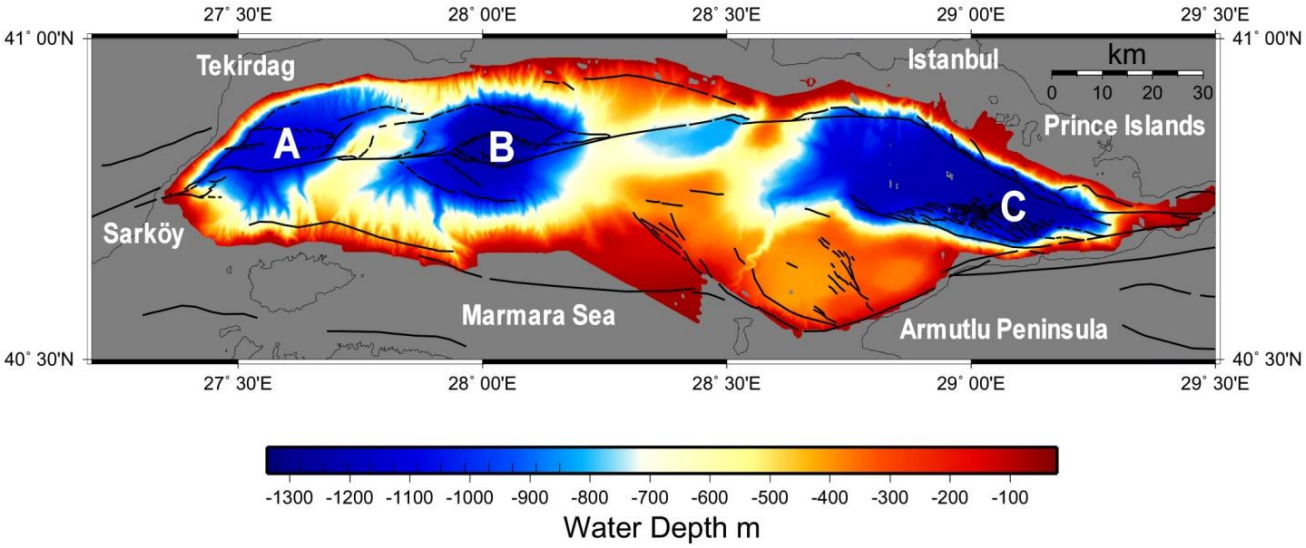


Şekil 4.1. Proje sahasının lokasyonu. Kırmızı çizgiler bölgedeki güncel aktif fayları göstermektedir (Emre vd., 2013).

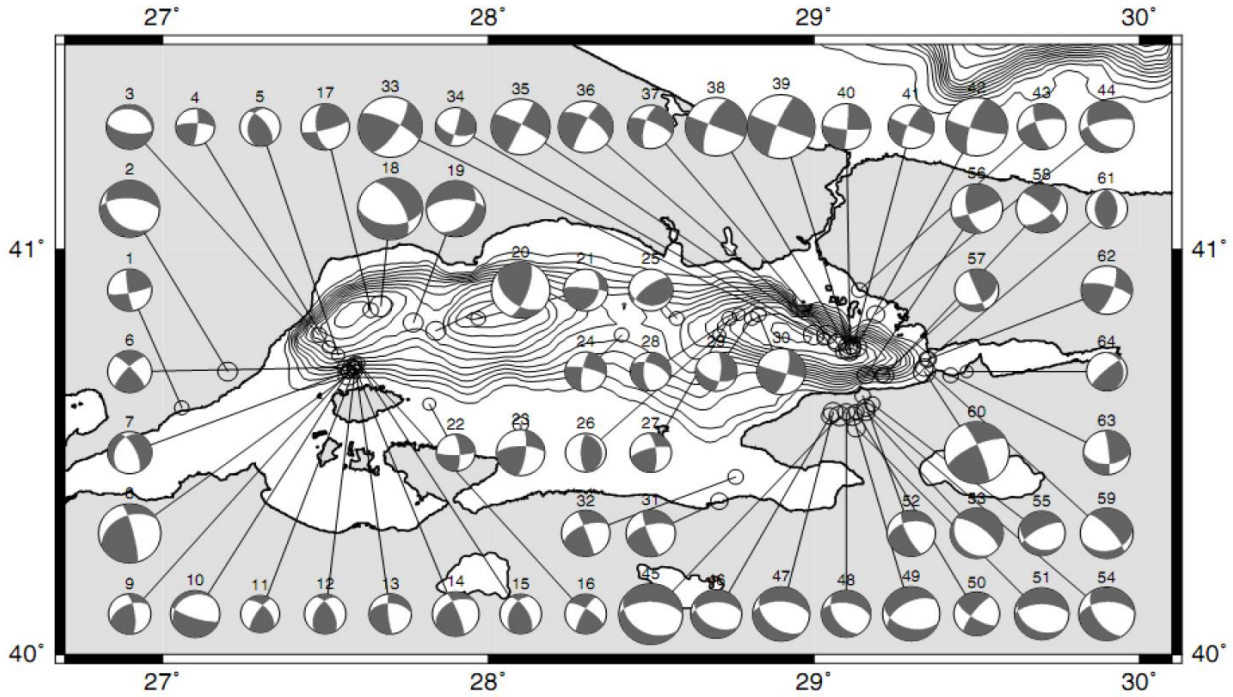
Mevcut deprem odak mekanizması çözümlerinin (Pınar vd., 2003) ışığında Marmara Denizi içindeki yapıların Armijo vd.'nin (2005) ortaya koyduğu modele daha yakın bir sismotektonik yapının varlığına işaret ettiğini söyleyebiliriz. Diğer bir deyişle Şekil 4.4'te görülen üç havza çek-ayır sistemleri şeklinde oluşmuşlardır. Çek-ayır sistemleri çöküntü havzalarıdır ve normal faylanma mekanizmaları üretirler. Bu normal faylar aynı zamanda büyüklüğü 7.0'dan büyük bir deprem sırasında tsunami oluşturma potansiyeline de sahiptir.



Şekil 4.2. Armijo vd. (2005) Modeline Göre Marmara Denizi'nin Tektonik Yapısı.



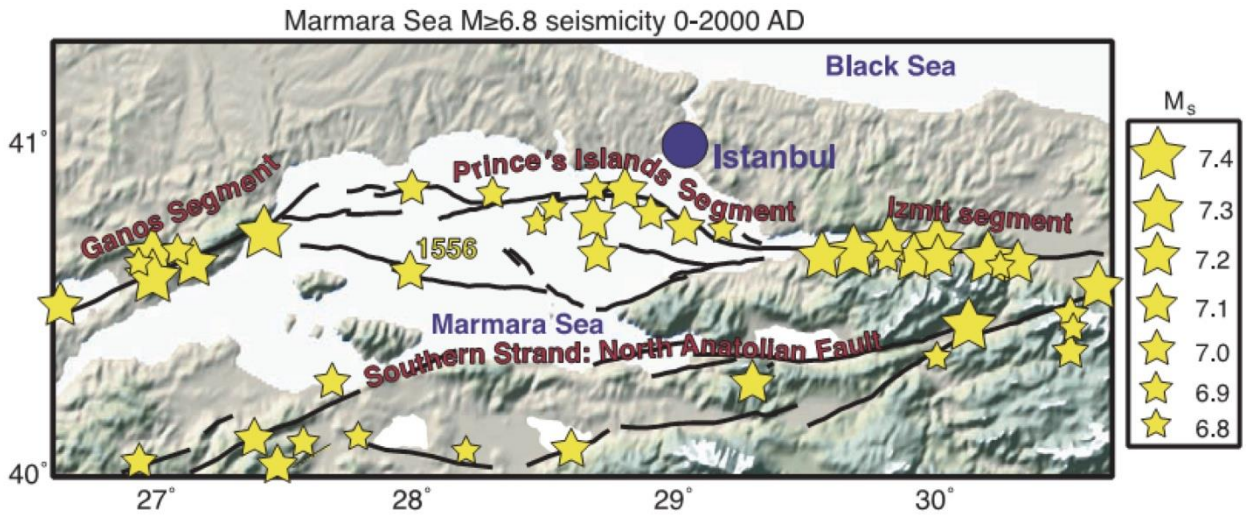
Şekil 4.2. Marmara Denizi İçindeki Üç Havzayı Gösteren Şekil (A, B ve C sırasıyla Tekirdağ, Orta Marmara ve Çınarcık havzalarını göstermektedir. Bu havzaların derinliği 1300 m'ye kadar inmektedir) (Armijo vd., 2005).



Şekil 4.3. Pınar vd. (2003) Tarafından Odak Mekanizma Çözümleri Yapılan 64 Depremin Lokasyonu (Buradaki beyaz renkli kısımlar genişlemeyi (dilatation), gri renkli kısımlar ise sıkışmayı (compression) göstermektedir. Örnek vermek gerekirse 47 ve 48 nolu deprem odak mekanizmaları normal faylanmayı, 35 ve 39 nolu deprem odak mekanizmaları ise sağ-yanal doğrultu atımlı faylanmayı göstermektedir. 8 ve 28 nolu deprem odak mekanizmaları ise doğrultu atımlı sağ yönlü ve normal faylanmaların bir kombinasyonu olan oblik faylanmalara örnektir).

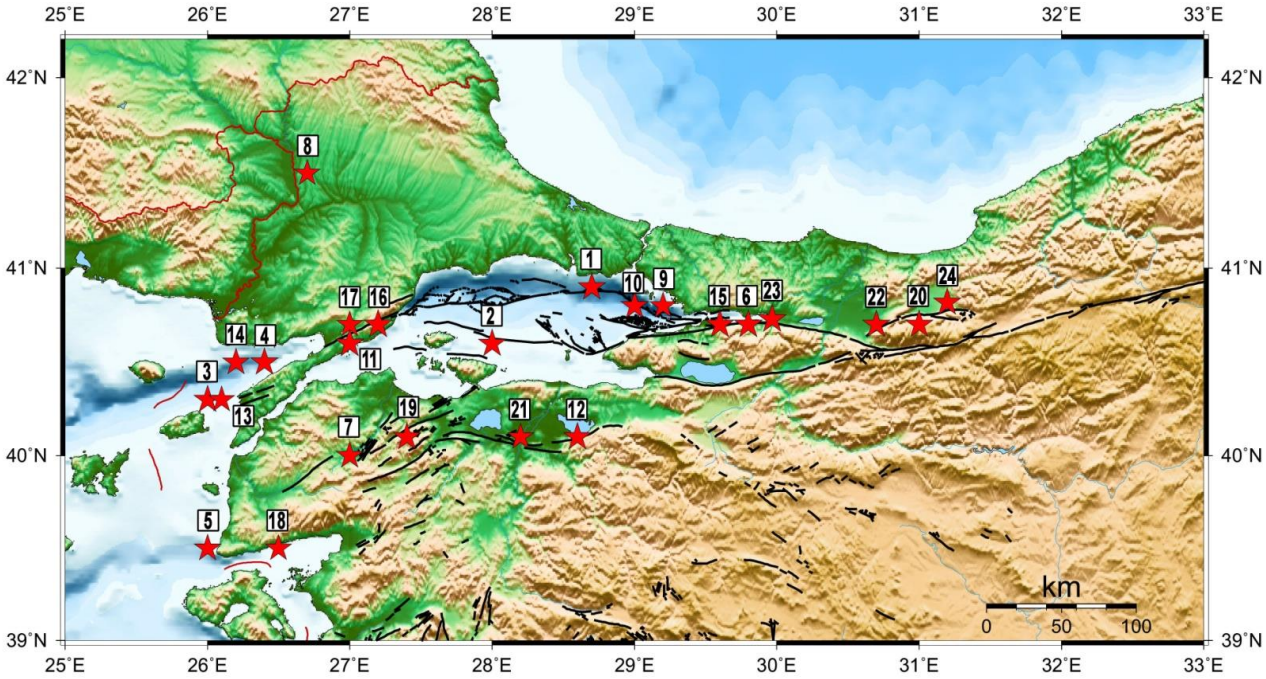
4.4. İstanbul ve Çevresindeki Tarihsel Dönem Deprem Oluşumları

İstanbul tarihsel dönemlerde birçok yıkıcı depreme maruz kalmıştır (Ambraseys ve Finkel, 1991; Ambraseys ve Jackson, 2000; Ambraseys, 2002). İstanbul 4. ve 19. yüzyıllar arasında 32 adet depremden etkilenmiştir. Bu durum ortalama her 50 yılda bir orta şiddette depreme (magnitüdü 5.0-6.0), her 300 yılda bir de çok şiddetli depreme (magnitüdü 7.0'dan büyük) maruz kaldığını göstermektedir. Marmara bölgesini etkilemiş olan tarihsel depremlerin makrosismik verilere göre bulunan tahmini kaynakları Parsons (2004)'de ayrıntılı olarak verilmiştir (Şekil 4.6). Şekilde yaklaşık 2000 senelik tarihsel deprem verileri ve muhtemel lokasyonları gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Marmara Denizi İçerisindeki Durumu ve Ms> 6.6 Büyüklüğündeki Depremlerin Dağılımı, M.S. 1–1999 (Ambraseys, 2002; Parsons, 2004).

1509 ile 1999 yılları arasındaki depremlere baktığımızda İstanbul ve civarında yüzey dalgası büyüklüğü (M_s) 6.8 ve üzeri 24 tane yıkıcı depremin olduğunu görmekteyiz. Bu depremler Tablo 4.1'de liste halinde verilmiştir. Ayrıca harita üzerindeki lokasyonları da Şekil 4.'de görülmektedir.



Şekil 4.5. 1509 ile 1999 Yılları Arasında Olan Ms≥6.8 Depremler (Barka, 1996; Ambraseys, 2002). (Depremlerin büyüklüğü 6.8 ile 7.4 arasında değişmektedir. 6.8'lik bir depremin oluşması için 30 km'lik, 7.4'lük bir depremin oluşması için ise 100 km'lik bir fay zonunun kırılması gerekir. Kırmızı yıldızlar olan depremlerin loksayonunu göstermektedir. Yıldızların üzerindeki sayılar ise Tablo 1'de herbir depreme

karşılık gelmektedir ve depremlerin kaynak bilgileri de Tablo 1'de verilmiştir. Siyah çizgiler bölgedeki aktif fay hatlarını göstermektedir (Şaroğlu vd., 1992; Armijo vd., 2005).

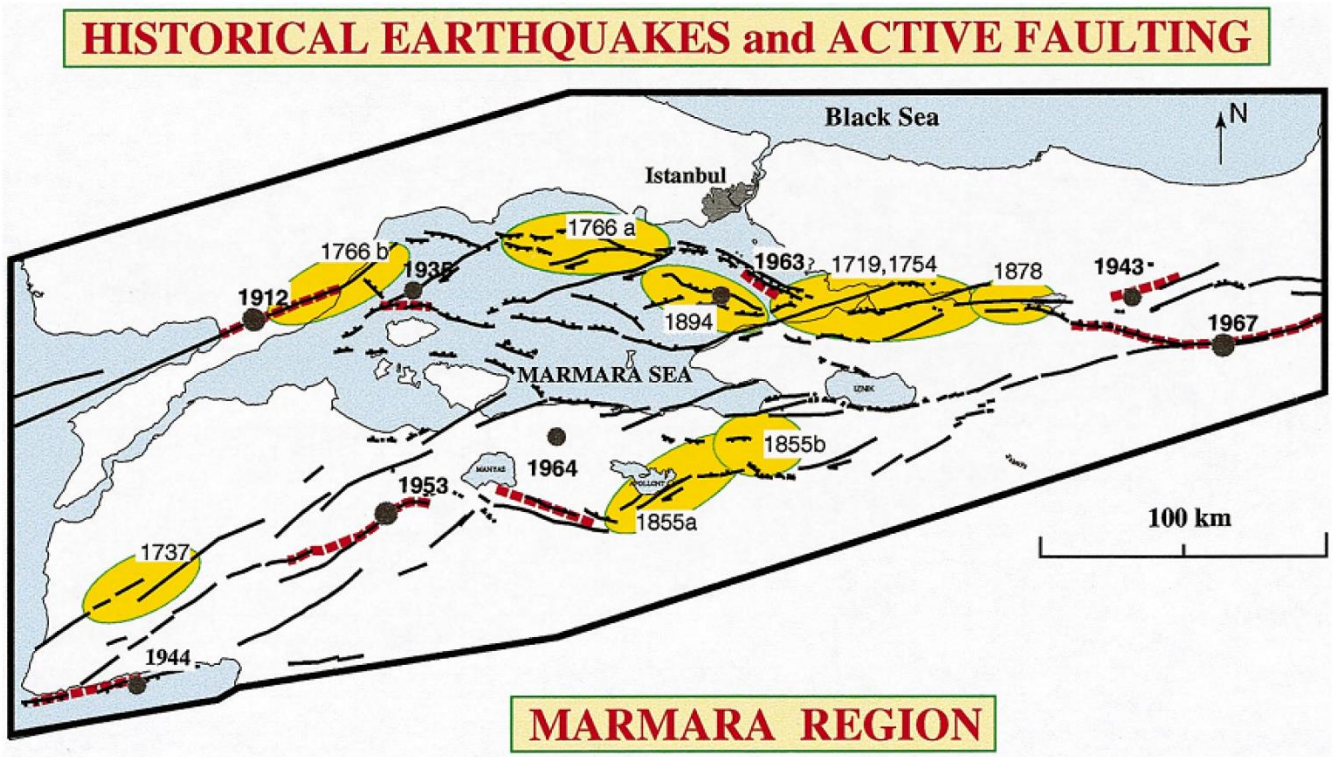
Özellikle Osmanlı arşivinden elde ettiğimiz bilgiler ve tutulan raporlar 1509 Marmara Denizi Depremi (1 no'lu deprem) İstanbul ve civarında ciddi hasarlara ve insan kayıplarına yol açmıştır. Bu deprem Osmanlı arşivlerinde en iyi raporu tutulan depremlerden biridir ve lokasyon olarak da İstanbul'a en yakın depremdir (Şekil 4.). Ambraseys (2002), İstanbul ve çevresi için son yüzyıllarda meydana gelen depremleri Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Bölgesi'nde kuzey kolu için bazı segmentlerle ilişkilendirmişlerdir (Şekil 4.). Ayrıca deprem İstanbul kıyılarında 6 m'yi geçen tsunamiye sebep olmuştur (Altınok ve Ersoy, 2000). Bu boyuttaki bir tsunami tarihsel dönemde İstanbul ve civarı için kaydedilmiş en büyük dalga boyuna (≥6.0 m) sahip tsunamidir. 1509 depreminin yüzey kırığının Gebze-Silivri arasında oluştuğu öngörülmektedir (Ambraseys, 2002).

Tablo 4.1. İstanbul ve civarındaki 1509-1999 yılları arasındaki yıkıcı depremler ($M_s \geq 6.8$) (Barka, 1996; Ambraseys, 2002).

Deprem	Yıl	Ay	Gün	Enlem(K°)	Boylam (D°)	M_s	M_o	Bölge
1	1509	9	10	40.90	28.70	7.2	12.30	Marmara Sea
2	1556	5	10	40.60	28.00	7.1	6.17	Gönen
3	1625	5	18	40.30	26.00	7.1	6.17	Saros
4	1659	2	17	40.50	26.40	7.2	8.71	Saros
5	1672	2	14	39.50	26.00	7.0	4.37	Biga
6	1719	5	25	40.70	29.80	7.4	17.38	İzmit
7	1737	3	6	40.00	27.00	7.0	4.37	Biga
8	1752	7	29	41.50	26.70	6.8	2.19	Edirne
9	1754	9	2	40.80	29.20	6.8	2.19	İzmit
10	1766	5	22	40.80	29.00	7.1	6.17	Marmara Denizi
11	1766	8	5	40.60	27.00	7.4	17.38	Ganos
12	1855	2	28	40.10	28.60	7.1	6.17	Bursa
13	1859	8	21	40.30	26.10	6.8	2.19	Saros
14	1893	2	9	40.50	26.20	6.9	3.09	Saros
15	1894	7	10	40.70	29.60	7.3	12.30	İzmit
16	1912	8	9	40.70	27.20	7.3	12.30	Ganos
17	1912	9	13	40.70	27.00	6.8	2.19	Ganos
18	1944	10	6	39.50	26.50	6.8	2.19	Edremit
19	1953	3	18	40.10	27.40	7.1	6.17	Gönen
20	1957	5	26	40.70	31.00	7.1	6.17	Abant
21	1964	10	6	40.10	28.20	6.8	2.19	Manyas
22	1967	7	22	40.70	30.70	7.2	8.71	Mudurnu
23	1999	8	17	40.72	29.96	7.4	17.38	İzmit
24	1999	11	12	40.81	31.19	7.2	6.17	Düzce

M_s : yüzey dalgası büyüklüğü
M_o : sismik moment ($\times 10^{19}$ Nm)
* Ekström ve Dziewonski (1988) M_s-M_o bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.1'den de görüleceği üzere İstanbul ve Marmara Bölgesi'nde olan depremlerin sismik momentleri yüksektir. Bu da bize İstanbul ve civarındaki depremlerin gerilimlerini uzun zamanlarda biriktirdiklerini (birkaç yüzyıl) ve bu birikimlerini yüksek sismik momentlerle açığa çıkardıklarını göstermektedir.

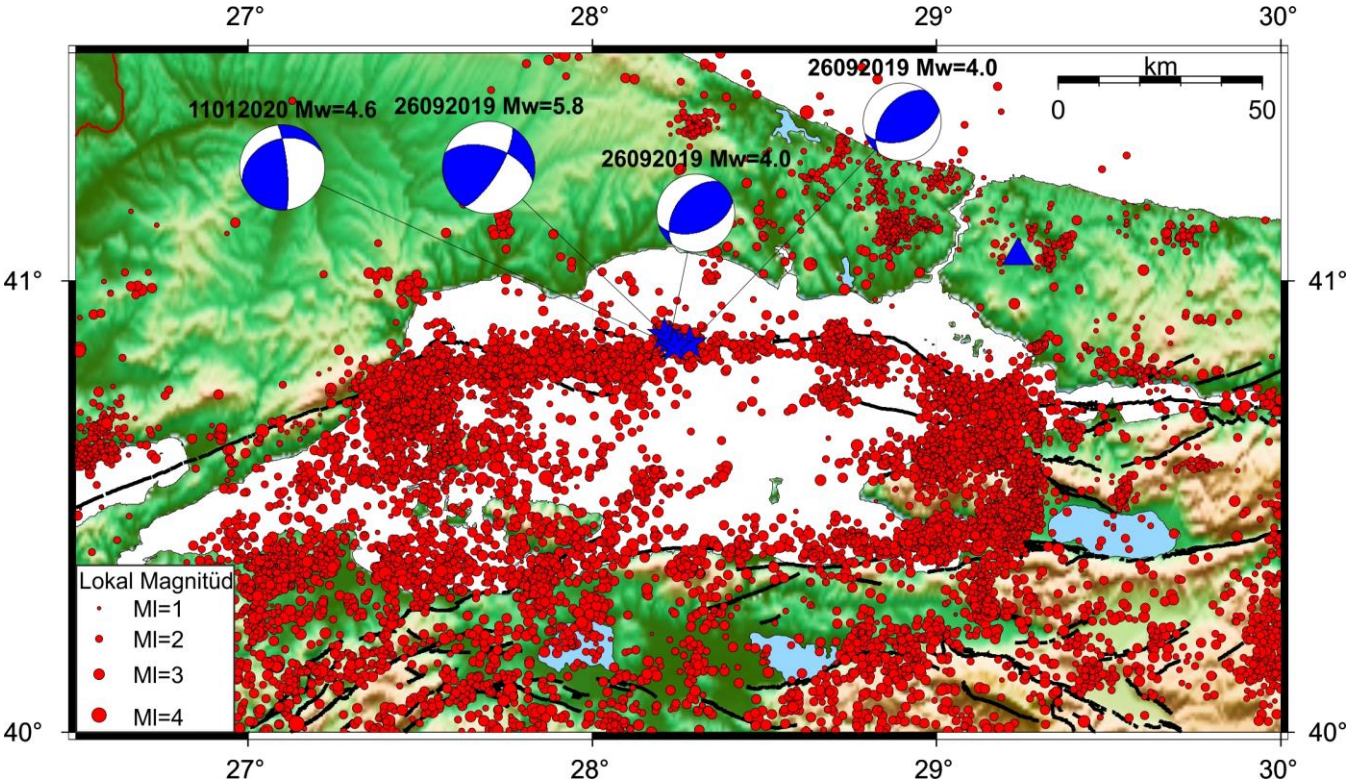


Şekil 4.1. Marmara Bölgesi'nde 1700'den Günümüze Meydan Gelen Depremlerin Lokasyonu (Barka, 1997; Gurbuz vd., 2000) (Kırmızı kesikli çizgiler 1900'lü yıllarda meydana gelen depremlerin oluşturdukları yüzey kırıklarını göstermektedir. Sarı ile gösterilen elipsler 1700 ve 1800'lü yıllarda meydana gelen depremlerin oluşturdukları tahmini yüzey kırığı alanlarıdır).

Şekil 4.1'de son 300 yılda İstanbul ve civarında meydana gelen depremler görülmektedir. Bu 300 yıllık zaman dilimine bakıldığında İstanbul ve civrındaki depremlerin tamamının denizde olduğunu görmekteyiz. Bu denizde olan depremler aynı zaman normal bileşenli doğrultu atımlı sağ-yanal faylarda meydana gelmiştir. Normal bileşenli faylarda Marmara Denizi içinde tsunamilere yol açmıştır. Diğer bir deyişle depremin binalar üzerindeki sismik dalgalardan meydana gelen hasarı yanında ayrıca deniz dalgalarının meydana getirdiği tsunamiden dolayı kıyı şeridi de zarar görmüştür. Marmara Bölgesi sadece İstanbul ile değil aynı zamanda diğer şehirleriyle de bir bütün olarak sismik hareketliliğe sahiptir (Tablo 4.1, Şekil 4.1). Bölgedeki özellikle Marmara Denizi içindeki depremler dikkate alındığında depremlerin belirli zamanlarda tekrarladığı görülmektedir. Parsons (2000; 2004) tekrarlanma peryodlarını dikkate alarak Monte Carlo simulasyonu yaparak Marmara Denizi içindeki depremlerin olma olasılıklarını hesaplamıştır. Buna göre Marmara Denizi içinde şiddetli bir depremin önümüzdeki 30 yıl içinde olma olasılığı %62 ± 15 olarak hesaplanmıştır (Parsons, 2000; 2004).

4.5. İstanbul ve Civarındaki Güncel Depremsellik

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (BÜ-KRDAE) Bölgesel Deprem ve Tsunami İzleme Merkezi (BDTİM) kataloglarından aldığımız verilere göre İstanbul ve civarında 2005'ten günümüze son 10 yıllık zaman dilimi içerisindeki Marmara Denizi içindeki depremsellik Şekil 4.2'da gösterilmektedir.

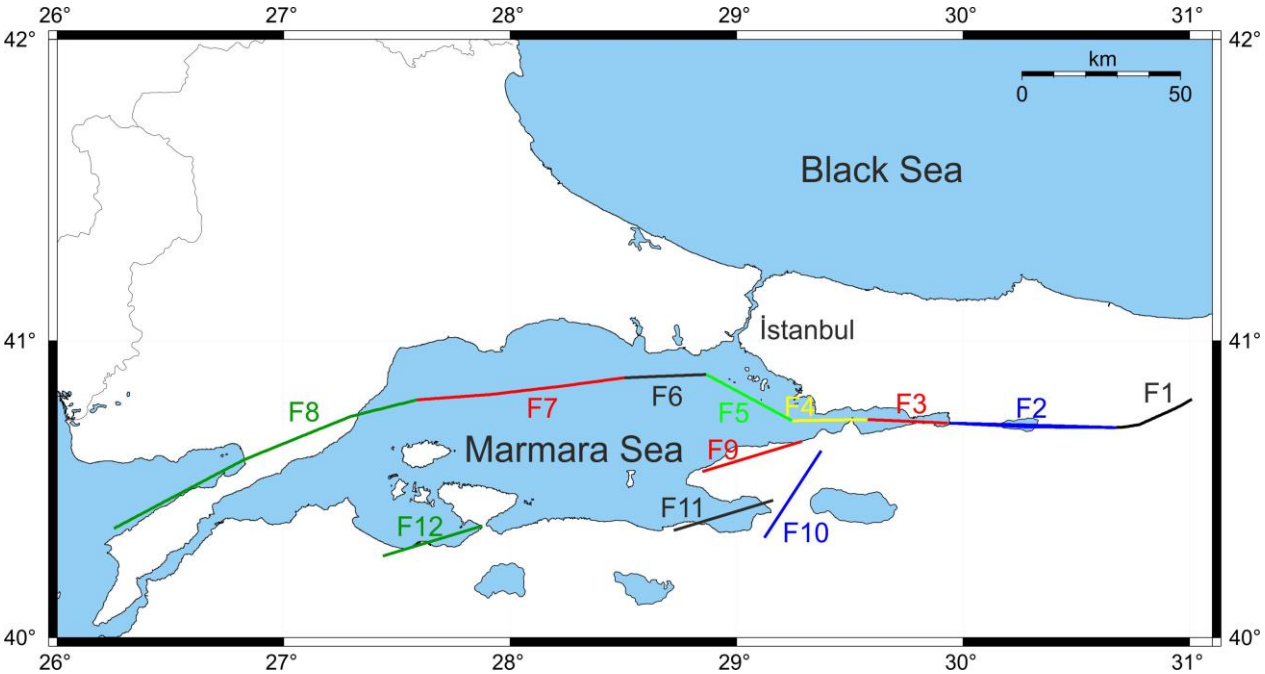


Şekil 4.2. 2005'den günümüze İstanbul ve civarındaki local/Richter Magnitüdü (M_l) 1.0'dan büyük depremlerin lokasyonu. Kırmızı daireler deprem lokasyonlarını göstermektedir. Haritadaki siyah çizgiler ise Marmara Bölgesi'ndeki aktif fayları göstermektedir (Emre vd., 2013). Mavi üçgen Proje'nin lokasyonunu göstermektedir. Mavi yıldızlar 26 Eylül 2019 Mw5.8 Silivri Depremi'ni ve bu depremin artçı şoklarını işaret etmektedir (www.koeri.boun.edu.tr).

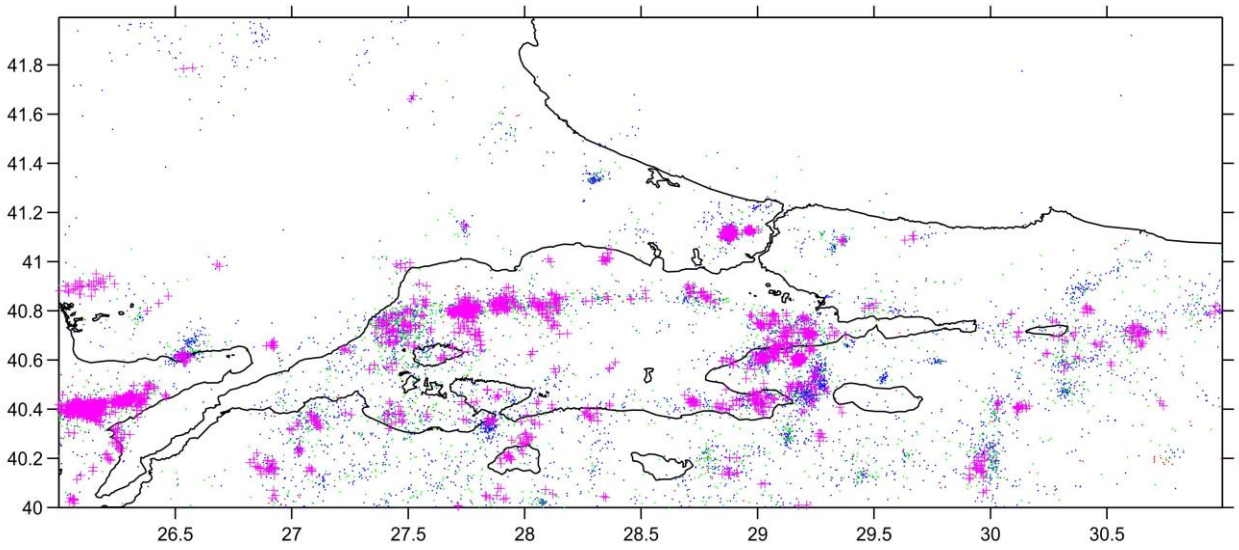
Şekil 4.2'da görülen 1 Ocak 2005'den günümüze güncel depremsellik haritasında görüldüğü üzere depremler Marmara Denizi içinde ve Yalova civarında yoğunlaşmaktadır. Özellikle Marmara Denizi'nin batı kısmında yoğun bir hareketlilik göze çarpmaktadır. Bu hareketlilik İstanbul açıklarında göreceli olarak azalmakta ancak Prens Adaları'nın (Büyükada ve çevresi) güneyinde tekrar artmaktadır. Yalova ve Çınarcık havzası burada hareketli bölgeler olarak görülmektedir. İstanbul'un depremselliğine bakıldığında karada yoğun bir depremsellik ise görülmemektedir. Karada olan birkaç küçük depremin dışında depremsellik yok denecek kadar azdır. Depremsellik

yukarıda verdiğimiz fay modellerine (Barka, 1997; Le Pichon vd., 2003; Armijo vd., 2005) uygunluk göstermektedir. Bu haritada mavi renkle gösterilen odak mekanizması küreleri 26 Eylül 2019 Mw5.8 Silivri Depremini ve artçılarını betimlemektedir.

Marmara bölgesi için mevcut sismotektonik bilgiler ve deprem bilgilerinin derlenmesiyle oluşturulmuş, farklı sismotektonik kaynak bölgelemesi çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalar sırasıyla Erdik vd. (2004) ve Demircioğlu (2010) olarak verilebilir. Bu çalışmada olasılıksal deprem tehlike değerlendirmesi için önerilen fay kaynak modelleri, güncel Marmara Bölgesi depremselliği kullanılarak yeniden oluşturulmuştur. Bu fay modelleri son 30 yıl içinde Marmara Bölgesi içinde yer alan local büyüklüğü 1.0 ve üstü depremler kullanılarak elde edilmiştir. Bu kapsamda önerilen fay kaynak modelleri Şekil 4.10'da görülmektedir. Marmara Bölgesi'ndeki güncel depremsellikten elde edilen fay segmentleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Elde edilen fay modelleri analizimizde *"Karakteristik Fay Modeli"* olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada Marmara Bölgesi için arka plan (background) depremsellik alan modeli Reasenberg (1985) modeli kullanılarak yeniden hesaplanmıştır. Bu arka plan depremsellik alan modeli Şekil 4.11'de görülmektedir. Burada Reasenberg (1985) yöntemi ile decluster yapıp, arka plan (background) depremselliği bulunmuştur. Toplam depremi sayısı 10493 adet olup, toplamda 413 deprem kümesine ait 2124 deprem, bu sayıdan çıkartılmıştır. Declustering sonucu Marmara Bölgesi'ndeki arka plan depremselliğine ait 8782 adet depremi gözlemlenmektedir. Şekil 4.11'de bu deprem kümeleri harita üzerinde pembe olarak işaretlenmiştir.



Şekil 4.10. Marmara Bölgesi için bu çalışmada son 30 yıllık Marmara Bölgesi depremselliğinden elde edilen ve önerilen kaynak bölgelemesi.

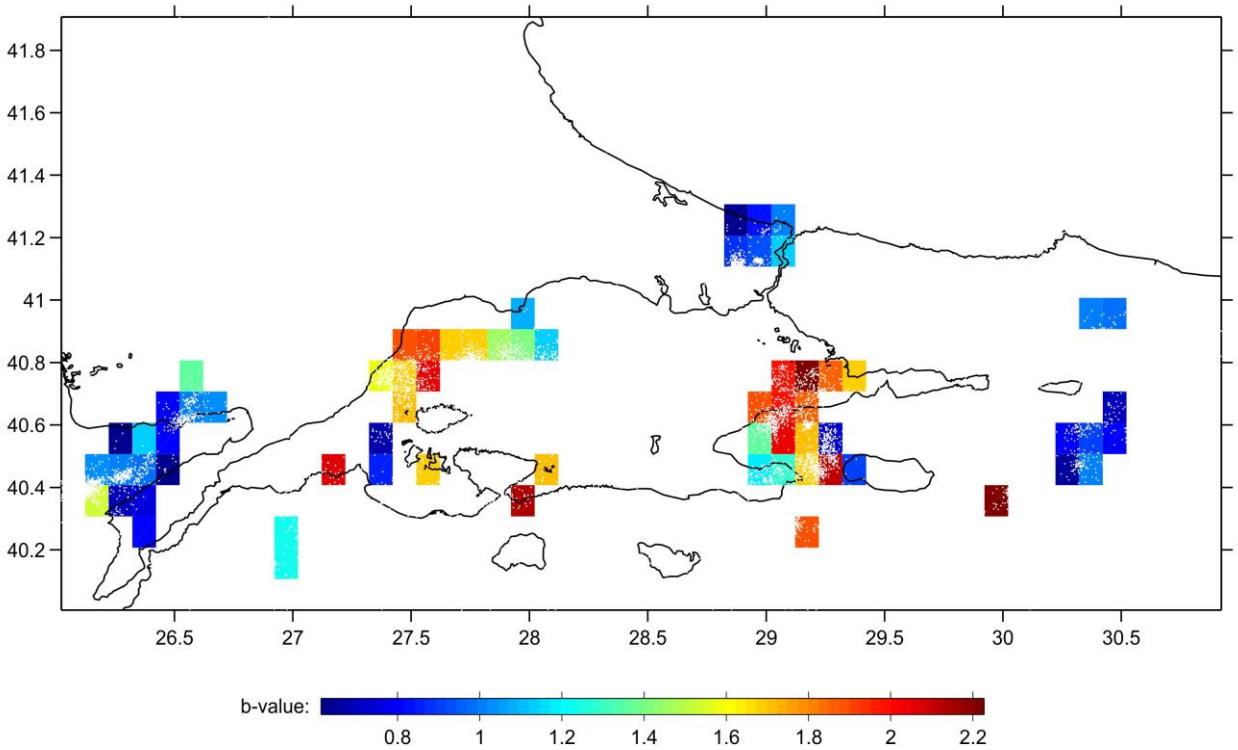


Şekil 4.11. Marmara Bölgesi'nin Reasenberg (1985) tarafından önerilen decluster yöntemi kullanılarak bulunan arka plan (background) depremsellik haritası.

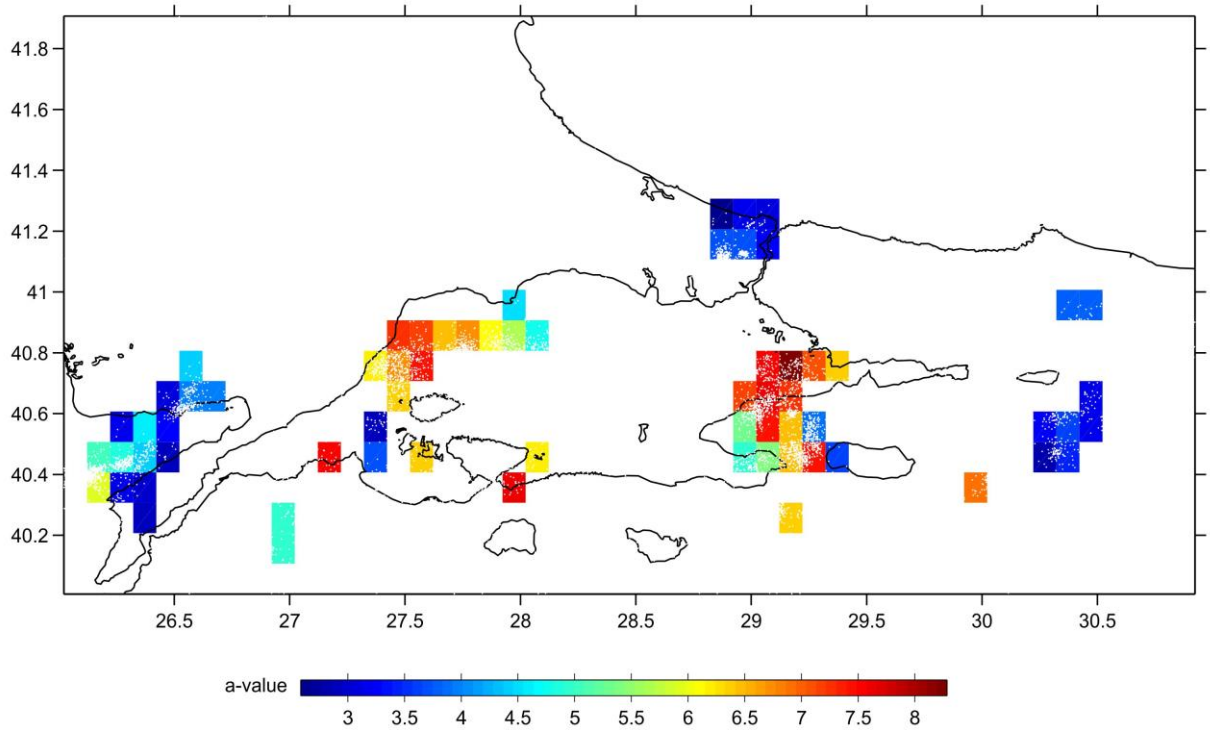
Bu çalışmada ayrıca bu arka plan depremsellik kullanılarak bölgenin depremsellik parametrelerine (a-değeri, b-değeri) ve tanımlılık magnitüdüne (completeness, Mc) bakılmıştır. Bu parametreler Wiemer (2001) tarafından önerilen ZMAP paket programı kullanılarak bulunmuştur. Çalışmada bu değerler hesaplanırken, bölge 10 km'lik gridlere bölünmüş ve bu gridler kullanılarak bölgenin

depremsellik parametreleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar en büyük olasılık yöntemi (maximum likelihood) kullanılarak hesaplanmıştır. Şekil 4.12, 13 ve 14'de sırasıyla b-değeri, a-değeri ve Mc değerleri görülmektedir. Özellikle b-değerleri depremsellik çalışmalarındaki en önemli parametredir. Bu parametre bölgedeki sismotektonik gerilmelerle ilişkilendirilmektedir (Görgün vd., 2009). Bir depremi öncesi düşük b-değerleri bölgedeki gerilim artışına işaret etmektedir. Görgün vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada 12 Kasım 1999 Mw 7.2 Düzce depremi öncesinde bölgede düşük b-değerlerine rastlanmıştır.

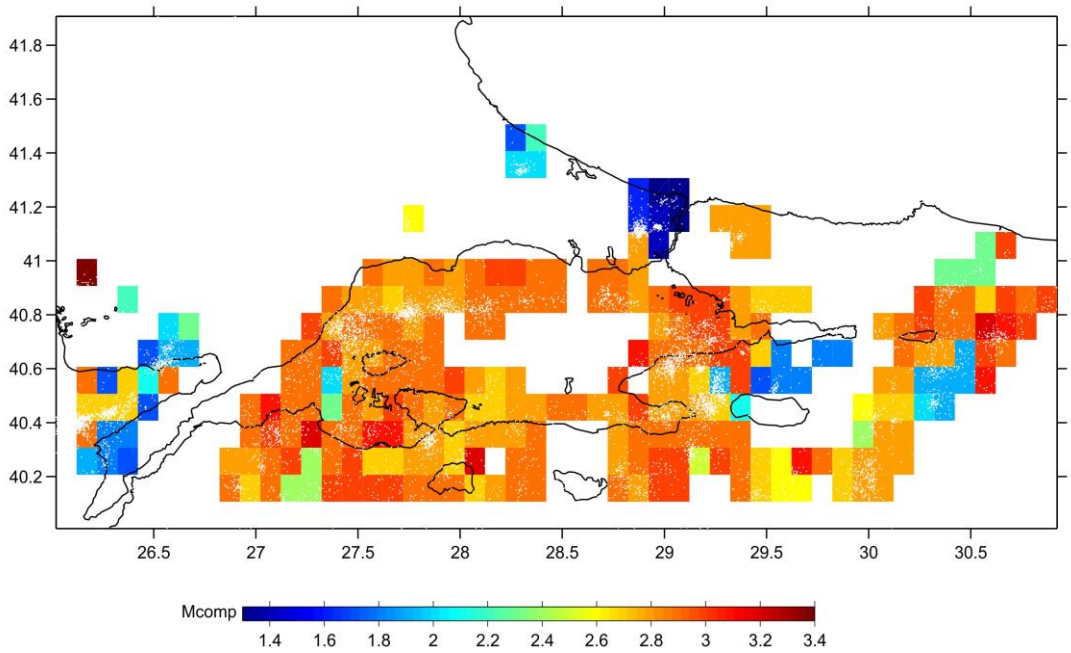
Mc değeri bölgede ölçülebilen en küçük ve en büyük değerleri göstermektedir. Bu değer sismik ağ ile ilişkilidir. Sismik ağın güçlü olduğu yerlerde eşik değer daha düşük, zayıf olduğu yerlerde ise daha büyük değerler gözlenmiştir.



Şekil 4.12. Marmara Bölgesi'nin b-değeri haritası.



Şekil 4.13. Marmara Bölgesi'nin a-değeri haritası.



Şekil 4.14. Marmara Bölgesi'nin Mc haritası.

Tablo 4.2. Marmara Bölgesi için bu çalışmada kullanılan fay segmentlerinin isimleri, kaynak mekanizmaları ve bu fayların oluşturacağı maksimum deprem büyüklükleri (fay segmentleri Şekil 4.10'da gösterilmektedir). Tablodaki slip rate verileri Ergintav vd. (2014)'ten alınmıştır.

Kaynak	Fay Segmentinin İsmi	Mekanizma	Slip Rate	M_{maks}
F1	Karadere	Doğrultu Atım	25	7.2
F2	Sapanca	Doğrultu Atım /Normal	25	7.2
F2-F3	Sapanca- İzmit	Doğrultu Atım /Normal	25	7.5
F2-F3-F4	Sapanca- İzmit- Hersek	Doğrultu Atım /Normal	25	7.6
F3	İzmit	Doğrultu Atım	25	7.2
F4	Hersek	Doğrultu Atım	25	7.2
F5	Adalar	Doğrultu Atım	27	7.2
F5- F6- F7	Adalar- KÇ-OM	Doğrultu Atım	27	7.7
F6	Küçükçekmece	Doğrultu Atım	25	7.2
F7	Orta Marmara Fayı	Doğrultu Atım	25	7.2
F8	Ganos	Doğrultu Atım	25	7.2
F9	Çınarcık	Doğrultu Atım	8	6.7
F10	Armutlu	Doğrultu Atım	8	6.5
F11	Gemlik	Doğrultu Atım	8	6.6
F12	Erdek	Doğrultu Atım	4	6.5

4.6. Olasılıksal Deprem Tehlike Değerlendirmesi

Deprem tehlikesi, temel olarak hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu değerin belirlenmesi için kullanılan jeolojik, sismolojik, kuvvetli yer hareketi gibi girdilerin her biri de potansiyel olarak belirsizlik içerdiğinden, olasılıksal yöntemler sistematik olarak bu belirsizliklerin güçlü ve uyumlu bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır.

Olasılıksal sismik tehlike analizi; sismik kaynakların geometrisinde, ilgilenilen sahaya uzaklıklarında, azalım ilişkilerinde, beklenen depremlerin büyüklüklerindeki belirsizlik durumlarında, ilgilenilen sahaya seçilen tasarım periyodu içinde gelebilecek ve belli bir aşılma olasılığına sahip yer hareketi parametrelerinin sistematik bir şekilde modellenip, tahmin edilebilmesini sağlar. Jeolojik parametrelerden başlayarak, kaynaktan uzaklığa kadar uzanan birçok öğenin belirsizliğe sahip olabildiği bu doğa olayı karşısında; sahanın maruz kalacağı yer hareketi parametrelerinin tahmininin, deterministik analiz yaklaşımıyla karşılaştırıldığında çok daha fazla başarılı olduğu, yöntemin Cornell (1968) tarafından ortaya atıldığı tarihten beri uygulama alanlarının genişlemesiyle görülmektedir. Cornell'in (1968) geliştirdiği olasılıksal sismik tehlike belirlemesi yöntemi, daha çok parametrenin rastlantısallaştırılması gibi değişikliklere uğradıysa da, günümüze kadar esas olarak aynı çerçeve üzerinde seyretmiştir.

Olasılıksal deprem tehlikesinin belirlenmesinde temel olarak aşağıdaki adımlar sırasıyla takip edilir:

- **i)** Bölge için sismik tehlikeyi oluşturan alan kapsamındaki sismotektonik verilerin derlenmesi,
- **ii)** Derlenen sismotektonik verilerin ışığında sismik kaynak bölgelendirilmesinin yapılması,
- **iii)** Bölgelendirilmiş kaynakların deprem üretme potansiyellerinin saptanması ve deprem büyüklüğü – tekrar ilişkilerinin çıkarılması,
- **iv)** Belirlenen deprem kaynaklarının karakteristiğine uygun olan ampirik kuvvetli yer hareketi parametresi tahmin ilişkilerinin derlenmesi ve analizlere dahil edilecek şekilde düzenlenmesi,

v) İlgilenilen tüm parametrelerin belirsizliklerini göz önünde bulundurarak proje lokasyonu için maksimum yatay yer ivmesi aşılma olasılığı dağılımlarının, dolayısıyla senelik sismik tehlike eğrilerinin elde edilmesi,

vi) Bu analizlerin, maksimum yatay yer ivmesi tahmininin yanı sıra verilen süre ve aşılma olasılıklarına karşılık gelen deprem tasarım spektrumu ordinatlarını tahmin etmek için uygulanması,

vii) Seçilen deprem tasarım spektrumuyla uyumlu ivme-zaman kayıtlarının derlenmesi.

Kordinatları 41.0424°K enleminde ve 28.7897°D boylamında olan proje alanında olasılıksal sismik tehlike analizi kesme dalgası hızı V_S30 = 373 m/sn ve ZC zemin sınıfı alınarak DD-2 sismik tehlike seviyesi için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması (https://tdth.afad.gov.tr/) kullanılarak hesaplanmış ve aşağıda sunulmuştur.

Tablo 4.3. Proje sahasında DD-2 deprem seviyesi için TBDY-2018 azalım ilişkileri kullanılarak hesaplanan değerler.

S_S = 0.719	S_1 = 0.208	PGA=0.300	PGV=18.587

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

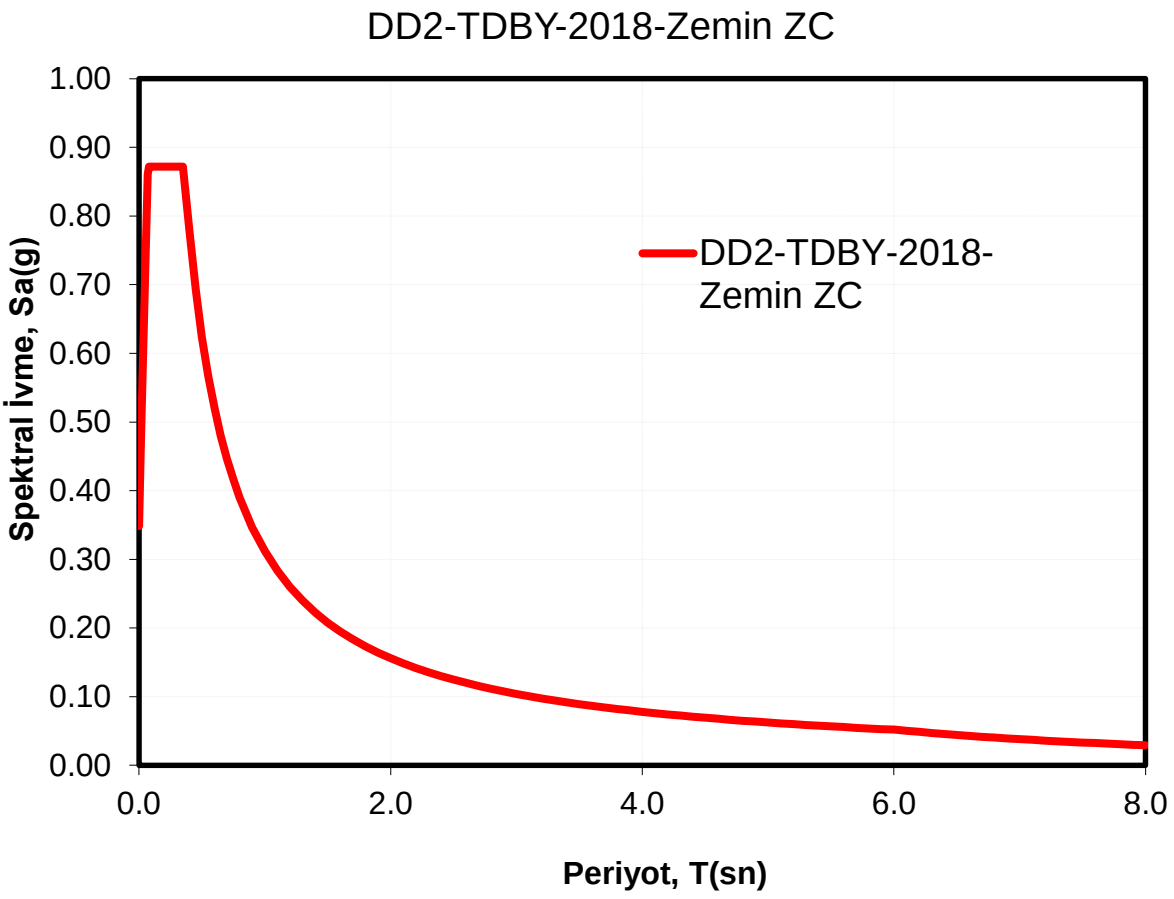
Tablo 4.4. Proje sahasında DD-2 deprem seviyesi için TBDY-2018 azalım ilişkileri kullanılarak hesaplanan spektral ivme katsayıları. Yerel Zemin Sınıfı ZC ve S_1 =0.208 için F_1=1.500 değerleri kullanılmıştır.

$$S_{DS} = S_S\, F_S = 0.719 \text{ x } 1.212 = 0.872$$

$$S_{D1} = S_1\, F_1 = 0.208 \text{ x } 1.500 = 0.312$$

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]



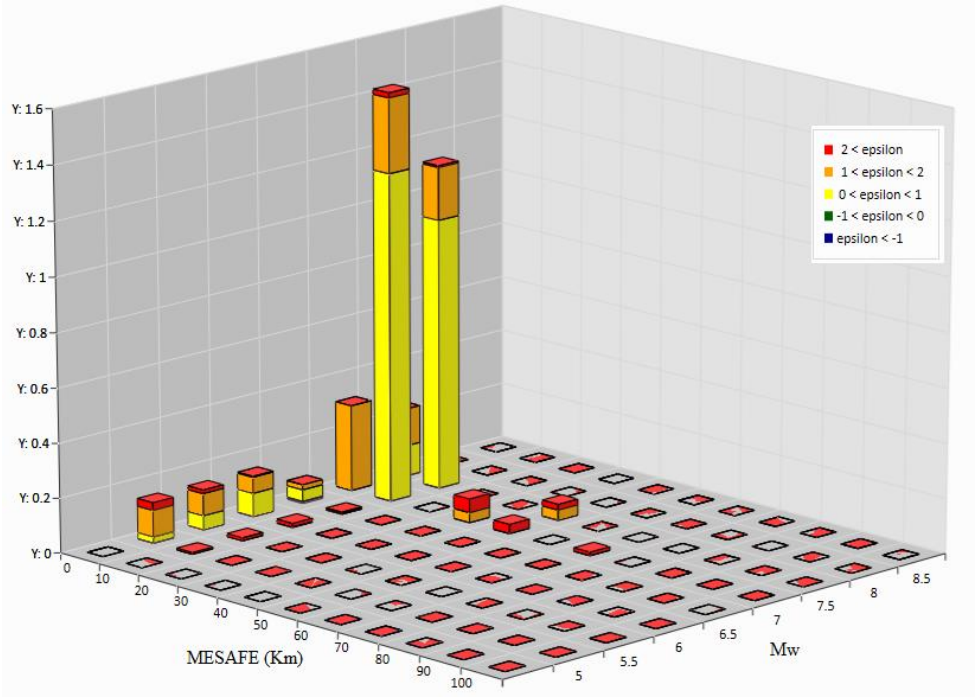
Şekil 4.15. Proje için hesaplanan Yatay Deprem Tasarım Spektrumları.

4.7. Analizlerde Kullanılacak Deprem Yer Hareketlerinin Seçimi

TBDY-2018 zaman tanım alanında yapılacak analizler için aşağıdaki özelliklere sahip olan en az yedi deprem yer hareketi takımı (yatay doğrultuda birbirine dik iki yatay bileşen için ivme kayıtları) seçilmesi istenmektedir.

a. Her bir deprem yer hareketi takımı için senaryo depremi parametreleri ile uyumlu gerçek deprem ivme kayıtları kullanılacaktır.
b. Yeterli sayıda gerçek deprem ivme kaydı bulunamadığı durumlarda, deprem yer hareketi simülasyonları ve tasarım spektrumu ile uyumlu olarak üretilmiş yapay deprem yer hareketleri kullanılabilir. Aynı ivme kaydı (akselerogram) her iki yatay doğrultu için de kullanılmaz.
c. Yapılacak deprem yer hareketi simülasyonları faylanma mekanizması, yırtılma özellikleri, deprem kaynağı ve kayıt istasyonu arasındaki ortamın jeolojik yapısını göz önüne alan fiziksel bir modele dayalı olmalıdır.
d. Spektrum uyumlu olarak üretilmiş yapay deprem yer hareketlerinin faz spektrumunun senaryo depremi parametreleri ile uyumlu gerçek deprem ivme kayıtlarının faz spektrumuna benzemesi gereklidir.
e. Her bir deprem yer hareketi takımından hesaplanan 0s periyodundaki %5 sönüm oranlı spektral genliklerin ortalaması tasarım spektrumunun 0s periyodundaki spektral genliğinden ($0.4S_{MS}$) daha düşük olmamalıdır.
f. Her bir deprem yer hareketi kaydı ivme genliğinin ±0.05g'yi ilk ve son olarak aştığı iki nokta arasında kalan süre, binanın doğal titreşim periyodunun 5 katından veya 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.
g. Her bir deprem yer hareketi takımının iki bileşenine ait %5 sönüm oranlı spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke spektrum elde edilecektir.
h. Bileşke spektrumun 0.2T ve 1.2T (T=binanın hakim doğal titreşim periyodu) periyotları arasındaki genliklerinin, deprem tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinin 1.3 katından daha az olmaması kuralına göre, deprem yer hareketleri bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir. Her iki bileşenin ölçeklendirilmesi aynı oranlarda yapılacaktır.

Proje için Hesaplanan Olasılıksal Tehlike Analizi sonuçları çok sayıda farklı kaynak saha uzaklığında oluşabilecek farklı magnitüdlerdeki potansiyel depremlerin toplam riskine dayalı olarak yapılmıştır. Bu sebeple, spektrum uyumlu deprem yer hareketlerinin seçilmesinden önce DD-2 deprem seviyesi için proje sahasını etkileyecek en olası kaynak saha uzaklığındaki en olası deprem büyüklüğünü hesaplamak amacıyla *deaggregation* (ayrıştırma) işlemi yapılmıştır (Şekil 4.16). Spektrum uyumlu deprem yer hareketleri seçiminde *deaggregation* sonuçları gözönünde tutulmuştur (yaklaşık 13-30 km uzaklıkta ve M_w=6.9-7.3 büyüklüğünde).



Şekil 4.16. Magnitüd-Mesafe-Epsilon Deaggregation (ayrıştırması). DD-2 deprem seviyesi için ve spektral tepki % 5 sönüm-Ortalama yatay bileşen.

Proje için spektrum uyumlu deprem yer hareketlerinin seçilmesinde yukarıda belirtilen kurallar aşağıdaki gibi uygulanmıştır:

a. Deprem yer hareketlerinin seçilmesinde PEER NGA Veri Bankası (PEER, 2006) (4096 adet yer hareketi) kullanılmıştır.
b. Deprem moment büyüklüğü, M_W=6.9-7.3 arasında olan ve Zemin Sınıfı B veya C olan deprem yer hareketleri seçilmiştir.

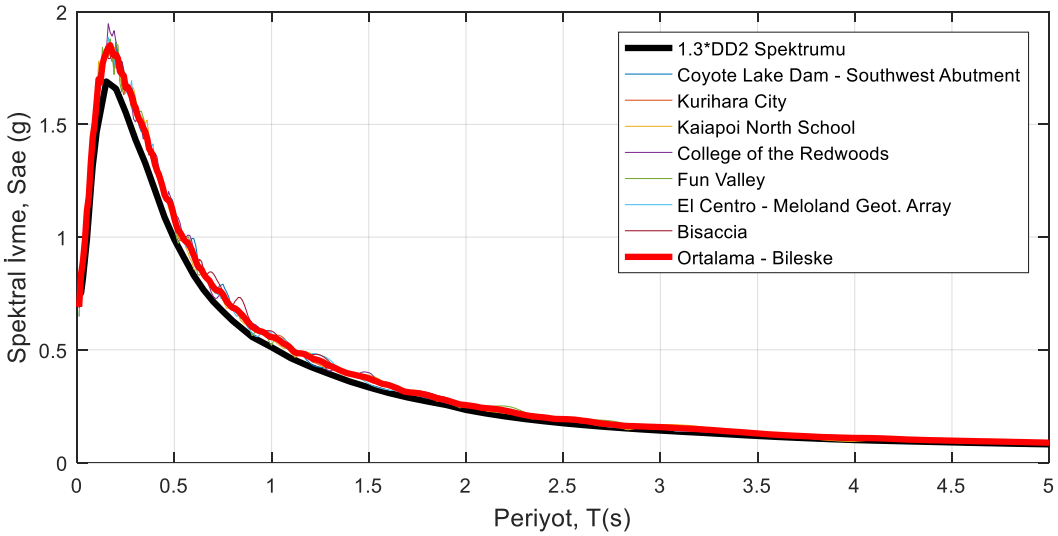
c. Seçilen deprem yer hareketlerinin fay hattına en yakın mesafesi 13-30 km arasında değişmektedir.
d. *Proje* sahasında yapılacak olan yüksek katlı binaların periyodları 2.0-3.0 sn aralığında tahmin edilmiştir. Buna göre, seçilen deprem yer hareketlerinden elde edilen bileşke spektrumun DD-2 deprem düzeyi için 0.2s–8.0 sn periyodları arasındaki genlikleri TBDY-2018'e uygun olarak ölçeklendirilmiştir (Fahjan, 2008).
e. Ölçeklendirilen deprem hareketleri içerisinden Deprem Tasarım Spektrumları'na en uygun olan 7 kayıt seçilmiştir. Deprem Tasarım Spektrumu ile zaman tanım alanında ölçeklendirilmiş deprem yer hareketlerinin spektrumları tam uyumlu olmadığından ölçeklendirme frekans alanında yapılmıştır.
f. Tüm tasarım spektrumları ve Bileşke spektrumlar, %5 sönüm oranı için elde edilmiştir.
g. Bileşke spektrum, deprem yer hareketinin iki bileşenine ait spektrumların karelerinin toplamının karekökü alınarak elde edilmiştir.

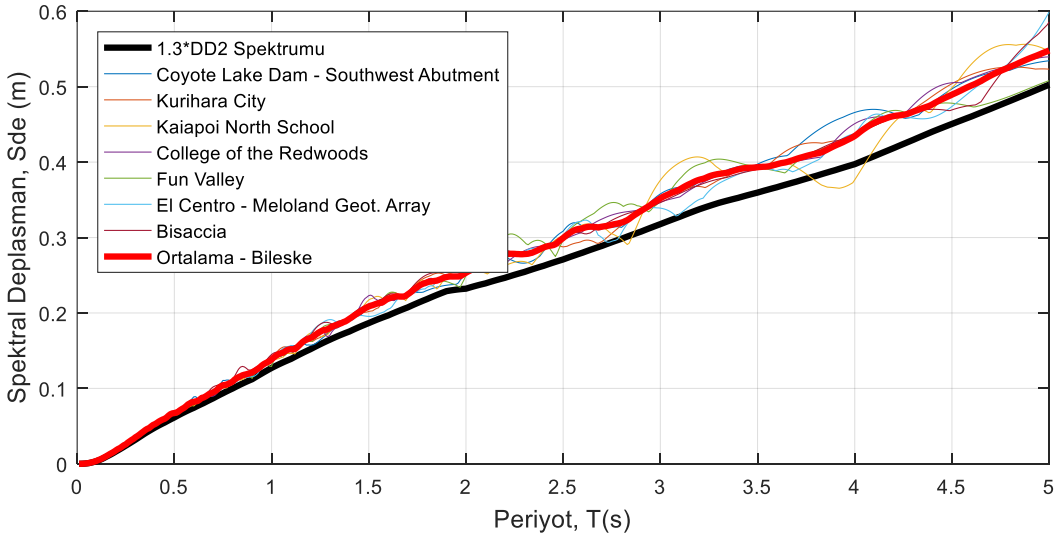
Deprem yer hareketinin zaman tanım alanındaki spektrum-uyumlu simülasyonları için yapılan analizlerde, Lilhanand ve Tseng (1987) tarafından zaman tanım aralığı için önerilmiş yöntem kullanılarak geliştirilmiş bir yazılım olan RSPMATCH (Al-Atik ve Abrahamson, 2010) programı tercih edilmiştir. Zaman tanım alanında çalışan bu yöntemde spektrum uyumlu yer hareketinin elde edilmesi için sonlu süreli dalgacık (wavelet) eklenmesi veya çıkarılması ile hedef spektruma uyumlu deprem kayıtları üretilmektedir. Bu yaklaşımla elde edilen kayıtların hedef spektruma oldukça yakın ve uyumlu olduğu görülmektedir. Dalgacıkların oluşturulması için RSPMATCH (Al-Atik ve Abrahamson, 2010) yazılımında iki model kullanılmaktadır. Bu temsili iki dalgacık modellerinin birincisi "zamanda tersinirilmiş tek dereceli sistem darbe davranış ivmesi" ikincisi ise "filtrelenmiş kosinüs dalgası" yöntemidir. Uygulanan her iki dalgacık modeli sonucunda istenilen frekans içeriğinde en büyük ivme değerlerine göre faz içeriğinde önemli bir değişiklik olmadan yer hareketleri elde edilebilmektedir. Çalışmada ilk olarak, PEER NGA West2 Veri Bankasından (PEER, 2013) yer hareketi kayıtları incelenerek istenilen özelliklere sahip yer hareketi kayıtları seçilmiştir. Daha sonra seçilen kayıtlar RSPMATHC (Al-Atik ve Abrahamson, 2010) programı kullanılarak yukarıda belirtilen şartları sağlayan 7 adet yer hareketi kaydı belirlenmiştir.

İstenilen koşullara sahip deprem yer hareketi kayıtları Tablo 4.5'de verilmiştir. Şekil 4.17'de ise her bir deprem yer hareketi için (DD-2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş) DD-2 deprem düzeyine ait spektral ivme, spektral deplasman, bileşke spektrumları ve ortalamaları verilmiştir. Şekil 4.18'den Şekil 4.31'e kadar her bir deprem yer hareketi kaydına ait orijinal ve DD-2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş ivme, hız, deplasman, spektral ivme, spektral deplasman, tasarım spektrumları ve bileşke spektrumlara ait grafikler verilmiştir.

Tablo 4.5. Seçilen Depremlerin Yer Hareketlerinin Karakteristik Özellikleri.

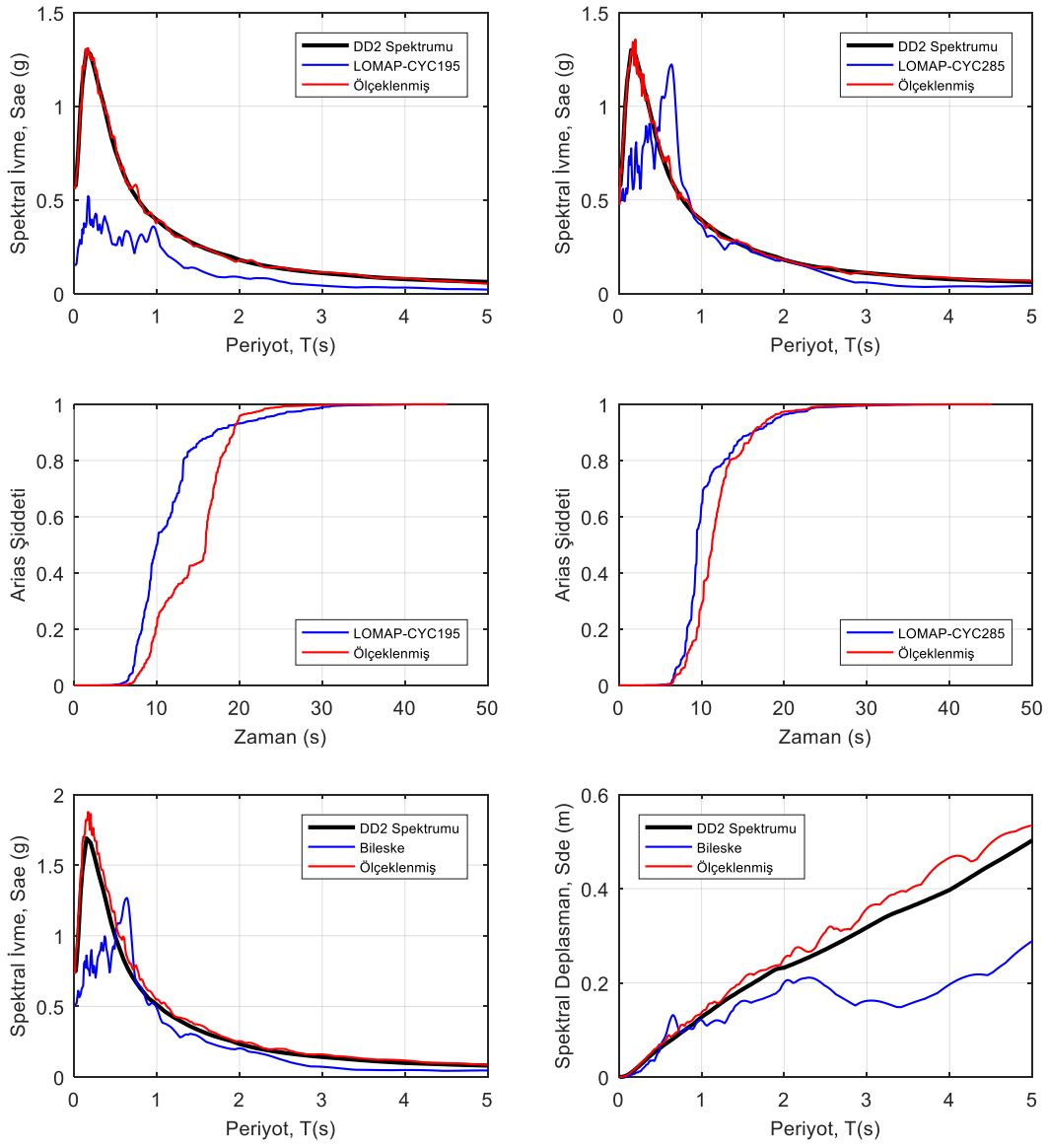
Deprem	M_w	Fay Mekanizması	İstasyon	Bileşen (H1)	Bileşen (H2)	Epi. Uzaklık (km)	EnKısa Uzaklık (km)	Zemin (Vs30)	Ölçeklendirme Katsayısı DD-2
Loma Prieta	6.9	Ters-Oblik	Coyote Lake Dam Abutment	CYC195.AT2	CYC285.AT2	19.97	20.34	561.43	1.106553
Iwate, Japan	6.9	Ters	Kurihara City	48A61NS.AT2	48A61EW.AT2	12.83	12.85	512.26	0.618732
Darfield, NewZealand	7.0	Doğrultu Atım	Kaiapoi North School	KPOCN15E.AT2	KPOCS75E.AT2	30.53	30.53	255.00	1.012606
Cape Mendocino	7.0	Ters	College of the Redwoods	CRW270.AT2	CRW360.AT2	29.22	31.46	492.74	1.471553
Landers	7.3	Doğrultu Atım	Fun Valley	FVR045.AT2	FVR135.AT2	25.02	25.02	388.63	1.342497
ElMayor, Mexico	7.2	Doğrultu Atım	El Centro Geot. Array	EMO360.AT2	EMO270.AT2	28.53	29.00	264.57	1.281341
Irpinia, Italy	6.9	Normal	Bisaccia	A-BIS000.AT2	A-BIS270.AT2	17.51	21.26	496.46	2.456697



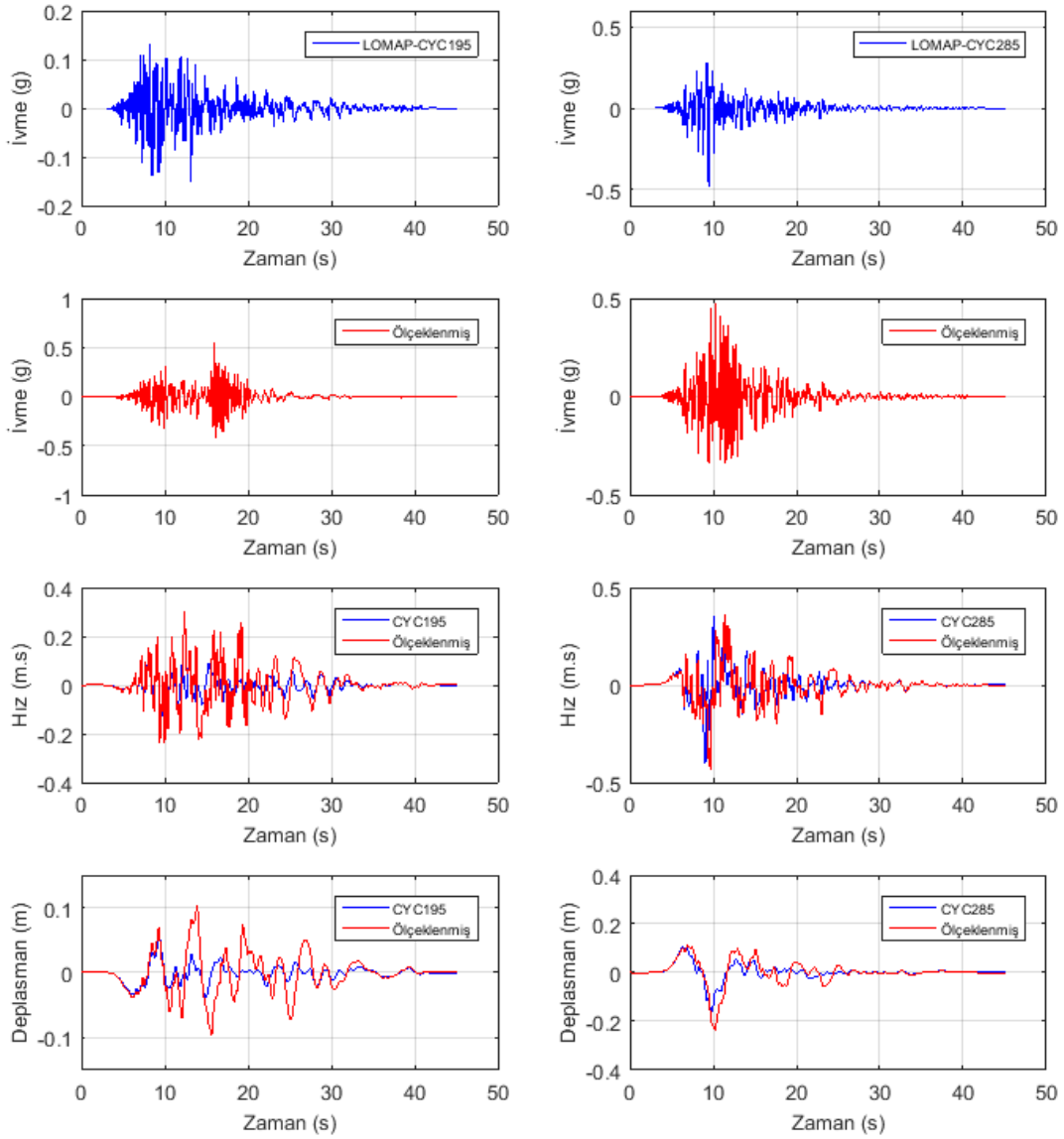


Şekil 4.17. Seçilen Deprem Yer Hareketlerine Ait (DD-2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş) Spektral İvme ve Spektral Deplasman Bileşke Spektrumları ve Ortalamaları.

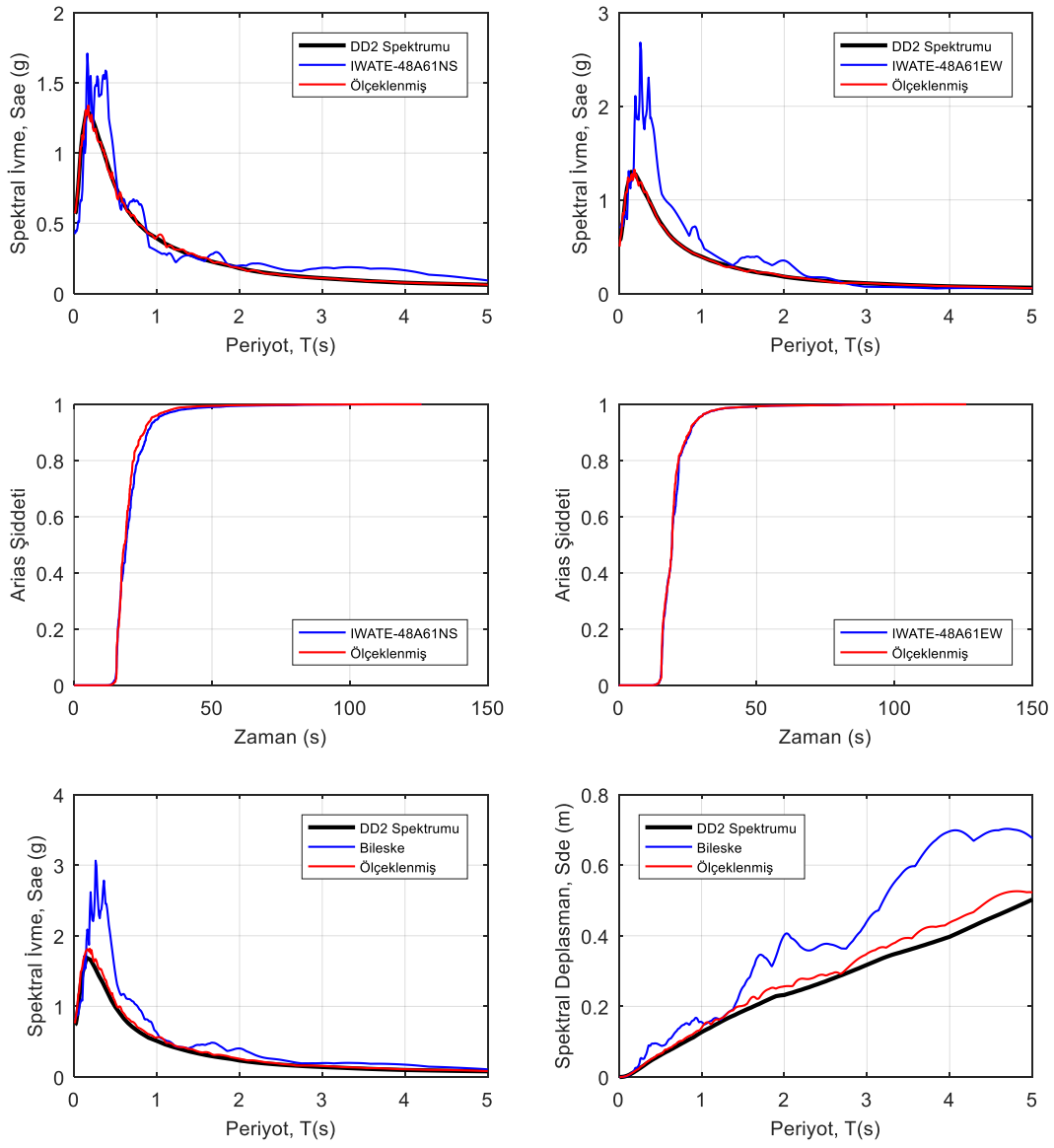
DD-2 Deprem Düzeyi İçin Ölçeklendirilmiş Deprem Kayıtları



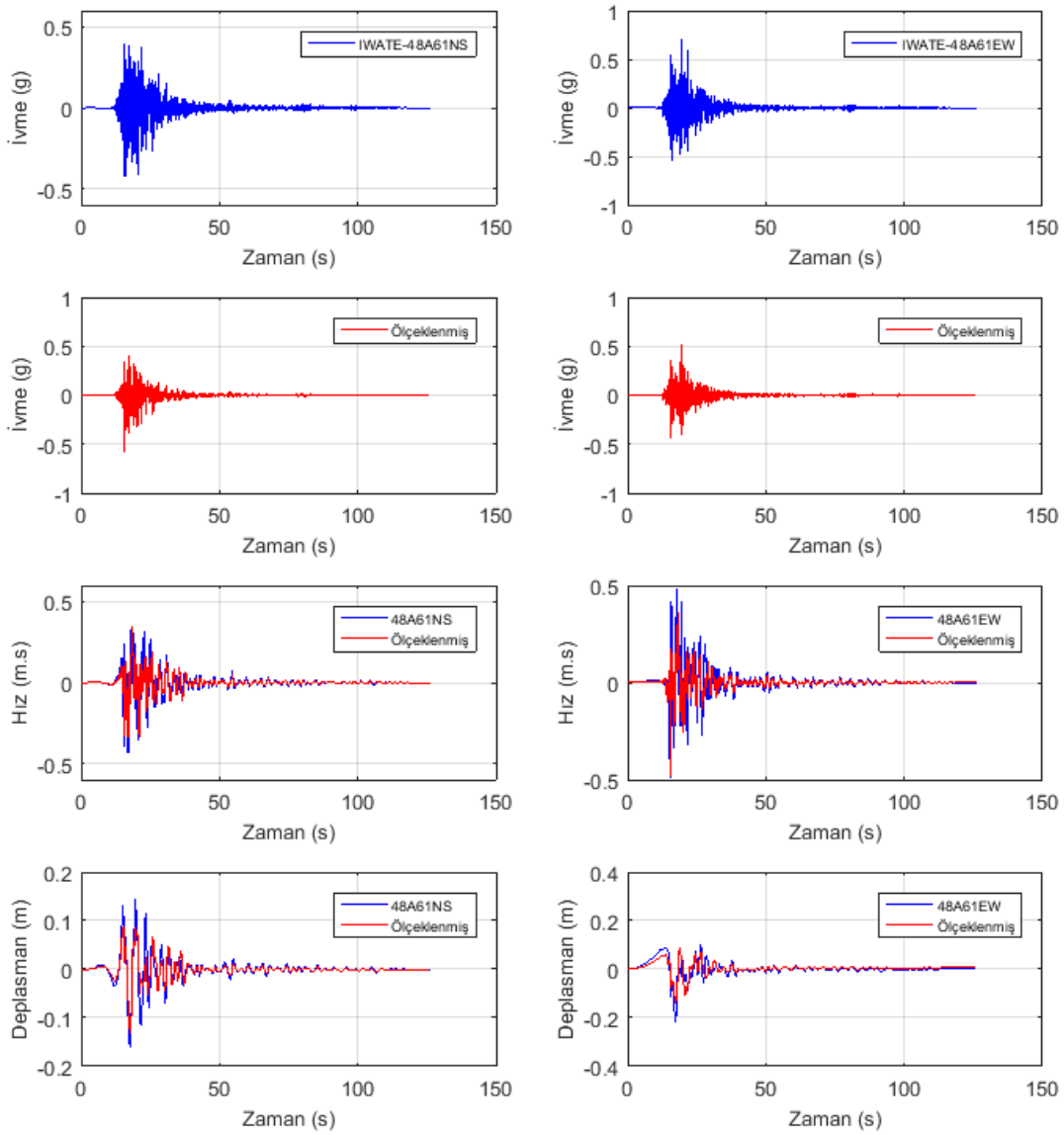
Şekil 4.18. Loma Prieta Depremi, Coyote Lake Dam - Southwest Abutment İstasyonu LOMAP_CYC195 ve LOMAP_CYC285 Bileşenleri Deprem Yer Hareketleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş) İçin Spektral İvme, Arias Şiddeti ve DD2 Deprem Düzeyi için Tasarım Spektrumları ve Bileşke Spektrumlar.



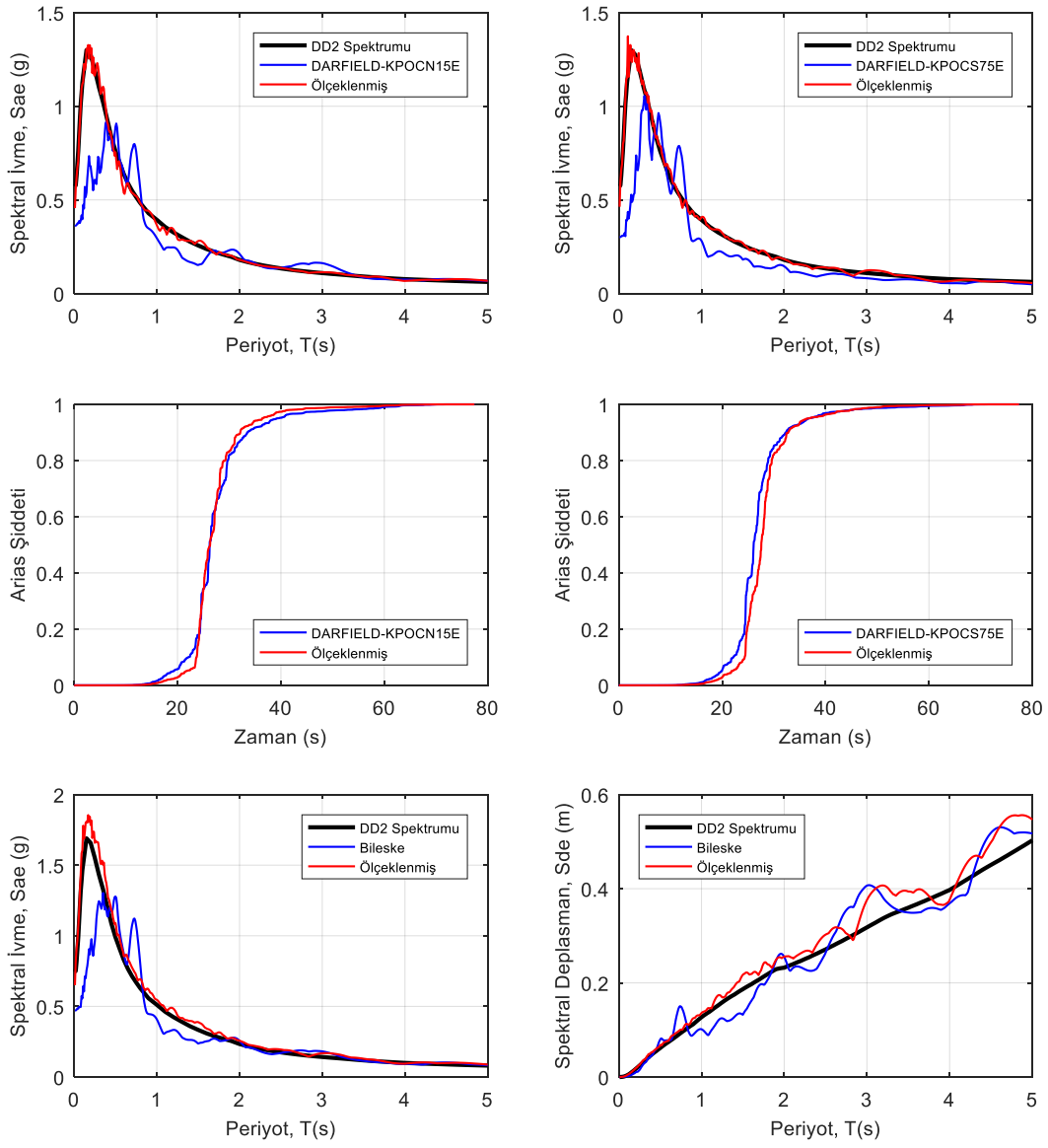
Şekil 4.19. Loma Prieta Depremi, Coyote Lake Dam - Southwest Abutment İstasyonu LOMAP_CYC195 ve LOMAP_CYC285 Yatay Bileşenlerinin Deprem Yer Hareketlerine Ait İvme, Hız ve Deplasman Grafikleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş).



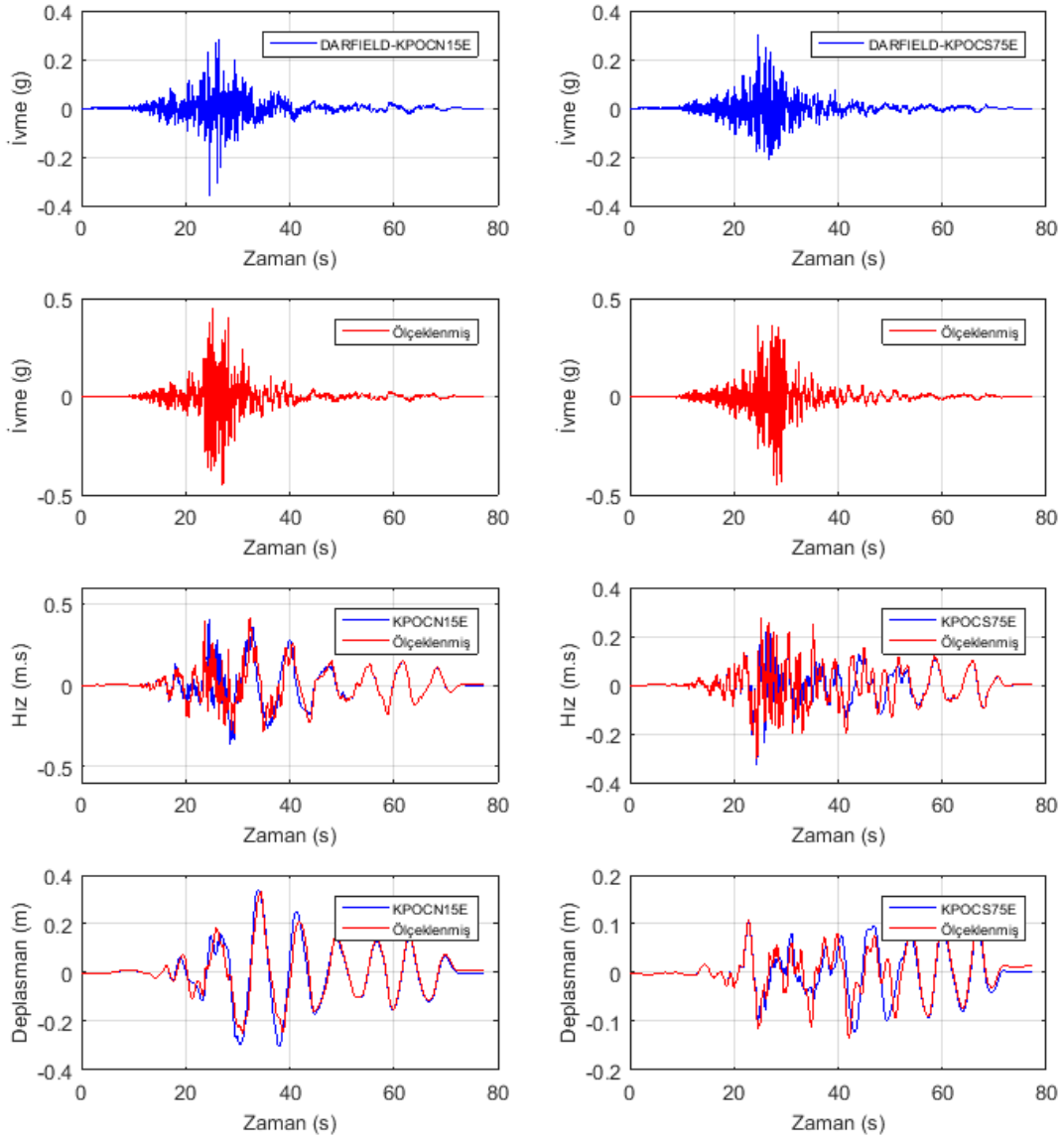
Şekil 4.20. Iwate, Japan Depremi, Kurihara City İstasyonu IWATE_48A61NS ve IWATE_48A61EW Bileşenleri Deprem Yer Hareketleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş) İçin Spektral İvme, Arias Şiddeti ve DD2 Deprem Düzeyi için Tasarım Spektrumları ve Bileşke Spektrumlar.



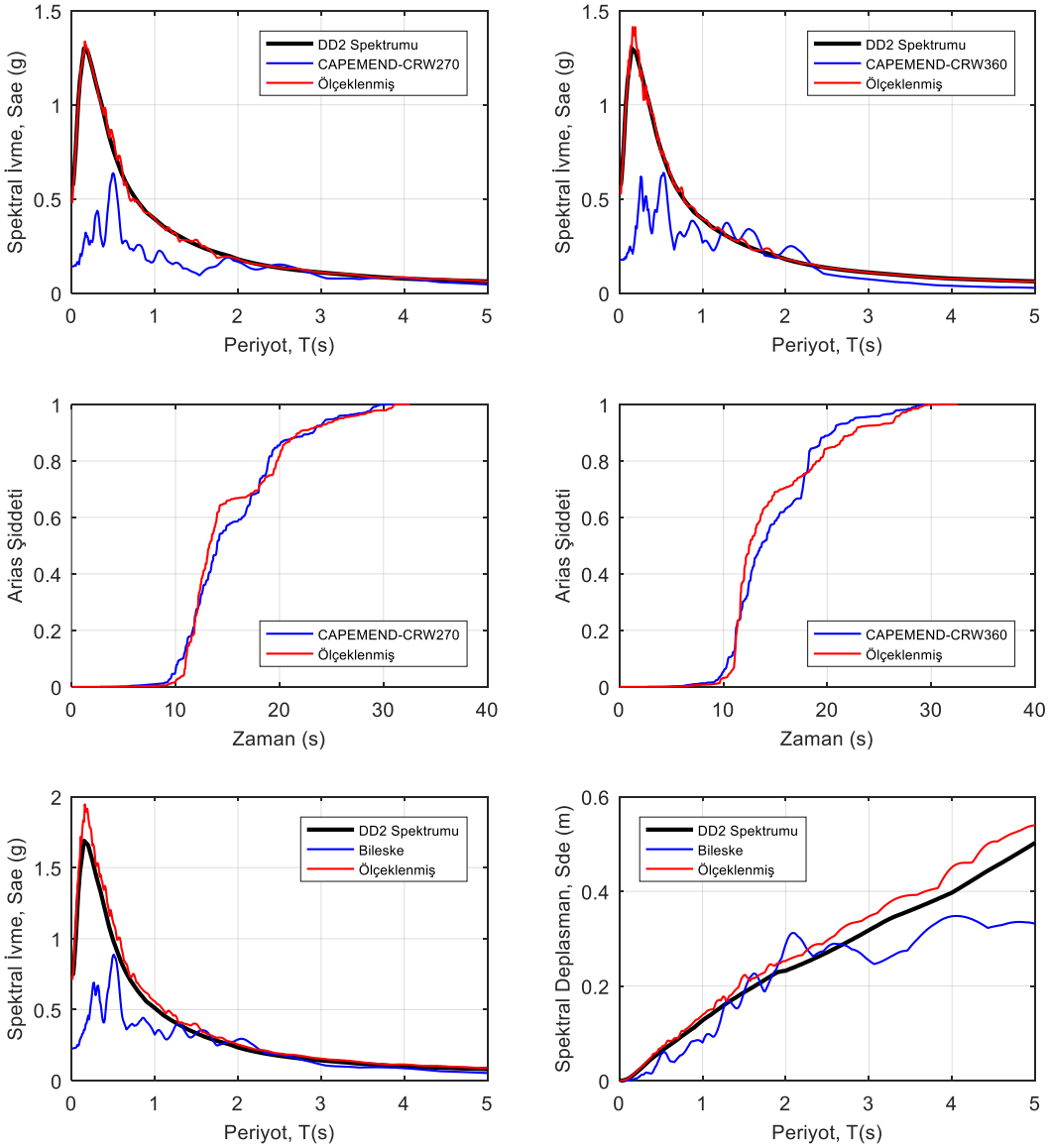
Şekil 4.21. Iwate, Japan Depremi, Kurihara City İstasyonu IWATE_48A61NS ve IWATE_48A61EW Yatay Bileşenlerinin Deprem Yer Hareketlerine Ait İvme, Hız ve Deplasman Grafikleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş).



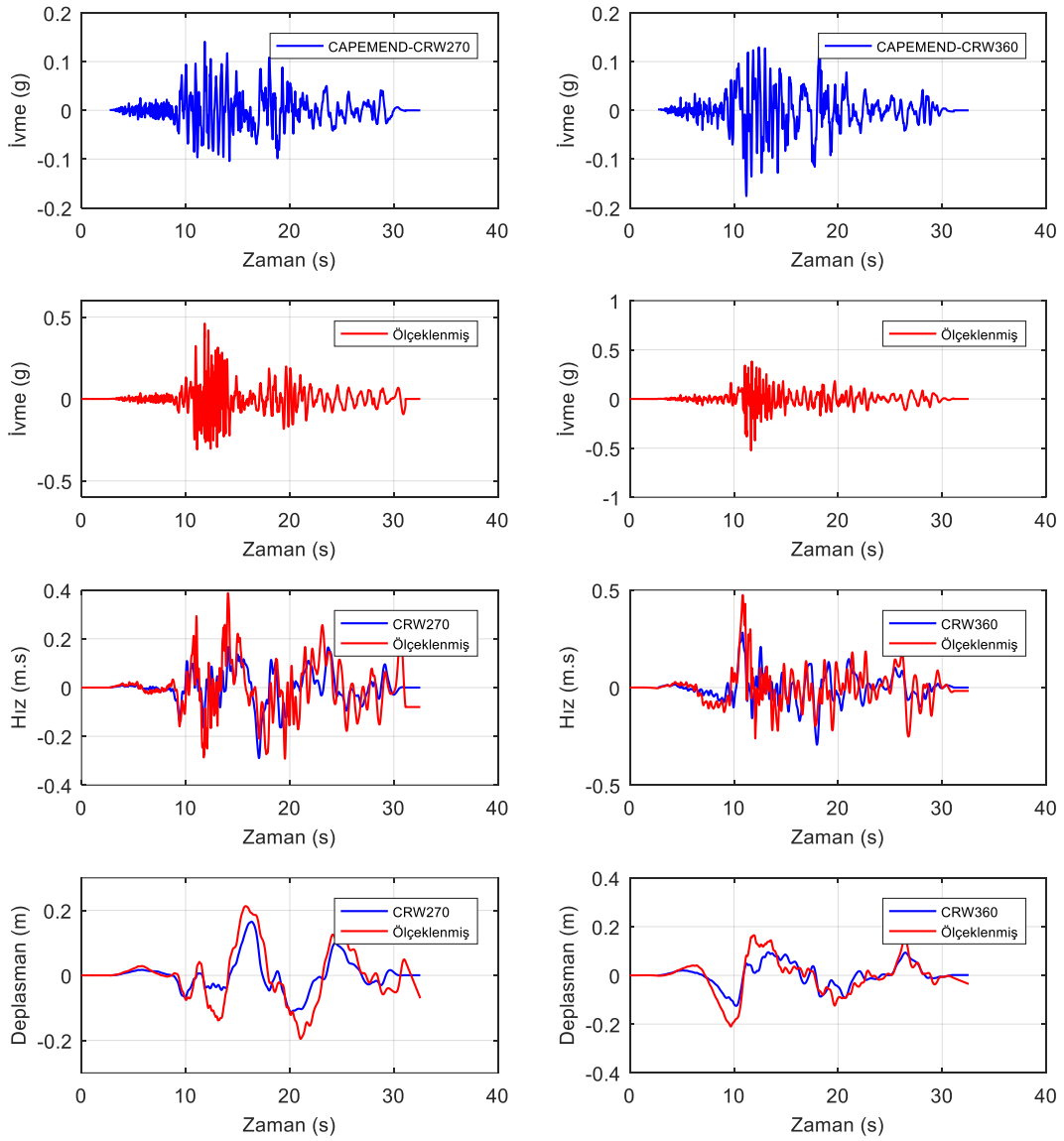
Şekil 4.22. Darfield, New Zealand Depremi, Kaiapoi North School İstasyonu DARFIELD_KPOCN15E ve DARFIELD_KPOCS75E Bileşenleri Deprem Yer Hareketleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş) İçin Spektral İvme, Arias Şiddeti ve DD2 Deprem Düzeyi için Tasarım Spektrumları ve Bileşke Spektrumlar.



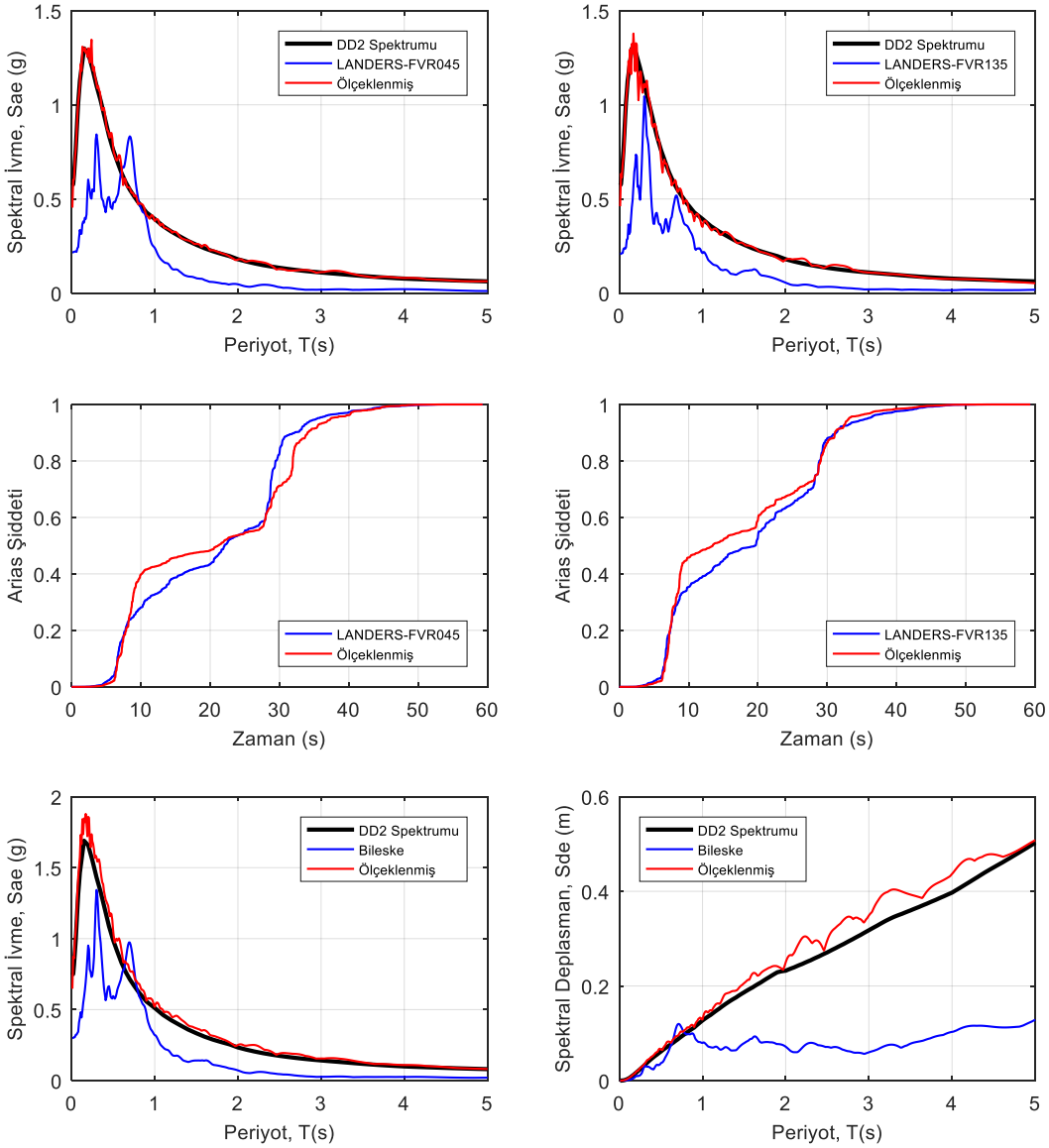
Şekil 4.23. Darfield, New Zealand Depremi, Kaiapoi North School İstasyonu DARFIELD_KPOCN15E ve DARFIELD_KPOCS75E Yatay Bileşenlerinin Deprem Yer Hareketlerine Ait İvme, Hız ve Deplasman Grafikleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş).



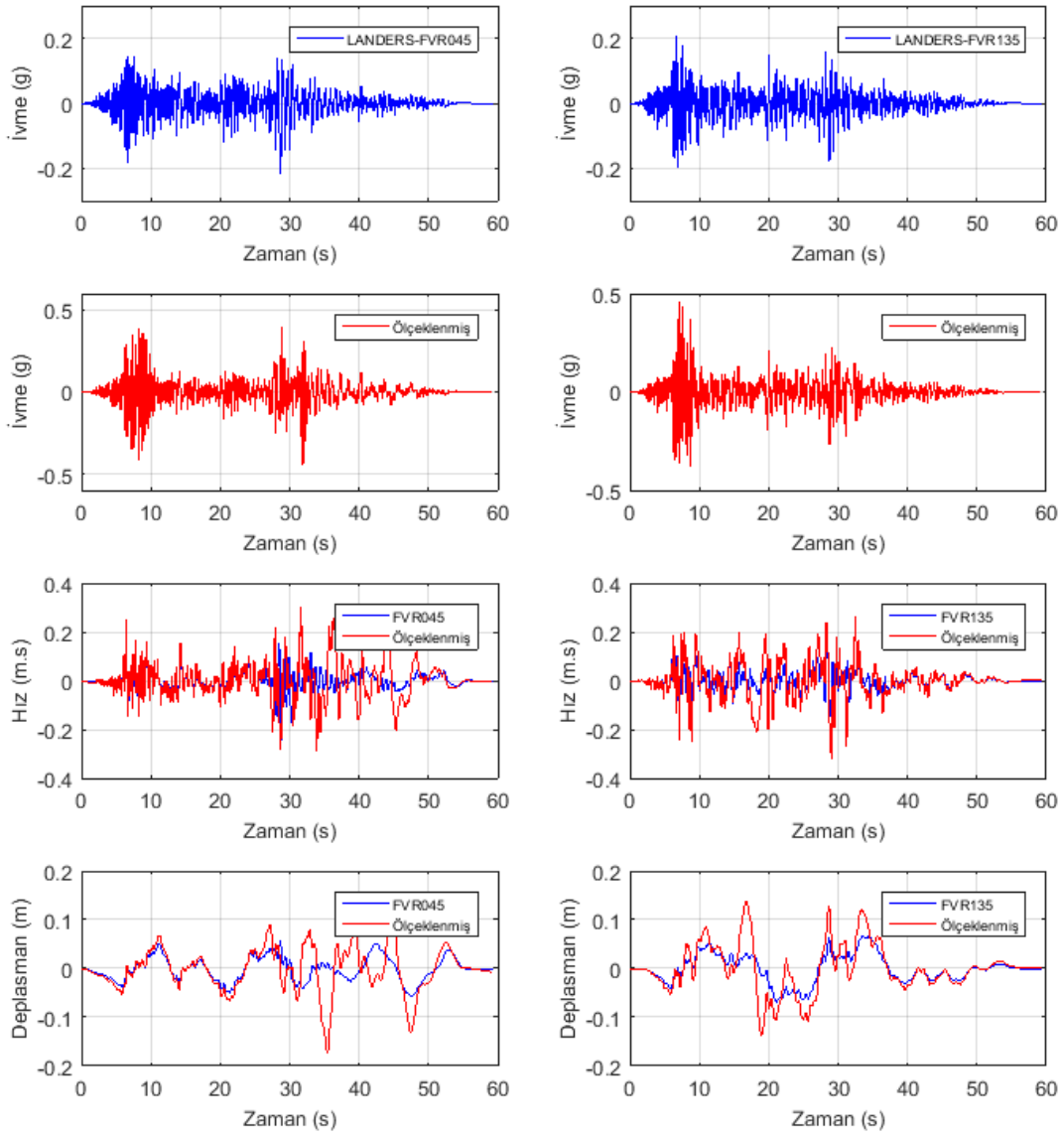
Şekil 4.24. Cape Mendocino Depremi, College of the Redwoods İstasyonu CAPEMEND_CRW270 ve CAPEMEND_CRW360 Bileşenleri Deprem Yer Hareketleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş) İçin Spektral İvme, Arias Şiddeti ve DD2 Deprem Düzeyi için Tasarım Spektrumları ve Bileşke Spektrumlar.



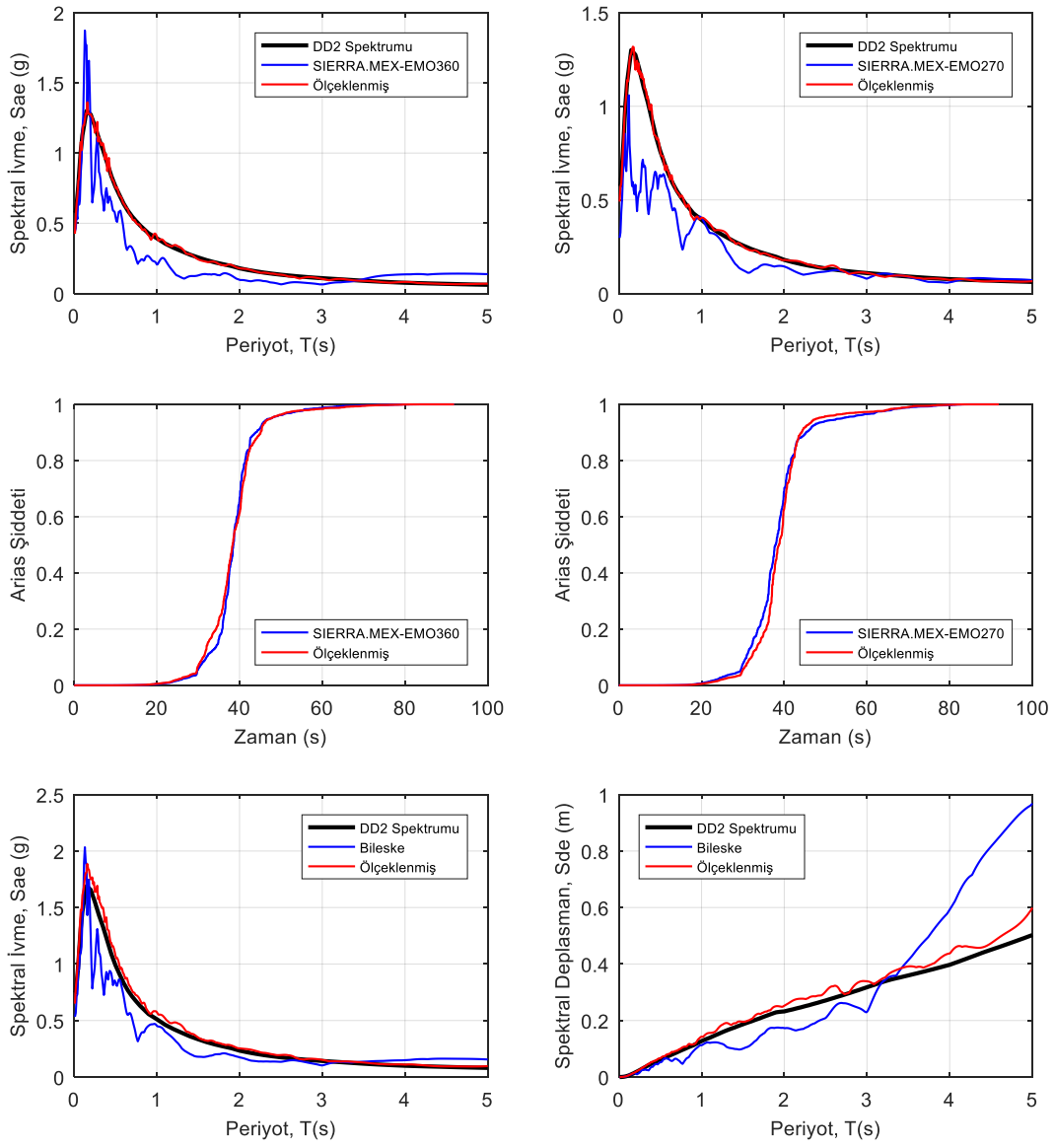
Şekil 4.25. Cape Mendocino Depremi, College of the Redwoods İstasyonu CAPEMEND_CRW270 ve CAPEMEND_CRW360 Yatay Bileşenlerinin Deprem Yer Hareketlerine Ait İvme, Hız ve Deplasman Grafikleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş).



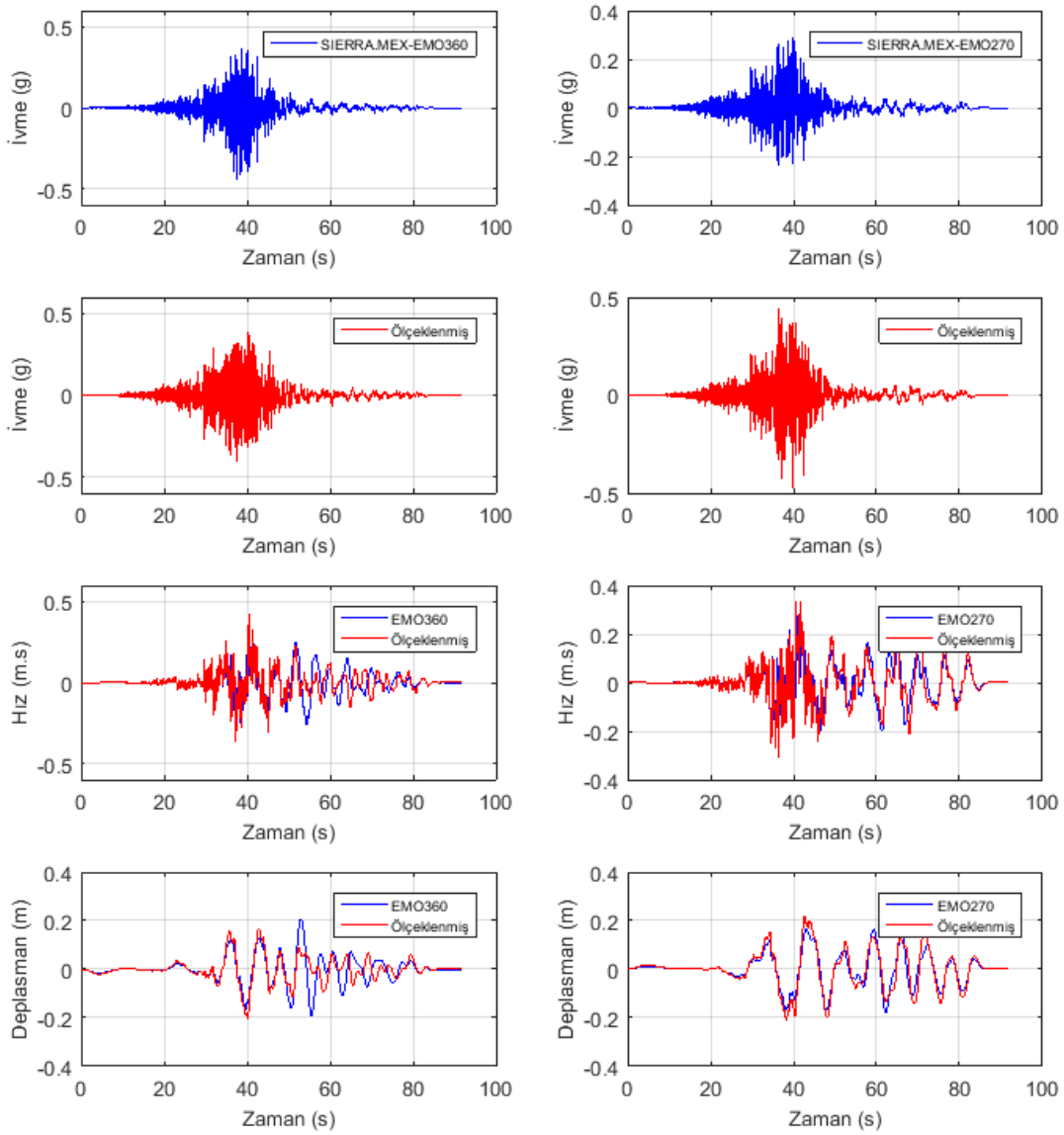
Şekil 4.26. Landers Depremi, Fun Valley İstasyonu LANDERS_FVR045 ve LANDERS_FVR135 Bileşenleri Deprem Yer Hareketleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş) İçin Spektral İvme, Arias Şiddeti ve DD2 Deprem Düzeyi için Tasarım Spektrumları ve Bileşke Spektrumlar.



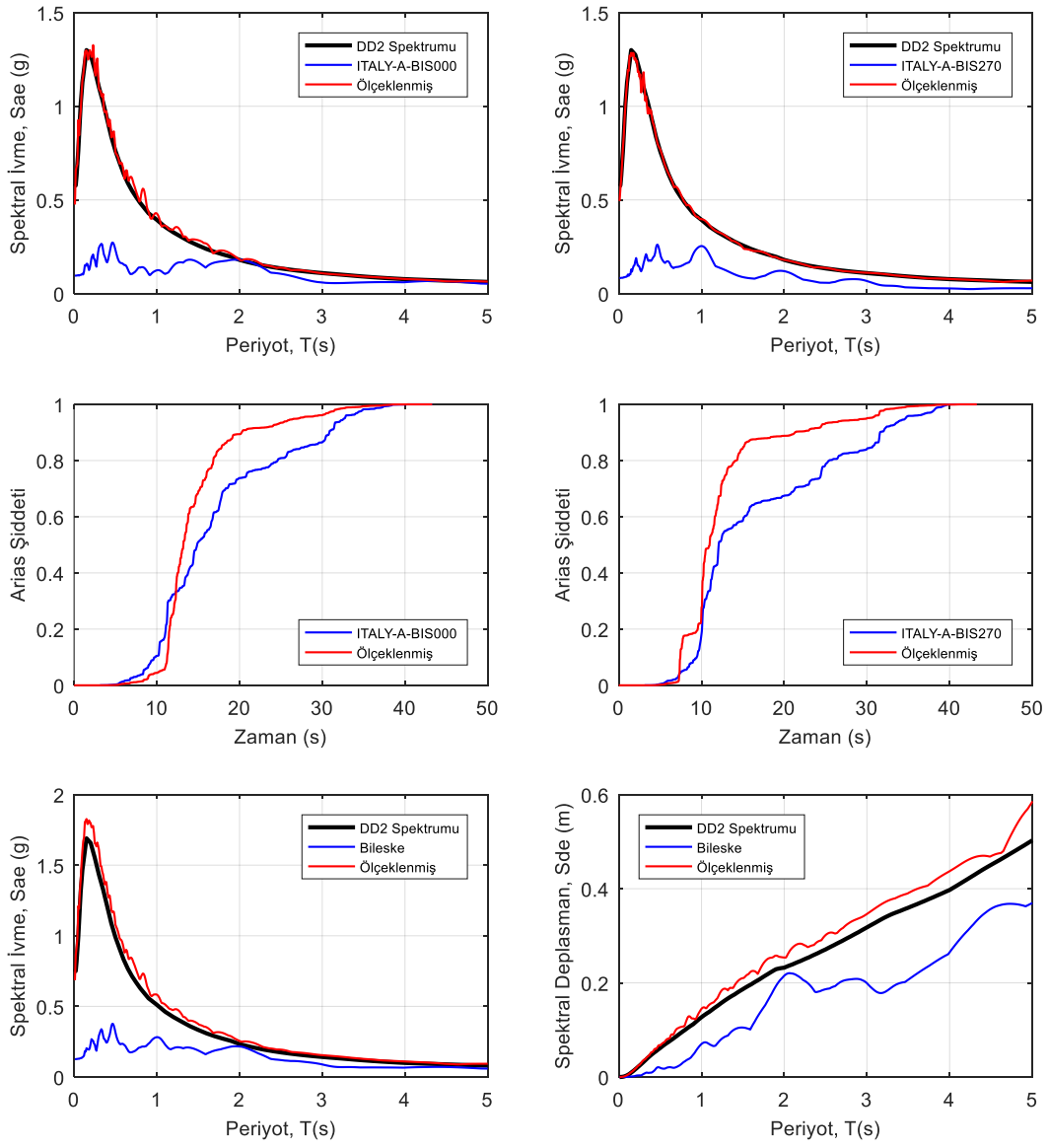
Şekil 4.27. Landers Depremi, Fun Valley İstasyonu LANDERS_FVR045 ve LANDERS_FVR135 Yatay Bileşenlerinin Deprem Yer Hareketlerine Ait İvme, Hız ve Deplasman Grafikleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş).



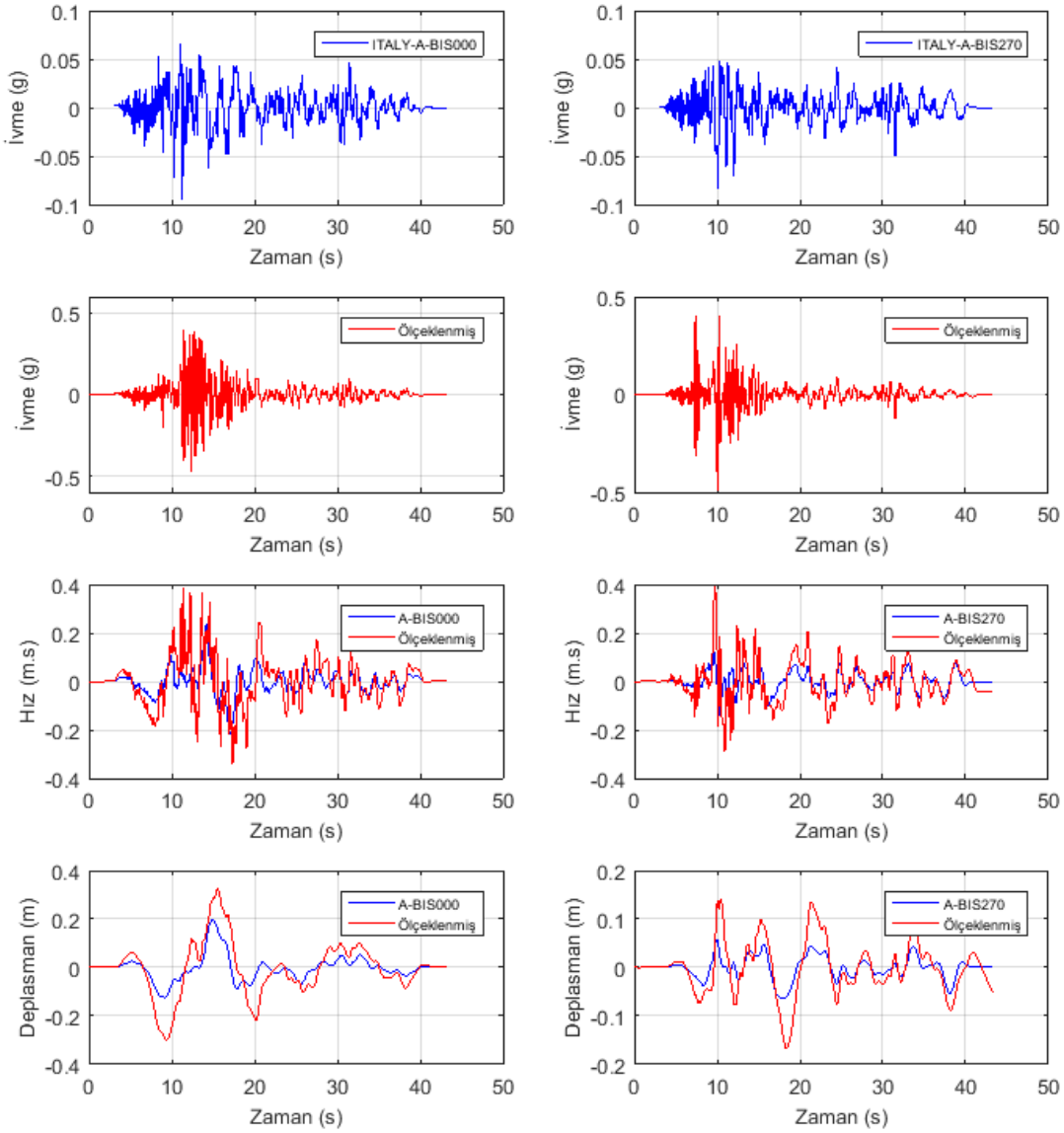
Şekil 4.28. El Mayor-Cucapah, Mexico Depremi, El Centro - Meloland Geot. Array İstasyonu SIERRA.MEX_EMO360 ve SIERRA.MEX_EMO270 Bileşenleri Deprem Yer Hareketleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş) İçin Spektral İvme, Arias Şiddeti ve DD2 Deprem Düzeyi için Tasarım Spektrumları ve Bileşke Spektrumlar.



Şekil 4.29. El Mayor-Cucapah, Mexico Depremi, El Centro - Meloland Geot. Array İstasyonu SIERRA.MEX_EMO360 ve SIERRA.MEX_EMO270 Yatay Bileşenlerinin Deprem Yer Hareketlerine Ait İvme, Hız ve Deplasman Grafikleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş).



Şekil 4.30. Irpinia, Italy-01 Depremi, Bisaccia İstasyonu ITALY_A-BIS000 ve ITALY_A-BIS270 Bileşenleri Deprem Yer Hareketleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş) İçin Spektral İvme, Arias Şiddeti ve DD2 Deprem Düzeyi için Tasarım Spektrumları ve Bileşke Spektrumlar.



Şekil 4.31. Irpinia, Italy-01 Depremi, Bisaccia İstasyonu ITALY_A-BIS000 ve ITALY_A-BIS270 Yatay Bileşenlerinin Deprem Yer Hareketlerine Ait İvme, Hız ve Deplasman Grafikleri (orijinal ve DD2 deprem düzeyi için ölçeklenmiş).

4.8. Sonuçlar

Raporun bu bölümü, Güneşpark Evleri Sitesi'ne ait İstanbul İli, Küçükçekmece İlçesi, Atakent Mahallesi'nde (41.0424°K enleminde ve 28.7897°D boylamında) bulunan 18 blokluk yapının deprem tehlike/risk değerlendirmesini ve zemin bağımlı tasarım yer hareketlerinin belirlenmesini içermektedir. Bu 18 blokluk binalar 16 normal kat ve 1 bodrum kattan oluşan, dikey mimari yapılardır. Depremin en yakın ana faya (Kuzey Anadolu Fayı) uzaklığı 18.5km'dir. Bu durum da, moment büyüklüğü 7.0'dan büyük bir depreme işaret etmektedir.

Deprem etkisinin tanımlanmasında ilk olarak ulusal ve uluslararası yönetmeliklerdeki genel yaklaşımlar incelenmiş, daha sonra Proje kapsamında, sahaya özgü tehlike analizi 2018 yılı içerisinde yürürlüğe giren yenilenmiş Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) kurallarına göre, yukarıda tanımlanan DD-2 deprem yer hareketi seviyesi için yapılmıştır. Bu deprem düzeyi için, kısa doğal titreşim periyodu (0.2s) ve (1.0s)'lik doğal titreşim periyoduna karşılık gelen yatay deprem spektral ivme değerleri S_s ve S_1 referans olarak alınan **ZC zemin grubu sınıfı (**V_S30 = 373 m/s**)** için belirlenmiştir. Yatay birleştirilmiş tehlike spektrumu çizimi Şekil 4.15, **T**ablo 4.3 ve 4.4'te sunulmuştur. Bunlara ek olarak, sahaya özgü düşey spektrum değerleri Gulerce & Abrahamson (2011) tarafından önerilen yöntemle V_S30 = 373 m/s alınarak DD-2 sismik tehlike seviyesi için hesaplanmış ve Şekil 4.17 ve Tablo 4.5'te sunulmuştur. Sonuç olarak, üniform tehlike eğrisi 50 yıl için %10 olasılık değeri için oluşturulmuş ve Şekil 4.15'te çizdirilmiştir.

Bu analiz sonuçlarına göre, TBDY-2018 esas alınarak yapılan hesaplamalarda etkin yer ivmesi (PGA) 0.312g olarak bulunmuştur. Buna ilaveten, proje için hesaplanan yatay deprem tasarım spektrumlarına göre maksimum ivme katsayısı ise 0.872g olarak bulunmuştur.

Bölüm Sorumlusu

Prof. Dr. Ethem GÖRGÜN

5. YAPILARIN BETON KALİTESİ

Betonarme binaların ultrasonik sismik hızlardan beton dayanımının belirlenmesi çalışmalarını içermektedir. Bu çalışmada beton dayanımının dolaylı olarak sismik hızlardan belirlenmesi amaçlanmıştır. Bilindiği üzere beton dayanımı betonarme yapının uygun yerlerinden karot alınıp ve bu karotların tek eksenli basınç deneyi sonuçları ile hasarlı bir biçimde belirlenmektedir. Sismik hızlardan ise beton dayanımı hasarsız olarak elde edilmektedir. Literatür çalışmaları incelendiğinde beton dayanımına dolaylı olarak sismik P dalga hızından yaklaşımlar güvenilir bir biçimde verilmektedir.

5.1. Sismik-Ultrasonik Uygulamalar

Depreme dayanıklı betonarme yapı, hiç hasar almayacak yapı anlamına gelmemektedir. Tam tersine binaya giren deprem enerjisini atmak için küçük hasarlar olması istenir ki, deprem enerjisi sönümlensin. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı, deprem büyüklüğüne ve zeminin dinamik özelliklerine bağlı hasar oranı artan ama can kaybı oluşturmayan yapı anlamına gelmektedir (Öziçer ve Uyanık, 2017). Bir yapının depreme dayanıklı olup olmadığının tespitinde göz önüne alınan ölçütlerden birisi de betonun basınç dayanımıdır. Mevcut binaların deprem açısından güvenilirliğinin belirlenmesi, klasik yöntemler kullanıldığında pahalı olmasının yanında zaman alıcı bir süreçtir. Özellikle denetlenmesi gereken mevcut yapıların sayılarının çok fazla olması, klasik yöntem olarak adlandırılan karot alımı yoluyla beton basınç dayanımının bulunması işlemini cazip olmaktan çıkarmaktadır. Bunun yerine, yaklaşık da olsa beton basınç dayanımını kısa sürede ve daha az maliyetle bulacak yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Beton dayanım değeri jeofizik yöntemlerle yerinde yapıya hasar vermeksizin daha hızlı belirlenebilmektedir (Uyanık, 2012). Tahribatsız beton basınç dayanımı testinde ülkemizde ve diğer ülkelerde en çok kullanılan ultrasonik yöntem ile sismik P dalga hızıdır. Birçok araştırmacı tarafından beton dayanımı ve ultrasonik P dalga hızı arasında deneysel ilişkiler elde edilmiştir (Uyanık ,2012; Uyanık vd., 2011; Qasrawi Hisham Y., 2000; Khan Shibli RM., 2001; Aydın F., 2005).

Bu çalışmada yapılan yerinde ölçümler ile binaya ait toplam 28 kolonda (14 Kolon A1-A2 Blok -3. Kat Otopark ve diğer 14 Kolon B1-B2 Blok -3. Kat otoparkta alınmıştır, kolon konumları için Ek-1 lokasyon haritasına bakılabilir). ultrasonic P dalgası ölçümleri alınmıştır. Uyanık

(2012)'nin önermiş olduğu eşitlik kullanılarak P dalga hızından, basınç dayanımları hesaplanmıştır.

5.2. Basınç Dayanımı

Betona gelen yükler sonucunda betonda meydana gelen şekil değişikliklerine ve kırılmaya karşı betonun gösterdiği dirence beton dayanımı denilmektedir. Betonun kırılma anındaki okunan en büyük yük değerinin numunenin kesit alanına bölünmesi ile hesaplanır (aşağıda verilen eşitlik).

$$fc = \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{A}}$$

fc: Basınç dayanımı, MPa, (N/mm^2),

F: Kırılma anında ulaşılan en büyük yük,

A: Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, (mm^2),

Yöntem silindir veya küp şeklinde hazırlanan numunelerin üzerinden düşey eksen boyunca basınç uygulanması ile gerçekleştirilmektedir.

Laboratuvar koşullarında deney yapılırken, uygun görülen kolonlardan ve uygun görülen noktasından (donatıları kesmeyecek şekilde) karot numunesi alınır. Öncelikle yükleme yüksekliği ayarlanabilir bir üst tabla ile oynar ve hareketli alt tabla arasına deney örneği yerleştirilir. Oynar başlık alt tablanın altındaki pistonun silindirine bir pompa yardımıyla yağ basılır. Yağın basıncı alt tablayı yukarı yönde iterek örneğin kırılmasına yol açar. Bu arada haznedeki basınç kuvveti bir dinamometre ile ölçülür. Örneğe uygulanan gerilmenin düzgün dağılmasının sağlanması için, örnek yüzeylerinin pürüzlü olmaması gerekir.

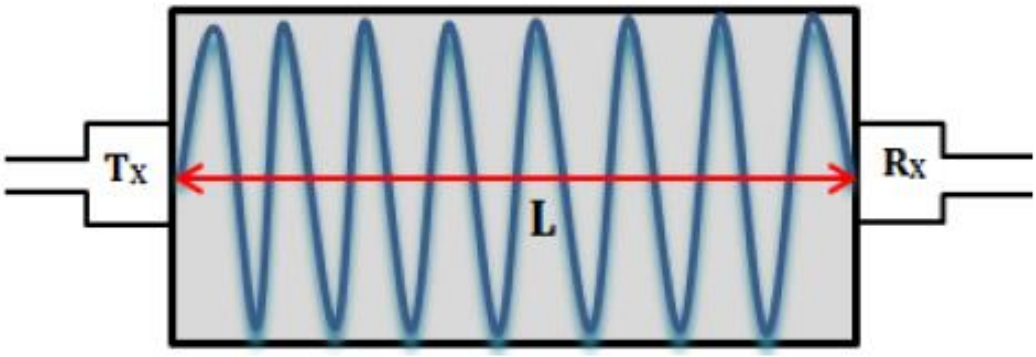
5.3. Ultrasonik Puls Hızı Yöntemi

Bir binanın risk analizi hakkında yorum yapabilmek için birçok parametreye ihtiyaç vardır. Bunlar zemin değerleri, statik değerler, mimari değerler, malzeme bilgisi gibi faktörler olarak sıralanabilir. Bilindiği üzere betonun özelliklerinin arasında en önemli yeri dayanım (mukavemet) özelliği almaktadır. Bu dayanım tahribatlı yöntem olan karot alımı ve laboratuvarda basınç yöntemleri ile belirleneceği gibi Jeofizik yöntemlerden biri olan ultrasonik yöntem ile yerinde yapıya hasar vermeden de belirlenebilmektedir. Dayanım belirlemede

sismik hızlardan P dalga hızı kullanılmaktadır. Ultrasonik cihazda bir verici (Tx) ve bir alıcı (Rx) prob vardır (Şekil 5.1). Kullanılan P dalga problarının frekansı 50kHz'dir. Bu dalganın frekansları 20–250kHz arasında uygulanmaktadır. Numunenin bir tarafından dalga gönderilirken diğer bir taraftan dalga geliş zamanı kaydedilir ve Tx ile Rx arasındaki uzaklığın (L) zamana (t) oranından hız (V) aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$V = \frac{L}{t}$$

Bu yöntem ile numune üzerinde ve yerinde bina, köprü, yol malzemeleri gibi her türlü yapıda ölçümler yapılabilir. Ultrasonik dalgaların beton içerisindeki seyahat sürelerinin ölçülmesi ile betonun homojen dağılıp dağılmadığı, beton içerisinde çatlak ya da boşluk olup olmadığı ve mekanik özelliklerini belirlemenin yanı sıra beton içerisindeki kırık, boşluk ve bozuşma durumu da tespit edilebilir (Uyanık, 2012; Öziçer ve Uyanık, 2017).

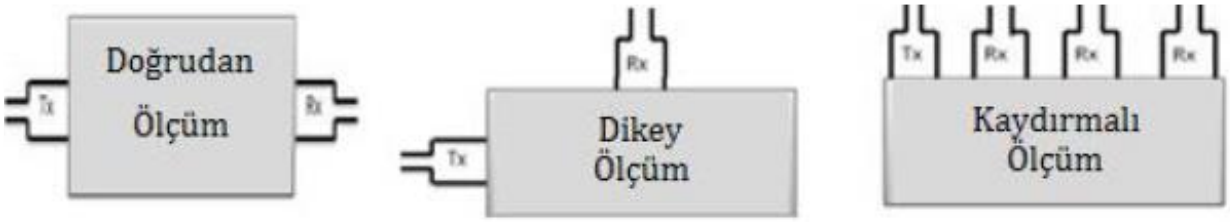


Şekil 5.1. Numune üzerinde P dalgası ölçümü.

Ultrasonik test cihazı mevcut yapılarda betonların dayanımlarının tayin edilmesinde kullanılabilir. Cihazın çalışma prensibinin numunede herhangi bir tahribata sebebiyet vermemesi nedeni ile bu cihaz, hasara duyarlı binalarda, tarihi yapılarda ve mevcut yapılarda geniş ölçüde kullanılmaktadır (Uyanık, 2014).

Ultrasonik ölçüm uygulanırken alıcı ve vericinin konumlarına göre farklı ölçüm teknikleri bulunmaktadır. Cihazı alıcı ve verici uçları karşılıklı yüzeylere yerleştirilerek ölçüm yapılabildiği gibi, komşu yüzeylere ve aynı yüzeyde kaydırma şeklinde yerleştirilerek de yapılabilir (Şekil 5.2). Burada en kolay sonuç, karşılıklı olarak paralel okunan değerlerle elde

edilir. Ancak yüzeylerin düzgün olmaması ya da köşe elemanlar gibi karşılıklı yüzeylerin görülememesi durumunda komşu yüzeylere uygulama veya aynı yüzeye uygulama da gerçekleştirilebilir.



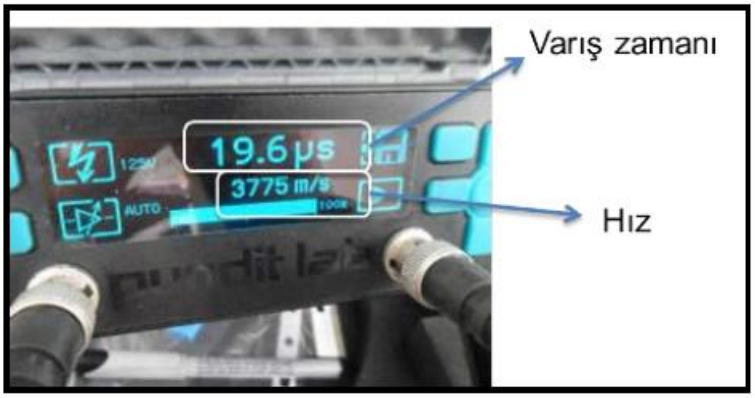
Şekil 5.2. Yerinde ultrasonik ölçüm tekniklerinin gösterimi.

Ölçüm yolu uzaklığı, beton ölçüm noktaları arasındaki uzaklık olarak alınır. Doğrudan ölçüm tekniğinde en kısa olan dik mesafedir ve %1 hassasiyette ölçülerek kaydedilir. Dikey ölçüm tekniğinde ise Pisagor bağlantısı ile mesafe elde edilir. Bu teknikler ile kolon ve kirişler üzerinde ölçüm yapılabildiği gibi alınan numuneler üzerinde de ölçümler yapılabilir. Fakat yöntemin doğrudan kolon ve kirişler üzerinde uygulanması daha doğrudur.

5.4. Bulgular

Çalışmada **Proceq marka Ultrasonik Dalga Hızı - Pundit Lab** ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçüm performansı; En iyi hale getirilmiş darbe şekillendirme, optimum performans için otomatik iletim ayarları ve bir dizi yeni ve daha güçlü transdüser, doğru ve kararlı ölçümler sağlar. Entegre dalga biçimi ekranı; Alınan sinyalin analizinin ve manuel tetiklemenin doğrudan ölçüm cihazı üzerinde yapılmasına izin verir. USB analiz ve veri analiz yazılımı; Veri analizi ve üçüncü taraf programlara veri aktarma gibi özellikleri vardır. Pundit Lab, Ekran birimi, 2 transdüser (54kHz), 2 BNC kablosu 1,5 m, bağlantı kablosu, kalibrasyon çubuğu, USB kablolu pil şarj cihazı, 4 x AA(LR6) pil, kullanılmaktadır. Sinyal aktarım Süresi aralığı 0.1-9999mikrosaniye, Enerjilendirme Darbesi 125V,250V,350V 500V otomatik mod ile çalışabilmektedir. Tx frekans aralığı 24kHz-500kHz ‘dir. Entegre kazanç Kademesi 1x,10x,100x olarak çalışabilmektedir.

Bu çalışmada binada yapılan yerinde ultrasonic P dalgası ölçümleri binaya ait toplam **54 kolon** üzerinde gerçekleşmiştir.



Şekil 3. Sismik hızın cihaz üzerinde gösterimi

Her bir bloğun bodrum katında binaya ait mimari projede verilmiş kolon adlandırmasına bağlı olarak **P109, P116 ve S120** no'lu kolonlarda tanımlanmış noktalardan (**yerden 50cm ve 150cm yükseklik mesafelerinden, kolonlarda yer alan donatılar georadar (2.4GHz anten kullanımı ile) ile tespit edilmiştir ve donatı sınırlarına karşılık gelmeyecek şekilde planlama yapılmıştır**) ölçüler alınmıştır. Her bir ölçü noktası için 3 ayrı değer okunarak ortalaması alınmıştır. Dolayısıyla her bir kolon için toplam 6 ölçüm değeri toplanmıştır. Her bir kolondaki ölçü yükseklik noktasındaki 3 değerin ortalaması alınarak kolon için bir hız okuması elde edilmiştir.

3 noktanın da aritmetik ortalaması alınarak her bir kolon için ortalama bir Ultrasonik P dalgası değeri elde edilmiştir. Uyanık ve diğerleri (2012), Kheder (1999) , Ferreira ve Castro (1999)' nin önermiş olduğu aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak yerinde ölçülen P dalga hızından, basınç dayanımları bloklardaki kolonlar için hesaplanmıştır.

$fc = 2.6{V_p}^{1.8}$ Uyank, Gülay, Tezcan (2012); $fc = 1.745{V_p}^{2.057}$ Kheder (1999); $fc = 1.304{V_p}^{2.222}$ Ferreiare ve Castro (1999)

Öziçer ve Uyanık (2017), yerinde elde edilen P dalga hızı ve yukarıda verilen Eşitlik ilişkisi kullanılarak hesaplanan dayanım, Schmidt test çekicinden hesaplanan dayanım ve tek eksenli basınç dayanım değerleri karşılaştırmış ve Vp'den elde edilen dayanımlar ile tek eksenliden elde edilen dayanımlara göre hata payı yaklaşık 2,3MPa düzeylerindeyken, Schmidt test çekicinden ve tek eksenli basınç deneyinden elde edilen dayanımların hata payı yaklaşık 6,2MPa olarak elde etmişlerdir. Bu iki hata payına bakıldığında riskli yapı tespiti araştırmalarında en önemli parametrelerden biri olan beton basınç dayanım değerini bulurken Vp'den elde edilen dayanım

değerlerinin Schmidt test çekicinden elde edilen dayanım değerlerine göre daha doğruya yakın değerler elde edildiğini vurgulamışlardır.

Basınç dayanımı haricinde yerinde elde edilen P dalga hızı ile beton kalitesi hakkında bilgi verilebilir.

Tablo 1. Sismik hızlara bağlı olarak beton kalite sınıflaması

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

6.4. Hesaplanan Vp ultrasonic hız değerleri ve basınç Dayanımı değerleri

Ölçülen her bir kolondaki 3 ölçüm noktasın aritmetik ortalaması alınarak elde edilen Ultrasonik P dalgası değerleri ve yukarıda verilen eşitlikler kullanılarak yerinde ölçülen P dalga hızından, her bir kolon için hesaplanan basınç dayanımları aşağıdaki Tablo 2.de ayrıntılarıyla verilmiştir.

Tablo 2. Kolonlar için tüm kolon noktalarında ölçülen P dalga hızları ve kolon için ortalama P dalga hızından hesaplanan Basınç Dayanımı değerleri

GÜNEŞ PARK EVLERİ A1 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI	KOLON NUMARASI		KOLON NUMARASI		KOLON NUMARASI		
	P109		P116		S120		
Tabandan Yükseklikler (cm)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4269	4269	4379	4379	4477	4477	
	4269		4379		4477		
	4269		4379		4477		
150	4269	4292	4196	4196	4379	4379	
	4294		4196		4379		
	4312		4196		4379		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4280		4288		4428		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		İYİ		İYİ		Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		İYİ		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	35.62	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	34.73	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	32.99	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	34.45

GÜNEŞ PARK EVLERİ A2 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI	KOLON NUMARASI		KOLON NUMARASI		KOLON NUMARASI		
	P109		P116		S120		
Tabandan Yükseklikler (cm)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4209	4170	4131	4131	4259	4192	
	4150		4131		4259		
	4150		4131		4059		
150	4192	4192	3969	4008	4304	4304	
	4192		4008		4304		
	4192		4048		4304		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4181		4070		4248		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		İYİ		İYİ		Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		İYİ		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	34.14	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	33.09	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	31.31	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222
3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	32.85		

GÜNEŞ PARK EVLERİ A3 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109		KOLON NUMARASI P116		KOLON NUMARASI S120		
	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4286	4286	4067	4054	4172	4172	
	4286		4028		4172		
	4286		4067		4172		
150	4286	4286	4028	4028	4172	4172	
	4286		4028		4172		
	4286		4028		4172		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4286		4041		4172		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		İYİ		İYİ		Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		İYİ		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	35.70	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	34.83	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	33.09	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	34.54

GÜNEŞ PARK EVLERİ A4 BLOK

ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P109 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ortalama Hız (m/sn)
50	4550	4499	4114	4114	4556	4556
	4499		4114		4556	
	4449		4114		4556	
150	4570	4591	4158	4158	4556	4556
	4601		4158		4556	
	4601		4158		4556	
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4545		4136		4556	
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		İYİ		ÇOK İYİ	Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		ÇOK İYİ	Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	39.68	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	39.30	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	37.70	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	38.89

GÜNEŞ PARK EVLERİ A5 BLOK

ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P109 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ortalama Hız (m/sn)
50	4208	4120	4556	4452	4162	4151
	4081		4400		4153	
	4071		4400		4137	
150	4507	4420	4519	4477	4239	4216
	4400		4535		4213	
	4353		4376		4196	
200	4447	4347	4420	4463	4156	4193
	4342		4450		4199	
	4252		4520		4225	
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4296		4464		4183	
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		İYİ		İYİ	Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		İYİ	Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	35.84	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	34.99	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	33.26	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	34.70

GÜNEŞ PARK EVLERİ A6 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109		KOLON NUMARASI P116		KOLON NUMARASI S120		
	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4649	4498	4418	4418	4393	4389	
	4437		4418		4399		
	4409		4418		4375		
150	4586	4526	4486	4483	4150	4147	
	4496		4486		4134		
	4496		4476		4158		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4512		4450		4268		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	ÇOK İYİ		İYİ		İYİ		Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		İYİ		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	39.16	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	38.71	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	37.10	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	38.32

GÜNEŞ PARK EVLERİ A7 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109		KOLON NUMARASI P116		KOLON NUMARASI S120		
	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4397	4335	4454	4428	4384	4384	
	4304		4454		4384		
	4304		4376		4384		
150	4493	4367	4505	4448	4320	4320	
	4304		4454		4320		
	4304		4384		4320		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4351		4438		4352		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		İYİ		İYİ		Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		İYİ		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	36.68	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	35.92	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	34.22	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	35.61

GÜNEŞ PARK EVLERİ A8 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI	KOLON NUMARASI		KOLON NUMARASI		KOLON NUMARASI		
	P109		P116		S120		
Tabandan Yükseklikler (cm)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4706	4680	4819	4827	4566	4559	
	4695		4831		4566		
	4640		4831		4545		
150	4545	4475	4751	4721	4762	4762	
	4494		4706		4762		
	4386		4706		4762		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4578		4774		4661		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		Whitehurst (1951)
	ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	40.19	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	39.88	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	38.30	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	39.46

GÜNEŞ PARK EVLERİ A9 BLOK

ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P109 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ortalama Hız (m/sn)
50	4396	4402	4843	4808	4435	4386
	4367		4831		4386	
	4444		4751		4338	
150	4608	4526	4662	4588	4444	4361
	4505		4577		4329	
	4464		4525		4310	
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4464		4698		4374	
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		ÇOK İYİ		İYİ	Whitehurst (1951)
	İYİ		ÇOK İYİ		İYİ	Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	38.41	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	37.87	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	36.22	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	37.50

GÜNEŞ PARK EVLERİ B1 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI	KOLON NUMARASI		KOLON NUMARASI		KOLON NUMARASI		
	P109		P116		S120		
Tabandan Yükseklikler (cm)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4392	4361	4478	4510	4305	4322	
	4346		4478		4330		
	4346		4575		4330		
150	4392	4346	4460	4500	4380	4412	
	4346		4490		4415		
	4301		4550		4440		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4354		4505		4367		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		ÇOK İYİ		İYİ		Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		İYİ		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	36.72	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	35.97	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	34.26	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	35.65

GÜNEŞ PARK EVLERİ B2 BLOK

ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P109 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ortalama Hız (m/sn)
50	4454	4305	4662	4644	4610	4572
	4329		4662		4579	
	4132		4608		4527	
150	4662	4662	4556	4556	4741	4741
	4662		4556		4741	
	4662		4556		4741	
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4484		4600		4657	
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		ÇOK İYİ		ÇOK İYİ	Whitehurst (1951)
	İYİ		ÇOK İYİ		ÇOK İYİ	Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	38.72	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	38.21	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	36.57	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	37.83

GÜNEŞ PARK EVLERİ B3 BLOK

ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P109 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ortalama Hız (m/sn)
50	4126	4068	4119	4116	4158	4169
	4086		4143		4175	
	3992		4087		4175	
150	4208	4140	3967	3994	4193	4210
	4126		4026		4219	
	4086		3989		4219	
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4104		4055		4190	
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		İYİ		İYİ	Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		İYİ	Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	33.02	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	31.85	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	30.05	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	31.64

GÜNEŞ PARK EVLERİ B4 BLOK

ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P109 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ortalama Hız (m/sn)
50	4393	4345	4525	4278	4500	4462
	4321		4150		4414	
	4320		4158		4471	
150	4751	4758	4380	4380	4770	4777
	4751		4380		4781	
	4773		4380		4781	
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4552		4329		4620	
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	ÇOK İYİ		İYİ		ÇOK İYİ	Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		ÇOK İYİ	Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	39.78	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	39.41	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	37.82	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	39.00

GÜNEŞ PARK EVLERİ B5 BLOK

ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109 Ölçülen Hızlar (m/sn)		KOLON NUMARASI P116 Ölçülen Hızlar (m/sn)		KOLON NUMARASI S120 (sıva dökülmesi) Ölçülen Hızlar (m/sn)	
		Ortalama Hız (m/sn)		Ortalama Hız (m/sn)		Ortalama Hız (m/sn)
50	4585	4559	4673	4716	4744	4676
	4565		4780		4658	
	4526		4695		4625	
150	4630	4665	4717	4715	4543	4477
	4698		4712		4444	
	4667		4717		4444	
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4612		4716		4576	
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		ÇOK İYİ	Whitehurst (1951)
	ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		ÇOK İYİ	Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	40.73	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	40.49	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	38.94	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	40.06

GÜNEŞ PARK EVLERİ B6 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109		KOLON NUMARASI P116		KOLON NUMARASI S120 (sıva dökülmesi)		
	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4481	4389	4432	4432	4596	4607	
	4375		4432		4596		
	4310		4432		4628		
150	4645	4635	4699	4714	4515	4515	
	4667		4732		4515		
	4593		4710		4515		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4512		4573		4561		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		Whitehurst (1951)
	İYİ		ÇOK İYİ		İYİ		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	39.16	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	38.71	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	37.09	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	38.32

GÜNEŞ PARK EVLERİ B7 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109		KOLON NUMARASI P116		KOLON NUMARASI S120		
	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4795	4734	4801	4645	4683	4588	
	4719		4628		4570		
	4688		4505		4510		
150	4828	4777	4566	4513	4673	4666	
	4762		4486		4662		
	4740		4486		4662		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4755		4579		4627		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		Whitehurst (1951)
	ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		ÇOK İYİ		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	43.04	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	43.13	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	41.68	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	42.62

GÜNEŞ PARK EVLERİ C1 BLOK							
ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109		KOLON NUMARASI P116		KOLON NUMARASI S120 (indirect ölçüm)		
	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	Ölçülen Hızlar (m/sn)	Ortalama Hız (m/sn)	
50	4237	4249	4357	4357	4348	4348	
	4246		4357		4348		
	4264		4357		4348		
150	4375	4357	4292	4280	2632	2632	Demir donatı olmayan alan
	4338		4283		2632		
	4357		4264		2632		
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4303		4318		3490		
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		İYİ		ORTA		Whitehurst (1951)
	İYİ		İYİ		ORTA		Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	35.95	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	35.11	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	33.38	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	34.81

GÜNEŞ PARK EVLERİ C2 BLOK

ÖLÇÜ NOKTALARI Tabandan Yükseklikler (cm)	KOLON NUMARASI P109 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P109 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI P116 Ortalama Hız (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ölçülen Hızlar (m/sn)	KOLON NUMARASI S120 Ortalama Hız (m/sn)
50	4566	4566	4489	4489	4515	4482
	4566		4489		4466	
	4566		4489		4466	
150	4325	4325	4736	4736	4480	4497
	4325		4736		4530	
	4325		4736		4480	
KOLON Ortalama Ultrasonic P Dalgası Hızı (m/sn)	4446		4613		4490	
Sismik Hıza Bağlı Vp (m/sn) Beton Kalitesi Sınıflandırma	İYİ		ÇOK İYİ		İYİ	Whitehurst (1951)
	İYİ		ÇOK İYİ		İYİ	Uyanık ve diğ. (2011)

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V_P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V_P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Beton Basınç Dayanımı Mpa	38.13	Osman Uyanık, F. Gülten Gülay, Semih Tezcan 2012	fc=2.6*Vp^1.8
Beton Basınç Dayanımı Mpa	37.55	Kheder (1999)	fc=1.745*Vp^2.057
Beton Basınç Dayanımı Mpa	35.89	Ferreira ve Castro (1999)	fc=1.304*Vp^2.222

3 Araştırmacıya göre ortalama (Mpa)	37.19

5.6. Sonuçlar

- ✓ Beton dayanım değeri en az hata ile yerinde P-dalga ölçümlerinden elde edilir. Bu durum doğru hız tespiti sonucunda beton dayanım değerine ulaşmayı ve beton dayanımı ile ilgili noktasal değil alansal bilgi elde ederek çalışılan alanın dayanım haritası çıkarmak mümkün kılar.
- ✓ Tablo 2 incelendiğinde Tüm bloklardaki ölçü alınan bodrum katı kolonlardaki beton kalitesinin Tablo 1'de yer alan her iki sismik hız sınıflamasına göre de İYİ ve ÇOK İYİ kalitede olduğu görülmektedir.

Bölüm Sorumlusu

Doç. Dr. Hakan ALP

6. YAPISAL DONATI VE KOROZYON DURUMU

Bu bölümde yer radarı yöntemi ile yapı elemanlarının geometrisi ortaya konularak donatı ve paspayı hesaplanacaktır. Ayrıca binanın tabanından alınan yer radarı ölçüleri yorumlanarak ve donatıların geometrisi ortaya konulmaya çalışılacaktır. Yer radarının donatıların geometrisinin çıkarılması ve paspayı hesaplanmasında gerçekleşecektir. Düşey ve yatay yer radarı profillerine veri işlem aşamaları uygulanarak, düşey ve yatay profiller birlikte değerlendirilerek etriyelerin ve donatıların yerleri görüntülenebilecektir. Ayrıca profillerden paspayı değerleri hesaplanabilecektir.

6.1. Giriş

Betonarme yapılar üzerinde kontrol yapmak için kullanılan radar teknolojisi, Georadar adı verilen yer altı araştırmaları için kullanılan teknolojiden türemiştir. Yapı mühendisliği alanında tahribatsız inceleme metodolojileri arasında hızla yayılmaktadır. Georadar tarafından yayılan elektromanyetik darbeler, benzer şekilde yapı mühendisliği alanının da kullanır, ancak anten frekansı, bir yapının test edilmesinde yer alan daha kısa mesafelerde gerekli çözünürlüğü elde etmek için çok yüksektir (McCann ve Forde, 2001). Yüksek frekanslı anten kullanımı, yüksek çözünürlüklü verilerle sonuçlanır, ancak penetrasyon derinliğini azaltır. Bunun yerine, düşük frekanslı anten, daha düşük çözünürlük pahasına derin bir penetrasyon sağlar (Rens vd., 1997). Bununla birlikte, anten seçimi, penetrasyon derinliği gereksinimi ile ayrıntı çözünürlüğü arasında karar verilmesi gereken bir husustur.

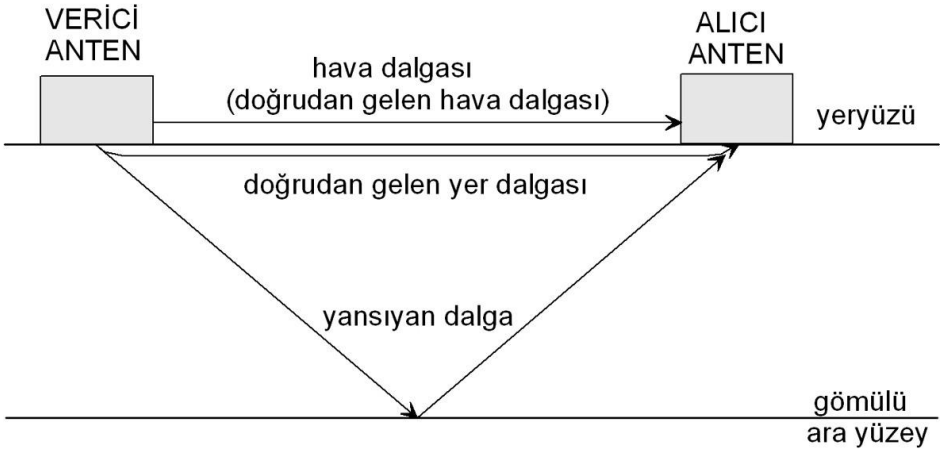
Son zamanlarda, radar teknolojisi betonarme ve yığma yapıların periyodik muayene ve bakımlarında kullanılmakta ve sivil yapıların denetimi için önemli bir araç olmaktadır (Gaydecki ve Burdekin, 1994; Rens vd., 1997; Utsi ve Utsi, 2004). Ayrıntılı olarak, yapı radarı yapılarda aşağıdaki amaçlar için kullanılır:

- Temel Tipi ve Derinliğinin Bulunması,
- Beton Örtü Derinliğinin Bulunması,
- Donatı ve Etriyelerin geometrisi,

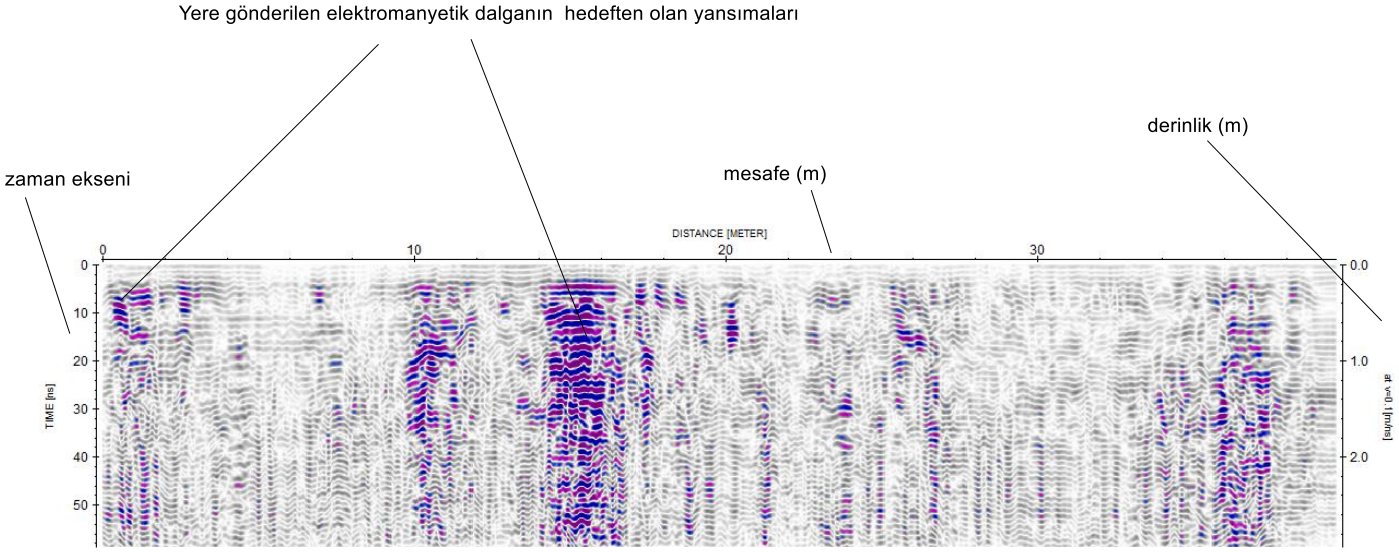
- Donatının yarıçapının bulunması,
- Temel içindeki nemli lokasyonların tespiti,
- Beton içindeki boşluk ve çatakların belirlenmesi.

6.2. Yer Radarı (GPR) Yöntemi

Yer radarı (GPR) yönteminde verici anten aracılığı ile yer altına elektromanyetik dalga gönderilir ve yeraltında herhangi bir nesneyle karşılan dalga, saçılır veya kırılır. Bu dalgalar alıcı anten tarafından zamanın bir fonksiyonu olarak kaydedilir. Dalganın hızı ile malzeme özellikleri arasındaki ilişki, yeraltını araştırmak için GPR kullanmanın temel ilkesidir (Daniels, 2000). Yer radarı (GPR) verileri, dışa doğru yayılan çeşitli dalga boylarında dalgalar üreten bir yüzey anteni üzerinde üretilen radar enerjisi darbelerinin yansıtılmasıyla elde edilir. Dalgalar aşağı doğru yayılırken bir koni içinde yere yayılırlar. Bu dalgalar yerde hareket ettikçe gömülü nesnelerden, özelliklerden veya tabaka yüzeylerinden yansıyabilir. Yansıyan dalgalar daha sonra zemin yüzeyine geri döner ve algılanır ve verici anten ile eşleştirilmiş bir alıcı antende kaydedilir. Dalgaların zemine, yansıma yüzeyine ve alıcı antene iki yönlü seyahat süreleri nanosaniye (ns) olarak kaydedilir. Radar dalgaları yerdeki çeşitli malzemeler arasında yayılırken, içinden geçtikleri malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak hızları değişir (Şekil 6.1) Yer radarındaki farklı malzemeler arasındaki temaslarda dalgaların yayılma hızı değiştiğinde yansıyan bir dalga üretilir. Yansıyan bazı dalgalar daha sonra yer yüzeyine geri dönerken, kalan enerji daha derine yayılmaya devam eder ve tüm enerji nihayet derinlikle dağılana kadar ek ara yüzlerden tekrar yansıtılabilir. Yalnızca yüzey antenine geri dönen yansıyan enerji kaydedilir ve yorum için görülebilir. Enerjiyi yansıtan gömülü yüzeyler, yansıyan dalgalar yüzey anteninden uzaklaşacak şekilde yönlendirilirse, bu enerji kaydedilmez ve bu ara yüzler GPR yöntemi kullanılarak etkin bir şekilde görünmez hale gelir.



Şekil 6.1. Yer radarı sisteminin basit bir gösterimi.



Şekil 6.2. 400 Mhz antenle gerçekleştirilen örnek bir radargram. Koyu mavi olan kısımlar yeraltına gönderilen elektromanyetik dalganın bir hedefe çarparak tekrar yansıyarak aletteki alıcıya gelmesi sonucu kaydedilen yüksek genliği göstermektedir. Düşey eksen gidiş-geliş zaman olup (ns) yatay eksen radar aletinin hareket ederek ilerlediği yatay mesafeyi göstermektedir.

6.3. Yapı mühendisliğinde Jeoradar teknolojisi

Donatı çubuklarının beton içindeki geometrisi, GPR'nin yapılarda en yaygın uygulamalarından biridir. Bilindiği gibi, Georadar tekniklerinin işleyiş prensibi, daha kısa süreli elektromanyetik dalgaların beton içine gönderilmesine ve farklı dielektrik sabitlerine sahip malzemeler arasındaki ara yüzeyde olası yansımalı sinyallerin varış zamanının ve sinyalin genliklerinin kaydedilmesine dayanmaktadır. Bu teknoloji, özellikle iletken olmayan malzemeler üzerinde yapılan araştırmalarda ve aynı malzemelerin içinde metalik nesnelerin varlığının ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Verinin toplama süreleri nispeten kısadır; bu, yüksek boyutlu yapıların araştırılmasına olanak sağlar. GPR ölçümlerinin sonucunda radargram elde edilir. Bu radargramın yatay boyutu hareketli ölçü hattı (mesafe) ve düşey boyutu elektromanyetik dalganın yayılma süresini (ns) temsil eder. Pratik olarak, elektromanyetik dalgının malzeme içindeki yayılma hızı bilindiği için, ölçü alınan alanı temsil eden uzaklık-zaman düşey kesiti, uzaklık-derinlik düşey kesitine dönüştürülebilir. Bu araştırmalar, herhangi bir yapısal bilgi elde etmenin bazen zor olduğu mevcut yapılar üzerinde gerçekleştirilir. Problem hakkında tam bir fikir sahibi olabilmek için, betonarme yapı mekaniğini karakterize etmeye ve herhangi bir deformasyonu yük testleri ile bireyselleştirmeye olanak sağlayan analizlerin yanı sıra, çeliğin etkin konumunu belirlemeye yönelik bazı analizlerin yapılması çok önemlidir. **Her şeyden önce, çeşitli nedenlerle bozulmuş veya tasarım eksiklikleri nedeniyle hasarlar arz eden orijinal yapının gerçek güvenlik seviyesinin tekrar doğrulanması gerektiğinde temel bir öneme sahiptir.**

Elektromanyetik radar tekniği taşınabilir bir ekipmanın avantajını kullanarak ve tamamen tahribatsız ve yapıya zarar vermeyecek bir şekilde tek bir yüzeyden geniş alanları hızla algılama olanağı sunar. Ayrıca, kullanımı sırasında herhangi bir özel güvenlik önlemi gerekmemektedir. GPR kullanımındaki ana zorluklardan biri, sonuçların yorumlanmasının çok zor olması ve güvenilir bir nihai sonuç elde etmek için yetenekli bir teknisyene ihtiyaç duyulmasıdır. Pratik uygulamalar için sinyal frekansları tipik olarak 400 MHz ile 2,6 GHz arasındadır ve genellikle yapı denetimlerinde merkezi frekansı 1 GHz'in üzerinde olan antenler kullanılır.

Son yıllarda, yapılarda yer radarı uygulamaları şunlardır:

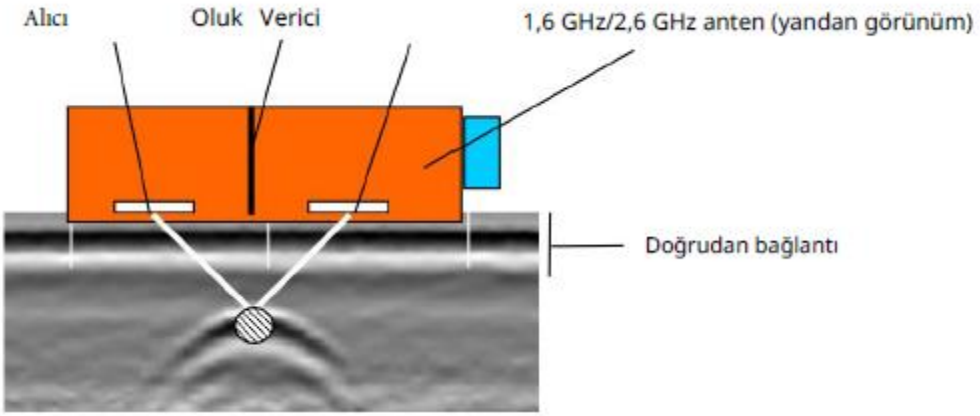
Beton içindeki kanallar ve boşlukların yerini, boyutlarını, malzeme türünün tanımlanmasını (metal, plastik vb.), donatı demirlerinin ve metallerinin lokalizasyonu olarak sıralanabilir (Gu vd., 1997; AL-Qadi vd., 2005; Kalogeropoulos vd., 2011; Chen vd., 2012; Zanzi ve Arosio, 2013; Hong vd., 2015; Hong vd., 2017; Wiwatrojanagul vd., 2018).

Uygun şekilde hazırlanmış numuneler üzerinde yürütülen son çalışmalar (Allidred vd., 1995), inşaat demirlerinin yerinde lokalizasyonundaki ölçüm hatalarının %85 anlamlılık seviyesinde ±10'dan küçük, %10 anlamlılık seviyesinde ±30 mm'den küçük, %2 anlamlılık seviyesinde ±30 mm'den daha büyük hatalara sahiptir. Örtü derinliği ölçüm hatalarının ±5 mm'den küçük olduğu %65 anlamlılık düzeyinde, %22 anlamlılık düzeyinde ±10 mm'den küçük ve %10 anlamlılık düzeyinde ±10 mm'den büyük hatalar göstermiştir.

Elektromanyetik yöntemle desteklenen radar teknolojisi ile gerçekleştirilen çap ölçüm hataları, %86 anlamlılık düzeyinde ±3 mm'lik bir hata aralığı göstermiştir.

6.4. Beton içinde donatının geometrisi ve örtü derinliğnin bulunması

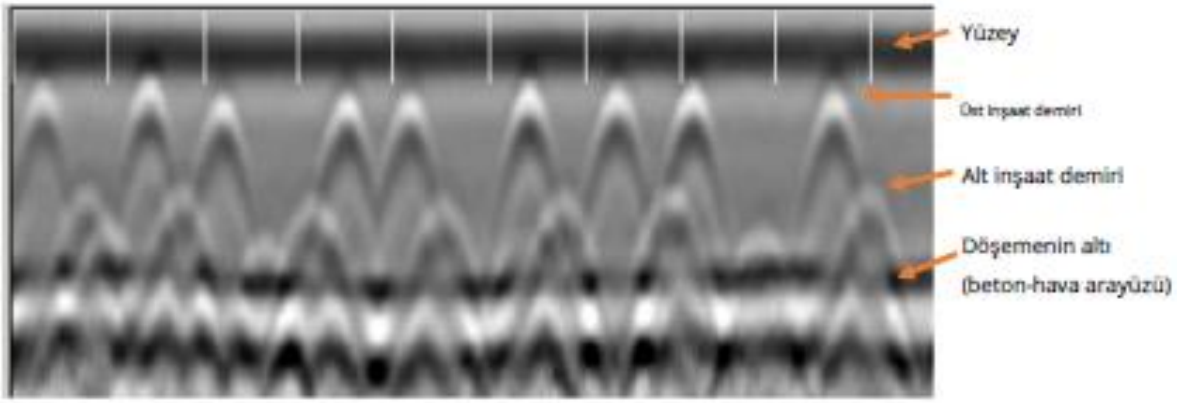
Anten boru benzeri bir hedefi (boru, kablo, inşaat demiri) dik açıyla geçtiğinde, radargramda ortaya çıkan görüntü ters U veya V gibi şeklindedir (hiperbol şekli için tanımlayıcı terimdir) (Şekil 6.3). Bunun nedeni, yayılan anten huzmesinin geniş bir koni şeklinde olmasıdır, bu nedenle radar hedefi yalnızca üzerindeyken değil, aynı zamanda bu konumdan önceki ve sonraki birkaç taramada da hedefi görebilir.



Şekil 6.3. Ölçü aleti içindeki kaynaktan çıkarak örneğin bir beton içindeki demire çarpıp yansıyarak yine alet içideki bir alıcı tarafından kaydedilmesi.

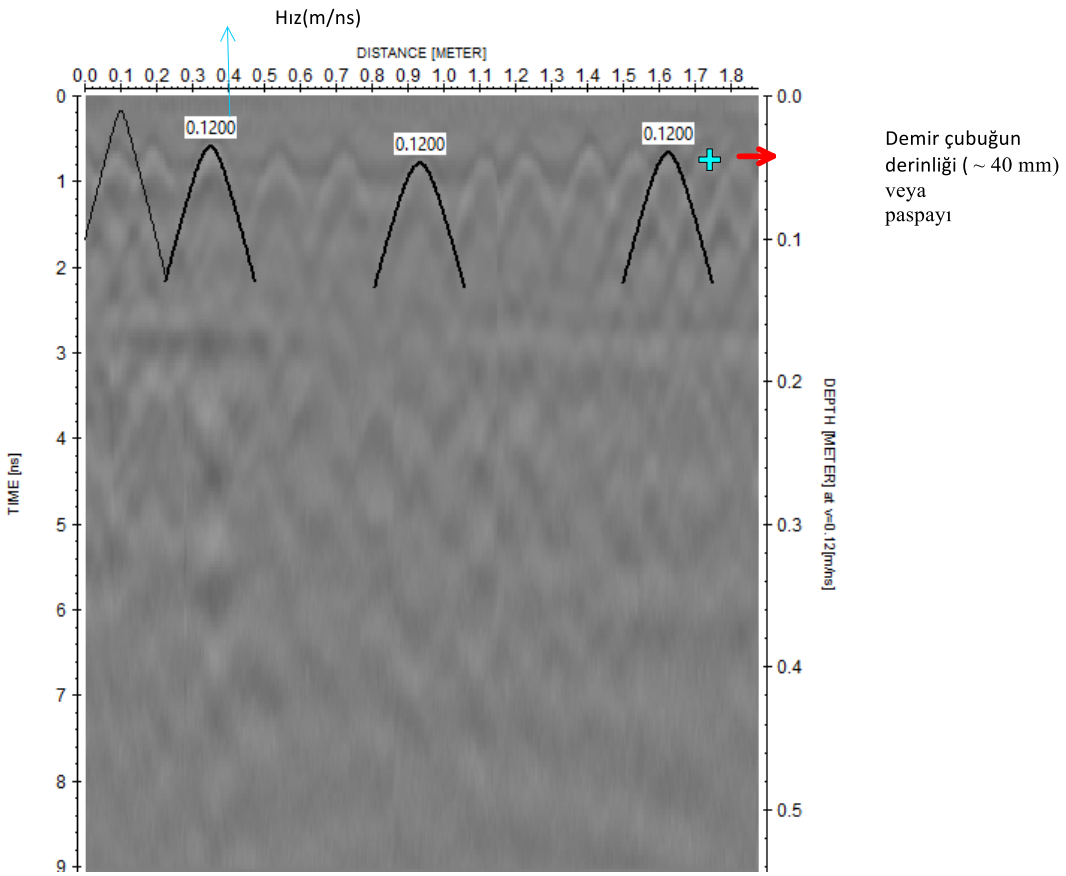
Daha büyük çaplı hedefler daha parlak yansımalar üretir. Bir hiperbolün şekli, 2" (5 cm) altındaki herhangi bir çap için hedef boyutuyla önemli ölçüde değişmez - boyutları dalga boyunun bir kısmı olduğundan, bu tür tüm hedefler radar için nokta benzeridir. Bu, 2'' nin altındaki tüm hedeflerin olduğu anlamına gelir ve 5 cm çapında aynı boyut ve şekilde hiperboller üretecektir. Aynı derinlikte bulundukları, aynı yönde geçtikleri ve aynı malzemeyle çevrelendikleri sürece, çapı 5 cm'den büyük hedefler için göreli boyutlandırma mümkündür.

İçinde elektrik kabloları olan bir PVC boru gibi bileşik hedefler, her zaman yuvarlak bir boru veya çubuktan hiperbolün mükemmel şekline sahip olmayan hiperbolik yansımalar üretebilir. Her birinin içinde, biraz çarpık bir hiperbol ile sonuçlanan birkaç yansıma vardır (Şekil 6.4).



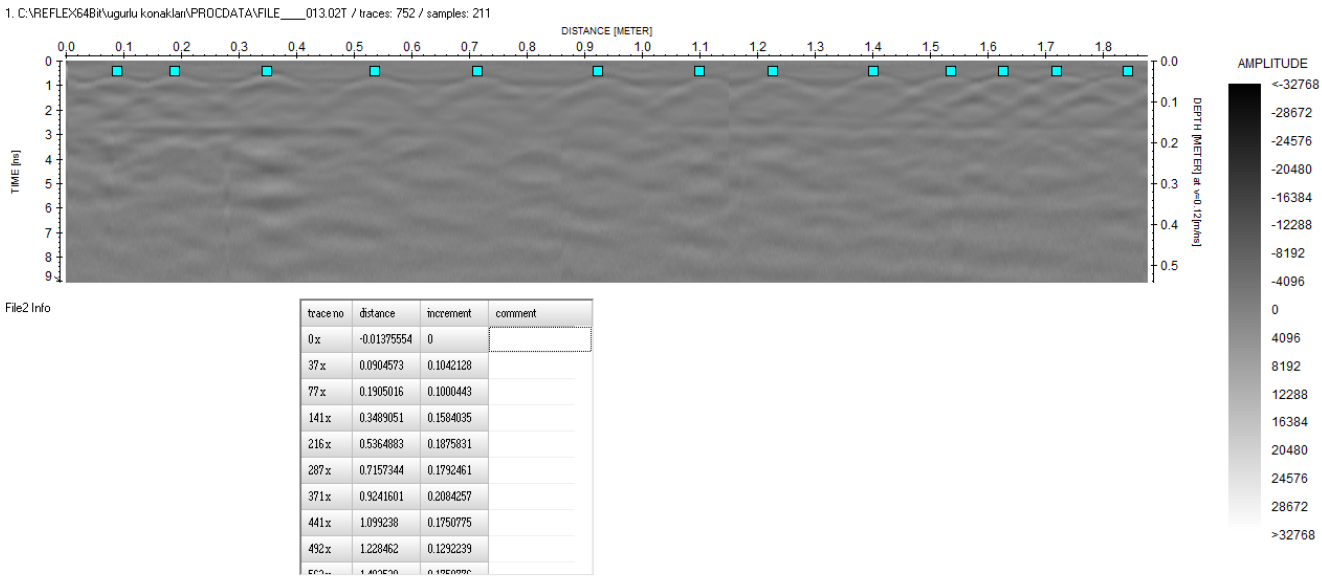
Şekil 6.4. Bir beton içindeki donatı ve döşemeden kaynaklı kaydedilen örnek radargram**.**

Elektromanyetik dalganın materyal içinden geçerken radargramlarda izlenen hiperbollerin şeklinden yararlanılarak elektromanyetik dalganımn hız bilgileri elde edilmiştir. Radargramlarda düşey eksen gidiş-geliş zamanı (ns) olduğundan bu hız bilgisi kullanılarak derinlik bilgisine (m) geçilmiştir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Beton içindeki donatılardan yansıyan gelen elektromanyetik dalganın radargramlar üzerinden hızının tespiti ve ondan elde edilmiş derinliği. Siyah çzigi demirden yansıyarak gelen donatının hiperbolünden elde edilen hızı göstermektedir. + işaret ise hiperbolün apeks noktasını göstermekte olup donatı demirinin yerini göstermektedir. Bu şekilde karışıklığa neden olmamak aamacıyla sadece bir apeksin yeri işaretlenmiştir.

Hiperbollarin apeks noktaları demir çubuğun yerlerini gösterdiğinden bu noktaların konumları her bir demir çubuğun arasındaki mesafeyi de göstermektedir (Şekil 6.6).

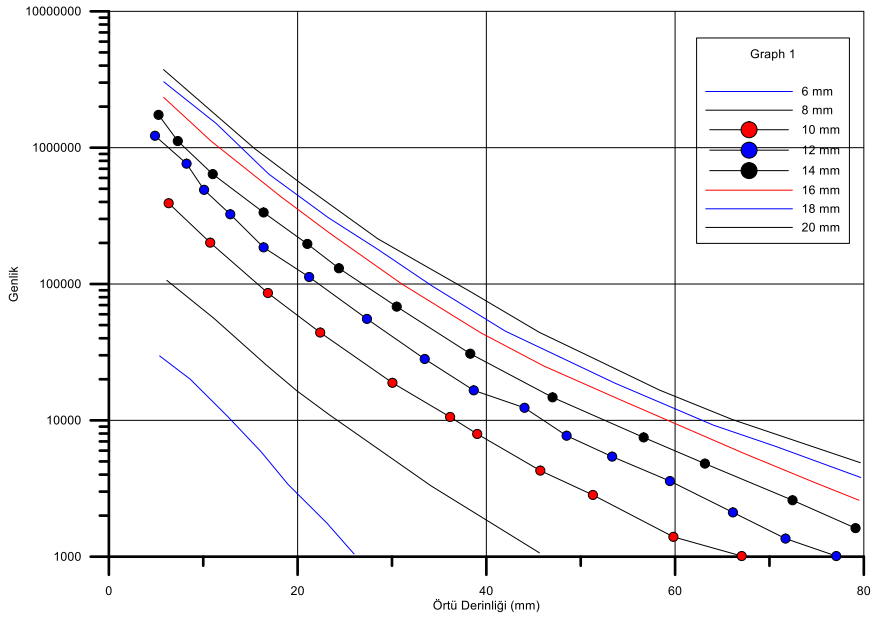


Şekil 6.6. Bir kolon üzerinde ölçülen GPR görüntüsü üzerinde apeks noktalarının yatay eksen üzerindeki konumlarından etriye veya demir donatılara arasındaki mesafenin tespit edilmesi.

6.5. Donatının ebatlarının bulunması

İki boyutlu B-Taramalarından, hiperbolün parlaklığının (genliğinin) inşaat demiri çapının artmasıyla artmaktadır (referans) . Belirli bir taramadaki üç farklı hiperbolün konumu, üç farklı beton kaplamayı gösterir. Örtü derinliği azaldıkça hiperbollerin parlaklığı da artmaktadır. Ancak, hiperbolün şeklindeki herhangi bir değişiklik, ne paspayı derinliğinin değişmesiyle ne de donatı çapının değişmesiyle saptanamaz. Bu nedenle, hiperbolün şeklinden inşaat demiri boyutunun herhangi bir doğrudan tahmini mümkün değildir. Hiperboldeki tek görünür değişiklik, donatı çubuklarından yansıma genliğinin bir fonksiyonu olan parlaklıktır. Dolayısıyla, yansıyan sinyalin genliğinin hedef inşaat demirinin boyutu ile bir ilişkisi olduğu açıktır.

Zhou vd. (2018) Laboratuvarda yarıçapı değişken demir çubuklar değişken örtü derinlikleriyle bir çimento kalıbı üzerine yerleştirilerek demir çubuklar üzerinde radar ölçüleri alınmış ve bunları grafiklemiştir (Şekil 6.7). Radargramlarda her bir demir oluşturduğu apeks noktasının genliği alınıp, bunun inşaat demiri çapları ve paspayı kalınlıklarıyla eşleştirerek demirçapları bulunabilir. kaplama kalınlığı bilindiğinde bir öncekinin tersi olarak inşaat demiri çapını tahmin edilebilir.

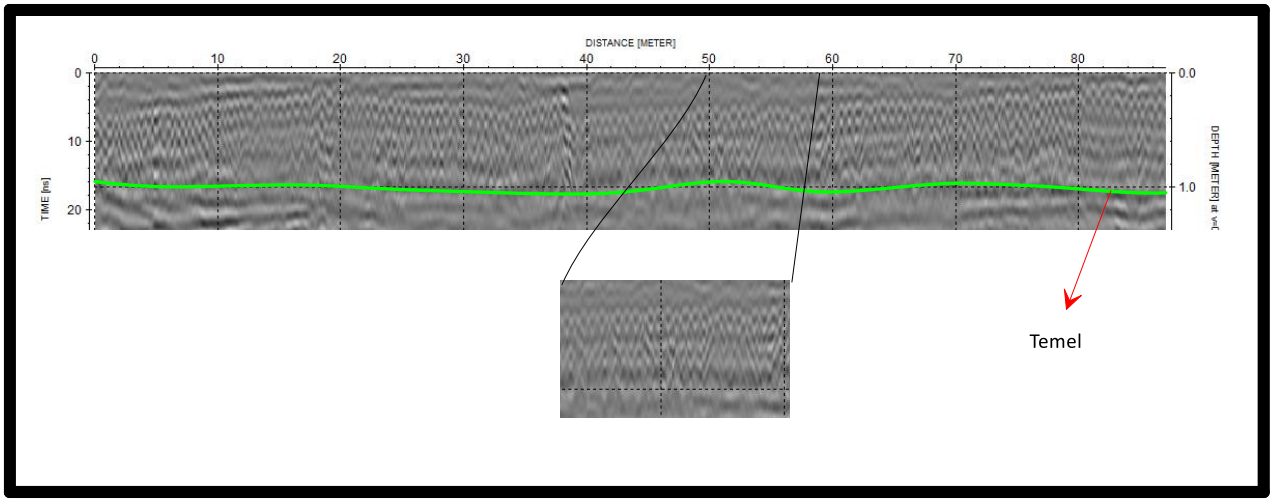


Şekil 6.7: Değişken demir çaplaro ve örü derinliklerinin elde edildikleri ana eğri.

6.6. Temel derinliğinin derinliğinin bulunması

Temeller, binanın kolon, perde, taşıyıcı duvar gibi unsurlarından aldıkları yükleri daha geniş bir alana yayarlar. Yapıda kolon veya perdeler direkt olarak zemine oturtulamazlar, zemine direk oturtulan düşey taşıyıcılar zeminin normal dayanımının çok üzerinde gerilmeler oluşturur. Kullanılan Temel tipleri: Tekil (Münferit) Temeller, Duvar Altı Temeller, Birleşik Temeller Mütemadi (Sürekli) Temeller, Radye Temeller vb sayılabilir. Bu temellerin derinlikleri 1-2 m lere kadar değişmektedir. Bina içindeki kolon, kiriş vb yapıları ölçmede kullandığımız yüksek frekanslı antenler (2600 Mz) sığ yapıları (30-40 cm) yüksek çözünürlükle (yatay: 5 cm) belileyebilir. Ancak temellerin derinlikleri daha derin olduğundan 2-3 m liği ölçebilen 400 mHz'lik antenler kullanılır.

Şekil 6.8'de yaklaşık 1 m derinlikte bir bütün olarak demir ile kaplı radyal temel görülmektedir. Radyal temel içerisindeki demir çubukların apeks noktaları çok net bir şekilde ayırt edilmektedir.



Şekil 6.8. Yapı içinde bodrum katında temel tipi ve derinliğini bulamaya yönelik 400 mHz antenle alınmış radargram. Yeşil çizgi apeks yanımaların tabaını gösteren temel derinliğini göstermektedir. Şekil üzerinde temeldeki demir donatıdan kaynaklanan yansımaların daha iyi görülemesi için bir bölge büyütülerek gösterilmiştir.

6.7. Güneşpark Evleri Sitesi GeoRadar (Yer Radarı) Uygulaması

Projede kullanılan aletin teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

GSSI TerraSIRch SIR-3000'dir. Bu tür çalışmalarda istenilen araştırma derinliğine göre farklı frekanslara sahip farklı antenler kullanılır. Bu çalışmada 400Mhz ve 2600mHz lik iki anten kullanılmıştır (Şekil 6.9).

Aletin teknik özellikleri;

GSSI TerraSIRch SIR-3000

Hafıza: 2 GB Flash memory card

Ek hafıza: 8 GB a kadar yükselitilebilir (FAT 16 dosya formatı)

Scan özellikleri: 220 scans/sec at 256 samples/scan, 16 bit

120 scans/sec at 512 sample

Anten: Merkez frekansı 400 Mhz

Ortalama derinlik: 0-3 metre

Ağırlık: 5 kg

Boyutları:30x30x15 cm

Anten: Merkez frekansı 2600 Mhz

Ortalama derinlik: 0-40 cm

Ağırlık: 1 kg

Boyutları: 3.8x10x16.5 cm (1.5x4x6.5 in)

Şekil 6.9. GSSI SIR3000 yer radarı.

400 Mhz Anten

2600 Mhz Anten

Şekil 6.9. Çalışmada kullanılan yer radarı ekipmanı.

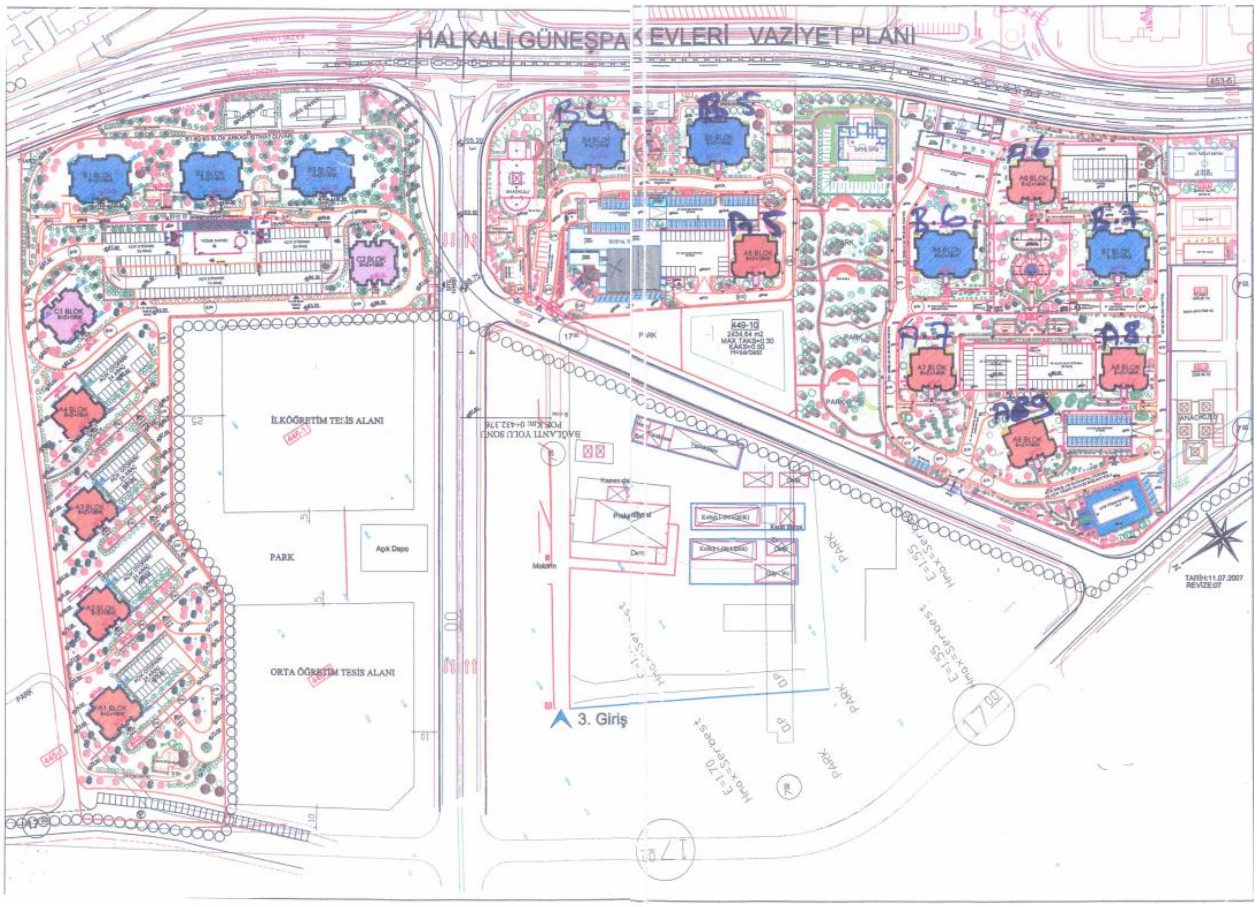
6.8. Etriye ve donatıların bulunmasına yönelik yer radarı ölçümleri

Güneşpark Evleri Sitesi'nde Yapı radarından elde edilen 17 blokdan (Şekil 6.10) toplam 51 adet kolon, perde duvar üzerinde Şekil 6.11 da verilen detayda ölçüler alınmıştır ve radargramların yormlanmış hali Şekil 6.12'de verilmiştir. Şekil 6.11'de 2600 mHz antenin veri toplanırken yansımaların geldiği nokta alıcı ve verici antenlerin orta kısmına geldiğinden anten konumu olarak bu orta kısım verinin geldiği nokta olarak kabul edilir. Bu nedenden veri toplanırken kolonun başlangıç ve bitiş noktalarında yaklaşık 20 cm bir kayıp olmaktadır. Benzer şekilde kolonlar üzerindeki yatay yöndeki ölçümlerde de radar kolonların uç noktalarında boşluğa gelmesi nedeniyle bazı kayıplar oluşmaktadır. Şekil 6.11 da 1 rakamı ile mavi okla gösterilen yönde alınan radargramlardan kolon veya perde duvar içerisindeki demirlerin konumları saptanırlen 2 rakamı ile gösterilen yönde alınan radargramlardan ise düşey yöndeki demirlerin konmları saptanabilmektedir. Şekil 6.12 de örnek bir duvar üzerinde alınmış radrgramların yorumlanmış hali gösterilmiştir. Şekilde migrasyonu yapılmış kesitler üzerinde yatay ve dikey yöndeki donatıların yerleri çizgilerle gösterimiştir. 17 Bloktan toplanan 51 lokasyona ait yorumlanmış radrgramlar EK de blok blok halinde verilmiştir.

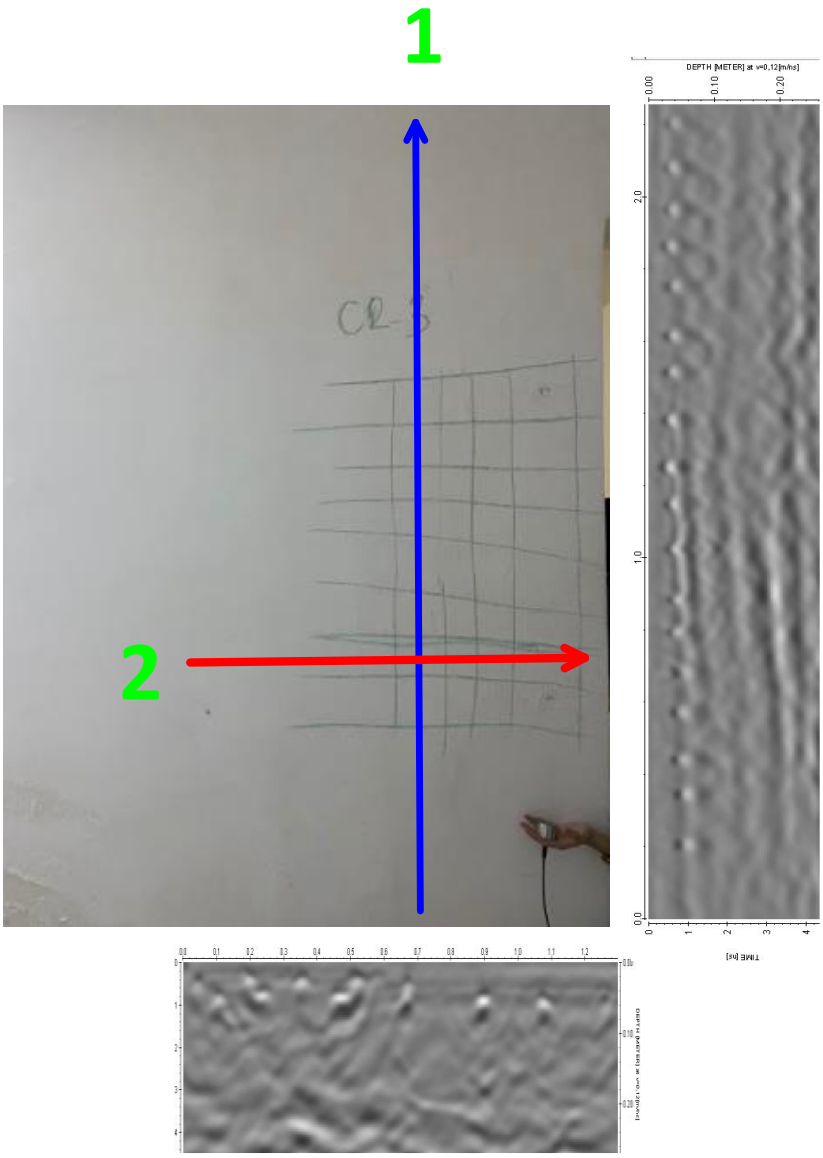
Ayrıca bu şekilde radargramlar da gözlenen yansımaların genliklerinden yararlanarak donatıların çapları belirlenmiştir. Şekil 6.12 de en alttaki grafik yatay ve dikey yöndeki radargramlarda gözlenen parabollerin üzerideki genliklerin derinliklere karşı çizilen grafikleri verilmiştir. Alttaki çizgiler laboratuvar ortamında elde edilmiş master eğrilerini (Zhou vd. 2018) gösterilmektedir.

Dairelerle gösterilen yansımaların genliklerinin master eğri üzerindeki yoğunlaştığı yerler donatının çaplarrını göstermektedir.

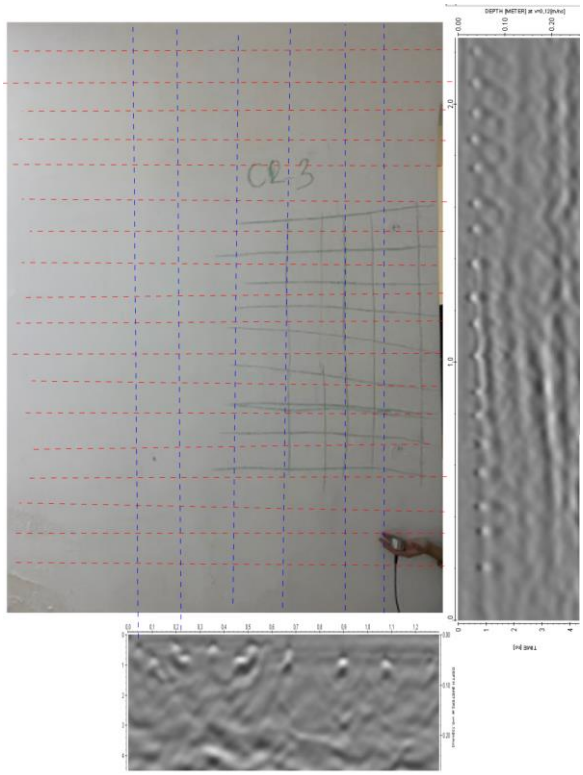
Ayrıca, seçilen bazı bloklarda 5 cm aralıklı 60x60 lık karelajlarla x ve y yönlerinde hacim verileri toplanmıştır (Şekil 6.13). 2D kesitlerden yararlanarak duvarın 3D görünmü ortaya çıkarılarak duvar içindeki donatıların geometrileri çıkarılmıştır. Yine bı 3D veriler diğer sonuçlarla birlikte EK te verilmiştir.

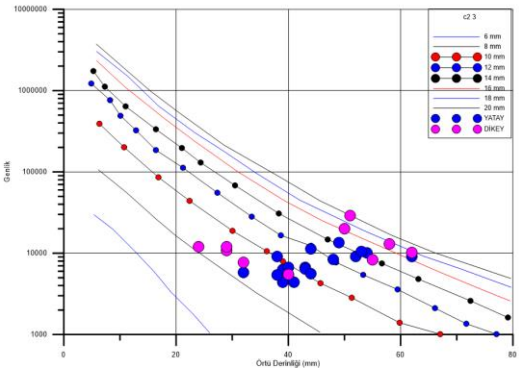


Şekil 6.10: Güneşpark İstesinde ölçüm alınan 17 Bloğun vaziyet palı

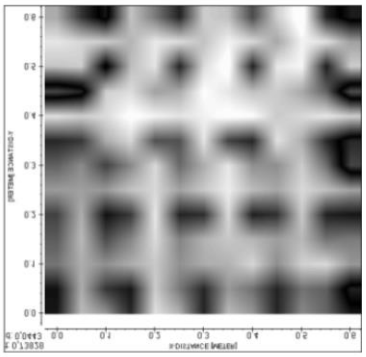


Şekil 6.11: Etriye aralıkları, paspayı profil üzerinde ve donatı ebatlarının bulunması amacıyla fotoğrafta görülen kolon üzerinde gerçekleştirilen 4 profilden alınan GPR (Yer Radarı) ölçümleri.





Şekil 6.12. Dikey donatı, etriyenin aralıkları ve çaplarının bulunmasını gösteren örnek bir değerlendirme. Üst sağda Şekil 3.5.11 de 1 nolu profilden elde edilen radagramı göstermekte. Beyaz noktalarla gösterilen alanlar genlik değerlernin yüksek olan yerlere karşılık gelmekte olup yatay etriyelerin konumlarını göstermektedir. Yatay konumdaki ikinci radargram ise Şekil 3.5.11 deki 2 nolu rdargrama karşılık gelir. Beyaz nokta alanlar genliklerin yüksek alanlarını gösterömekte olup dikey donatılarım konumlarını göstermektedir. En alttaki grafik ise 1 ve 2 nolu radargramların etriye ve dikey danatılar üzerindeki maksimum genliklerin derinliklerine göre dağılımlarını laboratuvardan elde edilen genlik/doantı çapı master eğrileri üzerinde gösterilmiştir. Genliklerin dağılım gösterdikleri yerler donate veya etriyenin çapını göstermektedir.



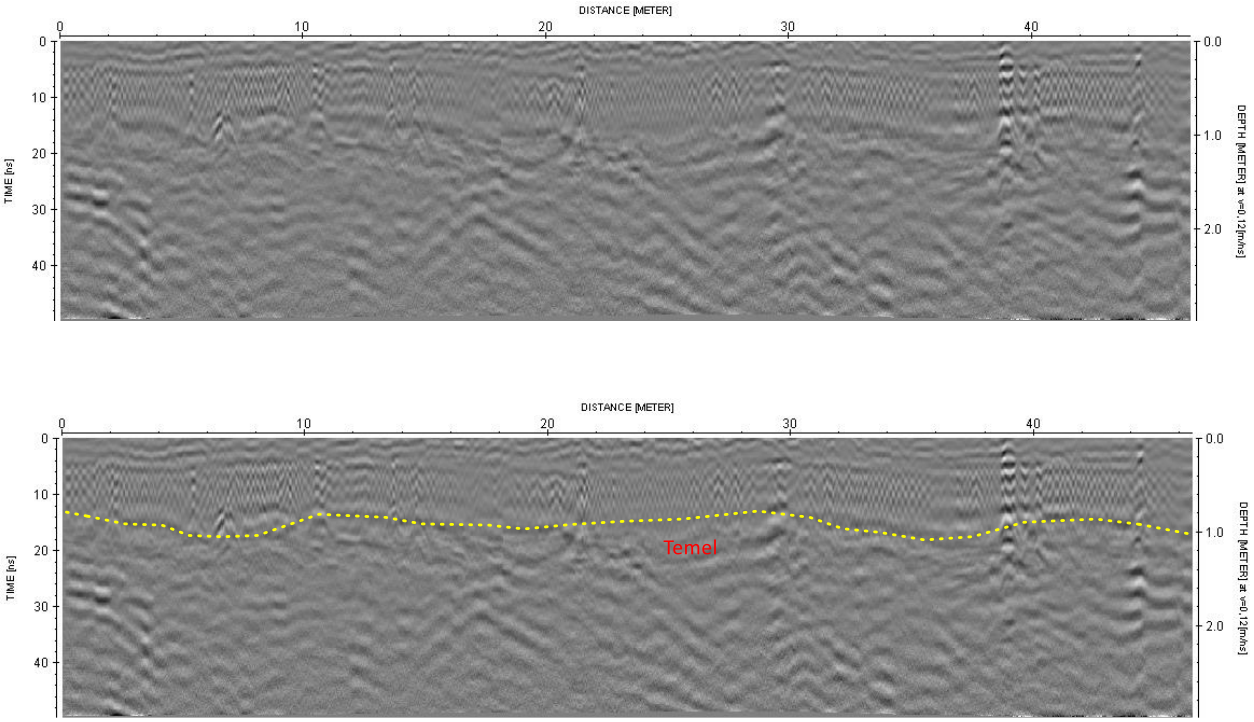
Şekl 6.13. perde duvar üzerinde 2D boyutlu toplanan profillerin yerleri ve hemen sağda elde hacim verisini göstermektedir. Çizgisel beyaz noktalar donatıların konumlarına karşılık gelmektedir.

6.9. Temel tipi ve derinliğinin bulunması

Şekil 3.5.12 üzerinde verilen sitenin B loklarının bodrum katında 1 adet profil üzerinde 400 mHz antenle georadar ölçümleri yapılmıştır.

Şekil 6.14. Güneşpark B Blokları Bodrum katlarında temel derinliğini bulmaya yönelik olarak şekilde verilen 400 mHz antenle gerçekleştirilen GPR profilleri. Pembe çizgi GPR ölçüsünün alındığı profilini ve kare simgesi ise yapı radarı ile gerçekleştirilen ölçü noktalarını göstermektedir.

Alınan Georadar ölçümlerine standart veri işlem teknikleri uygulanmış (dewow, statik düzeltme, gain, back ground ve bandpass filter ve migrasyon) uygulanmıştır. Şekil 3.5.15'de profillere ait radargramlar verilmiştir. Profiller üzerinde referans olarak bina ve otoparakların konumları yerleştirilmiştir. Donatılardan yansıyan paraboller temel yapı olarak yorumlanmıştır. Apartmanın Münferit tip bir temele sahip olduğu tespit edilmiştir. Münferit temel derinliğinin 1. m oalarak belirlenmiştir. Bu bloklara ait



Şekil 6.15 Güneşpark Sitesi B4 bloğun Bodrum katında temel derinliğini bulmaya yönelik olarak krokide yerleri verilen profil boyunca 400 mHz antenle gerçekleştirilen GPR profilleri

7.0. Sonuçlar

- **Etriye, Paspayı ve Donatıların Ebatları:** Ekte verilen radargramlar değerlendirilerek elde edilen perde duvarlara ait etriye aralıkları, donatı ebatları, paspayı ve blokların temel derinlikleri Tablo 6.1'de verilmiştir.
- **Etriye aralıklarında** genelde 15 mm ve altında olduğu

- Yapı radarından elde edilen 17 bloka (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, C1, C2) ait 3'er perde duvara ait **donatı ve etriye çapları** Tablo 6.1'de verilmiştir. Tablo genel olarak incelendiğinde donatı çaplarının 16 mm ve d daha küçük ve etriye çaplarının ise 8 mm ve civarında olduğu tespit edilmiştir**. Ayrıca perduvavarlarda genelde 8 mm çapında dikey dantılar arasında çiroz bağlantı tespit edilmiştir. Bazı kolonlara** ait radarların genliklerindeki düşüklüklüklerinden bazı **etriye ve dikey donatılarda korozyon** saptanmıştır. Tablo 6.1'de bütün bloklara ait her bir kolonun donatı çapları ve korozyon durumları verilmiştir. **Her bloğun sonunda bloklar bireysel olarak kendi içinde değerlendirilmiştir.**

- Tablo incelendiğinde blokların çoğundaki paspayları 20 mm-45 mm,arasında paspayları da görülmektedir. Sığ paspaylarının gözlendiği alanlarda donatıların daha fazla korozyona uğradığı saptanmıştır. Tablo 6.1'de her bir kolona ait GPR ile saptanan ve projedeki değerleri verilip tablo altında değerlendirilmiştir.

- **Temel tipi ve Derinliği:** Bodrum katta alınan radargramlar üzerinde (Şekil 6.13 ve Şekil 6.15) demir donatıların oluşturduğu parabol yansımalar temelin tümünde izlenmemiştir. Bu yansımalardan Güneşpark Sitesinin statik raporda da verildiği gibi radyal temel yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Radyal temellerin derinliklerinin ise 1.0 m olarak saptanmıştır.

Bölüm Sorumlusu

Prof. Dr. Z. Mümtaz HİSARLI

Tablo 6.1. Ek'de verilen radar ölçümlerinden yararlanılarak bloklardan elde edilen sonuçlar

BODRUM KAT		
A1 BLOK		
S102a	**GPR dan Etr. Ara**	Etriye arlığı 8-12 cm arasında değişen aralıklarda ve Donatı aralığı 16 cm dir. Dikey donatılar arasondaki çoroz bağlantısı görülmüştür.
	Etr. Çapı	etriye çapı 8 mm olup Etriyelerde Korozyon korozyon emaresine rastlanamıştır. duvarında ise etriye çapı 8 mm dir.
	Donatı Çapı	12 mm
	Paspayı:	20-30 mm
	Sonuç:	Etriye arlığı 8-12 cm arasında değişen aralıklarda ve Donatı aralığı 16 cm dir. Dikey donatılar arasondaki çoroz bağlantısı görülmüştür. Etriye çapı 8 mm ve Dikey Donatı çapı 12 cm. Paspayı 20-30 mm dir.
S2102b	**GPR dan Etr. Ara**	Etriye arlığı 13 cm den düşük etriye aralıkları ve Donatı aralığı 16 cm dir . Dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlantıları tespit edilmiştir.

	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	14-16 cm
	Paspayı:	Etriye 30, dikey donatılar 50 mm
	Sonuç:	Etriye arlığı 13 cm den düşük etriye aralıkları ve Donatı aralığı 16 cm dir . Dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlantıları tespit edilmiştir. Korozyon emarelerine rastlanmamıştır.
S112	**GPR dan Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve daha küçük aralıklarla değişmekte ve Donatı aralığı 14-16 cm arasındadırdir. 8 mm çaplı çiroz bağlantısı tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	12-14 mm
	Paspayı:	25-35 mm
	Sonuç	Etriye arlığı 16 cm ve daha küçük aralıklarla değişmekte ve Donatı aralığı 14-16 cm arasındadırdir. 8 mm çaplı çiroz bağlantısı tespit edilmiştir. Etriye çapı 8 mm ve Dikey Donatı

		çapı sırasıyla 8 ve 12-14 mm dir. Korozyon emarelerine rastlanmamıştır.

A1 BLOK SONUÇ: Genel olarak etriye ve dikey donate aralığıaralığı 16 cm den küçüktür. Etriye çapı 8 mm ve Donatı yarıçapı ise 12-16 arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca, dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlantısı tesipit edilmiştir. Öngörülen Dikey Donatı çapları proje değerlerinden daha küçük çıkmış olmasına ragmen belirgin bir korozyon emarasine rastlanmamıştır. En düşük Paspaylarının 20 cm civarında olduğu görülmüştür. Temel derinliğinin ise 1 m civarında olduğu görülmüştür.		
A2 BLOK		
S112a	**GPR dan Etr. Ara**	Etriye aralıkalrı genelde 10-15 arasında değişmektedir. Ancak, iki bölgede bu aralık 20-25 cm ye kadar çıkmaktadır.
	Etr. Çapı	GPR genlikleri 8-10 mm lerde dağılım göstermketedir. Etriye çapı 8-10 mm arasındadır.
	Donatı Çapı	Donatı çaplarına ait GPR genlikleri saçılmıştır. 14-16 mm de iki donate varken iki tanesi 8 mm nin altında çıkmıştır. Bu düşük genlikler korezyon başlangıcından kaynaklanmış olabilir.

	Paspayı:	Etriye paspayları 30-40 mm lerde dağılım göstermekte ike Dikey donate paspayları 20 ile 50 mm arasında dağılım göstermektedir.
	Sonuç:	**Etriye çapları 8-10 mm arasındadır. Etriye iki bölge dışında düzenli dağılım göstermekte ve aralıkları iki etriye dışında 10-15 mm civarındır. Genliklerdeki saçılmalardan Dikey donatılarda korezyon başlangıcı olabileceği düşünülmektedir.**
S112b	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 10-14 cm arasında değişmektedir. Donatı aralığı 16-20 cm arasında. Etriye aralıkları eşit.
	Etr. Çapı	. S102 kolonunda etriye çapı 8 mm dir
	Donatı Çapı	S102 nin donatı çapı14-16 mmdir. Ancak, donatılardan elde edilen genliklerde saçılmalar gözlenmiştir
	Paspayı:	Etriye paspayları 30-40 mm arasında değişmektedir.Ancak, donatıların paspayı 50 mm aolmasına ragmen saçılmalar göstermektedir.
	Sonuç:	**Etriye aralıkları 10-14 cm arasında değişmekte ve eşit aralıklı değildir .Etriye çapı 8 mm dir. Donatı çapı ise 14-16 mm arasındadır. Ancak donatıların genliklerinde saçılmalar gözlenmiştir. Bunun sebebi dikey donatılarda kismi korezyon başlangının olabileceği şeklinde**

		yorumlanmıştır. Paspayı ise Etriyelerde 30-40 mm ve Dikey donatılarda ise 50 mm olup Donatı çapı düşük çıkanların paspayları ise 20 mm ye kadar düşmektedir
S115	**GPR dan Etr. Ara**	Etriye arlığı 10-12 cm ve Donatı aralığı 16-20 cm dir. Etriye aralıkları tekdüze değişmektedir. Dikey donatılar 8 mm lik çiroz bağlantılı olduğu tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	10 mm etriye çapına sahiptir.
	Donatı Çapı	Dikey donatılara ait 6 adet GPR genlikliği 12 mm civarında dağılım gösterirken geri kalanların biri 14 ve diğeri 20 mm civarında bir dağılım göstermektedir. Ancak genel olarak genlikler ikisi dışında toplu bir dağılım göstermektedir.
	Paspayı:	Etriye paspayı 20-30 mm dir. Dikey donatılar 40-45 mm arasında değişmekte.
	Sonuç	**Etriye çapı 8 mm ve aralıkları 10-12 mm dir. Dikey donate çapı 12 mm olarak tespit edilmiştir. Projedeki S115 perde duvarına ait dikey donate değerlerinin altındadır.**

A2 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları üç perde duvarın için ortalama 10-15 arasında değişmektedir.
- Etriye aralıkları tekdüzedi ancak S102a iki noktada bu etriye aralığı 20 ve 25 cm'e kadar çıkmaktadır.Dikey donatılar üzerinde 8 mm çapında çiroz bağlantılar tespit edilmiştir. Paspaylarıda 20-50 mm arasınadır.

• Donatı çapı 12 mm olarak projede verilen değerin biraz altında tespit edilmiştir. Ayrıca etriye ve dikey donatılar üzerindeki gözlenen GPR genliklerindeki saçılmalar Korozyon başlangıcın emeraleridir. • Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.		
A3 BLOK		
S102a	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralığı 16 cm civarına düzenli bir değişim gösteriken perde duvarın yerden yaklaşık 60 cm üstünde iki etriye aralığı 23 cm olmuştur. ve Donatı aralığı 16 cm dir.
	Etr. Çapı	Etriye çapı 10 mm dir.
	Donatı Çapı	Donatı çapı 10-12 mm dir.
	Paspayı:	Etriye ve dikey donate için 20-35 mm dir.
	Sonuç:	**Etriye aralığı bir nokta haricinde (yerden 60 cm yukarıda) düzgün değişim göstermekte ve aralıkları 16 cm arasındadır. Dikey kolon aralıkları ise 15-19 cm dir. Paspaylar ise etriye için 20-30 mm ve Dikey donate için 50 mm dir. Çiroz bağlantıları tespit edilmiştir. GPR genliklerinde bir azalma gözlenmediğinden korozyon belirtisine rastlanmamıştır.**
S102b	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir Etriye aralıkları eşit

	Etr. Çapı	Ölçü alınan nokta S120 kolu ve P118 kolonları kaplamakta. S120 etriye çapı 8 mm-10 cm dir
	Donatı Çapı	Dikey donatılarda 25 mm ye kadar inen paspaylarındaki donatılarda korozyon nedeniyle çaplarda azalma izlenmiştir.
	Paspayı:	25 ile 45 mm arasında değişmektedir.
	Sonuç:	**Etriye aralıklarında kolonun tavan ve tabanına doğru gidildikçe bir sıklaşma tespit edilmemiştir. Etriyeler düzenli bir dizilim göstermemektedir. Kolonun dikey donatılarında saptanmıştır.**
S115	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralığı 14 cm nin altındadır. Dikey donatı aralığı ise 16 cm dir. Dikey donatıların 8 mm lik çiroz baplantıları tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	Etriye çapı 8 -10 mm dir.
	Donatı Çapı	14-16 mm
	Paspayı:	Etriye paspayı 30 - 40 mm dir. Dikey donatılar 50 mm dir.
	Sonuç	**Etriye aralıklarında 14 mm den küçük düzenli dağılım göstermekte. Donatı aralıkları is 16cm dir. Dikey donatılar arasında 8 mm lik çiroz bağlantılar tespit edilmiştir. Etriye çapı 8-10 mm ve dikey donate .apı ise**

		14-16 mm olarak belirlenmiştir. Etriye paspayo 30-40 ve dikey donate paspayı 50 mm olarak bulunmuştur.

A3 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı. ve 16 cm nin altındadır.. Genelde düzgün etriye aralığına sahiptir. Ancak, S102a da olduğu gibi 60 cm civarında bu etriye aralıkları 23 cm ye kadar çıkmıştır.Dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlantıları tespit edilmiştir. Dikey donate aralığ 16 mm bulunmuştur.
- Dikey donatılarım çap 12 -16 mm olarak belirlenmiş.
- GPR genliklerinde önemli bir saçılma gözlenmemiş olduğun korezyon emerelerine rastlanmamıştır.
- Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.

A4 BLOK

S102a	**GPR dan** **Etr. Ara**	12 cm den küçük ve düzenli aralığa sahip Etriye aralığı bulunmuştur. Dikey donatı arlıkları 16 cm dir. Ortada nokta sadece bir noktada dikey donate aralığı 22 cm olarak tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	Etriye çapı 10 mm
	Donatı Çapı	Dikey donatı çapı 10 mm olarak bulunmuştur.
	Paspayı:	Etriye ve Dikey donatının paspaylaro 25-35 mm olarak belirlenmiştir.

	Sonuç:	**Etriye aralıkları 12 cm nin altında olup düzenli bir dağılım göstermektedir. Dikey donatılar arasındaki mesafe ise 16 cm dir. Etriye ve dikey donatıların paspayları 25-35 mm dir. GPR genlikerinde fazla saçılma olmaması nedeniyle korozyon emarelerine rastlanmamıştır.**
S102b	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 13 cm nin altındadır. Ancak yerden yüksekliği 80 cm olan bir seviyedeki etriye aralığı 23 cm olarak tespit edilmiştir.Donatı aralığı 16 cm dir. Dikey donatılar arasındaki 8mm lik çiroz bağlanlantısı tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	Etriye çapı 12 mm
	Donatı Çapı	Dikey donatı çapı 16-20 mm
	Paspayı:	Etriye paspayları 35 mm nin üstünde dikey donate paspayı ise 65 mm
	Sonuç:	**Etriye aralıkları yerden 80 cm deki etriye hariç (23 mm) aralıklar düzgün ve 13 cm dir. Etriye ve dikey donatı çapları sırasıyla 12 mm ve 12-60 mm dir. Paspayları etriye için 35 ve dikey donatılar için 65 mm dir. Dikey donatılar arasındaki 8 mm çaplı çiroz bağlantılar tespit edilmiştir. Etriyelere ait GPR genliklerinde düzenli olarak artan bir saçılma görülmüştür. Ancak, genlikerde bir azalma olmadığından bir korozyon olarak yorumlanmamıştır.**

S115	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralıkları 11 cm az dır. Yerden 60 ile 100 cm arasında iki etriye arasındaki mesafeler 20'e cmm yi çıkmıştır. Radargramların genlikleri bu seviyenin hemen altı ve üstüne göre farklılık göstermektedir. Dikey donatılar için çapı 10-12 mm ebtalarında çiroz bağlantı tespit edilmiştir. Radargramlardan bu perde duvarın kapı tarafından başlayan ilk iki dikey donatı arasındaki mesafenin 30 cm olduğu görülmüştür.
	Etr. Çapı	10-12 mm
	Donatı Çapı	16-20 mm
	Paspayı:	Etriyeler için 35-50 mm, Dikey donatılar için 50
	Sonuç	**Etriyeler arasındaki mesafe genelde 11 cmküçük. Ancak, GPR genliklerinde 60-100 mm ler arasında bir anomaly gözlenmiştir. 60 100 cm lerdeki etriye aralığının 20 mm ye yaklaştığı görülmüştür Kapı tafından itibaren ilk iki Dikey donatının arasındaki mesafe 30 cm dir. Donatı aralıkları ise 16 cm**

A4 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları genelde eşit aralıklı ve 13 cm den az olduğu tespit edilmiştir. Yerden yüksekliği S102b de 80 cm ve S115 de 60-100 cm lerde etriye aralıklarının 23 mm ye kadar arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, S115 de bu sevilerdeki GPR genliklerinde bir farklılaşma izlenmiştir.

- S102a da belirlen etriye çapının proje değerlerine uygun göstermesine ragmen elde edilen 10 mm lik dikey donate çapının 16 mm lik proje değerinin biraz altında kaldığı gözlenmiştir. S102b de ve S115 de GPR genliklerindeki saçılmalar tespit edilmiştir. Bu saçılmaların sebebinin kohrezyon başlangıcı olabileceğini düşünülmektedir.

Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.

A5 BLOK

S112	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Etriye aralıkları eşit.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	16 cm
	Paspayı:	Dikey donatılar 50 cm, etriye 35 mm
	Sonuç:	**Etriye aralıklar ve Dikey donate aralıkları 16 cm ve düzenli. Etriye ve Donatı çapları 8 ve 16 mm. Perde duvarın proje değerleriyle uygunluk göstermekte.**
S120	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir Etriye aralıkları eşit
	Etr. Çapı	8 mm

	Donatı Çapı	12 -14mm.
	Paspayı:	Etriye 35 mm dikey donate 50 mm
	Sonuç:	**Etriye aralıklar ve Dikey donate aralıkları 16 cm ve düzenli. Etriye ve Donatı çapları 8 ve 12-14 mm. Perde duvarın proje değerleriyle uygunluk göstermekte.**
S102	**GPR dan Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Etriye aralıkları eşit.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	GPR genlikleri saçılmış durmda. Ortalama 14 mm dikey donate çapı
	Paspayı:	Etriye paspayı 50 mm dir. Dikey donatılar 60 mm arasında değişmekte.
	Sonuç	**Etriye aralıklar ve Dikey donate aralıkları 16 cm ve düzenli. Etriye ve Donatı çapları 10 ve 14 mm. Dikey donate çapı projede 16 mm dir.**
A5 BLOK SONUÇ:		

• Etriye aralıkları eşit aralıklı. 16 cm aralığında değişmektedir. Etriye aralıkları eşit aralıklı düzenli dağılım göstermektedirç. • Etriye çapı 8 mm ve dikey donate çaplarının ise 14-16 mm olarak tesipit edilmiştir görülmemektedir. • GPR genliklerinden korezyon genliklerindeki saçılmalar korezyon başlangıcının belirtisidir. • Blok 1 m derinlikteki bir temel üzerine inşaa edilmişitr.		
A6 BLOK		
120	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 13-19 cm dir. Etriye aralıkları eşit.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	12-14 mm
	Paspayı:	etriyeleri 35 mm perde dikey donatı 50 mm dir
	Sonuç:	**Etriye aralıkları 16 cm ve Dikey donat aralıkları 13-19 cm ve düzenli. Etriye çapı 8 mm ve Donatı çapı 14 mm dir. Dikey donate çapı projede 16 mm dir.**
S112	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 11-16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir Etriye aralıkları düzenli
	Etr. Çapı	10 mm

	Donatı Çapı	16 mm
	Paspayı:	35 ile 50 mm arasında değişmektedir.
	Sonuç:	**Etriye aralıkları 11-16 cm ve Dikey donat aralıkları 16 cm ve düzenli. Etriye çapı 10 mm ve Donatı çapı 16 mm dir. Dikey donate çapı projede 16 mm dir.**
S102	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 9-14 cm ve Donatı aralığı 18 cm dir. Etriye aralıkları eşit.Ancak dikey donatının kapı tarafından ilk iki donate arasında 30 cm lik bir aralık bulunmaktadır.GPR genliklerin dağılımı olduça saçılmış durumda. Bu korezyon başlangıcından kaynaklandığı düşünülmektedir.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	16 mm
	Paspayı:	Etriye paspayı 35 mm dir. Dikey donatılar 55-65 mm arasında değişmekte.
	Sonuç	**Etriye aralıkları 9-14 cm ve Dikey donat aralıkları 18 cm ve düzenli. Etriye çapı 10 mm ve Donatı çapı 16 mm dir. Dikey donate çapı projede 16 mm dir. GPR genliklerin**

		dağılımı olduça saçılmış durumda. Bu korezyon başlangıcından kaynaklandığı düşünülmektedir.

A6 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı olup 9-19 cm aralığında değişmektedir.
- Dikey Donatı aralıkları ise ortalama 16-16 cm aralığındadır.
- .Özellikle S102 perde duvarındaki GPR genliklerin dağılımı olduça saçılmış durumda. Bu korezyon başlangıcından kaynaklandığı düşünülmektedir**.**
- Münferit bazı etriyelerden elde edilen geniliklerde saçılmaların varlığı korozyonun başlangıç evresinde olduğunu göstermektedir.

Blok 80 cm derinlikteki bir temel üzerine inşaa edilmişitr.

A7 BLOK

S102	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 15-16 cm ve Donatı aralığı 15-16 cm dir. Etriye aralıkları eşit. Dikey donatılar arasındaki 10 m çapındaki çiroz bağlantıları tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	8 mm .
	Donatı Çapı	16 mm
	Paspayı:	Etriye 30 mm,
	Sonuç:	**8 mm çapında 15 mm eşit aralıklı etriye, 16 mm çaplı 15 mm aralıklı dikey donatılar 10 mm çaplı çroz bağlantılı.**

		GPR genliklerinde saçılma görülmemiş ve dolayısyla korezyon emarelerine rastlanmamıştır.

A7 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit olup 15-16 cm, Dikey donatılar ise 15-16 cm eşit aralıklıdır.
- Etriyeler 8 mm ve dikey donatılar 16 mm çapındadır. 8 mm çaplı Çiroz bağlantılar
- Genelde kolonlarda GPR genliklerin dağılımı toplu olması nedeniye korozyon emarelerine rastlanmamıştır.
- Blok 80 cm derinlikteki bir temel üzerine inşaa edilmişitr.

A8 BLOK

S102	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 12-16 cm ve Donatı aralığı 15 cm dir. Etriye aralıkları eşit. Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantısına rastalnmıştır.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	10 mm
	Paspayı:	35 mm
	Sonuç:	**8 mm çapında 12-16 mm eşit aralıklı etriye, 10 mm çaplı 16 mm aralıklı dikey donatılar 10 mm çaplı çroz bağlantılı. GPR genliklerinde saçılma görülmemiş ve dolayısyla korezyon emarelerine rastlanmamıştır.**

A8 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı olup 12-18 cm aralığında değişmektedir.
- Dikey Donatı aralıkları ise ortalama 10-16 cm aralığındadır.
- Özellikle S120Münferit bazı etriyelerden elde edilen geniliklerde saçılmaların varlığı korozyonun başlangıç evresinde olduğunu göstermektedir.

Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.

A9 BLOK

S102	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 12-16 cm ve Donatı aralığı 15 cm dir. Etriye aralıkları eşit. Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantısına rastalnmıştır.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	10 mm
	Paspayı:	35 mm
	Sonuç:	**8 mm çapında 12-16 mm eşit aralıklı etriye, 10 mm çaplı 16 mm aralıklı dikey donatılar 10 mm çaplı çroz bağlantılı. GPR genliklerinde saçılma görülmemiş ve dolayısyla korezyon emarelerine rastlanmamıştır.**
S112	**GPR dan**	Etriye arlığı 15 cm ve Donatı aralığı 15 cm dir

	Etr. Ara	Etriye aralıkları eşit. Dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlantısına rastalnmıştır.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	16 mm
	Paspayı:	Etriye 45 ve dikey donatılar 50 mm
	Sonuç:	**Etriye aralıkları 15 ve Donatı aralığı 15 cm dir. Etriye aralıkları eşittir.** Dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlatılar tespit edilmiştir.
S120	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 18 cm dir. Etriye aralıkları eşit. 2 etriyeye ait genlikler düşük ve saçılmış dağılım göstermekte. Bu iki etriye için korozyobn başlangıcından bahsedilebilir.
	Etr. Çapı	8 mm etriye çapına sahiptir
	Donatı Çapı	16 mm
	Paspayı:	Etriye paspayı 30 mm dir. Dikey donatılar 45 mm arasında değişmekte.
	Sonuç	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 18 cm dir. Etriye aralıkları eşit. 2 etriyeye ait genlikler düşük ve saçılmış dağılım göstermekte. Bu iki etriye için korozyobn başlangıcından bahsedilebilir.

S102	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 12-16 cm ve Donatı aralığı 15 cm dir. Etriye aralıkları eşit. Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantısına rastalnmıştır.

A9 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı olup 11-16 cm aralığında değişmektedir.
- Dikey Donatı aralıkları ise ortalama 15 cm aralığındadır.
- Genelde kolonlarda genliklerin dağılımı toplu olmasına ragmen bazı dikey donatlarda beklenilenden (16 mm) daha az dikey donatı çapı(12 mm) saptanmıştır.
- Münferit bazı etriyelerden elde edilen geniliklerde saçılmaların varlığı korozyonun başlangıç evresinde olduğunu göstermektedir.

Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.

B1 BLOK

S103A	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralıkları 12-16 mm aralığındadır. Dikey donatı aralıkları ise 16 cm dir. GPR genlikleri oldukkça düşüktür. Etriye ve donatılar radogramlar üzerindeki belirtileri azalmıştır. Bu perde duvar üzerinde korezyon başlangıcı olabilir.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	8 mm
	Paspayı:	25-30 mm

	Sonuç:	**Etriye ve Donatı çapları 8 mm civarındadır. Projedeki bu kolonun olması gereken demir çap değerinden düşüktür. Genliklerde azalmalar bu perde duvar üzerinde korozyon olduğunu göstermektedir. Paspayı ise 25-3* mm dir.**
S103B	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralıkları 15 cm ve Donatı aralıkları 16 mm dir. GPR genliklerinde saçılma ve azalmalar görülmemektedir. Korozyon emaresine raslanmamıştır.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	10 mm
	Paspayı:	40 mm
	Sonuç:	Etriye aralıkları 15 cm ve Donatı aralıkları 16 mm dir. GPR genliklerinde saçılma ve azalmalar görülmemktedir. Etriye ve Donatı çapı 10 mm dir. Korozyon emaresine raslanmamıştır.
S107	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralıkları 16 cm dir. Donatı aralıkları 15 mm dir. Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantılar tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	10 mm

	Paspayı:	Etriye 35mm Dikey donatılar için 50 mm
	Sonuç	**Etriye ve Donatı aralıkları düzgün aralıklı sırasıyla 16 ve 15 cm dir. Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantılar tespit edilmiş. GPR genliklerinde vir saçılma görülmemektedir. Bu nedenle korozyon emaresine rastlanmamıştır.**

B1 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı olup 12-16 cm aralığında değişmektedir.
- Dikey Donatı aralıkları ise ortalama 15-16 cm aralığındadır.
- Etriye ve Donatı çapları sırasıyla 8 mm ve 10-16 mm.
- Paspayları 25*50 mm arasında değişmektedir.
- Özellikle S103A Münferit bazı etriyelerden elde edilen geniliklerde azalmalar görülmesinin bu perde duvar üzerinde korozyonun olduğunu göstermektedir.

Blok 1 m derinlikteki bir temel üzerine inşaat edilmişitr.

B2 BLOK

S107	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralıkları ortalama 11 mm ve Donatı aralıkları ise11-16 mm dir. Etriye genliklerinde bir saçılma görülmektedir. Ancak genliklerde bir azalma olmamamsı nedeniyle korozyon ile ilişkilendirilmemiştir. Ancak dikey

		donatılarda75 mm ve 95 mm arasındaki iki donatını oldukça düşük değer göstermiştir. Ayrıca donate çapı beklenilenden düşük çıkmıştır. Bu durum Dikey donatılarda korezyon başlangıcı olarak yorumlanmıştır.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	10 mm
	Paspayı:	40
	Sonuç:	Etriye aralıkları ortalama 11 mm ve Donatı aralıkları ise11-16 mm dir. Etriye genliklerinde bir saçılma görülmektedir. Ancak genliklerde bir azalma olmamamsı nedeniyle korozyon ile ilişkilendirilmemiştir. Ancak dikey donatılarda iki donatını oldukça düşük değer göstermiştir. Ayrıca donate çapı beklenilenden düşük çıkmıştır. Bu durum Dikey donatılarda korezyon başlangıcı olarak yorumlanmıştır.
S103A	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye ve Doantı aralıkları 16 mm dir. Ancak, yerden 60-100 mm arasındaki etriye aralığı 31 mm dir. Aslında bu iki seviye arasındaki bir etriyenin var olacağı ve genliğinde büyük bir azalmanın olabileceğinden bu bu yansımayı tam göremediğim şeklşnde açıklanmıştır. Ayrıca dikey donatılar arasında 10 mm çapında çiroz bağlantılar tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	12 mm
	Donatı Çapı	12 mm

	Paspayı:	50 mm
	Sonuç:	Etriye ve Doantı aralıkları 16 mm dir. Ancak, yerden 60-100 mm arasındaki etriye aralığı 31 mm dir. Aslında bu iki seviye arasındaki bir etriyenin var olacağı ve genliğinde büyük bir azalmanın olabileceğinden bu bu yansımayı tam göremediğim şeklşnde açıklanmıştır. Ayrıca dikey donatılar arasında 10 mm çapında çiroz bağlantılar tespit edilmiştir.
S103B	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralıkları düzenli olarak değişmekte olup 14 mm dir. Dikey doantılar arasındaki mesafede genelde 15 cm olarak değişirken 40ve 70 mm ler arasındaki dikey donatılar arasındaki mesafe 27 mm olarak tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	16 mm
	Paspayı:	Etriye için 40mm, Dikey donatılar için 50 mm dir.
	Sonuç	Etriye aralıkları düzenli olarak değişmekte olup 14 mm dir. Dikey doantılar arasındaki mesafede genelde 15 cm olarak değişirken 40ve 70 mm ler arasındaki dikey donatılar arasındaki mesafe 27 mm olarak tespit edilmiştir. Paspayı ise etriye için 40 mm ve dikey donatılar için 50 mm dir. GPR genliklerinde bir saçılma ve azalma gözlenmemiştirç Bu nedenle korozyon emaresine rastlanmamıştır.
•		

B3 BLOK		
S103A	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye ve Doantı aralıkları 16 mm dir. Ancak, yerden 60-100 mm arasındaki etriye aralığı 31 mm dir. Aslında bu iki seviye arasındaki bir etriyenin var olacağı ve genliğinde büyük bir azalmanın olabileceğinden bu bu yansımayı tam göremediğim şeklşnde açıklanmıştır. Ayrıca dikey donatılar arasında 10 mm çapında çiroz bağlantılar tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	12 mm
	Donatı Çapı	12 mm
	Paspayı:	50 mm
	Sonuç:	Etriye ve Doantı aralıkları 16 mm dir. Ancak, yerden 60-100 mm arasındaki etriye aralığı 31 mm dir. Aslında bu iki seviye arasındaki bir etriyenin var olacağı ve genliğinde büyük bir azalmanın olabileceğinden bu bu yansımayı tam göremediğim şeklşnde açıklanmıştır. Ayrıca dikey donatılar arasında 10 mm çapında çiroz bağlantılar tespit edilmiştir.
S103B	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralığı ve Dikey donatı aralığı 16 mm dir. Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantılar tespit edilmişitr.
	Etr. Çapı	8 mm

	Donatı Çapı	16 mm
	Paspayı:	Etriye için 25 mm, Dikey donatılar için 50-60 mm
	Sonuç:	
S107	**GPR dan Etr. Ara**	Etriye 11 mm ve donatı aralıkları 14 mm dir. Dikey donatılar arasında 10 mm çiroz bağlantı saptanmıştır.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	16 mm
	Paspayı:	30 mm
	Sonuç	Genelde Etriye 16 mm ve donate aralıkları 14 mm dir. Dikey donatılar arasında 10 mm çiroz bağlantı saptanmıştır.
B3 BLOK SONUÇ:		

• Etriye aralıkları genelde eşit aralıklı olup 16 cm aralığında değişmektedir. Ancak, S103A da yerden 60-100 mm arasındaki etriye aralığı 31 mm dir. Bu bölgede genlik azalması olduğundan bir korezyon söz konusu olabilir. • Dikey donatı çapı 12-16 mm ve etriye çapı 30-60 mm arasında değişmektedir. • Dikey donatılara arasında çiroz bağlantılar saptanmıştır. Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.		
B4 BLOK		
S114	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Etriye aralıkları eşit.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	12 mm
	Paspayı:	Etriye 30 mm, dikey donatilar 55 mm
	Sonuç:	**Etriye ve Dikey donatılar 16 cm aralıklarla düzgün sıralanmıştır. Etriye çapı 8 mm ve Donatı çapı 12 mm dir.**
S105	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Etriye aralıkları eşit.

	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	142 mm
	Paspayı:	Etriye 30 mm, dikey donatilar 55 mm
	Sonuç:	**Etriye ve Dikey donatılar 16 cm aralıklarla düzgün sıralanmıştır. Etriye çapı 8 mm ve Donatı çapı 14 mm dir.**
S103	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etyriye aralığı 10-12 mm arasında değişen aralıklara dağılım göstermektedir. Ancak, yerden 80-100 mm arasındaki etriyeler arasındaki mesafe 24 mm dir. Bu aralıkta bir etriye vardır ancak düşük genlik göstermiştir. Muhtemelen korozdan kaynaklanmaktadır.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	14 mm
	Paspayı:	Etriye paspayı 35 mm dir. Dikey donatılar 55-65 mm arasında değişmekte.
	Sonuç	**Etriye aralıklarında kolonun tavan ve tabanına doğru gidildikçe bir sıklaşma tespit edilmemiştir Ayrıca, etriyeler düzenli aralıklarla bir dizilim göstermektedir.**

		Etriyelerdeki paspayının yüzeye yaklaşmasıyla birlikte genliklerde bir saçılma izlenmiştir. Bununun nedeni korozyon olabilir.

B4 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı olup 16 cm aralığında değişmektedir. Ancak, S103 de yerden 80-100 mm arasında etriyeden düşük genlik yansıma gelmiştir. Genlik düşüklüğü etriyede muhtemel korozyonun başlangıcını gösterebilir. Diğer etriye ve dikey donatılarda genliklerde bir saçılma ve genlik azalması tespit edilmemiştir.
- Dikey Donatı aralıkları ise ortalama 16 cm aralığındadır.
- Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.

B5 BLOK

S114	**GPR dan**	Etriye arlığı 15-16 cm ve Donatı aralığı 15 cm dir.
	Etr. Ara	Etriye aralıkları eşit.Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantısı saptanmıştır. Genliklerde bir azalma ve saçılma gözükmemkte. Bir korezyom emaresine raslanmamıştır.
	Etr. Çapı	8 mm

	Donatı Çapı	14-16 mm
	Paspayı:	40 mm
	Sonuç:	Etriye arlığı 15-16 cm ve Donatı aralığı 15 cm dir. Etriye aralıkları eşit.Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantısı saptanmıştır. Genliklerde bir azalma ve saçılma gözükmemkte. Bir korezyom emaresine raslanmamıştır. Paspayı 40 mm dir.
S105	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 15-16 cm cm arasında değişmektedir. Ancak yerden 70-100 m arasındaki donatının genlik değeri çok düşük.tür. Ayrıca, etriyelerin genlik dağılımı saçılmıştır. Donatı aralığı 15 cm dir. Dikey donatılar arasında çapı 10 mm olan çiroz bağlantı saptanmıştır. Etriye aralıkları eşit
	Etr. Çapı	10-14 mm
	Donatı Çapı	16 mm
	Paspayı:	40 ile 60 mm
	Sonuç:	**Etriye arlığı 15-16 cm cm arasında değişmektedir. Ancak yerden 70-100 m arasındaki donatının genlik değeri çok düşük.tür. Ayrıca, etriyelerin genlik dağılımı saçılmıştır. Donatı aralığı 15 cm dir. Dikey donatılar arasında çapı 10 mm olan çiroz bağlantı saptanmıştır. Paspayı ise 40-50 mm arasına yayılmıştır.**

S102	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Etriye aralıkları eşit. Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantılar tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	14 mm
	Paspayı:	40 mm.
	Sonuç	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Etriye aralıkları eşit. Dikey donatılar arasında 10 mm çaplı çiroz bağlantılar tespit edilmiştir. Paspayı

B5 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı olup 15-16 cm değişmektedir. Ancak S105 perde duvarının yerden 70-100 mm yükseklikte etriyelerden bir tanesi üzerinde genlik değerleri gözlenmemiştir. Etriyenin korezyona uğraması bu sonucu yaratmış olabilir.
- Dikey Donatı aralıkları ise ortalama 16 cm aralığındadır.
- Paspayı 40-50 mm arasındadır. Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.

B6 BLOK		
S102	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 14-15 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Dikey donatılar arasında 8 mm çapında bir çiroz bağlantı tespit edilmiştir. Etriye aralıkları eşit.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	14 mm
	Paspayı:	Kolon etriyeleri 35-60 mm .
	Sonuç:	**Etriye aralıklarında kolonun tavan ve tabanına doğru gidildikçe bir sıklaşma tespit edilmemiştir. Etriyeler düzenli bir dizilim göstermektedir. Donatılardaki beklenilenden bu düşük değerlerin kaynağı korozyon olabilir.**
S105	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 14-17 cm dir Etriye aralıkları eşit
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	16 mm

	Paspayı:	50 -70 mm
	Sonuç:	**Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 14-17 cm dir** **Etriye aralıkları eşit. Paspayı 50-70 mm arasında değişmektedir. GPR genliklerinden bir korozyon emaresine rastlanmamıştır.**
S114	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 15-17 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Etriye aralıkları eşit. Düşey donatılar arasında çiroz bağlantı rastlanmıştır.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	14 mm
	Paspayı:	25-55 mm
	Sonuç	Etriye arlığı 15-17 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Etriye aralıkları eşit. Düşey donatılar arasında çiroz bağlantı rastlanmıştır. Tabana yakınetriyelerin genliklerinde azalma gözlenmektedir. Bu genlik azalmaları korezyon başlangıcı ile ilişkilendirlmiştir.

B6 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı olup 15-17 cm aralığında değişmektedir. . Tabana yakınetriyelerin genliklerinde azalma gözlenmektedir. Bu genlik azalmaları korezyon başlangıcı ile ilişkilendirlmiştir.

• Dikey Donatı aralıkları ise ortalama 14-16 cm aralığındadır. Düşey donatılar arasında çiroz bağlantı rastlanmıştır • Paspayı 25-55 mm arasında değişmektedir. • Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.		
B7 BLOK		
S114	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Dikey donatılar arasında çiroz bağlantısı saptanmıştır.yataydan 70 cm deki dikey donatının genlik değeri muhtemelen korozyon nedeniyle düşmüştür.
	Etr. Çapı	10 mm .
	Donatı Çapı	14 mm
	Paspayı:	40-60 mm
	Sonuç:	**Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Dikey donatılar arasında çiroz bağlantısı saptanmıştır.yataydan 70 cm deki dikey donatının genlik değeri muhtemelen korozyon nedeniyle düşmüştür.** **Paspayı 40-60 mm.**
S102	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 10-15 cm arasında düzensiz değişen ve Donatı aralığı 12-16 cm arasında değişmektedir. İki etriyeden kaynaklı genliklerde düşüş görülmüştür. Korozyon

		başlangıcı olarak düşünülmektedir.Düşey donatılar arasında 8 mm çapında çiroz bağlantılar bulunmuştur.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	12-14mm
	Paspayı:	Etriye için35 mm dikey donatılar için 50 mm.
	Sonuç:	Etriye arlığı 10-15 cm arasında düzensiz değişen ve Donatı aralığı 12-16 cm arasında değişmektedir. İki etriyeden kaynaklı genliklerde düşüş görülmüştür. Korozyon başlangıcı olarak düşünülmektedir. Etriye yarıçapı 8mm ve Donatı çapı ise 12-14 mm olarak saptanmıştır. Düşey donatılar arasında 8 mm çapında çiroz bağlantılar bulunmuştur. Etriye için35 mm dikey donatılar için 50 mm.
S105	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 15-16 mm cm dir. Etriye aralıkları eşit. Dikey donatılar arası 8 mm çiroz bağlantı saptanmıştır.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	14 mm
	Paspayı:	50 mm

	Sonuç	Etriye arlığı 16 cm ve Donatı aralığı 15-16 mm cm dir. Etriye aralıkları eşit. Etriye çapı 10 mm ve Dikey Donatı çapı 14 mm dir. Dikey donatılar arası 8 mm çiroz bağlantı saptanmıştır.

B7 BLOK SONUÇ:

- En düşük etriye aralığı 15 cm ve donate aralığı ise 16 cm dir. Etriye çapı 8-10 mm Dikey Donatı çapı ise 12-16 mm dir.
- Dikey Donatılar arasında çiroz bağlantılar saptanmış.
- S102 gibi bazı etriyelerden elde edilen geniliklerde saçılmaların varlığı korozyonun başlangıç evresinde olduğunu göstermektedir.

Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.

C1 BLOK

102	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 10-15 cm ve Donatı aralığı 14-15 cm dir. Dikey etriyeler arasında 10 mm çapında çiroz bağlantı tespit edilmiş. Dikey donatılar üzerinde korozyona bağlı genlik düşmeleri görülmektedir.
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	14 mm.
	Paspayı:	20 mm etr, 50 mm dikey donatı

	Sonuç:	Etriye arlığı 10-15 cm ve Donatı aralığı 14-15 cm dir. Dikey etriyeler arasında 10 mm çapında çiroz bağlantı tespit edilmiş. Dikey donatılar üzerinde korozyona bağlı genlik düşmeleri görülmektedir. Etriye çapı 8 mm donate yarıçap 14 mm ve paspayı Etriyelerde 20 mm dikey donatılarda 50 mm.
S2	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye aralığı 15 cm den küçük düzensiz değişen ve Donatı aralığı 22 cm den küçük aralıklarda değişen bir dağılım göstermektedir. Dikey Donatılar arasında çapı 10 mm olan çiroz bağlantı tespit edilmiştir.
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	14 mm.
	Paspayı:	Etriye 20 mm ve dikey donate 50 mm
	Sonuç:	Etriye aralığı 15 cm den küçük düzensiz değişen ve Donatı aralığı 22 cm den küçük aralıklarda değişen bir dağılım göstermektedir. Etriye çapı 10 mm ve dikey donatı 14 mm dir. Dikey Donatılar arasında çapı 10 mm olan çiroz bağlantı tespit edilmiştir. Paspayı etriyeler için 20 mm ve Dikey donatılar için 50 cm dir. Korezyon emaresine rastlanmamıştır.
	GPR dan **Etr. Ara**	Bu perde duvarda etriye aralıkları 15 cm den küçük aralıklarla değişmekte. Ancak Donatılar kapıdan 1 m lik kısımda 15 cm aralıklarla dizilmişleridir. 1 m den sonar demir donatıya rastanmamıştır. Ancak 3D toplann veriden demir donatıların kiriş bölgesinde devam ettiği sonucuna varılmıştır

S3	**Etr. Çapı**	10 mm
	Donatı Çapı	12 mm
	Paspayı:	Etriye paspayı 25 mm dir. Dikey donatılar 35 mm arasında değişmekte.
	Sonuç	Bu perde duvarda etriye aralıkları 15 cm den küçük aralıklarla değişmekte. Ancak Donatılar kapıdan 1 m lik kısımda 15 cm aralıklarla dizilmişleridir. 1 m den sonar demir donatıya rastanmamıştır. Ancak 3D toplann veriden demir donatıların kiriş bölgesinde devam ettiği sonucuna varılmıştır. Etriye çapı 10 mm ve Dikey donate çapı ise 12 mm olarak saptanmıştır. Dikey donatılar arasında 8 mm çiroz bağlantıya rastlanmıştır.

C1 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı olup 15 cm den küçük aralıklara sahiptir Dikey Donatı aralıkları ise ortalama 15-22 cm aralığındadır.
- Etriye çapı 8-10 mm ve ve donate çaplarının 12-14 mm arasında olabileceği tespit edilmiş.
- Dikey Donatıların çaplarının proje değerlerinin biraz altında çıkmış olmasına ragmen korozyon emaresine rastlanmamıştır.
- Özellikle S2 ile verilen perde duvarın genişiğinin 1m olduğu ve 1 m den sonar demir donatının olmadığı tespit edilmiştir. Ancak 3D toplann veriden demir donatıların kiriş bölgesinde devam ettiği sonucuna varılmıştır.

• Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.		
C2 BLOK		
S1	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 14 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Dikey donatılar arasında çapı 8 mm olan çiroz bağlantı saptanmıştır
	Etr. Çapı	8 mm
	Donatı Çapı	16
	Paspayı:	40 mm
	Sonuç:	**Etriye arlığı 14 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir. Dikey donatılar arasında çapı 8 mm olan çiroz bağlantı saptanmıştır** **Etriye çapı 8 ve dikey donate 16 mm dir. Paspayo 40 mm dir. Korozyon emaresine raspanmamıştır.**
S2	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 15 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir . Dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlantı saptanmıştır. Etriye aralıkları eşit
	Etr. Çapı	10 mm

	Donatı Çapı	16 mm.
	Paspayı:	50 mm.
	Sonuç:	Etriye arlığı 15 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir . Dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlantı saptanmıştır. Etriye ve Dikey donatılarda korozyon emaresine rastlanmamıştır. Etriye aralıkları eşit
S3	**GPR dan** **Etr. Ara**	Etriye arlığı 15 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir . Dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlantı saptanmıştır. Etriye aralıkları eşit
	Etr. Çapı	10 mm
	Donatı Çapı	16 mm.
	Paspayı:	50 mm.
	Sonuç	Etriye arlığı 15 cm ve Donatı aralığı 16 cm dir . Dikey donatılar arasında 8 mm çaplı çiroz bağlantı saptanmıştır. Etriye ve Dikey donatılarda korozyon emaresine rastlanmamıştır. Etriye aralıkları eşit

C2 BLOK SONUÇ:

- Etriye aralıkları eşit aralıklı olup 15 cm aralığında değişmektedir.
- Dikey Donatı aralıkları ise ortalama 15 cm aralığındadır.
- Etriye çapı 10 mm ve Dikey donate çapı 16 mm dir.
- Dikey donatılar arasında 10 mm çapında çiroz bağlantı bulunmuştur.
- Etriye ve Dikey Donatılarda korozyon emaresine rastlanmamıştır..
- Bloğun temel derinliği 1 m civarındadır.

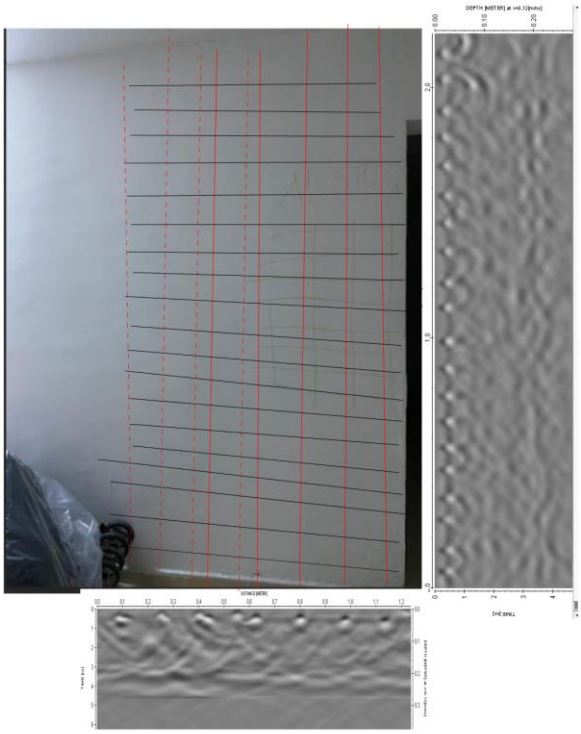
EK: YAPI RADARI

A BLOK

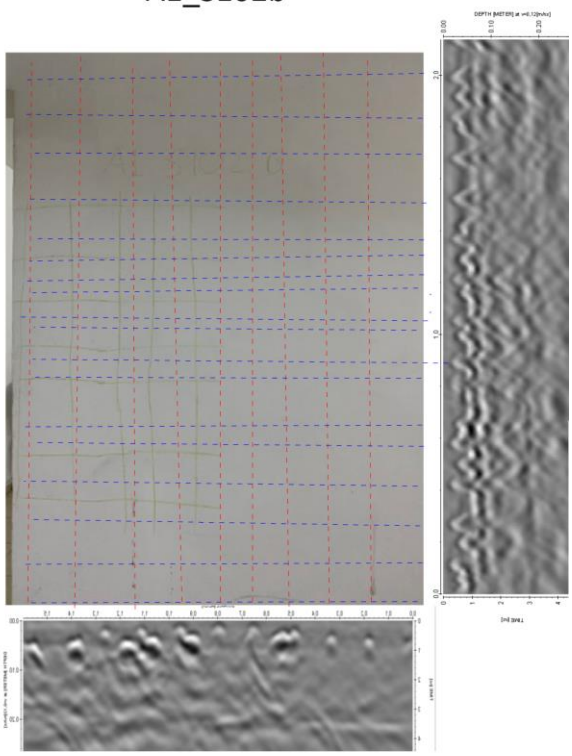
S101
BALKON
2.95 m2
S113
SALON
40.04 m2
S104
P112
MUTFAK
14.40 m2
S107
S105
S106
S108
S117
S116
S114
P102
S115
GRIS HOLU
11.11 m2
149.51 m²
149.51 m²
MERDIVEN HOLU
9.00 m2
S118
WC/
CAMASIRIR
2.40 m2
YATAK ODASI
(OTURMA ODASI)
13.80 m2
S119
P105
S120
S121
S122
P123
S127
YATAK ODASI
10.12 m2
KORIDOR
5.16 m2
BANYO
7.04 m2
S126
P114
S123
YANGIN GÜV.
HOLU
3.00 m2
S102
S124
P108
S125
P109
S103
EBEVEYN
YATAK ODASI
17.79 m2
S111
P116
S112
SOYUNMA
ODASI
8.01 m2
S129
S128

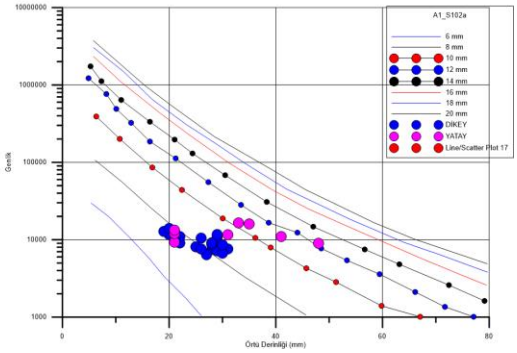
A1 BLOK

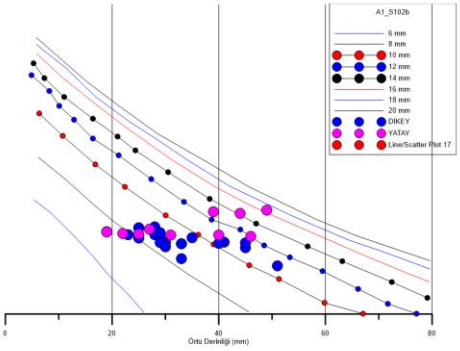
A1_S102a



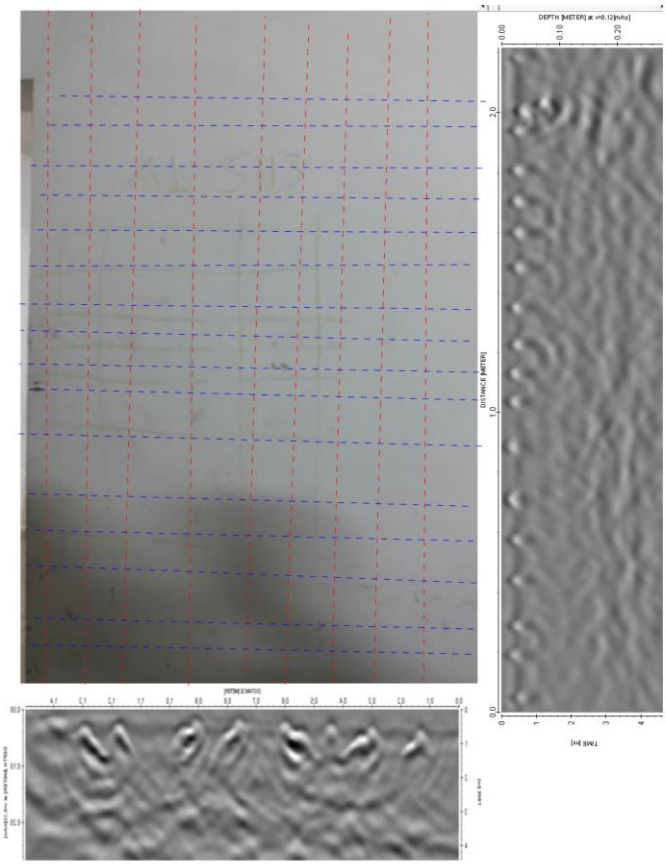
A1_S102b

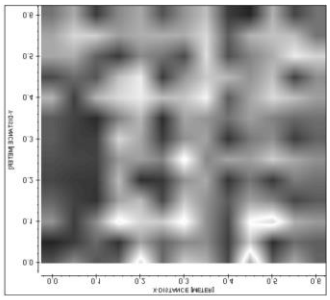


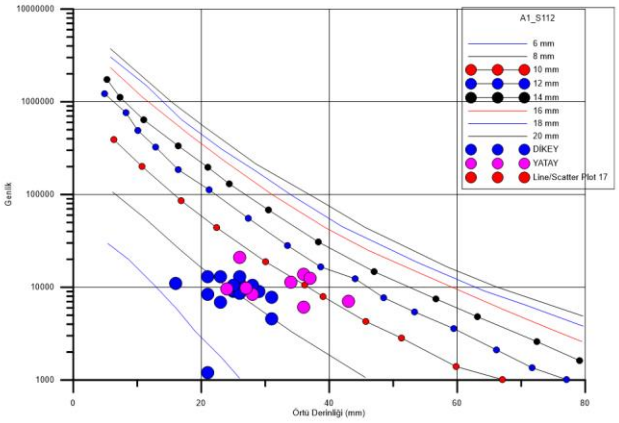


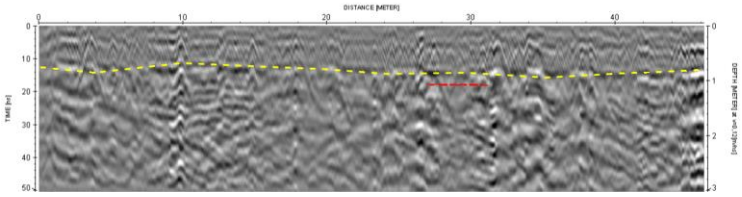


A1_S112



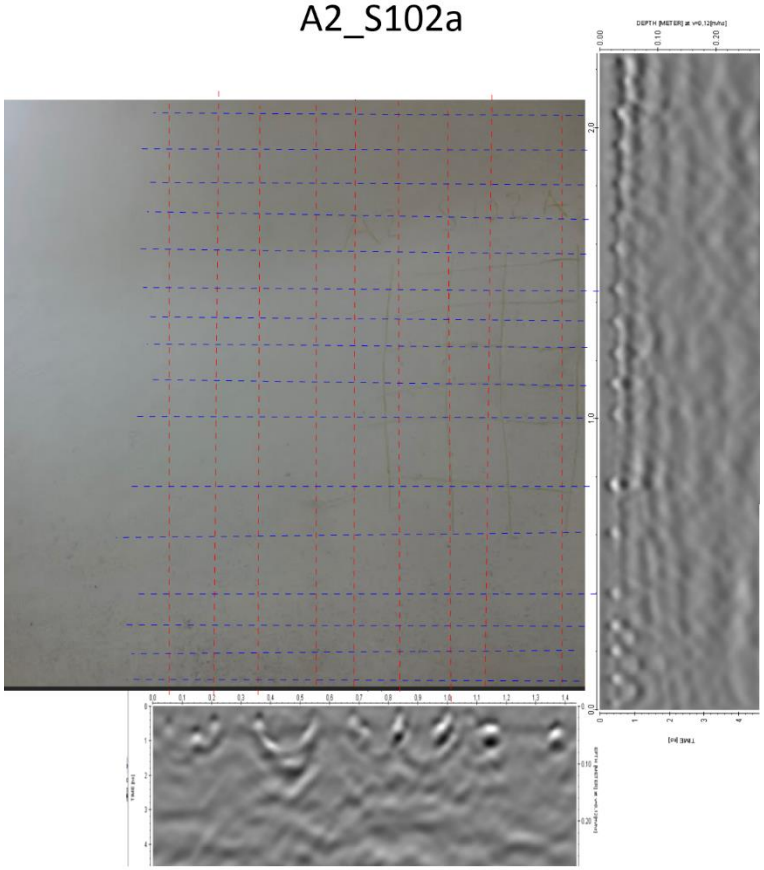



A1_S112
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DİKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Gerilik
Örtü Derinliği (mm)

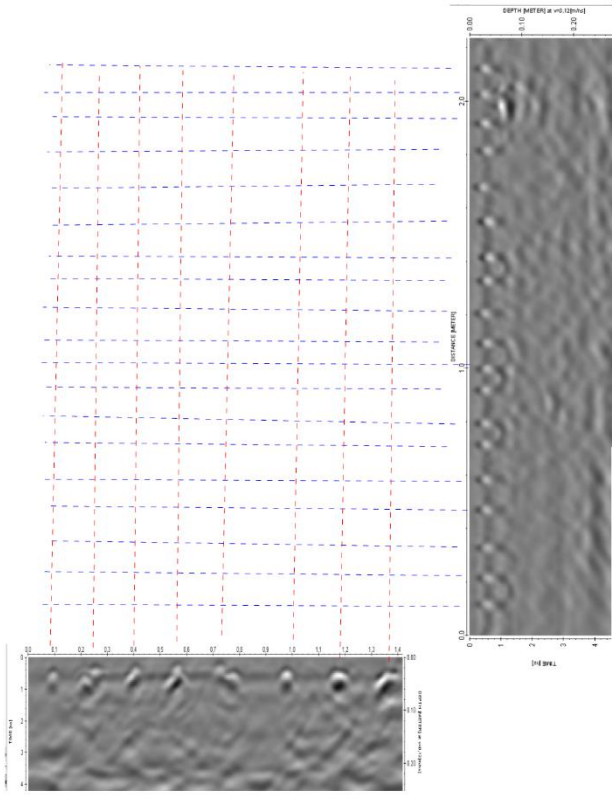


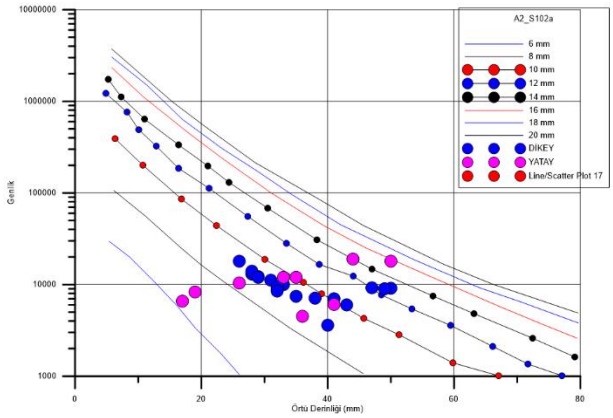
A2 BLOK

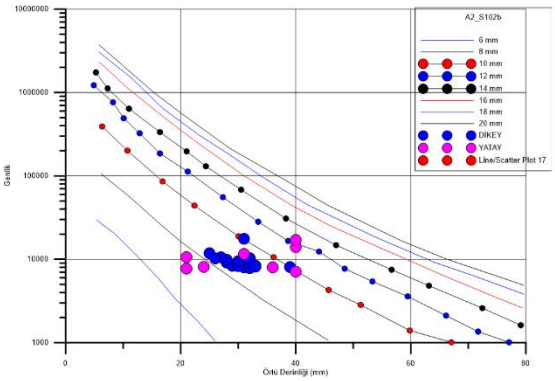
A2_S102a



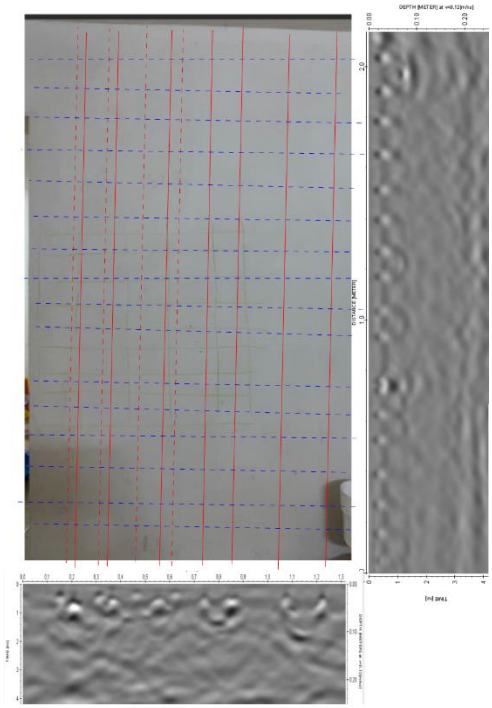
A2_S102b

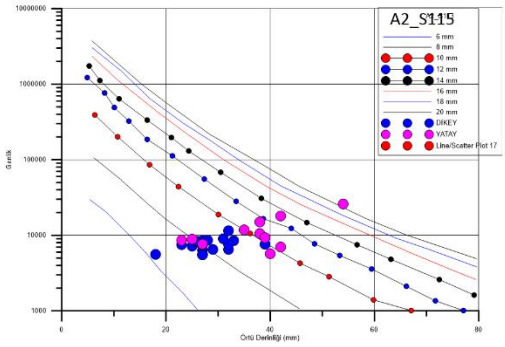




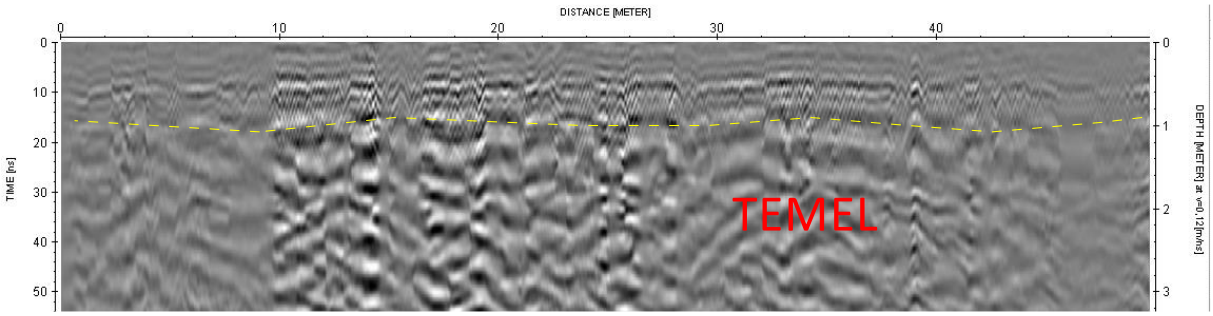


A2_S115

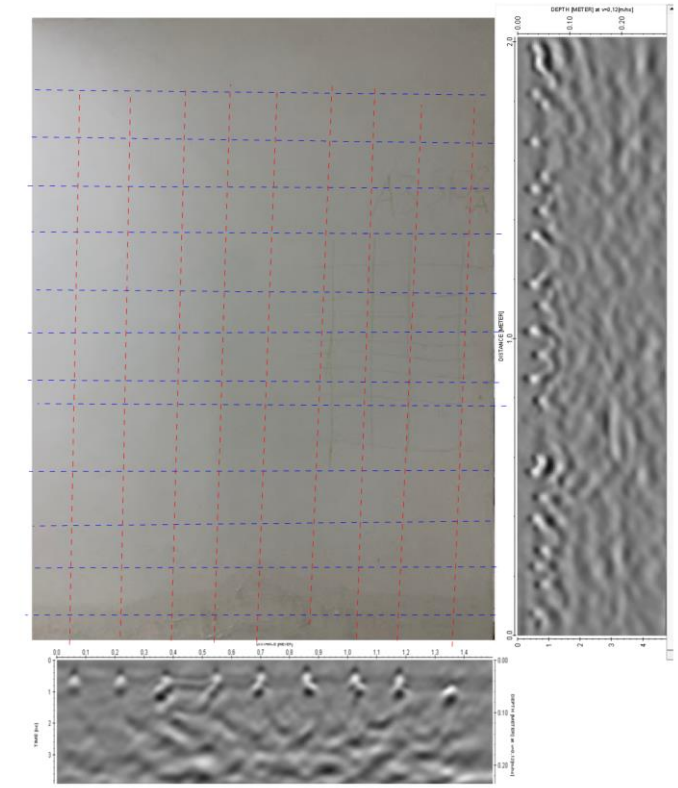


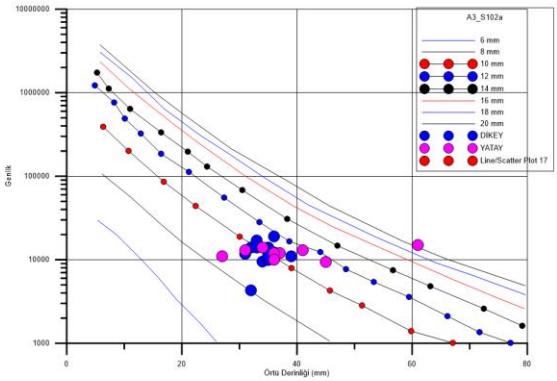

A2_S115
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
10000000
1000000
100000
10000
1000
Sertlik
0
20
40
60
80
Ortalama Derinliği (mm)

A3 BLOK

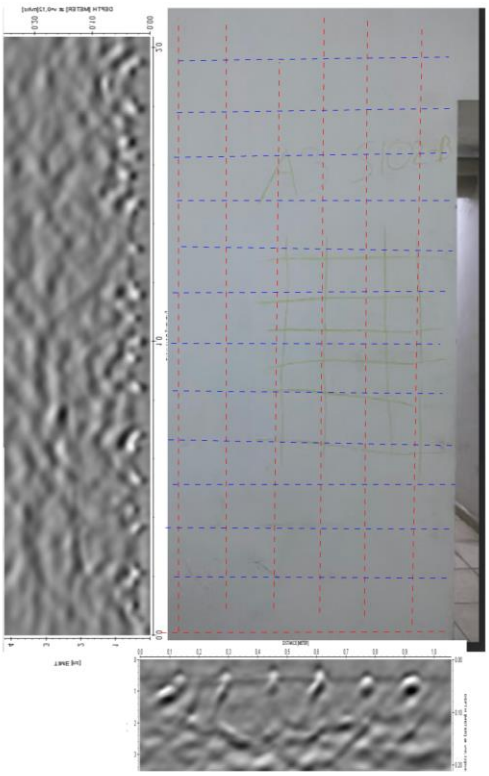

DISTANCE [METER]
0
10
20
30
40
TIME [ns]
0
10
20
30
40
50
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
0
1
2
3
TEMEL

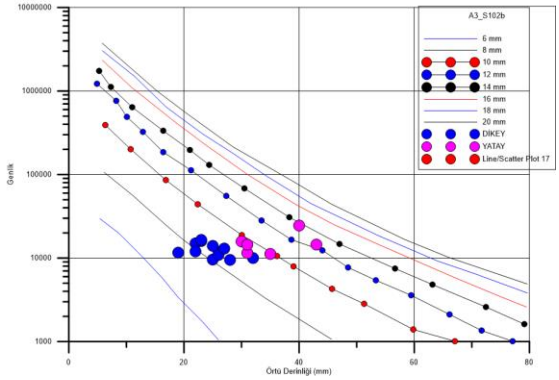
A3_S102A



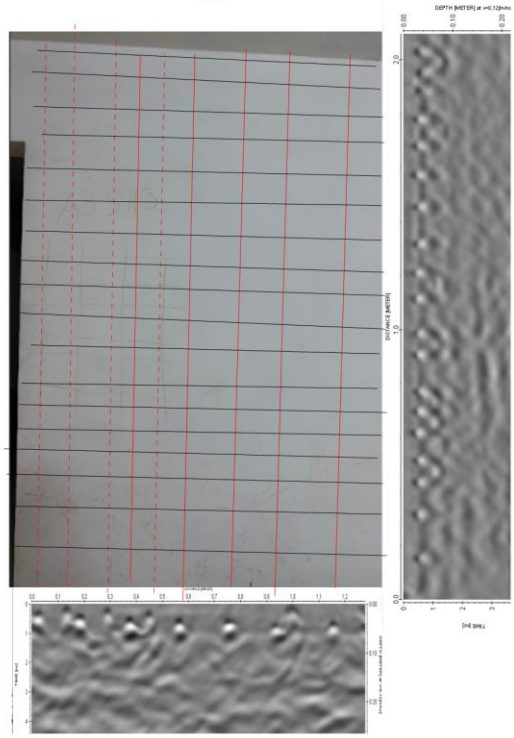


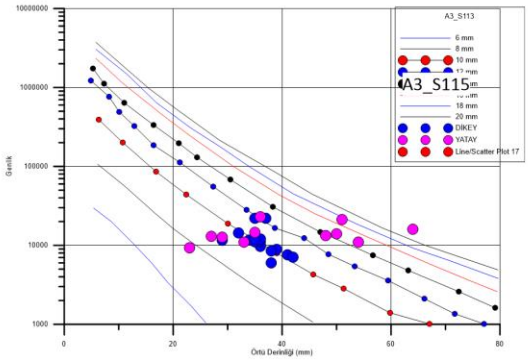
A3_S102B

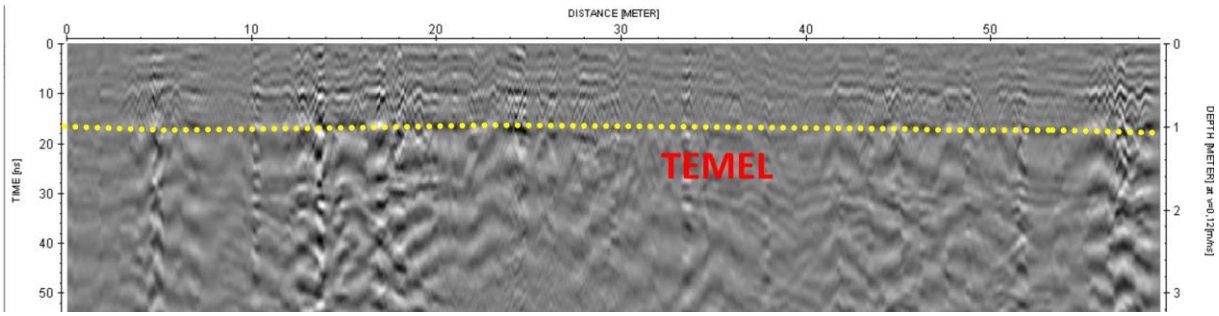




A3_S115

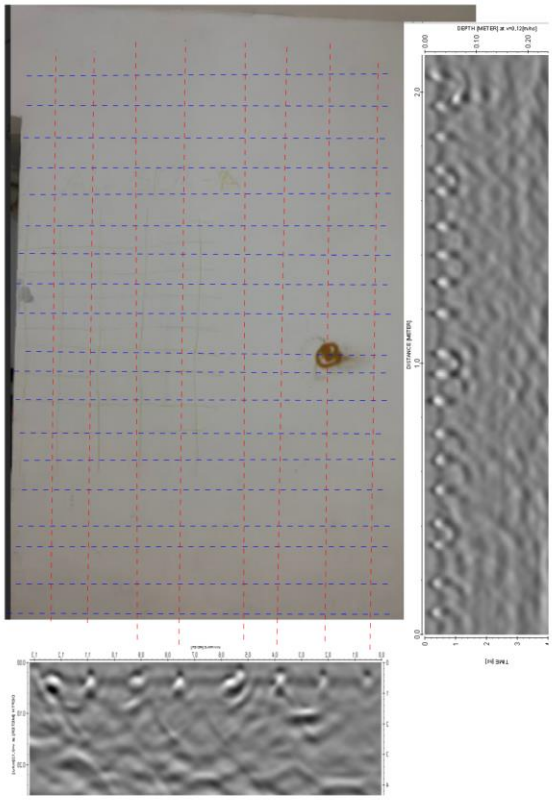



A3_S113
6 mm
8 mm
10 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
A3_S115
Gerilik
Örtü Derinliği (mm)

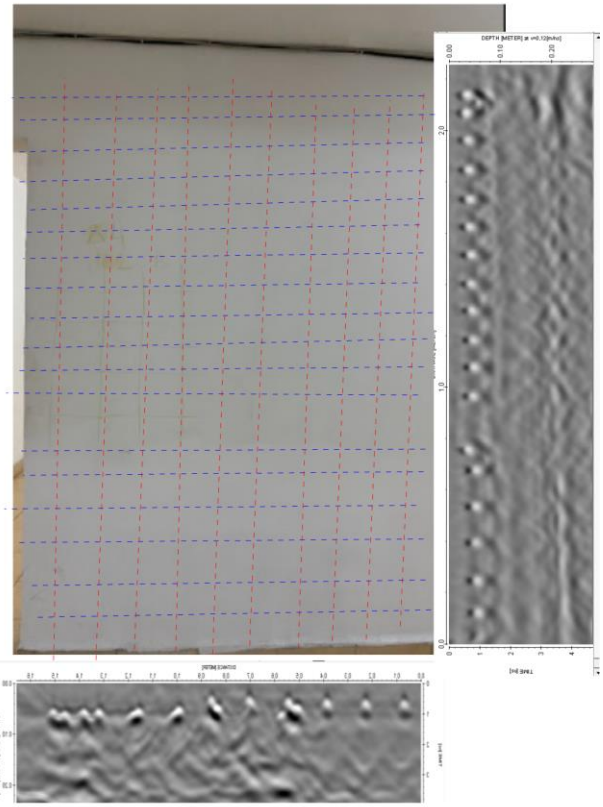

DISTANCE [METER]
TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
TEMEL

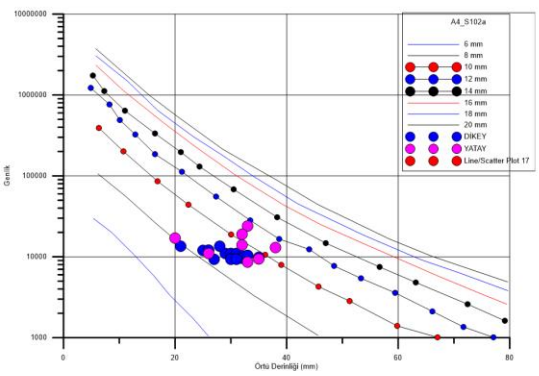
A4 BLOK

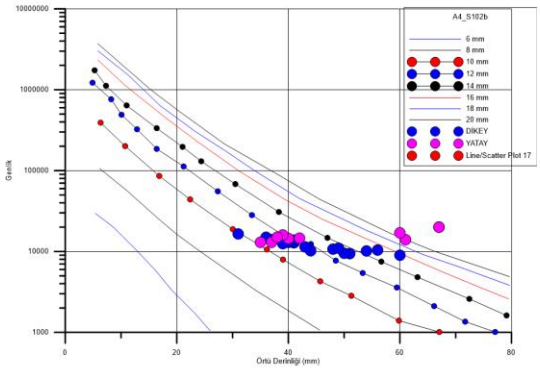
A4_S102A



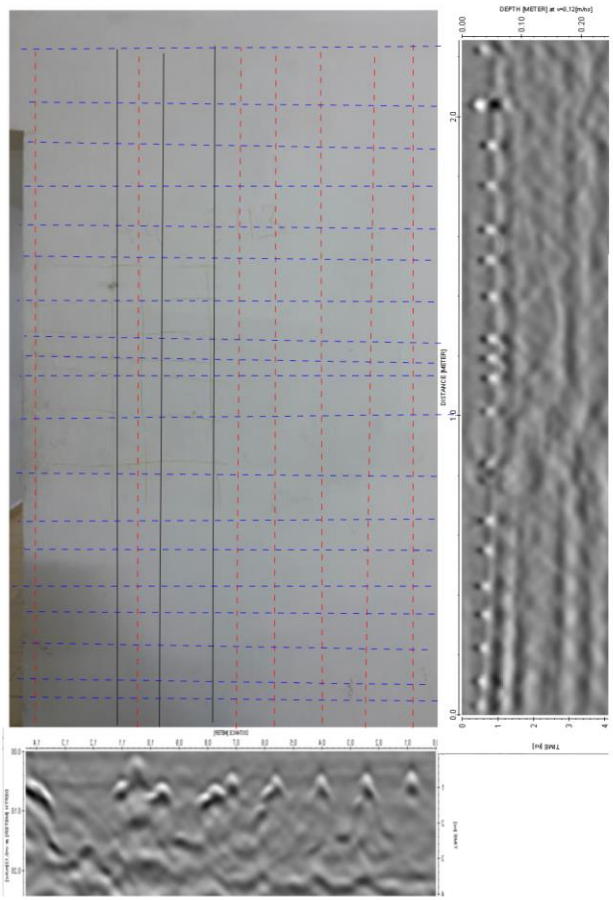
A4_S102B

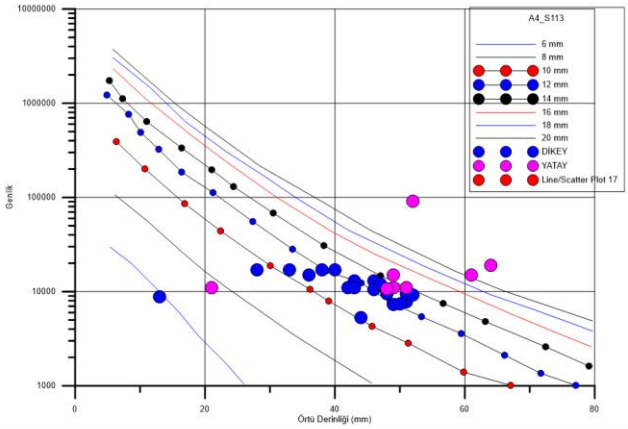


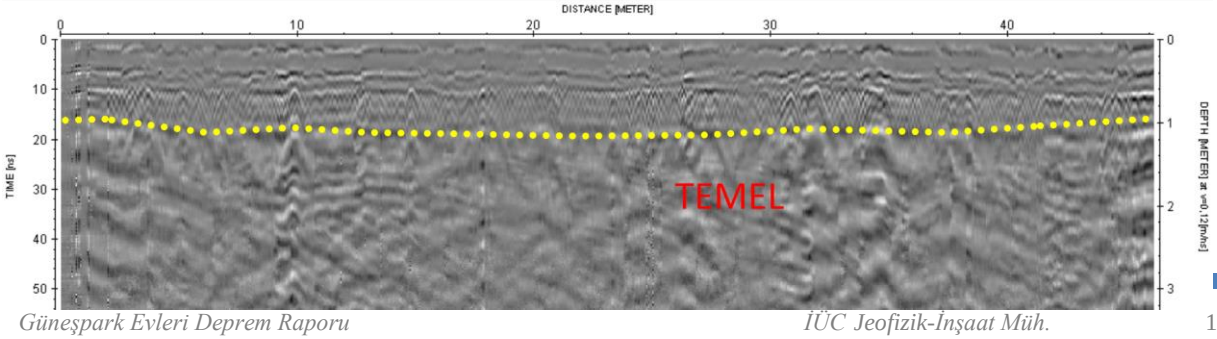




A4_S115

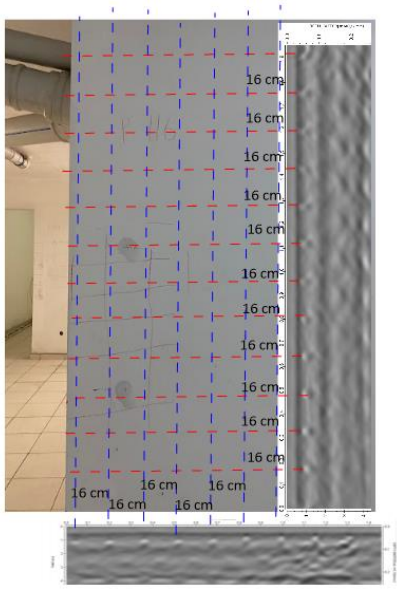



A4_S113
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Genlik
Örtü Derinliği (mm)

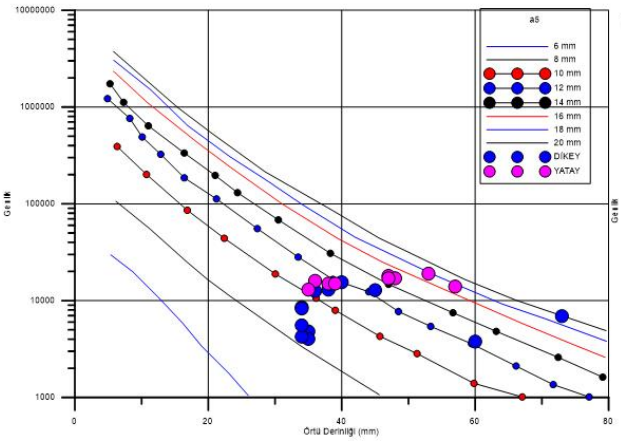

DISTANCE [METER]
TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
TEMEL

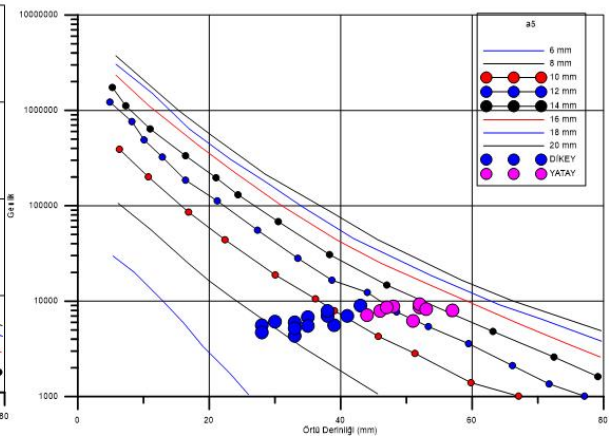
A5 BLOK

A5-S112

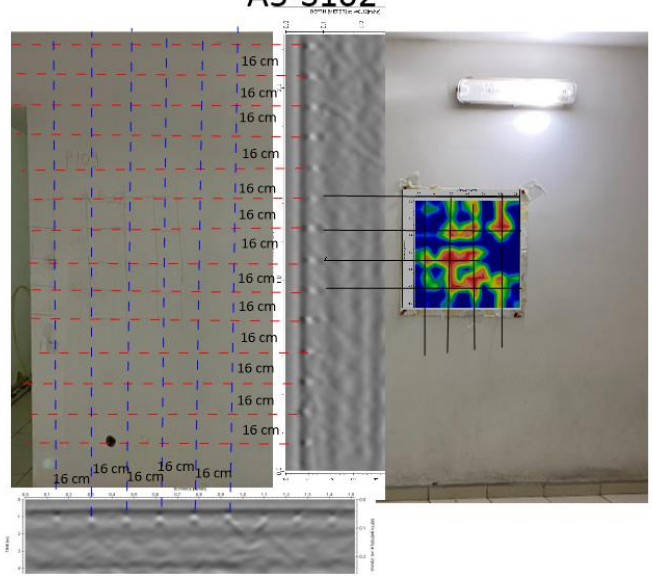


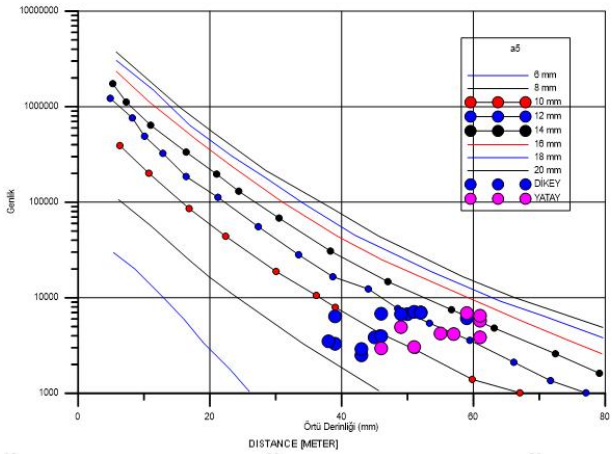
A5-S120

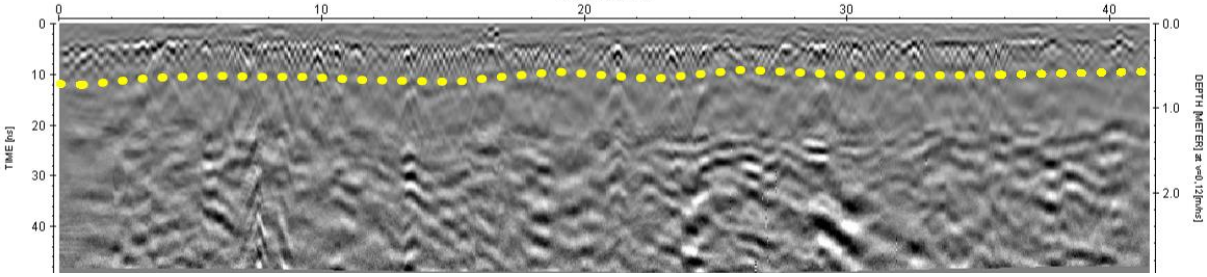




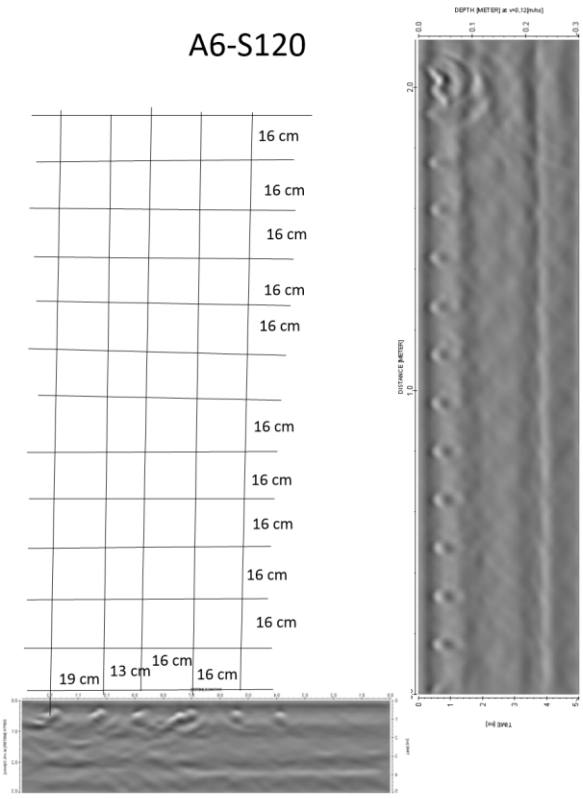
A5-S102

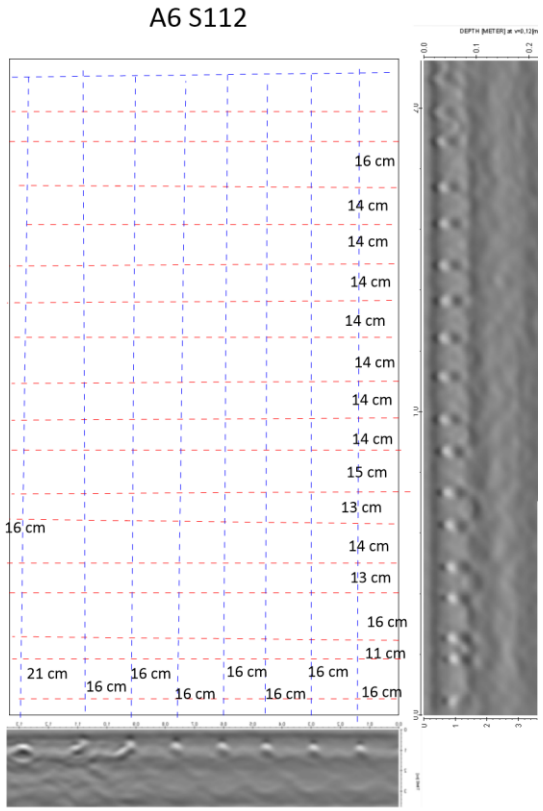

16 cm

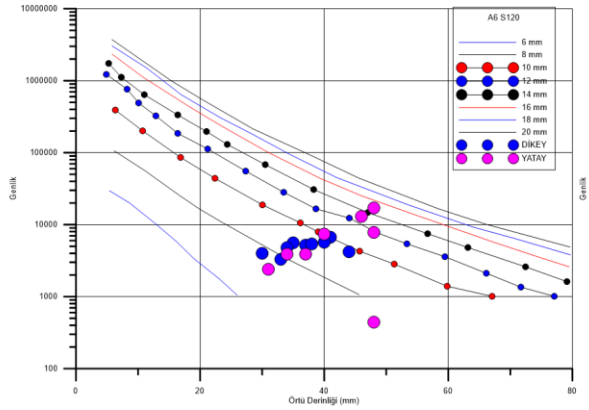

a5
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DİKEY
YATAY
Gerilik
Örtü Derinliği (mm)

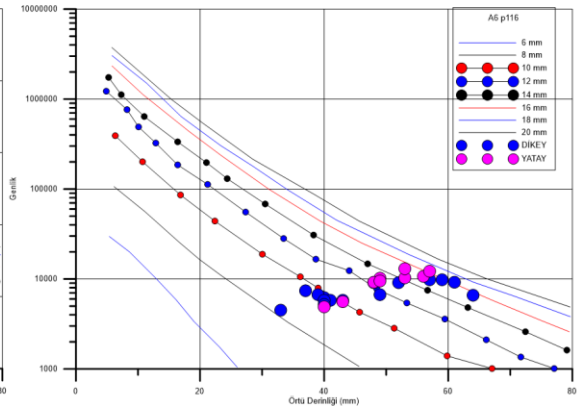

DISTANCE [METER]
TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]

A6 BLOK

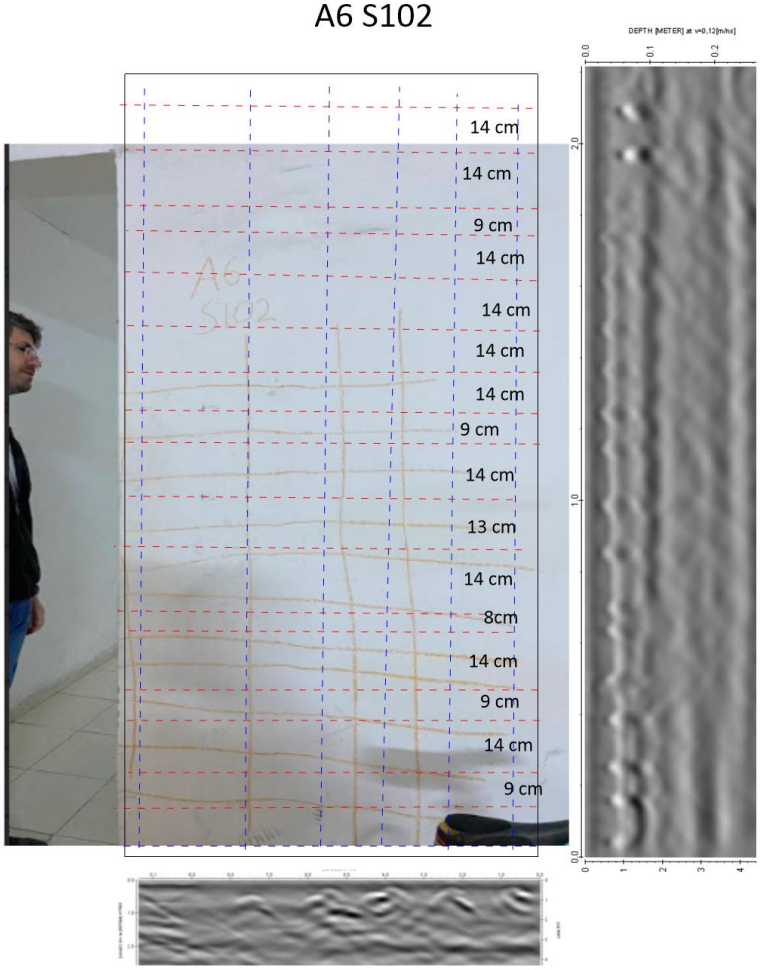

A6-S120
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
19 cm
13 cm
16 cm
16 cm

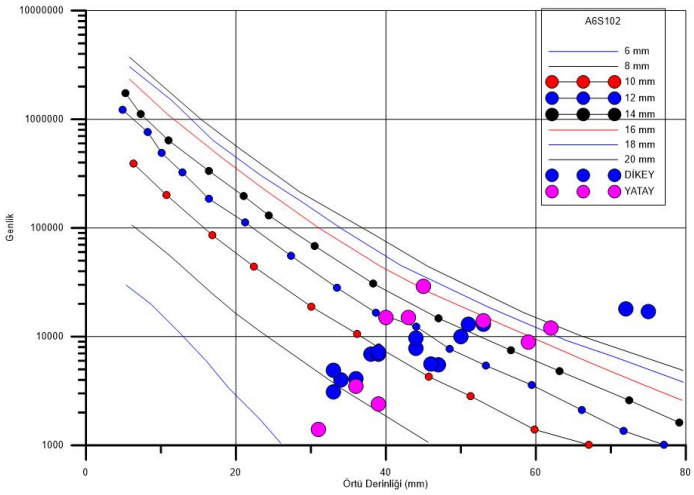

A6 S112
16 cm
14 cm
14 cm
14 cm
14 cm
14 cm
14 cm
14 cm
15 cm
13 cm
16 cm
14 cm
13 cm
16 cm
11 cm
21 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm

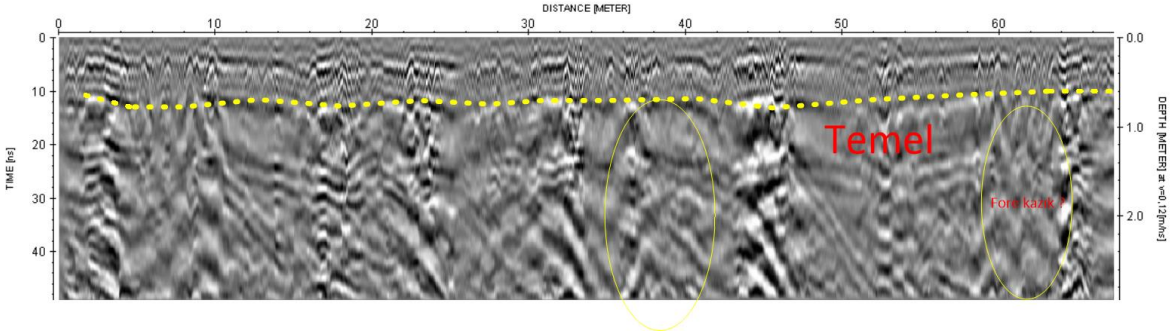

A6 S120
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DİKEY
YATAY
Gerilik
Örtü Derinliği (mm)


A6 p116
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DİKEY
YATAY
Gerilik
Örtü Derinliği (mm)

A6 S102



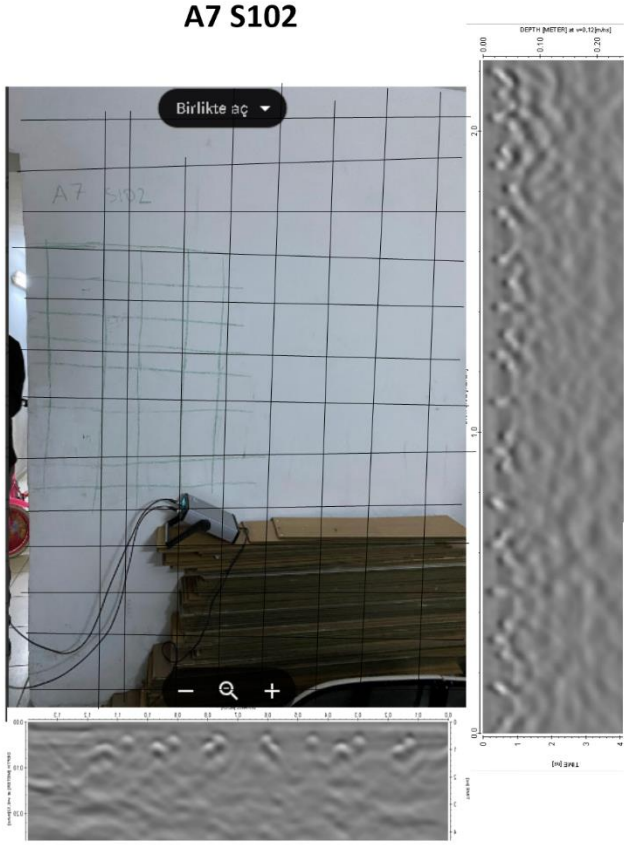


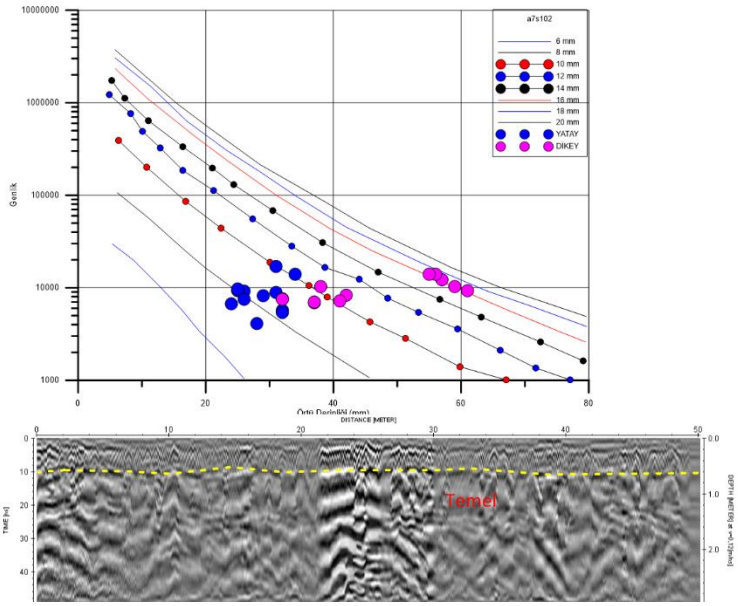


Güneşı

A7 BLOK

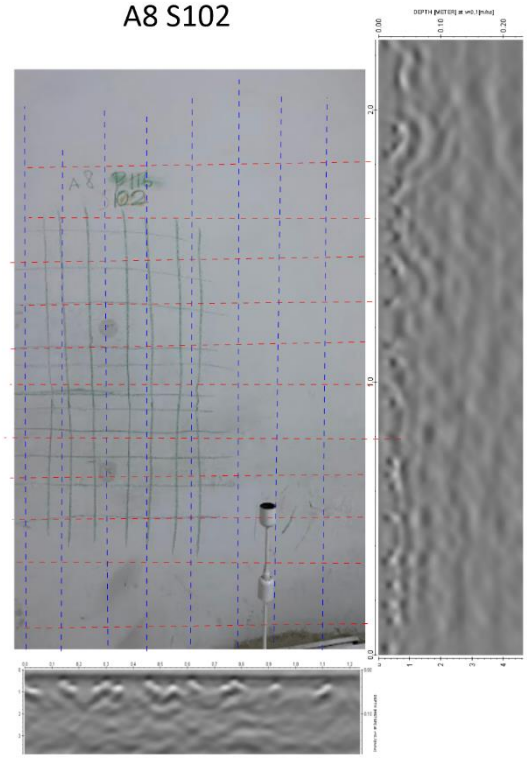
A7 S102

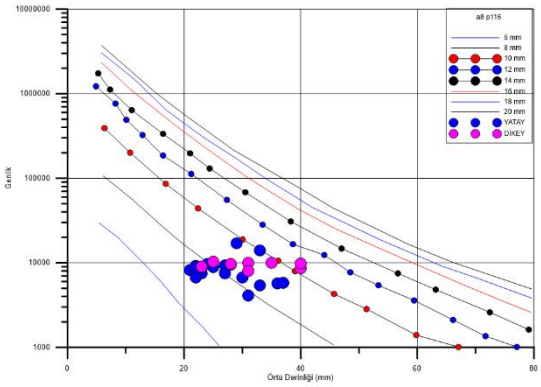

Birlikte aç
A7 S102

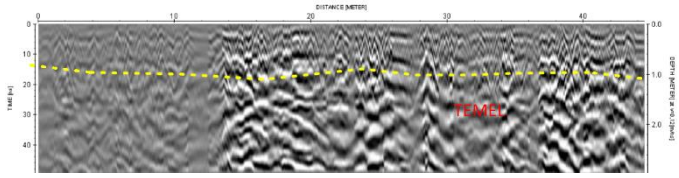

a7s102
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
YATAY
DIKEY
Gerilik
Orta Dayanıklılık (mm)
DISTANCE [METER]
Temel
TIME [ms]

A8 BLOK

A8 S102

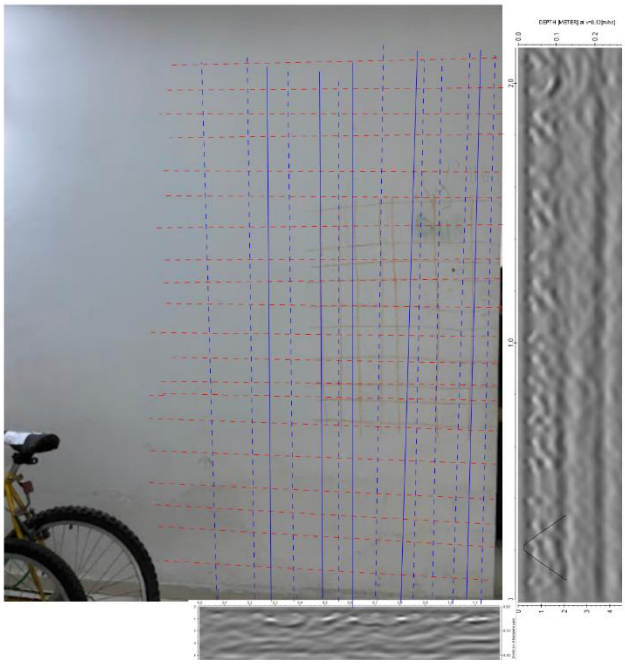



a8 p116
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
YATAY
DIKEY
Gerilik
Orta Derinliği (mm)

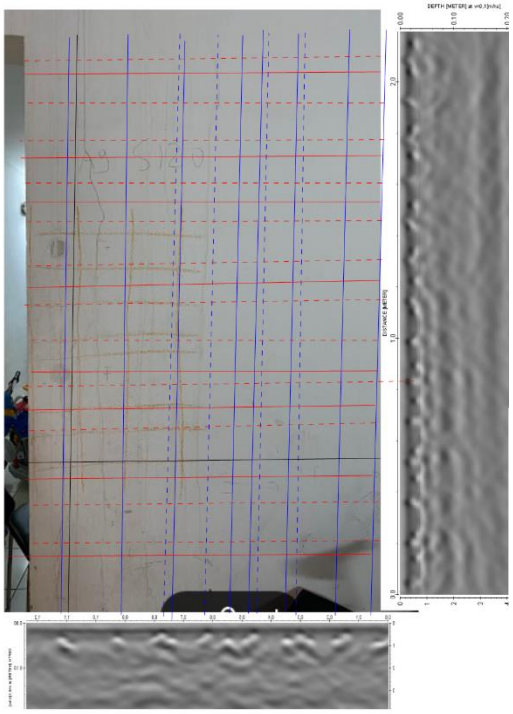

DISTANCE [METER]
TEMEL

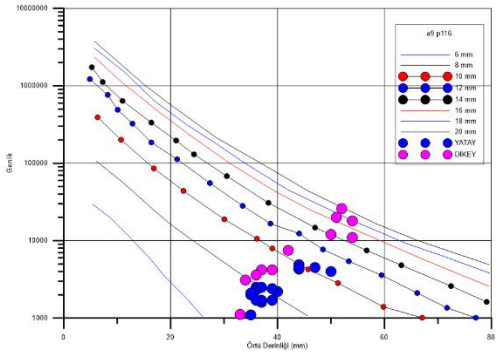
A9

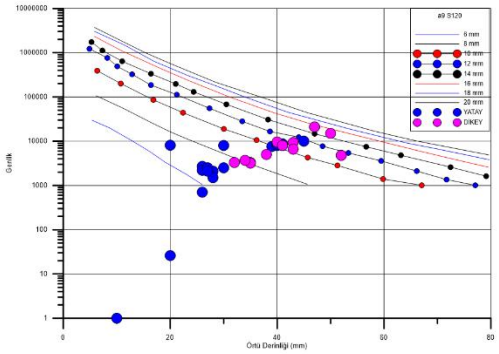
A9 S112



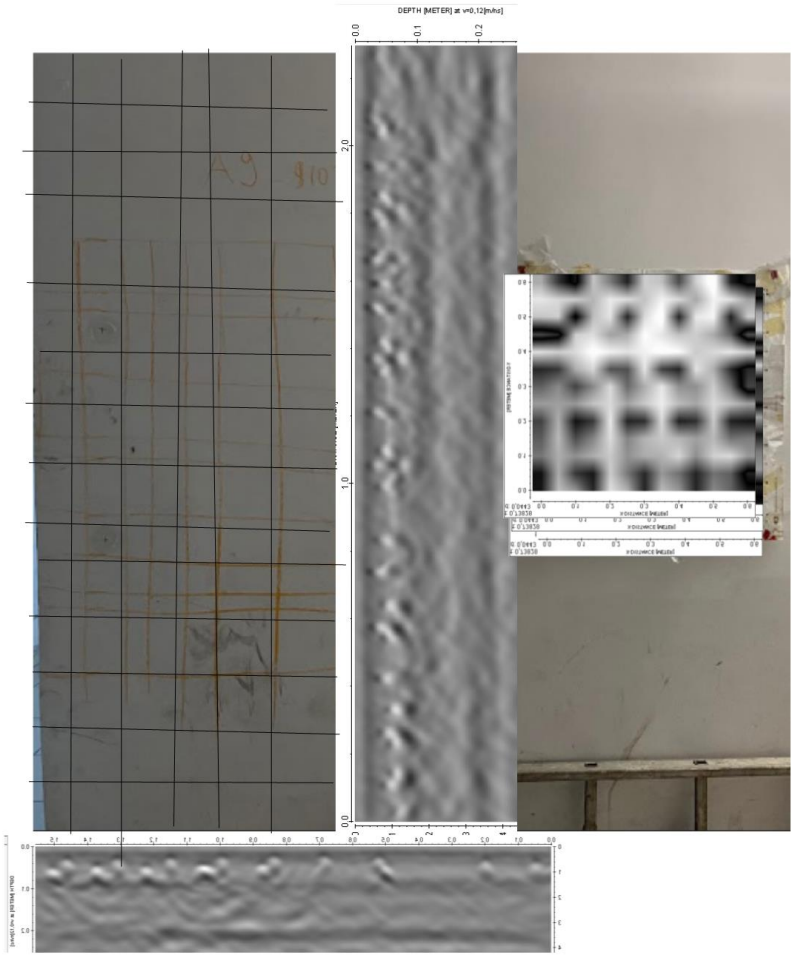
A9 S120

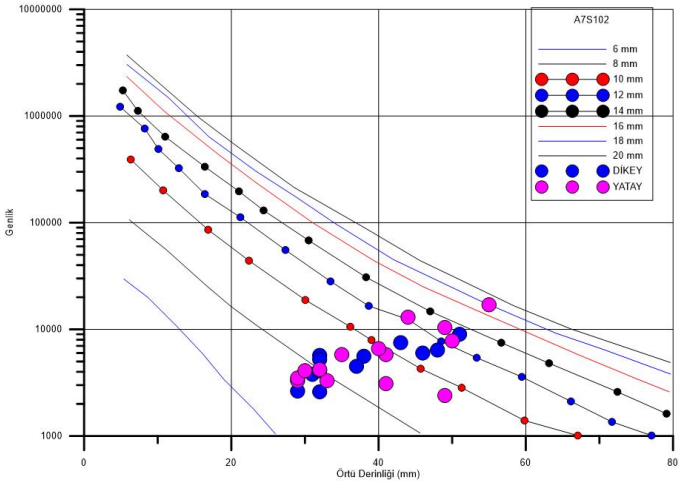


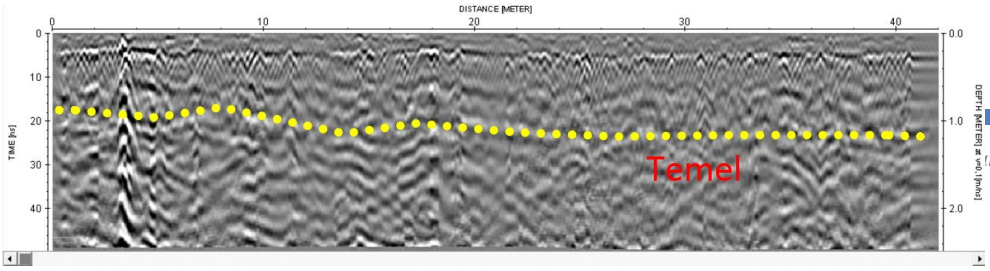




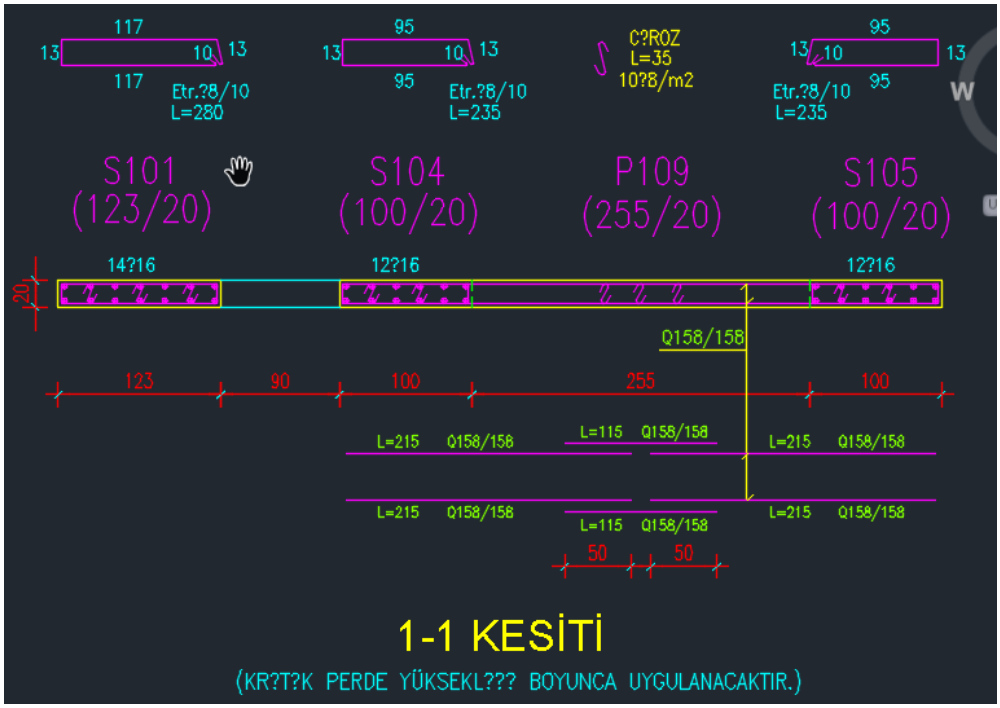
A9 S102

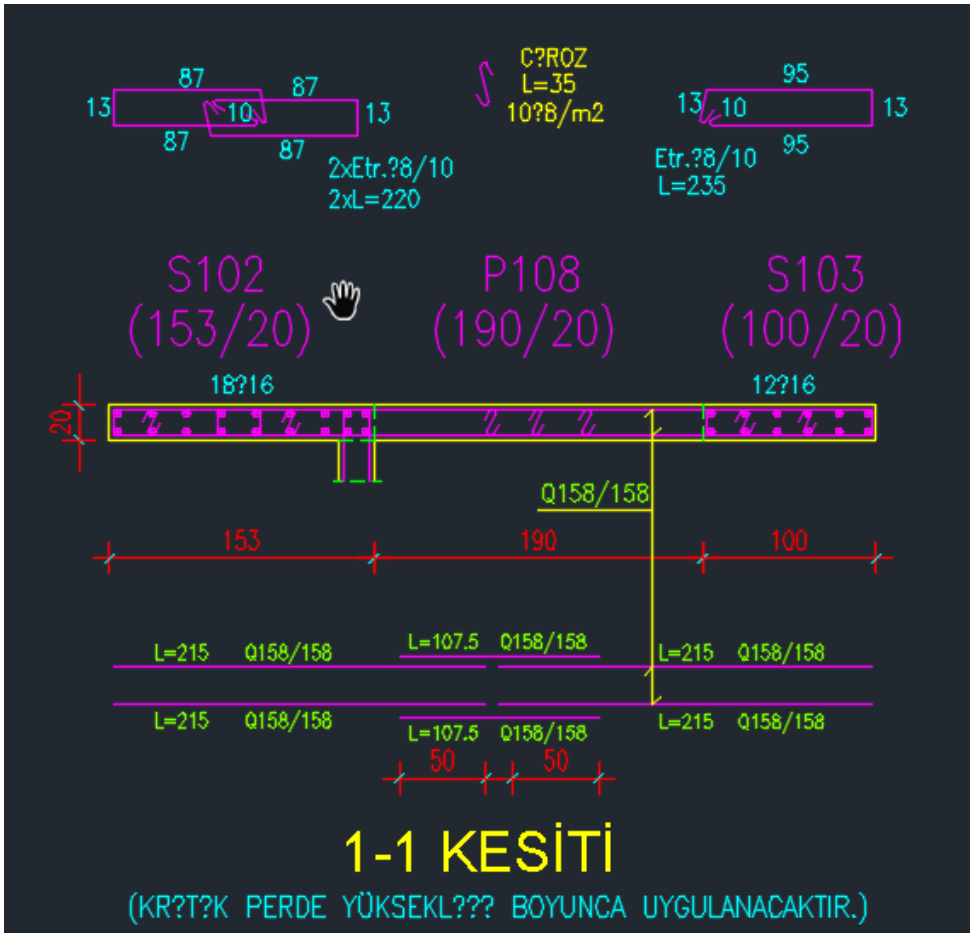

DEPTH [METER] at v=0,12[m/ns]

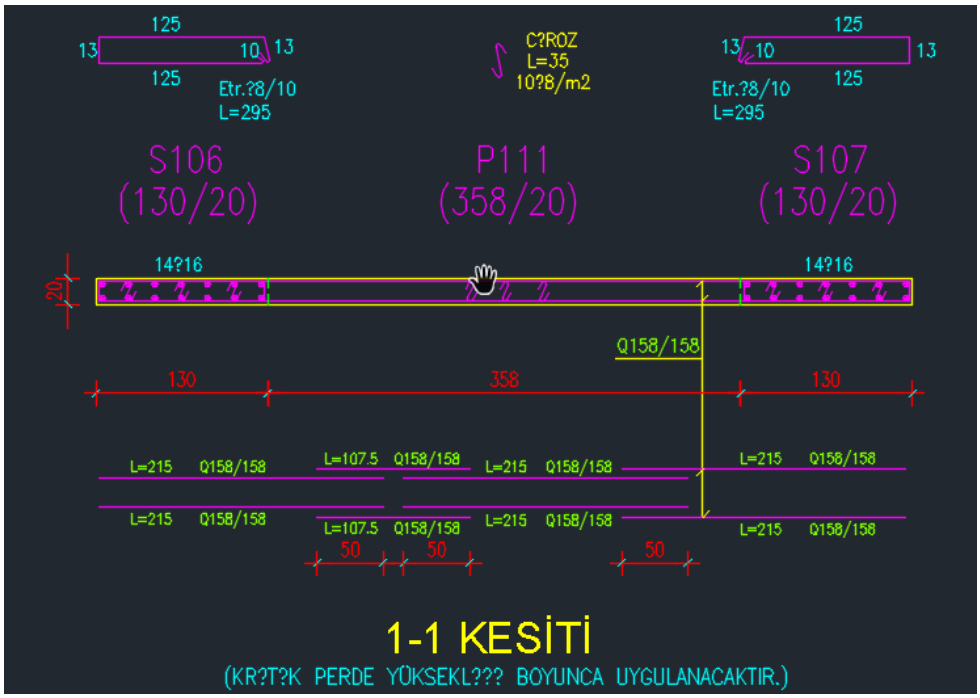

A7S102
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DİKEY
YATAY
Genlik
Örtü Derinliği (mm)

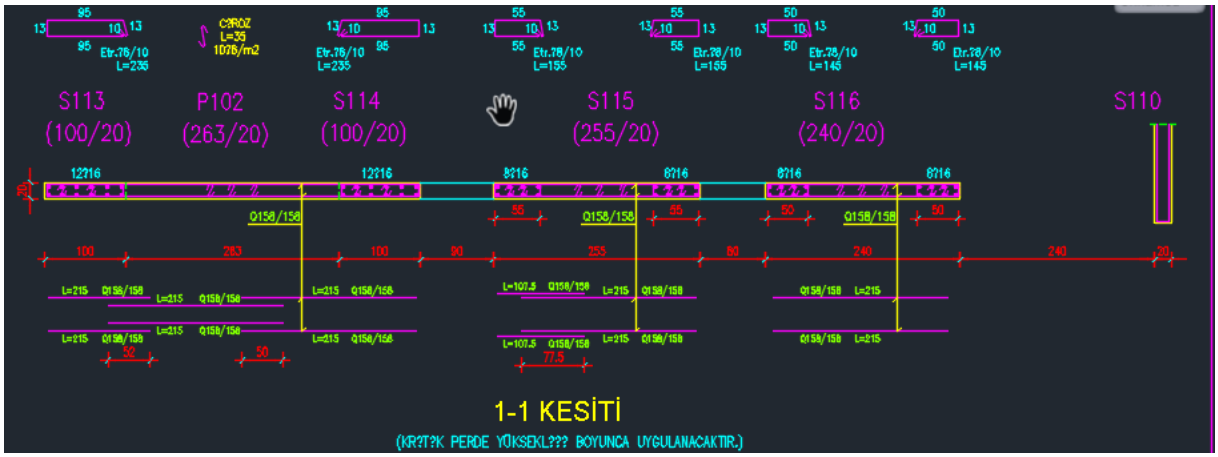

DISTANCE [METER]
TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0,1[m/ns]
Temel

B BLOK


117
13
10
13
117
Etr.?8/10
L=280
95
13
10
13
95
Etr.?8/10
L=235
C?ROZ
L=35
10?8/m2
95
13
10
13
Etr.?8/10
L=235
95
W
S101
(123/20)
S104
(100/20)
P109
(255/20)
S105
(100/20)
14?16
12?16
12?16
20
Q158/158
123
90
100
255
100
L=215
Q158/158
L=115
Q158/158
L=215
Q158/158
L=215
Q158/158
L=115
Q158/158
L=215
Q158/158
50
50
1-1 KESİTİ
(KR?T?K PERDE YÜKSEKL??? BOYUNCA UYGULANACAKTIR.)

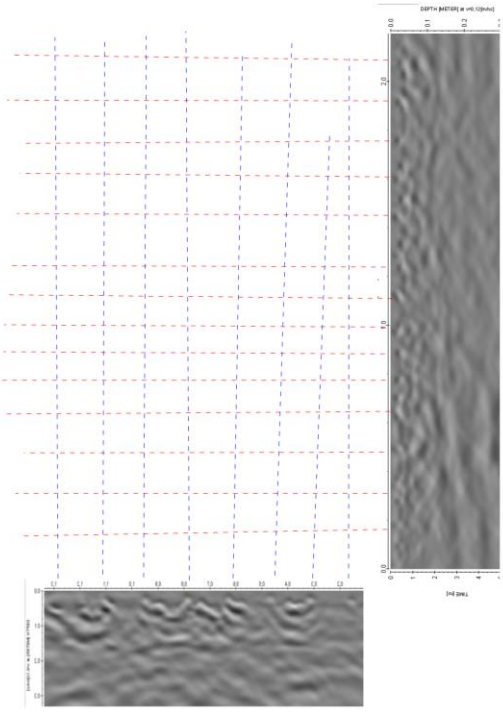

87
87
13
10
13
87
87
2xEtr.?8/10
2xL=220
C?ROZ
L=35
10?8/m2
95
13
10
13
95
Etr.?8/10
L=235
S102
(153/20)
P108
(190/20)
S103
(100/20)
18?16
12?16
20
Q158/158
153
190
100
L=215 Q158/158
L=107.5 Q158/158
L=215 Q158/158
L=215 Q158/158
L=107.5 Q158/158
L=215 Q158/158
50
50
1-1 KESİTİ
(KR?T?K PERDE YÜKSEKL??? BOYUNCA UYGULANACAKTIR.)


125
13
10
13
125
Etr.?8/10
L=295
C?ROZ
L=35
10?8/m2
125
13
10
13
125
Etr.?8/10
L=295
S106
(130/20)
P111
(358/20)
S107
(130/20)
14?16
14?16
20
Q158/158
130
358
130
L=215 Q158/158
L=107.5 Q158/158
L=215 Q158/158
L=215 Q158/158
L=215 Q158/158
L=107.5 Q158/158
L=215 Q158/158
L=215 Q158/158
50
50
50
1-1 KESİTİ
(KR?T?K PERDE YÜKSEKL??? BOYUNCA UYGULANACAKTIR.)

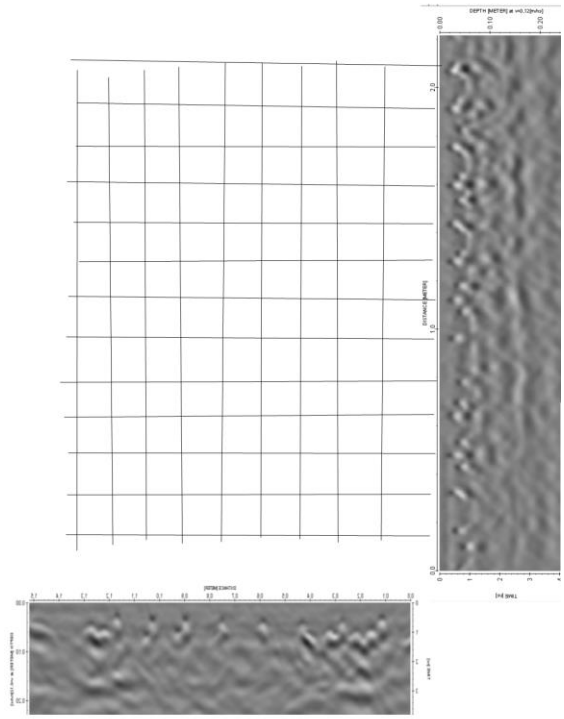

S113
(100/20)
P102
(263/20)
S114
(100/20)
S115
(255/20)
S116
(240/20)
S110
1-1 KESİTİ
(KR?T?K PERDE YÜKSEKL??? BOYUNCA UYGULANACAKTIR.)

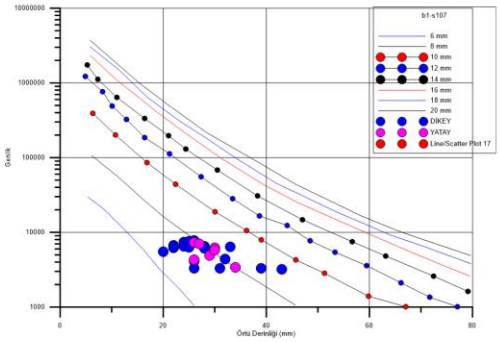
B1 BLOK

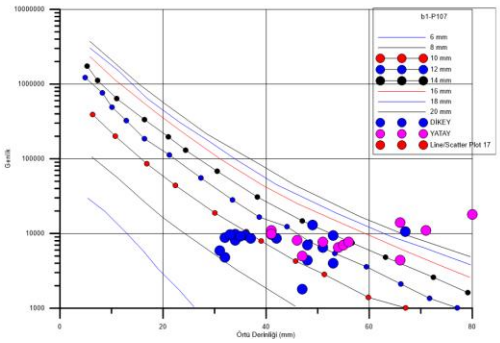
B1 S103A



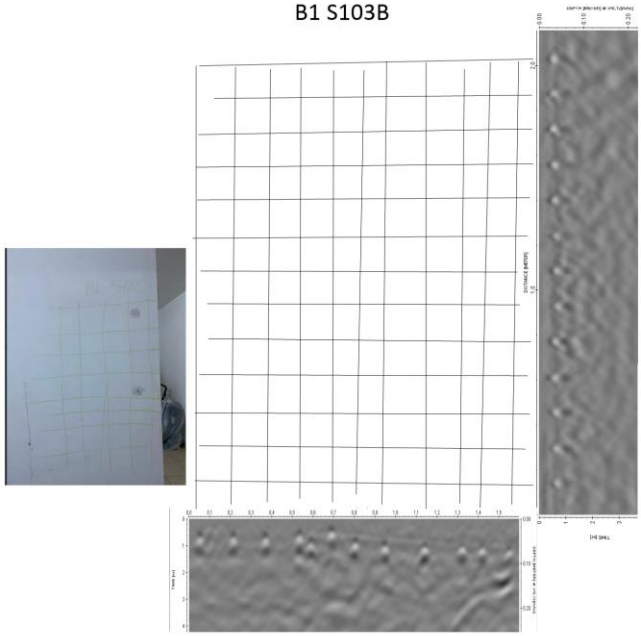
B1 S107

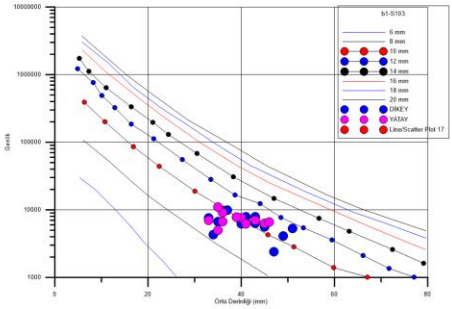


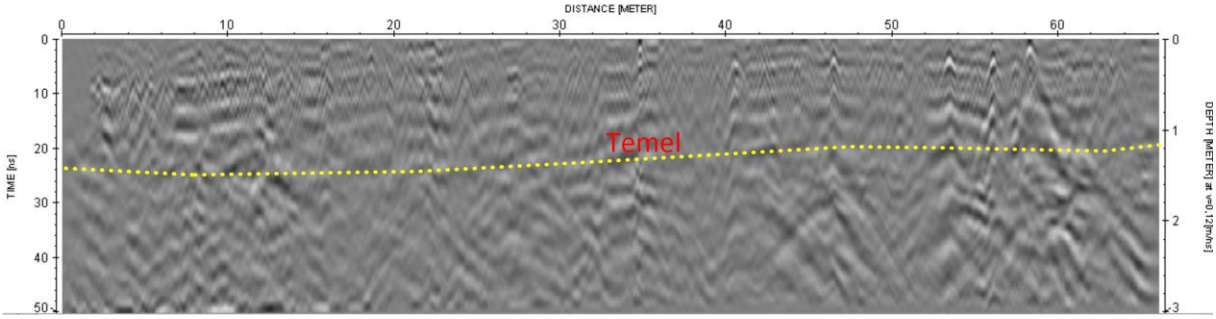




B1 S103B

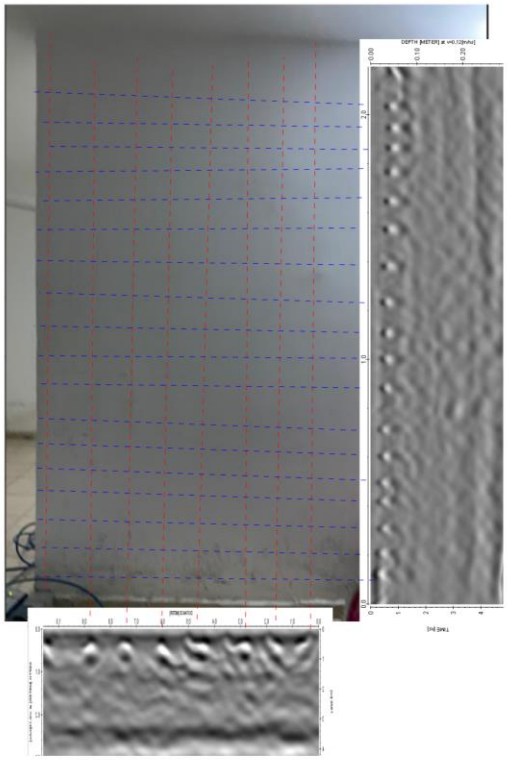



b1-S103
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Gerilik
Orta Derinliği (mm)

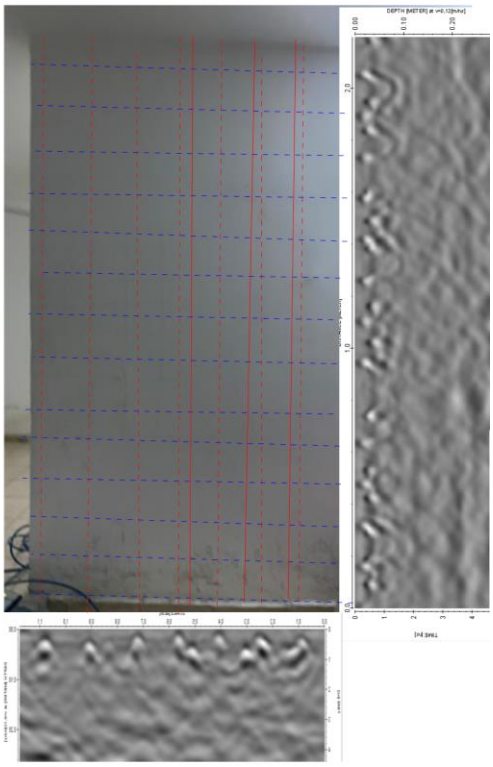

DISTANCE [METER]
TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
Temel

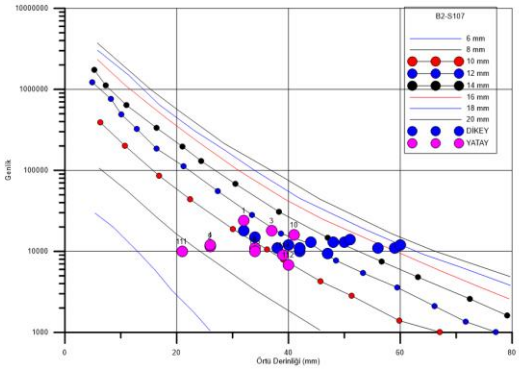
B2 BLOK

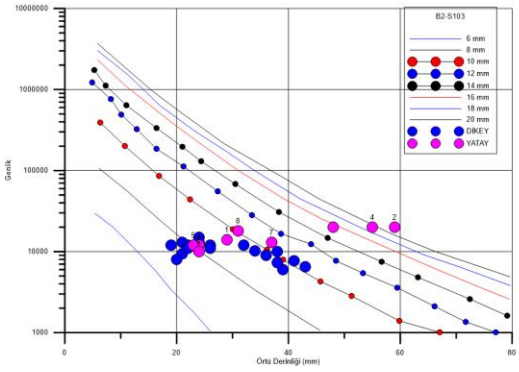
B2_S107



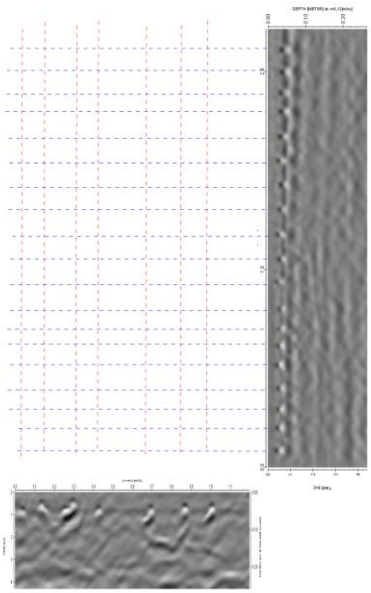
B2_S103

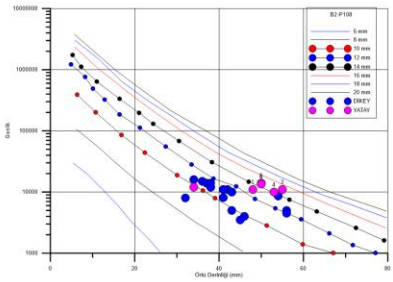


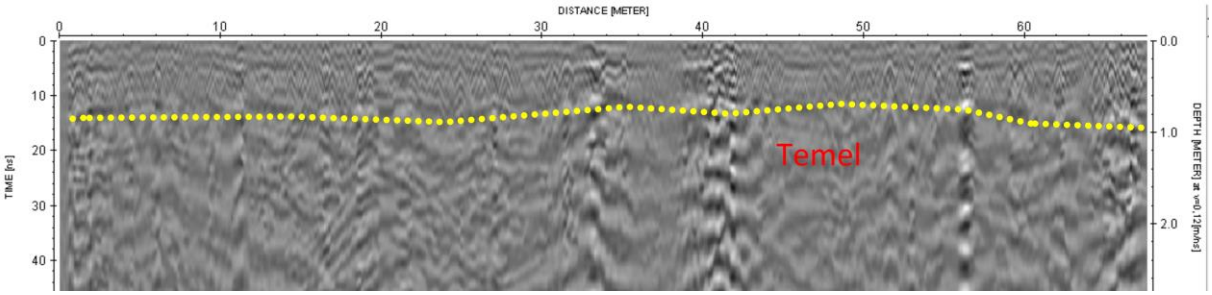




B2_S103

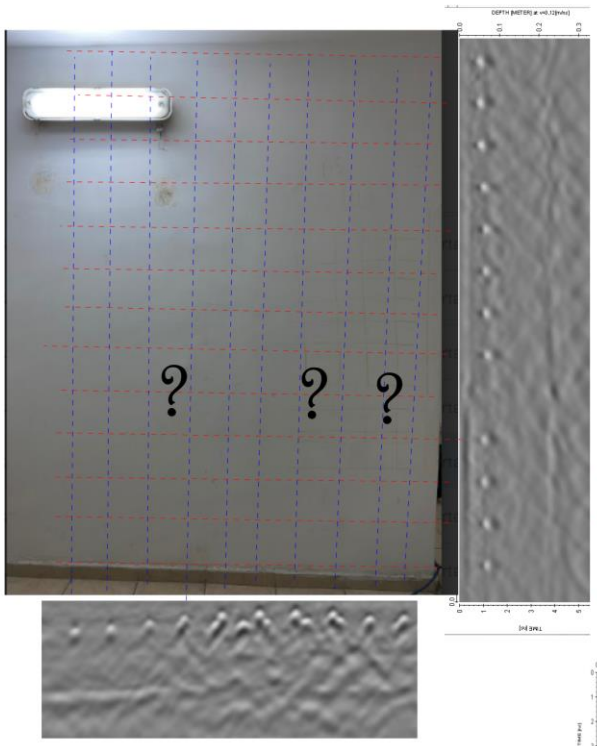



B2-P103
5 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY

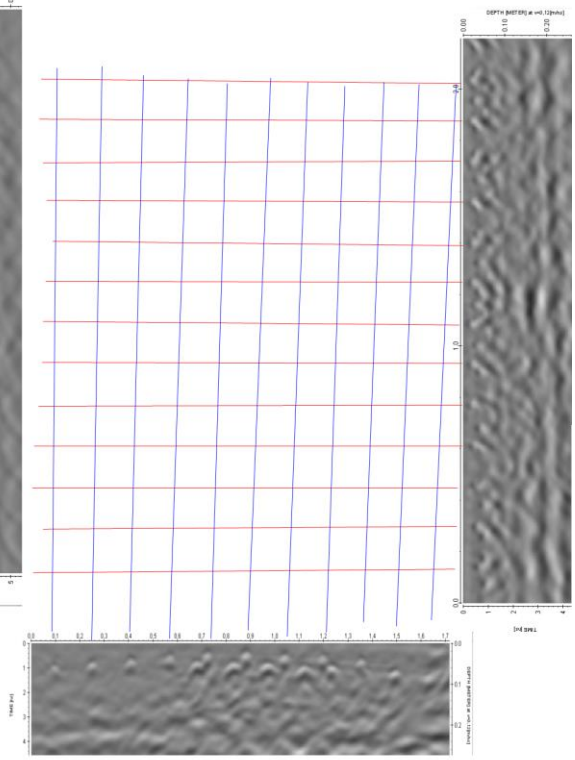

DISTANCE [METER]
0
10
20
30
40
50
60
TIME [ns]
0
10
20
30
40
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
0.0
1.0
2.0
Temel

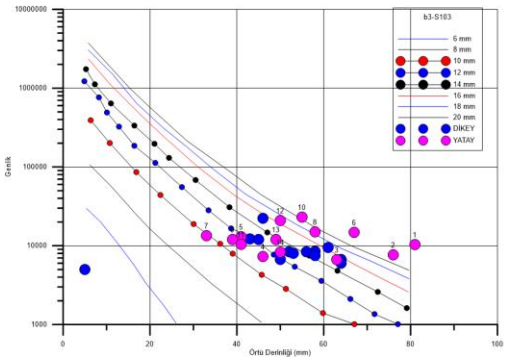
B3 BLOK

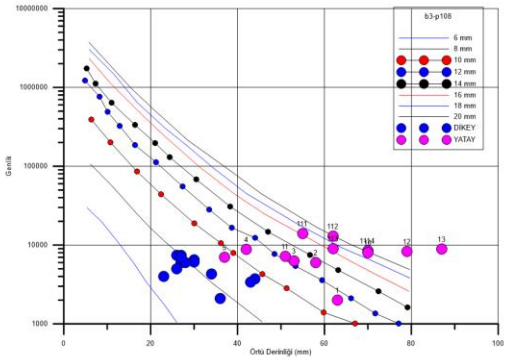
B3_S103A



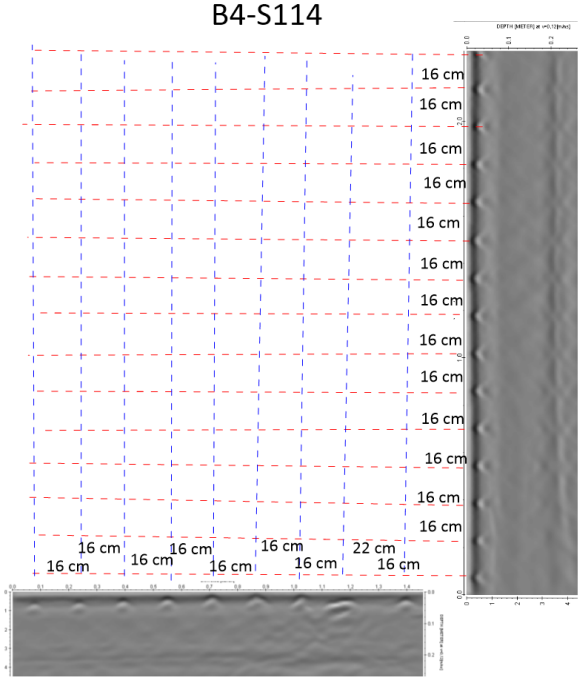
B3_S103B



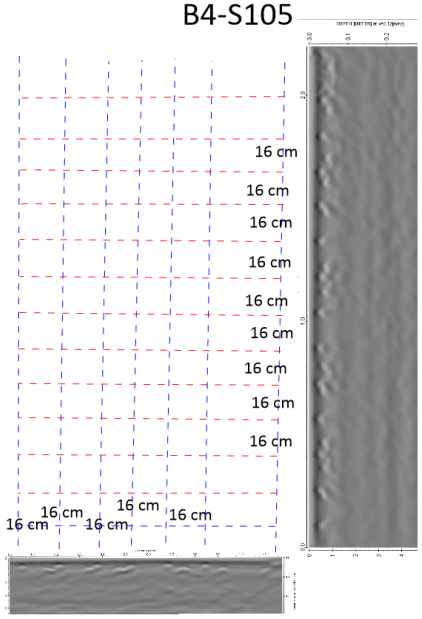


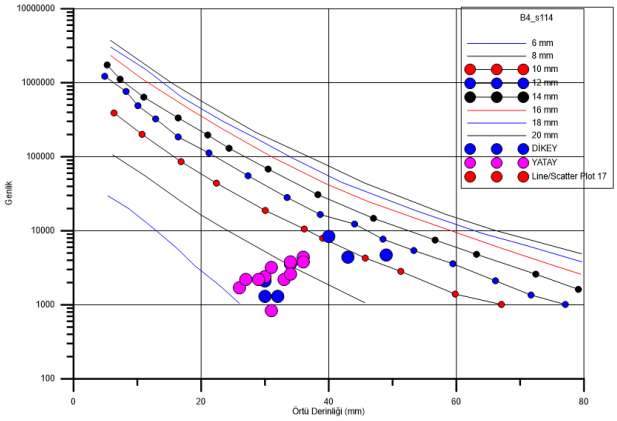


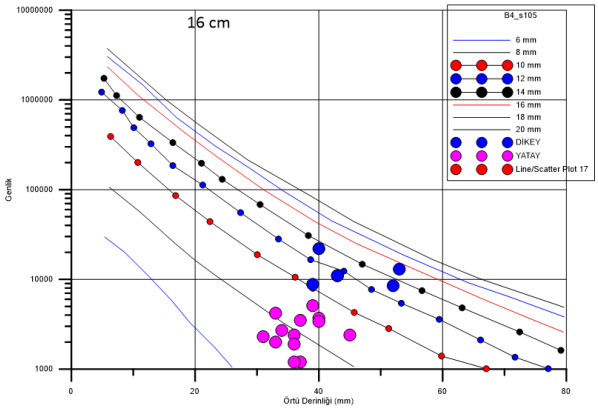
B4-S114



B4-S105

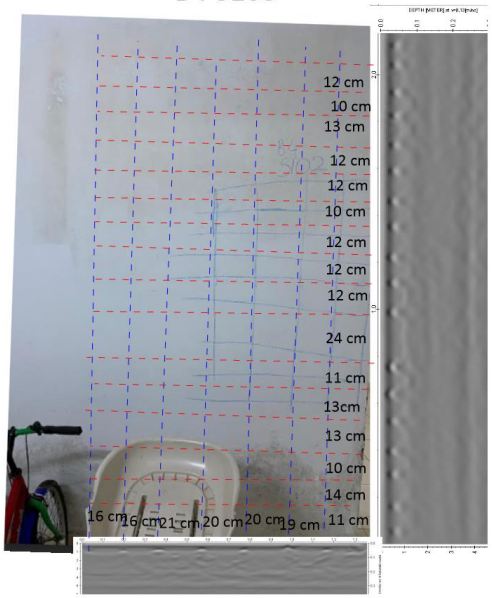


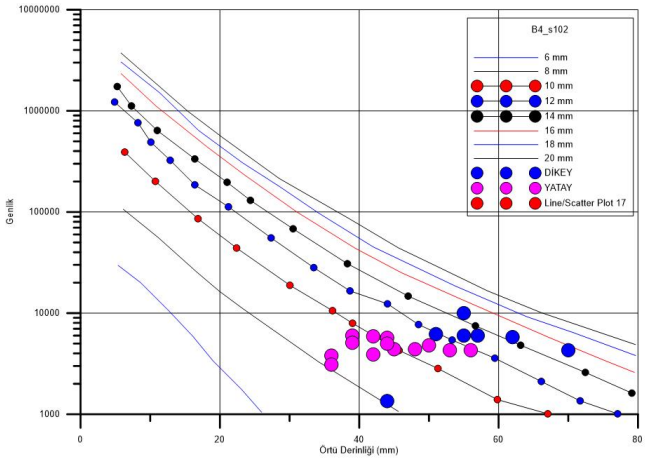


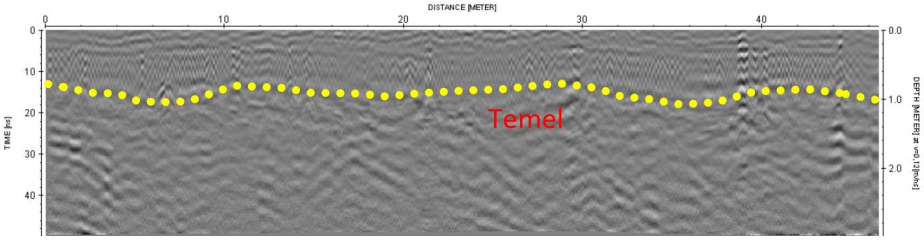


B4 BLOK

B4 S103

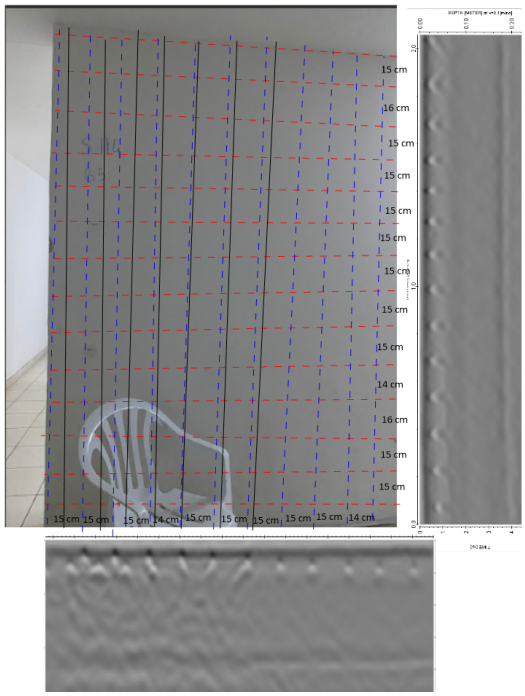

12 cm
10 cm
13 cm
12 cm
12 cm
10 cm
12 cm
12 cm
12 cm
24 cm
11 cm
13cm
13 cm
10 cm
14 cm
11 cm
16 cm
16 cm
21 cm
20 cm
20 cm
19 cm


B4_s102
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Genlik
Örtü Derinliği (mm)

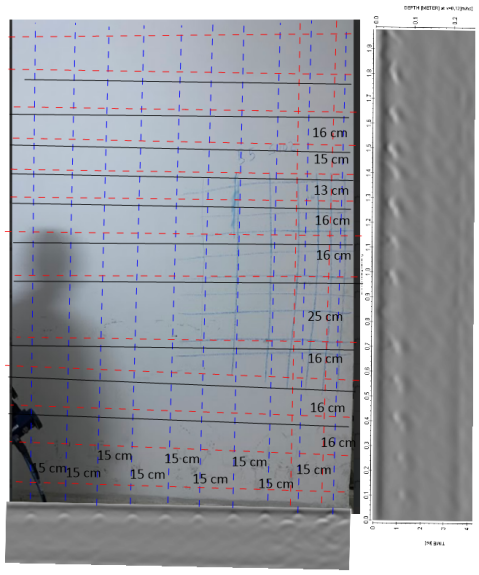

DISTANCE [METER]
TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
Temel

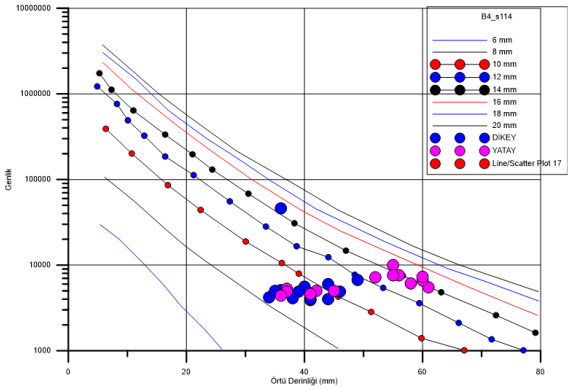
B5 BLOK

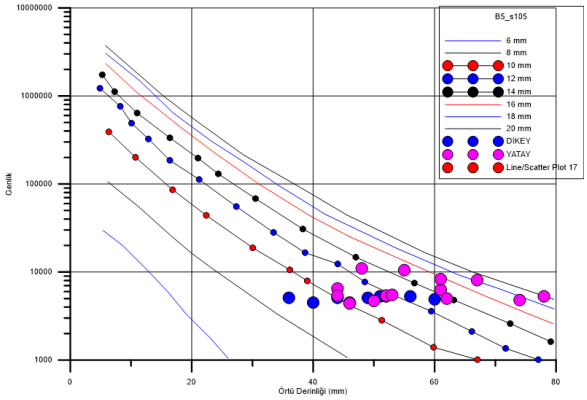
B5-S114



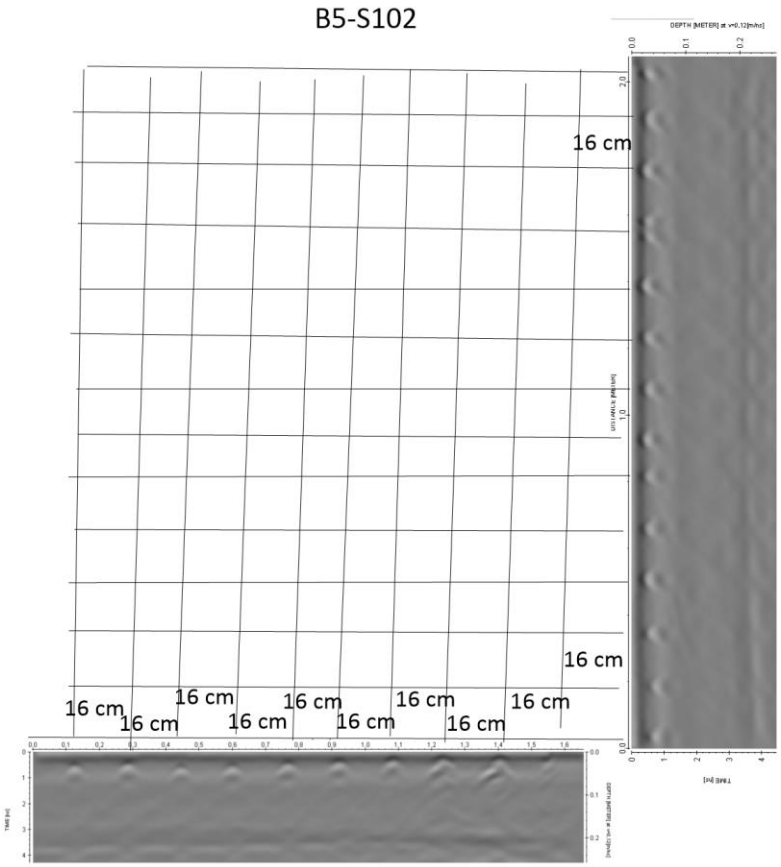
B5-S105

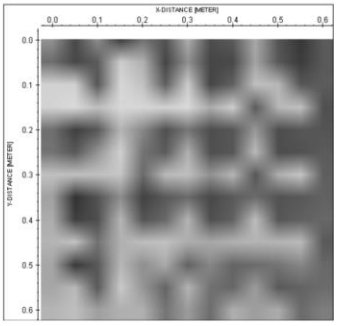


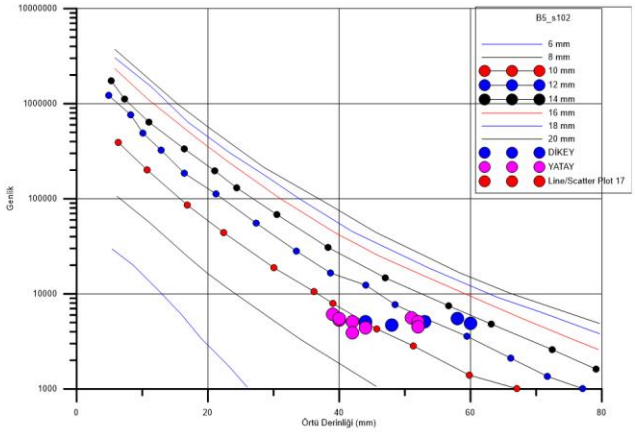


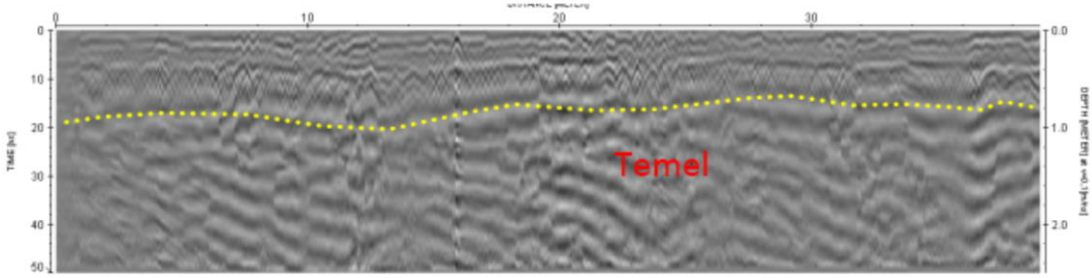


B5-S102


16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm

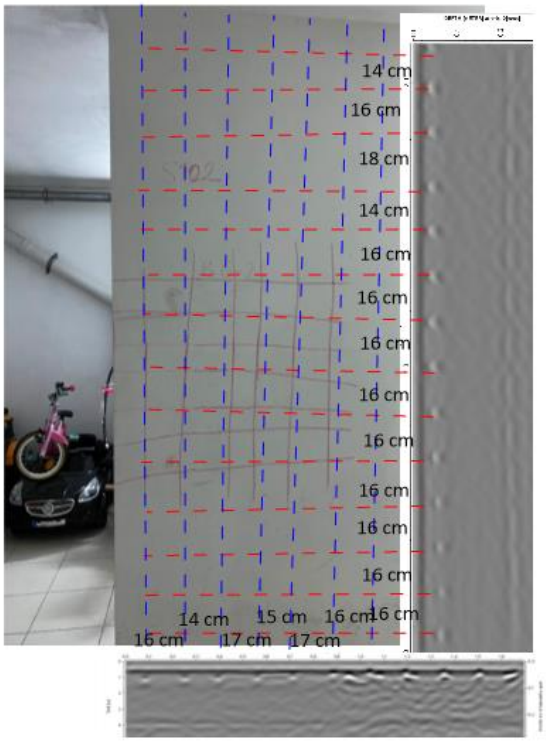



B5_s102
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Genlik
Örtü Derinliği (mm)

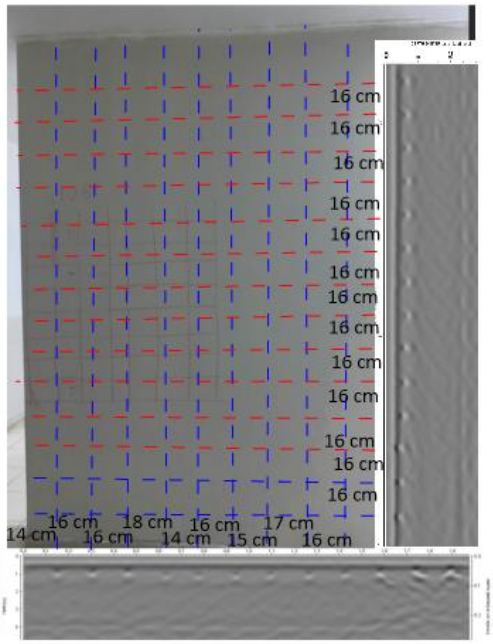

Temel

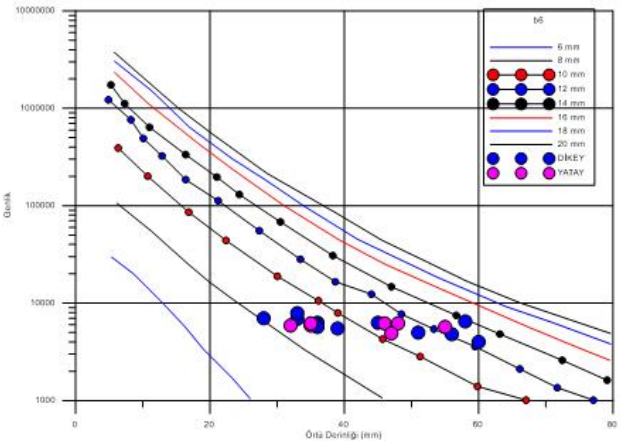
B6 BLOK

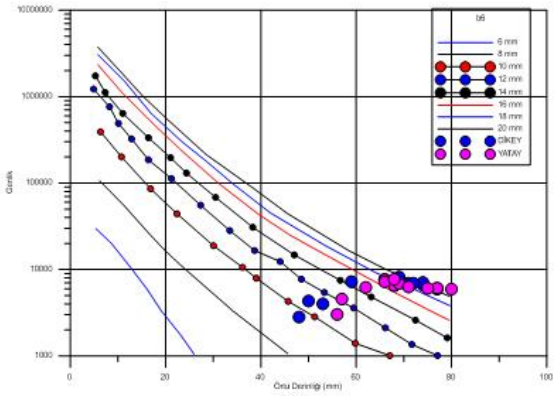
B6 S102



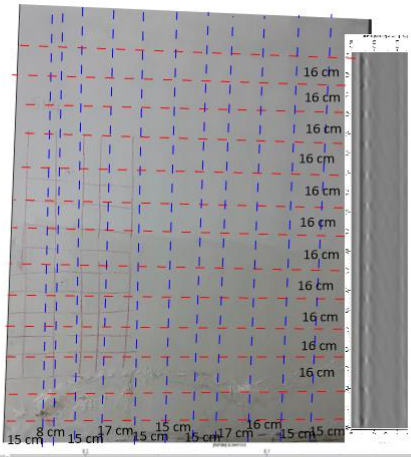
B6 S105

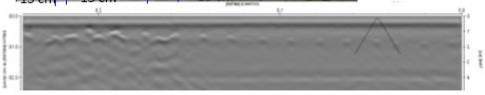


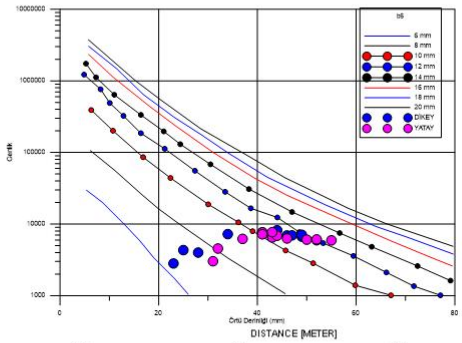


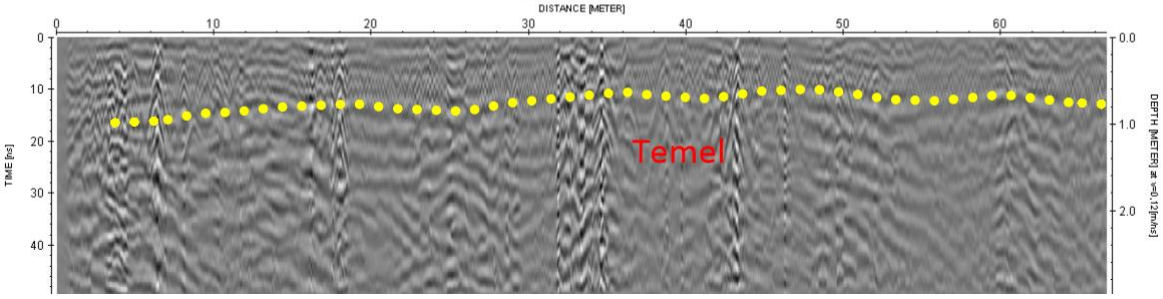


B6 S114

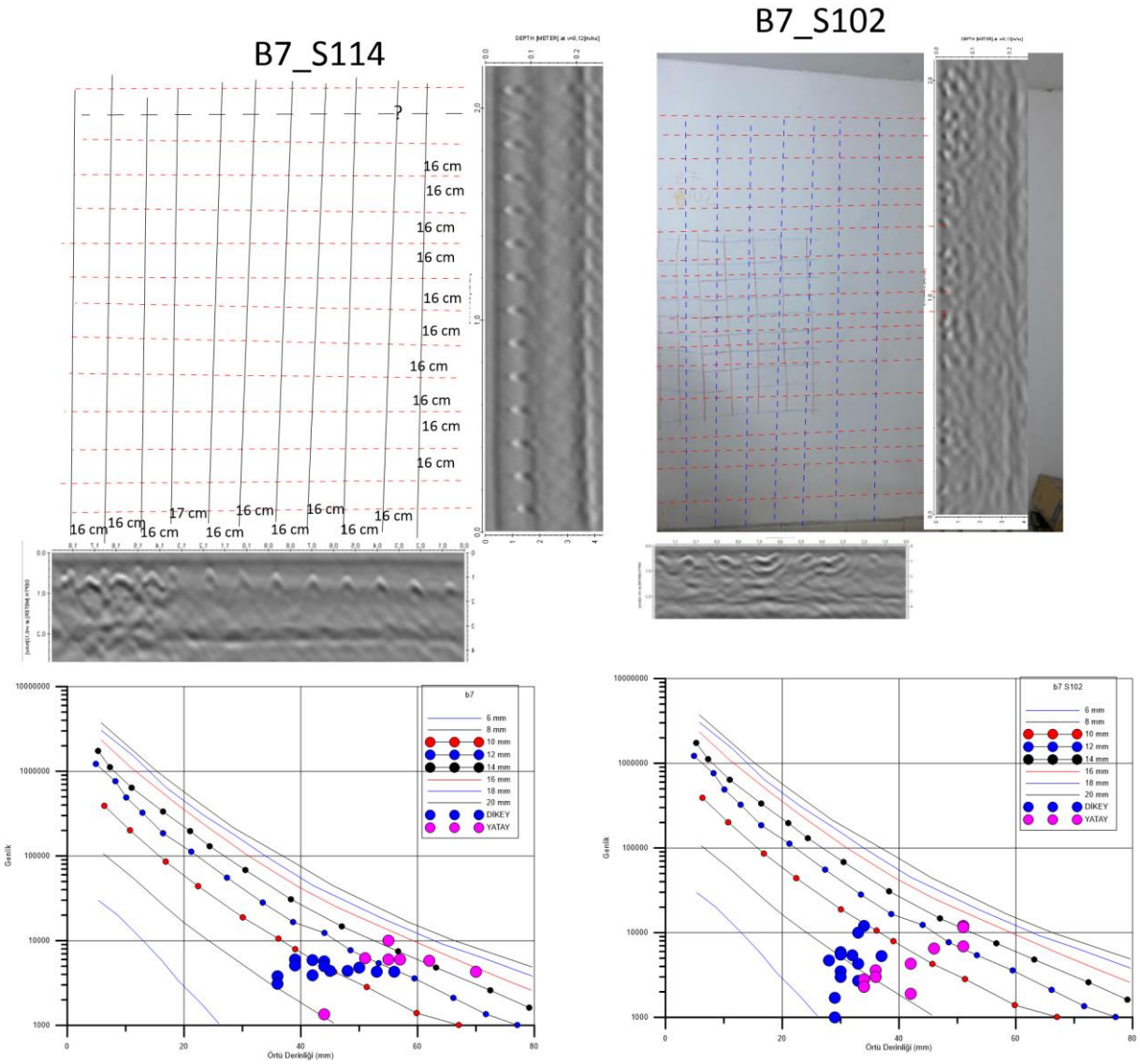

16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
15 cm
15 cm
8 cm
17 cm
15 cm
15 cm
15 cm
17 cm
16 cm
15 cm
15 cm



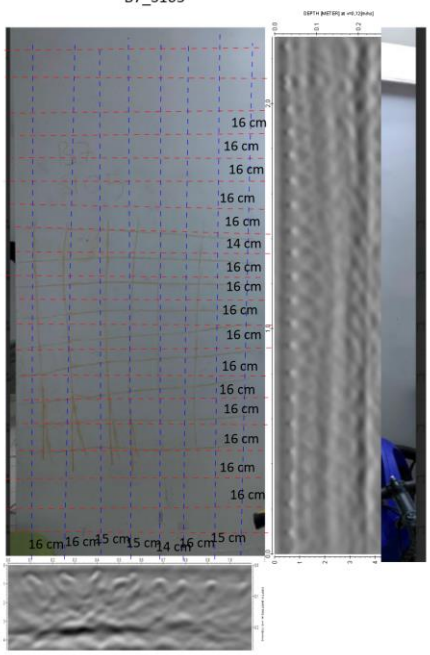

b6
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Çatlak
Çatlak Derinliği (mm)

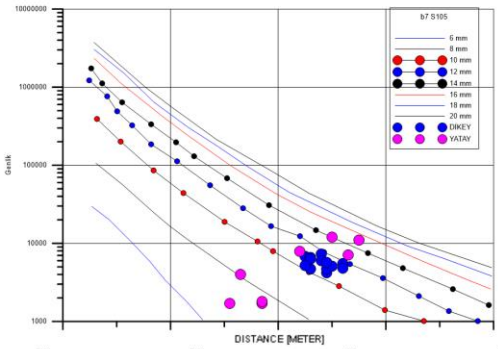

DISTANCE [METER]
TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
Temel

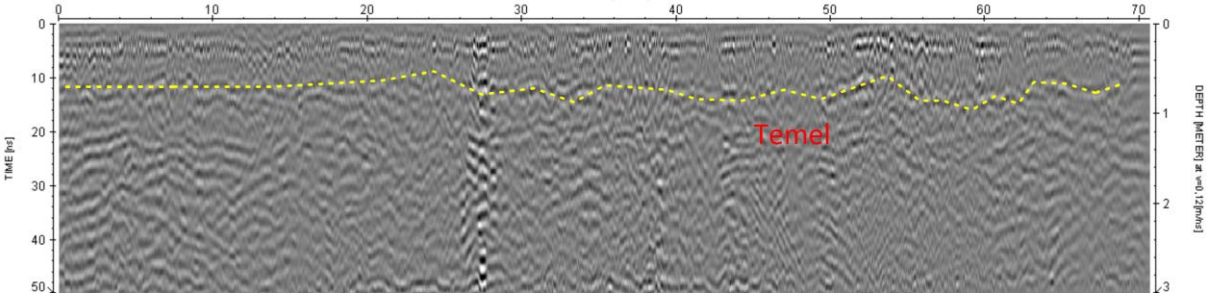
B7 BLOK


B7_S114
B7_S102
16 cm
17 cm
b7
b7 S102
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DİKEY
YATAY
Gerilik
Örtü Derinliği (mm)

B7_S105

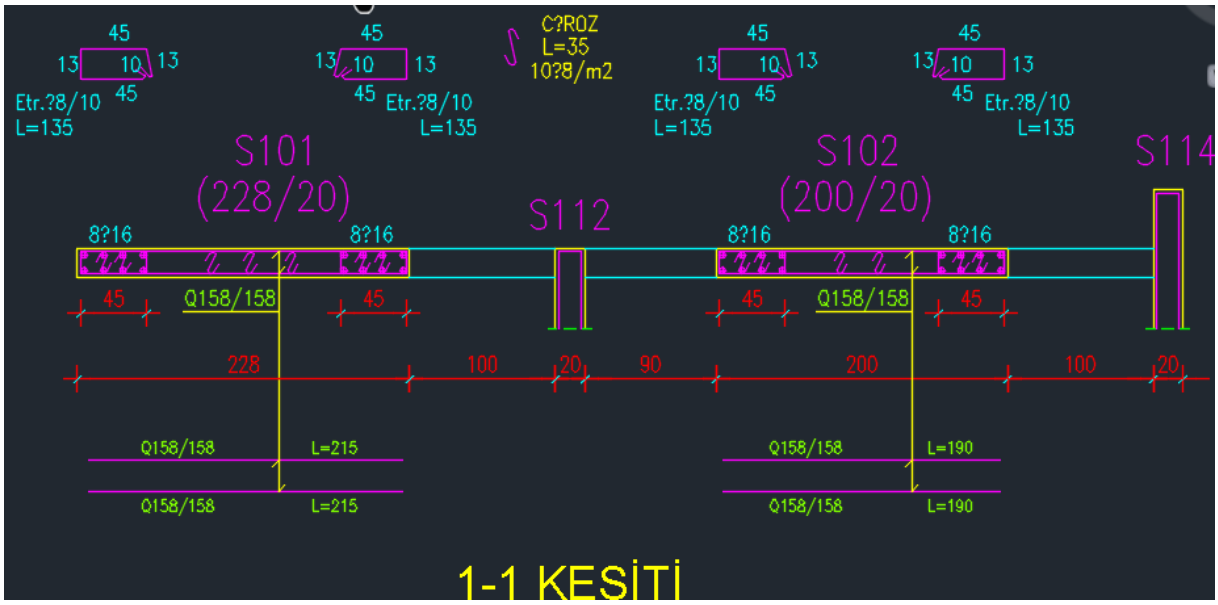

16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
14 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
15 cm
15 cm
14 cm
16 cm
15 cm


b7 S105
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Gerilik
DISTANCE [METER]


TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
Temel

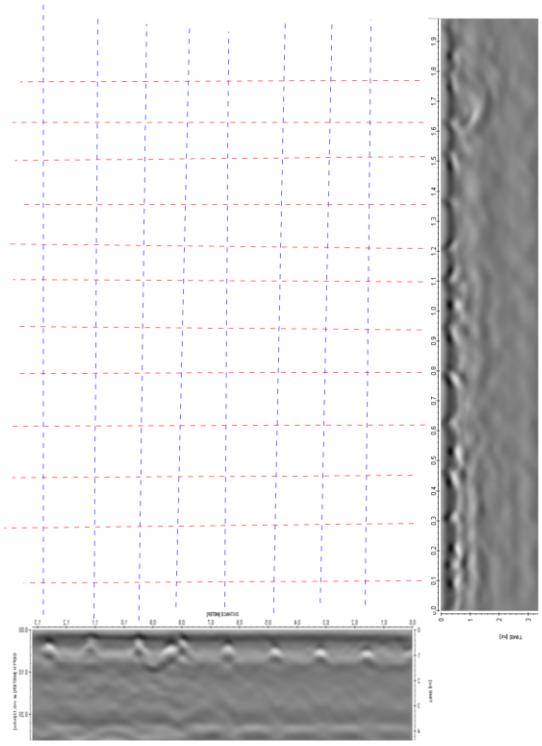
C BLOK

S101
S104
S107
S111
P101
S112
S102
S105
S108
S113
P102
S114
S115
S103
S116
S118
P105
S119
S117
S106
S110
P111
P112
P113
P114
P115
P116
BALKON
SALON
MUTFAK
EBEVEYN YATAK ODASI
KORIDOR
GIRIS HOLU
YATAK ODASI
BANYO
WC-CAM
YÜK ASANSÖRÜ
MERDIVEN HOLU
ASANSÖR
YANGIN GÜV. HOLÜ

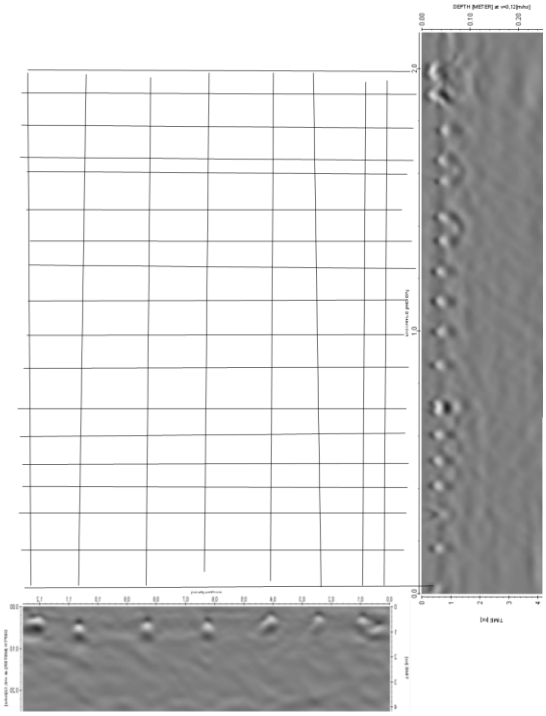

45
13
10
13
45
Etr.?8/10
L=135
C?ROZ
L=35
10?8/m2
S101
(228/20)
S112
S102
(200/20)
S114
8?16
Q158/158
228
100
20
90
200
L=215
L=190
1-1 KESİTİ

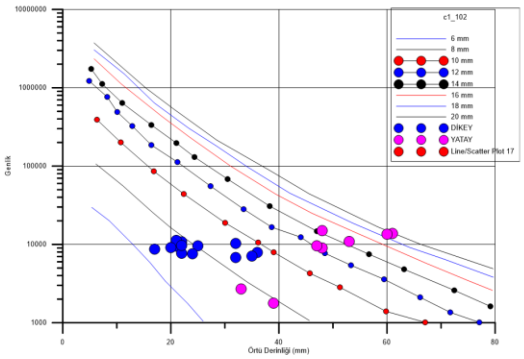
C1 BLOK

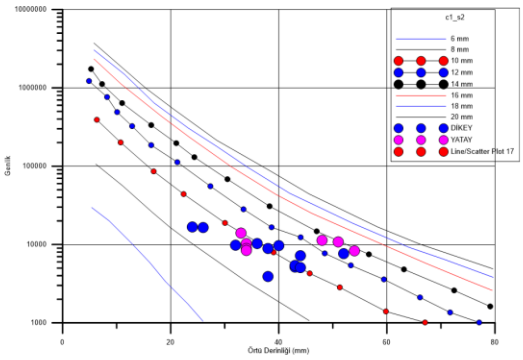
C1-S102



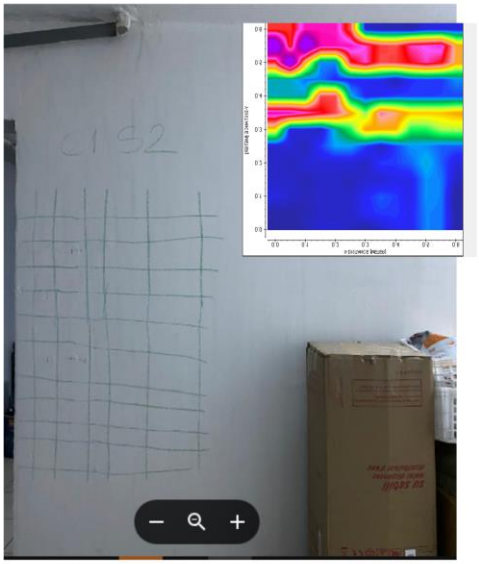
C1-S2

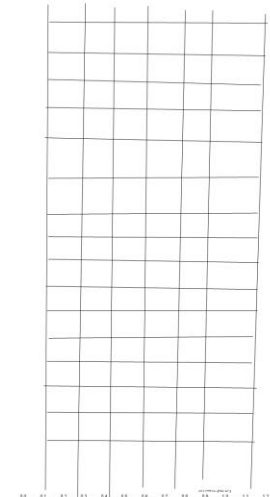


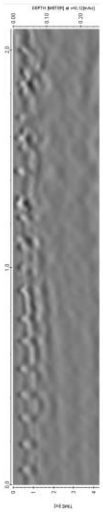

c1_102
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Genlik
Örtü Derinliği (mm)

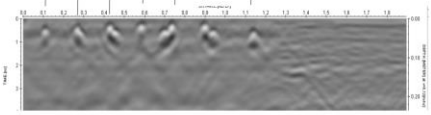

c1_s2
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DIKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Genlik
Örtü Derinliği (mm)

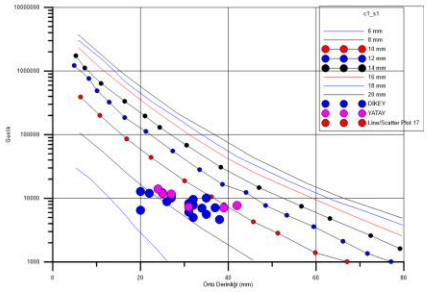
C1-S3

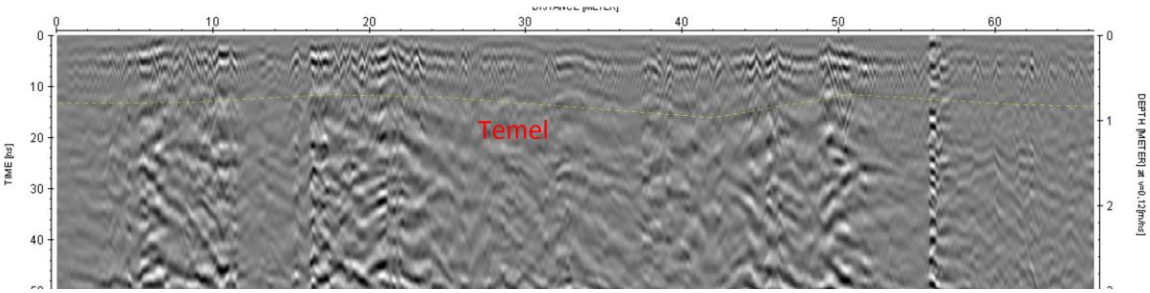






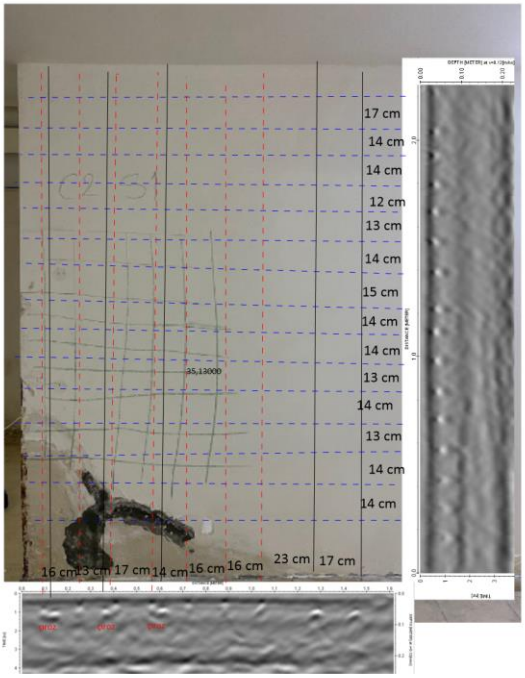



c1_s1
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DÜKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Çevrim
Örtü Derinliği (mm)

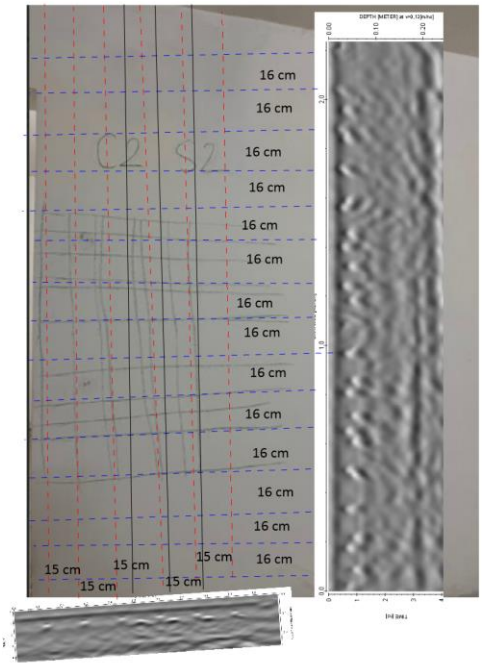

DISTANCE [METER]
TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
Temel

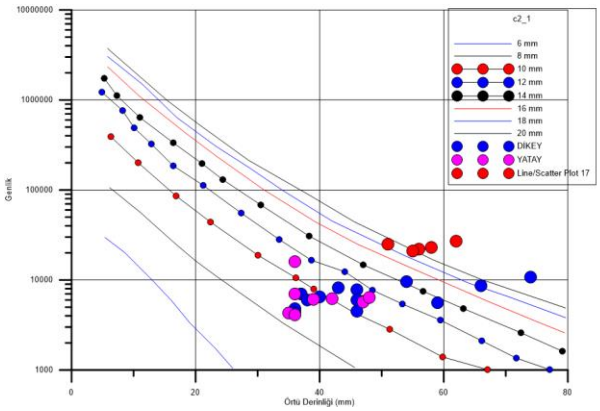
C2 BLOK

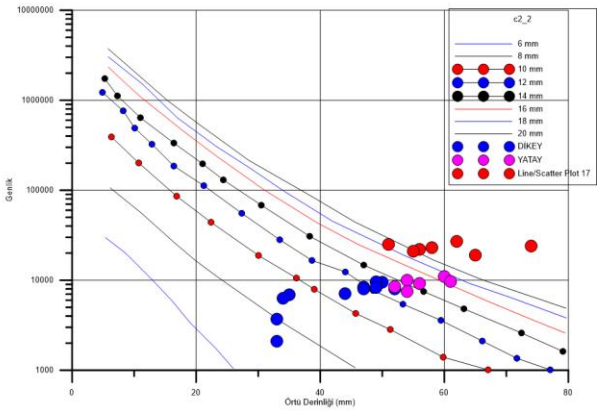
C2-S1


17 cm
14 cm
14 cm
12 cm
13 cm
14 cm
15 cm
14 cm
14 cm
13 cm
14 cm
13 cm
14 cm
14 cm
16 cm
13 cm
17 cm
14 cm
16 cm
16 cm
23 cm
17 cm

C2-S2

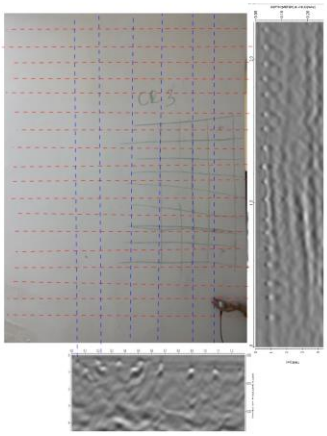

16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
16 cm
15 cm
15 cm
15 cm
15 cm
15 cm

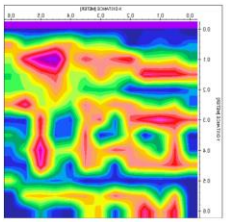

c2_1
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DİKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Genlik
Örtü Derinliği (mm)

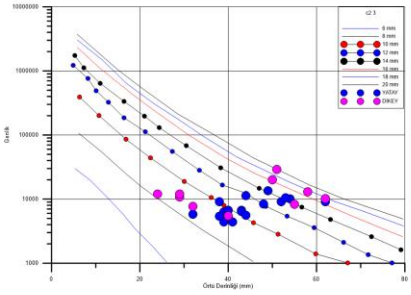

c2_2
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
DİKEY
YATAY
Line/Scatter Plot 17
Genlik
Örtü Derinliği (mm)

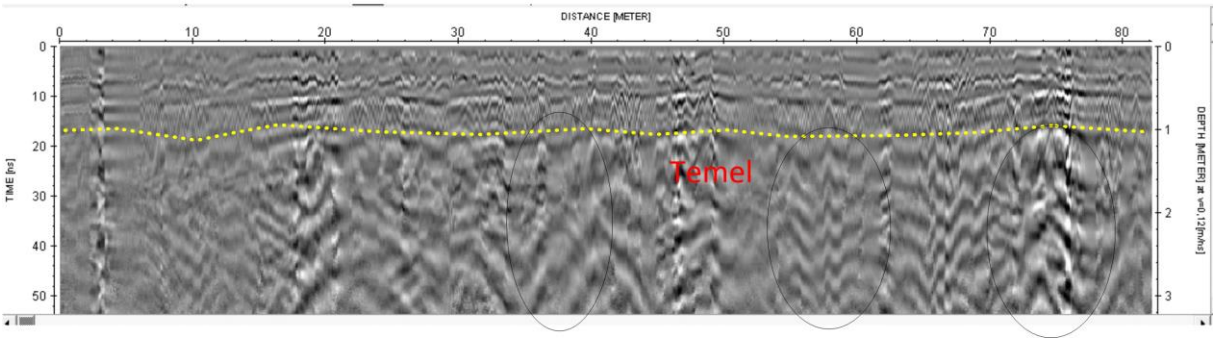
.

C2-S3






C2-3
6 mm
8 mm
10 mm
12 mm
14 mm
16 mm
18 mm
20 mm
YATAY
DİKEY
Ortalama Derinliği (mm)


DISTANCE [METER]
TIME [ns]
DEPTH [METER] at v=0.12[m/ns]
Temel

7. YAPISAL İNCELEME ve YERİNDE YAPILAN TESPİTLER

Bu bölümde tarafımıza başvuru sahibi tarafından iletilen dokümanlar arasında yer alan mimari rölöve ve statik projeler incelenmiş olup projelerinde belirtilen hususlar sunulmuş ve değerlendirilmiştir. Ayrıca, saha incelemesi sırasında yerinde yapılan tespit ve gözlemlere de bu bölümde yer verilmiştir. Raporun son kısmında ise elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmiştir.

7.1 Giriş ve Mimari Projelerin İncelenmesi

Çalışma alanı İstanbul Halkalı bölgesinde yer alan Güneşpark Evleri sitesidir. Site üç ayrı etap halinde inşa edilen bloklardan oluşmaktadır ve 2008 yılından itibaren oturuma başlanmıştır. Toplam 18 bloktan oluşan Güneşpark Evleri blokları bazı yapısal farklarla birlikte, genel olarak benzer yapılardır. Benzer yapım sistemiyle inşa edilen bloklar, en-boy ve yükseklik olarak bazı küçük farklılıklara sahiptirler. Bu farklılıklar genel yapılarıyla A tipi, B tipi ve C tipi blok kodlarıyla ayrılmıştır. Binaların tümünün kullanım amacı konuttur. Şekil 7.1' de örnek blokların dış cephe görüntüleri verilmiştir.

Mimari rölöve projesine göre A tipi bloklardan A1-A5 blokları bodrum kat + zemin kat + 15 normal kattan, A6-A9 blokları ise bodrum kat + zemin kat + 14 normal kattan meydana gelmektedir. Söz konusu yapılar; x yönünde 23.26 m, y yönünde ise 20.51 m uzunluğundadır. Kat yükseklikleri bodrum, zemin ve normal katlar için 2.80 m olup, A1-A5 ve A6-A9 Blokları toplam yükseklikleri bodrum kat üzerinden sırasıyla yaklaşık 44.80 m ve 42.00 m'dir. Blok genel olarak düzenli bir geometriye sahiptir. Bodrum katta; duvarlar, oda, pencere, kazan dairesi, su deposu gibi mimari öğeler mevcuttur. Zemin ve normal katlarda duvarlar, ana merdiven, yangın merdiveni, asansör, balkon, oda, pencere ve kapı gibi mimari öğeler mevcuttur.

Mimari rölöve projesine göre B tipi bloklardan B1-B3 bodrum kat + zemin kat + 16 normal kattan, B6-B7 blokları ise bodrum kat + zemin kat + 15 normal kattan meydana gelmektedir. Söz konusu yapılar; x yönünde 30.16 m, y yönünde ise 22.56 m uzunluğundadır. Kat yükseklikleri bodrum, zemin ve normal katlar için 2.80 m olup, Blok toplam yüksekliği bodrum kat üzerinde yaklaşık 47.60 m'dir. Blok genel olarak düzenli bir geometriye sahiptir. Bodrum katta; duvarlar, oda, pencere, kazan dairesi, su deposu gibi mimari öğeler mevcuttur. Zemin ve normal katlarda

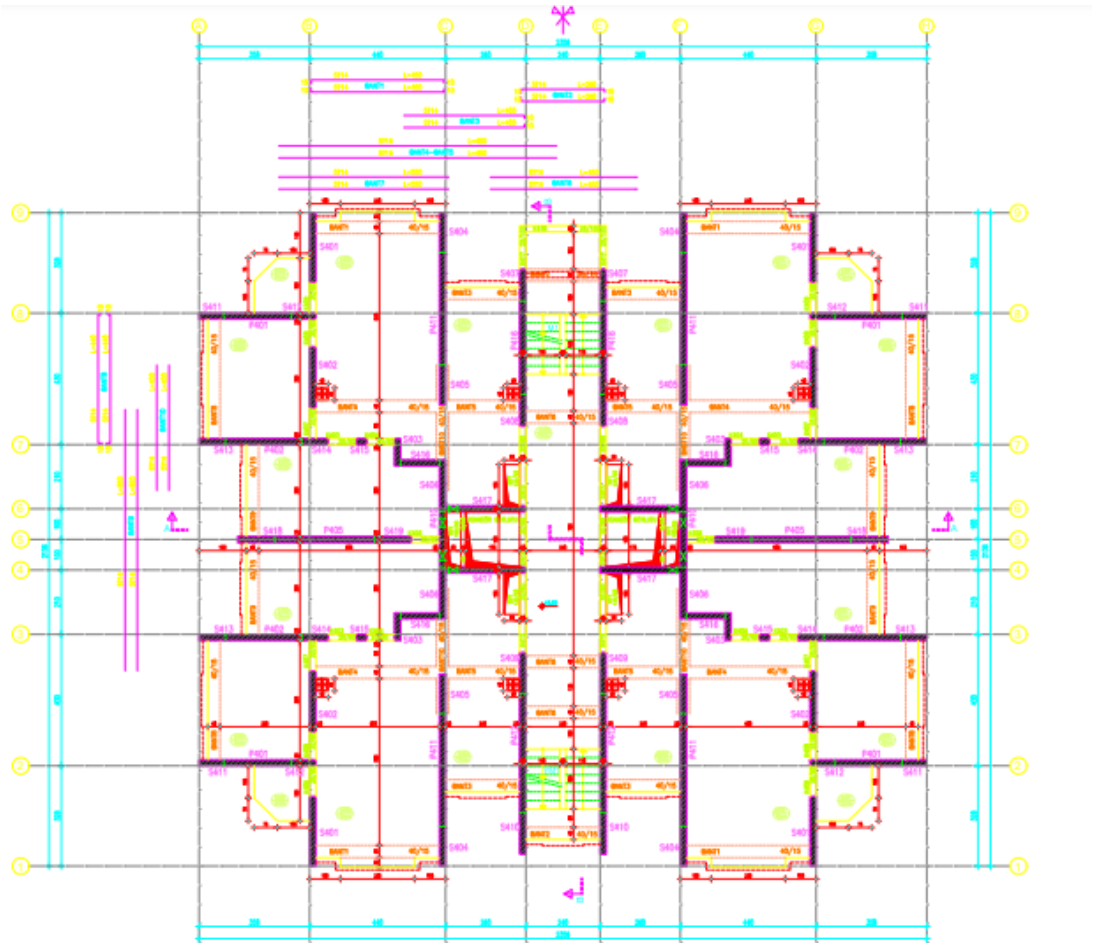
duvarlar, ana merdiven, yangın merdiveni, asansör, balkon, oda, pencere ve kapı gibi mimari öğeler mevcuttur.

Mimari rölöve projesine göre C tipi bloklar içinde C1 bloğu bodrum kat + zemin kat + 15 normal kattan meydana gelmektedir. C2 bloğu ise 2 bodrum kat + zemin kat + 15 normal kattan meydana gelmektedir. Sitede tüm bloklar içerisinde 2 bodrum katına sahip olan tek blok C2 bloğudur. C tipi bloklarda kat yükseklikleri bodrum, zemin ve normal katlar için 2.80 m olup, Blokların toplam yüksekliği bodrum kat üzerinde yaklaşık 44.80 m'dir. Söz konusu yapılar; x yönünde 21.36 m, y yönünde ise 23.56 m uzunluğundadır. Bloklar genel olarak düzenli bir geometriye sahiptir. Bodrum katta; duvarlar, oda, pencere, kazan dairesi, su deposu gibi mimari öğeler mevcuttur. Zemin ve normal katlarda duvarlar, ana merdiven, yangın merdiveni, asansör, balkon, oda, pencere ve kapı gibi mimari öğeler mevcuttur.

Şekil 7.1. Örnek blokların dış cephe görünüşü

7.2 Statik Projelerin İncelenmesi

Tüm blokları tünel kalıp tekniği ile inşaa edilen yapının düşey taşıyıcıları 20 cm kalınlığında betonarme perdelerden meydana gelmektedir. Tipik normal kat planı Şekil 7.2' de gösterilmiştir. Binalar, kesme kuvveti dayanımı ve rijitliği yüksek çok sayıda betonarme perdelerden oluşan tünel kalıp sistemle inşa edilmiştir. Taşıyıcı sisteminin tamamı betonarme taşıyıcı perdelerden oluşan bu tür yapıların deprem performansı genellikle yüksek olup şiddetli rüzgâr ve fırtına etkisinde de benzer şekilde olumlu davranış sergilerler.



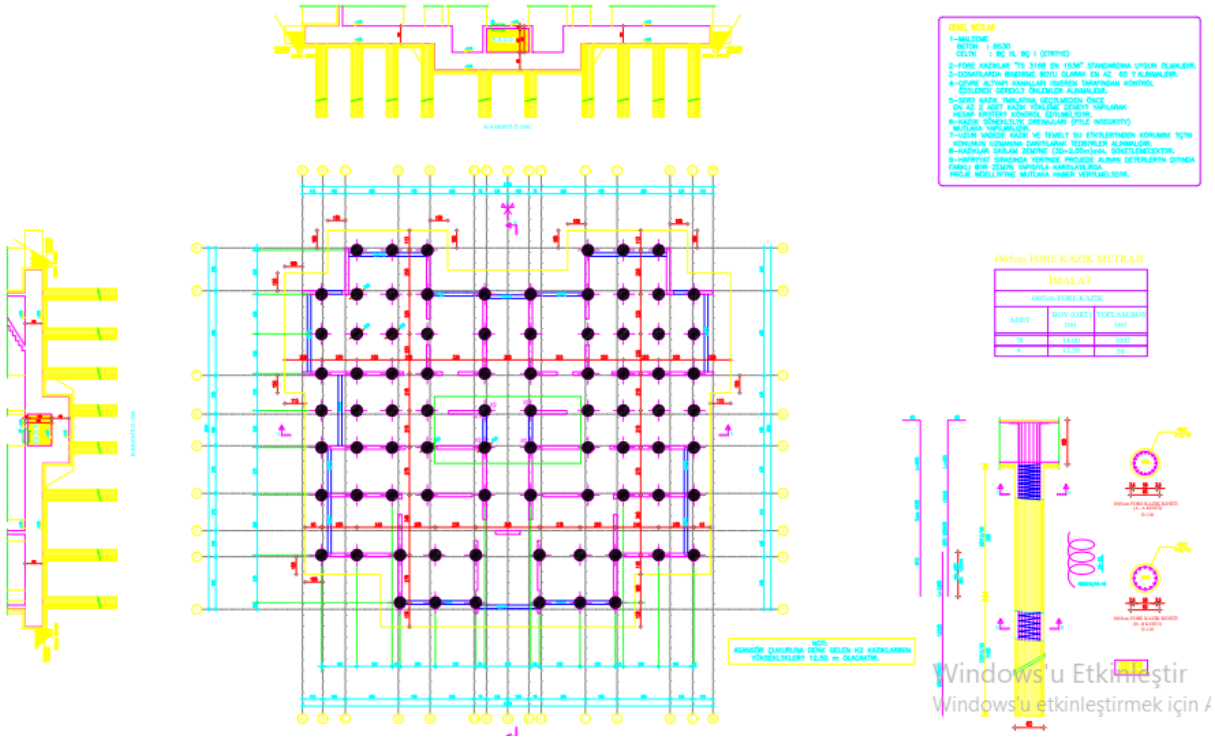
Şekil 7.2. Tipik normal kat planı

Yerinde yapılan incelemeler kapsamında bodrum ve zemin katlarda ölçümler ve gözlemsel tespitler yapılmıştır. Kat ebatlarının ve taşıyıcı eleman yerleşiminin projesiyle genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür. Yapının döşeme sistemi 15 cm kalınlığında betonarme plak döşemeler ile teşkil edilmiştir. İncelenen statik projede; beton sınıfının tüm katlarda ve temelde C30, donatı sınıfının

S420 olduğu görülmüştür. Tünel kalıp sistemlerinde beton kalitesi genelde yüksek olmaktadır. Önceki bölümlerde ultrasonik yöntemle düşey taşıyıcılarda hasarsız olarak yapılan çalışmalardan incelemesi yapılan bloklardaki beton kalitesinin literatürde kabul gören sismik hız sınıflamalarına göre "iyi" ve "çok iyi" kalitede olduğu raporlanmıştır. Yerinde yapılan ölçümler, tünel kalıp sisteminden beklenen yüksek beton kalitesini doğrular nitelikte olmuştur.

İncelemesi yapılan binanın temel sisteminin projesinde kazıklı radye temel olduğu görülmüştür. Tipik radye kalınlığının yaklaşık 100 cm olduğu görülmektedir. A tipi bloklarda 4 adet Ø65 cm ve her biri 12.50 m uzunluğunda, 78 adet Ø65 cm ve her biri 14 m uzunluğunda olmak üzere toplam 82 adet fore kazığın olduğu görülmektedir. C tipi bloklarda ise toplam 96 adet Ø65 cm ve her biri 14.00 m uzunluğunda fore kazığın olduğu projesinde tespit edilmiştir. Tarafımıza iletilen proje dökümanlar içinde B tipi bloklara ait fore kazık aplikasyon planına ait verilere ulaşılamamıştır.

Şekil 7.3' de ilgili yapı için örnek bir fore kazık aplikasyonu verilmiştir.

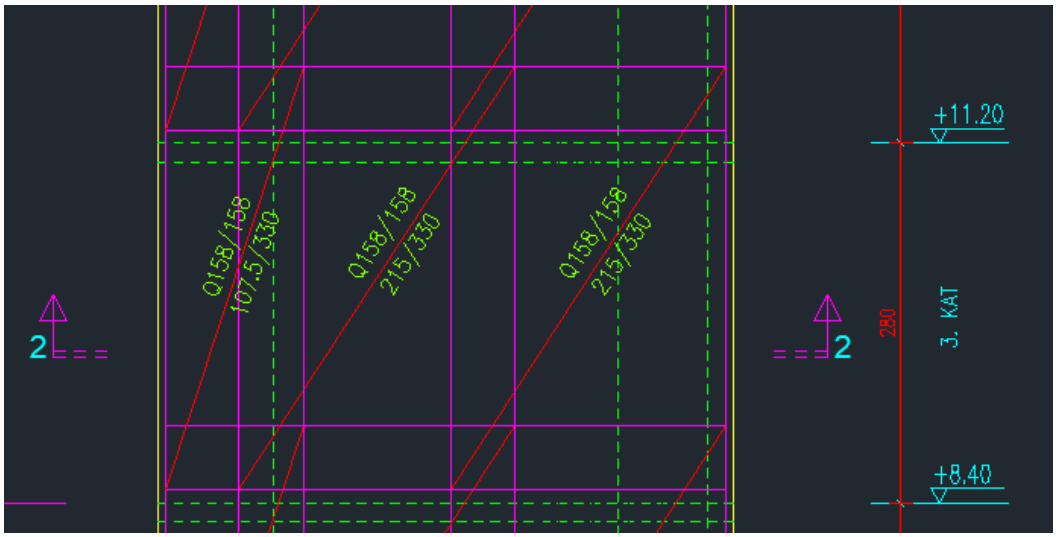


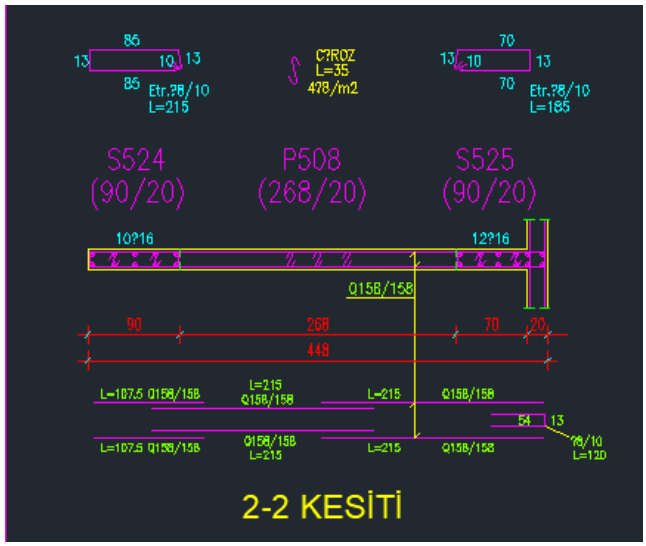
Şekil 7.3. Tipik fore kazık aplikasyon planı

Perde duvarlarda projesinde kare hasır donatılar (Q 158/158) ile Ø8'lık enine donatıların kullanıldığı, enine donatı aralığının 10-15 cm olduğu görülmüştür. İncelenen blokların perde duvarlarında projesinde boyuna donatıları ve etriyeleri dışarıdan her iki ucundan sarması gereken çiroz donatılarının da kullanıldığı da tespit edilmiştir (Şekil 7.4). Deprem etriyesi olarak da bilinen 135 derece bükülerek betonarme elemanın çekirdeğine sokulan etriye kanca kırım detayı tarifi de yapılmıştır (Şekil 7.5). Ayrıca deprem yönetmeliğimiz gereği toplam perde yüksekliğinin, perde uzunluğuna oranı ikiden büyük olan perde duvarlarının her iki ucunda perde uç bölgeleri adı verilen kenar kolonlar oluşturulmalıdır. Projesinde uç bölgelerinde Ø16' lık düşey donatıların kullanıldığı görülmüştür. İncelenen bloklara ait projelerde aplikasyon açılımlarında perde uç bölgelerinin tariflendiği görülmektedir. Perde uç kısımlarının düzenlenmesiyle; * perdeye birleşen kirişlerin eksenel yüklerini karşılanması, * perdenin eksenel ve yatay yükler altında stabilitesinin sağlanması, * yatay yükler altında düğüm noktalarında veya perde temel birleşim noktalarında oluşan çekme ve basınç gerilmelerinin karşılanması, ve * perdede plastik mafsallaşma oluşması durumunda betonun dağılmasını önlemesi noktalarında önemli katkılar sunulmuş olacaktır. Ayrıca, projesinde kritik perde yüksekliği ve buna bağlı kullanılacak donatı detayı tarifi de yapılmıştır.

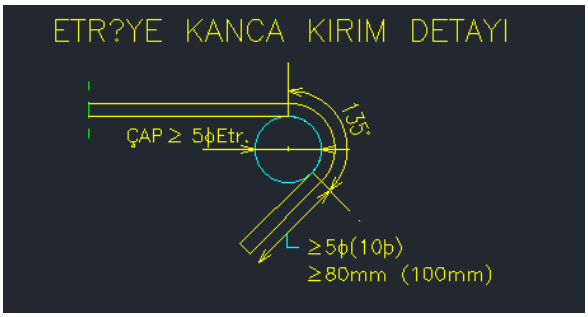
Daha önceki bölümlerde (Bölüm 3) yer radarı kullanılarak yapılan analizler neticesinde etriye ve boyuna donatı çaplarının ve aralıklarının projesiyle "genel" olarak uyumlu olduğu, hasır donatıların ve çiroz bağlantılarının da tespit edildiği raporlanmıştır.

Yapıların kat sayısı arttıkça özellikle kat deplasmanları artmaktadır. Göreli kat deplasmanlarının ve yapı toplam deplasmanının, oldukça yüksek 14-16 katlı olan inceleme konusu bloklarda perdeler vasıtasıyla istenen seviyelerde sınırlandırılabileceği gözönüne alındığında, tümüyle betonarme perde duvarlardan oluşan taşıyıcı sistemin varlığı deprem davranışını olumlu yönde etkileyecek önemli bir avantaj olarak dikkat çekmektedir. Buna ek olarak, önceki bölümlerde yapılan sismik risk analizleri neticesinde de en büyük yer ivmesinin 0.3 g olacağı belirlenmiş olup bu ivme seviyesi eski deprem yönetmeliğimizde yapılan sınıflamaya göre ikinci derece deprem bölgesine girmektedir. Ancak, önceki bölümlerde mikrotremör yardımıyla yapılan titreşim analizleri neticesinde yapı-zemin titreşim frekanslarının çok yakın olduğu ve standart sapmalarla birlikte kısmen örtüştüğü tespit edilmiştir.





Şekil 7.4. Örnek bir betonarme perde açılımı ve enkesiti



Şekil 7.5. Örnek bir etriye kanca kırım detayı

Projesinde, kirişlerde etriyelerin 10 cm aralıklar ile yerleştirildiği ve 60 cm yükseklik sebebiyle gövde donatısı kullanımı detayı da verildiği görülmüştür.

7.3 Gözlemlenen Hasarlar

Yerinde yapılan incelemeler neticesinde yapının bazı döşeme ve duvar yüzeylerinde kılcal düzeyde çatlaklar, eskiye dayanan nem ve rutubetlenmeye bağlı kabarmalar olduğu görülmüştür (Şekil 7.6). Ancak blok bodrumlarında yapılan incelemelerde yapısal elemanlarda korozyona bağlı yüzeyde çatlama veya paspayı dökülmesine dair bir emareye rastlanmamıştır. Yine benzer şekilde yapılan saha incelemesinde blok bodrumlarındaki yapısal elemanlara dışarıdan aktif bir su girişinin de olmadığı gözlemlenmiştir. Buna karşın önceki bölümlerde yer radarı ile yapılan çalışmalarda donatı genliklerinde saçılmalar tespit edilmiş dolayısıyla da bazı perde duvarlardaki donatılarda kısmi korozyon başlangıcının olabileceği raporlanmıştır.

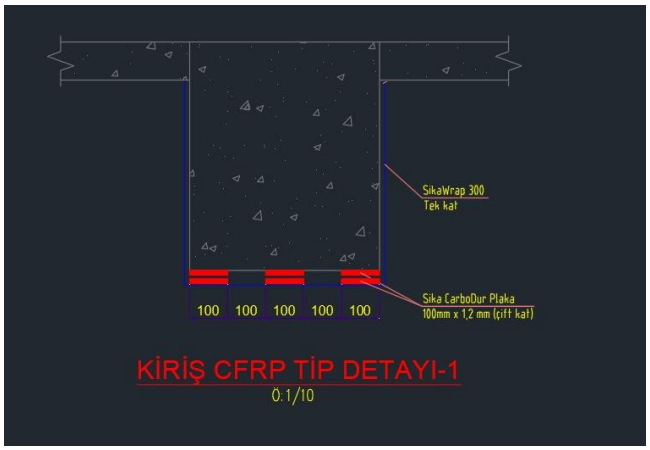
Şekil 7.6. Nem ve rutubetlenmeye bağlı gözlemlenen hasarlar

Tarafımıza iletilen dökümanlar üzerinden yapılan incelemelerde daha önce tesisat borularının deplase işlemi sırasında bazı bloklardaki bodrum kat kirişlerinde karot makinesiyle delikler açıldığı görülmüştür. İletilen dökümanlardaki görseller Şekil 7.7' de gösterilmiştir. Yapılan saha ziyaretinde daha önce var olan bu deliklerin bazılarının doldurulduğu tarafımıza iletilmiş ve bazılarında da asma tavan malzemesiyle görsel olarak kapatıldığı görülmüştür.

Fotoğraflarda gözlemlenen hasarlar yapısal hasar grubuna girmekle birlikte yapının statiği düşünüldüğünde bu kirişler bağ kirişi olarak görev almaktadırlar. Depremde yüksek kesme kuvvetlerine maruz kalacak olan bağ kirişlerinin mafsallaşması bekleneceğinden uygun şekilde onarılması gerekmektedir. Bu kapsamda beton kesitinde oluşan kayıpların giderilmesi için çimento esaslı, polimer ile modifiye edilmiş, polipropilen lif takviyeli ve yüksek mukavemetli bir beton tamir harcı kullanılarak doldurulması, ayrıca kesilen boyuna ve enine donatılar için karbon plaka ve dokuma uygulanması yapısal anlamda uygun olabileceği ve avantaj sağlayabileceği değerlendirilmiştir. Bahsedilen metodolojiye örnek bir temsili karbon plaka ve dokuma uygulaması Şekil 7.9' da gösterilmiştir.

Şekil 7.7. Tarafımıza iletilen dökümanlarda görülen kirişlerde açılan delikler

Şekil 7.8. Saha ziyareti sırasında bazı kirişlerdeki gözlemlenen son durum



Şekil 7.9. Örnek bir karbon plaka ve dokuma uygulaması

7.4. Sonuçlar

Raporun bu bölümü, Güneşpark Evleri Sitesi'ne ait İstanbul İli, Küçükçekmece İlçesi, Atakent Mahallesi'nde bulunan on sekiz blokluk yapının tarafımıza iletilen statik projeleri ve saha gözlemleriyle değerlendirilmesini içermektedir. Yapılan incelemeler neticesinde;

- İncelenen projelerde taşıyıcı sistem elemanlarının donatıları **sünek tasarım esasları** dikkate alınarak düzenlenmiştir. **Perde uç bölgeleri detayının bulunduğu**, **çiroz donatısı detayının bulunduğu** ve **deprem etriyesi olarak da bilinen 135 derece bükülerek** betonarme elemanın çekirdeğine sokulan etriye kanca kırım detayı tarifinin de yapıldığı görülmüştür. Projesinde, enine donatıların 10-15 cm geçmeyecek aralıklar ile düzenlendiği gözlemlenmiştir.
- Yapı yükseklikleri dikkate alındığında, göreli kat ötelenmelerini azaltacak ve büyük kesme kuvveti kapasitesine ve rijitliğe sahip çok sayıda betonarme perdelerden oluşan **tünel kalıp tekniğinin** blokların inşaasında kullanılmasının deprem performansı açısından bir avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.
- Taşıyıcı sistemde kullanılan donatının projesinde S420 dayanım sınıfı yüzeyi nervürlü çelik olduğu ve beton dayanım sınıfının da C30 olduğu görülmüştür. Önceki bölümlerde **ultrasonik ölçümler ile hasarsız olarak** yapılan değerlendirme ile beton kalitesinin proje değerinde ve iyi olduğu gözlemlenmiştir.
- **Saha ziyaretinde** gözle yapılan incelemelerde yapısal elemanlarda korozyona bağlı yüzeyde çatlama veya paspayı dökülmesine dair bir emareye rastlanmamıştır. Ancak, önceki bölümlerde **yer radarı ile yapılan hasarsız ölçümlerde** bazı bloklarda bodrum katında bulunan bazı perde duvar donatılarında kısmi korozyon başlangıcının olduğu raporlanmıştır.
- Önceki bölümlerde yapılan sismik risk analizleri neticesinde en büyük yer ivmesinin 0.3 g olacağı belirlenmiş olup bu ivme seviyesi eski deprem yönetmeliğimizde yapılan sınıflamaya göre ikinci derece deprem bölgesine girmektedir. Ancak, önceki bölümlerde **mikrotremör yardımıyla yapılan titreşim analizleri** neticesinde yapı-zemin titreşim frekanslarının çok yakın olduğu ve standart sapmalarla birlikte kısmen örtüştüğü tespit edilmiştir. Dolayısıyla, bu titreşim analizine göre Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde

tanımlanan tasarım spektrumlarında T_A -T_B periyot değerleri arasında görece yüksek spektral ivmelere maruz kalabilme olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak, incelemeye konu olan blokların beklenen deprem performansı, tasarım yaklaşımının yanı sıra gözlemsel ve hasarsız tespitlerle belirlenen mevcut durumu birlikte dikkate alındığında olumlu olarak değerlendirilmiş olmakla birlikte Kontrollü hasar performans seviyesini sağlayıp sağlamadığının ancak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)'e göre gerçekleştirilecek bir deprem performans analizi ile belirlenebileceği ve bu analiz sonucunda nihai önerilerde bulunulabileceği görüş ve kanaatine varılmıştır.

Prof. Dr. Savaş ERDEM

Bölüm Sorumlusu

8. KAYNAKLAR

Abrahamson, N.A., "*Non-Stationary Spectral Matching Program RSPMATCH*," PG&E Internal Rep., San Francisco, February, 1998.

Al Atik, L., Abrahamson, N., An improved method for nonstationary spectral matching. Earthquake spectra, 26(3), 601-617, 2010.

Allidred, J., Chua, J., Chamberlain, D., Determination of reinforcing bar diameter and cover by analysing traverse profiles from a cover meter. In Proceedings of the International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering, Berlin, Germany, 26–28 September 1995; pp. 721–728, 1995.

Al-Qadi, I. L., Lahouar, S., Measuring layer thicknesses with GPR–Theory to practice. Construction and building materials, 19(10), 763-772, 2005.

Altınok, Y., Ersoy, Ş., "*Tsunamis Observed on and Near the Turkish Coast*", Natural Hazards, 21, 185-205, 2000.

Ambraseys, N.N. and Finkel, C.F., "*Long-Term Seismicity of Istanbul and of The Marmara Sea Region*," Terra Nova, 3, pp.527-539, 1991.

Ambraseys, N.N. and Jackson, J.A., "*Seismicity of the Sea of Marmara (Turkey) since 1500*", *Geophys. J. Int.*, 141, F1–F6, 2000.

Ambraseys, N., "*The seismic activity of the Marmara Sea Region over the last 2000 years*", *Bull. Seis. Soc. Am.* 92(1), 1-18, 2002.

Ambraseys, N.N., "*Seismic Sea-Waves In The Marmara Sea Region During The Last 20 Centuries*," Journal of Seismology, **6**:4, pp.571-578, 2002.

Armijo, R., Meyer, B., Navarro, S., King, G., and Barka, A., "*Asymmetric Slip Partitioning In The Sea of Marmara Pull-Apart: A Clue To Propagation Processes of The North Anatolian* Terra Nova, 14, pp.80-86, 2002.

Armijo, R., Pondard, N., Meyer, B., Ucarkus, G., Lepinay, B.M., Dominguez, S., Gustcher, M.A., Schmidt, S., Beck, C., Cagatay, N., Cakir, Z., Imren, C., Eris, K., Natalin, B., Ozalay, B., Tolun, L., Lefevre, I., Seeber, L., Gasperini, L., Rangin, C., Emre, O., Sarikavak, K., "*Submarine Fault Scarps In The Sea of Marmara Pull-Apart (North Anatolian Fault):*

Implications For Seismic Hazard In Istanbul," Geochem., Geophys., Geosyst, 6, Q06009, doi:, 2005.

Atakan, K., Ojeda, A., Meghraoui, M., Barka, A.A., Erdik, M., and Bodare, A., "*Seismic Hazard in Istanbul Following the 17 August 1999 Izmit and 12 November 1999 Duzce Earthquakes*," Bull. Seismol. Soc. Am., 92:1, pp.466-482, 2002.

Aydın F., Beton Kalitesinin Tahribatlı-Tahribatsız Testlerle Belirlenmesi ve Karşılaştırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96, Sakarya, 2005.

Barka, A., "*Slip Distribution along the North Anatolian Fault Associated with the Large Earthquakes of the Period 1939 to 1967*," Bulletin of Seismilogical Society of America, 86:5, pp 1238-1254, 1996.

Barka, A.A., "*Neotectonics of the Marmara region in active tectonics of Northwest Anatolia. In: Schindler, C., Pfister, M. (Eds.), The Marmara Poly-project*", Hochschul-verlag AG an der ETH, Zurich, pp. 55–87, 1997.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi, www.koeri.boun.edu.tr, 2015.

Chen, W., Shen, P., Shui, Z., Determination of water content in fresh concrete mix based on relative dielectric constant measurement. Constr. Build. Mater., 34, 306–312, 2012.

Cornell, C.A., "*Engineering seismic risk analysis*," Bulletin of the Seismological Society of America, 58:5, pp 1583–1606, 1968.

Daniels, J. J., Ground penetrating radar fundamentals. Prepared as an appendix to a Report to the US EPA, Region V, 1-21, 2000.

Demircioğlu, M.B., "*Earthquake Hazard and Risk Assessment for Turkey",* PhD Thesis, Department of Earthquake Engineering, Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, 2010.

Ekström, G., and Dziewonski, A., "*Evidence of bias in estimation of earthquake size*", *Nature* 332, 319–323, 1988.

Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F., Active fault map of Turkey with explanatory text. General directorate of mineral research and exploration special publication series, 30, 2013.

Erdik, M., Demircioglu, M., Sesetyan, K., Durukal, E. and Siyahi, B., "*Assessment of Probabilistic Earthquake Hazard In The Marmara Region*," Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, pp.605-631, 2004.

Ergintav, S., Reilinger, R.E., Çakmak, R., Floyd, M., Cakir, Z., Doğan, U., King, R.W., McClusky, S. and Özener, H., Istanbul's earthquake hot spots: Geodetic constraints on strain accumulation along faults in the Marmara seismic gap, Geophysical Research Letter, 41, 5783-5788, 10.1002/2014GL060985, 2014.

Fahjan, Y., "*Selection and Scaling of Real Earthquake Accelerograms to Fit the Turkish Design Spectra*," Teknik Dergi, 19:3, pp.4423-4444, 2008.

Zhou, F., Chen, Z., Liu, H., Cui, J., Spencer, B. F., Fang, G., Simultaneous estimation of rebar diameter and cover thickness by a GPR-EMI dual sensor. Sensors, 18(9), 2969, 2018.

Gaydecki, P.A., Burdekin, F.M., An inductive scanning system for two-dimensional imaging of reinforcing components in concrete structures. Meas. Sci. Technol., 5, 1272–1280, 1994.

Gaydecki, P., Silva, I., Fernandes, B.T., Yu, Z.Z., A portable inductive scanning system for imaging steel-reinforcing bars embedded within concrete. Sens. Actuators A Phys., 84, 25–32, 2000.

Görgün, E., "*Analysis of the 17 August 1999 M_w 7.4 Izmit earthquake aftershocks and monitoring of the Ganos segment of the North Anatolian Fault Zone, NW Turkey*", PhD Thesis, Department of Geophysics, Potsdam University, Germany, 2009.

Görgün, E., Zang, A., Bohnhoff, M., Milkereit, C., Dresen, G., Analysis of Izmit aftershocks 25 days before the November 12th 1999 Düzce earthquake, Turkey. Tectonophysics 474, 507-515, 2009.

Gu, P., Beaudoin, J.J., Dielectric behaviour of hardened cementitious materials. Adv. Cem. Res., 9, 1–8, 1997.

Gurbuz, C., et al., "*The seismotectonics of the Marmara region (Turkey): Results from a microseismic experiment*", *Tectonophysics*, 316, 1–17, 2000.

IBC, "International Building Code," International Code Council, USA, 2006.

JICA-İBB, "*The Study on A Disaster Prevention / Mitigation Basic Plan in Istanbul Including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey*," Main Report, 2004.

Hong, S., Lai, W.L., Helmerich, R., Experimental monitoring of chloride-induced reinforcement corrosion and chloride contamination in concrete with ground-penetrating radar. Struct. Infrastruct. Eng., 11, 15–26., 2015.

Hong, S., Wiggenhauser, H., Helmerich, R., Dong, B., Dong, P., Xing, F., Long-term monitoring of reinforcement corrosion in concrete using ground penetrating radar. Corros. Sci., 114, 123–132, 2017.

Kalkan, E., Gülkan, P., Yilmaz, N., and Çelebi, M., "*Reassessment of Probabilistic Seismic Hazard in the Marmara Region*," Bulletin of the Seismological Society of America, **99**:4, pp.2127-2146, 2009.

Kalogeropoulos, A., van der Kruk, J., Hugenschmidt, J., Busch, S., Merz, K. Chlorides moisture assessment in concrete by GPR full waveform inversion. Near Surf. Geophys., 9, 277–285, 2011.

Khan Shibli RM., Effectiveness of Nondestructive Test Technique to Assess the quality of Concrete. Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor, 2001.

Le Pichon, X., Sengor, A.M.C., Demirbag, E., Rangin, C., Imren, R., Armijo, R., Görür, N., Cagatay, N., Lepinay, B.M., MEyer, B., Saatcilar, R., and Tok, B., "*The Active Main Marmara Fault*," Earth and Planetary Science Letters, 192:4, pp.595-616, 2001.

Le Pichon, X., Chamot-Rooke, N., Rangin, C., and Sengor, A.M.C., "*The North Anatolian Fault In The Sea of Marmara*," J. Geophys. Res., 108, B4, 2179, doi:101029/2002JB0011862, 2003.

Lilhanand, K. And Tseng, "*Generation of systhetic time histories compatible with multiple design spectra*," Transactions of the 9th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Lausanne, K1, 105-110, 1987.

McCann, D.M., Forde, M.C., Review of NDT methods in the assessment of concrete and masonry structures. NDT E Int. 2001, 34, 71–84, 2001.

Öziçer ve Uyanık, "Beton Dayanımının Yerinde P Dalga Hızından Belirlenmesi Ve İzmir Örneği", Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, c. 9, sayı. 1, ss. 1-16, Mar. 2017.

Parsons, T., Toda, S., Stein, S.R., Barka, A., Dieterich J.H., "*Heightened Odds of Large Earthquakes Near Istanbul: An Interaction-Based Probability Calculation*", Science, Vol. 288, 661-665, 2000.

Parsons, T., "*Recalculated Probability of M>7 Earthquake Beneath The Sea of Marmara, Turkey*," J. Geophys. Res., 109, B05304, doi:10.1029/2003JB002667, 2004.

PEER, *NGA database*, http://peer.berkeley.edu/nga/index.html, 2006.

Pınar, A., Kuge, K. and Honkura, Y., "*Moment tensor inversion of recent small to moderate sized earthquakes: implications for seismic hazard and active tectonics beneath the Sea of Marmara*", *Geophys. J. Int.*, 153**,** 133–145, 2003.

Qasrawi Hisham Y., Concrete Strength by Combined Nondestructive Methods, Simply and Reliably Predicted. Cement and Concrete Research, 3, 739-746, 2000.

Reasenberg, P., Second-order moment of central California seismicity, 1969-82, J. Geophys. Res., 90, 5479– 5495, 1985.

Rens, K.L., Wipf, T.J., Klaiber, F.W., Review of Nondestructive Evaluation Techniques of Civil Infrastructure. J. Perform. Constr. Facil., 11, 152–160, 1997.

Şaroğlu, F., Emre, O., Kuscu, I. "*Active Fault Map of Turkey*", Mineral Research and Exploration Institute (MTA) of Turkey Publications, Ankara, 1992.

TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, Mart 2018.

Utsi, V., Utsi, E., Measurement of reinforcement bar depths and diameters in concrete. In Proceedings of the Tenth International Conference on Grounds Penetrating Radar, Delft, The Netherlands, 21–24 June 2004; pp. 659–662, 2004.

Uyanık O., Sismik Hızlardan Beton Dayanımının Belirlenmesi. Jeofizik Bülteni, 23(70), 25-30, 2012.

Uyanık O., Klasik ve Jeofizik Yöntemlerle Yapı İncelemeleri (Yapı Jeofiziği). TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, JFMO Eğitim Yayınları No:19. ISBN:978-605-01-0643-5. s:80, 2014.

Wiemer, S., A software package to analyze seismicity: ZMAP. Seismol. Res. Lett. 72(2), 374-383, 2001.

Wiwatrojanagul, P., Sahamitmongkol, R., Tangtermsirikul, S., Khamsemanan, N., A new method to determine locations of rebars and estimate cover thickness of RC structures using GPR data. Constr. Build. Mater., 140, 257–273, 2017.

Zanzi, L., Arosio, D., Sensitivity and accuracy in rebar diameter measurements from dual-polarized GPR data.Constr. Build. Mater., 48, 1293–1301, 2013.

Proje Ekibi

Prof. Dr. Ethem GÖRGÜN

Prof. Dr. Eşref YALÇINKAYA

Prof. Dr. Z. Mümtaz HİSARLI

Prof. Dr. Savaş ERDEM

Doç. Dr. Hakan ALP