



**T. C.
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPILARIN HASARSIZ İNCELENMESİNDE YER RADARI (GPR)
YÖNTEMİ VE CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK
FAKÜLTESİ B BİNASINDA UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Erkan TAŞTAN
(201492131181)**

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Funda BİLİM

**SİVAS
KASIM 2016**

ERKAN TAŞTAN'nın hazırladığı ve “**Yapıların Hasarsız İncelenmesinde Yer Radarı (GPR) Yöntemi Ve Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi B Binasında Uygulanması**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOFİZİK ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

:

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Funda BİLİM**
.....
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ**
Bitlis Eren Üniversitesi

Doç. Dr. Özcan BEKTAŞ
Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İdris ZORLUTUNA
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖZET

YAPILARIN HASARSIZ İNCELENMESİNDE YER RADARI (GPR) YÖNTEMİ VE CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ B BİNASINDA UYGULANMASI

Erkan TAŞTAN

Yüksek Lisans Tezi

Jeofizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Funda BİLİM

2016, 111+xv sayfa

Yüksek frekanslı Yer radarı (GPR) yöntemi binaların hasarsız incelenmesinde çok kullanışlı olduğunu ortaya koymaktadır. GPR hızlı, sessiz ve binada bir bozulmaya sebep olmadığı için özellikle tarihsel binaların incelenmesi için kullanışlı bir yöntemdir. Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi B Binasının ana taşıyıcı unsurlarından bazı perde duvarların Yer Radarı (GPR) yöntemi ile incelenmesini sunmaktadır. GPR ölçümünde 1600 MHz anten kullanılmıştır. Çalışmada, seçilen perde duvarlardaki yatay ve düşey donatıların kalınlıkları, konumları ve aşınma zonları belirlenmiştir. Ayrıca tez yüksek frekanslı GPR yönteminin binaların hasarsız incelenmesinde etkisini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler Yer Radarı Yöntemi (GPR); Perde Duvar; Donatı.

ABSTRACT

**NON-DESTRUCTIVE INVESTIGATION OF BUILDINGS USING GROUND
PENETRATING
RADAR (GPR) METHOD AND AN APPLICATION ON “B” BUILDING OF
ENGINEERING FACULTY OF CUMHURİYET UNIVERSITY
Erkan TAŞTAN**

Master of Science Thesis, Department of Geophysics

Supervisor: Prof. Dr. Funda BİLİM

2016, 129 pages

The high frequency Ground Penetrating Radar (GPR) method has proven to be very useful in non-destructive building investigations. GPR is particularly useful for historic buildings investigation because it is rapid, silent and does not harmful in occupied buildings. This thesis presents the investigation of some curtain walls that are main carrier systems of “B” Building of Engineering Faculty of Cumhuriyet University by Ground Penetrating Radar (GPR) method. The 1600 MHz antenna was used for the GPR survey. In this study, the horizontal and vertical rain reinforcements, their thickness, locations and corrosion zones were determined at the selected curtain walls. In addition, this thesis highlights the effectiveness of the high-frequency GPR at the non-destructive investigation of Buildings.

Keywords: Ground-Penetrating Radar (GPR) Method; Curtain walls; Reinforcement

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Funda BİLİM' e çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışması süresince bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren Cumhuriyet Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden Öğretim Görevlisi Sinan KOŞAROĞLU, Doç. Dr. Özcan BEKTAŞ' a ve Cumhuriyet Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden Öğretim Görevlisi Erkan Murat TONUS' a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Kapsam	1
1.2 Önceki Çalışmalar	2
2. YER RADARI.....	5
2.1 Yer Radarı Kuramı	5
2.2 Ekipman	11
2.3 Antenler.....	12
2.4 Uygulanan Veri-İşlem Aşamaları	14
2.4.1 İki boyutlu veri-işlem aşamaları	15
2.4.1.1 Static Correction, Move Start Time (Statik Düzeltme).....	15
2.4.1.2 Static Correction-Time Cut (Statik Düzeltme).....	16
2.4.1.3 Dewow (Düşük Frekanslı Olayların Giderilmesi)	16
2.4.1.4 Gain (Genlik Kazancı).....	17
2.4.1.5 Subtracting Average (Ortalama değer temizleme)	17
2.4.1.6 Bandpass Frequency	18
2.4.1.7 Migration(Migrasyon)	18
2.4.2 Üç boyutlu veri-işlem aşamaları	19
3. MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ B BİNASI'NDA YAPILAN YER RADARI (GPR) ÖLÇÜMÜ	20
3.1 Yer Radarı (GPR) Ölçümleri	24
3.1.1 P1 Alanı.....	24
3.1.2 P2 Alanı.....	24
3.1.3 P3 Alanı.....	25
3.1.4 P4 Alanı.....	25
3.1.5 P5 Alanı.....	26
3.1.6 P6 Alanı.....	26
3.1.7 P7 Alanı.....	27
3.1.8 P8 Alanı.....	27
4. BULGULAR	28
4.1 Yer Radarı (GPR) Verilerinin Değerlendirilmesi	28
4.1.1 P1 Alanı.....	30
4.1.2 P2 Alanı.....	30
4.1.3 P3 Alanı.....	31
4.1.4 P4 Alanı.....	32
4.1.5 P5 Alanı.....	32
4.1.6 P6 Alanı.....	33

4.1.7 P7 Alanı.....	33
4.1.8 P8 Alanı.....	34
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	35
KAYNAKLAR	39
EKLER	42
YER RADARI (GPR) ÇALIŞMASININ DETAYLARI	42
EK-1 P1 ALANI	43
EK-2 P2 ALANI	55
EK-3 P3 ALANI	66
EK-4 P4 ALANI	74
EK-5 P5 ALANI	82
EK-6 P6 ALANI	94
EK-7 P7 ALANI	104
EK-8 P8 ALANI	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Elektromanyetik dalga yayılımı (Conyers, 2004)	5
Şekil 2.2	Yer radarı yönteminin genel çalışma sistemi	6
Şekil 2.3	Elektromanyetik dalga şematik gösterimi (Hugenschmidt, 2010)	7
Şekil 2.4	Tipik GPR Akış Şeması (Davis vd., 1989)	11
Şekil 2.5	Çalışma alanından elde edilen bir ham veri	14
Şekil 2.6	Yer radarı verisi akış şeması (Annan, 2001).	14
Şekil 2.7	Static Correction işlemi uygulanmış yer radarı kesiti	15
Şekil 2.8	Static Correction işlemi uygulanmış yer radarı kesiti	16
Şekil 2.9	Dewow işlemi uygulanmış yer radarı kesiti	16
Şekil 2.10	Gain işlemi uygulanmış yer radarı kesiti.....	17
Şekil 2.11	Subtracting işlemi uygulanmış yer radarı kesiti	17
Şekil 2.12	Bandpass frequency işlemi uygulanmış yer radarı kesiti	18
Şekil 2.13	Migration işlemi uygulanmış yer radarı kesiti.....	18
Şekil 2.14	Üç Boyutlu veri örneği	19
Şekil 3.1	Sivas ilinin yer bulduğu harita; a) Google Earth uydu görüntüsü (Ekim – 2015) b) Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi B Binasının kuşbakışı görünümü.	20
Şekil 3.2	Mühendislik Fakültesi B binası Genel Yerleşim Planı	21
Şekil 3.3	Ölçüm alınan kat merdivenlerinin görünümü	22
Şekil 3.4	GPR sisteminin üç ana bileşeninin gösterimi; a) Verici ve alıcı anten (1600 MHz) b) Antenden gelen verileri sayısallaştıran kontrol ünitesi c) Ölçüm sırasında ham verinin görünümü.....	22
Şekil 3.5	Mühendislik Fakültesi B binası Perde duvar üzerinde ölçü alımı gösterimi	23
Şekil 3.6	Alan P1 ile gösterilen ölçüm yerleri.....	24
Şekil 3.7	Alan P2 ile gösterilen ölçüm yerleri.....	24
Şekil 3.8	Alan P3 ile gösterilen ölçüm yerleri.....	25
Şekil 3.9	Alan P4 ile gösterilen ölçüm yerleri.....	25
Şekil 3.10	Alan P5 ile gösterilen ölçüm yerleri.....	26
Şekil 3.11	P6 ile gösterilen ölçüm yerleri.....	26
Şekil 3.12	P7 ile gösterilen ölçüm yerleri.....	27
Şekil 3.13	P8 ile gösterilen ölçüm yerleri.....	27
Şekil 4.1	Alan P8-2'ün iki boyutlu gösterimi.....	28

Şekil 4.2	Alan P8-2'ün üç boyutlu gösterimi	29
Şekil 5.1	Alan P8 (P8-2) ölçüm alanında belirlenen donatıların gösterimi.	37
Şekil 5.2	Alan P5 (P5-2) ölçüm alanında belirlenen donatıların gösterimi.	38



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Farklı dielektrik geçirgenliklere sahip ortamlarda seçilen anten rekanslarına göre radar dalga boylarının değişimi (Conyers ve Goodman, 1997).....	13
Çizelge 3.1	Donatıların incelenmesinde kullanılan anten parametreleri	23
Çizelge 4.1	P1 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları	30
Çizelge 4.2	P2 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları	31
Çizelge 4.3	P3 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları	31
Çizelge 4.4	P4 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları	32
Çizelge 4.5	P5 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları	32
Çizelge 4.6	P6 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları	33
Çizelge 4.7	P7 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları	33
Çizelge 4.8	P8 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları	34
Çizelge 5.1	Deformasyona uğramış alanların donatı çapları ve radar genlik değerleri.	36

SİMGELER DİZİNİ

C	Dalga fazının hızı
E_d	Elastisite modülü, kg/cm^2
f	Frekans,hz
h	Tabaka kalınlığı,m
K	Dalga sayısı
K	Yataklanma katsayısı, kg/cm^2
T	Periyot,sn
ω	Açısal frekans,hz
E	Elektrik alan şiddet vektörü,V/m
q	Elektrik alan yükü yoğunluğ, c/m^3
B	Manyetik akı yoğunluğu,T
J	Elektrik akım yoğunluğu vektörü, A/m^2
D	Elektrik yer değiştirme vektörü, C/m^2
H	Manyetik alan yoğunluğu,A/m
p	Tabaka yoğunluğu, g/cm^3
v	Poisson oranı
σ	Elektriksel iletkenlik (simens/m)
μ	Bağıl Manyetik geçirgenlik
ns	Nanosaniye

1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Ülkemizde sıkça inşa edilen betonarme yapılarda; donatı imalatındaki kusurlar, beton bakımlarının yeterince yapılmaması gibi sorunlar görülmektedir. Bu sorunlara ek olarak ülkemizdeki deprem bölgelerinin çokluğu nedeniyle betonarme yapılarda deprem yükleri altında dayanımını artıran deprem perdeleri can ve mal kaybının önüne geçmek adına büyük önem arz etmektedir (Alıcıoğlu, 2013).

Betonarme yapılarda kullanılan yapı radarı donatıların sayılarını, yerlerini, bağlantılarını, sürekliliklerini, aralıkları ve çaplarını bulmak, sıva payını belirlemek için kullanılır (Ercan, 2003).

Jeofizik araştırmalarında GPR yöntemle, tahribatsız tekniklere dayalı yüzeysel ölçümler yapılarak ortamın fiziksel özellikleri belirlenmektedir. Bu ölçülebilir özelliklerinin değerlendirilmesi, çalışılan ortamın özellikleri hakkında bize dolaylı bilgi sağlamaktadır. Yer radarı, yeraltı özelliklerin kesit görüntüleri elde etmek için radar dalga yayılım özeliğine dayalı yakın menzilli uzaktan algılamalı bir jeofizik yöntemidir (Perez-Gracia,2009).

GPR, yer altı görüntülemeye kullanılan tahribatsız bir yöntemdir. Kablolar, borular, kanalizasyon, suyolları, zemin, demir çerçeve, vb. nesneleri algılayabilmektedir. Jeolojik ve jeoteknik bu farklı katmanların kalınlığı belirlenebilir. Uygun bir şekilde kullanıldığında, zaman tasarrufu ve inşaat işleri sırasında güvenliği arttırmaktadır. Bu yöntemle çalışılan yapıya elektromanyetik dalgalar gönderilir ve iki malzeme arasındaki dielektrik özelliklerin farklılıklarının neden olduğu elektrik sinyalleri kaydedilir. Gidiş dönüş süresi ve sinyal genliği dikkate alınmaktadır. Yüzeyde hareket ederken bir görüntü oluşmaktadır ve bu derinlik aralığı ve çözünürlük çeşitli faktörlere bağlıdır (Neal, 2004).

Bu çalışmada, 1974 yılında inşa edilen Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi B Binasının taşıyıcı elemanlarından seçilen perde duvarlardaki donatıların belirlenmesiyle ilk kez yer radarı yöntemi kullanılmış ve sonuçlar sunulmuştur.

1.2 Önceki Çalışmalar

El Said (1956), Radyo dalgası sinyalleri ile yer altı özelliklerini ölçerek ilk rapor denemesi yapmıştır. Su tablasını ve su tablasının derinliğini görüntülemek için, doğrudan hava ile iletilen sinyalleri ve bu sinyallerin arasındaki parazitleri kullanmayı denemiştir.

Cook (1973), Radyo dalgası ile buz sondaj aktivitesine devam etmiştir. Buna ek olarak uygulanan başka avantajlar ise jeolojik malzemeler araştırılmaya başlanmıştır. Kömür madenlerinde kullanımını araştırmıştır. Çünkü kömür bazı durumlarda bir düşük kayıplı dielektrik malzeme olabilmektedir.

Olhoeft (1975), Bu dönemde pek çok gelişmeler yaşanmıştır. Radyo frekanslarıyla jeolojik malzemelerin elektriksel özelliklerinin daha iyi anlaşılmasından dolayı radar kullanılabilir olmaya başlamıştır. Doğal olarak oluşan jeolojik malzemelerin elektriksel karakteri, elektriksel iletkenliği ve bu malzemelerin dielektrik polarizasyon arasındaki ilişkinin çok daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır.

Abraham vd. (2003), Fransa ve İtalya arasındaki Mont-Blanc Tüneli'nin duvarlarında yapılan çalışmada, karot numuneleri alarak detaylı bir çalışma yapmışlardır. Yalnız karot işlemlerinde sadece tek bir noktada hasarlı bölge tanımlandığı için tanı yüzey ile sınırlı kalmıştır. Sismik kırılma yöntemi ve Yer Radarı (GPR) yöntemi ile hasarlı bölgenin derinliği yanı sıra özel malzeme özellikleri geniş bir görünümle yapmışlardır. Tahribatsız yöntemlerle Mont-Blanc Tüneli'nin hasar durumu üç bölgede tespit etmişlerdir. GPR radagramlar sonuçlarında çok sayıda kat tespit etmişleridir. Sismik sonuçlar ise, mekanik özelliklere zıt katmanların varlığını karakterize etmiştir.

Ranalli vd. (2004), İtalya'da bulunan Collemaggio L'aquila ortaçağ kilisesinin cephe restorasyonu hazırlık aşamasında yer radarı (GPR) yöntemi uygulamışlardır. GPR araştırmaları, cephe koruma durumunu değerlendirmede, duvarların kalınlığını belirlemede duvardaki bozulmalarda ve korniş desteklerinin yerlerinin tespitinde çok yararlı sonuçlar ortaya koymuştur. GPR kültürel ve tarihsel değeri yüksek antik yapıları araştırmada ideal bir tahribatsız yöntem olarak gösterilmiştir.

Laurens vd. (2005), LMDC Fransa’da RC yapılarının NDT sonuçlarının yorumlanması ve değerlendirilmesinde, yer radarı (GPR) teknolojisi ile betonun fiziksel karakterizasyonunun araştırma, raporlama beton laboratuvar levhalar aracılığıyla yayılan radar dalgalarının beton nemi üzerinde etkisi konusunda detaylı sonuçlar almışlardır. Radar ölçümlerini 1.5 GHz anten ile yapmışlardır. Doygunluk ve homojen nem dağılımı farklı derecelere sahip beton döşeme özellikleri gözlemlemişlerdir.

Dérobot vd. (2008), Fransa da yapılan bir araştırmada, Zemin ve kapak beton nem içeriği belirleme üzerine yer radarı (GPR) ve kapasitif yöntem olmak üzere iki tahribatsız yöntem kullanmışlardır. İki yöntemde başarılı olmuştur ve karşılaştırma yapmışlardır.

Catapano vd. (2012), Fransız Alplerinde bulunan Montagnole içerisinde bir test alanında, kriz olaylarını engellemek ve kentsel güvenliğin sağlanması için, yapıların sağlamlığı ve temel durumlarının araştırılması kapsamında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada tahribatlı yöntemlerden kaçınılarak yapıların iç durumları belirlemek amacıyla yer radarı GPR kullanılmıştır. GPR’ in veri işlem zorluklarını hafifletmek amacıyla mikrodalga tomografi (MT) yöntemi uygulamışlardır. Bu çerçevede beton kırımlerde demir donatıların hasar durumlarını incelemişlerdir.

Leucci vd. (2012), İtalya’nın Lecce kentinde bulunan tarihsel öneme sahip olan Anıtsal yapıların içindeki biyo bozulmalar nedeniyle oluşan anıtların cephelerindeki bozulmaları araştırmışlardır. Karmaşık bir geometriye ve büyük yapı malzemeleri olan bu yapıların iyileştirilmesinde yer radarı GPR yöntemi kullanmışlardır. Özellikle yapıda, GPR sinyallerinin zayıflaması mekansal varyasyon da, hasar ile ilişkili fiziksel parametreleri değerlendirmekte kullanmışlardır, incelenen malzemelerin elektriksel özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlamışlardır.

Pérez vd. (2013), Mallorca Katedrali yakınlarındaki yapıların davranışları geliştirmek için bir projede yer almışlardır. Çalışmada sismik tomografi ve GPR yöntemlerini kullanmışlardır. İç yapısal konfigürasyon ile birlikte taş kalitesini tanımlamışlardır.. Sonuçlar farklı yapısal unsurları gösteren sütunlar, duvarlar ve payandaları içyapısını ortaya koymuştur.

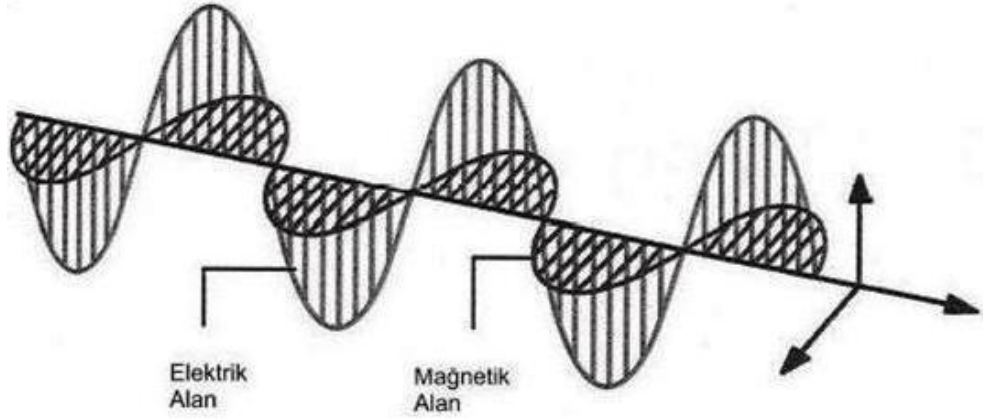
Yalciner vd. (2015), Osmanlı dönemine ait olan İstanbul Topkapı sarayında bulunan Hünkar ve Valide Sultan hamamlarında GPR-CX (ConcreteExploration Yer Radarı) ile tahribatsız inceleme yaparak bu hamamın sağlamlığını araştırmışlardır.



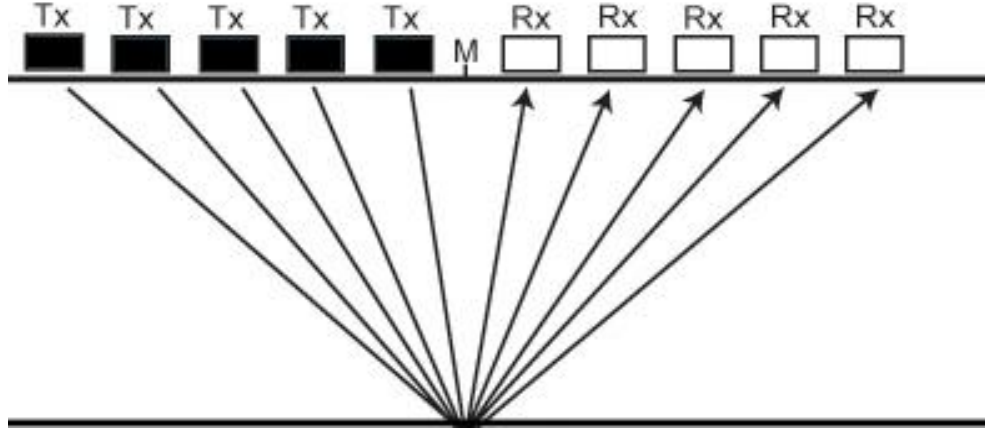
2. YER RADARI

2.1 Yer Radarı Kuramı

Yer Radarı (GPR); Araştırma yapılan yüzeyin sığ derinliklerini yüksek çözünürlükte görüntülemeyi sağlayan elektromanyetik yöntemidir. Değişken zamanlı elektromanyetik alanlar, elektrik ve manyetik alanların bileşeninden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Yöntemin temeli, yer içine gönderilen yüksek frekanslı elektromanyetik dalganın boru, duvar veya kırık, tabaka vb. hedef yapılara çarparak yansıma ve/veya saçılmaya uğrayarak tekrar yüzeye çıkması ve yüzeydeki alıcı tarafından kaydedilmesi esasına dayanır (Şekil 2.2). Bu iki alan, yeraltında bulunan farklı dielektrik özelliklere (σ ; iletkenlik, μ ; manyetik geçirgenlik) sahip malzemelerin etkisi ile değişmekte ve yer altındaki yapıların elektriksel özelliklerinin değişiminin gözlenmesine izin vermektedir. (Daniels,1996; Annan, 2003). Kaydedilen sinyaller kontrol biriminde biriktirilmekte ve çift yol seyahat zamanı nanosaniye cinsinden kaydedilmektedir.



Şekil 2.1 Elektromanyetik dalga yayılımı (Conyers, 2004).



Şekil 2.2 Yer radarı yönteminin genel çalışma sistemi.

GPR yönteminin temelini oluşturan elektromanyetik dalgalar Maxwell denklemleriyle tanımlanır. 1865’de James Clerk Maxwell tarafından ortaya konulan Maxwell denklemler, uzayın herhangi bir anındaki elektrik ve manyetik alan değerlerini birbirine bağlar (Maxwell, 1865; Gerthsen vd. 1982).

Diferansiyel

İntegral

$$\text{curl } \mathbf{H} = \mathbf{J} + \dot{\mathbf{D}} \quad \oint_{\delta A} \mathbf{H} d\mathbf{s} = I + \int_A \dot{\mathbf{D}} d\mathbf{A} \quad [2.1]$$

$$\text{curl } \mathbf{E} = -\dot{\mathbf{B}} \quad \oint_{\delta A} \mathbf{E} d\mathbf{s} = -\int_A \dot{\mathbf{B}} d\mathbf{A} \quad [2.2]$$

$$\text{div } \mathbf{D} = \rho \quad \oint_{\delta V} \mathbf{D} d\mathbf{A} = Q \quad [2.3]$$

$$\text{div } \mathbf{B} = 0 \quad \oint_{\delta V} \mathbf{B} d\mathbf{A} = 0 \quad [2.4]$$

burada; V: hacim, A: alan, D: deplasman akımı, I: elektrik akımı, J: elektrik akımı yoğunluğu, Q: elektrik yükü, ρ : yük yoğunluğu, H: manyetik alan, E: elektrik alanı ve “.”= zamansal türevlerdir. B ve D sırasıyla H ve E ile orantılıdır.

$$\mathbf{D} = \epsilon \epsilon_0 \mathbf{E} \quad [2.5]$$

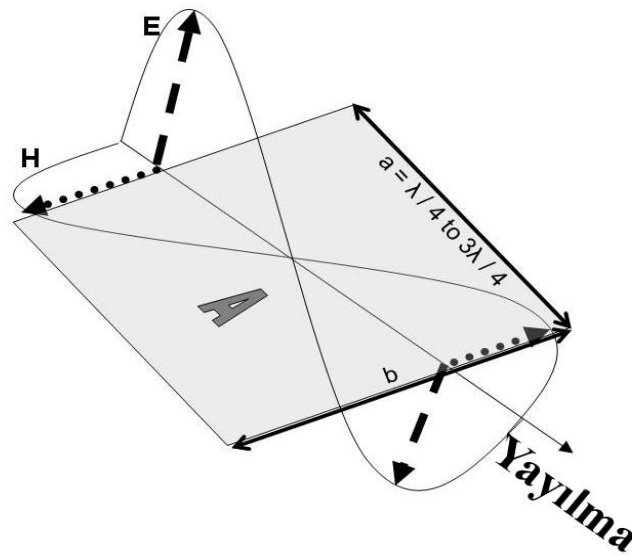
$$B = \mu\mu_0 H.$$

[2.6]

Burada; ϵ = elektrik geçirgenliği (permittivity); ϵ_0 = boş uzayın elektrik geçirgenliği; μ = manyetik geçirgenlik; μ_0 = boş uzayın manyetik geçirgenliğini göstermektedir.

Denklem [2.1] Amper Yasası'nın genelleştirilmiş ifadesidir. Bir elektrik akımı ve/veya zamanla değişen bir elektrik alan bir manyetik alan oluşturur. Buna göre manyetik alanın oluşması için ya elektrik alanının zamana bağlı olarak değişmesi ya da bir akımın varlığı gereklidir. Denklem [2.2], Faraday Yasası olarak bilinir. Buna göre manyetik alanın zamana bağlı değişimi bir elektrik alan oluşturur. Denklem [2.3], elektrik için Gauss Yasasıdır. Elektrik alanlar elektrik yükleri (GPR için, $\rho = 0$ olarak alınabilir) üzerinde başlayıp sonlanabilir. Denklem 2.[4], manyetizma için Gauss Yasasıdır. manyetik indüksiyon çizgileri sürekli ve alanların sonlanabileceği tek manyetik kutuplar yoktur (Crawford, 1968). Yani herhangi bir kapalı yüzey boyunca manyetik akı sıfırdır.

[2.3] ve [2.4] nolu Maxwell denklemlerinden elektromanyetik dalgaların enine dalgalar (transversal) olduğu yani B ve D' in dalga yayılma yönünde birbirine dik olduğu (ortogonal) sonucu çıkar (Şekil 2.3) (Crawford, 1968).



Şekil 2.3 Elektromanyetik dalga şematik gösterimi (Hugenschmidt, 2010).

Denklem [2.1]'in içine denklem [2.5] yazılırsa ve serbest uzayda $I=0$ alınırsa aşağıdaki denklem elde edilir:

$$\oint_{\delta A} \mathbf{H} d\mathbf{s} = \int_A \varepsilon \varepsilon_0 \dot{\mathbf{E}} d\mathbf{A}. \quad [2.7]$$

Yayılma yönü x , yayılma hızı v ve açısal frekans ω ile bir harmonik düzlem dalgasının aşağıdaki gibi olsun:

$$E = E_0 \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right), \quad [2.8]$$

$t = 2x/v$ olduğu varsayılırsa Denklem [2.7] aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\oint_{\delta A} \mathbf{H} d\mathbf{s} = \varepsilon \varepsilon_0 E_0 \omega \int_A \cos \left(\omega \frac{x}{v} \right) d\mathbf{A}. \quad [2.9]$$

a ve b kenarlı dikdörtgen biçimindeki A alanı ve a 'ya ($a, \lambda/4$ ' ten $3\lambda/4$ 'e uzanır) paralel λ dalga boyu için, denklem [9] aşağıdaki gibi yazılır:

$$\oint_{\delta A} \mathbf{H} d\mathbf{s} = b \varepsilon \varepsilon_0 E_0 \omega \int_{\lambda/4}^{3\lambda/4} \cos \left(\omega \frac{x}{v} \right) dx. \quad [2.10]$$

Denklem [10]'un integrali alınırsa aşağıdaki denklem elde edilir:

$$\left| \oint_{\delta A} \mathbf{H} d\mathbf{s} \right| = \left| b \varepsilon \varepsilon_0 E_0 2\omega \left(\frac{v}{\omega} \right) \right|. \quad [2.11]$$

Mutlak değer işareti sonraki adımlar için ihmal edilebilir. E ve H ‘in aynı fazda olduğu için denklem [2.11]’ in sol tarafı aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\oint_{\delta A} \mathbf{H} d\mathbf{s} = 2bH_0. \quad [2.12]$$

Denklem [2.11] ve [2.12] ‘in karşılaştırılmasıyla aşağıdaki eşitliği ulaşılır:

$$H_0 = \varepsilon\varepsilon_0 vE_0. \quad [2.13]$$

Denklem [2.2] ile başlayıp, benzer şekilde denklem [2.5-2.13] ile devam edildięinde,

$$E_0 = \mu\mu_0 H_0 v. \quad [2.14]$$

olduğu gösterilebilir. Denklem [2.14] de, denklem [2.13] içine yazılırsa,

$$V = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0 \mu\mu_0}}. \quad [2.15]$$

elde edilir. Bořluk içerisinde $\mu = \varepsilon = 1$ olduğundan, denklem [2.15] aşağıdaki gibi yazılır (Gerthsen vd. 1982):

$$V = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0 \mu\mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = \text{ışık hızı}, c. \quad [2.16]$$

GPR yönteminin uygulanabildiği malzemeler için, $\mu=1$ alınabilir. Ferromanyetik malzemelerde bu durum geçerli değildir ancak ferromanyetik malzemeler GPR yöntemi ile araştırılmaz. Bu durumda;

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}. \quad [2.17]$$

olur. Son denklem elektromanyetik dalga hızının göreceli elektrik geçirgenliğe (relative permittivity) bağlı olduğunu göstermektedir. Göreceli elektrik geçirgenlik dielektrik sabiti olarak da ifade edilmektedir. Uygulamada malzemelerin göreceli geçirgenliği 1 (hava) ve 84 (su) aralığında alınabilir. Bu durumda sinyal hızları $3 \cdot 10^8$ m/s (hava) ve $0,33 \cdot 10^8$ m/s (su) aralığında olur. GPR sinyalinin yüksek hızı yöntemin temel avantajıdır.

Bir elektromanyetik dalga bir ara yüze çarparsa, enerjinin bir kısmı diğer ortama geçer, bir kısmı ise yansıtılır. ε_1 ve ε_2 göreceli elektrik geçirgenlikli iki malzeme arasındaki ara yüzde yansıyan dalga,

$$Yansıyan Dalga = R \cdot Gelen Dalga \text{ (ara yüzeye dik)}$$

[2.18]

şeklinde tanımlanabilir. Burada yansıma katsayısı aşağıdaki gibidir (Hollender ve Tillard, 1998):

$$R = \frac{\sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}}. \quad [2.19]$$

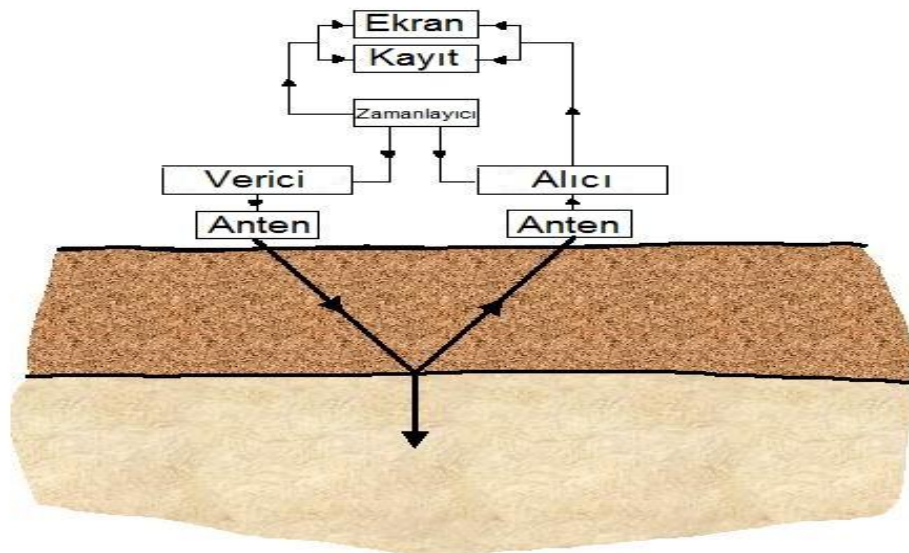
Açıkça görüldüğü gibi $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ (aynı elektriksel geçirgenliğe sahip malzemeler) olduğunda hiçbir yansıma olmaz ve $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ durumunda ise yansıma genişliği negatif (180 derece faz değişimi) hale gelir. Bir GPR sinyalinin bir malzeme tabakasından geçmesi, yansıması ve tabakadan geri dönmesi için gerekli zaman:

$$t = \frac{2 \cdot d}{v}, \quad [2.20]$$

GPR yönteminde yanal çözünürlük Fresnel zonu ile sınırlıdır. Bu alandaki tekil noktalar GPR ile ayırt edilemez. Fresnel zonunun yarıçapı, f frekans olmak üzere yaklaşık olarak aşağıdaki gibi tanımlanır:

Fresnel zonu büyüdükçe yanal çözünürlük azalır. Bu yüzden, yanal çözünürlük frekans ile artar, hedefin derinliği ile azalır.

Tipik bir GPR sistemi üç ana bileşenden oluşur. Verici ve doğrudan bir antene bağlı olan alıcı ve bir kontrol birimi içerir (Şekil 2.4).



11

2.3 Antenler

Yayılan ve kaydedilen GPR sinyalinin frekans içeriği ağırlıklı olarak anten ile tanımlanır. Genel bir kural olarak yüksek merkez anten frekansı ne kadar yüksekse çözünürlük o kadar iyidir ancak GPR sinyalinin etki derinliği ve olası araştırma derinliği o kadar düşüktür. Bu uygun anten seçimi GPR araştırmalarının başarısı için hayati önem taşır. Bugün çeşitli MHz (jeolojik uygulamalar için düşük çözünürlük ve yüksek etki derinliği) ve GHz (tahribatsız testler için yüksek çözünürlük ve düşük etki derinliği) aralıklarında merkez frekanslı antenler bulunmaktadır. Antenler monostatik (genellikle aynı kutuda sabit uzaklıkta alıcı ve verici) ya da bistatik (ayrı birimlerde alıcı ve verici) olabilir. Anten tipine ve özelliklerine bağlı olarak, antenler bir nesneye bağlanır ya da temassız modda kullanılır (Örn; boynuz antenler).

Derinliğe, radar enerjisi ile nüfuz edilebilir ve yeraltına iletim miktarı tanımlanması kısmen frekans ile kontrol edilebilir. Frekans, yayılan dalga, dalganın boyu ve toprakta zayıflayan enerjinin miktarını kontrol etmektedir.

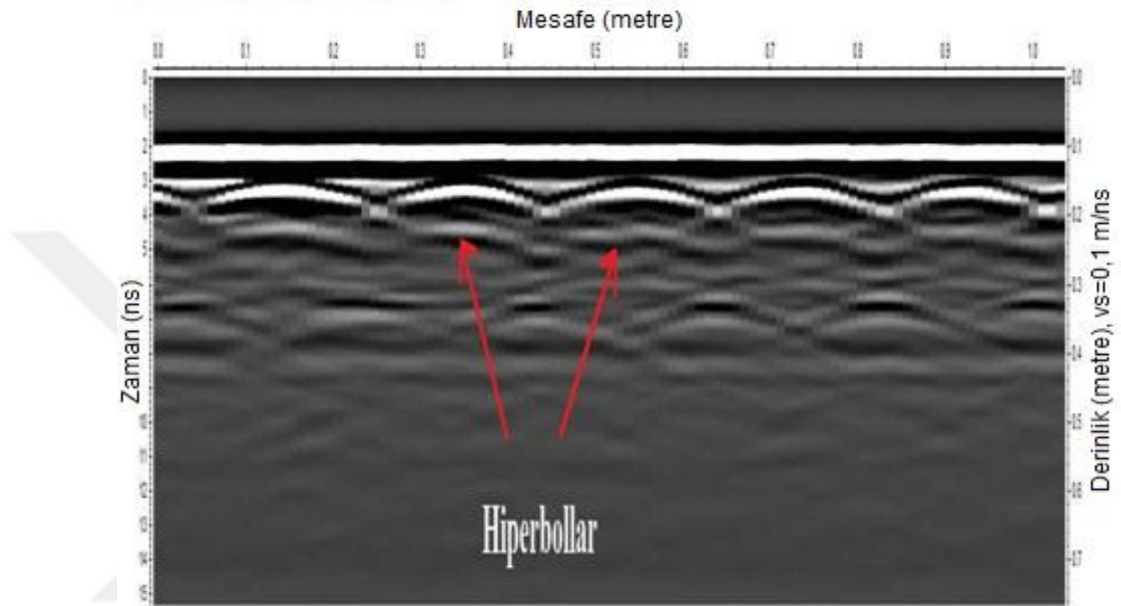
GPR araştırmalarında en önemli değişkenlerden biri istenen derinlik ve hedef özelliklerinin çözümü için doğru çalışma frekansına sahip bir anten seçimidir. GPR antenleri 10 (MHz) ile 1600 (MHz) merkez frekansı arasında değişmektedir. GPR araştırmalarında başarılı sonuç olmak için uygun frekansta anten seçimi yapılmalıdır ve önceden planlanmalıdır (Çizelge 2.1). Genel olarak daha derin araştırmalarda daha düşük frekanslı anten seçilmelidir. Düşük frekanslı (100 MHz' in altındaki) antenler büyük ve ağır olduğu için çalışma alanında taşınması zordur. Ya römork veya kızak üzerinde bir aracın arkasından çekilmeli ya da manuel olarak el ile çekilmelidir. Buna karşılık 900 (MHz) ve üzerindeki yüksek frekanslı antenler küçük olduğu için kolayca bir çanta içerisinde taşınabilir.

Çizelge 2.1 Farklı dielektrik geçirgenliklere sahip ortamlarda seçilen anten frekanslarına göre radar dalga boylarının değişimi (Conyers ve Goodman, 1997).

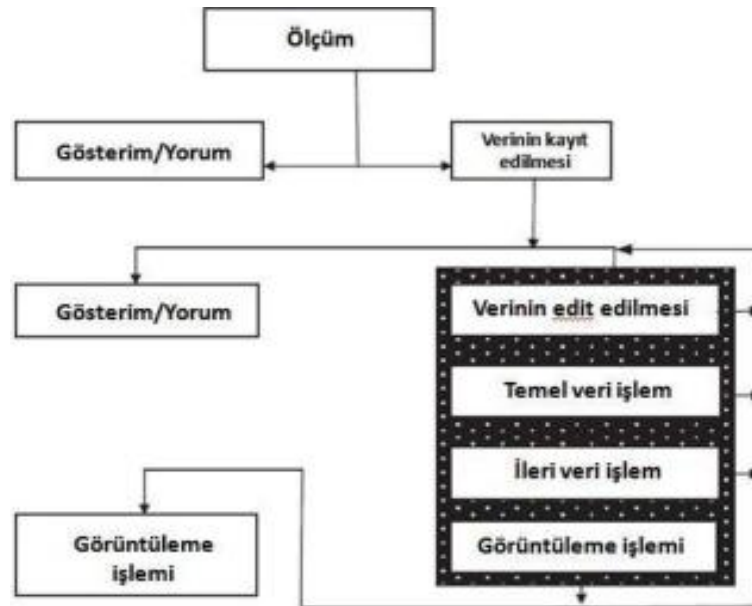
Anten Merkez Frekansı	Merkez frekansın dalga boyu			
	ϵ_r (Hava içinde)	ϵ_r (5)	ϵ_r (15)	ϵ_r (25)
(MHz)	(m)	(m)	(m)	(m)
1000	0,33	0,13	0,08	0,06
900	0,33	0,15	0,09	0,07
500	0,60	0,27	0,15	0,12
300	1,00	0,45	0,26	0,20
120	2,50	1,12	0,65	0,50
100	3,00	1,34	0,77	0,60
80	3,75	1,68	0,97	0,75
40	7,50	3,35	1,94	1,50
32	9,38	4,19	2,42	1,88

2.4 Uygulanan Veri-İşlem Aşamaları

Yer radarı yöntem gereği; ölçülen ham verilerinden araştırılan ortamın yapısal durumunu incelemek ve yorumlamak zordur (Şekil 2.6). Bundan dolayı, elde edilen bu verileri yorumlayabilmek için bazı veri işlem aşamalarının uygulanması gereklidir (Şekil 2.7).



Şekil 2.5 Çalışma alanından elde edilen bir ham veri.



Şekil 2.6 Yer radarı verisi akış şeması (Annan, 2001).

2.4.1 İki boyutlu veri-işlem aşamaları

Toplanan verileri düzenleme işlemi Reflex-Win6.0 programıyla yapılarak 2B görüntüler elde edilmiştir. Uygulanan veri işlem aşamaları sırasıyla;

Static Correction, Move Start Time (Statik Düzeltme)

Static Correction-Time Cut(Statik Düzeltme)

Dewow (Düşük Frekanslı Olayların Giderilmesi)

Gain (Genlik Kazancı)

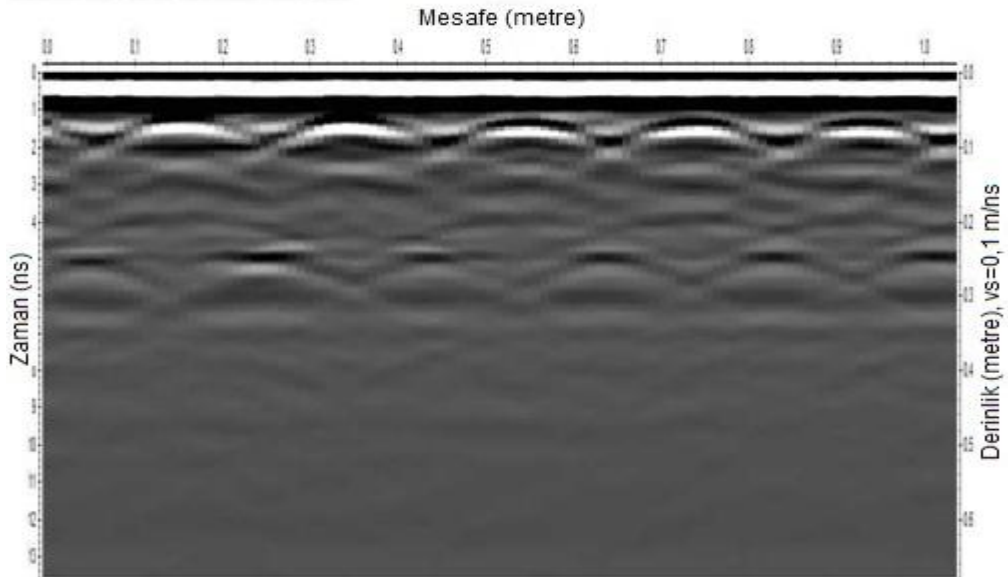
Subtracting Average (Ortalama değer temizleme)

Bandpass Frequency

Migration(Migrasyon)

2.4.1.1 Static Correction, Move Start Time (Statik Düzeltme)

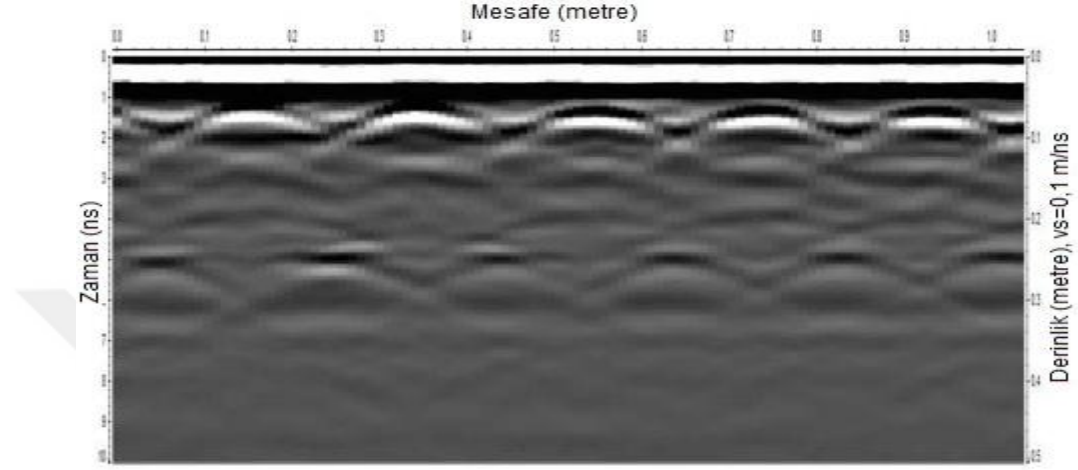
Bu filtre her iz için ayrı uygulanarak hava boşlukları en aza indirgenir ve diğer filtrelemeler için ön hazırlık yapılır (Şekil 2.8).



Şekil 2.7 Static Correction işlemi uygulanmış yer radarı kesiti.

2.4.1.2 Static Correction-Time Cut (Statik Düzeltme)

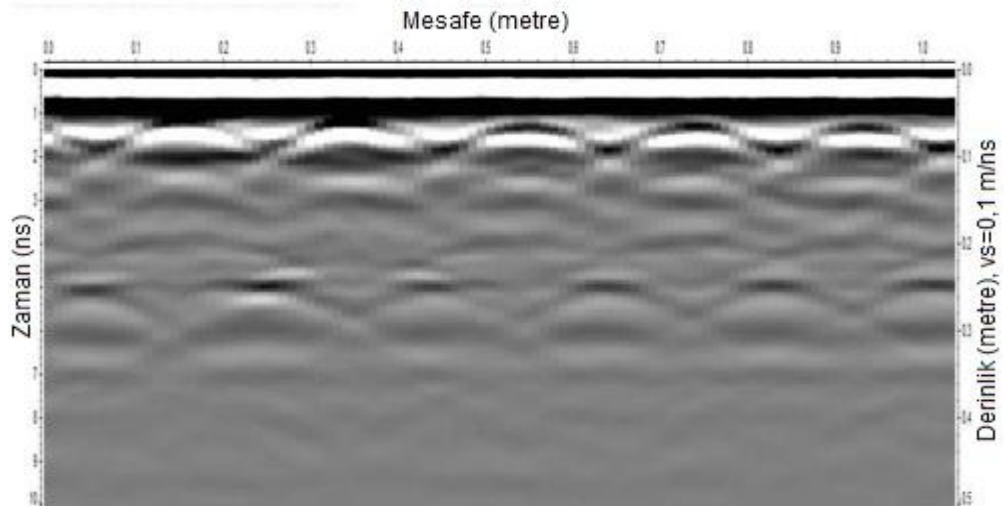
Bu filtre her iz için ayrı uygulanarak hava boşlukları en aza indirgenir ve diğer filtrelemeler için ön hazırlık yapılır, aynı zamanda veri istenilen zaman aralığında kesilebilir (Şekil 2.9).



Şekil 2.8 Static Correction işlemi uygulanmış yer radarı kesiti.

2.4.1.3 Dewow (Düşük Frekanslı Olayların Giderilmesi)

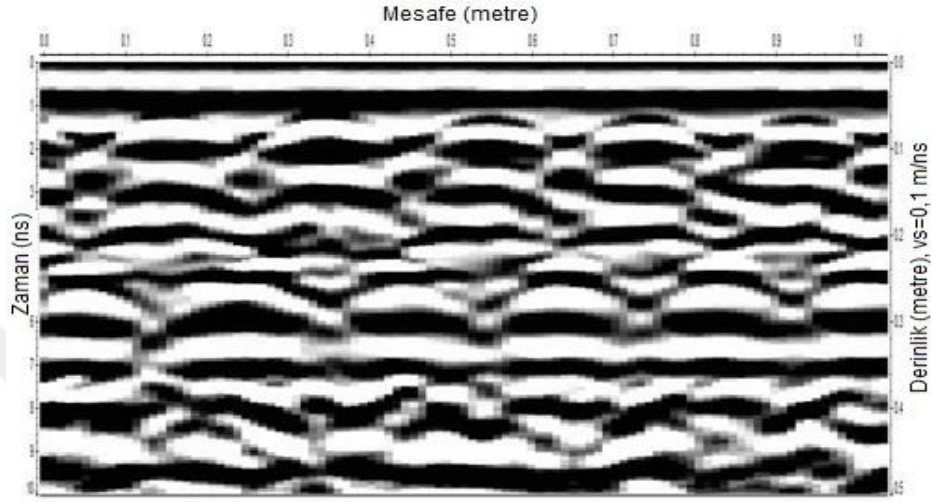
Verilerin çok düşük frekanslarında oluşan ve ilerleyen frekanslardaki genlikleri bastıran bileşenine “wow” etkisi denir. Bu etkinin giderilmesi işlemine “dewow” denir. Dewow veriyi ortalama-sıfır seviyesine indirgemedi önemli bir adımdır (Şekil 2.10).



Şekil 2.9 Dewow işlemi uygulanmış yer radarı kesiti.

2.4.1.4 Gain (Genlik Kazancı)

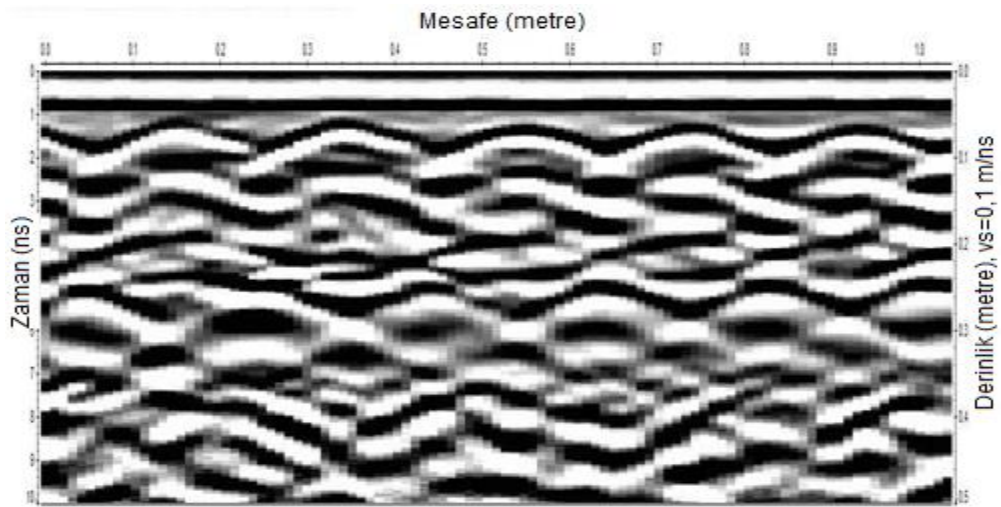
Yer radarı verilerine uygulanan bir diğer veri işlem adımı olan genlik kazancı; geometrik açılım ve sinyal soğrulmasının etkisine bağlı olarak sonraki varışların görünümünün kuvvetlendirilmesi işlemidir (Şekil 2.11).



Şekil 2.10 Gain işlemi uygulanmış yer radarı kesiti.

2.4.1.5 Subtracting Average (Ortalama değer temizleme)

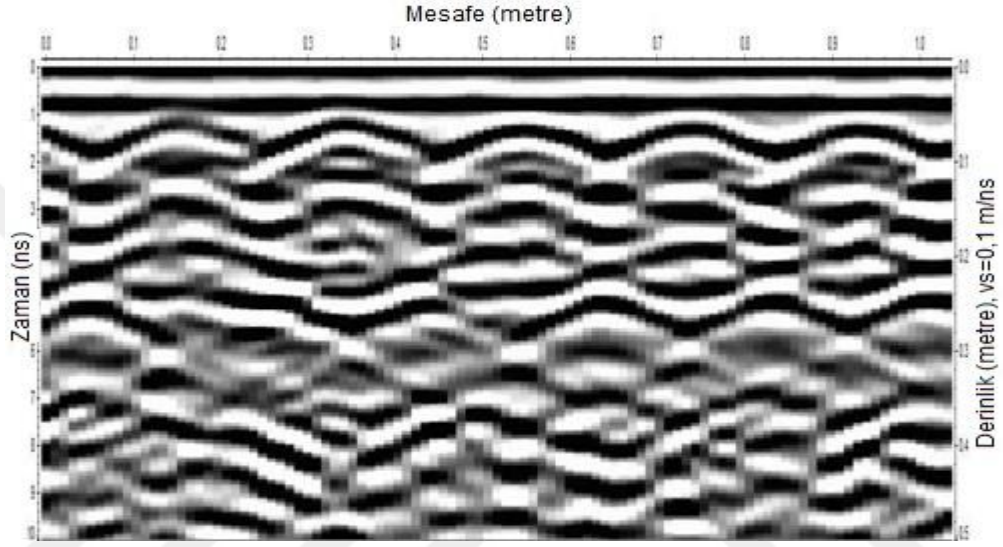
Bu filtre belirlenen izlere uygulanır. Filtre her seferinde seçilen belirli bir sayıda iz üzerinde işlenir. Aynı zamanda bu filtre kaydırmalı arka plan filtresi olarak ta adlandırılır (Şekil 2.12).



Şekil 2.11 Subtracting işlemi uygulanmış yer radarı kesiti.

2.4.1.6 Bandpass Frequency

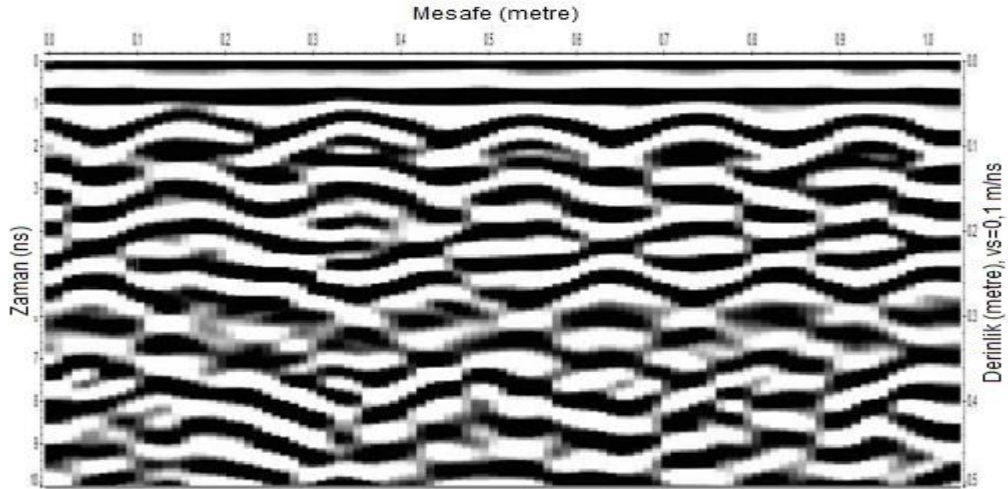
GPR' in şehir ve yerleşim alanlarında karşılaşılan diğer bir sorun askeriye ve polis telsizi, radyo yayınları, mobil telefonlar ve diğer yayını yapan frekans gürültüne neden olan faktörlerdir. Ana frekansımızdan farklı olan bu tarz frekanslarda profillerimizden istenmeyen yansımalar neden olabilir. Bu tür gürültüler band-geçiş filtresi ile aşılabılır (Şekil 2.13).



Şekil 2.12 Bandpass frequency işlemi uygulanmış yer radarı kesiti.

2.4.1.7 Migration(Migrasyon)

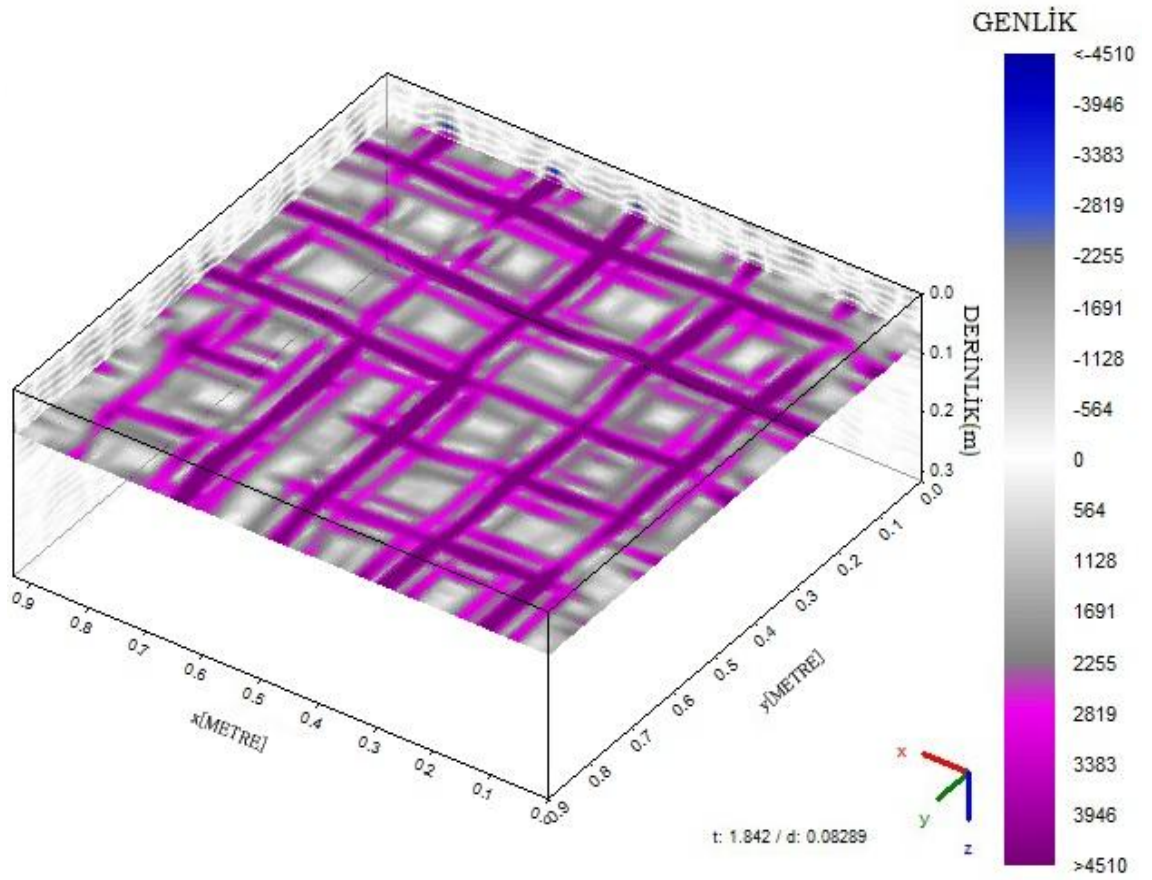
Saçılmış genlikleri düzenleme amaçlı göç işlemi uygulanır (Şekil 2.14).



Şekil 2.13 Migration işlemi uygulanmış yer radarı kesiti.

2.4.2 Üç boyutlu veri-işlem aşamaları

Alınan verilere uygulanan iki boyutlu veri işlem aşamasından sonra verilerin Üç boyutlu değerlendirilmesinde Reflex3Dscan programı kullanılmıştır. Üç boyutlu veri işlem aşamasında ki amaç perde duvar içerisindeki donatıları görüntüleyebilmektir (Şekil 2.15).



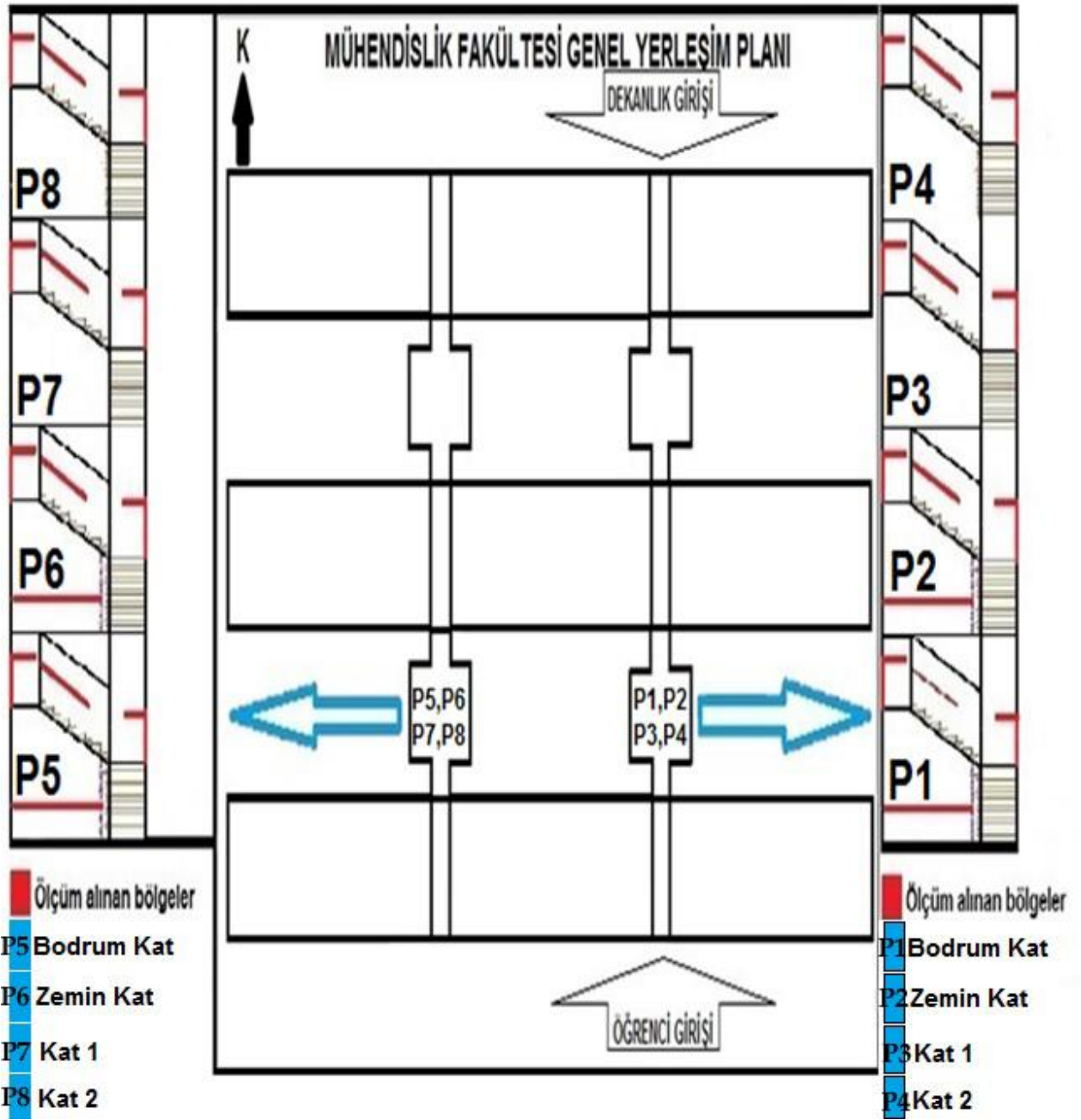
Şekil 2.14 Üç Boyutlu veri örneği.

3. MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ B BİNASI'NDA YAPILAN YER RADARI (GPR) ÖLÇÜMÜ

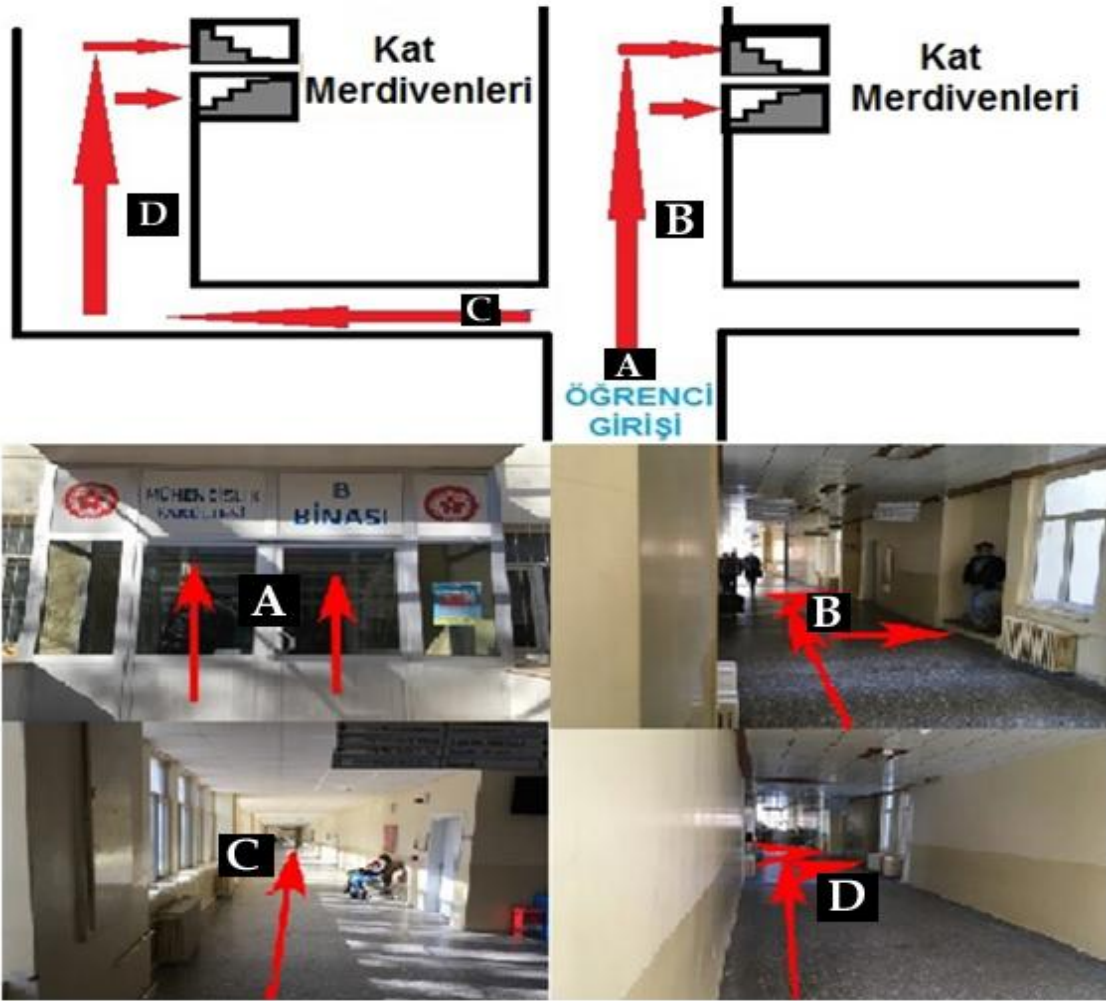
Cumhuriyet Üniversitesi yerleşkesi Sivas-Kayseri karayolu üzerinde ve Sivas ili merkezine yaklaşık 5 km uzaklıktadır (Şekil 3.1). Mühendislik Fakültesi B Binasının statik planlarına ulaşılammıştır. Bina Z+4 katlı olup 9 bloktan oluşmaktadır. Binaın tasarımında 9 adet bloğun birbirlerine kat merdivenleri aracılığı ile bağlantıları sağlanmıştır (Şekil 3.2). Binada 4 adet kat merdiveni bulunmaktadır. Çalışma iki adet kat merdiveninde olmak üzere birinci kat (bodrum kat, zemin kat, 1. Kat, 2.kat) merdivenleri ve ikinci kat (bodrum kat, zemin kat, 1. Kat, 2.kat) merdivenlerinde yapılmıştır (Şekil 3.3). Çalışmada, Şekil 3.2 de verilen P1, P2, P3, P4, P5,P6, P7 ve P8 perde beton donatılar üzerinde $1 \times 1 m^2$ 'lik alanlarda x ve y doğrultularında ölçümler Ramac Mala Geoscience firmanın ürettiği marka yer radarı ve Mala 1600MHz anten kullanılarak toplam 67 alandan ölçüm alınmıştır. Yer Radarı, verici anten, alıcı anten ve kayıtçıdan oluşur (Şekil 3.4). Verici anten, birkaç nanosaniye süreli bir elektromanyetik sinyali yeraltına yayar. Alıcı anten ise yeraltında farklı elektrik özelliklere sahip ortamlara çarparak geri dönen sinyali kaydeder. Ölçümlerde x ve y yönündeki örnekleme aralığı 10 cm' dir (Şekil 3.5). Çizelge 3.1 de donatıların incelenmesinde kullanılan anten parametreleri verilmiştir.



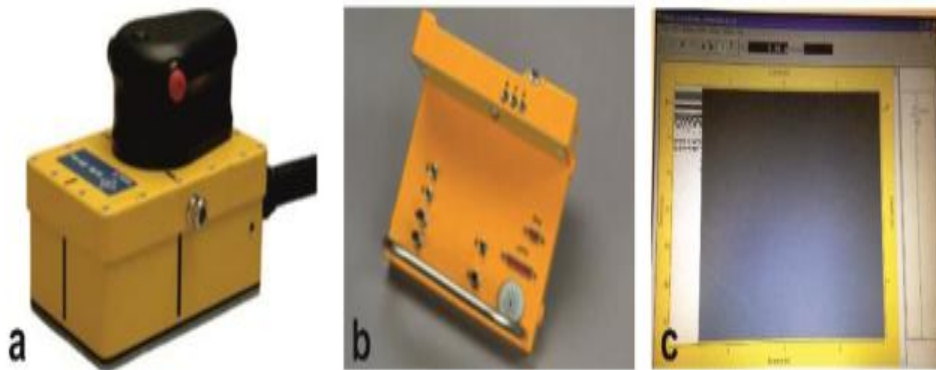
Şekil 3.1 Sivas ilinin yer bulduğu harita; a) Google Earth uydu görüntüsü (Ekim – 2015) b) Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi B Binasının kuşbakışı görünümü.



Şekil 3.2 Mühendislik Fakültesi B binası Genel Yerleşim Planı.



Şekil 3.3 Ölçüm alınan kat merdivenlerinin görünümü.



Şekil 3.4 GPR sisteminin üç ana bileşeninin gösterimi; a) Verici ve alıcı anten (1600 MHz) b) Antenden gelen verileri sayısallaştıran kontrol ünitesi c) Ölçüm sırasında ham verinin görünümü.



Şekil 3.5 Mühendislik Fakültesi B binası Perde duvar üzerinde ölçü alımı gösterimi.

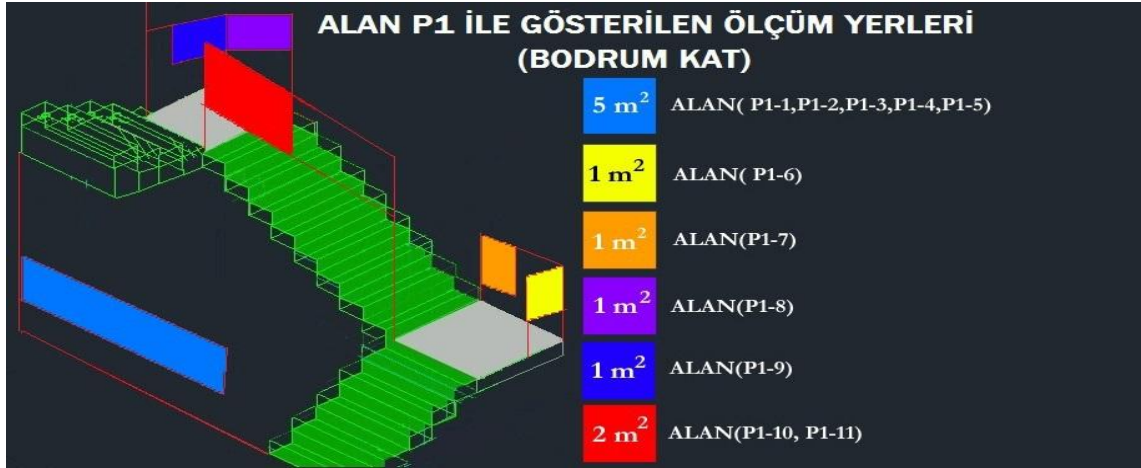
Çizelge 3.1 Donatıların incelenmesinde kullanılan anten parametreleri

Kullanılan Anten Frekansı	1600 MHz
İz aralığı	0.01 m
Örnekleme aralığı	267
Örnekleme Frekansı	17372 MHz
Zaman Penceresi	12 ns
İz Sayısı	101

3.1 Yer Radarı (GPR) Ölçümleri

3.1.1 P1 Alanı

P1 (bodrum kat)'de perde duvar donatılar üzerinde $1 \times 1 \text{ m}^2$ 'lik alanlarda x ve y doğrultularında Ramac Mala Geoscience firmanın ürettiği marka yer radarıyla ve Mala 1600 MHz anten kullanılarak toplam 11 alandan ölçüm alınmıştır (Şekil 3.6). Ölçüm alınan perde duvarların fotoğrafları EK-1'de verilmiştir.



Şekil 3.6 Alan P1 ile gösterilen ölçüm yerleri.

3.1.2 P2 Alanı

P2 (zemin kat)'de perde duvar donatılar üzerinde $1 \times 1 \text{ m}^2$ 'lik alanlarda x ve y doğrultularında Ramac Mala Geoscience firmanın ürettiği marka yer radarıyla ve Mala 1600 MHz anten kullanılarak toplam 10 alandan ölçüm alınmıştır (Şekil 3.7). Ölçüm alınan perde duvarların fotoğrafları EK-2'de verilmiştir.



Şekil 3.7 Alan P2 ile gösterilen ölçüm yerleri.

3.1.3 P3 Alanı

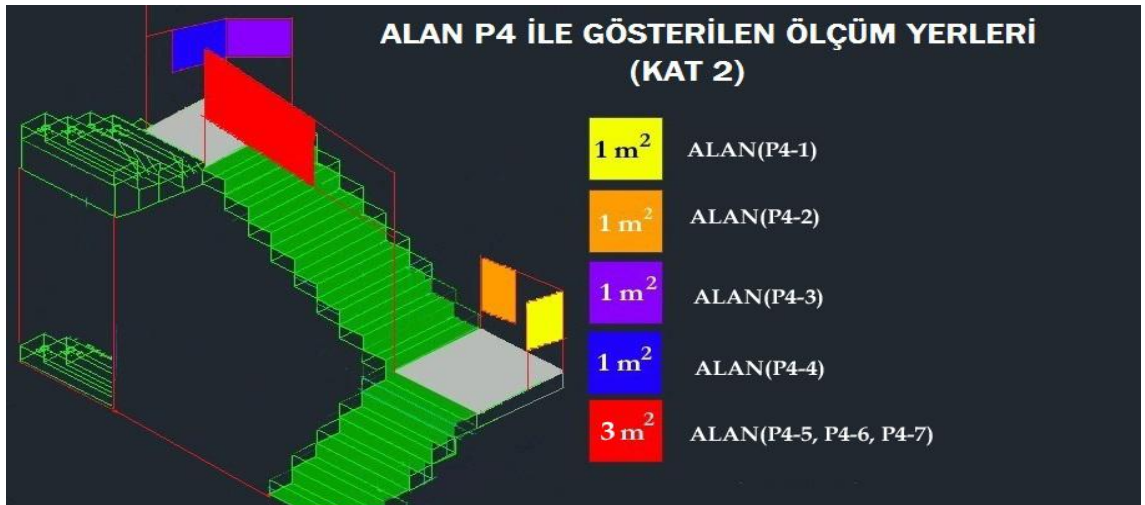
P3 (kat 1)'de perde duvar donatılar üzerinde $1 \times 1 \text{ m}^2$ 'lik alanlarda x ve y doğrultularında Ramac Mala Geoscience firmanın ürettiği marka yer radarıyla ve Mala 1600 MHz anten kullanılarak toplam 10 alandan ölçüm alınmıştır (Şekil 3.8). Ölçüm alınan perde duvarların fotoğrafları EK-3'de verilmiştir



Şekil 3.8 Alan P3 ile gösterilen ölçüm yerleri.

3.1.4 P4 Alanı

P4 (kat 2)'de perde duvar donatılar üzerinde $1 \times 1 \text{ m}^2$ 'lik alanlarda x ve y doğrultularında Ramac Mala Geoscience firmanın ürettiği marka yer radarıyla ve Mala 1600 MHz anten kullanılarak toplam 7 alandan ölçüm alınmıştır (Şekil 3.9). Ölçüm alınan perde duvarların fotoğrafları EK-4'de verilmiştir.



Şekil 3.9 Alan P4 ile gösterilen ölçüm yerleri.

3.1.5 P5 Alanı

P5 (bodrum kat)'de perde duvar donatılar üzerinde $1 \times 1 \text{ m}^2$ 'lik alanlarda x ve y doğrultularında Ramac Mala Geoscience firmanın ürettiği marka yer radarıyla ve Mala 1600 MHz anten kullanılarak toplam 11 alandan ölçüm alınmıştır (Şekil 3.10). Ölçüm alınan perde duvarların fotoğrafları EK-5'de verilmiştir.



Şekil 3.10 Alan P5 ile gösterilen ölçüm yerleri.

3.1.6 P6 Alanı

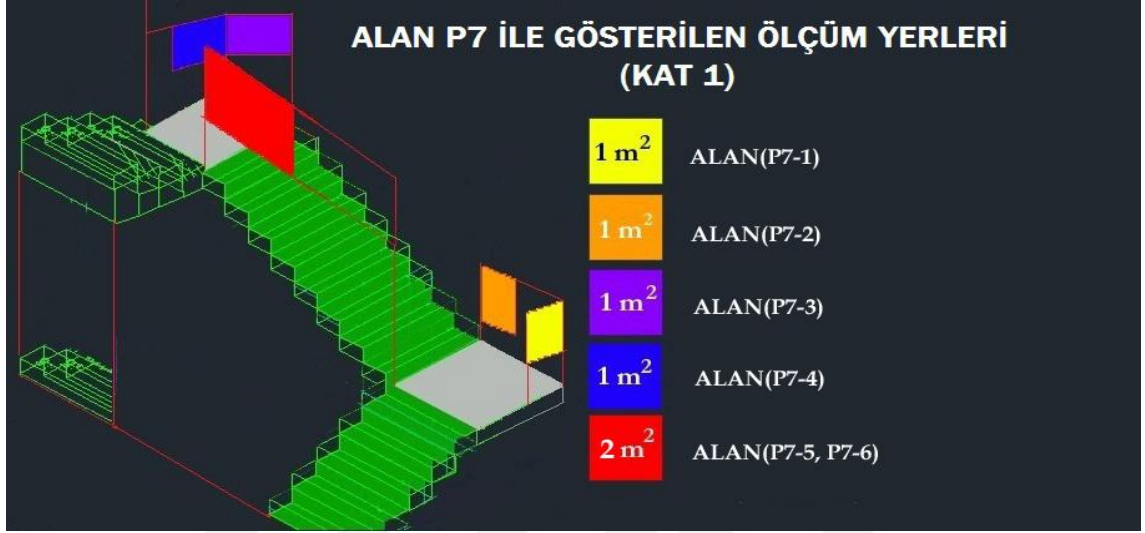
P6 (zemin kat)'da perde duvar donatılar üzerinde $1 \times 1 \text{ m}^2$ 'lik alanlarda x ve y doğrultularında Ramac Mala Geoscience firmanın ürettiği marka yer radarıyla ve Mala 1600 MHz anten kullanılarak toplam 9 alandan ölçüm alınmıştır (Şekil 3.11). Ölçüm alınan perde duvarların fotoğrafları EK-1'de verilmiştir.



Şekil 3.11 P6 ile gösterilen ölçüm yerleri.

3.1.7 P7 Alanı

P7 (kat 1)'de perde duvar donatılar üzerinde $1 \times 1 \text{ m}^2$ 'lik alanlarda x ve y doğrultularında Ramac Mala Geoscience firmanın ürettiği marka yer radarıyla ve Mala 1600 MHz anten kullanılarak toplam 6 alandan ölçüm alınmıştır (Şekil 3.12). Ölçüm alınan perde duvarların fotoğrafları EK-7'de verilmiştir.



Şekil 3.12 P7 ile gösterilen ölçüm yerleri.

3.1.8 P8 Alanı

P8 (kat 2)'de perde duvar donatılar üzerinde $1 \times 1 \text{ m}^2$ 'lik alanlarda x ve y doğrultularında Ramac Mala Geoscience firmanın ürettiği marka yer radarıyla ve Mala 1600 MHz anten kullanılarak toplam 6 alandan ölçüm alınmıştır (Şekil 3.13). Ölçüm alınan perde duvarların fotoğrafları EK-8'de verilmiştir.



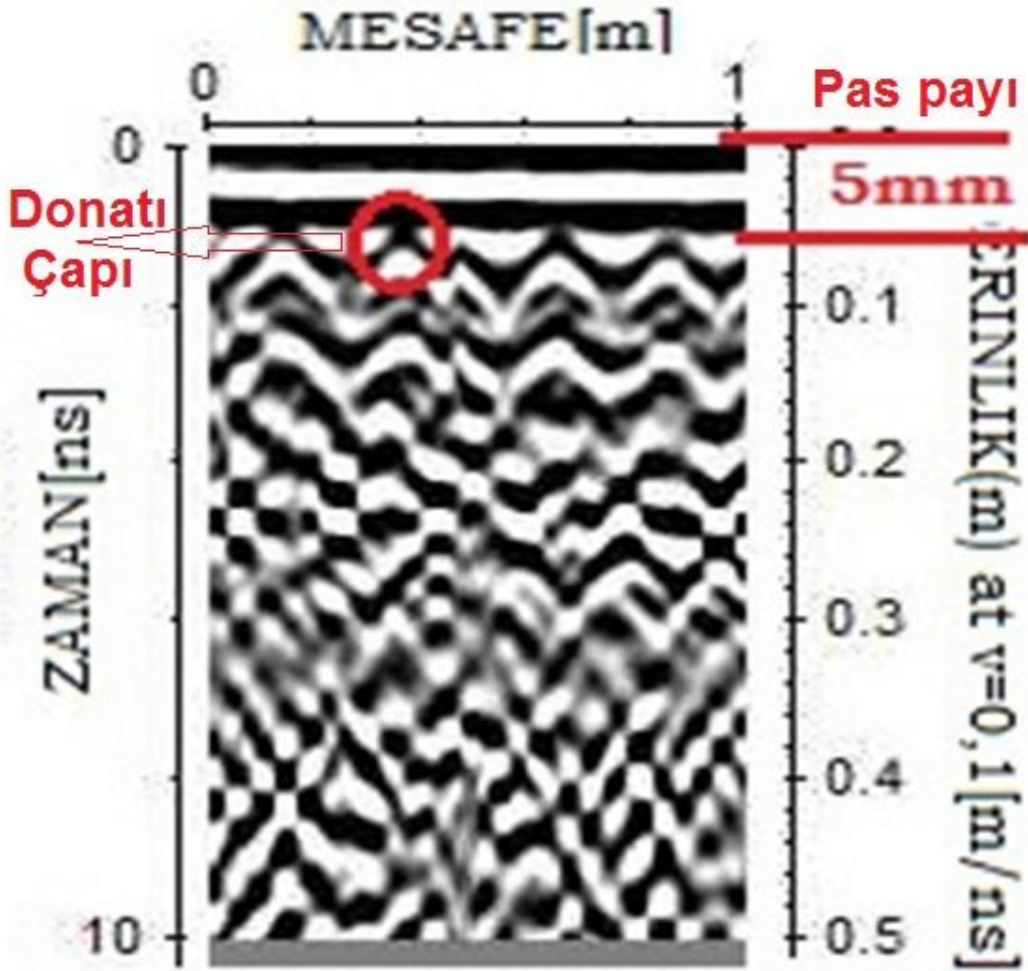
Şekil 3.13 P8 ile gösterilen ölçüm yerleri.

4. BULGULAR

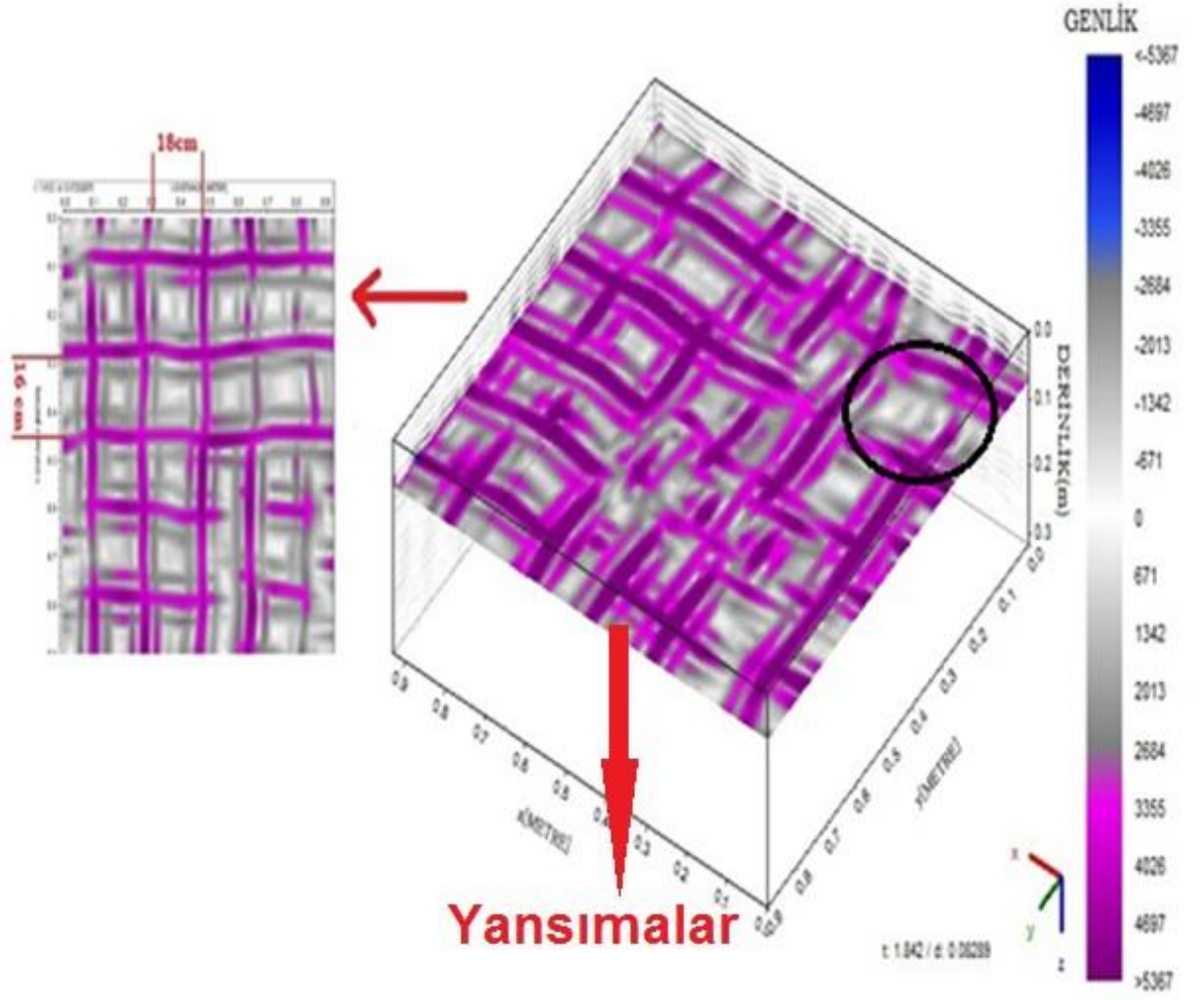
4.1 Yer Radarı (GPR) Verilerinin Değerlendirilmesi

Mühendislik Fakültesi B binasından alınmış olan ölçümlere, Bölüm 2.4 'de anlatılan veri işlem aşamaları uygulanarak P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, alanlarında her alan için iki boyutlu ve üç boyutlu gösterimler elde edilmiştir.

İki boyutlu gösterimde (Şekil 4.1) pas payı ve donatı çapı, üç boyutlu gösterimde (Şekil 4.2) enine ve boyuna donatı mesafeleri ve yuvarlak içine alınan bölgede korozyona uğramış alanlar gösterilmiştir. Ayrıca üç boyutlu gösterimde, perde duvarların diğer cephelerinden gelen donatı yansımaları da gözlenmiştir.



Şekil 4.1 Alan P8-2'ün iki boyutlu gösterimi.



Şekil 4.2 Alan P8-2'ün üç boyutlu gösterimi.

4.1.1 P1 Alanı

İki boyutlu ve üç boyutlu gösterimlerden elde edilen, P1 alanında ki perde duvarların; pas payları, donatı çapları, boyuna donatı aralıkları, enine donatı aralıkları, boyuna ve enine donatı sayıları, x ve y düzlemindeki deformasyon yerleri değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Alanın, iki boyutlu ve üç boyutlu gösterimleri EK-1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 P1 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları

ALAN P1	Pas Payı (cm)	Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Aralığı (cm)	Enine Donatı Aralığı (cm)	Donatı Sayısı (boyuna)	Donatı Sayısı (enine)	Deformasyon yeri (0-100) x aralığı (cm)	Deformasyon yeri (0-100) y aralığı (cm)
P1-1	5	20	20	20	5	4	40-50	0-20
P1-2	4,5	20	20	18	4	4	10-30	30-40
P1-3	4	20	20	20	7	5	20-60	20-70
P1-4	3,8	20	20	16	5	5	20-50	20-50
P1-5	5	10	28	16	4	4	70-90	60-90
P1-6	4	18	12	15	5	4	40-90	30-90
P1-7	1	20	10	10	4	4	40-50	0-20
P1-8	5	20	18	18	5	4	60-90	0-40
P1-9	5	10	12	12	6	4	-	-
P1-10	5	18	20	18	4	4	40-50	50-60
P1-11		10	20	15	4	4	10	15

4.1.2 P2 Alanı

İki boyutlu ve üç boyutlu gösterimlerden elde edilen, P2 alanında ki perde duvarların; pas payları, donatı çapları, boyuna donatı aralıkları, enine donatı aralıkları değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Alanın, iki boyutlu ve üç boyutlu gösterimleri EK-2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 P2 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları

ALAN P2	Pas Payı (cm)	Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Aralığı (cm)	Enine Donatı Aralığı (cm)	Donatı Sayısı (boyuna)	Donatı Sayısı (enine)	Deformasyon yeri (0-100) x aralığı (cm)	Deformasyon yeri (0-100) y aralığı (cm)
P2-1	4	18	18	15	4	5	0-40	80-90
P2-2	3,5	20	20	20	5	5	80-90	10
P2-3	4	20	20	18	6	6	-	-
P2-4	4	20	15	15	4	5	70-90	70-90
P2-5	6	18	15	15	2	3	0-50	10-60
P2-6	5	18	12	15	4	4	-	-
P2-7	6	10	15	15	6	5	50-60	40-50
P2-8	4,2		15	15	1	1	0-60	30-90
P2-9	5	10	18	20	4	4	30-50	0-20
P2-10	4,5	20	12	18	6	6	-	-

4.1.3 P3 Alanı

İki boyutlu ve üç boyutlu gösterimlerden elde edilen, P3 alanında ki perde duvarların; pas payları, donatı çapları, boyuna donatı aralıkları, enine donatı aralıkları, boyuna ve enine donatı sayıları, x ve y düzlemindeki deformasyon yerleri değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Alanın, iki boyutlu ve üç boyutlu gösterimleri EK-3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 P3 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları

ALAN P3	Pas Payı (cm)	Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Aralığı (cm)	Enine Donatı Aralığı (cm)	Donatı Sayısı (boyuna)	Donatı Sayısı (enine)	Deformasyon yeri (0-100) x aralığı (cm)	Deformasyon yeri (0-100) y aralığı (cm)
P3-1	4	10	18	18	5	3	0-50	60-90
P3-2	4	10	10	10	5	5	-	-
P3-3	4,2	10	13	13	5	3	70-90	70-90
P3-4	4,2	20	20	20	6	5	20-30	40-60
P3-5	4,5	10	20	17	6	3	0-70	50-90
P3-6	4,2	10	15	15	5	5	0-10	0-20
P3-7	5	10	18	20	5	6	-	-

4.1.4 P4 Alanı

İki boyutlu ve üç boyutlu gösterimlerden elde edilen, P4 alanında ki perde duvarların; pas payları, donatı çapları, boyuna donatı aralıkları, enine donatı aralıkları, boyuna ve enine donatı sayıları, x ve y düzlemindeki deformasyon yerleri değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Alanın, iki boyutlu ve üç boyutlu gösterimleri EK-4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 P4 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları

ALAN P4	Pas Payı (cm)	Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Aralığı (cm)	Enine Donatı Aralığı (cm)	Donatı Sayısı (boyuna)	Donatı Sayısı (enine)	Deformasyon yeri (0-100) x aralığı (cm)	Deformasyon yeri (0-100) y aralığı (cm)
P4-1	4,2	10	15	15	4	6	-	-
P4-2	4,2	20	15	15	5	3	70-90	60-90
P4-3	4,2	10	28	15	4	4	50-90	30-80
P4-4	4.2	15	15	15	6	6	40-60	60-70
P4-5	6	10	13	13	4	5	70-80	60-70
P4-6	6	20	12	18	5	5	70-90	30-50
P4-7	5	10	12	16	5	5	50-70	10-30

4.1.5 P5 Alanı

İki boyutlu ve üç boyutlu gösterimlerden elde edilen, P5 alanında ki perde duvarların; pas payları, donatı çapları, boyuna donatı aralıkları, enine donatı aralıkları, boyuna ve enine donatı sayıları, x ve y düzlemindeki deformasyon yerleri değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Alanın, iki boyutlu ve üç boyutlu gösterimleri EK-5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 P5 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları

ALAN P5	Pas Payı (cm)	Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Aralığı (cm)	Enine Donatı Aralığı (cm)	Donatı Sayısı (boyuna)	Donatı Sayısı (enine)	Deformasyon yeri (0-100) x aralığı (cm)	Deformasyon yeri (0-100) y aralığı (cm)
P5-1	6 cm	10 mm	20 cm	20 cm	4	4	40-60	40-50
P5-2	5 cm	10 mm	15 cm	10 cm	3	3	0-80	40-90
P5-3	5 cm	20 mm	12 cm	12 cm	3	4	0-50	0-40
P5-4	5 cm	22 mm	20 cm	20 cm	4	6	70-90	50-90
P5-5	5 cm	10 mm	18 cm	18 cm	2	2	0-90	0-60
P5-6	6 cm	20 mm	15 cm	15 cm	5	3	10-60	10-40
P5-7	5 cm	20 mm	15 cm	15 cm	5	5	20-60	60-90
P5-8	5 cm	10 mm	12 cm	12 cm	6	6	-	-
P5-9	5 cm	10 mm	15 cm	15 cm	6	6	-	-
P5-10	5 cm	10 mm	20 cm	20 cm	6	6	50-60	10-20
P5-11	5 cm	20 mm	15 cm	15 cm	4	5	60-90	30-50

4.1.6 P6 Alanı

İki boyutlu ve üç boyutlu gösterimlerden elde edilen, P6 alanında ki perde duvarların; pas payları, donatı çapları, boyuna donatı aralıkları, enine donatı aralıkları, boyuna ve enine donatı sayıları, x ve y düzlemindeki deformasyon yerleri değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir. Alanın, iki boyutlu ve üç boyutlu gösterimleri EK-6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 P6 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları

ALAN P6	Pas Payı (cm)	Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Aralığı (cm)	Enine Donatı Aralığı (cm)	Donatı Sayısı (boyuna)	Donatı Sayısı (enine)	Deformasyon yeri (0-100) x aralığı (cm)	Deformasyon yeri (0-100) y aralığı (cm)
P6-1	5	15	20	20	5	3	0-20	0-50
P6-2	5	10	18	18	6	6	50-70	70-90
P6-3	5	10	15	15	2	4	0-50	0-40
P6-4	6	10	10	10	6	6	70-90	70-90
P6-5	5	18	20	25	3	5	60-90	0-40
P6-6	5	10	15	15	4	2	0-30	50-90
P6-7	5	18	18	10	6	2	0-30	0-10
P6-8	5	10	15	20	6	3	20-60	30-70
P6-9	5	10	20	20	5	3	0-40	0-20

4.1.7 P7 Alanı

İki boyutlu ve üç boyutlu gösterimlerden elde edilen, P7 alanında ki perde duvarların; pas payları, donatı çapları, boyuna donatı aralıkları, enine donatı aralıkları, boyuna ve enine donatı sayıları, x ve y düzlemindeki deformasyon yerleri değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Alanın, iki boyutlu ve üç boyutlu gösterimleri EK-7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 P7 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları

ALAN P7	Pas Payı (cm)	Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Aralığı (cm)	Enine Donatı Aralığı (cm)	Donatı Sayısı (boyuna)	Donatı Sayısı (enine)	Deformasyon yeri (0-100) x aralığı (cm)	Deformasyon yeri (0-100) y aralığı (cm)
P7-1	6	10	10	15	5	4	30-70	50-70
P7-2	5	10	20	20	5	4	40-60	40-60
P7-3	5	18	12	18	6	6	40-50	80-90
P7-4	4	18	12	12	3	3	0-70	20-90
P7-5	5	10	15	20	3	6	40-90	0-80
P7-6	5	10	20	20	4	4	0-20	0-20

4.1.8 P8 Alanı

İki boyutlu ve üç boyutlu gösterimlerden elde edilen, P8 alanında ki perde duvarların; pas payları, donatı çapları, boyuna donatı aralıkları, enine donatı aralıkları, boyuna ve enine donatı sayıları, x ve y düzlemindeki deformasyon yerleri değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Alanın, iki boyutlu ve üç boyutlu gösterimleri EK-8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 P8 alanı için GPR kesitlerinin değerlendirme sonuçları

ALAN P8	Pas Payı (cm)	Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Aralığı (cm)	Enine Donatı Aralığı (cm)	Donatı Sayısı (boyuna)	Donatı Sayısı (enine)	Deformasyon yeri (0-100) x aralığı (cm)	Deformasyon yeri (0-100) y aralığı (cm)
P8-1	4	10	15	15	5	5	-	-
P8-2	5	10	18	18	5	5	-	-
P8-3	5	10	18	18	5	5	0-20	10-30
P8-4	5	18	12	15	5	5	0-20	0-20
P8-5	5	10	12	15	4	4	80-90	0-20
P8-6	4	10	15	15	4	6	50-60	60-70

5.TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yapıların, beton kalitesinin tespitinde birçok yöntem uygulanmaktadır. Tahribatlı yöntemler yapıya uygulandığında onarılması gereken tahribatlar oluşturan yöntemlerdir. Tahribatlı yöntemlerle beton basınç dayanımı doğrudan elde edilebilir ve pek çok parametre göz önüne alınarak genel numune dayanımına çevrilebilmektedir. Tahribatlı yöntemler, uygun bir şekilde uygulanmadığında yapıların taşıyıcı elemanlarına ciddi zararlar verebilir. Tahribatlı yöntemler, karot alma ve gömülü numune kullanma deneyleridir (Çomak vd. 2013).

Yapıların önemli unsuru olan elemanların(beton, donatı) kalitelerinin belirlenmesi, yapı incelemelerinin en başında gelen unsurdur. Beton ve donatı özellikleri klasik karot alma ve laboratuvar basınç testleriyle yapılabildiği gibi, yerinde, tahribatsız ve hızlı bir şekilde jeofizik yöntemlerle de yapılabilmektedir (Uyanık vd. 2013).

Bu çalışma, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi B binasında yapılmıştır. GPR yapı radarı çalışması ile binanın P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 ile belirlenen alanlarından alınan ölçümlerle donatıların 2 boyutlu ve 3 boyutlu radar kesitleri elde edilmiştir. Elde edilen kesitlerle, binadaki perde duvarlarda bulunan donatıların; yerleri, enine ve boyuna aralıkları, çapları, pas payları başarılı bir şekilde belirlenmiştir. Bununla beraber Yer altı su seviyesine ve binanın perde duvarlarının dış tabakasının; dış etkenler, çevre ve iklim koşullarına bağlı beton örtüsünü (pas payı) aşındırarak gözenekli bir yüzey oluşturmuştur ve taşıyıcı perde duvar içerisindeki düşey ve yatay donatıların nem ve rutubete karşı reaksiyonları artarak korozyona (paslanma) uğramışlardır. Korozyona maruz kalmış olan bölgelerde, radar genlikleri oldukça düşük olduğu hesaplanmış, donatıların çaplarında artış ve donatılarda kopmalar gözlenmiştir. Merdivenlerin taşıyıcı sistemleri genellikle konsol (bir ucu mesnetli diğer ucu boşta) olarak çalıştığından bu bölgelerde mevcut döşeme, kiriş, kolon ve perde duvarlar gibi düşey taşıyıcı elemanlarda ek zorlanmalar olacağından yapısal hasar ve kusurlar (çatlaklar, aşırı sehim vb.) bu alanlarda yoğunlaşmıştır. Deformasyona uğramış alanların donatı çapları ve radar genlik değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

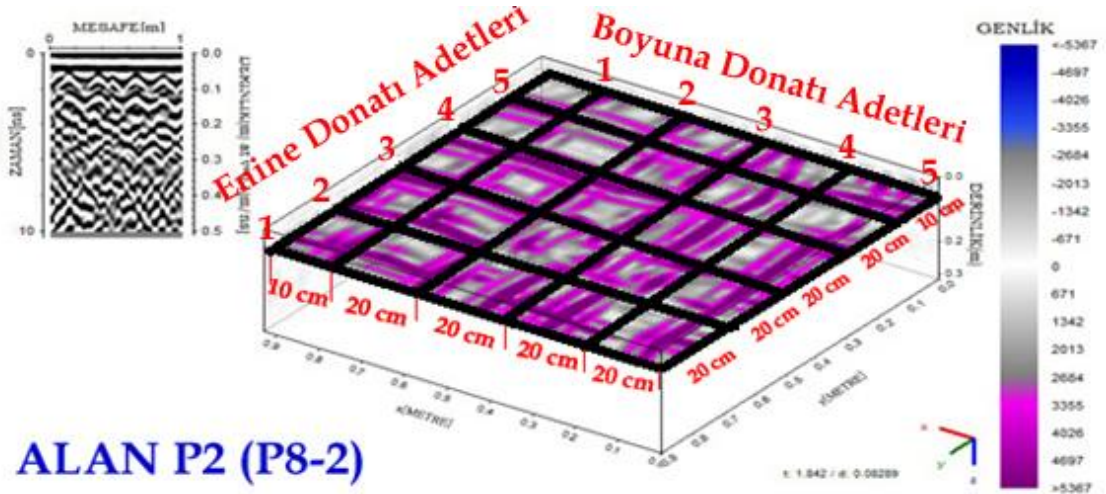
Çizelge 5.1 Deformasyona uğramış alanların donatı çapları ve radar genlik değerleri

ALAN	ALAN NO	DONATI ÇAPI	RADAR GENLİĞİ	DEFORMASYON NEDENİ
P1	(P1-1)	20 mm	2443	Yer altı suyu (korozyon)
P1	(P1-2)	20 mm	2456	Yer altı suyu (korozyon)
P1	(P1-3)	20 mm	2673	Yer altı suyu (korozyon)
P1	(P1-4)	20 mm	2059	Yer altı suyu (korozyon)
P1	(P1-5)	10 mm	2895	Yer altı suyu (korozyon)
P1	(P1-6)	18 mm	2646	İklim kaynaklı (korozyon)
P1	(P1-7)	20 mm	2197	İklim kaynaklı (korozyon)
P1	(P1-8)	20 mm	2132	İklim kaynaklı (korozyon)
P1	(P1-10)	18 mm	2910	Konsol Yapı (gerilmeler)
P1	(P1-11)	10 mm	2766	Konsol Yapı (gerilmeler)
P2	(P2-1)	18 mm	3216	Yer altı suyu (korozyon)
P2	(P2-2)	20 mm	2940	Yer altı suyu (korozyon)
P2	(P2-3)	20 mm	3136	Yer altı suyu (korozyon)
P2	(P2-4)	20 mm	3724	Yer altı suyu (korozyon)
P2	(P2-5)	18 mm	3002	İklim kaynaklı (korozyon)
P2	(P2-7)	10 mm	3253	İklim kaynaklı (korozyon)
P2	P2-8	20 mm	2346	Konsol Yapı (gerilmeler)
P2	(P2-9)	10 mm	3760	Konsol Yapı (gerilmeler)
P3	(P3-1)	10 mm	2897	İklim kaynaklı (korozyon)
P3	(P3-3)	10 mm	3282	İklim kaynaklı (korozyon)
P3	(P3-4)	20 mm	4440	İklim kaynaklı (korozyon)
P3	(P3-5)	10 mm	3894	Konsol Yapı (gerilmeler)
P3	(P3-6)	10 mm	3139	Konsol Yapı (gerilmeler)
P4	(P4-2)	20 mm	3389	İklim kaynaklı (korozyon)
P4	(P4-3)	10 mm	3709	İklim kaynaklı (korozyon)
P4	(P4-4)	15 mm	4101	İklim kaynaklı (korozyon)
P4	(P4-5)	10 mm	3689	Konsol Yapı (gerilmeler)
P4	(P4-6)	20 mm	4442	Konsol Yapı (gerilmeler)
P4	(P4-7)	10 mm	3660	Konsol Yapı (gerilmeler)
P5	(P5-2)	10 mm	2467	Yer altı suyu (korozyon)
P5	(P5-3)	20 mm	2311	Yer altı suyu (korozyon)
P5	(P5-4)	22 mm	2209	Yer altı suyu (korozyon)
P5	(P5-5)	10 mm	3351	Yer altı suyu (korozyon)
P5	(P5-6)	20 mm	3352	İklim kaynaklı (korozyon)
P5	(P5-7)	20 mm	3525	İklim kaynaklı (korozyon)
P5	(P5-10)	10 mm	3172	Konsol Yapı (gerilmeler)
P6	(P5-11)	20 mm	3632	Konsol Yapı (gerilmeler)
P6	(P6-1)	15 mm	3216	Yer altı suyu (korozyon)
P6	(P6-2)	10 mm	2276	Yer altı suyu (korozyon)
P6	(P6-3)	10 mm	2985	Yer altı suyu (korozyon)
P6	(P6-4)	10 mm	4096	İklim kaynaklı (korozyon)
P6	(P6-5)	18 mm	2854	İklim kaynaklı (korozyon)

P6	(P6-6)	10 mm	3955	İklim kaynaklı (korozyon)
P6	(P6-7)	18 mm	3319	İklim kaynaklı (korozyon)
P6	(P6-8)	10 mm	4263	Konsol Yapı (gerilmeler)
P6	(P6-9)	10 mm	3856	Konsol Yapı (gerilmeler)
P7	(P7-1)	18 mm	3144	İklim kaynaklı (korozyon)
P7	(P7-2)	10 mm	5156	İklim kaynaklı (korozyon)
P7	(P7-3)	18 mm	3141	İklim kaynaklı (korozyon)
P7	(P7-4)	18 mm	3063	İklim kaynaklı (korozyon)
P7	(P7-5)	10 mm	3682	Konsol Yapı (gerilmeler)
P7	(P7-6)	10 mm	3415	Konsol Yapı (gerilmeler)
P8	(P8-3)	18 mm	4178	İklim kaynaklı (korozyon)
P8	(P8-4)	10 mm	4178	İklim kaynaklı (korozyon)
P8	(P8-5)	10 mm	3898	Konsol Yapı (gerilmeler)
P8	(P8-6)	10 mm	3652	Konsol Yapı (gerilmeler)

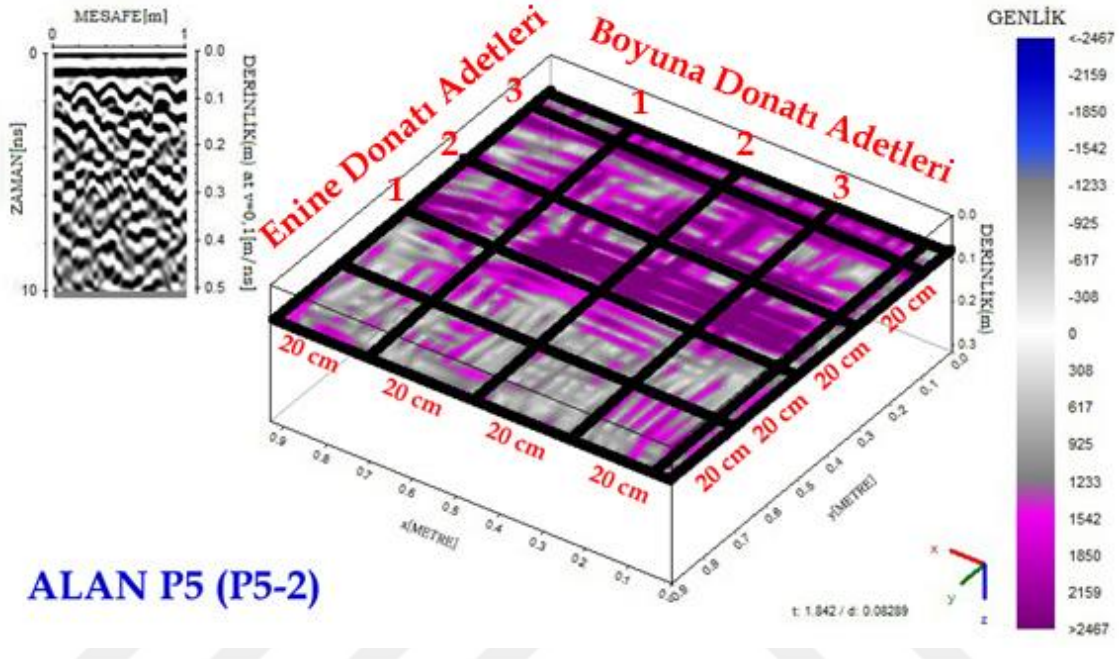
Yapılarda perde duvarların donatı aralıkları ≤ 20 cm ve donatı çapları ≥ 8 , donatı sayıları enine 5 boyuna 5 olmalıdır. Korozyona, gerilmelere ve donatı süreksizliklerine bağlı olarak bazı alanlarda donatı sayılarında ve aralıklarında mesafeleri farklılıklar gözlenmiştir.

1 x 1 m²'lik alan P2 (P8-2) üzerine, 20 cm' e 20 cm aralıklı 1 x 1 m²'lik kafes sistem yerleştirildiğinde donatı aralıkları 18 cm, donatı çapı 10 mm ve donatı sayısı enine 5 adet, boyuna 5 adet olduğu görülmektedir. Bu alan standartlara uygundur (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Alan P8 (P8-2) ölçüm alanında belirlenen donatıların gösterimi.

1 x 1 m²'lik alan P5 (P5-2) üzerine, 20 cm' e 20 cm aralıklı 1 x 1 m²'lik kafes sistem yerleştirildiğinde donatı aralıkları; Boyuna 15 cm, enine 10 cm, donatı çapı 10 mm ve donatı sayısı enine 3 adet, boyuna 3 adet olduğu görülmektedir. Bu alan da donatılarda deformasyon gözlenmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Alan P5 (P5-2) ölçüm alanında belirlenen donatıların gösterimi.

Korozyona uğramış bölgelerin donatıların taşıma gücünde kayıplara neden olabilecek olması büyük bir tehlikedir. Bu sebeple yapının yeraltı su seviyesi yüksek olan kısmında ve perde duvarın dış cephesi kaynaklı meydana gelen deformasyonların binaya vermiş olduğu hasar ortadadır. Aynı bina da yeraltı su seviyesinin derin olduğu ve tek tabakalı perde duvarların olduğu bölgelerde ise donatının sağlıklı olduğu radar görüntülerinden anlaşılmaktadır. Bu sebeple daha önceki yıllarda yapılmış olan bir bina da binaya hiçbir hasar vermeden taşıyıcı elemanların durumları yer radarı (GPR) yöntemiyle hızlı bir şekilde belirlenmiştir. Bu durum yöntemin en büyük üstünlüklerinden birisidir. Ayrıca bundan sonra yapılacak binalarda yalıtım koşullarının ne kadar önemli olduğu da bir kez daha bilimsel veriler ışığında ortaya çıkarılmıştır. Bu binaya ait durum incelendiğinde olası bir deprem durumunda P1, P2, P5, P6 alanlarında korozyona uğrayan bölgelerindeki donatıların zayıflaması nedeniyle binanın ilk hasarı buradan alacağı unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Abraham, O., ve Dérobert, X.** (2003). Non-destructive testing of fired tunnel walls: the Mont-Blanc Tunnel case study. *NDT & E International*, 36(6), 411-418.
- Alcioğlu, M. B.** (2013). Betonarme Yapılarda Perde Duvar Kullanımının Önemi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (<http://www.csb.gov.tr/db/manisa/webmenu/webmenu9203.pdf>), Erişim Tarihi: 23.10.2016.
- Annan, A. P.** (2000). Ground penetrating radar workshop notes. *Sensors and Software Inc.*, Canada.
- Annan, A. P.** (2001). Ground Penetrating Radar Workshop Notes. *Ontario Sensors and Software Inc.*,
- Annan A.P.** (2003). Ground Penetrating Radar workshop notes. *Sensors Software Inc.*, Mississauga, Ontario, Canada
- Başıyigit, C., Çomak, B., Kılınçarslan, Ş., ve Kamacı, Z.** (2013) Depremde hasar görmüş betonarme yapıların beton kalitesini belirlemede yeni yaklaşımlar: görüntü işleme örneği. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı
- Catapano, I., Di Napoli, R., Soldovieri, F., Bavusi, M., Loperte, A., ve Dumoulin, J.** (2012). Structural monitoring via microwave tomography-enhanced GPR: Montagnole test site. *Journal of Geophysics and Engineering*, 9(4), S100.
- Conyers, L.B.** (2004). Ground Penetrating Radar for Archaeology, *Altamira Press*, 24-26 California, USA.
- Conyers, L.B., ve Goodman. D.** (1997). Ground penetrating radar: An introduction for archaeologists, *Altamira pres*, 232 p, California.
- Cook, J.C.** (1973). Radar Exploration Through Rock in Advance of Mining, *Trans. Society Mining Engineers*, pp. 140-146.
- Crawford, F. S.** (1968). *Waves*, Berkeley Physics Course.

- Daniels D.J.** (1996). Surface Penetrating Radar, Radar, navigation and avionic series 6. *Institute of Electrical Engineers, London, UK*
- Daniels, D. J.** (2004). Ground penetrating radar (Vol. 1). Iet.
- Davis, J. L., ve Annan, A. P.** (1989). Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical prospecting*, 531-551.
- Dérobot, X., Iaquina, J., Klysz, G., ve Balayssac, J. P.** (2008). Use of capacitive and GPR techniques for the non-destructive evaluation of cover concrete. *NDT and E International*, 41(1), 44-52.
- El Said, M.A.H.** (1956). Geophysical prospection of underground water in the desert by means of electromagnetic interference fringes. *Pro. I.R.E.*, v. 44, p. 24-30 and 940.
- Ercan, A.** (2003). Yapı İnceleme Yöntemleri, Mühendislik Jeofiziği –II, *Birsan Yayıncılık*, 129, İstanbul.
- Gerthsen C., Kneser H.O., ve Vogel H.** (1982). Physik, 14th edition, Berlin, Germany, Springer
- Ghasemi, F.Sh.A., ve Abrishamian, M.S.** (2007). A novel method for FDTD numerical GPR imaging of arbitrary shapes based on Fourier transform, *NDT E International*, 40 (2), 140–146.
- Hugenschmidt, J.** (2010). *Geophysics and non-destructive testing for transport infrastructure, with special emphasis on ground penetrating radar. Freire University, Germany. PhD thesis.* 139 sayfa.
- Laurens, S., Balayssac, J. P., Rhazi, J., Klysz, G., ve Arliguie, G.** (2005). Non-destructive evaluation of concrete moisture by GPR: experimental study and direct modeling. *Materials and Structures*, 38(9), 827-832.
- Leucci, G., Masini, N., ve Persico, R.** (2012). Time–frequency analysis of GPR data to investigate the damage of monumental buildings. *Journal of Geophysics and Engineering*, 9(4), S81.
- Maxwell, J. C.** (1865). A dynamical theory of the electromagnetic field. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, 155, 459-512.

- Neal, A.** (2004). Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress, *Earth-Science Reviews*, Pages 261-330.
- Olhoeft, G.R.** (1975). The Electrical Properties of Permafrost. *Ph.D. Thesis, University of Toronto*, 172 pages.
- Perez-Gracia, V.** (2009). Resolution in evaluation of structural elements by using ground-penetrating radar. In *Jornadas Técnicas Internacionales de Tecnologia de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido*, 511-521.
- Pérez-Gracia, V., Caselles, J. O., Clapés, J., Martinez, G., ve Osorio, R.** (2013). Non-destructive analysis in cultural heritage buildings: Evaluating the Mallorca cathedral supporting structures. *NDT ve E International*, 59, 40-47.
- Ranalli D., Scozzafava M., ve Marco T.** (2004). Ground penetrating radar investigations for the restoration of historic buildings: the case study of the Collemaggio Basilica (L'Aquila, Italy), *Journal of Cultural Heritage*, 91-99, 1296-2074.
- Unterberger, R.R.** (1978). Radar propagation in rock salt. *Geophys. Prosp.*, P. 312-328.
- Uyanık, O., Şenli, G., ve Çathoğlu, B.** (2013) Binaların beton kalitesinin tahribatsız jeofizik yöntemlerle belirlenmesi. *SDU International Technologic Science pp.* 156-165
- Yalciner, C., Kurban, Y. C., Altunel, E., Buyuksarac, A., Topcu, M. I., ve Belce, E.** (2015). Investigation of Sultana and Sultan Hamam Walls at Topkapı Palace with Non-destructive GPR-CX Method. In *8th Congress of the Balkan Geophysical Society*.



EKLER

YER RADARI (GPR) ÇALIŞMASININ DETAYLARI



EK-1 P1 ALANI

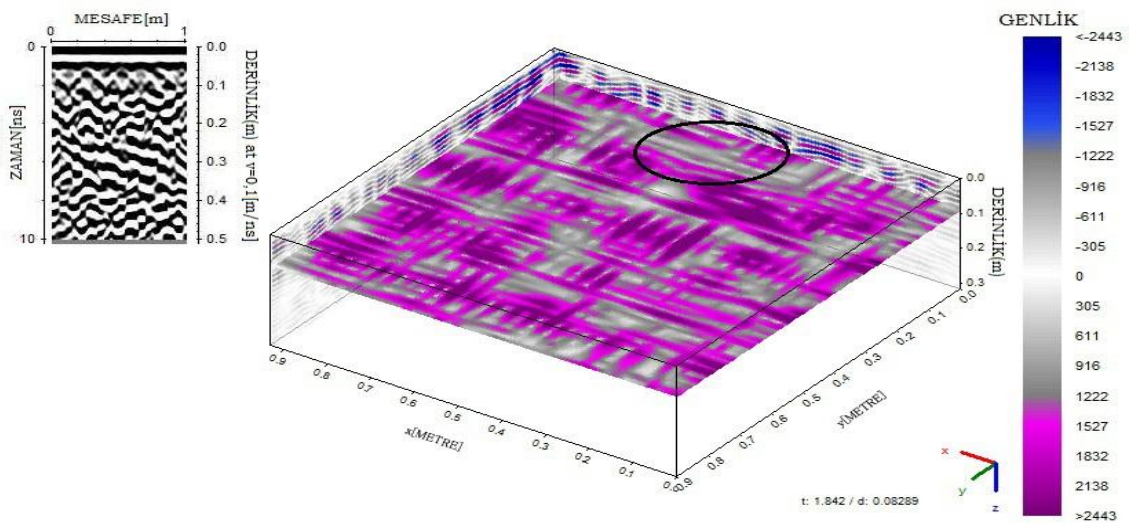
P1 ALANI

P1-1

a) P1-1 ile gösterilen perde duvar b) P1-1 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



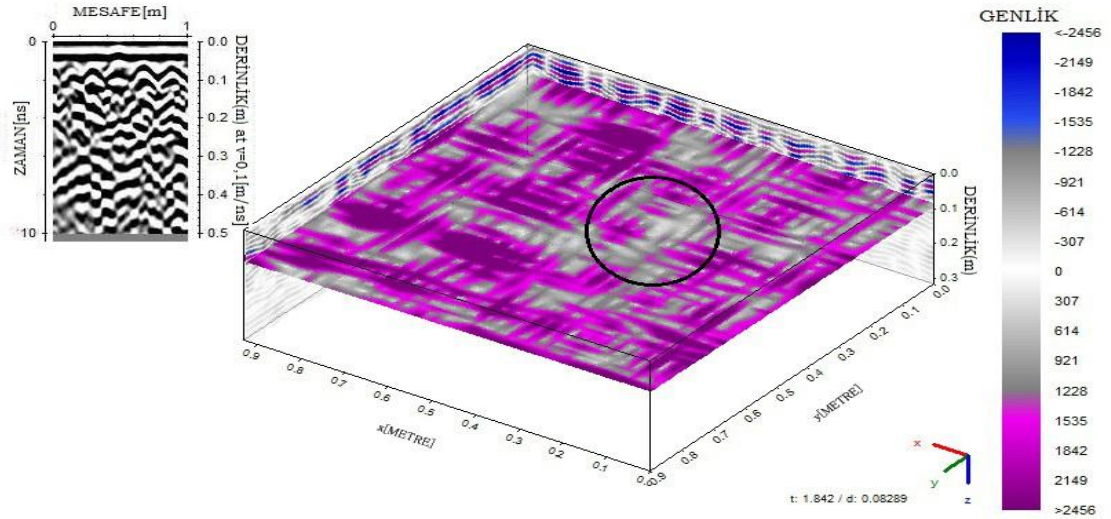
b)

P1-2

a) P1-2 ile gösterilen perde duvar b) P1-2 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



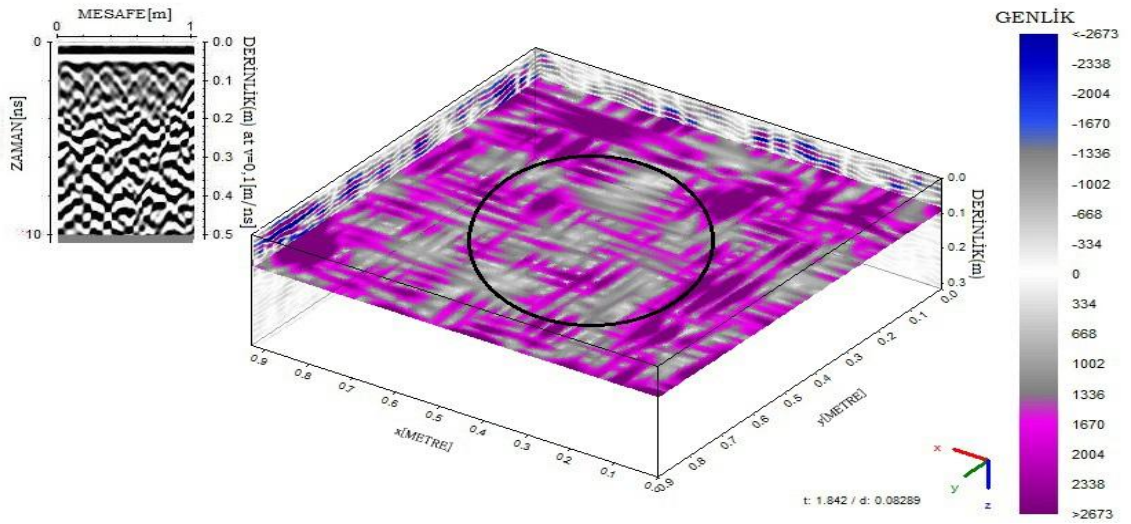
b)

P1-3

a) P1-3 ile gösterilen perde duvar b) P1-3 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



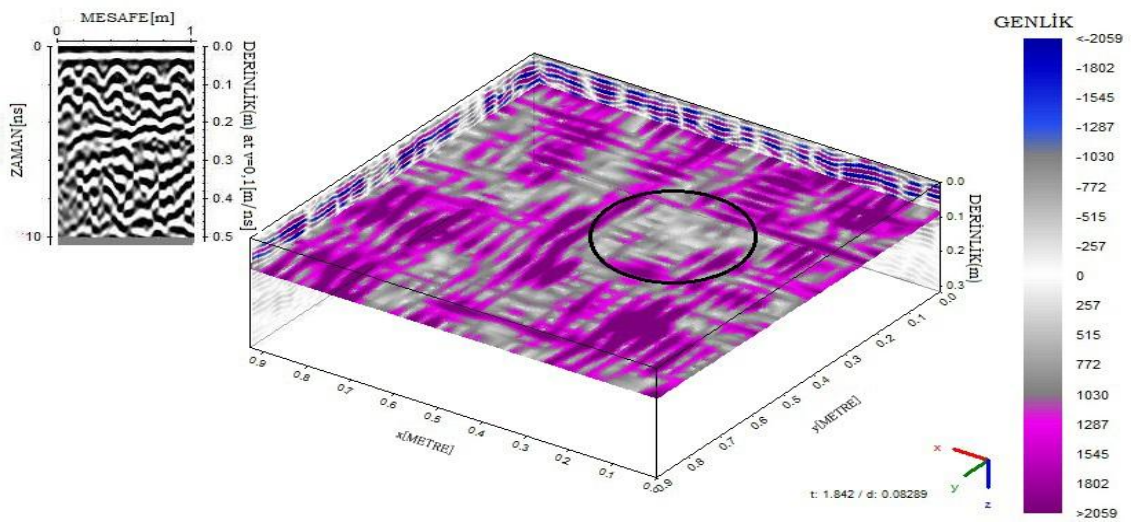
b)

P1-4

a) P1-4 ile gösterilen perde duvar b) P1-4 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



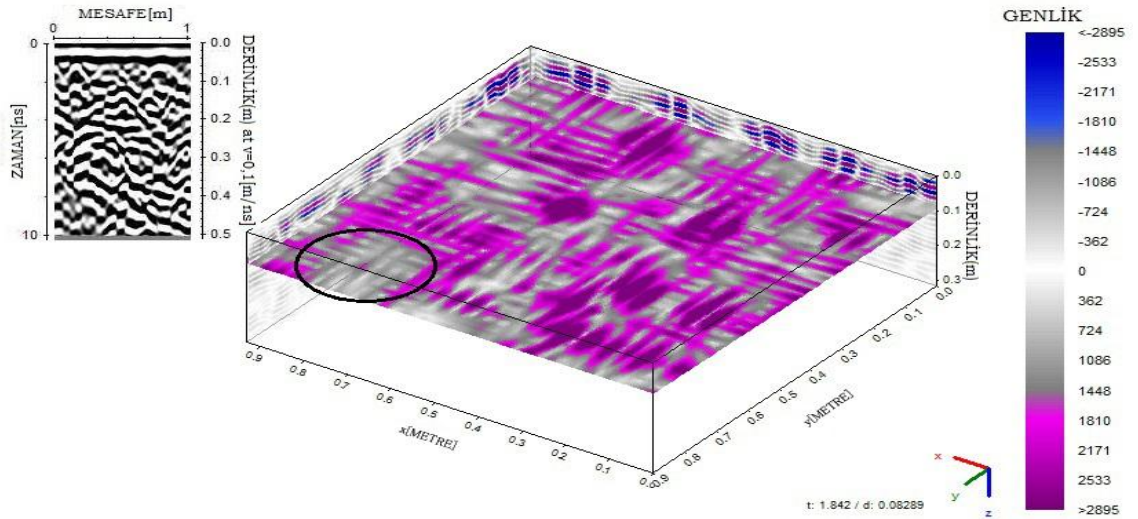
b)

P1-5

a) P1-5 ile gösterilen perde duvar b) P1-5 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



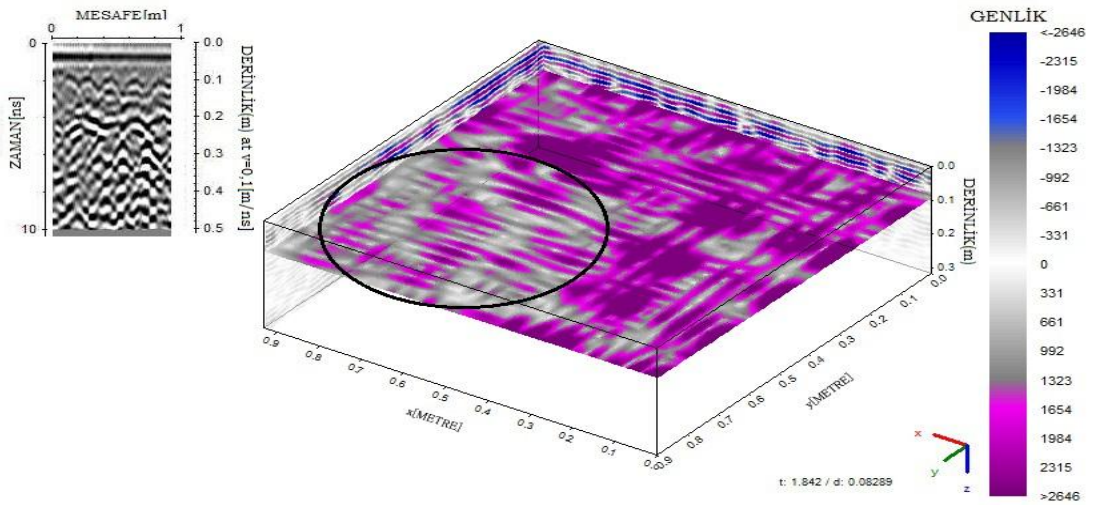
b)

P1-6

a) P1-6 ile gösterilen perde duvar b) P1-6 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



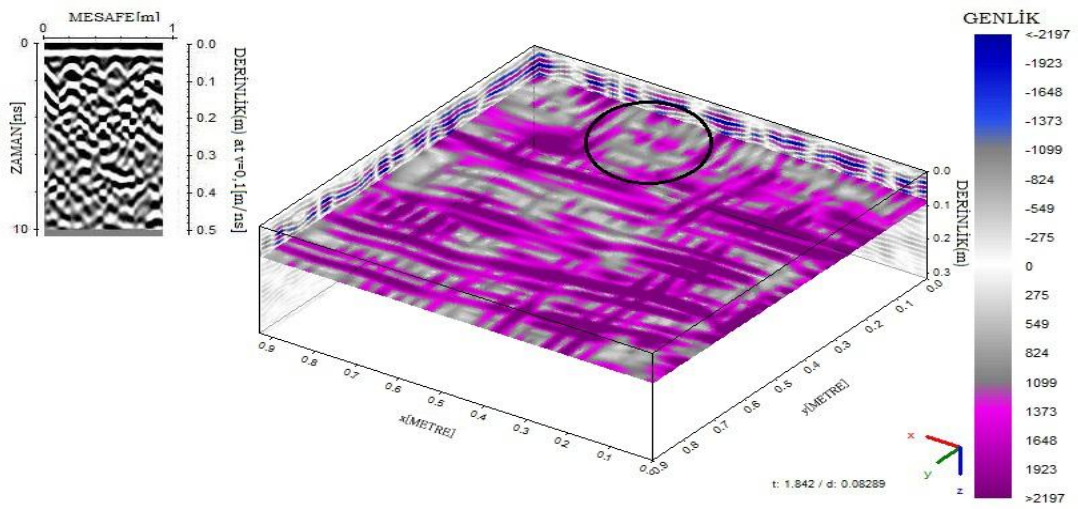
b)

P1-7

a) P1-7 ile gösterilen perde duvar b) P1-7 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



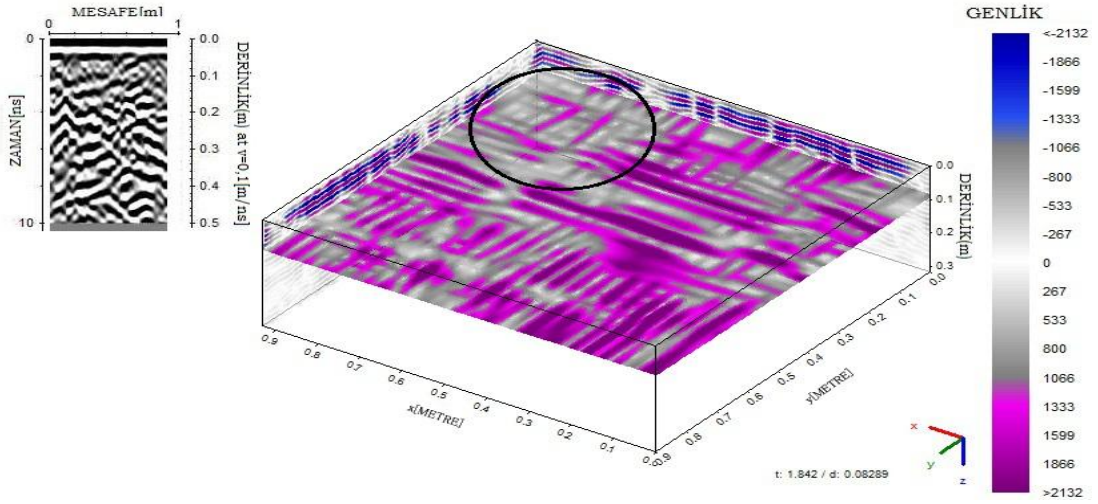
b)

P1-8

a) P1-8 ile gösterilen perde duvar b) P1-8 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



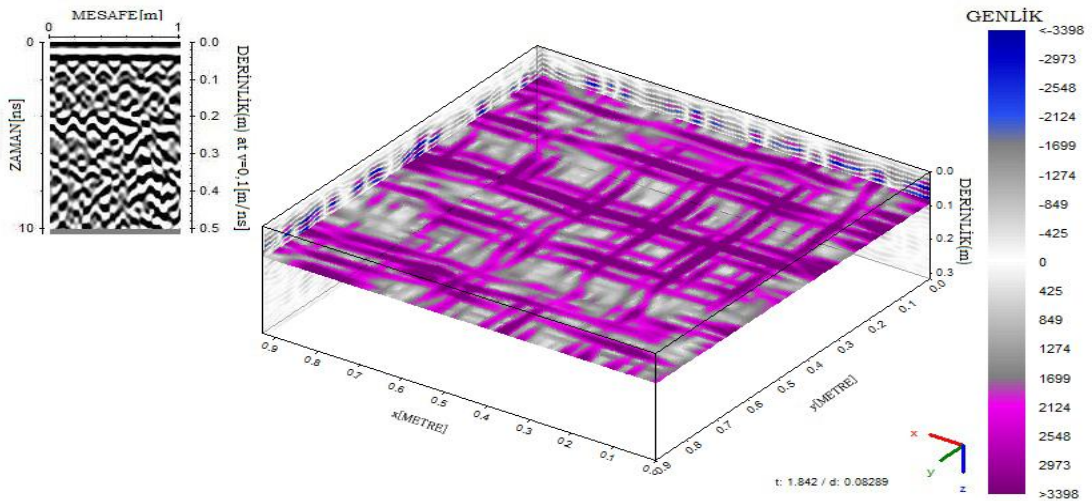
b)

P1-9

a) P1-9 ile gösterilen perde duvar b) P1-9 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



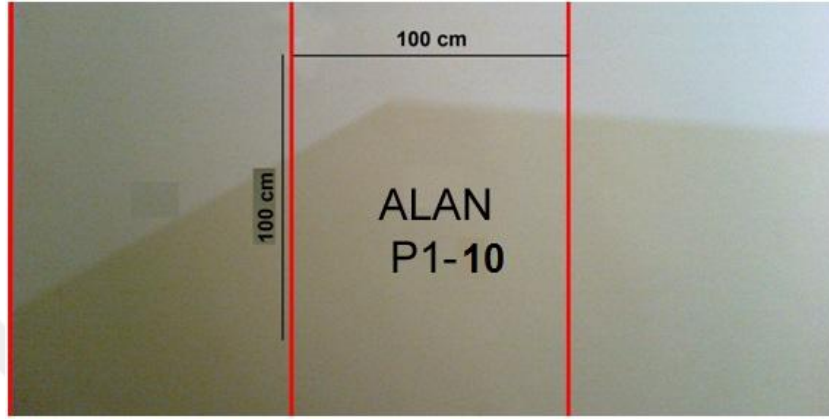
a)



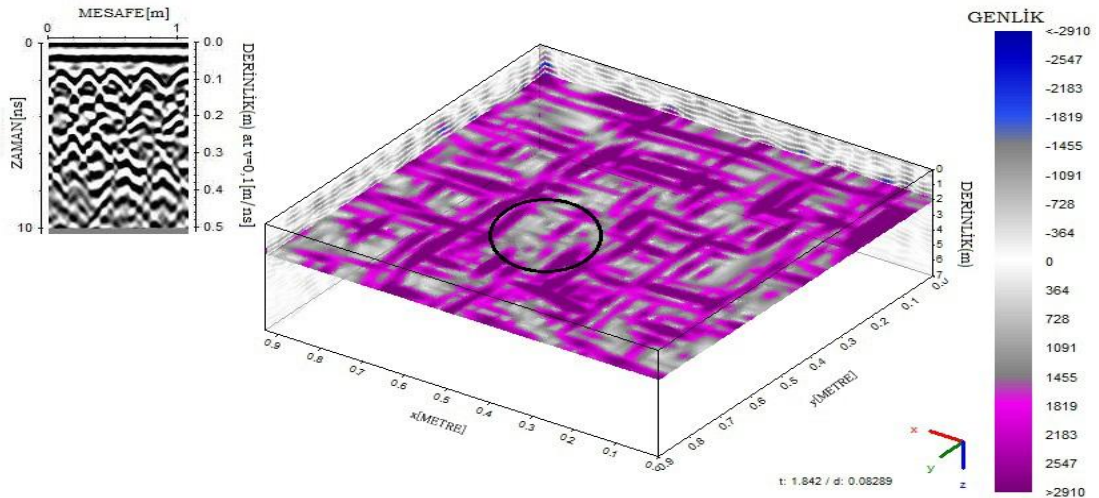
b)

P1-10

a) P1-10 ile gösterilen perde duvar b) P1-10 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



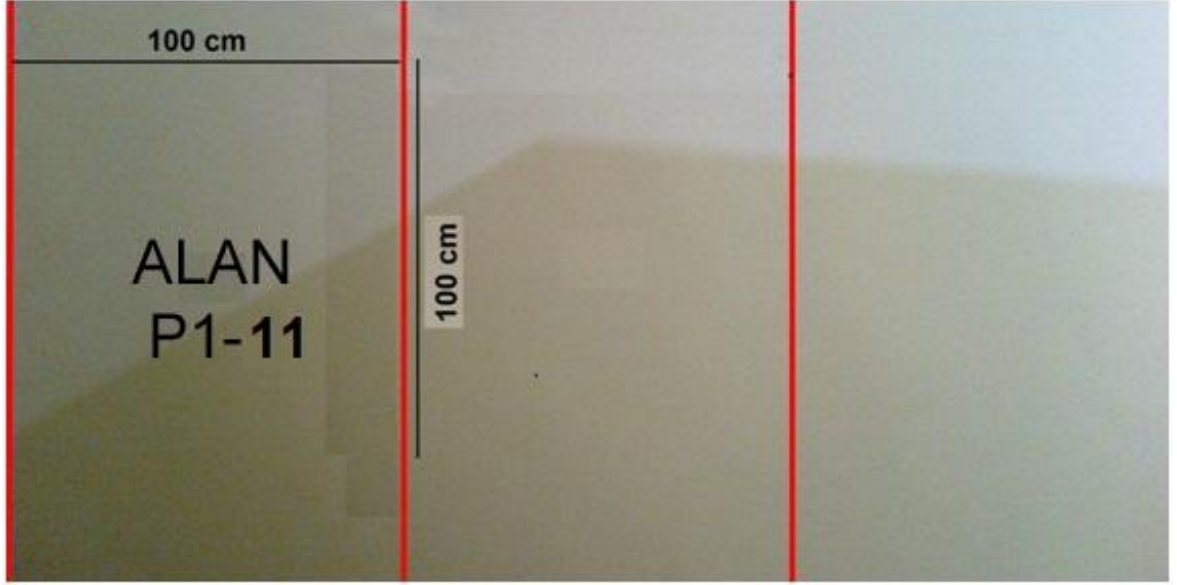
a)



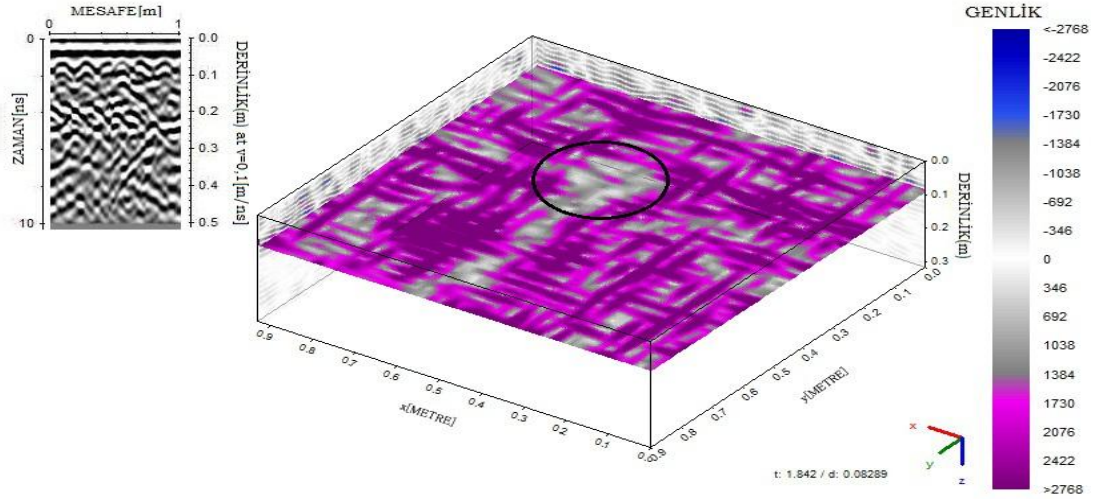
b)

P1-11

a) P1-11 ile gösterilen perde duvar b) P1-11 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



b)



EK-2 P2 ALANI

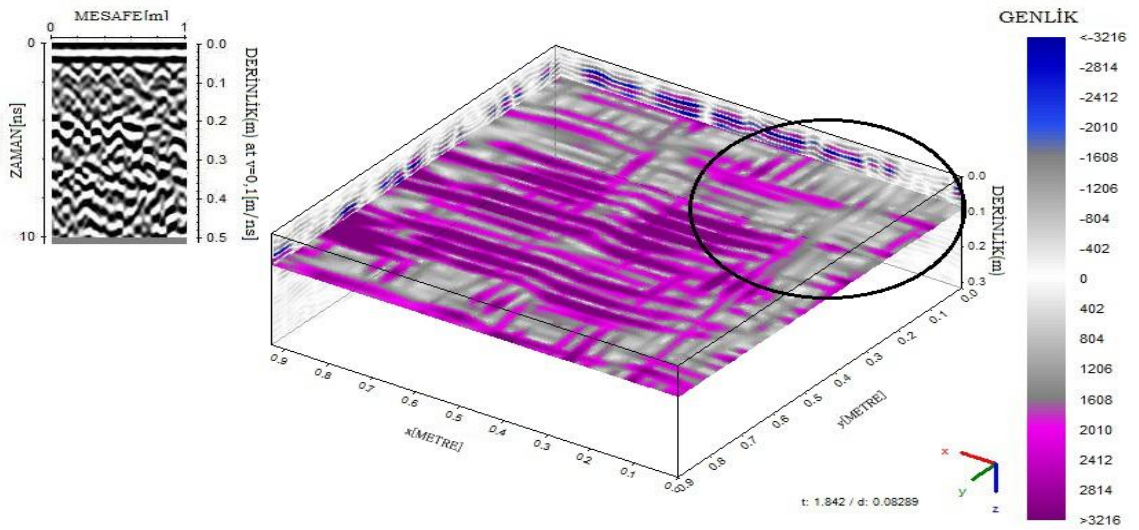
P2 ALANI

P2-1

a) P2-1 ile gösterilen perde duvar b) P2-1 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



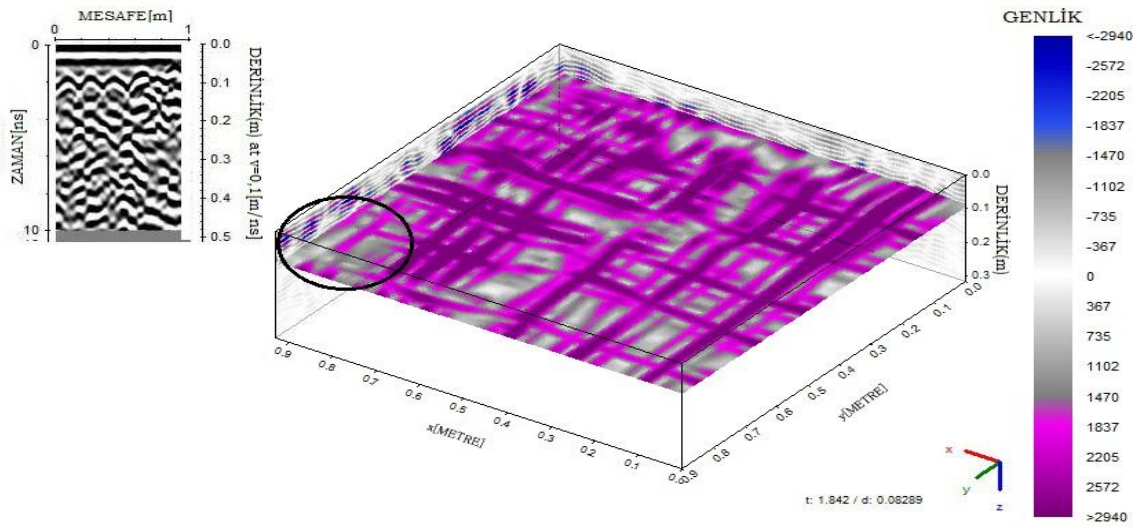
b)

P2-2

a) P2-2 ile gösterilen perde duvar b) P2-2 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



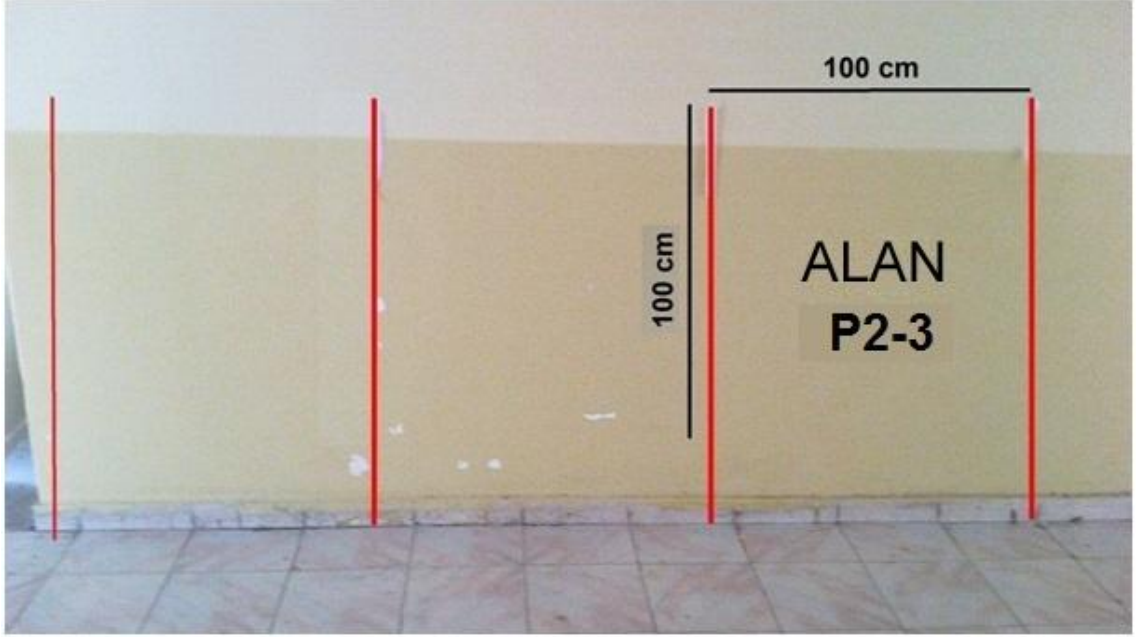
a)



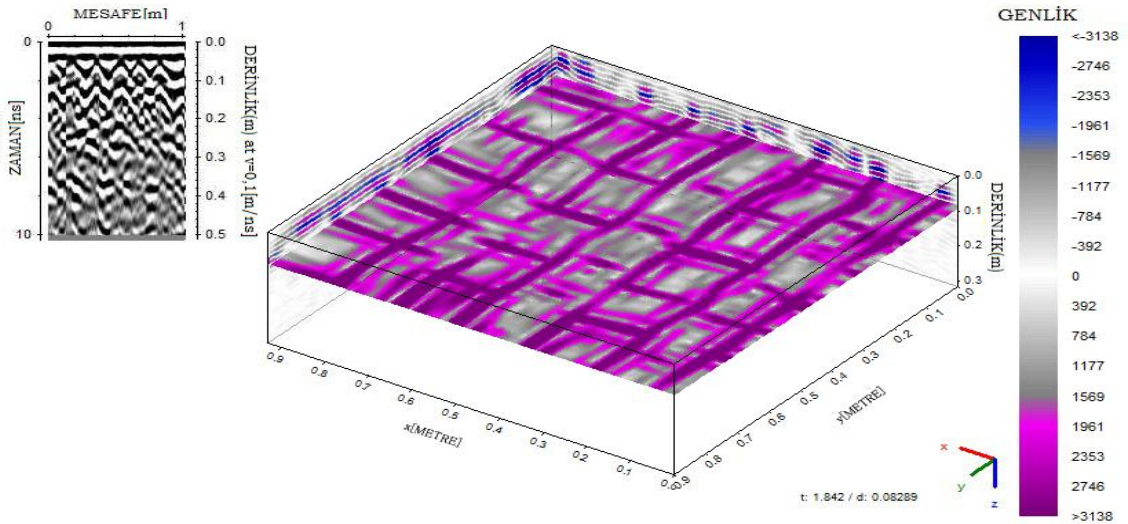
b)

P2-3

a) P2-3 ile gösterilen perde duvar b) P2-3 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



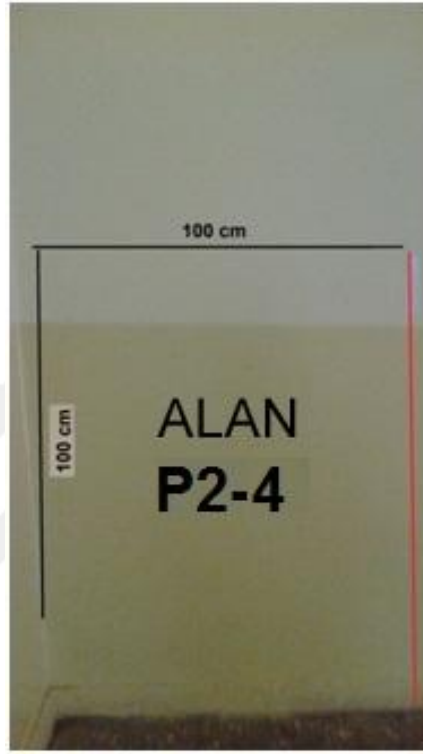
a)



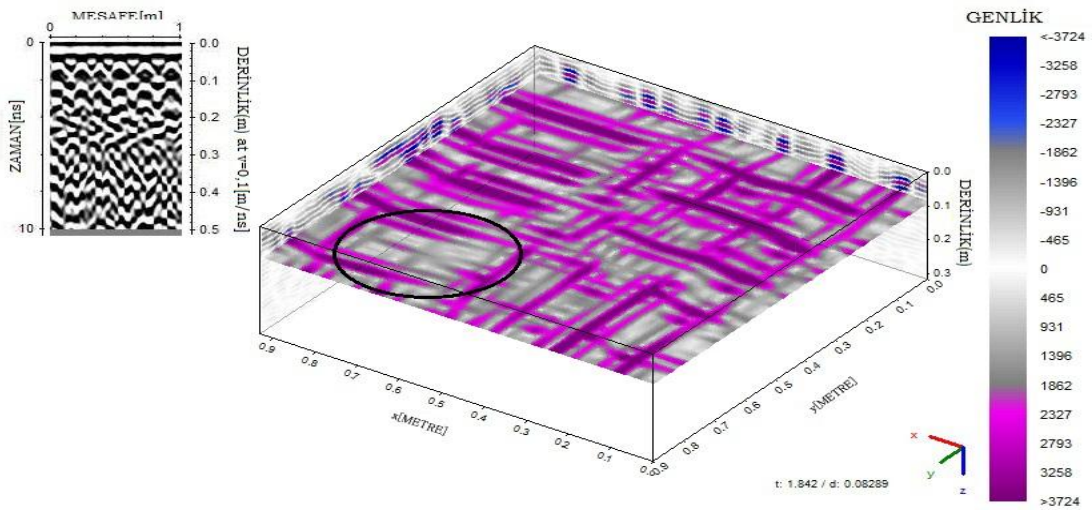
b)

P2-4

a) P2-4 ile gösterilen perde duvar b) P2-4 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



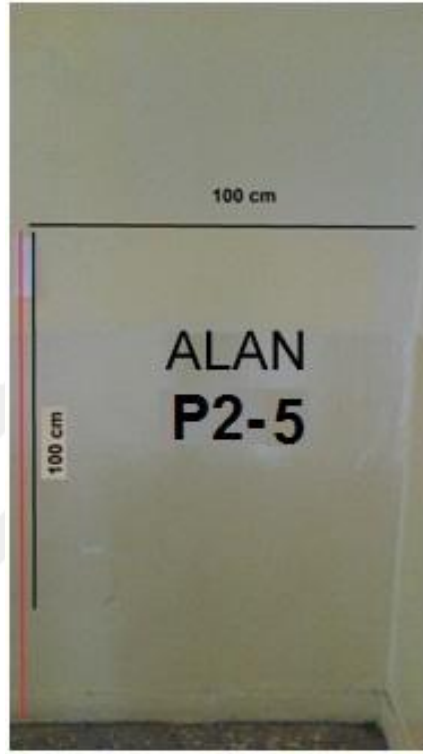
a)



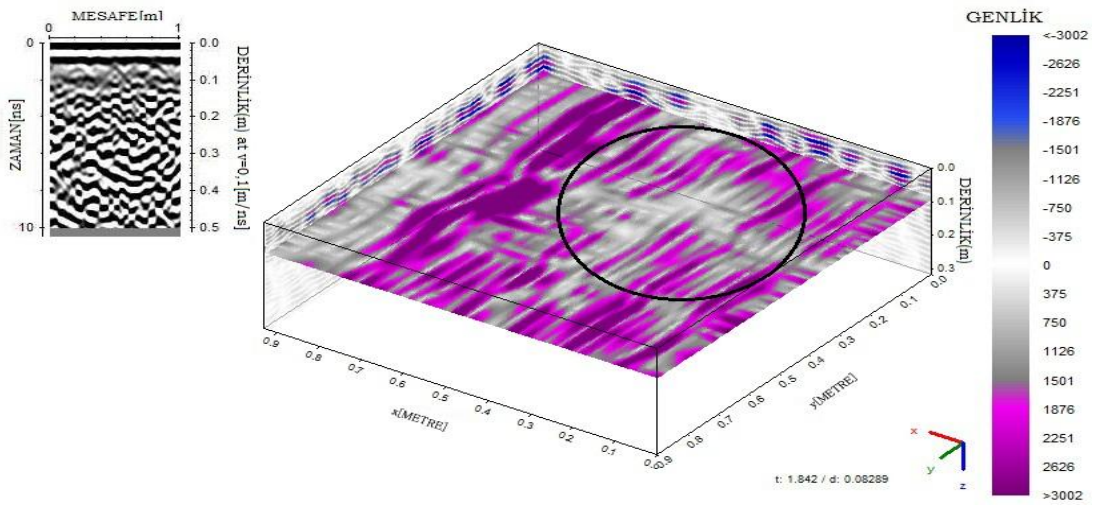
b)

P2-5

a) P2-5 ile gösterilen perde duvar b) P2-5 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



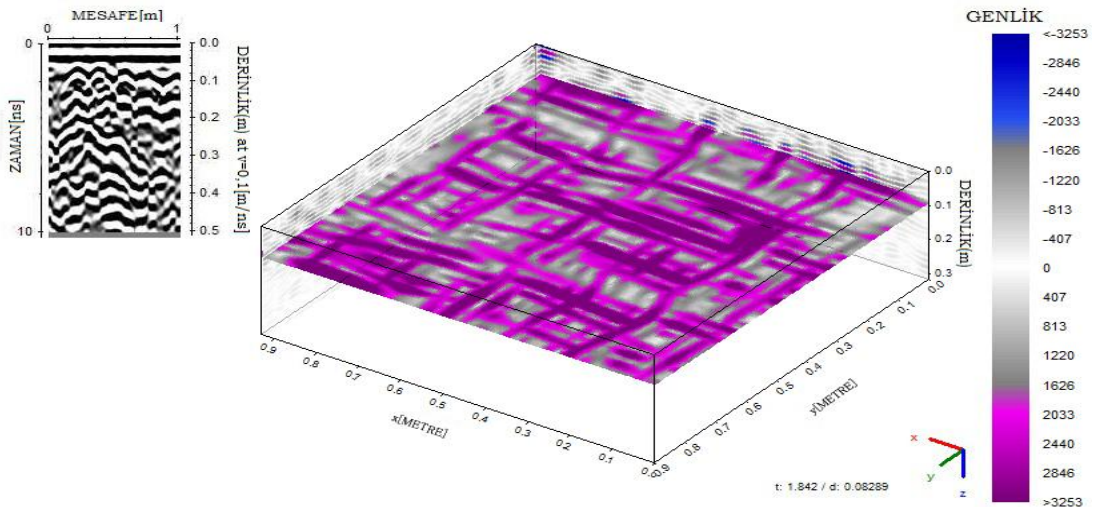
b)

P2-6

a) P2-6 ile gösterilen perde duvar b) P2-6 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



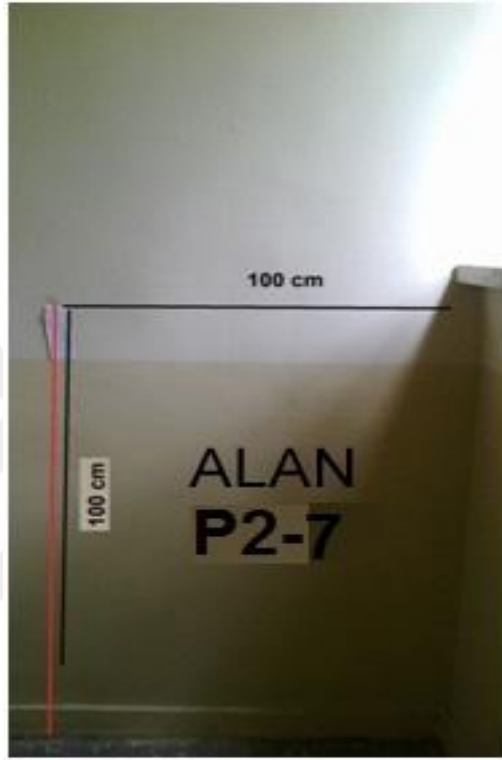
a)



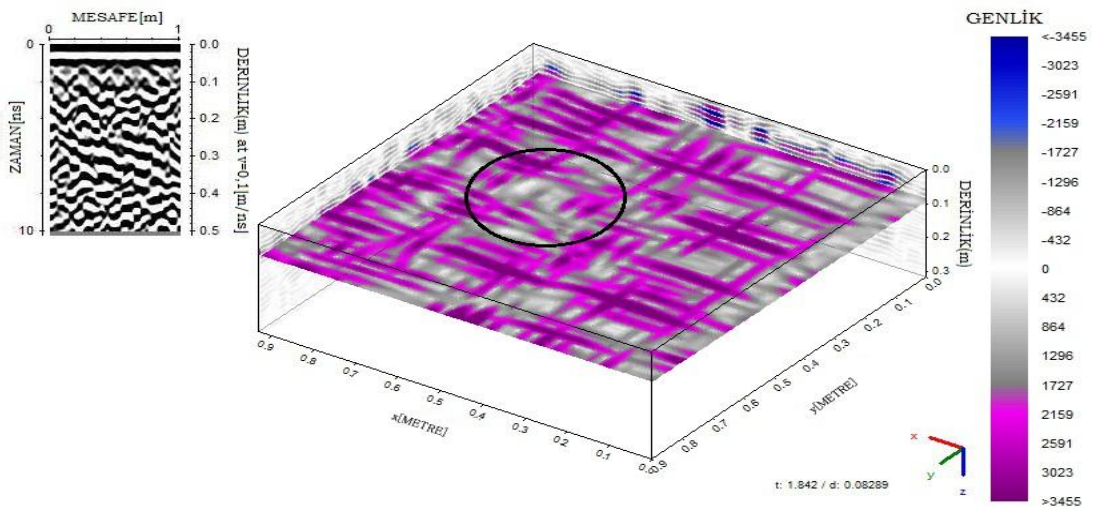
b)

P2-7

a) P2-7 ile gösterilen perde duvar b) P2-7 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



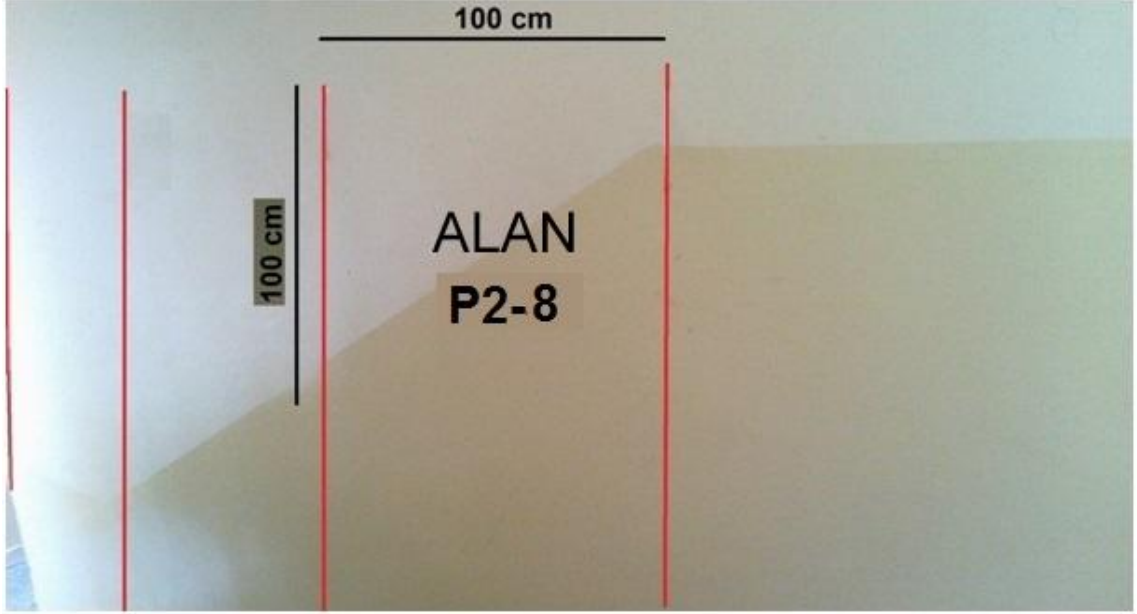
a)



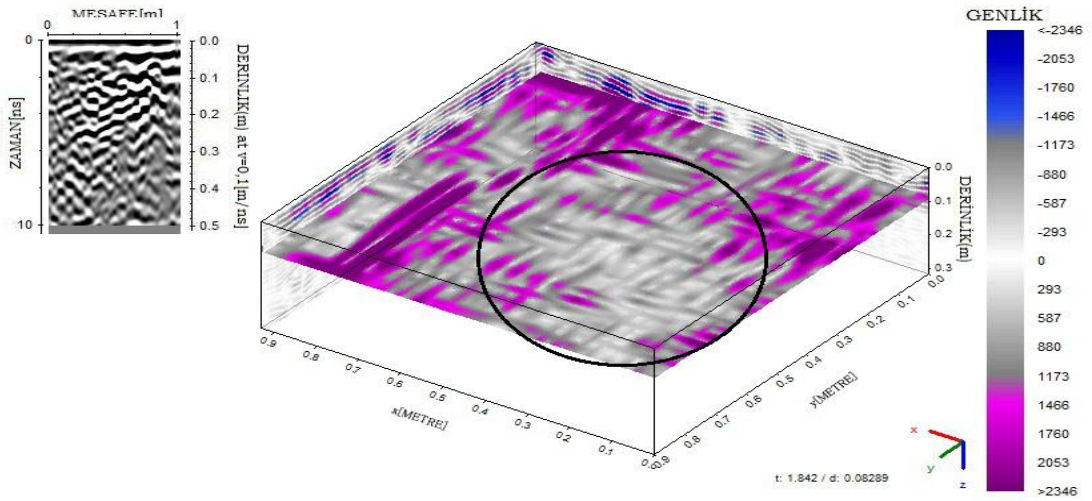
b)

P2-8

a) P2-8 ile gösterilen perde duvar b) P2-8 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



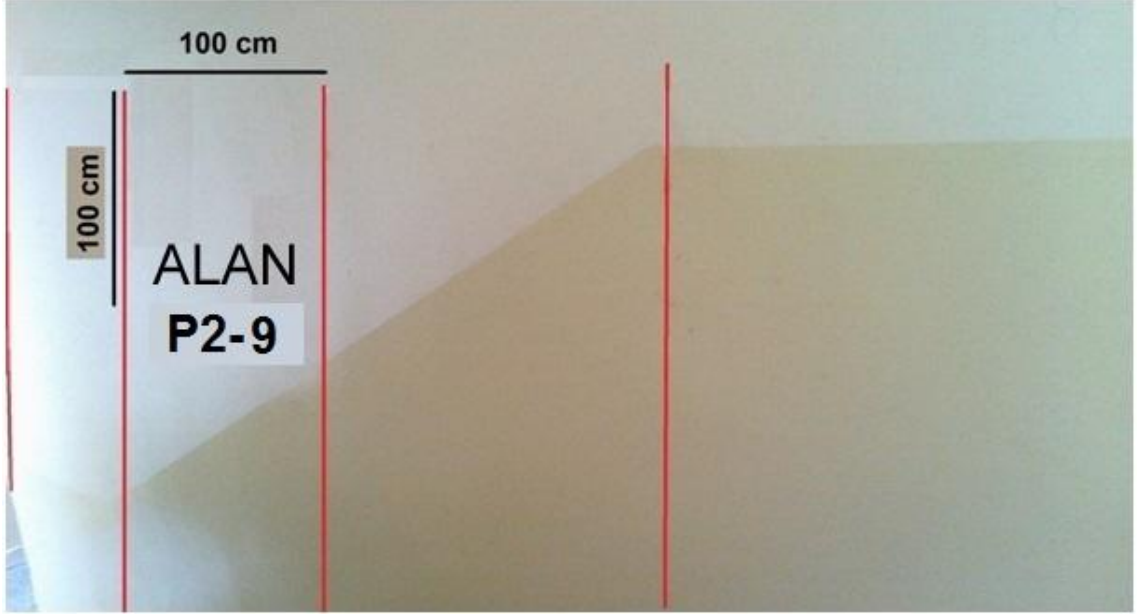
a)



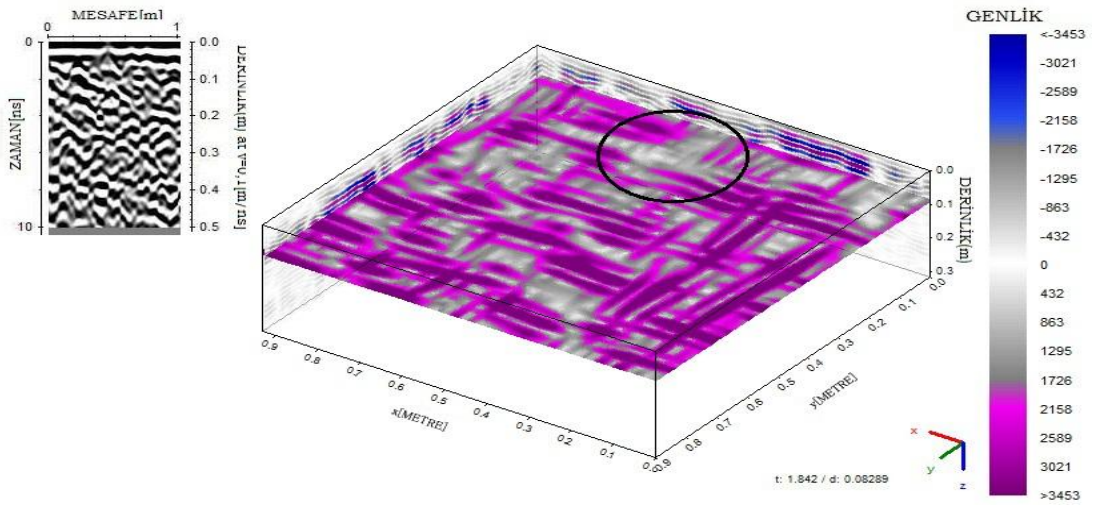
b)

P2-9

a) P2-9 ile gösterilen perde duvar b) P2-9 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



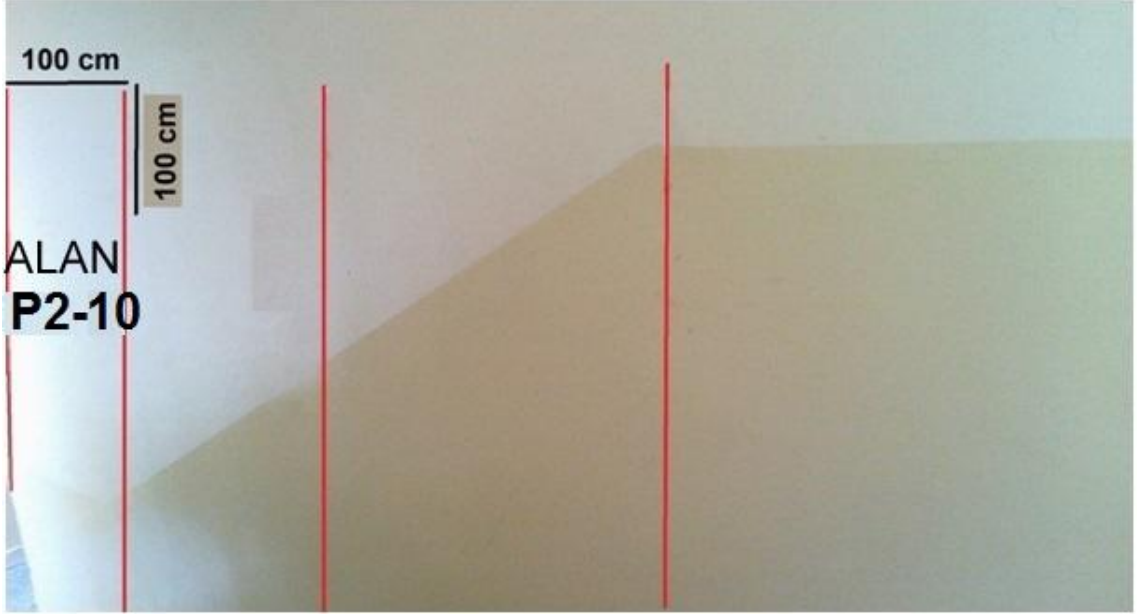
a)



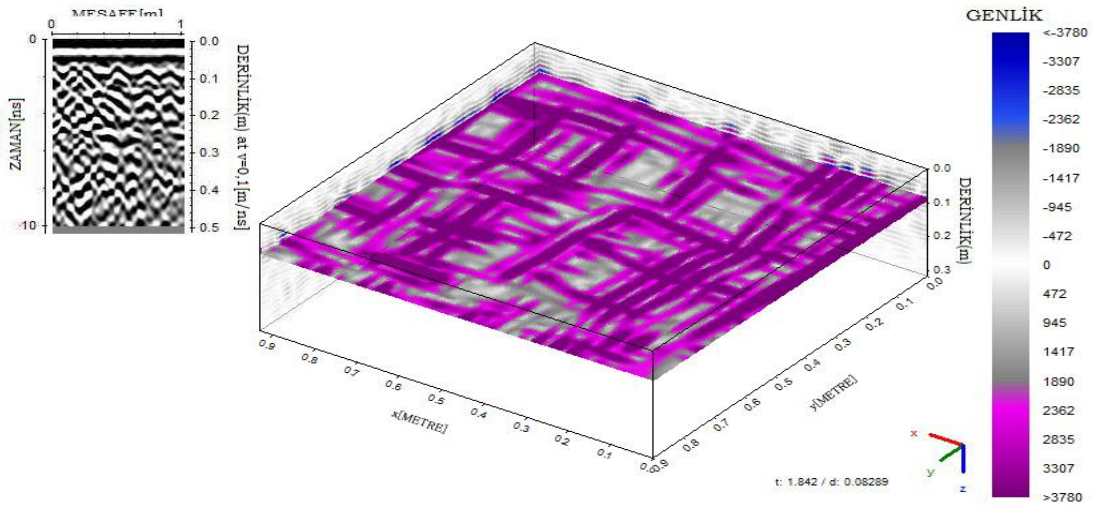
b)

P2-10

a) P2-10 ile gösterilen perde duvar b) P2-10 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



b)



EK-3 P3 ALANI

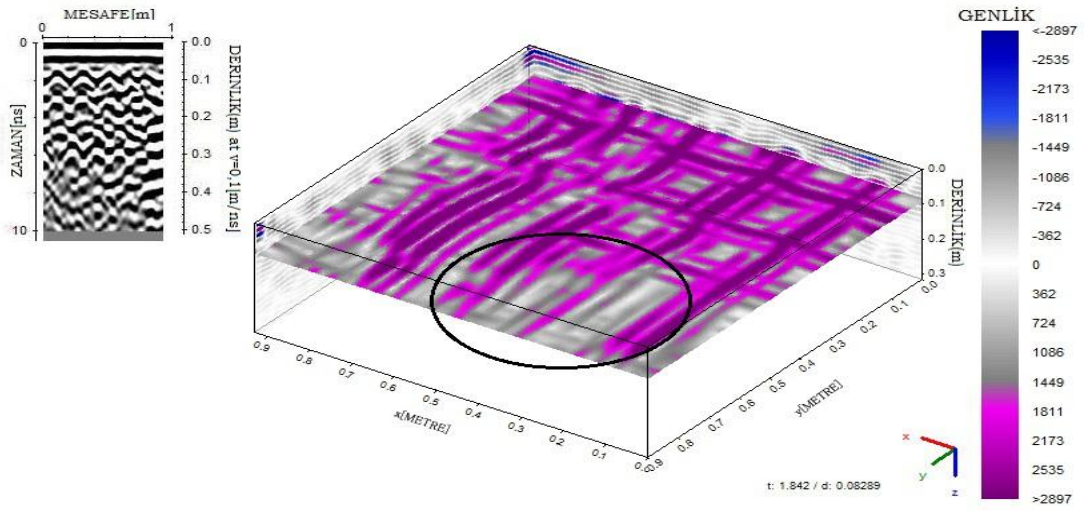
P3 ALANI

P3-1

a) P3-1 ile gösterilen perde duvar b) P3-1 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



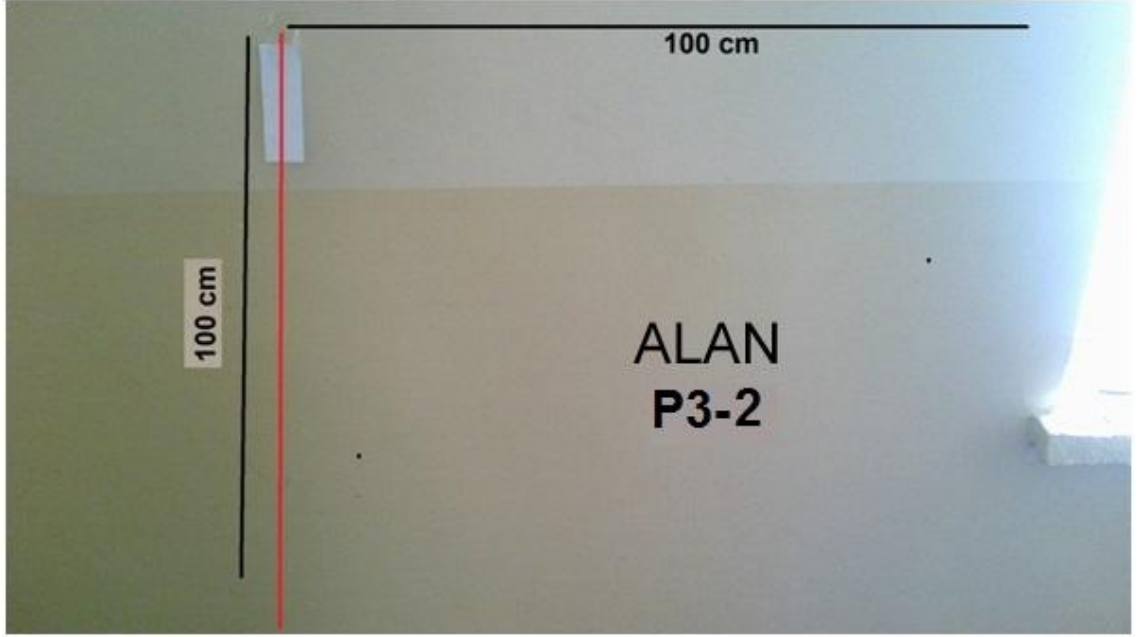
a)



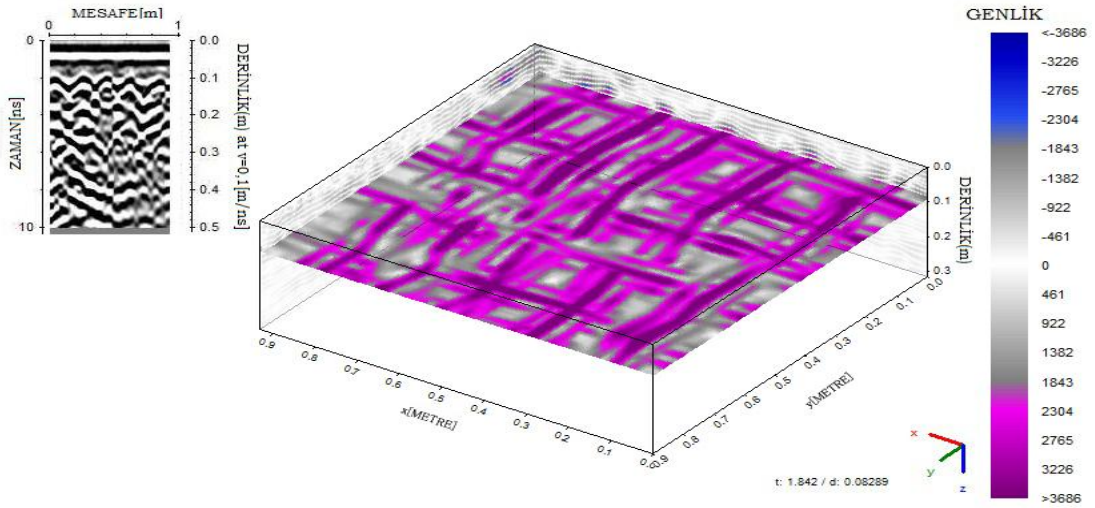
b)

P3-2

a) P3-2 ile gösterilen perde duvar b) P3-2 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



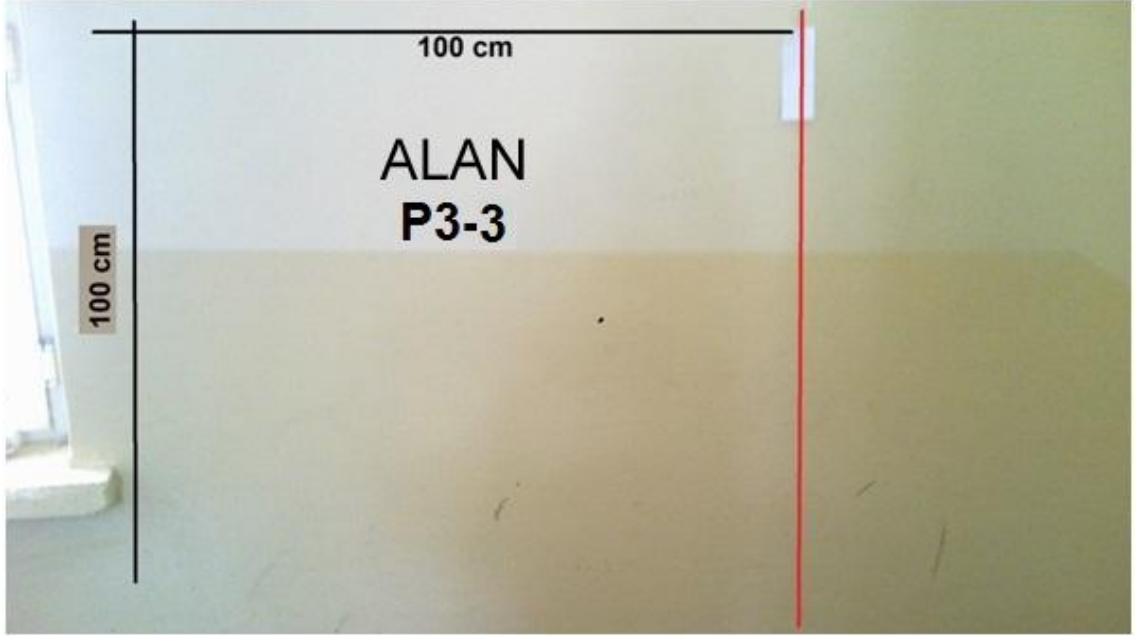
a)



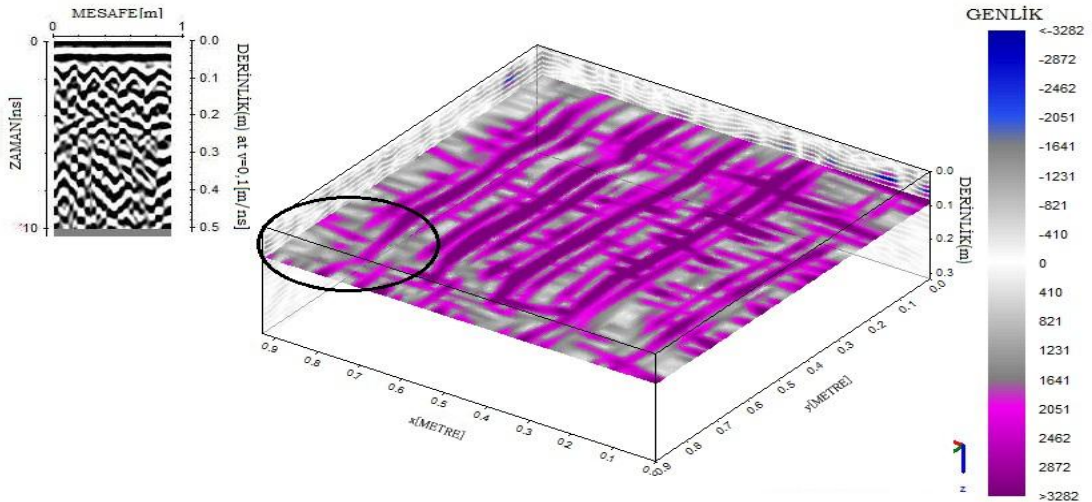
b)

P3-3

a) P3-3 ile gösterilen perde duvar b) P3-3 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



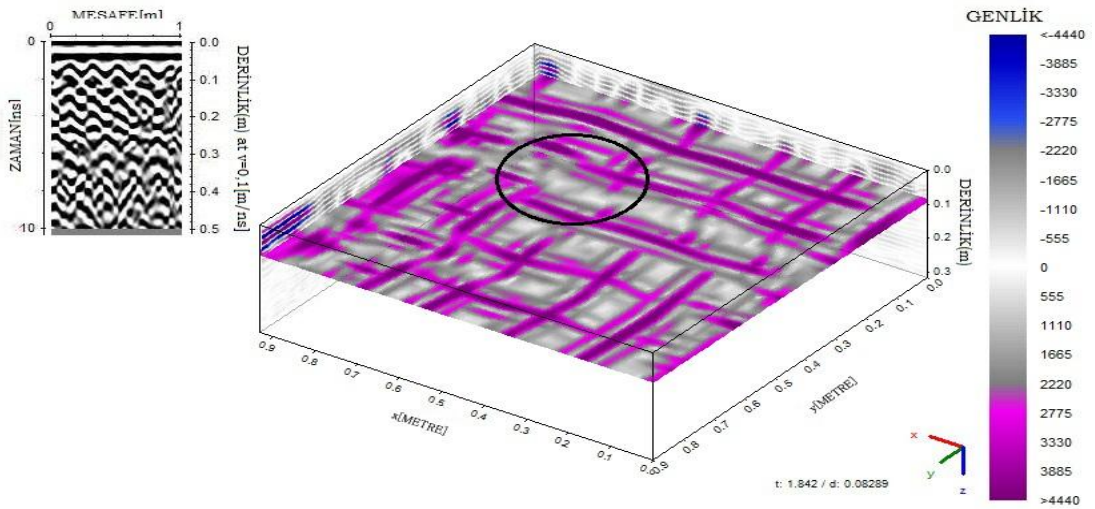
b)

P3-4

a) P3-4 ile gösterilen perde duvar b) P3-4 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



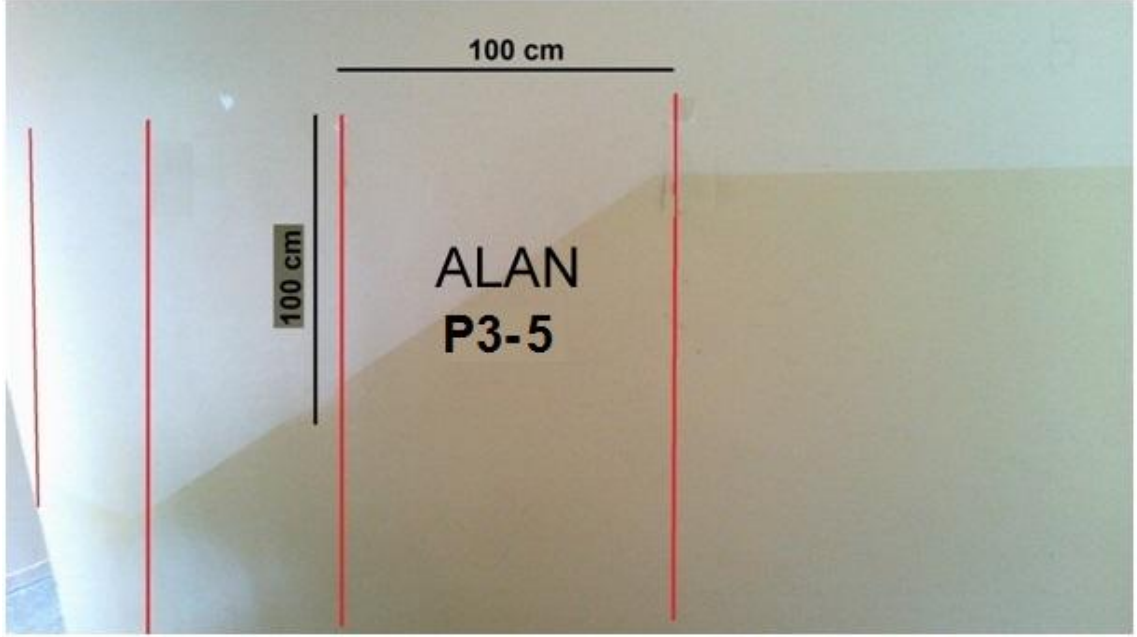
a)



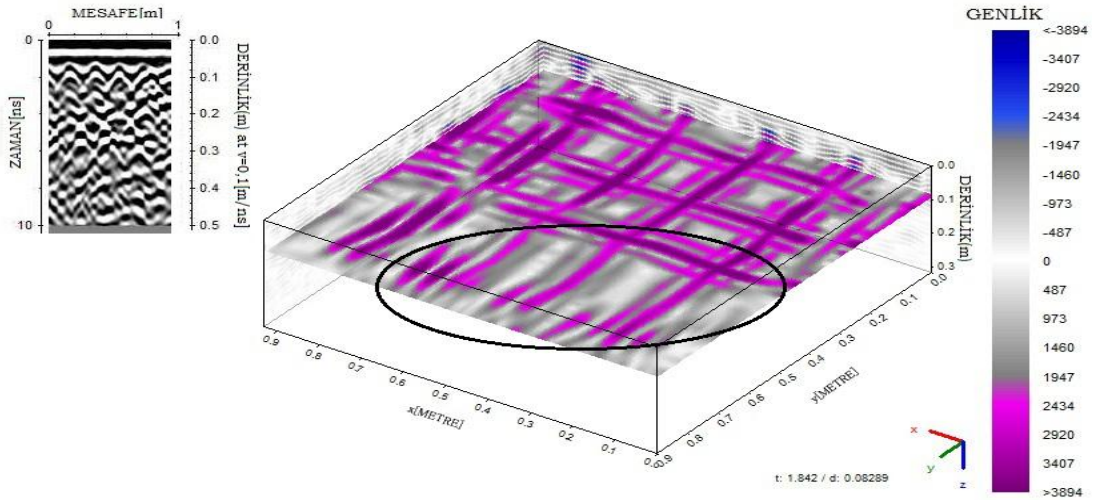
b)

P3-5

a) P3-5 ile gösterilen perde duvar b) P3-5 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



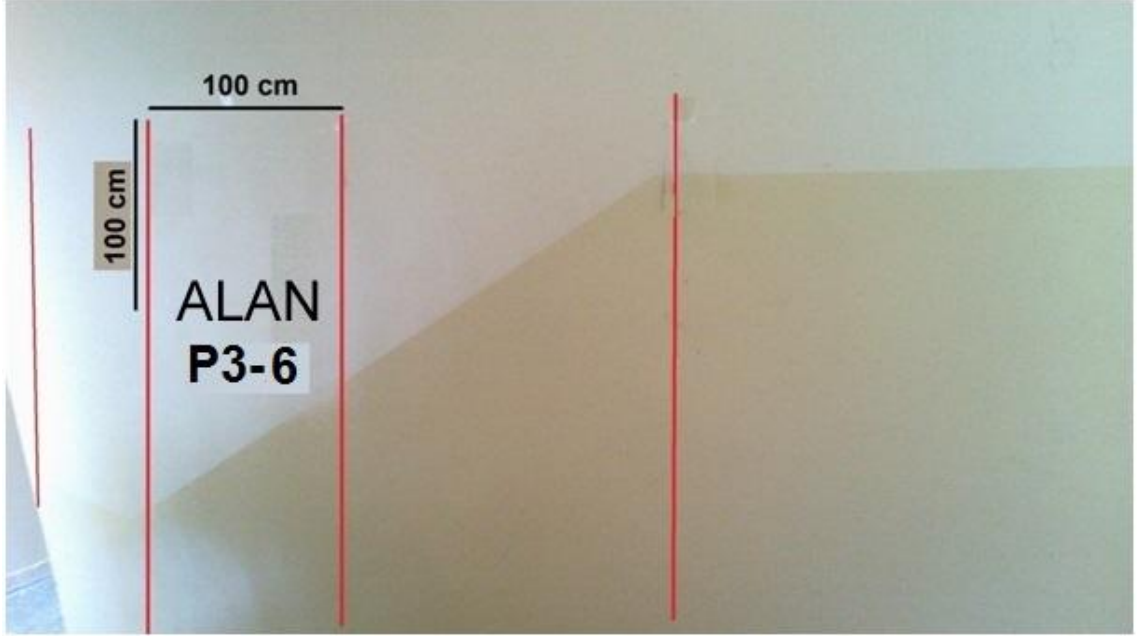
a)



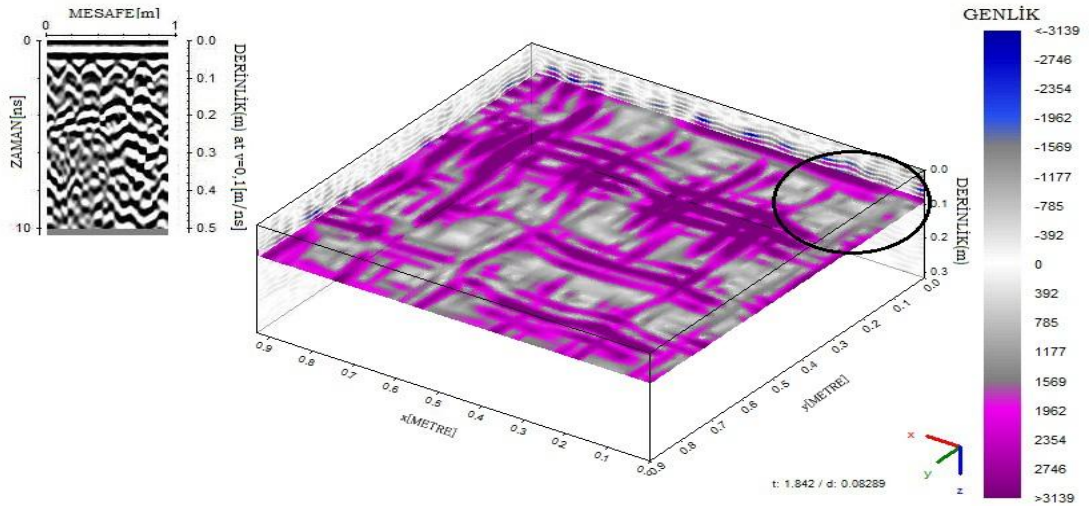
b)

P3-6

a) P3-6 ile gösterilen perde duvar b) P3-6 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



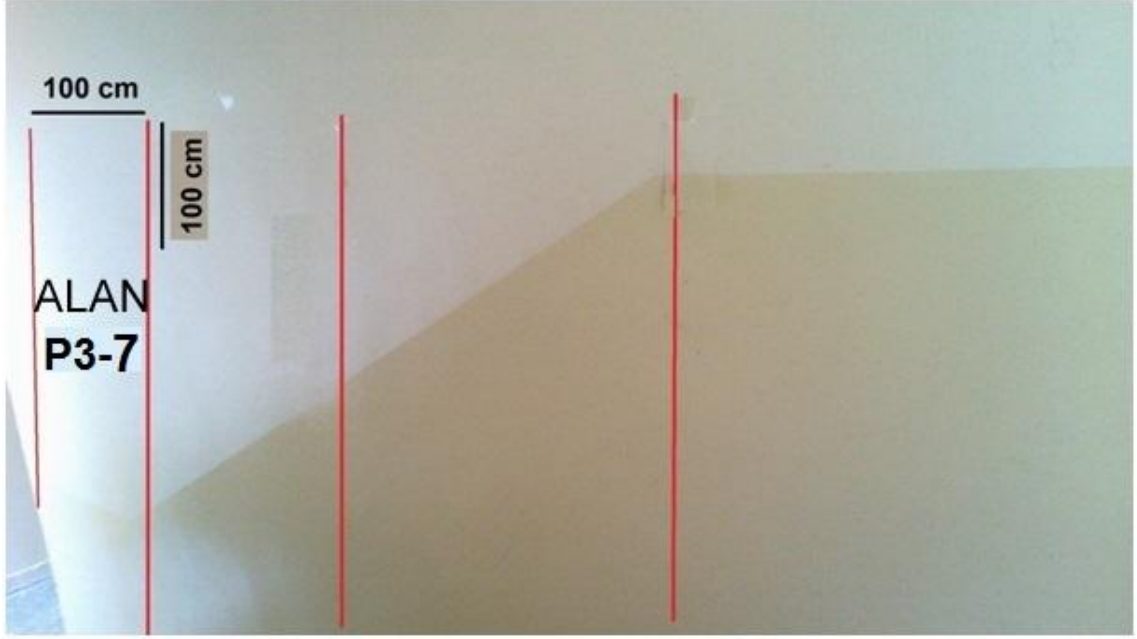
a)



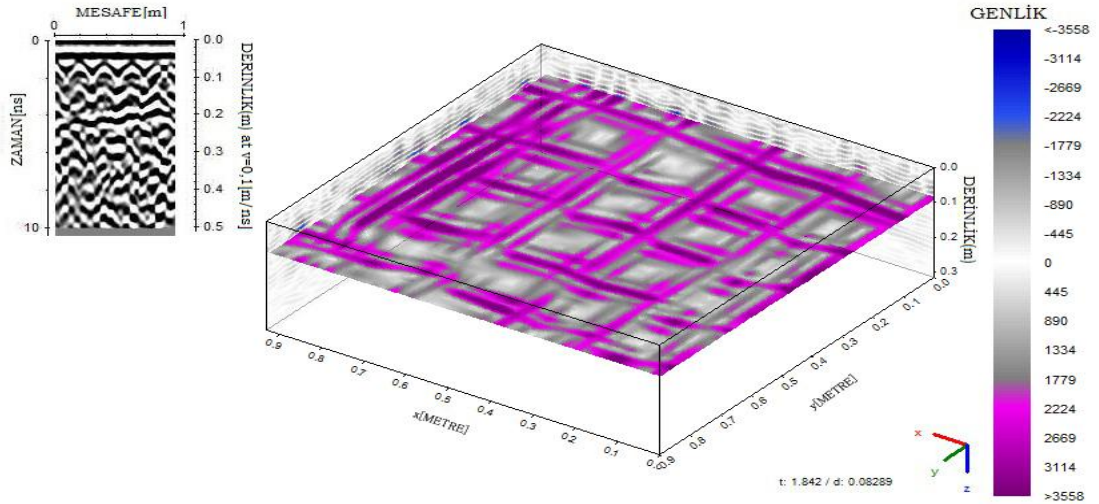
b)

P3-7

a) P3-7 ile gösterilen perde duvar b) P3-7 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



b)

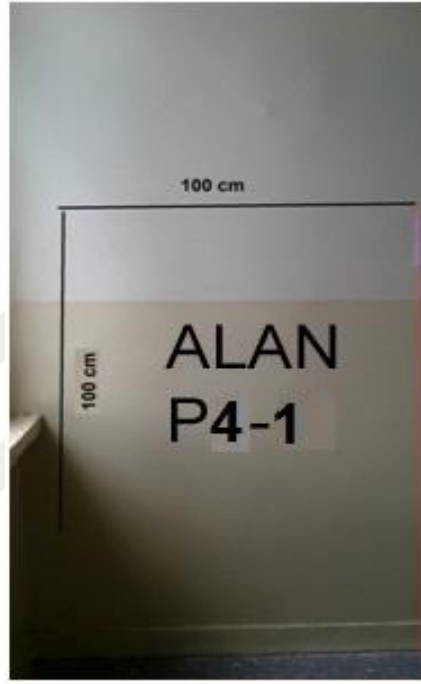


EK-4 P4 ALANI

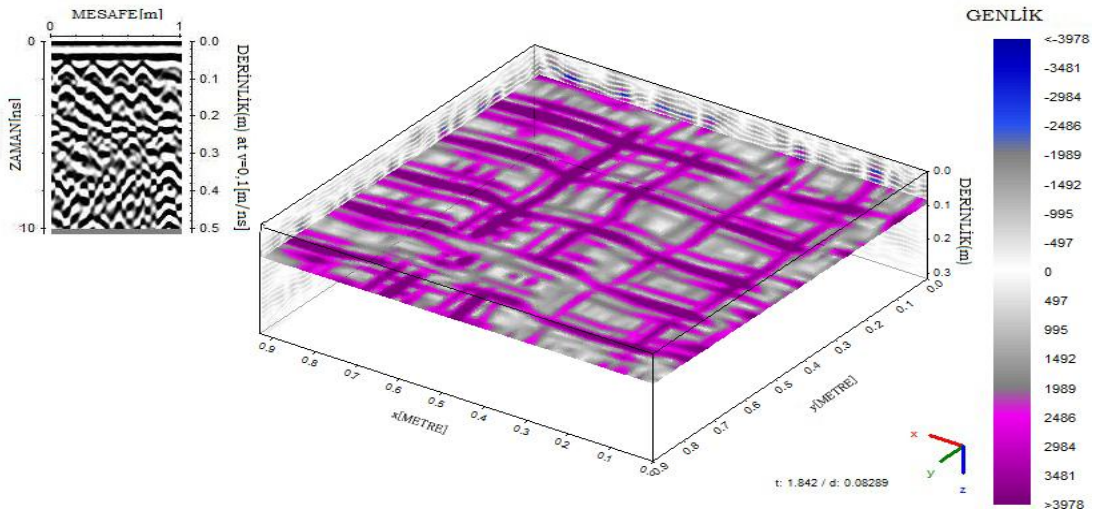
P4 ALANI

P4-1

a) P4-1 ile gösterilen perde duvar b) P4-1 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



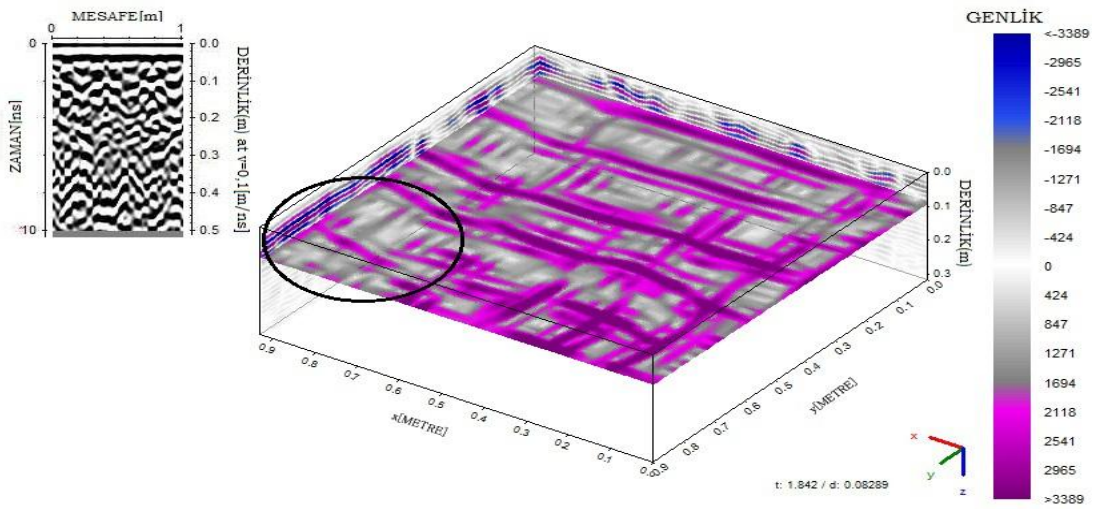
b)

P4-2

a) P4-2 ile gösterilen perde duvar b) P4-2 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



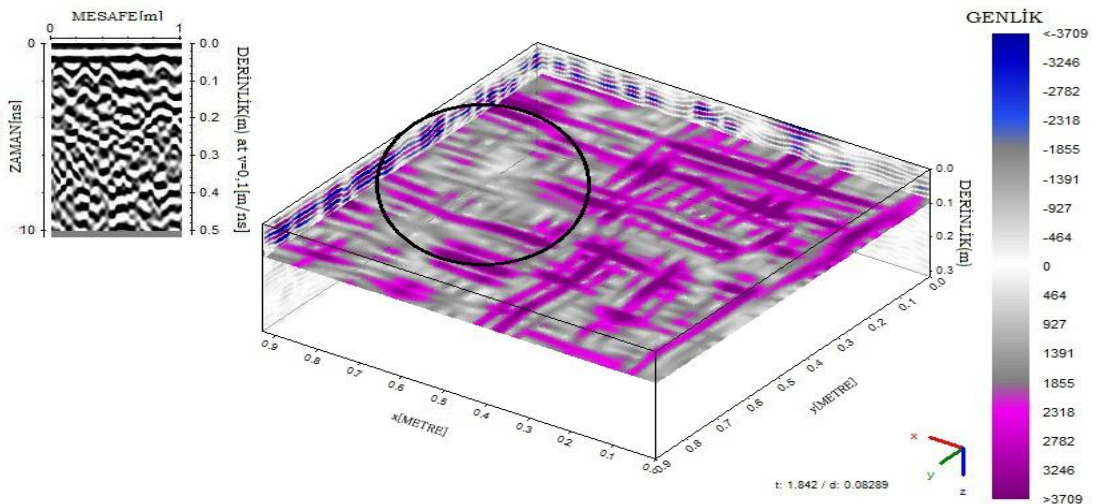
b)

P4-3

a) P4-3 ile gösterilen perde duvar b) P4-3 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



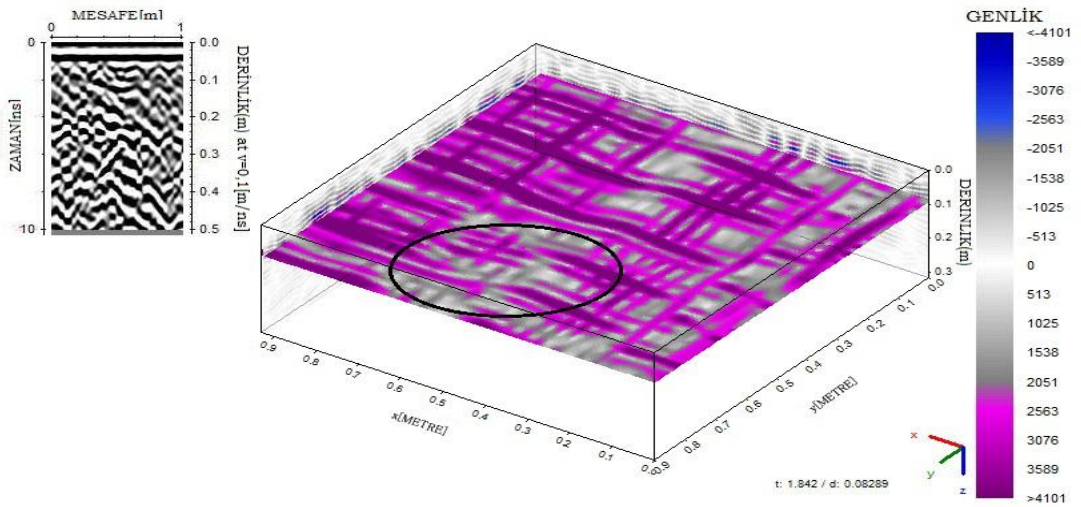
b)

P4-4

a) P4-4 ile gösterilen perde duvar b) P4-4 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



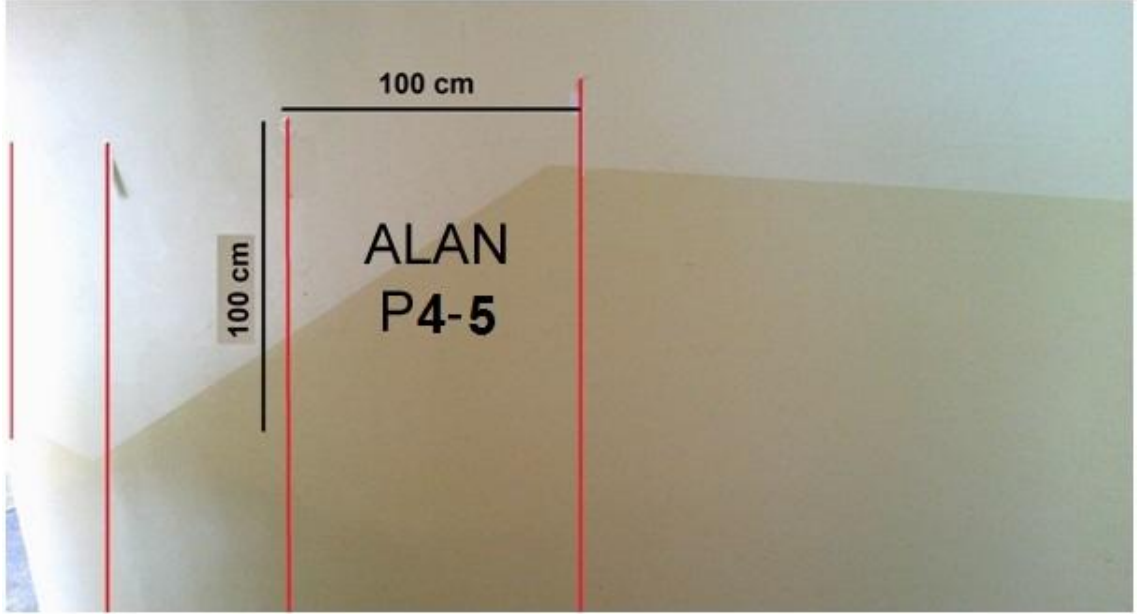
a)



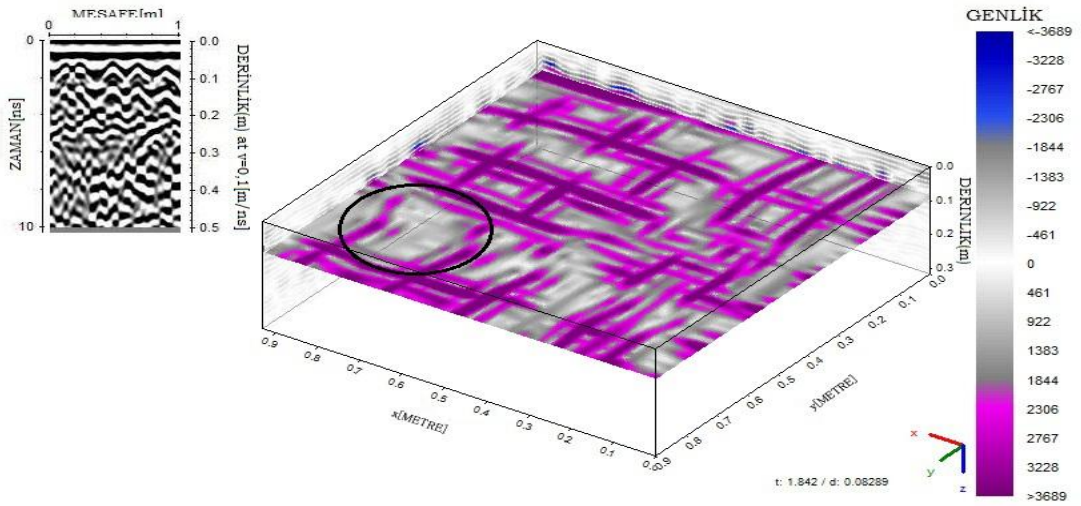
b)

P4-5

a) P4-5 ile gösterilen perde duvar b) P4-5 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



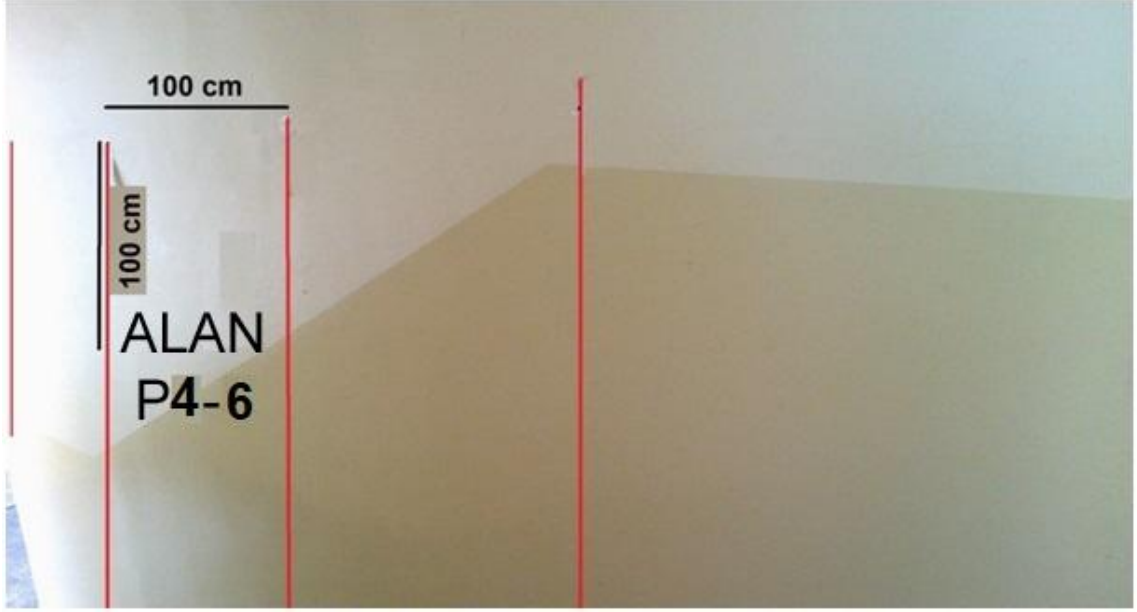
a)



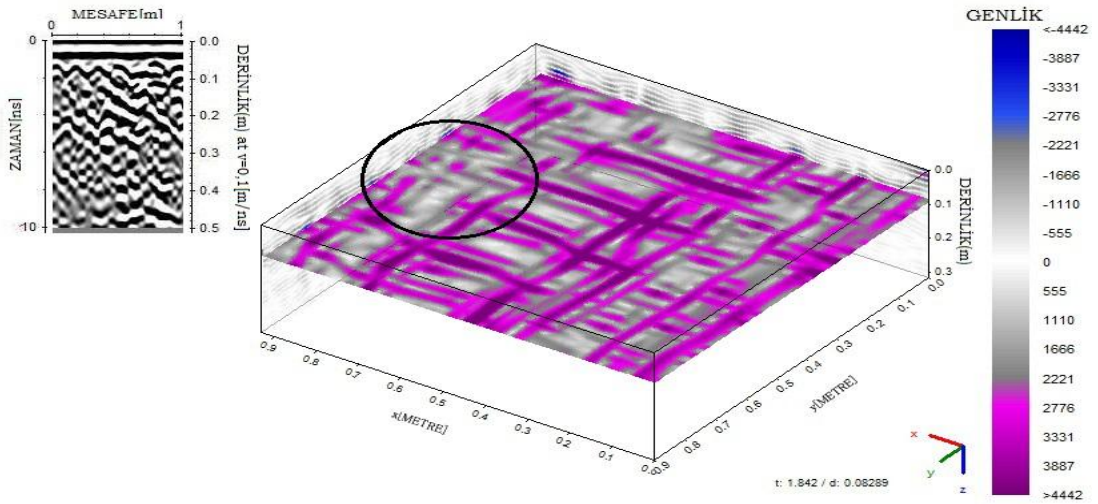
b)

P4-6

a) P4-6 ile gösterilen perde duvar b) P4-6 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



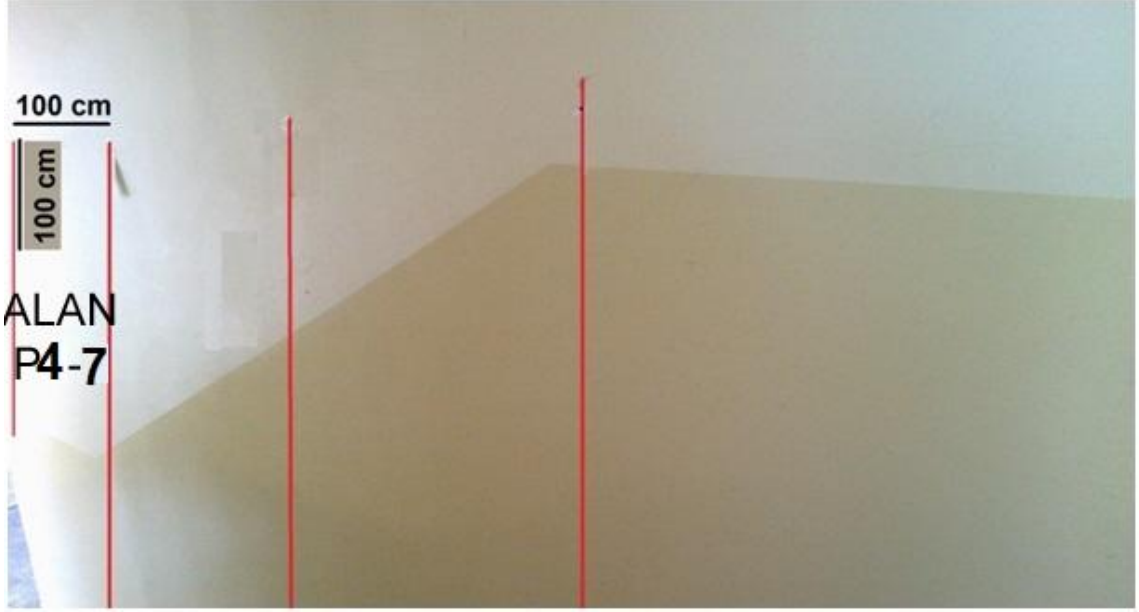
a)



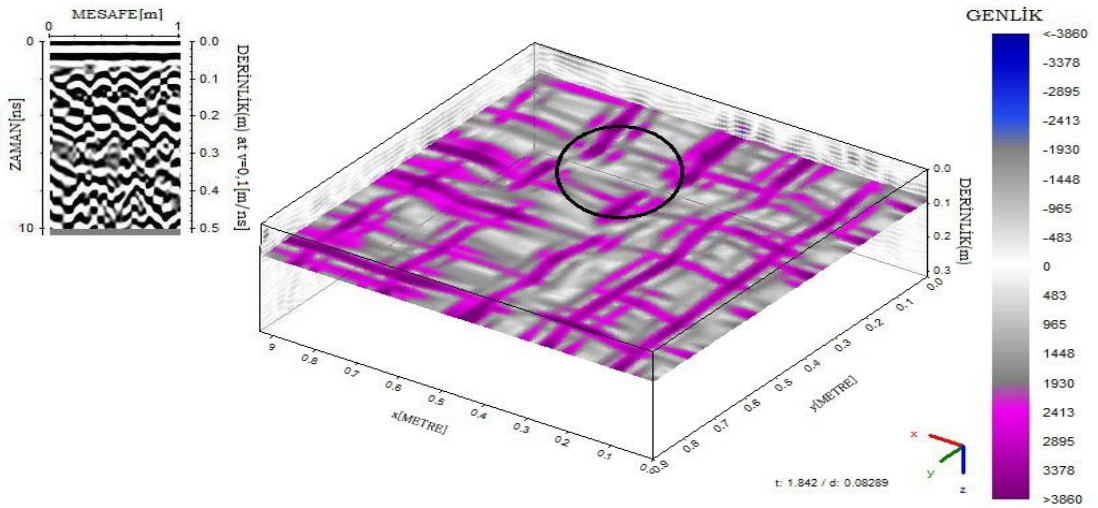
b)

P4-7

a) P4-7 ile gösterilen perde duvar b) P4-7 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



b)



EK-5 P5 ALANI

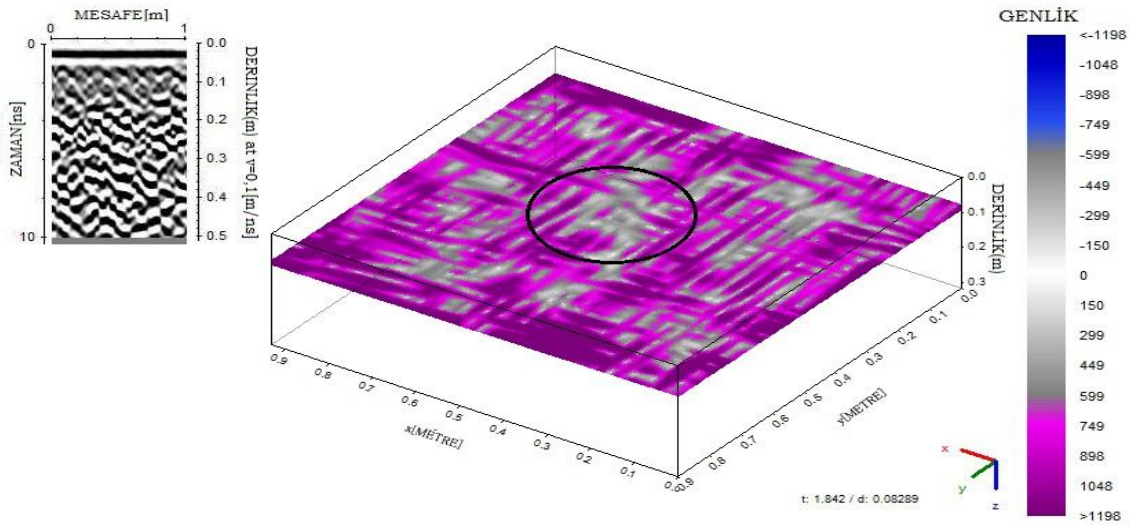
P5 ALANI

P5-1

a) P5-1 ile gösterilen perde duvar b) P5-1 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



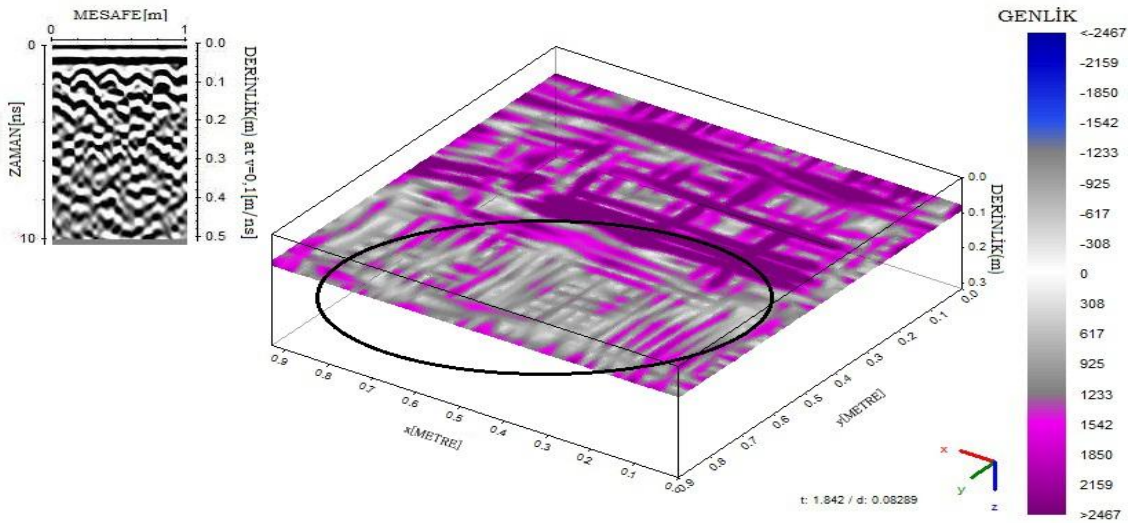
b)

P5-2

a) P5-2 ile gösterilen perde duvar b) P5-2 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)

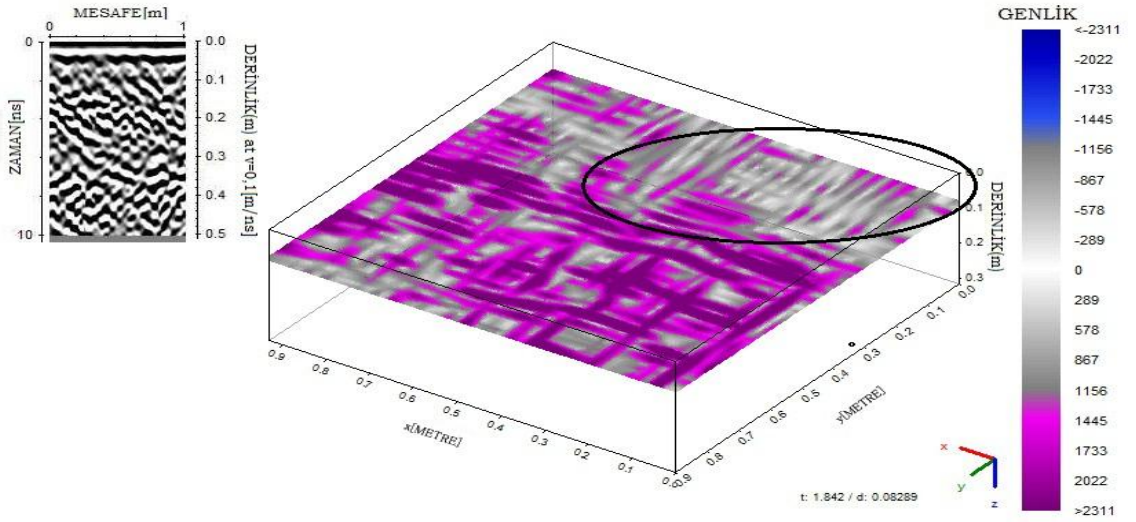
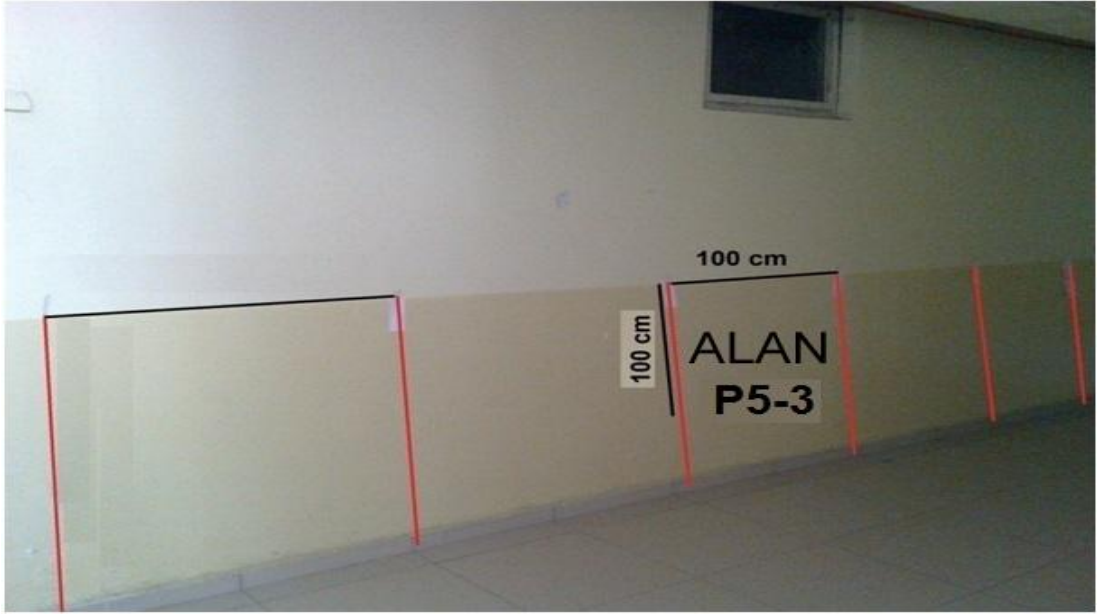


b)

P5-3

a) P5-3 ile gösterilen perde duvar b) P5-3 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.

a)



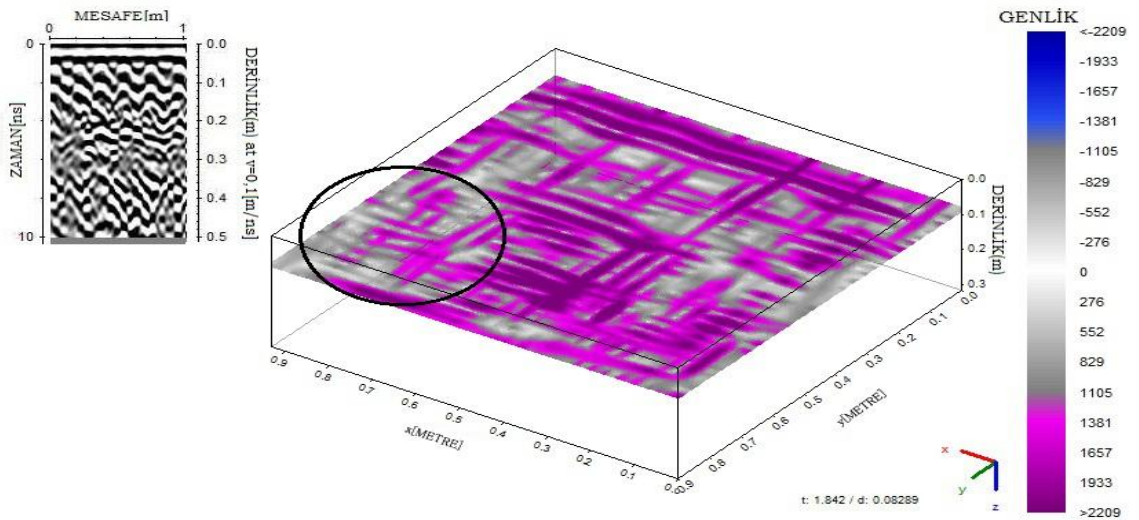
b)

P5-4

a) P5-4 ile gösterilen perde duvar b) P5-4 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



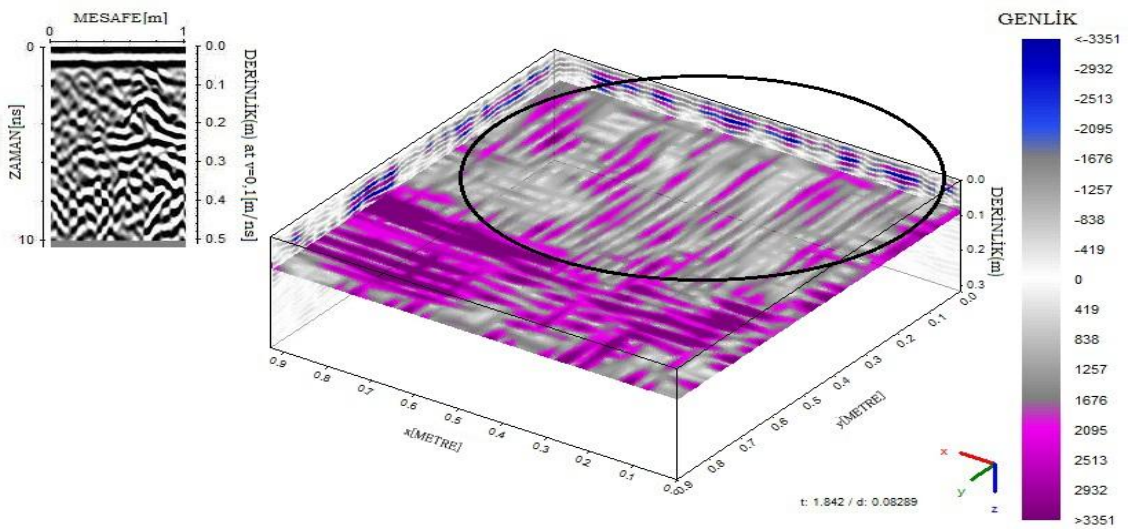
b)

P5-5

a) P5-5 ile gösterilen perde duvar b) P5-5 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



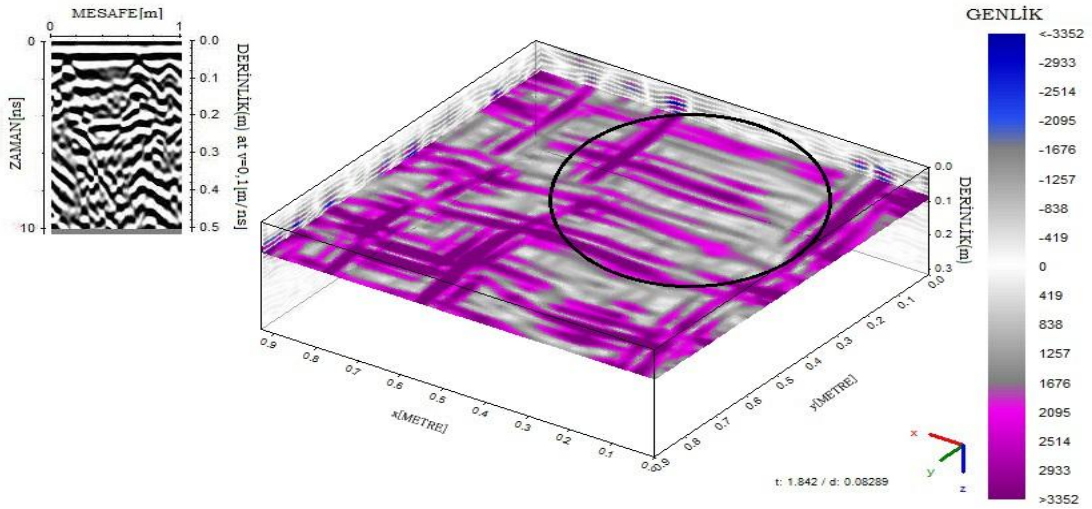
b)

P5-6

a) P5-6 ile gösterilen perde duvar b) P5-6 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



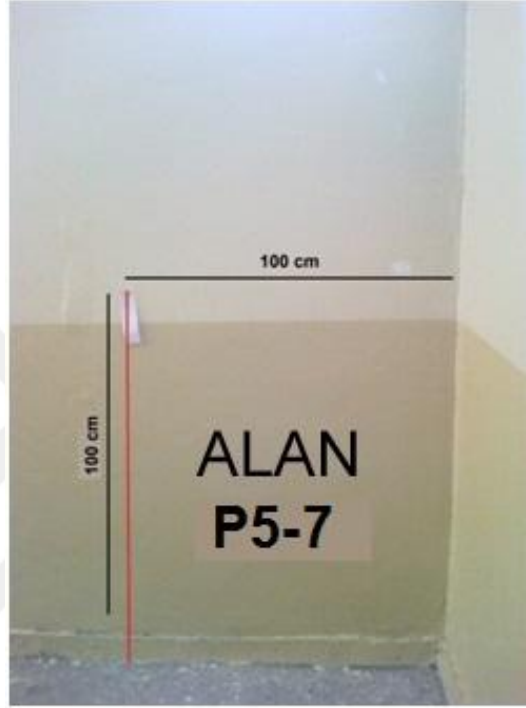
a)



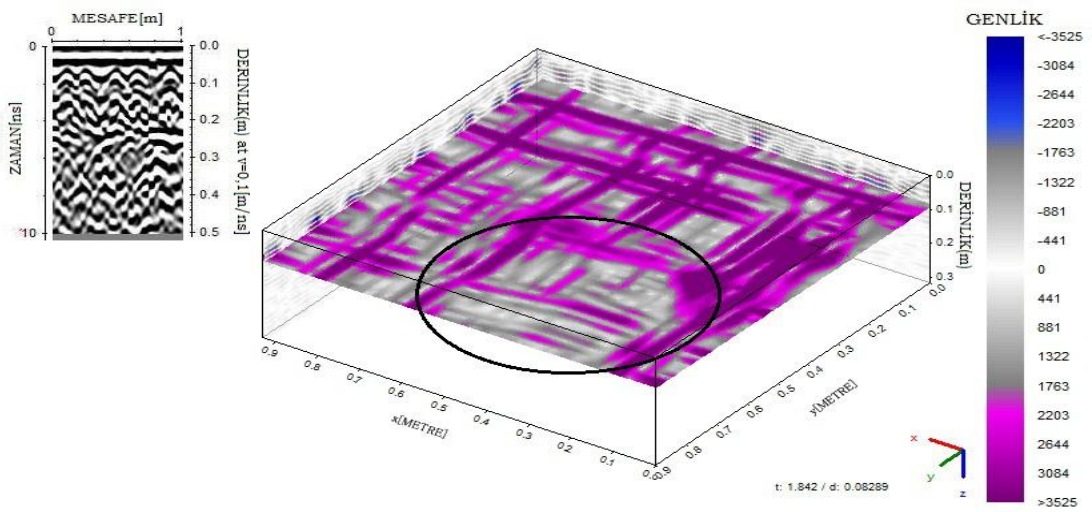
b)

P5-7

a) P5-7 ile gösterilen perde duvar b) P5-7 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



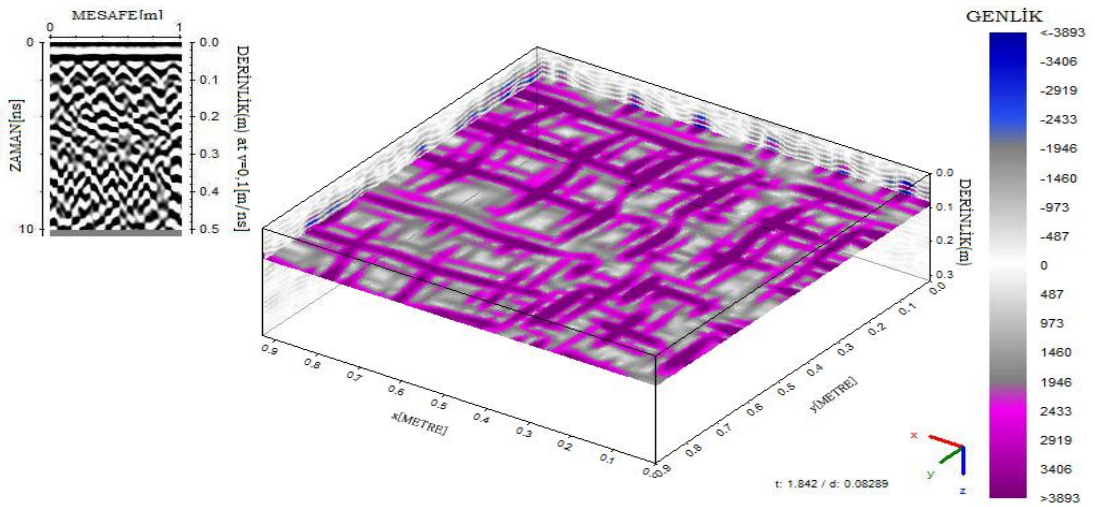
b)

P5-8

a) P5-8 ile gösterilen perde duvar b) P5-8 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



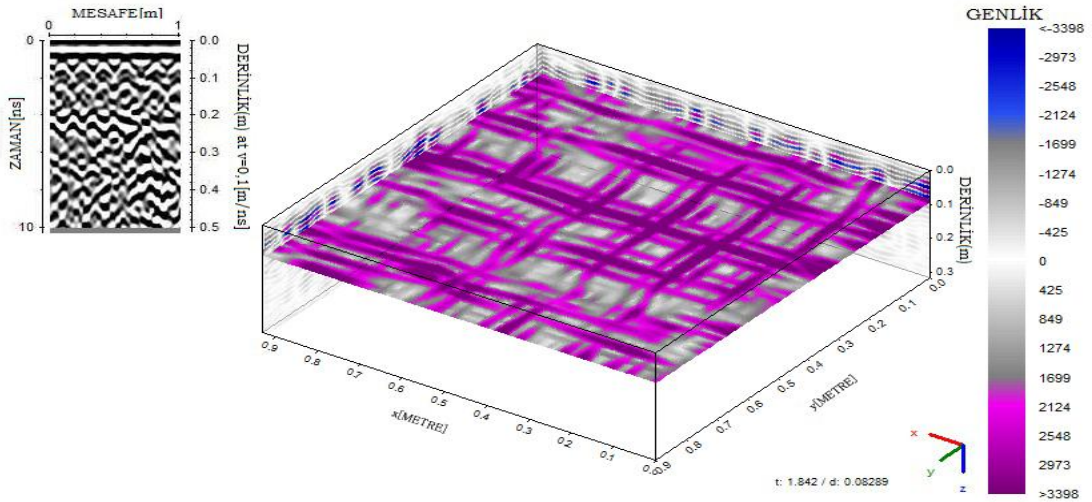
b)

P5-9

a) P5-9 ile gösterilen perde duvar b) P5-9 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



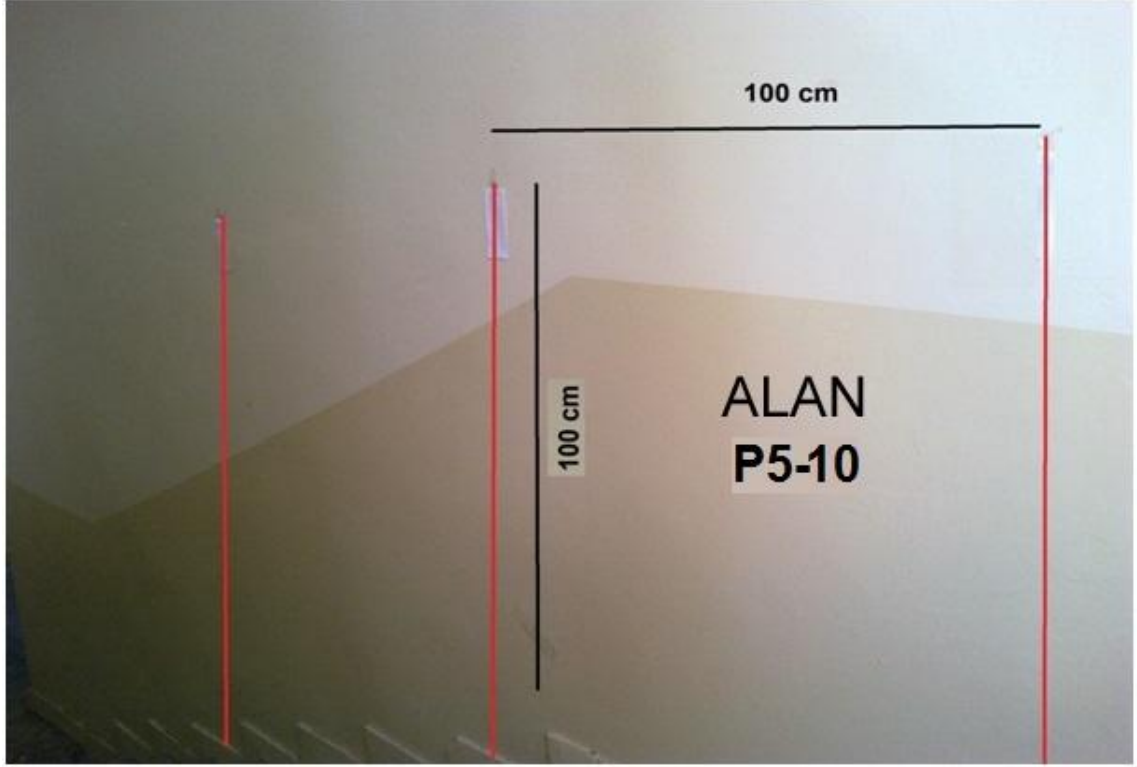
a)



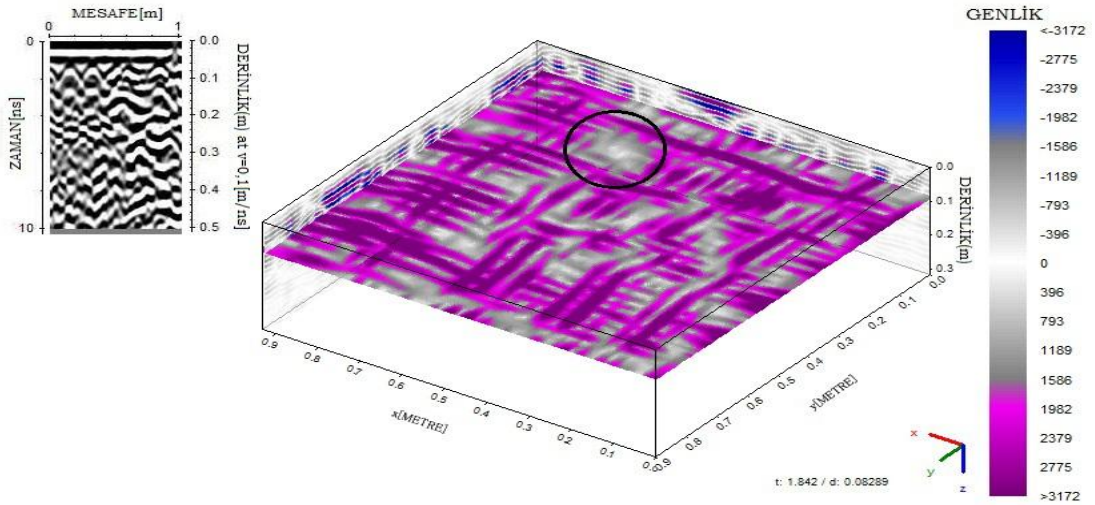
b)

P5-10

a) P5-10 ile gösterilen perde duvar b) P5-10 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



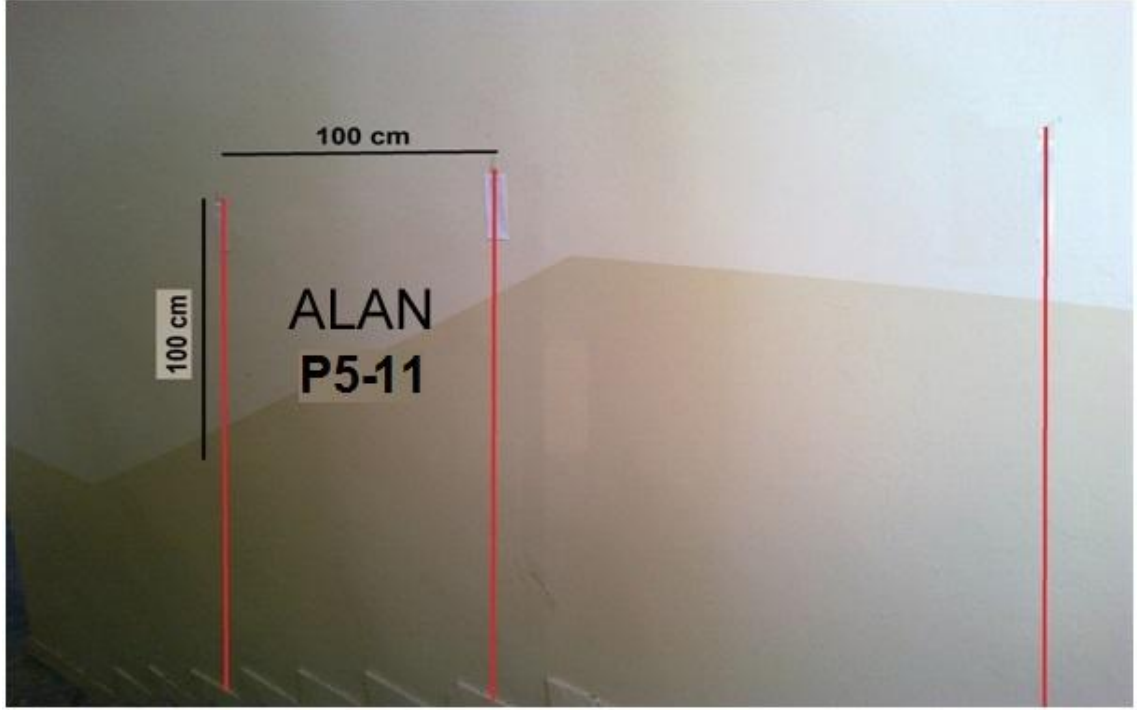
a)



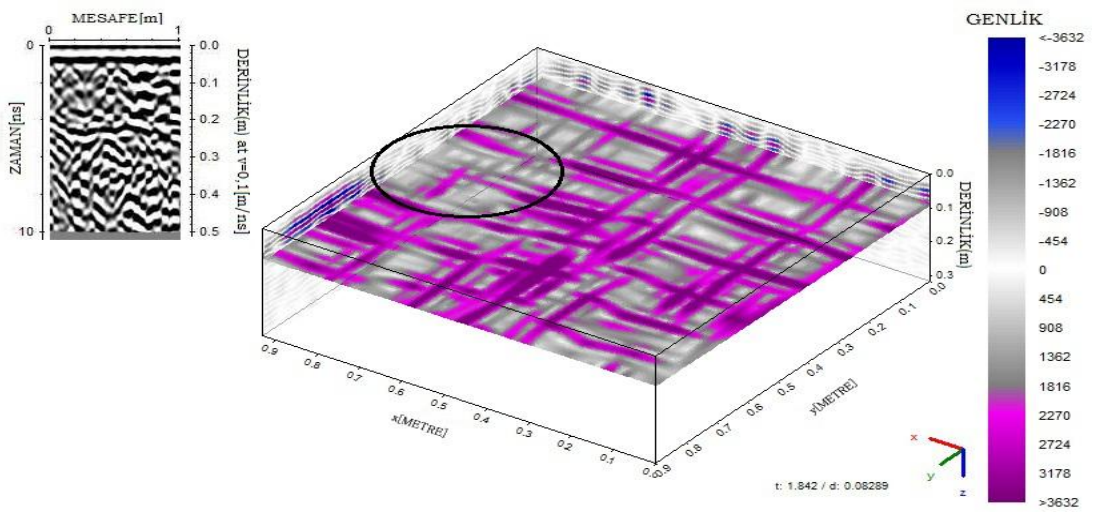
b)

P5-11

a) P5-11 ile gösterilen perde duvar b) P5-11 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



b)

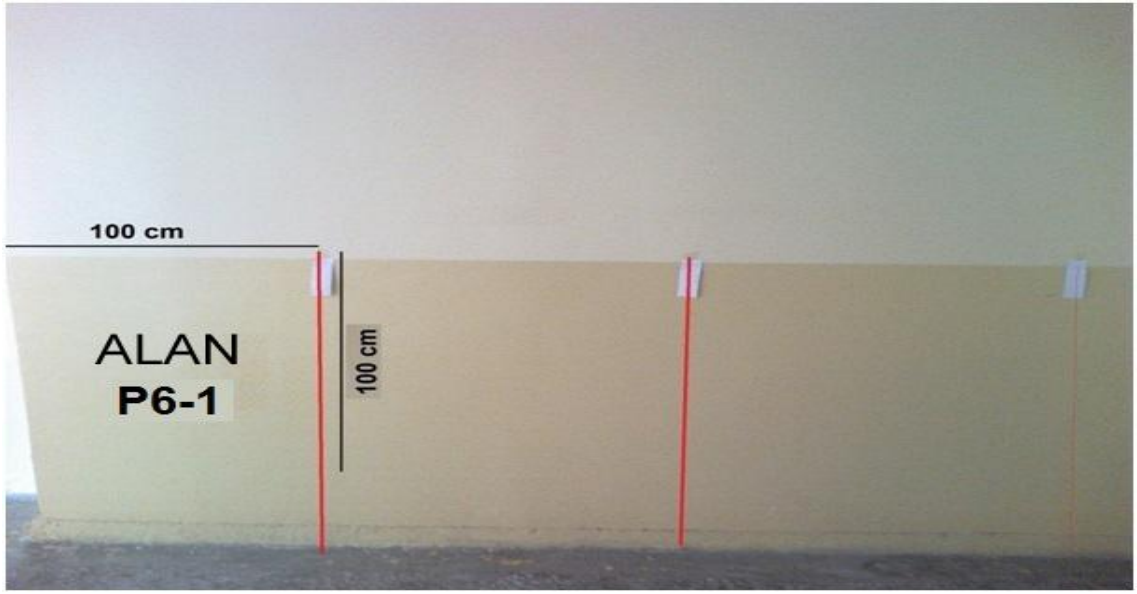


EK-6 P6 ALANI

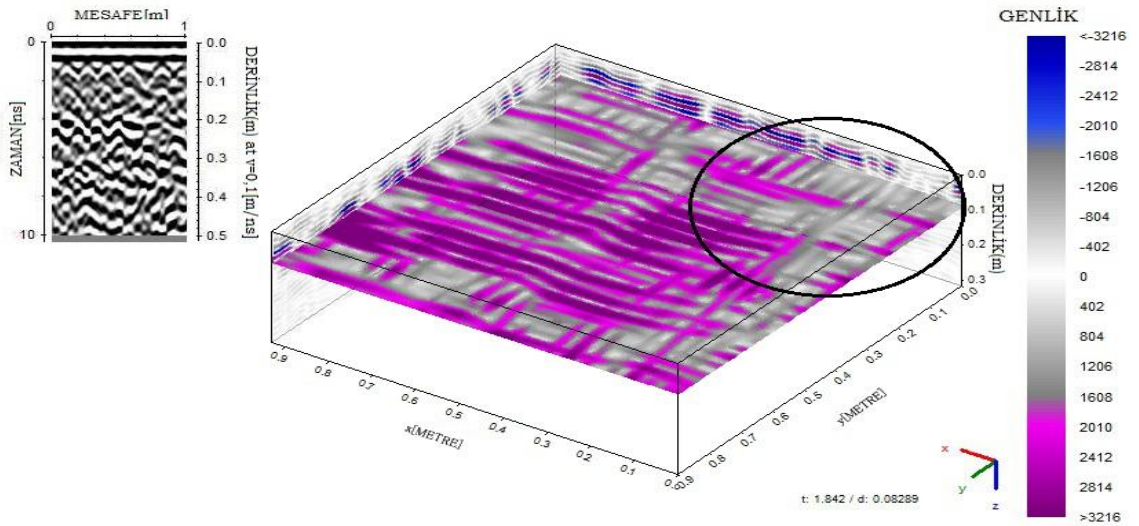
P6 ALANI

P6-1

a) P6-1 ile gösterilen perde duvar b) P6-1 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



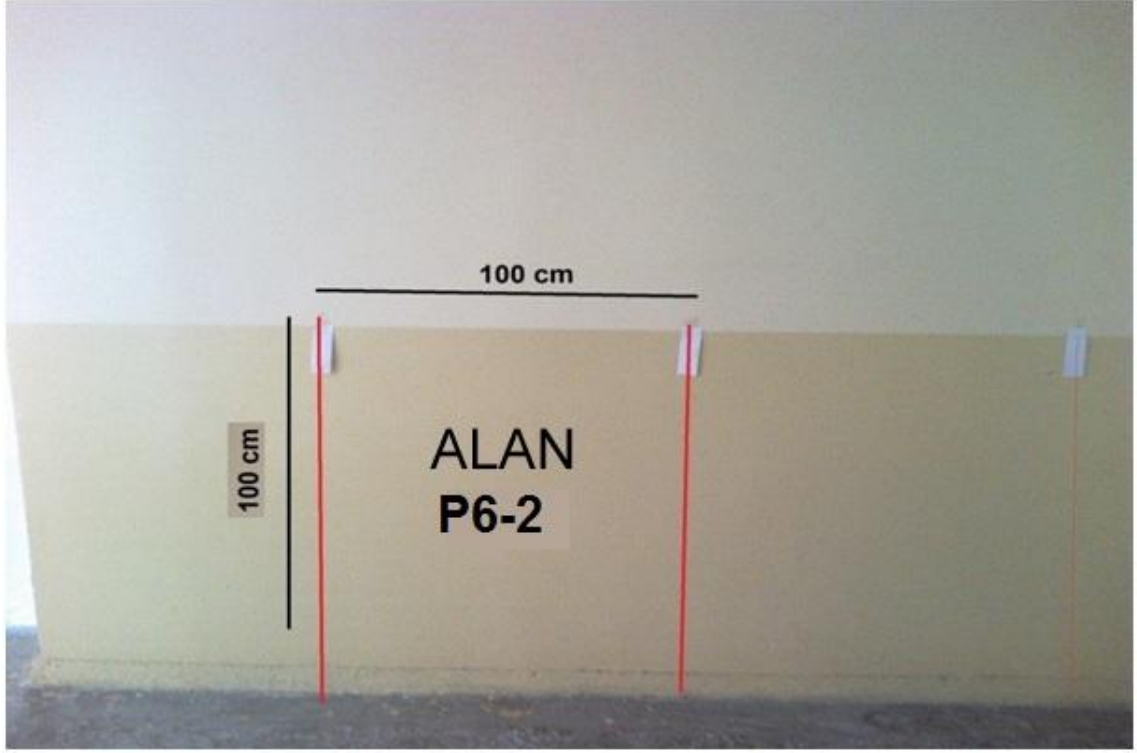
a)



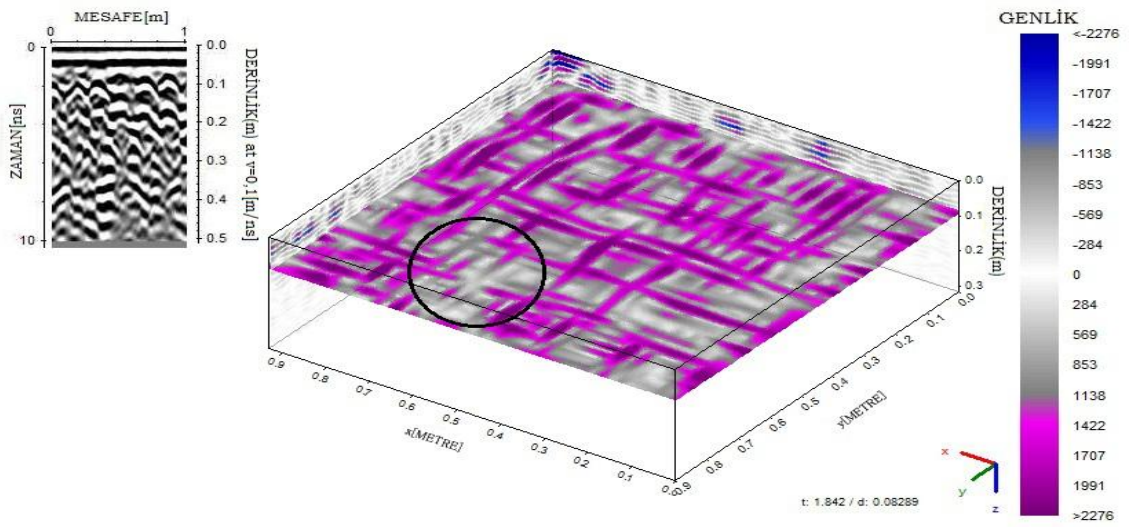
b)

P6-2

a) P6-2 ile gösterilen perde duvar b) P6-2 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



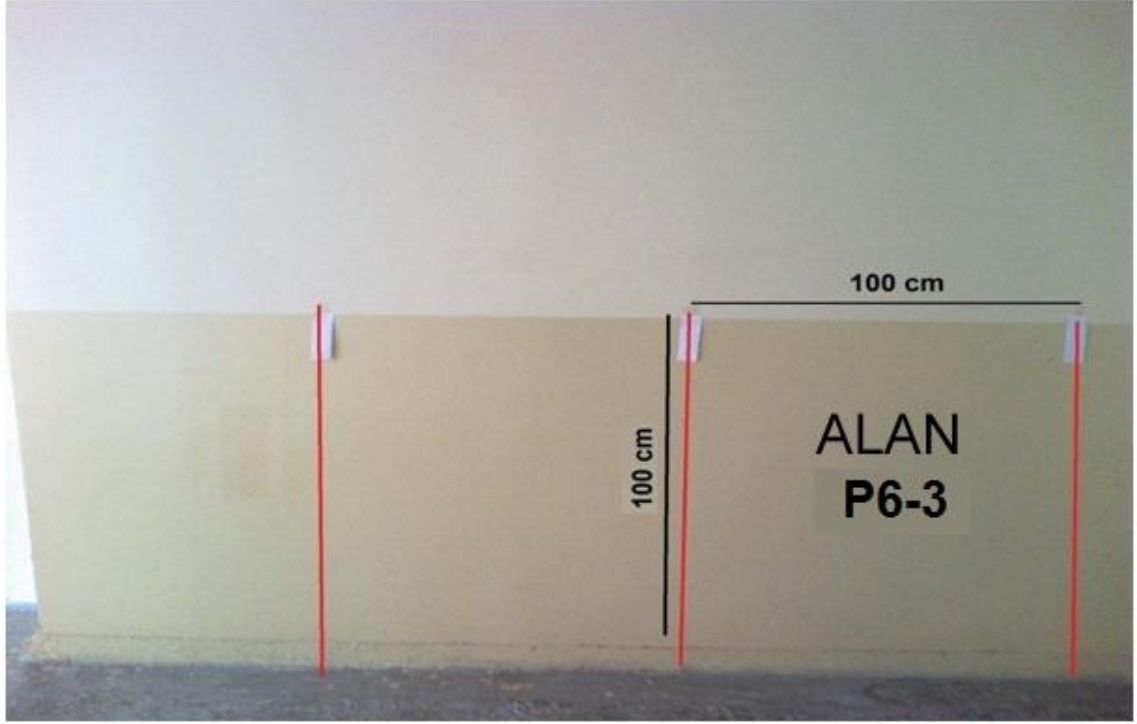
a)



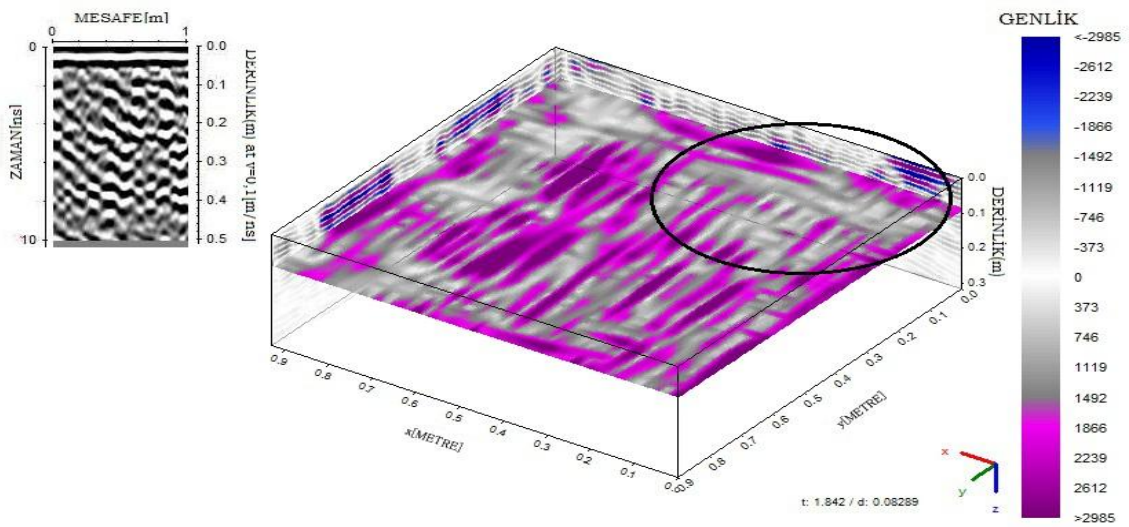
b)

P6-3

a) P6-3 ile gösterilen perde duvar b) P6-3 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



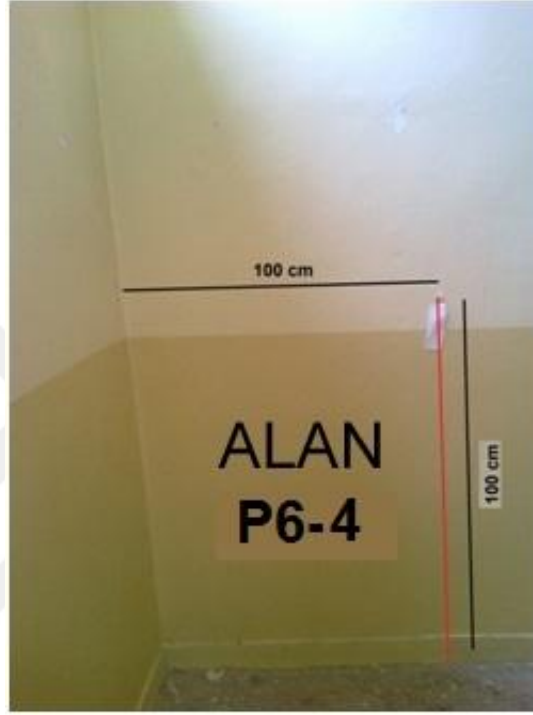
a)



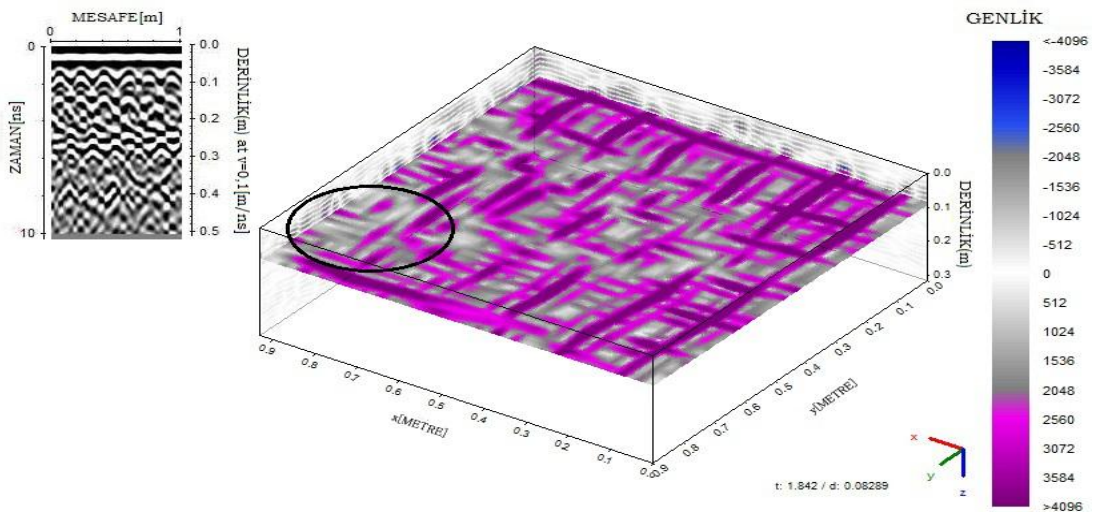
b)

P6-4

a) P6-4 ile gösterilen perde duvar b) P6-4 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



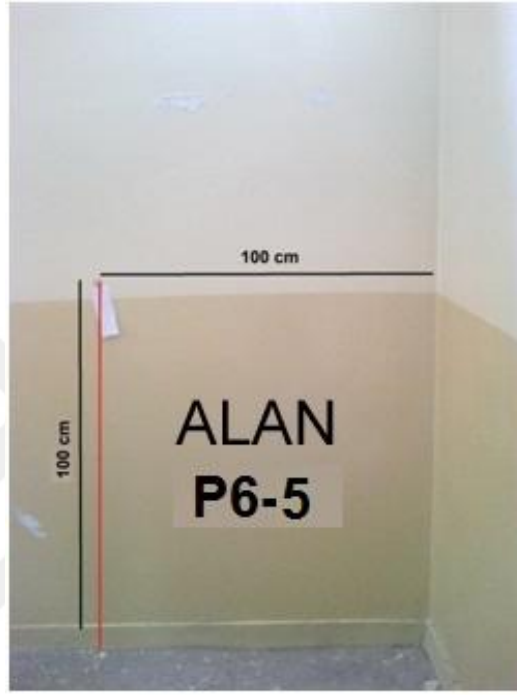
a)



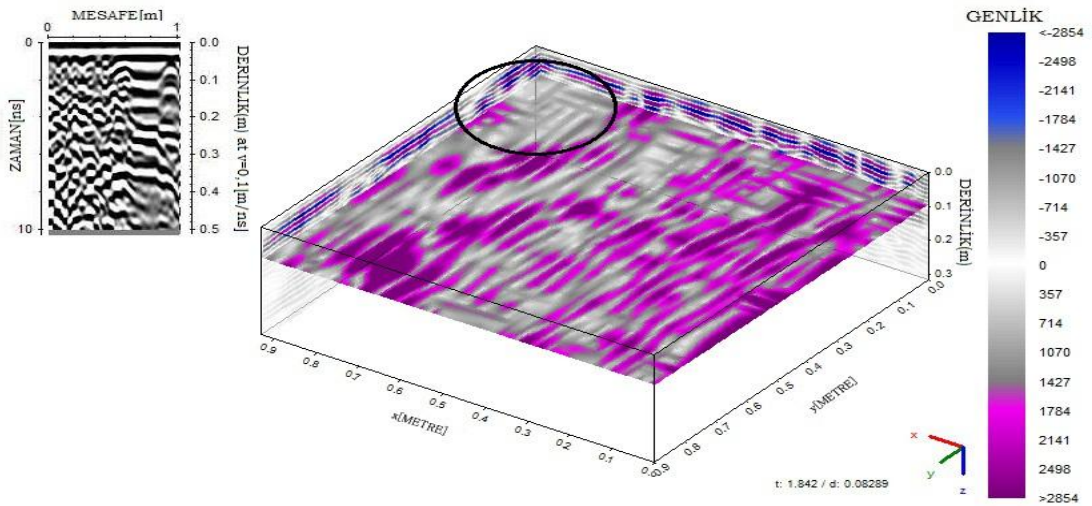
b)

P6-5

a) P6-5 ile gösterilen perde duvar b) P6-5 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



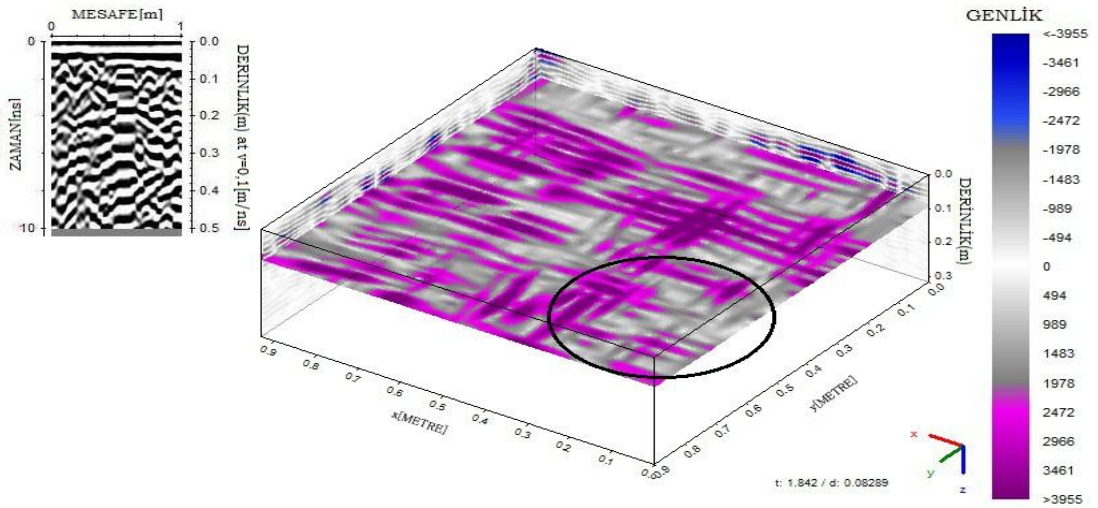
b)

P6-6

a) P6-6 ile gösterilen perde duvar b) P6-6 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



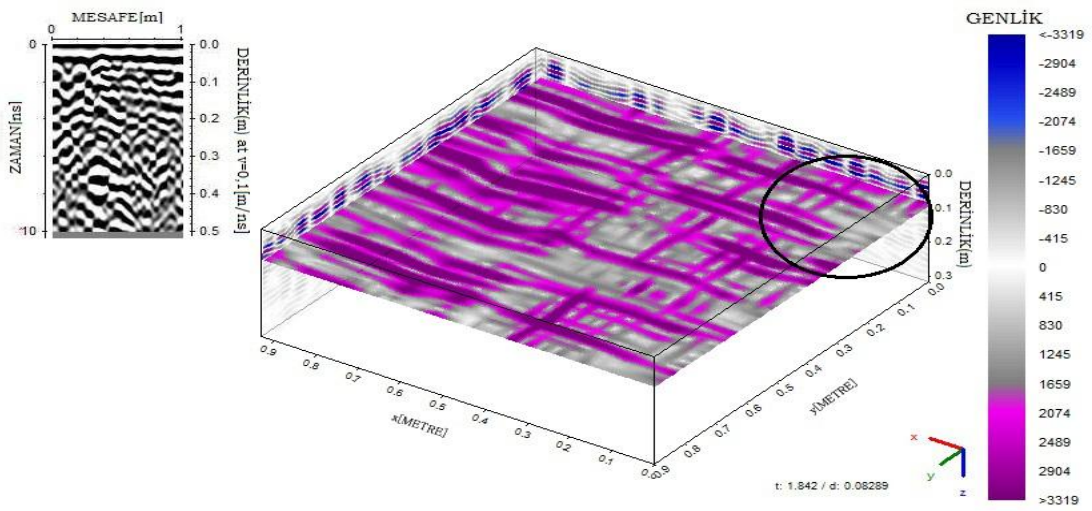
b)

P6-7

a) P6-7 ile gösterilen perde duvar b) P6-7 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



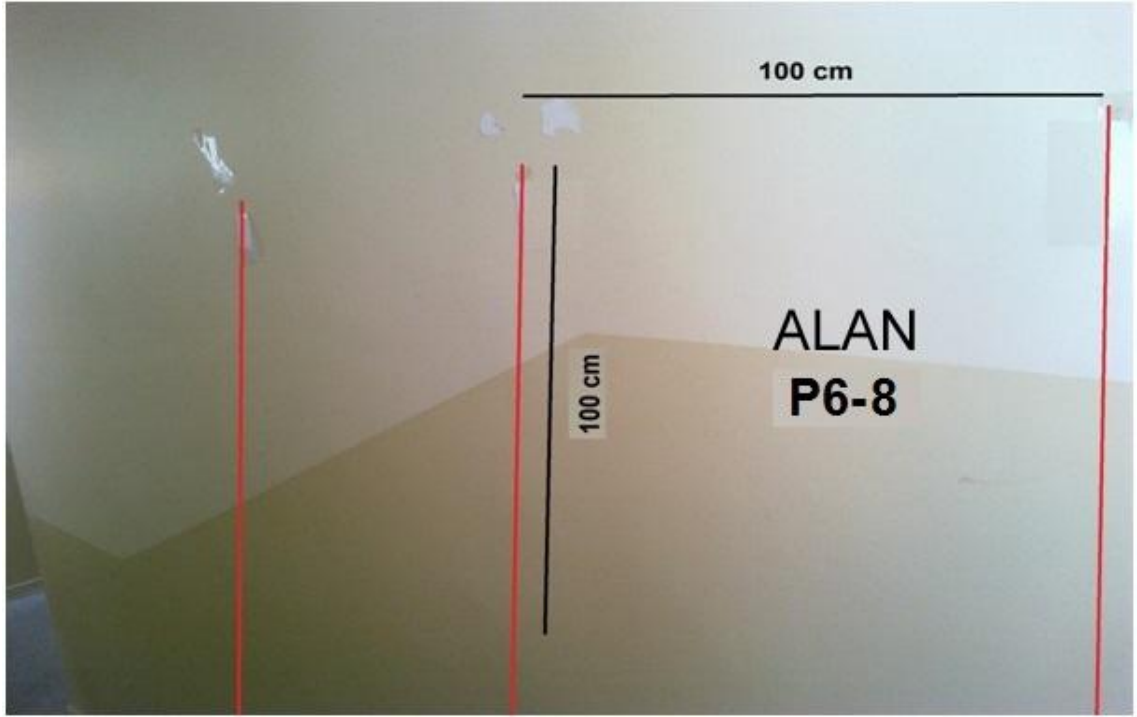
a)



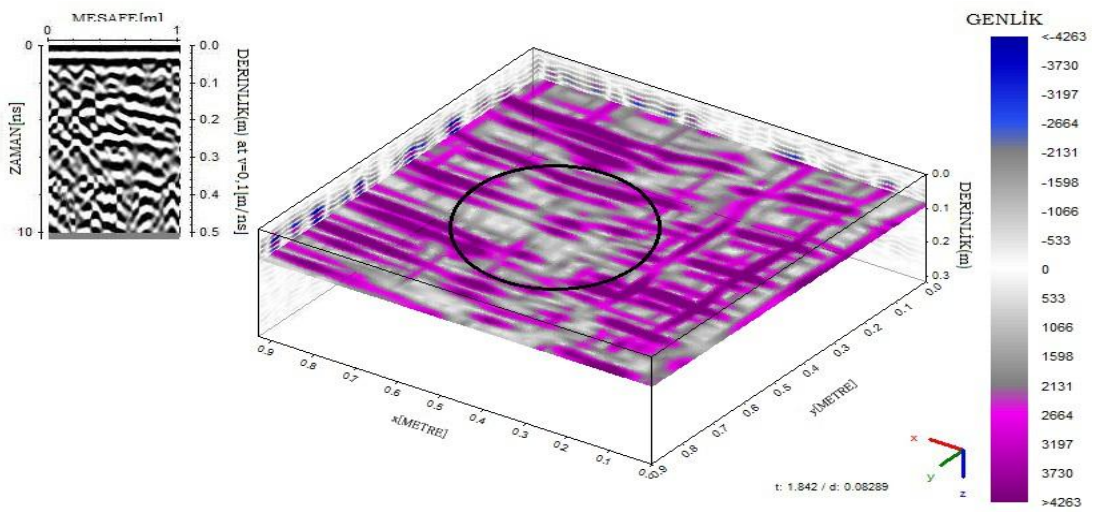
b)

P6-8

a) P6-8 ile gösterilen perde duvar b) P6-8 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



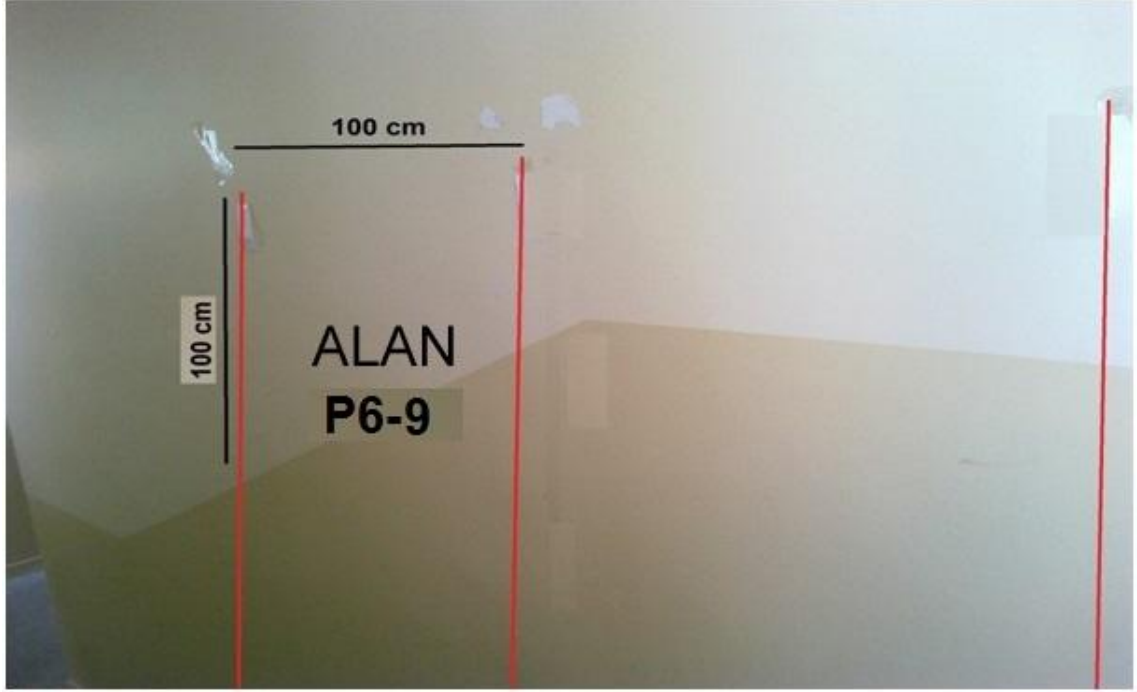
a)



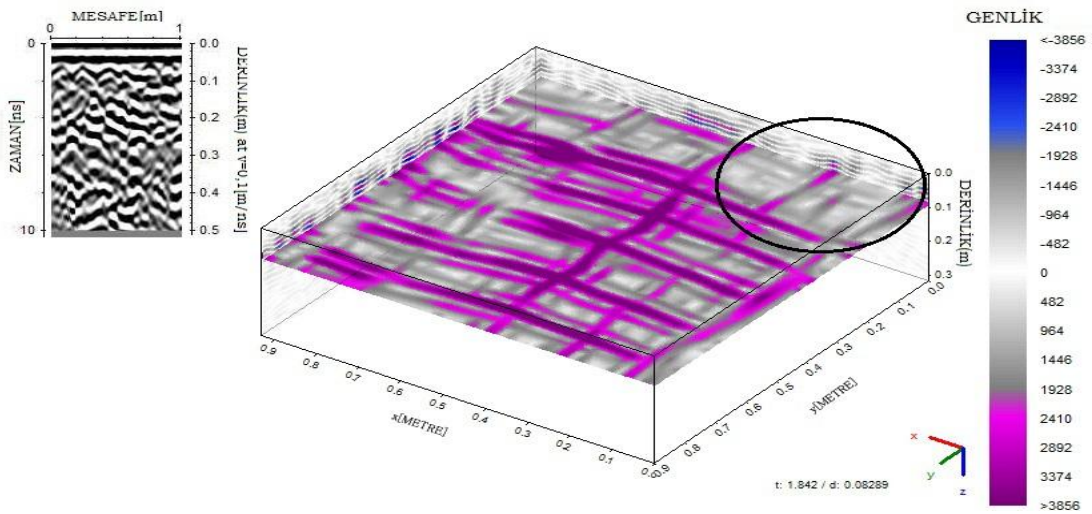
b)

P6-9

a) P6-9 ile gösterilen perde duvar b) P6-9 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



b)



EK-7 P7 ALANI

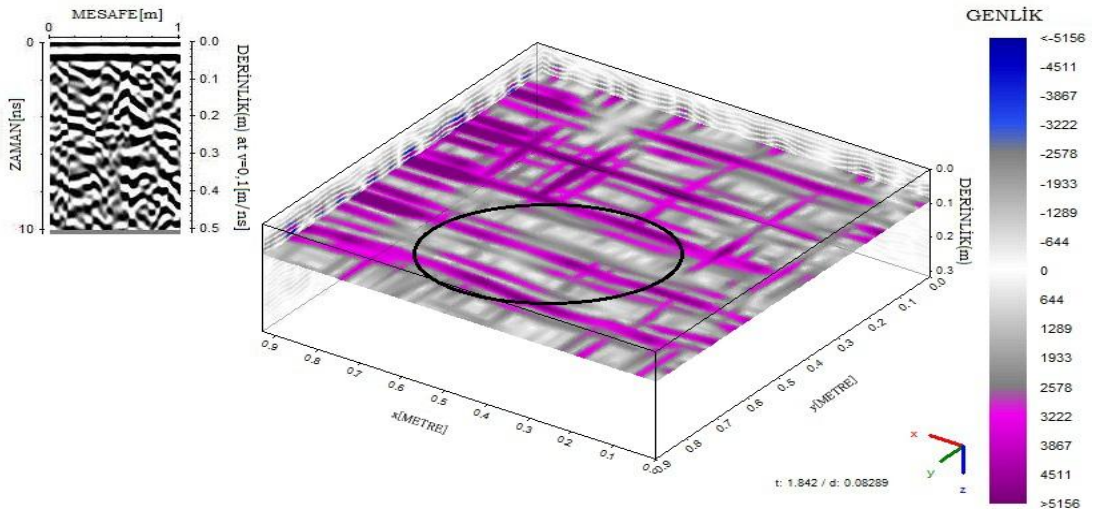
P7 ALANI

P7-1

a) P7-1 ile gösterilen perde duvar b) P7-1 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



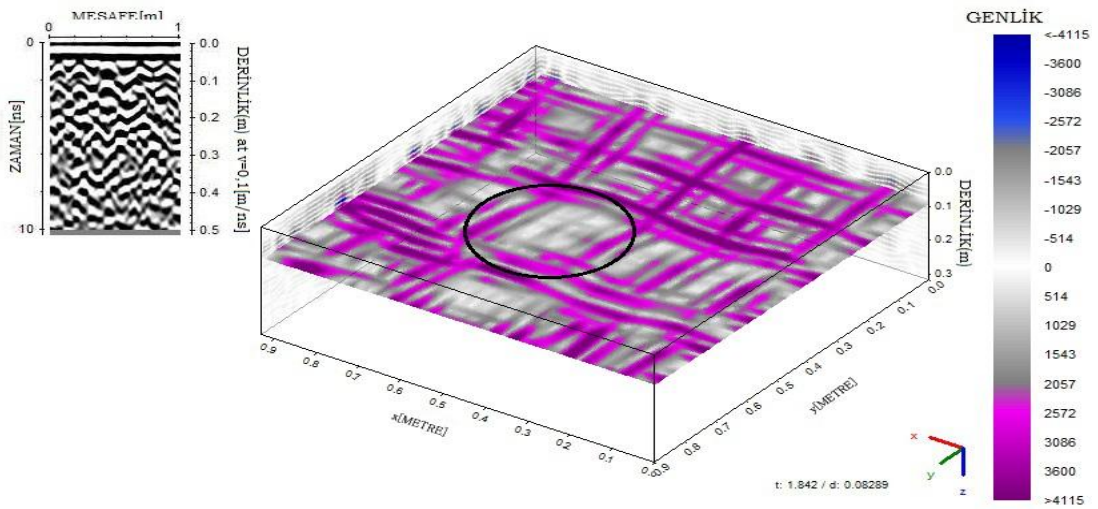
b)

P7-2

a) P7-2 ile gösterilen perde duvar b) P7-2 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



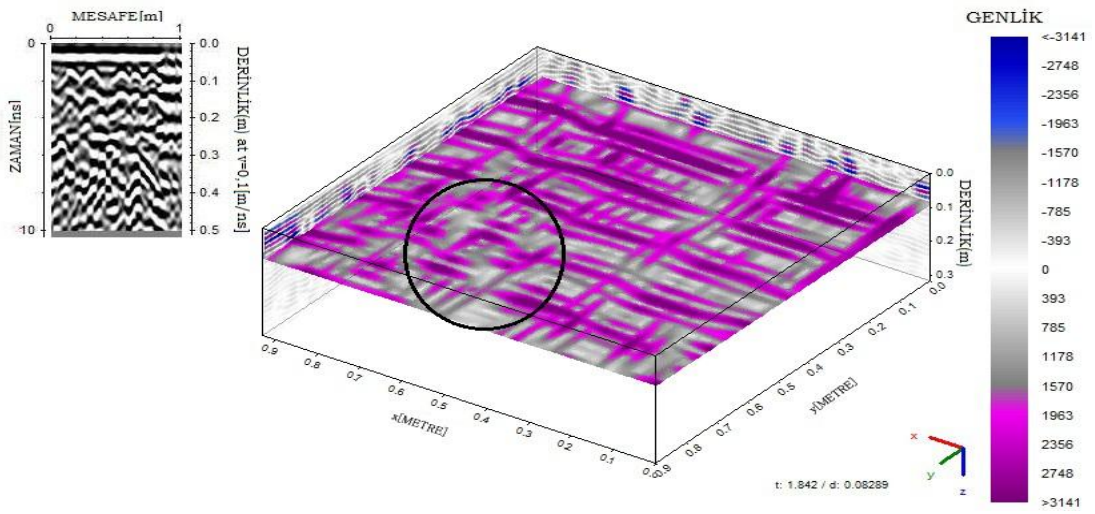
b)

P7-3

a) P7-3 ile gösterilen perde duvar b) P7-3 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



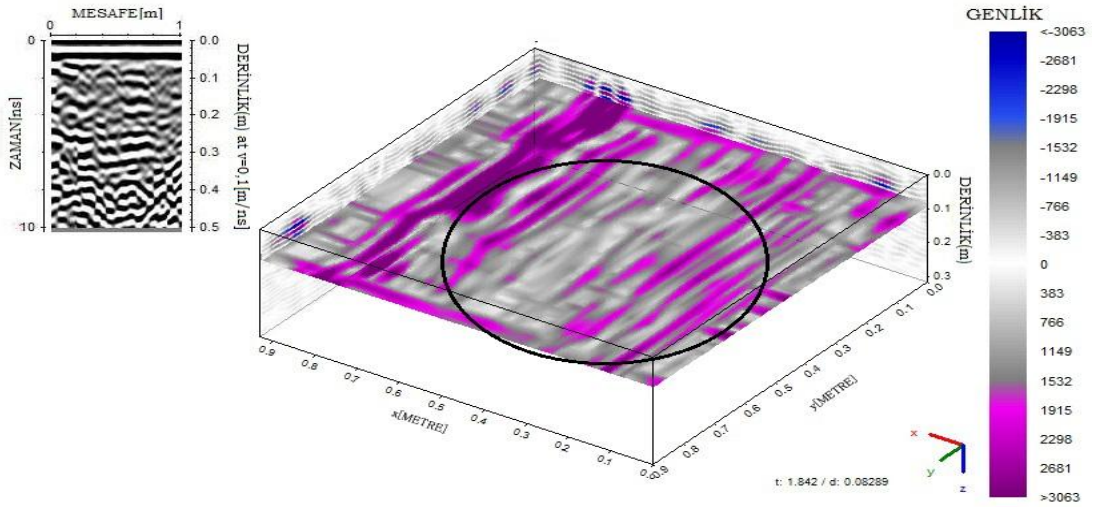
b)

P7-4

a) P7-4 ile gösterilen perde duvar b) P7-4 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



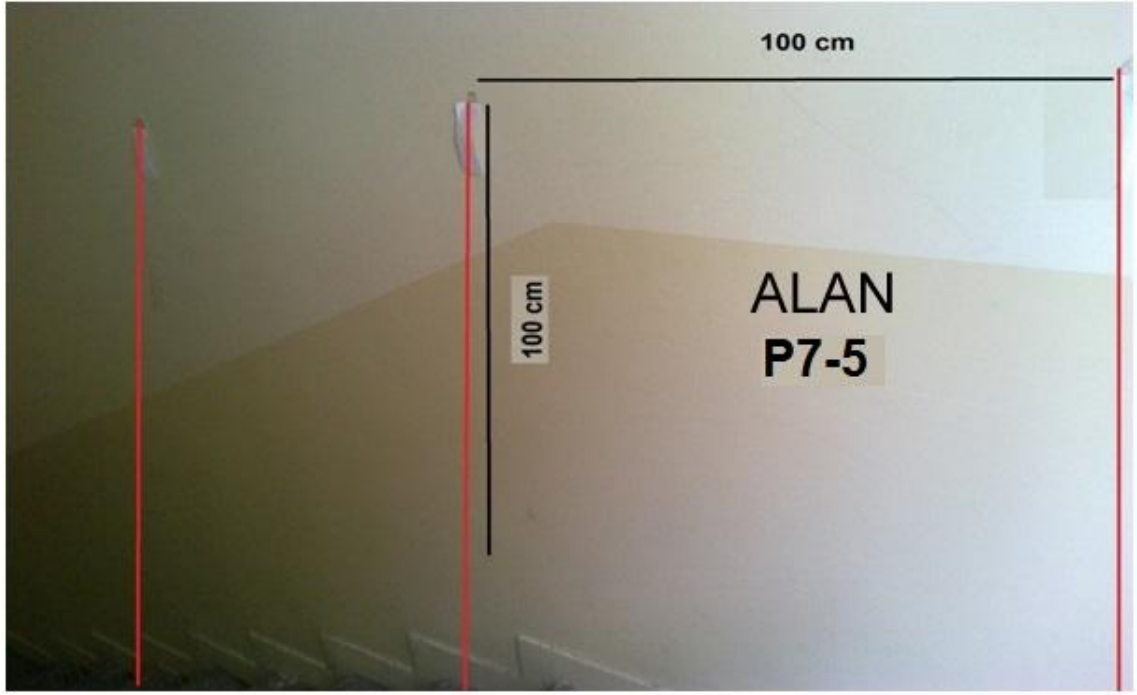
a)



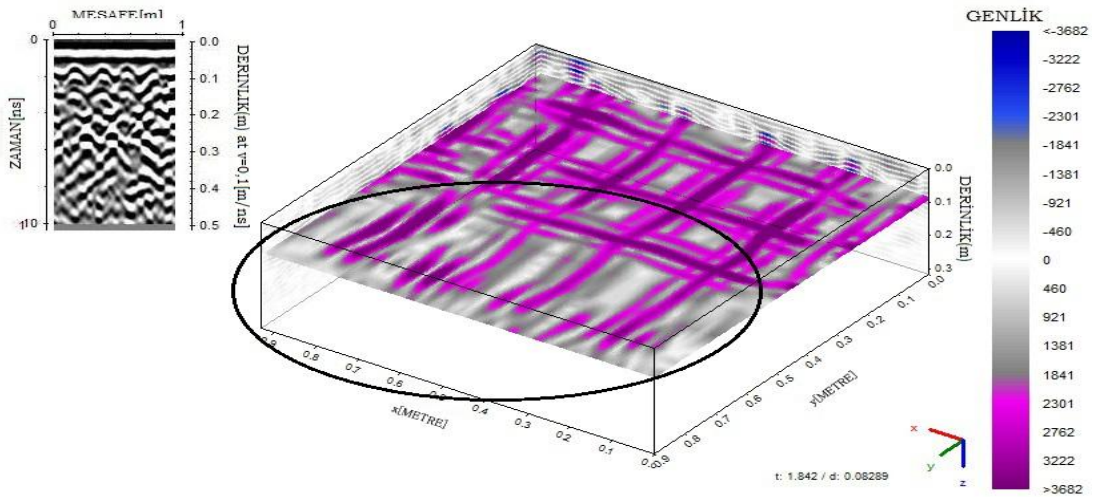
b)

P7-5

a) P7-5 ile gösterilen perde duvar b) P7-5 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



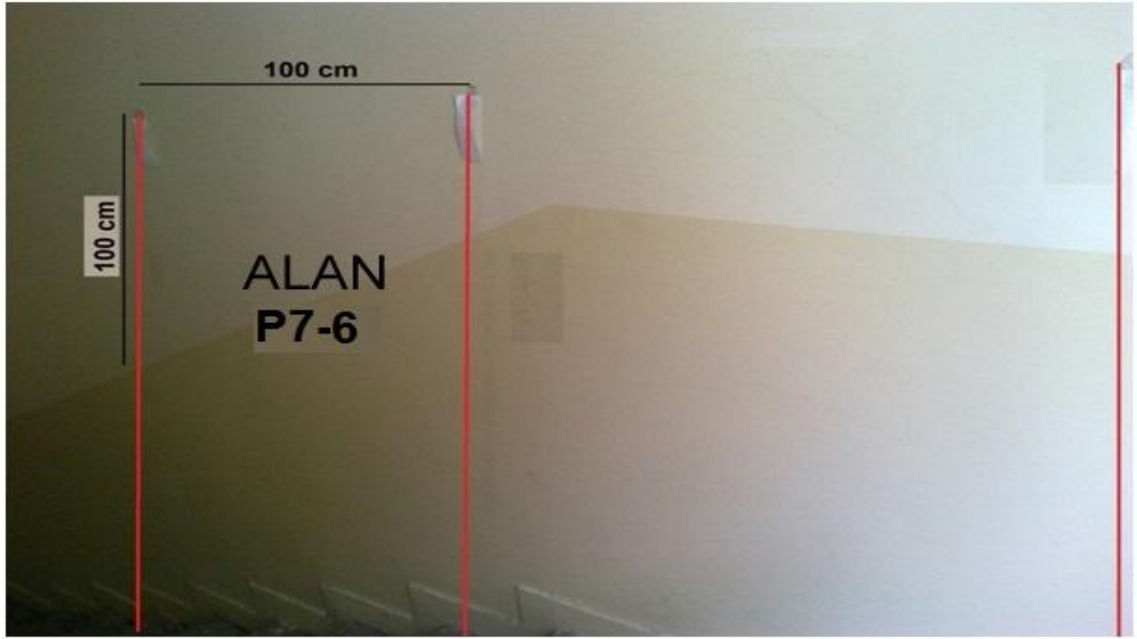
a)



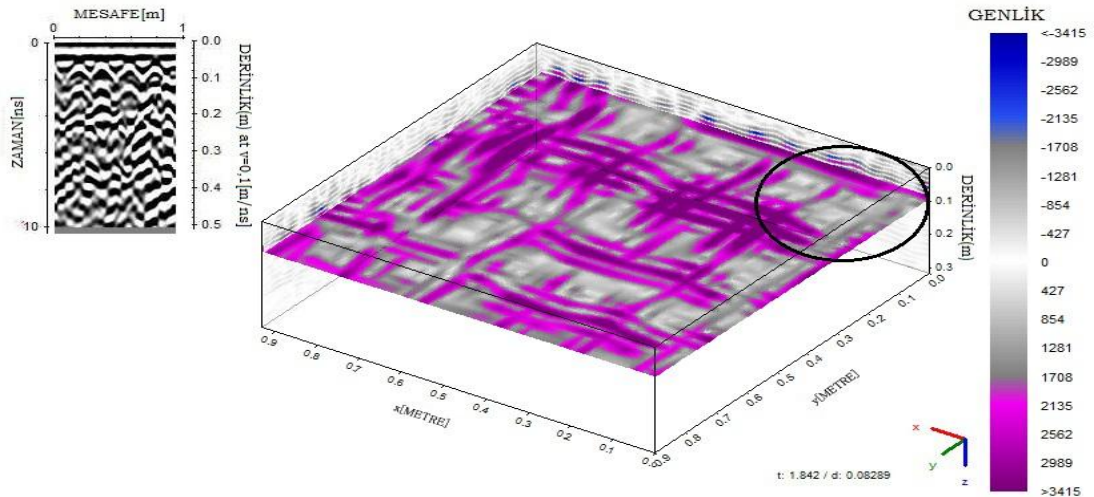
b)

P7-6

a) P7-6 ile gösterilen perde duvar b) P7-6 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



b)



EK-8 P8 ALANI

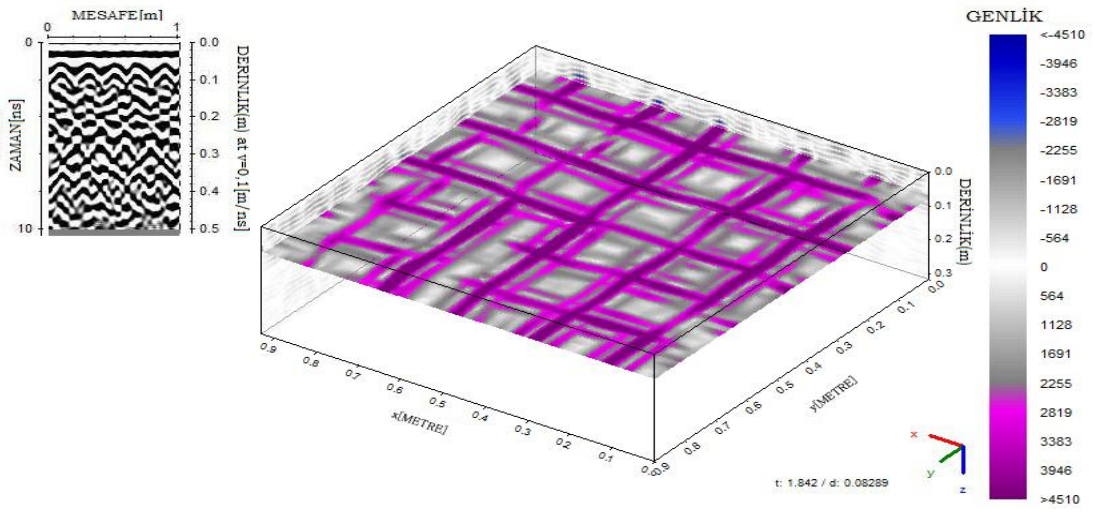
P8 ALANI

P8-1

a) P8-1 ile gösterilen perde duvar b) P8-1 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



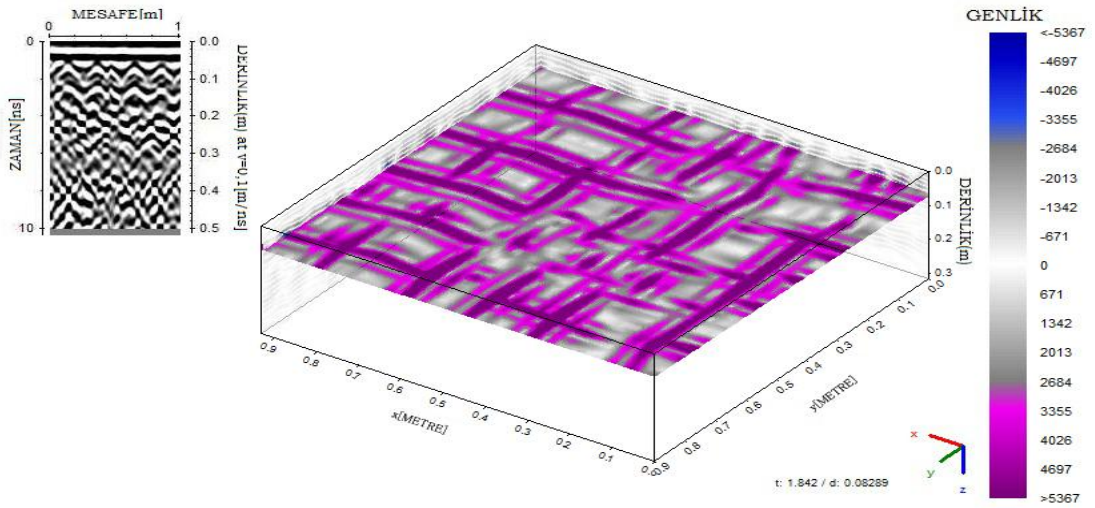
b)

P8-2

a) P8-2 ile gösterilen perde duvar b) P8-2 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



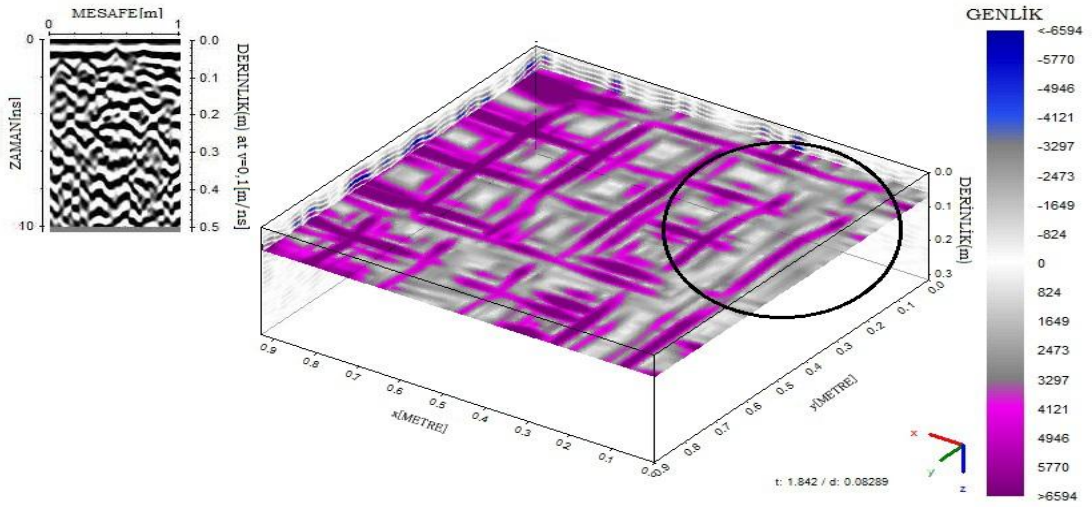
b)

P8-3

a) P8-3 ile gösterilen perde duvar b) P8-3 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)



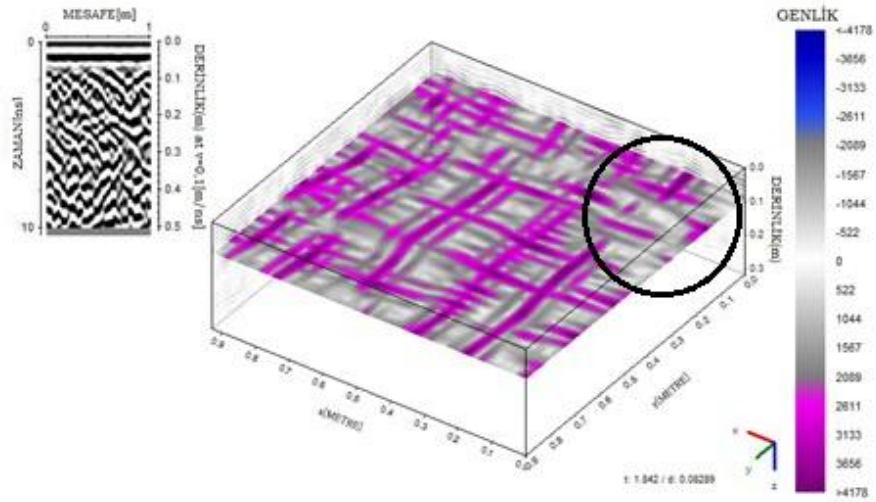
b)

P8-4

a) P8-4 ile gösterilen perde duvar b) P8-4 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



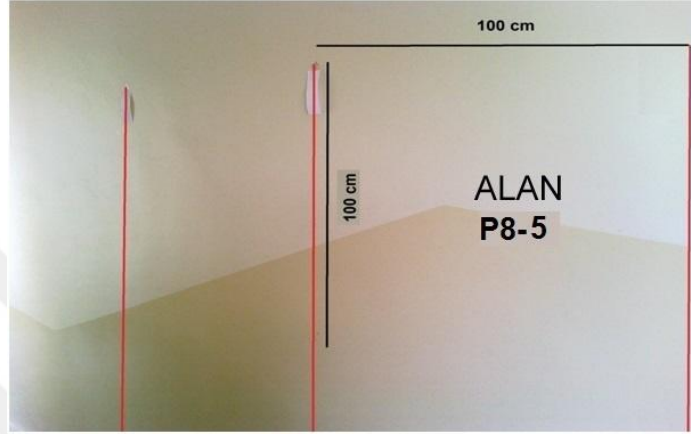
a)



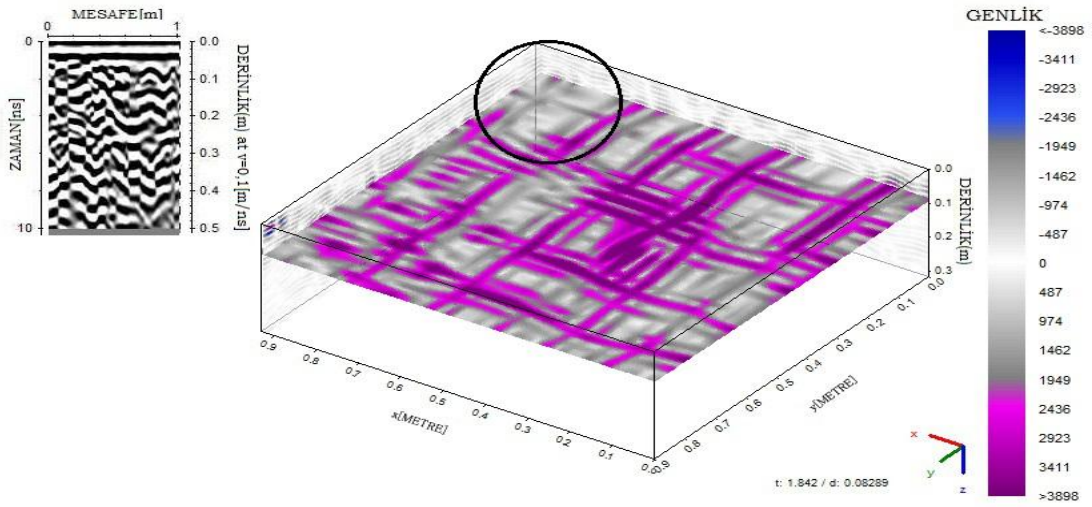
b)

P8-5

a) P8-5 ile gösterilen perde duvar b) P8-5 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



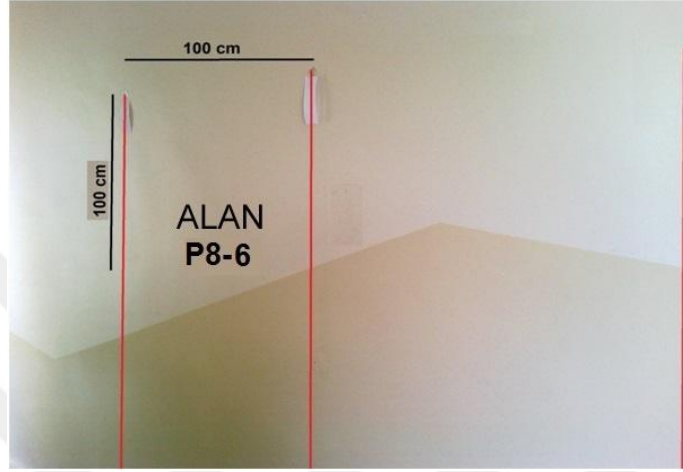
a)



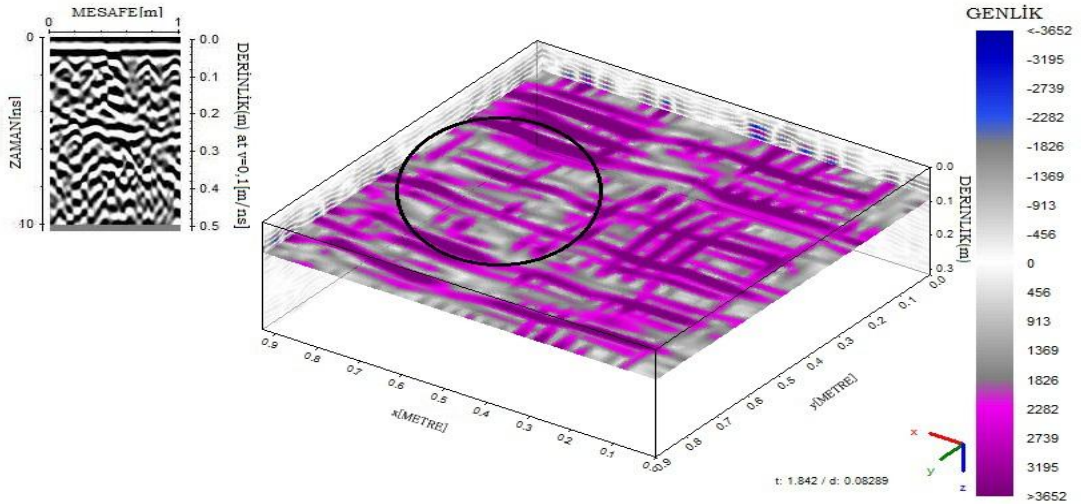
b)

P8-6

a) P8-6 ile gösterilen perde duvar b) P8-6 ile gösterilen perde duvar üzerinde uygulanan 3 boyutlu (3B) GPR görüntüsü ve aynı alanda yapılmış olan 2 boyutlu (2B) GPR görüntüsü.



a)

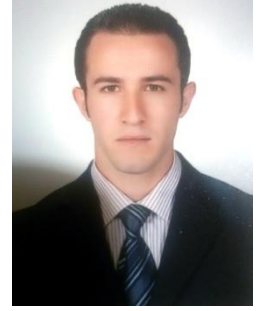


b)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Erkan TAŞTAN
Doğum Tarihi 1984
Medeni Hali Bekar
Yabancı Dil İngilizce
İletişim Adresi Osman Paşa cad. Arı Sitesi B Blok No:5
SİVAS
E-posta Adresi erkantastan@zoho.com



Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Sivas Kongre Lisesi, 2001
Lisans Cumhuriyet Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği 2014
Yüksek Lisans Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı 2016

Yayınlar

Ulusal **Kosaroglu, S., Bilim, F., ve Tastan, E.** (2016). Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Binasının Yer Radarı (GPR) Yöntemi ile Hasarsız İncelenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1).