

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARGI (ÇORUM) HİDROELEKTRİK SANTRALİ
İNŞAATINDAN KAYNAKLANAN
SIVILAŞMA RİSKİNİN TESPİTİ

Muhammet İkbāl TOPÇU

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 18/02/2015

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Cahit Çağlar YALÇINER

ÇANAKKALE

Muhammet İkbāl TOPÇU tarafından Doç. Dr. Cahit Çağlar YALÇINER yönetiminde hazırlanan ve **18/02/2015** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Kargı (Çorum) Hidroelektrik Santrali İnşaatından Kaynaklanan Sıvılaşma Riskinin Tespiti**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç. Dr. Cahit Çağlar YALÇINER

Başkan

Prof. Dr. Süha ÖZDEN

Üye

Doç. Dr. Tolga BEKLER

Üye

Sıra No:.....

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyarak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Muhammet İktbal TOPÇU

TEŞEKKÜR

“Kargı (Çorum) Hidroelektrik Santrali İnşaatından Kaynaklanan Sıvılaşma Riskinin Tespiti” isimli bu yüksek lisans tez çalışmasında, tez konusunun belirlenmesinden itibaren beni yönlendiren, araştırmanın her aşamasında bana destek ve katkı sağlayan, yorum ve tecrübelerini benimle paylaşan danışmanım, değerli hocam Doç. Dr. Cahit Çağlar YALÇINER’ e çok teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında beni yalnız bırakmayan, tezin her aşamasında desteğini esirgemeyen, her konuda yardımcı olan çok değerli, Prof. Dr. Erhan ALTUNEL ve Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ hocalarıma ve değerli arkadaşım Jeofizik Mühendisi Yunus Can KURBAN’ a çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında beni sabırla destekleyen, yardımlarını hiçbir zaman benden esirgemeyen başta sevgili annem ve babam olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

Muhammet İkbâl TOPÇU
Çanakkale, Şubat 2015

SİMGELER VE KISALTMALAR

GPR	Yer altı radarı (Ground Penetrating Radar)
MHz	Megahertz
RTA	Korumasız yer altı radarı anteni (Rough Terrain Antenna)
m	Metre
%	Yüzde oranı
mm	milimetre
cm	Santimetre
SPT	Standart penetrasyon deneyi
Km	Kilometre
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
g	Yerçekimi ivmesi
Ms	Deprem büyüğü
amax	Maksimum yerçekim ivmesi
KAF	Kuzey Anadolu Fay sistemi
⁰ C	Santigrat
ϵ_r	Dielektrik sabiti
RDC	Relatif dielektrik sabiti
cm	Santimetre
ns	Nanosaniye

ÖZET

KARGI (ÇORUM) HİDROELEKTRİK SANTRALİ İNŞAATINDAN KAYNAKLANAN SIVILAŞMA RİSKİNİN TESPİTİ

Muhammet İkbāl TOPÇU

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Cahit Çağlar YALÇINER

18/02/2015 , 71

Bu tez çalışması, Kızılırmak Nehri üzerinde Çorum iline bağlı Osmancık ilçesi ile Boyabat barajı arasında kalan kesimde hidroelektrik potansiyelden yararlanmak amacıyla inşaatı süren baraj gövdesi üzerinde yapılmıştır. Çalışmanın temel amacı, Kızılırmak nehri yatağına inşa edilen bu mühendislik yapısının (baraj gövdesi) oturacağı alanın zeminini güçlendirmek amacıyla yapılan taş kolon uygulamasının ve bulamaç hendeğinin sıvılaşma açısından durumunu ortaya koymaktır. Bu amaçla baraj gövdesinin oturacağı alan ve bulamaç hendeği Yeraltı Radarı (GPR) ile taranmıştır.

Arazi Çalışmaları sırasında, 250 MHz, 100 MHz korumalı anten ve 50 MHz RTA (Rough Terrain Antenna) GPR antenleri kullanılarak alan 7 alt alana bölünerek, 250 MHz anten ile 50 x 70 m boyutlarında; 5 m aralıkla boyuna olarak 100 MHz anten ile ve 10 m aralıkla boyuna olarak 50 MHz anten ile taranmıştır. Bulamaç hendeği, 250 MHz anten ile boyuna, 100 MHz ve 50 MHz antenler ile ise hem boyuna hem de enine taranmıştır. Çalışma kapsamında gövde alanındaki taş kolonların ve bulamaç hendeğinin mevcut durumunu ortaya koyma yanında, nehir yatağının yaklaşık 45 m derinliğindeki kesit görüntüsü ve çalışma alanında yer altı suyu seviyesi de elde edilmiştir.

Çalışmalar kapsamında yapılan yeraltı radarı (GPR) uygulaması başarı ile sonuçlandırılmış ve baraj gövdesi ile bulamaç hendeğinde yapılan zemin iyileştirme yöntemi olan taş kolon uygulamasının başarısı incelenmiştir. Bu yönüyle ele alındığında GPR sonuçlarına dayalı hazırlanan haritalarda, taş kolon sisteminin ulaşabildiği derinlik, kapladığı hacim, planlama ile uyumu gibi bilgilere ulaşılmıştır.

Elde edilen jeofizik verileri SPT değerleri ve saha gözlemleri ile karşılaştırıldığında tam bir uyuma ulaşılmıştır. GPR sonuçlarının doğruluğu sayesinde taş kolon uygulamasının net durumu ortaya konulmuştur.

Anahtar sözcükler: Kargı (Çorum) Hidroelektrik Santrali, Yeraltı Radarı (GPR) Yöntemi, Zemin Sıvılaşma Analizi.

ABSTRACT

RISK DETERMINING FOR GROUND LIQUEFACTION BASIS FROM HYDROELECTRIC POWER PLANT CONSTRUCTION AT KARGI (ÇORUM)

Muhammet İkbāl TOPÇU

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Nature and Applied Science

Master of Science Thesis in Geological Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Cahit Çağlar YALÇINER

18/02/2015, 71

This study is based on the fieldwork at Osmancık District due to Çorum on the Kızılırmak river to take advantage of the remaining section between Boyabat dam hydroelectric potential has been done on the dam under construction. The main purpose of the study, Kızılırmak river is built to bed this engineering structure (dam) will sit in the stone column application made to strengthen the floor area and the slurry trench is to determine the current situation. For this purpose, the body of the dam area and slurry trench was surveyed with Ground Penetrating Radar (GPR).

During the field studies, 250 MHz, 100 MHz shielded antenna and 50 MHz RTA of (Rough Terrain Antenna) was used. The study area divided into seven sub-areas the 50 x 70 m in size with 250 MHz antennas; with an interval of 5 m length and screened with the 50 MHz to 100 MHz antennas as an antenna interval of 10 m length. Slurry trench, length 250 MHz antenna is 100 MHz and 50 MHz antennas are scanned both extensively. Working under the next reveal the current state of the stone columns and the slurry trench in the trunk area, about 45 m depths in the cross-sectional view of the river and groundwater levels in the study area were obtained.

The Ground Penetrating Radar (GPR) studies have been completed successfully and the slurry dam soil improvement method implementation success of the stone columns made in the ditch was investigated. Considering this aspect, the map was prepared based on the results of the GPR, which reach depths of stone column system, with dimensions, the information gathered as compliance with the planning.

Comparing of geophysical data with SPT values and field observation gave a perfect match in the results. The exact location and conditions of the stone column system was exposed by GPR results with a correct precision.

Keywords: Kargı (Çorum) Hydroelectric Power Plant, Ground Penetrating Radar (GPR), Analyzing of Ground Liquefaction.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1 - GİRİŞ.....	0
1.1. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi.....	0
1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı.....	0
1.2.1. İnceleme alanının yeri ve ulaşımı	0
1.2.2. İnceleme alanının jeomorfolojik özellikleri	3
1.2.3. İnceleme alanının deprem durumu	3
1.2.4. Çalışma sahasının iklim ve bitki örtüsü özellikleri	5
BÖLÜM 2 - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
BÖLÜM 3 - MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Çalışma Yöntemi.....	9
3.2. Yeraltı Radarı Yöntemi (GPR).....	12
3.2.1 GPR yönteminin tarihçesi ve uygulama alanları.....	15
3.2.2. Veri toplama (GPR ölçümleri)	16
3.2.3. Veri işleme	19
BÖLÜM 4 - ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ.....	23
4.1. Bölgenin Genel Jeolojisi.....	23
4.2. Yapısal Jeoloji.....	25
4.2.1. Aktif faylar	25
4.2.2. Uyumsuzluklar	26
4.2.3. Bindirme fayları	26
BÖLÜM 5 - BARAJ GÖVDESİ GPR ÇALIŞMALARI	28
5.1. GPR Ölçülerinin Değerlendirilmesi	34
BÖLÜM 6 - SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR	68
EKLER	I
EK 1- 50 MHz İşlenmiş GPR verileri	I
EK 2- 100 MHz İşlenmiş GPR verileri	V
EK 3- 250 MHz İşlenmiş GPR verileri	X

EK 4- Modellenmiş SPT verileri	XII
ÖZGEÇMİŞ	XXI

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. 1. Çalışma alanının yer buldur haritası.....	2
Şekil 1.2. Çalışma alanındaki ulaşım ağı haritası	2
Şekil 1.3. Türkiye Deprem Bölgeleri ve Çorum İli deprem haritası.....	4
Şekil 1.4. Kuzey Anadolu Fay Sistemi orta bölümü ve yakın çevresinin sadeleştirilmiş aktif tektonik haritası.....	5
Şekil 3.1. Çalışma alanında 250 MHz korumalı GPR anteni ile ölçüm alma işlemi	10
Şekil 3.2. Çalışma alanında 100 MHz korumalı GPR anteni ile ölçüm alma işlemi	11
Şekil 3.3. Çalışma alanında 50 MHz RTA GPR anteni ile ölçüm alma işlemi	11
Şekil 3.4. Yeraltı radarı sisteminde bulunan antenlerin şematik gösterimi.....	13
Şekil 3.5. Dielektrik sabiti ile elektromanyetik hız arasındaki ilişki	14
Şekil 3.6. Sabit aralıklı anten ile uygulanan GPR ölçümü. (a) Sabit anten aralığının şematik gösterimi. (b) Sabit anten aralığı ile alınmış örnek bir GPR profili.....	17
Şekil 3.7. Ortak orta nokta metodu ile uygulanan GPR ölçümü. (a) Ortak orta nokta metodunun şematik gösterimi. (b) Ortak orta nokta ile alınmış örnek bir GPR profili	17
Şekil 3.8. Bir profil boyunca elde edilen radagram a) Radar sistemi ile veri toplama b) Radagram görüntüsü (c) Modellenmiş veri.....	18
Şekil 3.9. Örnek bir GPR profili ve işlem adımları. (a) Ham veri. (b) İlk zaman filtresi. (c) Akım düzeltmesi (dewow) (d) Enerji geciktirme (e) Ortalama değer temizleme (f) Band geçişli süzgeç (g) Migrasyon.....	21
Şekil 3.10. Yerüstü yansımaları sonucu oluşan hiperbolları gösteren örnek GPR profili.....	22
Şekil 4.1. Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	24
Şekil 5.1. 250 MHz antenli GPR ölçüm düzeni.	29
Şekil 5.2. 50 ve 100 MHz antenle yapılan profil ölçümleri	30
Şekil 5.3. 250 MHz antenle alınan GPR profiline ait örnek değerlendirme, a) İşlenmiş veri, (b) Değerlendirilmiş veri	31

Şekil 5.4.	100 MHz antenle alınan GPR profiline ait örnek değerlendirme, a) İşlenmiş veri, (b) Değerlendirilmiş veri	32
Şekil 5.5.	50 MHz antenle alınan GPR profiline ait örnek değerlendirme (a) İşlenmiş veri, (b) Değerlendirilmiş veri	33
Şekil 5.6.	Uygulanan taş kolonun hedeflenen derinliklerini gösterir kontur haritası	34
Şekil 5.7.	Uygulanan taş kolonun hedeflenen derinliklerini gösterir dağılım haritası üç boyutlu gösterimi.....	35
Şekil 5.8.	Çeşitli derinliklerde alınmış yeraltı GPR kesitleri	36
Şekil 5.9.	En iyi gösterim için seçilen derinliklerde oluşturulmuş kat haritası.	37
Şekil 5.10.	Hacimsel olarak yeraltında bulunan kolon yapılarının gösterimi	37
Şekil 5.11.	Taş kolon uygulama alanında bulunan kolon yapılarının GPR verileri ile elde edilmiş derinlik haritası	39
Şekil 5.12.	Uygulanan taş kolonun GPR bulguları ile derinliğe göre üç boyutlu gösterimi	40
Şekil 5.13.	Taş kolon uygulama alanında bulunan kolon yapılarının ve bozulma zonunun GPR verileri ile derinliğe göre kontur haritası.	41
Şekil 5.14.	Uygulanan taş kolonun ve bozulma zonunun GPR bulguları ile derinliğe göre üç boyutlu gösterimi	42
Şekil 5.15.	Taş kolon uygulama alanında bulunan kolon yapılarının ve bulamaç (slurry) hendeğinin GPR verileri ile derinliğe göre kontur haritası	44
Şekil 5.16.	Uygulanan taş kolonun ve slurry hendeğinin GPR bulguları ile derinliğe göre üç boyutlu gösterimi	45

Şekil 5.17.	GPR verileri ile tespit edilen Slurry hendeğindeki perde yapısının gösterimi. (a) 50 MHz profil 2 ile tespit edilen kesit. (b) 50 MHz profil 3 ile tespit edilen kesit.....	46
Şekil 5.18.	Güney - Kuzey yönünde alınan yeraltı kesiti. (a) İşenmiş GPR profili. (b) Modellenmiş GPR profili. (c) Sondaj ve kolon imalatı verileri ile oluşturulmuş yeraltı kesiti.....	47
Şekil 5.19.	Güney - Kuzey yönünde alınan yeraltı kesiti. (a) İşenmiş GPR profili. (b) Modellenmiş GPR profili	48
Şekil 5.21.	Taş kolon uygulama alanında bulunan yeraltı suyu seviyesinin üç boyutlu gösterimi	50
Şekil 5.22.	Taş kolon uygulamasında, 2 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi	51
Şekil 5.23.	Taş kolon uygulamasında, 4 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi	52
Şekil 5.24.	Taş kolon uygulamasında, 6 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi	53
Şekil 5.25.	Taş kolon uygulamasında, 8 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi	54
Şekil 5.26.	Taş kolon uygulamasında, 10 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi.....	55
Şekil 5.27.	Taş kolon uygulamasında, 12 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi.....	56
Şekil 5.28.	Taş kolon uygulamasında, 14 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi.....	57
Şekil 5.29.	Taş kolon uygulamasında, 16 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi.....	58
Şekil 5.30.	Taş kolon uygulamasında, 18 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi.....	59
Şekil 6.1.	Sondajlar sonucunda ulaşılan SPT N60 değerleri ile oluşturulan derinlik kesitleri (150 cm – 750 cm)	64
Şekil 6.2.	Sondajlar sonucunda ulaşılan SPT N60 değerleri ile oluşturulan derinlik kesitleri (900 cm – 1500 cm)	65

Şekil 6.3.	Sondaj verilerine göre SPT N60 değerleri ile oluşturulan 600 cm'ye ait derinlik kesiti	66
Şekil 6.4.	Sonuçların karşılaştırılması. (a) GPR verileri ile elde edilen kolon derinlikleri kontur haritası. (b) İmalatta bildirilen verilere göre kolon derinlikleri kontur haritası. (c) 600 cm derinlikte SPT N60 değerlerine göre oluşturulmuş risk haritası.....	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. İvme Değerlerine Göre Deprem Bölgeleri (Özmen ve Nurlu, 1999).....	4
Çizelge 3.1. Bazı maddelerin relatif dielektrik sabitleri (RDC) ve elektromanyetik hızları (Davis and Annan, 1989).....	14
Çizelge 6.1. Üç boyutlu GPR verileri ve bildirilen taş kolon imalat verileri ile hesaplanan değişim tablosu	60

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi

Bu tez çalışması, Osmancık – Kargı (Çorum) karayolunun 9. km’ sinde Kızılırmak nehri üzerinde Çorum iline bağlı Osmancık ilçesi ile Boyabat barajı arasındaki kalan kesimde hidroelektrik potansiyelden yararlanmak amacıyla yapımı süren baraj gövdesi üzerinde yapılmıştır. Çalışmanın temel amacı, Kızılırmak nehri yatağına inşa edilen bu mühendislik yapısının (baraj gövdesi) oturacağı alanın zeminini güçlendirmek amacıyla yapılan taş kolon uygulamasının ve bulamaç hendeğinin (Slurry Trench) mevcut durumunu ortaya koymaktır. Bu amaçla baraj gövdesinin oturacağı alan ve bulamaç hendeği Yeraltı Radarı (Ground Penetrating Radar, GPR) ile taranmıştır.

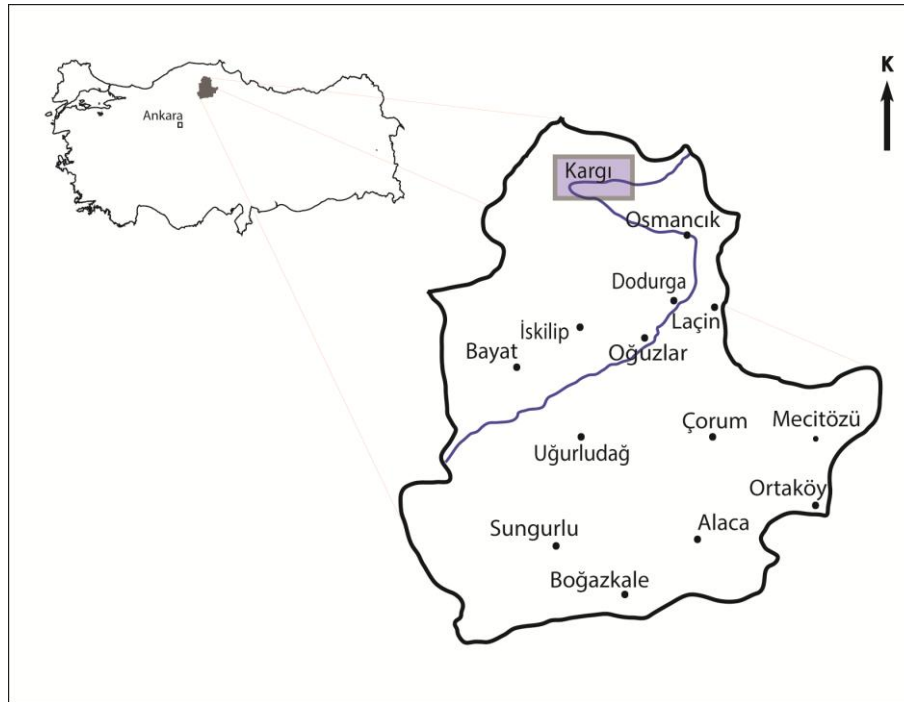
Çalışmada 250 MHz, 100 MHz korumalı anten ve 50 MHz RTA (Rough Terrain Antenna), anten kullanılmıştır. Alan, 50 x 70 m boyutlarında 7 alt alana bölünerek 250 MHz anten ile; 5 m aralıkla boyuna olarak 100 MHz anten ile ve 10 m aralıkla boyuna olarak 50 MHz anten ile taranmıştır. Bulamaç hendeği, 250 MHz anten ile boyuna, 100 MHz ve 50 MHz antenler ile ise hem boyuna hem de enine taranmıştır. Baraj gövdesi ve bulamaç hendeği (Slurry Trench) üzerinde toplamda 29.813 m uzunluğunda GPR ölçüsü alınmıştır.

Çalışma kapsamında gövde alanındaki taş kolonların ve bulamaç hendeğinin mevcut durumunu ortaya koyma yanında, nehir yatağının yaklaşık 45 m derinliğindeki kesit görüntüsü ve çalışma alanında yeraltı suyu seviyesi de elde edilmiştir.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı

1.2.1. İnceleme alanının yeri ve ulaşımı

Çorum, İç Anadolu’nun kuzeyi ile Orta Karadeniz Bölgesinin iç kısımlarında oldukça geniş bir alanı kapsayan bir ilimizdir. Doğusunda Amasya, güneyde Yozgat, batıda Çankırı, kuzeyde Sinop, kuzeydoğuda Samsun, güneybatıda Kırıkkale illeri ile çevrilidir (Anonim, 2014a). Çalışma alanı, Çorum ilinin Osmancık ilçesinde, Kızılırmak Nehri üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer buldur haritası. Mavi renk ile belirlenen bölge yaklaşık olarak çalışma alanıdır

Osmancık ilçesine yaklaşık 9 km mesafede bulunan alana erişim, baraj alanı için İstanbul - Samsun karayolundan, çalışma sahasına ulaşım, Ankara – Çankırı - Tosya karayolu üzerinden veya Ankara Çorum – Osmancık karayolu üzerinden sağlanmaktadır. Elektrik santrali alanı içinse 785 no' lu karayolundan olmaktadır (Anonim, 2014c) (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Çalışma alanındaki ulaşım ağı haritası (Anonim, 2014c)

1.2.2. İnceleme alanının jeomorfolojik özellikleri

Çorum il sınırı içerisinde yer almakta olan dağlar, genel olarak yüksek sayılamayacak niteliktedir. Ortalama yükselti 1500 m dolayındadır. Çalışma sahası içinde vadi boyunca tepeler ve dağlar Kızılırmak'a paralel şekilde uzanmaktadır. Osmancık İlçesindeki vadisi boyunca uzanan bu dağların en önemlileri; Çal Dağı ve Aladağ (1770 m)'dır. Baraj yeri ve yakın çevresinde ise; Kepez Tepesi (938 m), Sorkunkıran Tepesi (1112 m), Çatkındoruk (905 m), Karatepe (866 m), Sarmaşıkkaya Tepesi (949 m) bulunmaktadır (Akyüz, 2010).

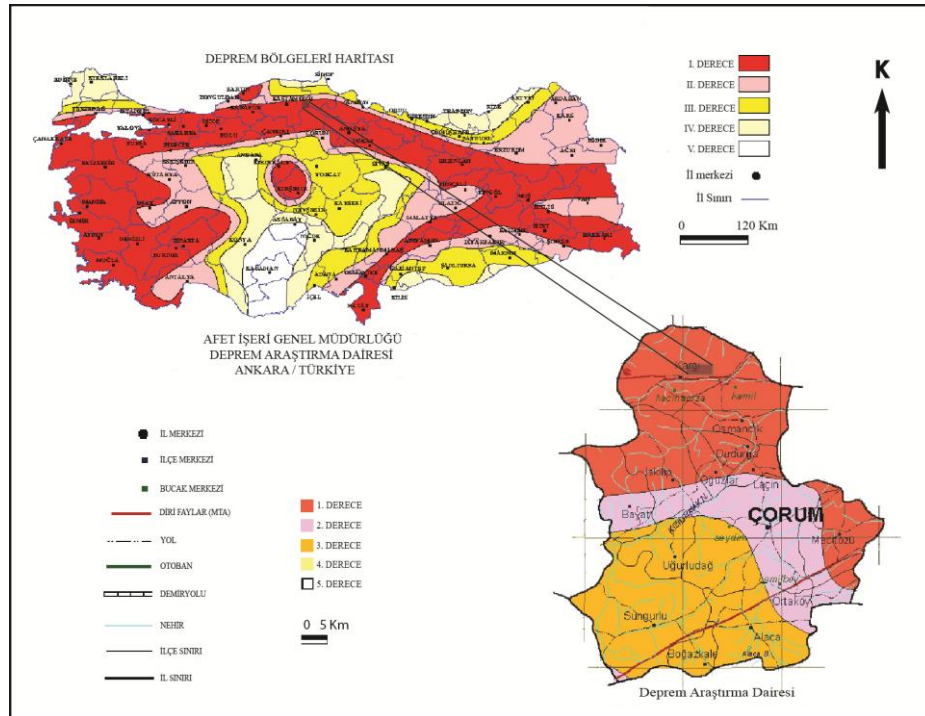
1.2.3. İnceleme alanının deprem durumu

Projelendirilmekte olan baraj ve benzeri mühendislik yapıları depreme karşı dayanıklı olarak inşa edilmektedir. Yine de emniyeti tam anlamı ile sağlamak açısından baraj sahasının depremselliği önem arz etmektedir.

Kargı Baraj sahası, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi tarafından hazırlanan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına" göre 1. Derece Deprem Bölgesi üzerinde yer almaktadır ve maksimum yer ivme değerleri 0.40 g'nin üzerindedir (Çizelge 1.1 ve Şekil 1.3).

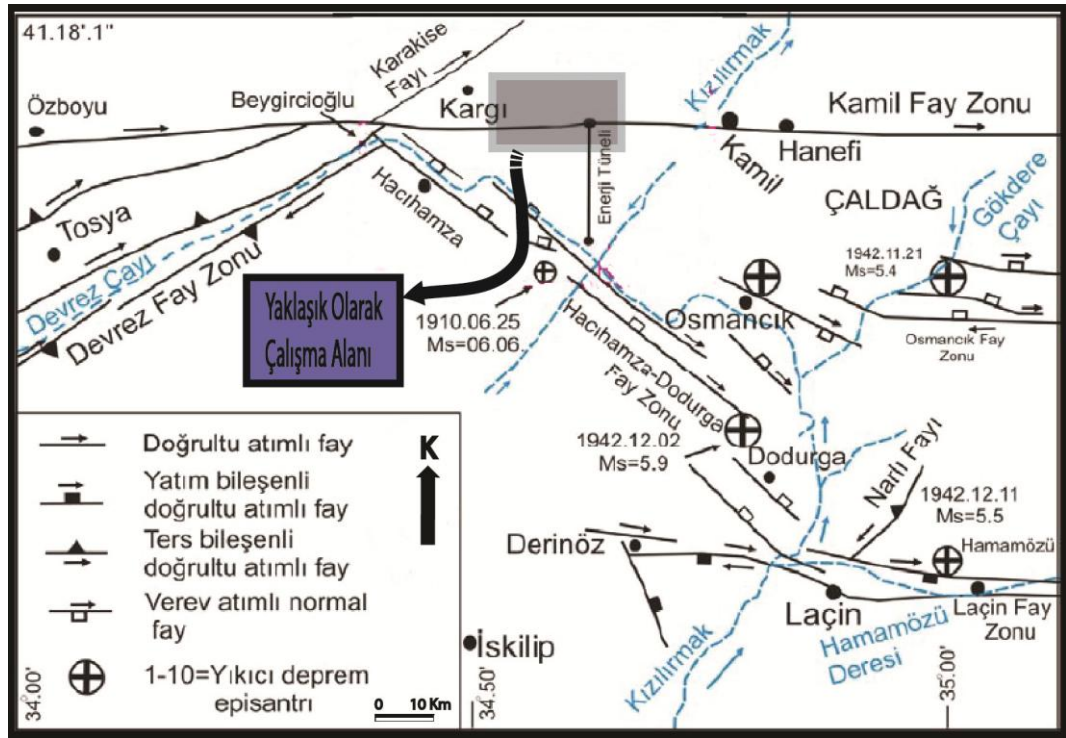
Çizelge 1.1. İvme Değerlerine Göre Deprem Bölgeleri (Özmen ve Nurlu, 1999)

Deprem Bölgesi Derecesi	Maksimum Yer İvmesi(a_{max})
1. Derece Deprem Bölgeleri	$a_{max} \geq 0.40g$
2. Derece Deprem Bölgeleri	$0.30g \leq a_{max} < 0.40g$
3. Derece Deprem Bölgeleri	$0.20g \leq a_{max} < 0.30g$
4. Derece Deprem Bölgeleri	$0.10g \leq a_{max} < 0.20g$
5. Derece Deprem Bölgeleri	$a_{max} < 0.10g$



Şekil 1.3. Türkiye Deprem Bölgeleri ve Çorum İli deprem haritası (Özmen ve Nurlu, 1999)

Baraj çalışma sahası, Türkiye'nin önemli fay sistemi olan Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAF) içinde bulunmakla ve Kuzey Anadolu Fay Zonu'na yaklaşık olarak 12 km mesafede bulunmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı'nın kolları olan Kamil Fayı'na 500 m, Hacıhamza-Dodurga Fayı'na 300 m ve Karakise Fayı'na ise 11 km mesafede bulunmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Kuzey Anadolu Fay Sistemi orta bölümü ve yakın çevresinin sadeleştirilmiş aktif tektonik haritası (Koçyiğit, 2007)

1.2.4. Çalışma sahasının iklim ve bitki örtüsü özellikleri

Karadeniz Bölgesi içerisinde kalan çalışma alanında, genel olarak bölgede Karadeniz iklim şartları etkilidir. Her mevsim yağışlı ve yıllık sıcaklık farkı azdır. Yazları serin, kışları ılıktır. Bölgede kış ayları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak olmakla birlikte yağış görülmektedir. En sıcak aylar Temmuz-Ağustos, en soğuk aylar Ocak-Şubattır. (Sevinç ve Yalçınkaya, 2011) İnceleme alanında, yıllık ortalama sıcaklık 14°C 'dir. En düşük sıcaklık Ocak ayında 1.9°C ve en yükseklik sıcaklık Ağustos ayında 23.4°C olup yıllık sıcaklık farkı, 21.5°C dir. Yağış ise, hidrografiya ve bitki örtüsünün kalitesini belirlemektedir. Yağış miktarı, Kargı'da yıllık ortalama olarak 462 mm iken, Osmaniçik'ta bu miktar 382 mm'ye düşmektedir (Anonim, 2014a).

Çalışma alanında yer alan doğal bitki örtüsü, artan yükselti dolayısıyla artan yağış, orman alanların genişlemesine neden olmakta ve bu sebeple ormancılık faaliyetleri ön plana çıkmaktadır. Özellikle yüksek tepelerde karaçam, sarıçam, ladin, köknar ve gürgen gibi orman ağaçlarıyla kaplı alanlar yer almaktadır.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bölgede değişik alanlarda yapılmış çok sayıda çalışmalar vardır. İnceleme alanı ve çevresinde yapılan bu çalışmaları başlıca şöyle sıralayabiliriz:

Akarsu (1958), Çorum Bölgesinin Jeolojisi hakkındaki etüd raporunda çalışma sahasının Paleozoik yaşlı kloritli, serizitli, epidotlu killi şist, Mesozoik yaşlı radiolaritli, serpantinli volkanik seri ve Tersiyer yaşlı konglomera, marn, kumlu kalker ve kalker tabakalarının oluşturduğu flişten meydana geldiğini belirtmiştir.

Tüysüz (1985), Kargı Masifi ve Dolayındaki Tektonik Birliklerin Ayırdı ve Araştırılması adlı 1/25000 ölçekli jeolojik harita alımı ve stratigrafik inceleme ağırlıklı doktora çalışmasına göre, inceleme alanının temelinde Liyas ve öncesi yaşlı bir ofiyolit topluluğu bulunur. Düzenli bir ofiyolit istifi ve onun epiofiyolitik birimleriyle temsil edilen bu topluluk, Malm öncesi bir okyanusal ortamın (Paleotetis) ürünüdür. Bu okyanusun güney yönüne dalması ile kuzeyden güneye doğru ofiyolitik bir melanaj, bir ada yayı ve bu yayın arkasında kenar havza birimlerinin geliştiğini açıklamıştır. Bölgede 3 farklı dönemde meydana gelen magmatik etkinlik olduğunu belirtmiştir. İlki Paleotetise ait ensimatik ada yayı volkanizmasıdır ve riyolit-dasit türü lavların, granitik oluşumların yanı sıra yaygın piroklastik malzeme üretmesi, ikincisi Dogger’de oluşan Tibet tipi bir magmatizma ürünü olup, yaygın granitik oluşumlara ve asitik lavların gelişmesine neden olması ve üçüncüsü ise, magmatik kuşağın kuzey alanlarda Neotetis’in dalma batmasına bağlı olarak başlaması ve güneye doğru göçerek Eosen sonlarına kadar devam etmesi şeklinde olduğunu ileri sürmüştür.

Koçbay (1997), Mecitözü-Konaklı Çevresinin Hidrojeolojisi ve Yeraltı Suyu Kalitesi çalışmasında Ferhatkaya Formasyonu’nun yüzeye yakın kesimlerde, serbest akiferi, marn seviyeleri fazla olan Çekerek Formasyonu ile örtülü olduğu alanlarda basınçlı akiferi oluşturduğunu, inceleme alanındaki yeraltı sularında Ca ve HCO₃ iyonlarının fazla olduğunu ve yaygın bir karstlaşmanın görüldüğünü belirtmiştir. İnceleme alanında yeraltı suyu depolama ve sağlama açısından önem taşıyan birimler alüvyon ve Ferhatkaya Formasyonu kireçtaşlarıdır. Bu durumda diğer birimlerin yeraltı suyu potansiyeline önemli katkıları yoktur. Yapılan jeofizik çalışmalar ve alanda açılmış olan kuyularda yapılan pompa testleri ve çeşitli ölçümler sonucunda Avkad üyesi kireçtaşlarının karstik özellikte

olduğunu ve yeraltı suyu içerdiğini belirtmiştir. Akiferin inceleme alanı içerisinde yağıştan beslenme miktarı, boşalan suyu karşılamamaktadır. Böylece inceleme alanı dışında kuzey kuzeydoğuya doğru yayılımı devam eden kireçtaşlarının bu alanlardan da beslendiğini açıklamıştır.

Aslan (2006), düzenlediği etüd raporunda Çorum ovasının Neojen jeolojik devrine ait altta konglomera, kum taşı seviyeleri ve üstte içinde kumtaşı, jips ve tuz yatakları olan marn ve killerden oluştuğunu ve alçak bölümlerde yer altı su seviyesinin 2,5-3 metre derinde olduğunu belirtmiştir.

Koçbay ve Kılıç (2006), Obruk Baraj Yerinin (Çorum) Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi çalışmalarında bölgedeki bazaltların ince taneli koyu renkli matriks, orta büyüklükteki plajiyoklas kristalleri, iri taneli piroksen ve olivin fenokristalleri ile opak minerallerden oluştuğunu, kloritleşme, killeşme, karbonatlaşma ve silisleşmenin ayrışma derecesine ve hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak arttığını açıklamışlardır.

Zengin (2006), Osmancık-Çorum kuzeydoğusunda yer alan volkaniklerin epitermal cevherleşme potansiyeli ve mavi kalsedon oluşumu ile ilgili yaptığı yüksek lisans çalışmasında inceleme alanında, volkanik kayalarda gelişen hidrotermal alterasyonların ve bunlarla aynı süreçte alterasyona bağlı olarak oluşan kıymetli metal zenginleşmelerin, özellikle içinde bulundukları kaynak kayaların metal içerikleriyle ilişkili olduğunu vurgulamış ve inceleme alanında her hangi bir kıymetli metal zenginleşmesine rastlanmadığını ve yan kayaç olarak bulunan kalsedonların süs taşı olarak değerlendirilebileceğini belirtmiştir.

Tepecik (2007), Bayat (Çankırı-Çorum Havzası) dolaylarının jeolojisi ve tuz-petrol ilişkilerinin incelenmesi ile ilgili yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında bölgede kaynak ve örtü kayalarının bulunması, çeşitli antiklinallerin mevcudiyeti ve yeraltındaki tuz domları varlığının inceleme alanındaki petrol potansiyelini arttırdığını belirtmiştir.

Akyüz (2010), Kargı baraj yeri (çorum) litolojik birimlerin geçirgenlik özellikleri yönünden incelenmesi adlı yüksek lisans çalışmasında Kargı barajı, Çorum İli'nin Kargı ve Osmancık ilçeleri arasında, Kızılırmak Nehri üzerinde enerji amaçlı olarak yapılması planlanmakta olup, baraj yeri ve rezervuar alanı, Tersiyer bazaltları ile Kuaterner alüvyonları zerinde yer aldığını vurgulamış ve baraj yeri ve çevresindeki litolojik birimlerin geçirgenliklerinin incelenmesinde bulunmuştur. Bu amaçla, arazi ve

laboratuvarında yapılan çalışmalarla formasyonlar tanımlanmıştır. Bölgede 14 adet sondaj açılmış, kuyu açımı sırasında Lugeon ve Sızma testleri yapılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilmiş ve birimlerin geçirgenlik özellikleri belirlenmiştir.

Üner ve ark. (2011), Kargı Yelpaze Deltası'nın (Aksu Havzası, Antalya) Geç Miyosen Evrimi adlı çalışmalarında Tortoniyende havzanın batı kenarında depolanan, Kargı Yelpaze Deltası'nın yapısal ve sedimantolojik özellikleri incelenmiş, yelpaze deltasının gelişimi tektonizma ve deniz seviyesi oynamaları bakımından değerlendirilmiştir. Farklı seviyelerinde yama resifleri bulunan kaba taneli yelpaze deltası istif, fasiyes özellikleri, çökelme süreçleri ve çökelme alt ortamları (alüvyon yelpazesi, kıyı lagün, delta önü) bakımından incelendiğinde, yelpaze deltasının hem regresif hem de transgresif gelişim gösterdiği belirtilmiştir. Yelpaze deltasının depolanma karakterindeki değişkenlik, bölgesel tektonizma, buna bağlı deniz seviyesi oynamaları ve havzaya taşınan sediman miktarındaki değişimler ile açıklanabilmektedir. Konumu ve paleoakıntı yönleri ile Kargı Yelpaze Deltası, Aksu Havzası'nın oluşumunun ve evriminin anlaşılmasında anahtar bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Yöntemi

Tez çalışmasının bu aşamasında, çalışma alanı ve yakın çevresinde farklı amaçlarla daha önceden yapılmış rapor, makale ve tezler derlenerek gözden geçirilmiştir. Konuyla ilgili internet üzerinden ulaşılabilecek sayfalardan da faydalanılmıştır. Çalışma alanı ile ilgili bölgenin jeolojisi hakkında bilgi edinilerek çalışma sahasına ait harita üzerinde yeraltı radarı (GPR) ile ölçüm alınabilecek uygun alanlar oluşturulmuştur.

Saha çalışmaları sırasında öncelikle arazi detaylı olarak gezilerek incelenmiş ve yüzey jeolojisi hakkında bilgi edinilmiştir. İnceleme sahasının topoğrafik yapısı incelenip, arazi ile ilgili yapılan jeolojik, jeoteknik çalışmalar irdelenmiş ve çalışma sahası genel olarak yorumlanmıştır.

İnceleme alanında önceden yapılmış olan zemin-temel sondajı (SPT) ve arazi deneyleri göz önüne alınarak zeminin jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik durumu hakkındaki bilgilerden faydalanılmıştır. Edinilen bilgiler neticesinde Kızılırmak Nehri yatağına inşa edilen mühendislik yapısının (baraj gövdesinin) oturacağı alanın zeminini güçlendirmek amacıyla yapılan taş kolon uygulamasının ve bulamaç hendeğinin mevcut durumunu ortaya koymak hedeflenmiştir. Bu amaçla baraj gövdesinin oturacağı alan ve bulamaç hendeği sığ jeofizik araştırma yöntemlerinden biri olan Yeraltı Radarı (Ground Penetrating Radar, GPR) ile taranmıştır.

Yeraltı Radarı (GPR) aktif fay çalışmalarında etkin olarak kullanılan sığ jeofizik yöntemlerinden biridir. GPR yöntemi, yatay doğrultuda elektrik alan vektörü olan bir verici anten aracılığı ile yer içine gönderilen çok yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların (radyo dalgaları) ara yüzeylerden yansımalarının gözlemlenmesi ilkesine dayanmaktadır. GPR, tıp biliminde yıllardır kullanılan ve “ultrasonografi” olarak bilinen insan vücudunun içinin görüntülenmesini sağlayan cihazlarla benzerliği ile göze çarpmaktadır. Tıp çalışmalarında kullanılan antenler (tıp dilinde proplar) 1–10 MHz iken, yer bilimlerinde kullanılan antenler 10–2300 MHz mertebelerindedir (Yalçiner, 2009). Sonuçta tıp alanında birkaç on santim, yer bilimlerinde ise birkaç on metreler araştırılmaktadır. GPR yönteminin kullanım alanları; yer araştırmaları, tünel araştırmaları, yapı araştırmaları, arkeojeofizik araştırmaları, endüstriyel atık, sızıntı ve çevre

kirlenmesinin araştırılması, eski veya kaydı bulunmayan şehir altyapılarının araştırılması, adli tıp araştırmaları, yeryüzü ve galerilerde maden araştırmaları olarak sıralanabilir (Yalçınar ve ark., 2009).

Çalışmada 250 MHz (Şekil 3.1), 100 MHz korumalı anten (Şekil 3.2) ve 50 MHz RTA (Şekil 3.3) GPR antenleri kullanılmıştır. Alan, 50 x 70 m boyutlarında 7 alt alana bölünerek 250 MHz anten ile; 5 m aralıkla boyuna olarak 100 MHz anten ile ve 10 m aralıkla boyuna olarak 50 MHz anten ile taranmıştır. Bulamaç hendeği ise 250 MHz anten ile boyuna, 100 MHz ve 50 MHz antenler ile ise hem boyuna hem de enine taranmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanında 250 MHz korumalı GPR anteni ile ölçüm alma işlemi



Şekil 3.2. Çalışma alanında 100 MHz korumalı GPR anteni ile ölçüm alma işlemi



Şekil 3.3. Çalışma alanında 50 MHz RTA GPR anteni ile ölçüm alma işlemi

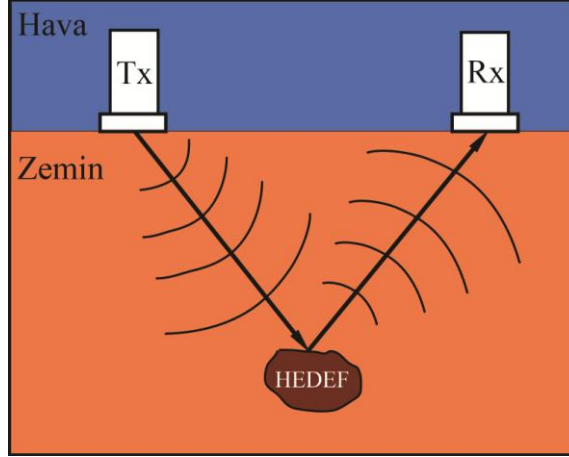
Arazi çalışmalarındaki dikkatli ölçümlerin sonrasında, iyi bir verinin oluşması ve iyi bir yorumlama yapabilmek için uygun filtreleme gerekmektedir (Yalçıner ve ark., 2009). Bu işlemler için ticari olarak elde edilebilen ReflexW (Sandmeier, 2003) programı kullanılarak veri görselleştirilmiş ve yorumlanmıştır.

3.2 Yeraltı Radarı Yöntemi (GPR)

Yeraltı araştırma, yeraltı penetrasyon ve yeraltı radarı gibi birçok isim ile tanımlanan yeraltı radarı (GPR), sistem olarak elektromanyetik frekanslar ile yeraltından bilgi toplamaya dayanır. Çoğunlukla İngilizce adının kısaltılmışı GPR (Ground Radar Penetration) sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. GPR sisteminin tasarımı çok geniş bir yelpazede tanımlanır ve genel olarak yapılacak uygulamaya uygun seçimlere göre yapılır. Bunlarda etkili olan hedef derinliği, hedef büyüklüğü ve araştırma yapılacak alandır. Bu sayede GPR yönteminin uygulama alanları doğru seçilecek sistem ile oldukça geniştir.

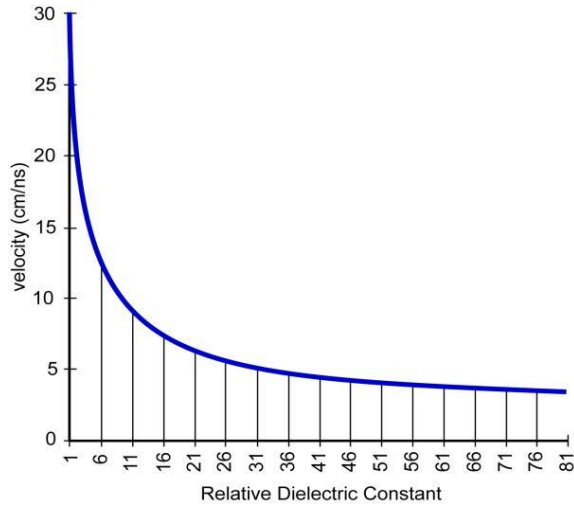
Genel olarak GPR verileri belirli aralıklarla ölçülendirilmiş grid alanlarında uygulanır. Yöntem genel olarak antenlerden üretilen elektromanyetik sinyallerin yeraltındaki gidiş-geliş yolculuğu sırasında uğradığı değişimlerin orijinal sinyallerden farkı ile ilgilenir (Conyers, 2004). Radar sinyalleri seyahat ortamlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre hızlarını belirleyerek hedefe ulaşır ve hedef hakkında da bilgi toplar. Yolculuk zamanı bilindiği durumlarda ortamın hızı da bilindiğinden, hedef derinliği de hassas olarak belirlenebilmektedir. Radar sinyallerinin seyahat süreleri nanosaniye (10^{-9} sn) cinsinden belirlenir. Böylece yerüstündeki antenler 2 – 20 cm aralığında bazen sabit bazen de değişken aralıklarla hareket ederek bilgi toplarlar. Radar antenlerinin etki edeceği derinlik iki ana faktöre bağlıdır; 1) antenin frekansı ve 2) uygulama alanındaki toprak yapısının özellikleri (genel olarak su içeriği). İkinci faktör genel olarak anten seçimini de etkilemektedir. Elektromanyetik sinyalin seyahatinin etkileneceği ortamlar ve sinyal saçılımı en önemli unsurlardır. Enerji transferinin iki önemli bileşeni elektrik ve manyetik sabitlerdir. Bağımsız olarak yansıyan dalgalar (dalga formu olarak da adlandırılır) dijital olarak yeraltından yansıyarak toplanır, bu şekilde birçok iz elde edilerek bir araya getirilip iki boyutlu düşey kesit olarak profil haline getirilir. Binlerce izin grid içerisinde bir araya getirilerek profillerin elde edilmesiyle de gerek iki boyutlu, gerekse üç boyutlu yeraltı görüntüsüne ulaşılır.

GPR, hem verici Tx hem de alıcı Rx antenlerden oluşur. Verici antenler kısa yüksek frekanslı radyo sinyalleri yayarlar (Şekil 3.4). Sinyaller bir hedefe ya da farklı dielektrik sabitine sahip tabakalara çarpıp geri geldiklerinde alıcı antenler bunları kayıt eder (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yeraltı radarı sisteminde bulunan antenlerin şematik gösterimi

GPR genelde sismik yansıma ile karşılaştırılır. Sadece sismik dalgalar bir tabakada yansındıklarında ürettikleri yansımaları oluştururken, GPR hem tabakalarda hem de gömülü objelerden yansımalar üretir. GPR yönteminin sismik yansıma göre en önemli avantajı hız ve çözünürlük etkisi olup, dezavantajı ise derinlik konusunda sınırlı kalmasıdır. Değişik elektromanyetik özelliklere sahip gömülü tank, sedimanter tabakalar, su tablası veya arkeolojik kalıntılar gibi objeler GPR’da yansımalar neden olur. Genelde, gömülü objenin farklı dielektrik sabitine sahip olması ile GPR yansımaları oluşur. Dielektrik sabiti genel olarak bir maddenin elektromanyetik bir yük üzerine uygulandığı zaman depolayabildiği yükü göstermektedir ve $\epsilon_r = (c / v)^2$ formülü ile hesaplanır, burada “ ϵ_r ” dielektrik sabitini, “ c ” ışık hızını (30 cm/ns) ve “ v ” ise elektromanyetik enerjinin maddeden geçiş hızını göstermektedir. Bu sebeple dielektrik sabiti elektromanyetik hız ile ters orantılıdır ve Şekil 3.5’de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Dielektrik sabiti ile elektromanyetik hız arasındaki ilişki (Daniels, 2004)

Radar frekanslarında, su ~81 dielektrik sabitine sahip iken, kuru kayalar genelde 3– 5 arasında dielektrik sabitine sahiptir. Genelde kayaların dielektrik sabiti değerleri içerdikleri su ile orantılı olarak 6 – 30 arasında değişir. Çizelge 4.1’de 100 MHz frekansına göre bazı maddelerin elektromanyetik hızları ve relatif dielektrik sabitleri gösterilmektedir (Davis and Annan, 1989).

Çizelge 3.1. Bazı maddelerin relatif dielektrik sabitleri (RDC) ve elektromanyetik hızları (Davis and Annan, 1989)

MADDE	RDC	HIZ (cm/ns)
Hava	1	30
Kum	3 - 5	15
Kuru silt	3 - 30	5.5 - 17
Buz	3 - 4	15
Asfalt	3 - 5	15
Volkanik kül	4 - 7	11 - 15
Kireçtaşı	4 - 8	10 - 15
Giraniit	4 - 6	13
Buzul	4 - 5	13 - 15
Kömür	4 - 5	13 - 15
Şeyl	5 - 15	8 - 13
Kil	5 - 40	5 - 13
Beton	6	12
Dolgun silt	10 - 40	5 - 10
Kuru kumlu kıyı bölgesi	10	10
Ortalama organik zengin toprak	12	8.5
Bataklık orman arazisi	12	8.5
Organik zengin tarım arazisi	15	8
Doygun kum	20 - 30	5.5 - 6.7
Tatlı su	80	3.3
Deniz suyu	81 - 88	3.3

3.2.1 GPR yönteminin tarihçesi ve uygulama alanları

James Clerk Maxwell 1864’de ve Heinrich Hertz 1886’da elektromanyetik dalgaların ve bunların yansımaları ile ilgili temel teoriyi ortaya koymuşlardır. Ancak 1924’e kadar, İngiliz fizikçi Sir Edward Victor Appleton’ın iyonosferin yüksekliğini elektromanyetik dalgalar ile belirlenmesini sağlayan denklemler oluşmamıştır. Daha sonra 1935’de İngiliz fizikçi Sir Robert Watson-Watt ilk pratik radar sistemini geliştirmiştir (Yalçın, 2009).

Olhoeft (2000)’e göre ilk GPR ölçümleri 1929 yılında Alman jeofizikçi W. Stern tarafından gerçekleştirilmiştir. Ancak, GPR genel olarak 1950’lerin sonlarına kadar unutulmuştur. Ancak Amerikan Hava Kuvvetlerinin radar sistemlerinin Grönland üzerindeki buz tabakasından etkilenecek yanlış yükseklik hesabı sonucu yaşadıkları kaza GPR’ın yeniden hatırlanmasına neden olmuştur. 1960 yılında John C. Cook yeraltındaki cisimlerin radar yöntemi ile belirlenebildiğini anlattığı “Tek dönlümlü sinyal sunumu, VLF radar ile buz ve kar kalınlıklarının uçaktan belirlenmesi” isimli makalesi ile duyurusunu yapmıştır (Cook, 1960). Cook ve diğer araştırmacılar daha sonraları da yeraltındaki cisimleri belirlemek için radar sistemleri geliştirmeye devam etmişlerdir.

En orijinal ve gelecek vadeden yeraltı radar sistemi Moffatt ve Puskar (1976) tarafından sunulmuştur. Sistemlerinde kullandıkları antenler sayesinde gürültünün hedefe oranını düşürerek yeraltından daha sağlıklı bilgiler elde etmişlerdir. Moffatt ve Puskar sistemlerini birçok uygulamada kullanmışlardır. GPR ile gömülü bir tüneli, fayları ve maden yataklarını belirlemişlerdir. Bunların yanı sıra ıslak zonlar konusunda da çalışmalarda bulunmuşlardır. Sonuç olarak GPR yönteminin yeraltı çalışmalarında geniş bir alanda kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Ulriksen (1982) bu çalışmada GPR verisinin değerlendirilmesi ve sunulması için kullanılacak temel formülleri ortaya koymuştur. GPR işleminde esas olan ham veriyi bozmadan işleyerek en anlaşılır hale getirmektir.

Yeni nesil GPR sistemleri, genelde sığ jeofizik çalışmalarda tahribat yapmadan kullanmaya yönelik olarak geliştirilmektedir. Sığ jeofizik araştırmalarda GPR birçok başarılı çalışmaya imza atmıştır. Bununla beraber tahribattan kaçınılan, tünel, yol inşaatı ve diğer bu tarz sivil mühendislik uygulamalarında GPR’ın önemi gün geçtikçe artmaktadır. GPR aynı zamanda jeolojik, neotektonik, aktif tektonik, hidroloji, arkeolojik ve kirlilik alanlarındaki çalışmalarda da kullanılmaktadır. Arktik ve Antarktik buz tabakalarının ve

Kuzey Amerika'daki buzullardan, granit, kireçtaşı ve mermer gibi diğer sert kayaçların haritalanması bunlara verilebilecek örneklerdendir (Daniels, 2004). Diğer yandan GPR günümüzde aktif fayların yerlerinin bulunmasında başarı ile uygulanmıştır (Bano ve ark., 2000, Audru ve ark., 2001, Meghraoui ve ark., 2001, Gross ve ark., 2002, Green ve ark., 2003).

Sonuç olarak GPR yönteminin kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| ➤ Arkeolojik Araştırmalar | ➤ Adli Tıp Uygulamaları |
| ➤ Duvar durumu belirleme | ➤ Gezegen Araştırmaları |
| ➤ Aktif tektonik Araştırmalar | ➤ Mayın Aramaları (askeri) |
| ➤ Demiryolları | ➤ Kablo ve Boru Tespiti |
| ➤ Jeolojik ve Jeofizik Araştırmalar | ➤ Beton Güçlendirme |
| ➤ Köprü ayakları Araştırmaları | ➤ Yol Çalışmaları |
| ➤ Bina güçlendirmesi | ➤ Tünel Kaplamaları Buz ve Kar |
| ➤ Kirlilik alanları tespiti | Kalınlıkları |
| ➤ Kuyu logu Çalışmaları | |

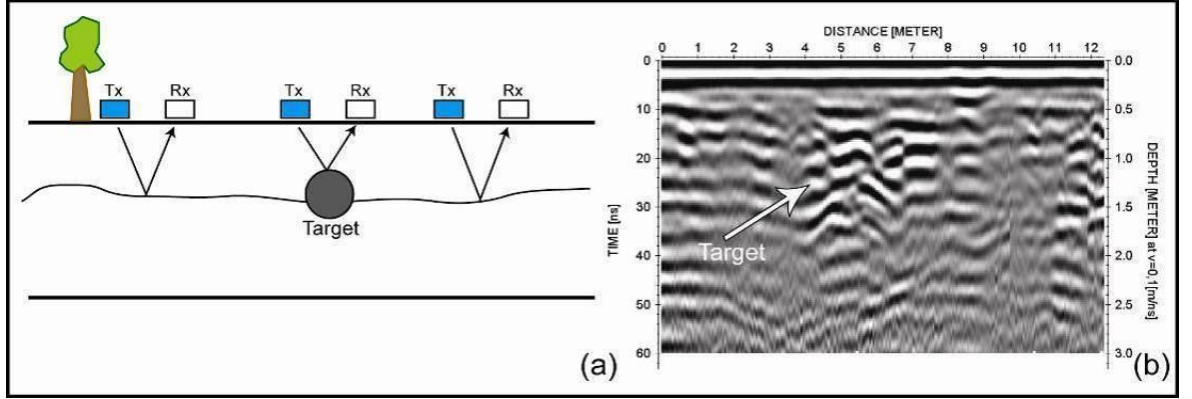
3.2.2. Veri toplama (GPR ölçümleri)

GPR ölçümlerinde veri toplamak için birçok anten düzeneği vardır. Bunlardan en sık kullanılanları i) sabit aralıklı ölçüm ve ii) ortak orta nokta anten düzenekleridir. Sabit anten aralıklı düzenekte verici Tx ve alıcı Rx antenler arasında uzaklık/aralık sabit olarak belirlenir ve hareket ettirilir (Şekil 3.6a). Bu tür ölçümler tek kişi tarafından yapılabilir. Öte yandan sabit aralıklı ölçümler hedefi yalnızca bir defa görür (Şekil 3.6b). Ortak orta yansıma noktası ölçümünde ise belirlenen sabit bir orta noktanın iki tarafına yerleştirilen verici Tx ve alıcı Rx antenler düzenli aralıklar ile birbirlerinden uzaklaştırılır (Şekil 3.7a). Ortak orta nokta ölçümleri genel olarak tabakaların hızlarını belirlemek için kullanılır (Şekil 3.7b). Günümüzde korumalı antenler sabit aralıklı ölçümlerde, korumasız antenler ise ortak orta nokta ölçümlerinde kullanılmaktadır.

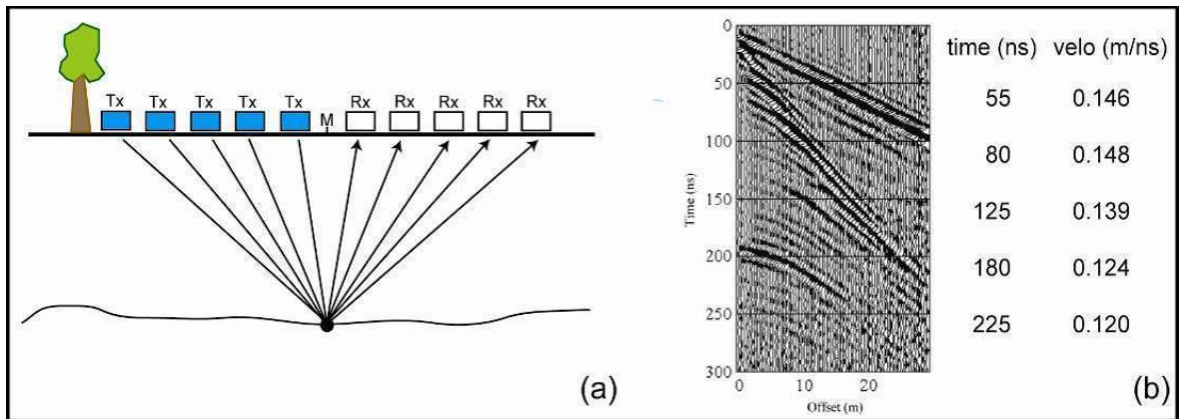
Ölçümlerde genel olarak korumalı antenler kullanılmaktadır (Şekil 3.8). Burada kutu içerisine yerleştirilmiş verici Tx ve alıcı Rx antenler yüzeyde ilerleyerek yeraltından çeşitli izler toplamakta ve bu izlerin binlercesi bir araya gelerek profili oluşturmaktadır.

Ölçümler genellikle bir profil üzerinde, önceden belirlenmiş ölçüm noktalarında alınırlar. Her ölçüm noktasındaki izler yan yana getirilerek radagram adı verilen radar kesitleri elde

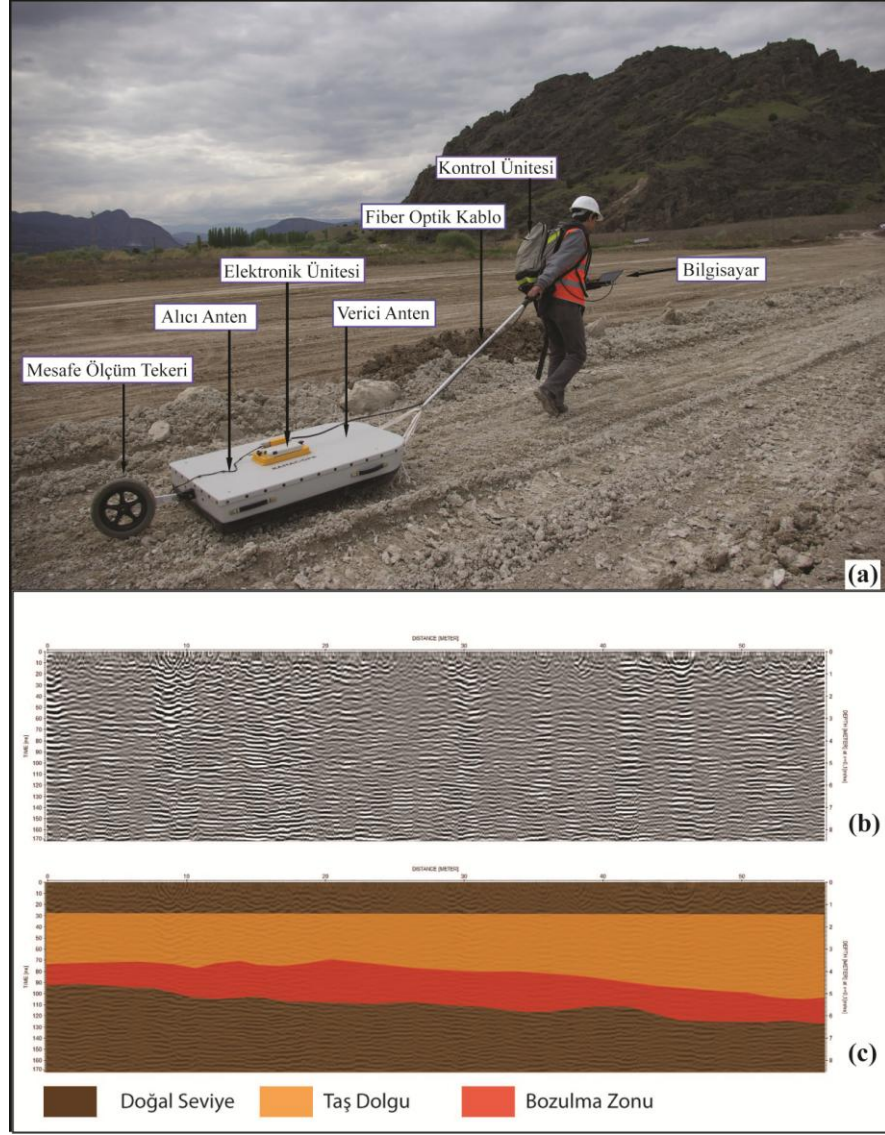
edilir (Şekil 3.8). Bir alan üzerinde çalışıldığında, arazide paralel profiller kullanılarak ölçümler alınır. Sonuçlar üç boyutlu olarak görüntülenebilir (Kadioğlu, 2003).



Şekil 3.6. Sabit aralıklı anten ile uygulanan GPR ölçümü. (a) Sabit anten aralığının şematik gösterimi. (b) Sabit anten aralığı ile alınmış örnek bir GPR profili



Şekil 3.7. Ortak orta nokta metodu ile uygulanan GPR ölçümü. (a) Ortak orta nokta metodunun şematik gösterimi. (b) Ortak orta nokta ile alınmış örnek bir GPR profili (örnek profil Travassos ve Menezes 2004'den alınmıştır)



Şekil 3.8. Bir profil boyunca elde edilen radagram a) Radar sistemi ile veri toplama b) Radagram görüntüsü (c) Modelenmiş veri

Yansıma profilleri antenlerin bir hat üzerinde hareket etmesi ile toplanır. Fiberglas kablolar ile elektronik birime bağlı birçok frekanstaki anten veri toplama işleminde kullanılmaktadır. Fiberglas kablolardan toplanan sinyaller kontrol birimine gelerek sayısallaşır. Bu kontrol biriminden ise çeşitli bağlantı yöntemleri ile bilgisayar ortamına aktarılır.

Yeraltı radarının taşınabilir olması, çevreye herhangi olumsuz bir etki yapmaması, diğer jeofizik yöntemlere göre çok daha hızlı veri toplanabilmesi ve yüksek çözünürlüklü yeraltı görüntülemesini yapabilmesi yöntemin en büyük avantajlarıdır. GPR yöntemini kısıtlayan durumlar ise; yüksek iletken bir ortamda çalışamaması ve derinlikle çözünürlük derecesinin azalmasıdır. Radar penetrasyon derinliği ve herhangi bir derinlikteki hedef

nesnenin belirlenebilmesi o bölgedeki toprak özelliklerine bağlıdır. Toprak yüksek iletkenlikli ise GPR yöntemini etkisiz hale getirebilir. Yöntemin sonuç vermesi için aranan nesne ile çevre birim arasında yeterli elektriksel kontrastın olması gerekir. Radar verisi yorumu göreceli bir işittir. Bu nedenle yorumcunun deneyimi çok önemlidir. Ayrıca spektral analiz, sayısal süzgeçleme, dalgalar, elektromanyetik yöntem, sayısal analiz ve programlama, sayısal modelleme ve ters çözüm gibi konularda bilgi sahibi olması yorum gücünü etkileyen önemli bir unsurdur.

3.2.3. Veri işleme

GPR’da veri işleme, elde edilen sayısal verilerin anlaşılır görüntüler haline getirilmesine dayanır. Bu işlem için genelde daha önceden uygulanmış örnek filtreler ve işlemler kullanılır. Özel durumlarda ise testlerle elde edilen işlemler uygulanır.

Daniels (2004)’e göre Veri İşleme, istenmeyen kirlı gürültülerin azaltılması olarak tanımlanır. Mantıksal olarak, sinyaldeki gürültü oranı araştırılan hedefin belirlenip belirlenememesine neden olur. GPR genelde gürültüler ile çok fazla kirlenmiş sinyaller üretir. Temizlenebilen bu gürültülerin en doğru şekilde filtre edilmesi gerekmektedir. Gürültü temizlemek için kullanılan filtrelerin algoritmaları genelde çok karışık olmaktadır. En elverişli filtre parametrelerini kullanarak orijinal verinin en az hasar görmesi sağlanmalıdır.

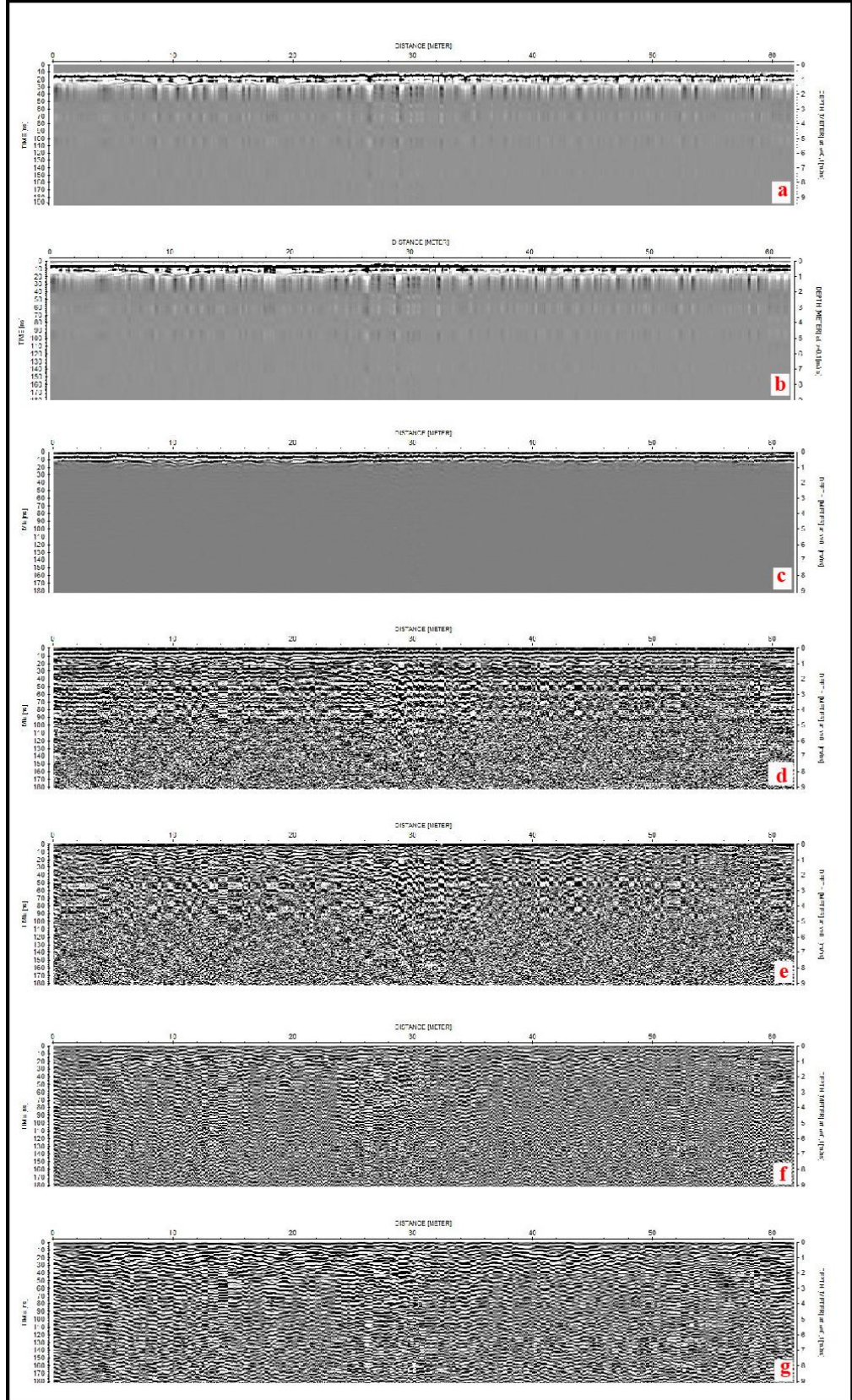
İyi bir verinin oluşması için gereken dikkatli ölçüm sonrasında da iyi bir yorumlama yapabilmek için iyi bir filtreleme gerekmektedir (Yalçiner ve ark., 2009). Bu işlemler için ticari olarak elde edilebilen ReflexW (Sandmeier, 2003) programı kullanılmıştır. Ana işlem adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Ham veri (Şekil 3.9a).
- İlk zaman filtresi: Bu filtre her iz için ayrı ayrı uygulanarak hava boşlukları en aza indirgenir ve diğer filtrelemeler için ön hazırlık yapılır (Şekil 3.9b).
- Akım düzeltmesi (Dewow): Bu filtre her iz için ayrı ayrı uygulanır. Bu seçenek ile tüm izlerden ortalama olarak DC akım ile oluşmuş etkiler temizlenir (Şekil 3.9c).
- Enerji Geciktirme: Bu filtre her iz için ayrı ayrı uygulanır. Filtre aktivitesi ile seçilen artış eğrisi “y” ekseninde tüm profile uygulanır ve enerjideki gecikmeler ortaya çıkartılır. Tüm gerçek değerler doğal olarak kayıp edilir. Ancak tüm profile uygulanan bu artış ve azalış toplamda gerçekçiliği etkilememekte sadece

görünürlüğü yükseltmektedir. Tüm işlemler sonucunda izlerdeki enerji sabit bir değer ile çarpılır (Şekil 3.9d).

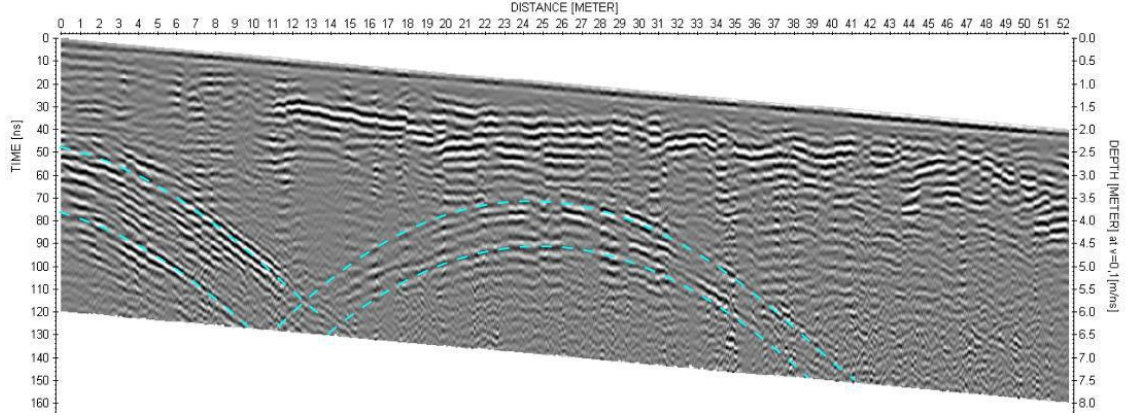
- Ortalama değer temizleme: Bu filtre belirlenen izlere uygulanır. Filtre her seferinde seçilen belirli bir sayıda iz üzerinde işletilir. Aynı zamanda bu filtre kaydırmalı arka plan filtresi olarak da adlandırılır. Belirlenen sayıdaki iz üzerine uygulanan filtrede belirlenen değer toplam olarak izlere uygulanır ortada bulunan iz sabit tutularak diğerlerine yayılır. Görsel olarak bir çerçeve içerisinde kalan izlerin ortasındakine göre değer almalarına dayanır (Şekil 3.9e).
- Band geçişli süzgeç: Bu filtreleme işlemi ile profillerde meydana gelen çok düşük ve çok yüksek frekanslı gürültüler atılmaktadır (Şekil 3.9f).
- Migrasyon (Göç): Bu filtreleme işlemi, tespit edilen anomaliler hiperbol halinden gerçek görüntüsüne en yakın hale getirmeyi amaçlar (Şekil 3.9g).

Yeraltındaki süreksizliklerin yerleşimini anlayabilmek için oluşturulacak görüntüleme haritaları, belirli zaman aralıkları ile hesaplanan yatay zaman kesitleri ile mümkün olabilir. Bu tarz veri değerlendirmeleri sayesinde yeraltındaki anomali yaratan yapıların yerleri ve şekilleri oldukça kolay saptanabilir (Leucci ve Negri, 2006).



Şekil 3.9. Örnek bir GPR profili ve işlem adımları. (a) Ham veri. (b) İlk zaman filtresi. (c) Akım düzeltilmesi (dewow) (d) Enerji geciktirme (e) Ortalama değer temizleme (f) Band geçişli süzgeç (g) Migrasyon

GPR verileri bazen yerüstünde bulunan nesnelerin (elektrik direkleri, güç hatları, metal çitler, ağaçlar, binalar vb.) yarattığı kırılma sinyalleri ile gürültü barındırabilir (Şekil 3.10). Bu genel olarak GPR profillerinde rastlanan hiperbolların yeraltından mı yoksa yer üstünden mi olduğunu anlamamanın ne kadar önemli olduğunu gösterir (Bano ve ark., 2000).



Şekil 3.10. Yerüstü yansımaları sonucu oluşan hiperbolları gösteren örnek GPR profili (kesikli mavi çizgiler) hiperbolların hızı 0,3 m/ns (havanın hızı)

BÖLÜM 4

ÇALIŞMA ALANININ JEOLojİSİ

4.1. Bölgenin Genel Jeolojisi

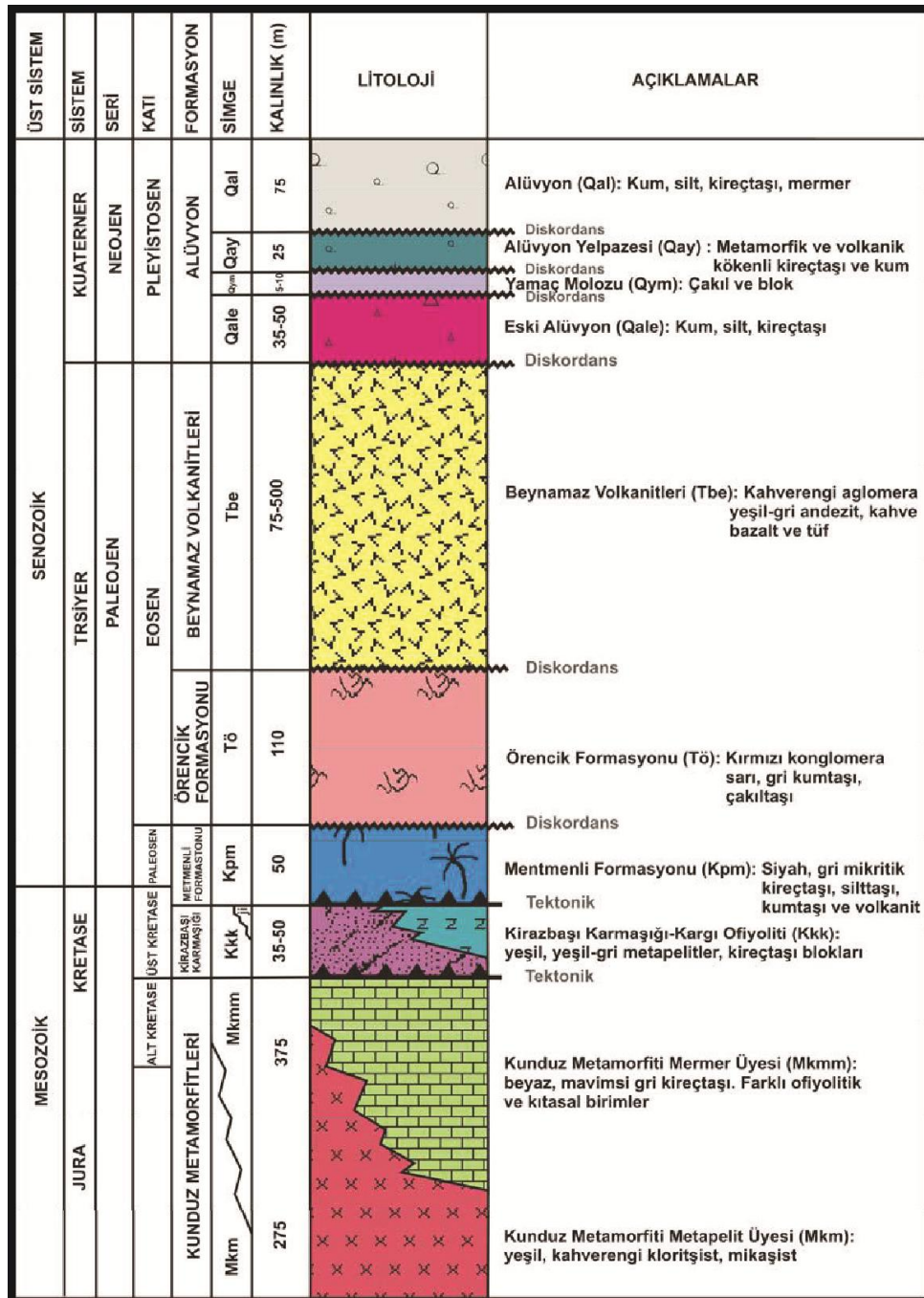
Bölgede aynı yaş dönemi içerisinde ancak farklı ortamlarda gelişmiş olan daha sonra jeolojik olaylarla bir araya getirilmiş kaya birimleri görülmektedir.

Tüysüz (1985) tarafından, bölgenin tektonik birlikleri ayırt edilerek genelde bölgenin kuzeye eğimli bir ekay zonu halinde olduğu belirtilmiştir. Bu zonda ofiyolitik ve değişik kökenli metamorfik kayalar ile bunların arasında çökel kayaların bulunduğu, ofiyolitik kayaların farklı dönemlerdeki iki okyanusa ait olduğu ve bunların Alt Mesozoyik'te yok olan Paleotetis ofiyoliti ile Üst Mesozoyik'te tüketilmeye başlayan Neotetis ofiyoliti olduğu vurgulanmıştır.

Paleotetis ofiyoliti üzerine Liyas sonu Dogger başı dönemde Paleozoyik yaşlı bir kıtasal topluluk (Devrekani Metamorfikleri) yerleşmiştir. Birim başlıca yer yer amfibolce zengin düzeyler içeren konglomeratik gnays, kuvarsit ve üst düzeylerde mermerlerden oluşmaktadır (Yılmaz, 1979; Tüysüz, 1985'den). Neotetis ofiyolitini temsil eden Kargı Ofiyolit Topluluğu, düzenli bir ofiyolit kesim ile ofiyolitik melanjdan oluşmakta ve Neotetis ofiyolitine ait dilimler güneye ekaylı bir dizilim sergilemektedir. Birim başlıca serpantinleşmiş ultramafit, serpantinit, gabro, diyabaz, spilit, pelajik kireçtaşı, çört ve fliš tipi çökeltilerle temsil edilir. Bölgede Dogger-Malm ve Üst Kretase-Eosen döneminde yaygın magmatik aktivite saptanmış olup, araştırmacı tarafından, Üst Kretase-Eosen Magmatizması, Doğu Karadeniz'de yer alan yaygın ada yayı volkanizmasının bu bölgedeki devamı şeklinde olduğu ve volkanizmanın Üst Kretase'de kuzey alanlarda iken, Eosen'de güney alanlara kaydığı belirtilmiştir.

Bölgede güney alanlarda Liyas'ta, kuzey alanlarda ise Malm'da başlayan transgresyon, Malm döneminde tüm bölgeyi kaplamış, böylece Pontidlerde yaygın bir karbonat platformu gelişmiştir. Bu platformun ürünleri Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarıdır. Kavkı kırıntıları, mercan ve algler yaygındır. Kireçtaşı çoğunlukla kıvrımlı olup, genelde doğu-batı eksen gidişli kıvrımların yanı sıra alt ve üst katmandan bağımsız çökelme ile birlikte birincil kıvrımlar (plastik akımlar) da izlenmektedir (Ketin ve Gümüş, 1963; Tüysüz, 1985).

Çalışılan sahada yaşlıdan gence doğru, Kunduz Metamorfiti, Kirazbaşı Karmaşığı (Kargı Ofiyoliti), Metmenli Formasyonu, Örencik Formasyonu, Beynamaz Volkanitleri ve Kuaterner dönemini yansıtan karasal çökeller yer almaktadır. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti aşağıda verilmiştir (Şekil 4.1). Baraj gövdesi alüvyon birimi üzerindedir.



Şekil 4.1. Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Tüysüz, 1985) (Ölçeksiz)

4.2. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı bugünkü yapısal konumunu, birbirini izleyen tektonik olaylar sonucu kazanmıştır. Lias ve öncesi dönemde kuzey alanlarda bir sıkışma rejimi egemen olmuş ve bu rejim altında bölgede güneyden kuzeye bindirmeler gelişmiştir. Lias'ta, güney alanlarda bir genişleme rejimi başlamış, Alt Kretase'ye kadar süren bu rejim altında, bölgede normal faylar gelişmiş ve böylece bölge, güneyden itibaren alçalmaya başlamıştır. Genişleme rejimi, yerini Üst Kretase'de sıkışma rejimine bırakmış, bu dönemde de D-B eksen uzanımlı kıvrımlar ve kuzeyden güneye bindirmeler oluşmuştur (Tüysüz, 1985).

4.2.1. Aktif faylar

Çalışma alanı, Türkiye'nin deprem tehlikesinden birinci derecede sorumlu olan Kuzey Anadolu Fay (KAF) sistemi içinde yer almaktadır (Şekil 1.3).

İnceleme alanındaki en etkili fay olan Kuzey Anadolu Fayı, doğuda Karlıova'dan batıda Saroz körfezine kadar uzanan yaklaşık 1200 km uzunluğundaki bir yanal atımlı fay sistemidir. Ülkenin en aktif ve yıkıcı depremlere neden olan bu fayı, tek bir kayma düzlemi olmayıp, birbirini izleyen birçok segmentten meydana gelmiştir. Genişliği kilometrelerle ifade edilen bir fay zonu durumundadır. Sakarya nehri ile Van Gölü arasındaki uzunluğu 1100 km'dir. Kuzey Anadolu Fayı'nın bütün parçalarında sağ yönlü kayma hareketleri gelişmiş olup, aynı zamanda daha küçük ölçekte düşey atım bileşenleri de gelişmiştir. KAF doğrultu atımlı ve sağ yönlü bir faydır. İnceleme alanındaki diğer faylar gerek konumları, gerekse yanal atım bileşenlerinin varlığı nedeniyle, Kuzey Anadolu Fayı ile ilişkili olarak düşünülmelidir (Tüysüz, 1985).

Çalışma sahasındaki haritalanmış faylardan, kuzeyde Maksutlu'nun batısında, kuzeybatı güneydoğu konumlu normal faylar, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Metmenli Formasyonu ile Mesozoyik yaşlı Kunduz Metamorfiti'nin mermer ve şistlerini birbiri ile dokanağa getirir.

Ada Dağı'nın kuzeydoğusunda kuzeybatı-güneydoğu konumlu ve doğrultu atımlı fay, Kunduz Metamorfiti içinde gelişmiştir. Bu fayın doğu devamında Tuzla Tepe'nin yakın kuzeyinde yaklaşık D-B konumlu normal fay Kunduz Metamorfiti'nin mermer ve şistleri ile Beynamaz Volkanitleri'ni dokanağa getirir. Bu fayın batı kesiminde, Kunduz Metamorfiti'nin mermer ve şistleri dokanaktadır. Fayın doğu kesimi Örencik Formasyonu ve Beynamaz Volkanitleri'ni keserek devam eder. Sarmaşıkkaya güneyinde yaklaşık D-B

konumlu gelişmiş iki faydan, kuzey taraftaki metamorfik şistlerle mermerleri dokanağa getirir (Tüysüz, 1985).

Rezervuar alanı sonu ile Devrez Kavşağı arasındaki kesimde Kızılırmak Vadisi, Hacıhamza-Dodurga Fay Zonu boyunca uzanmaktadır. KAFS içinde yer alan çalışma alanı, yaklaşık 3-12 km genişlikte, toplam 50 km uzunlukta ve KB-GD gidişli, önemli miktarda sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip verev atımlı normal bir deformasyon kuşağıdır (Koçyiğit, 2007).

Hacıhamza-Dodurga Fay Zonu, güneyde yer alan D-B gidişli Laçın Fay Zonu ile kuzeyden geçen yine D-B gidişli Kamil Fay zonunu birbirine bağlayan ve bu iki yapı arasındaki hareketi bir diğerine aktaran, doğrultu atımlı faylanmaya özgü bir aktif yapıdır. Hacıhamza Dodurga Fay zonu, yaklaşık KB-GD gidişli, kuzeydoğuya veya güneybatıya 700-800 eğimli, birbirine paralel-yarı paralel sık aralıklı (0.10-5 km) değişik uzunlukta (0.50-13 km) ve sürekli olmayan çok sayıda fay segmentinden oluşur. Bu fay zonunun inceleme alanındaki fay segmentlerinden en büyüğü, Kızılırmak Fay Vadisi'nin sağ sahilini ve vadi tabanını denetleyen yaklaşık 7 km uzunluğundaki Sivridoruk Fayı'dır. Nitekim Hacıhamza-Dodurga Fay Zonu'ndan kaynaklanmış olan 25.06.1910 tarihli Hacıhamza-Osmancık Depremi'nin büyüklüğü $M_s=6.06$ olarak kaydedilmiştir. Ayrıca, $M_s=5.9$ büyüklüğündeki 2.12.1942 Kargı (Osmancık) Depremi de yine Hacıhamza-Dodurga Fay Zonu tarafından üretilmiştir (Akyüz, 2010).

4.2.2. Uyumsuzluklar

İnceleme alanında, Kargı'nın doğusunda, Karaboyu Köyü mevkieinde ve kuzey doğuda Köprübaşı, Çaykışla ve Bağözü dolaylarında, Mesozoyik yaşlı Kunduz Metamorfiti, Oligosen-Miyosen yaşlı Karaboya Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür.

Hacıhamza-Osmancık arasında Eosen yaşlı çökel ve volkanitler ile Eosen yaşlı Örencik Formasyonu (Tö), alttaki Alt Kretase yaşlı Kunduz Metamorfiti (Mkm)'ni, Eosen yaşlı Beynamaz Volkanitleri (Tbe) ise, kendinden yaşlı tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Tüysüz, 1985).

4.2.3. Bindirme fayları

Bindirme Fayları, inceleme alanında, Kızılırmak'ın batıdan doğuya aktığı kesimin hemen güneyinde görülmektedir. Kamil İlçesi'nin batısındaki Süpürgeliğin Dere

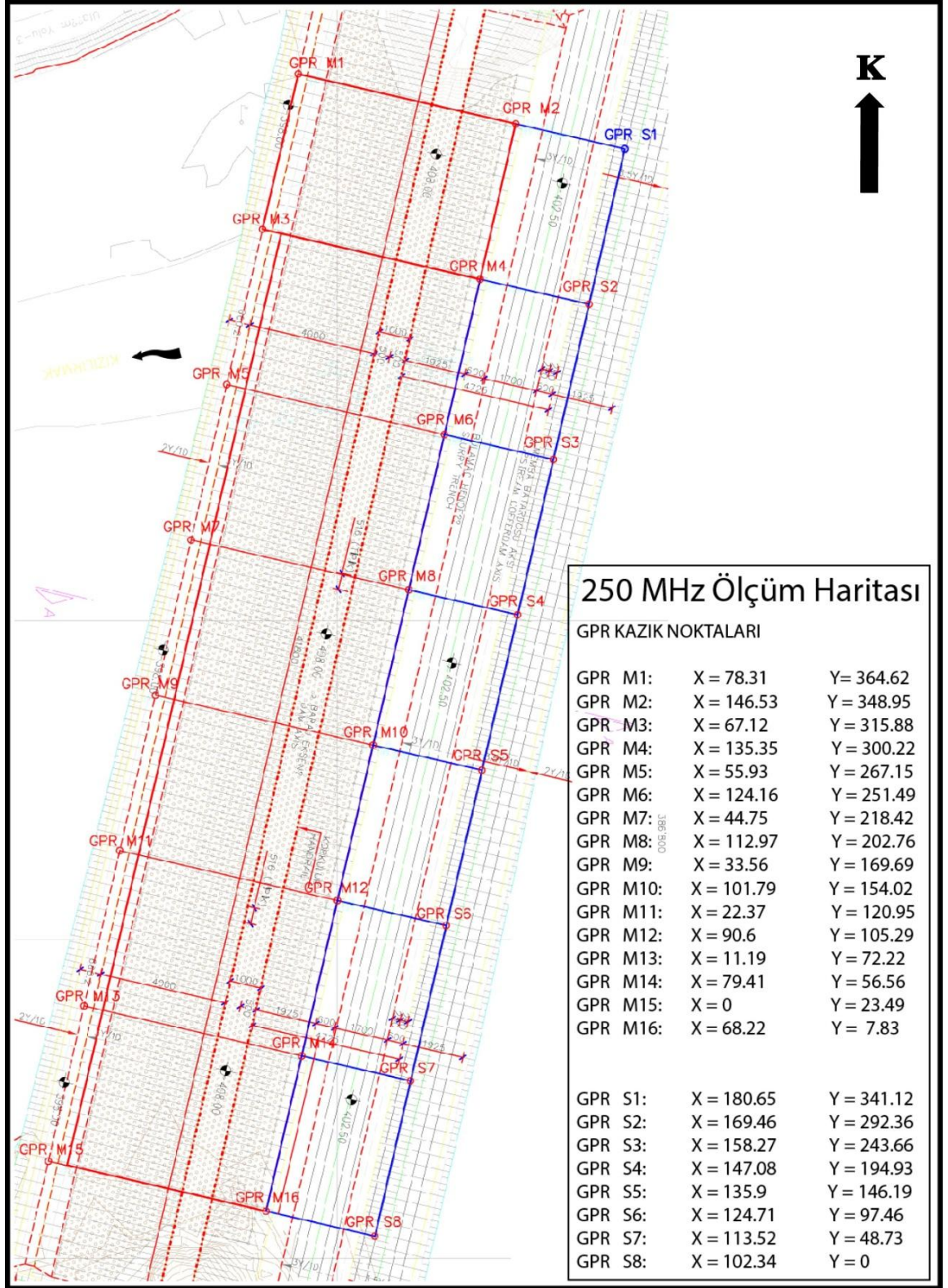
dolaylarında Üst Kretase yaşı Kirazbaşı Karmaşığı (Kkk), Kunduz Metamorfiti (Mkm) üzerine bindirmelidir (Koçyiğit, 2007). Bu bindirmeli dokanak, doğuda Kuzhayat mahallesine kadar devam eder. Kirazbaşı Karmaşığı (Kkk), iki itilme düzlemi arasında kalmakta olup, Kavlağınsırtı Tepe dolaylarında, Kunduz Metamorfiti (Mkm), Kirazbaşı Karmaşığı (Kkk) üzerine, Maksutlu'nun batısında, Üst Kretase-Paleosen yaşı Metmenli Formasyonu (Kpm) da, Kunduz Metamorfiti (Mkm) üzerine bindirmelidir (Tüysüz, 1985). Bindirme fayları yaşı deformasyonlar olarak bilinmektedir. Çalışma alanında yapılmış olan önceki çalışmalarda tam olarak çalışma lokasyonuna denk gelen bir aktif fay belirtilmemiştir.

BÖLÜM 5

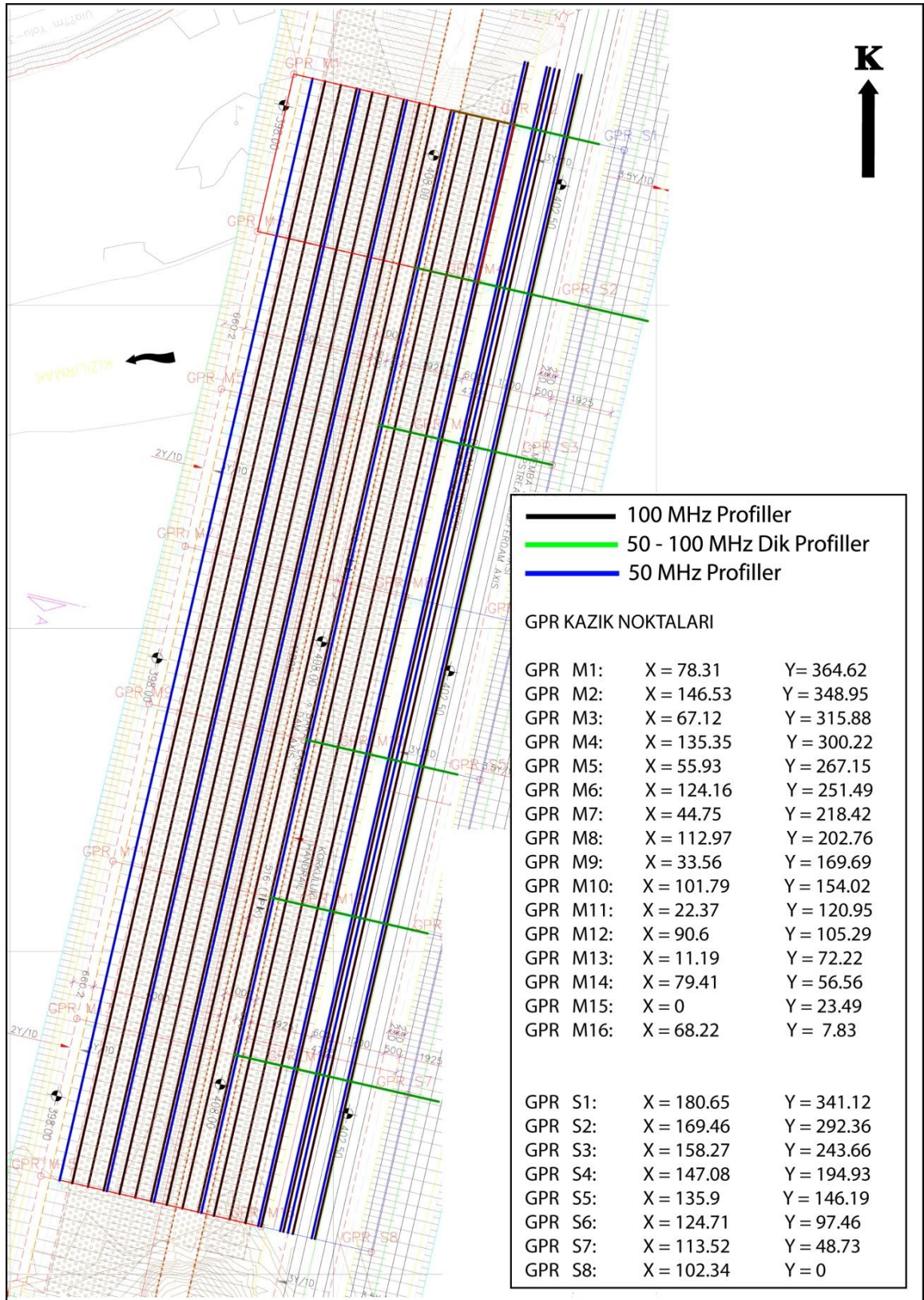
BARAJ GÖVDESİ GPR ÇALIŞMALARI

Çalışma kapsamında Mala marka GPR cihazı ve buna bağlı 50, 100 ve 250 MHz frekanslı antenler kullanılmıştır. Baraj gövdesi, 50x70 m boyutlarında alt alanlara bölünerek (Şekil 5.1) 7 alanda 250 MHz anten ile toplam 19860 m ölçü alınmış alınmıştır. 100 MHz anten kullanılarak gövde boyunca 5 m aralıklarla 13 profil üzerinde (Şekil 5.2) toplam 4303 m ölçü alınmıştır. Gövde üzerinde 50 MHz anten ile ise 10 m aralıklarla toplam 1650 m GPR ölçümü alınmıştır (Şekil 5.2). Bulamaç hendeği (Slurry Trench) 250 MHz anten ve 100 MHz anten ile boyuna taranmış ve sırasıyla toplam 800 m ve 1600 m ölçü alınmıştır. Bulamaç hendeği (Slurry Trench) 50 MHz anten enine taranmış ve toplam 1600 m uzunluğunda GPR ölçüsü alınmıştır (Şekil 5.1 ve 5.2). Baraj gövdesi ve bulamaç hendeği (Slurry Trench) üzerinde toplamda 29.813 m uzunluğunda GPR ölçüsü alınmıştır.

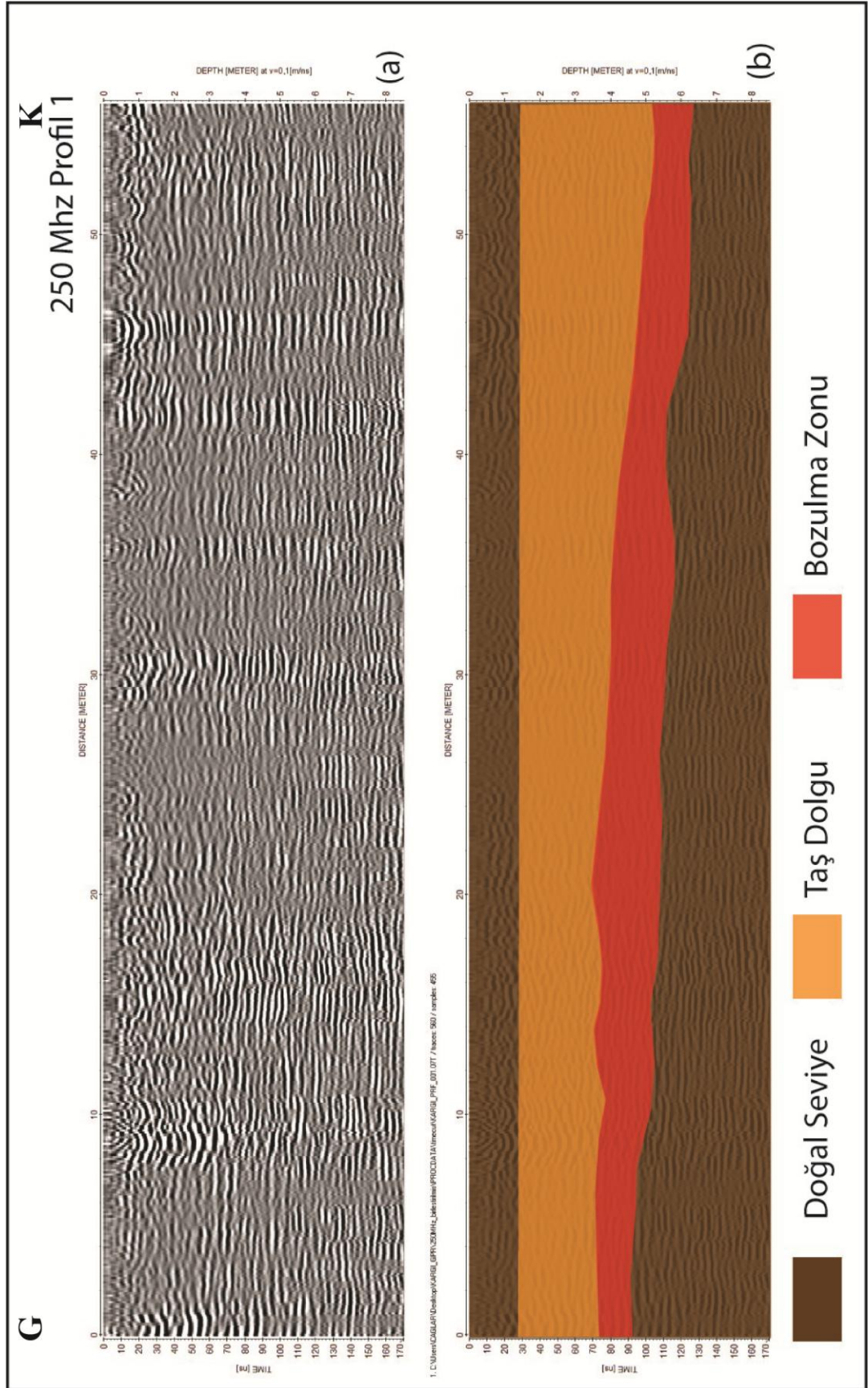
Alınan tüm ölçüler, alındıkları bölümlere ait tanımlamaları yapabilmek için değerlendirilmiştir. Öncelikle her bir profilde gözlenen taş kolon derinliği ayrımı tanımlanmış ve kesitlerin izlenen derinlik ayrımları ayrı ayrı değerlendirilerek alana yaygın haritalara dönüştürülmüştür. Farklı anten frekanslarına ait örnek değerlendirmeler Şekiller 5.3, 5.4 ve 5.5’de verilmiştir.



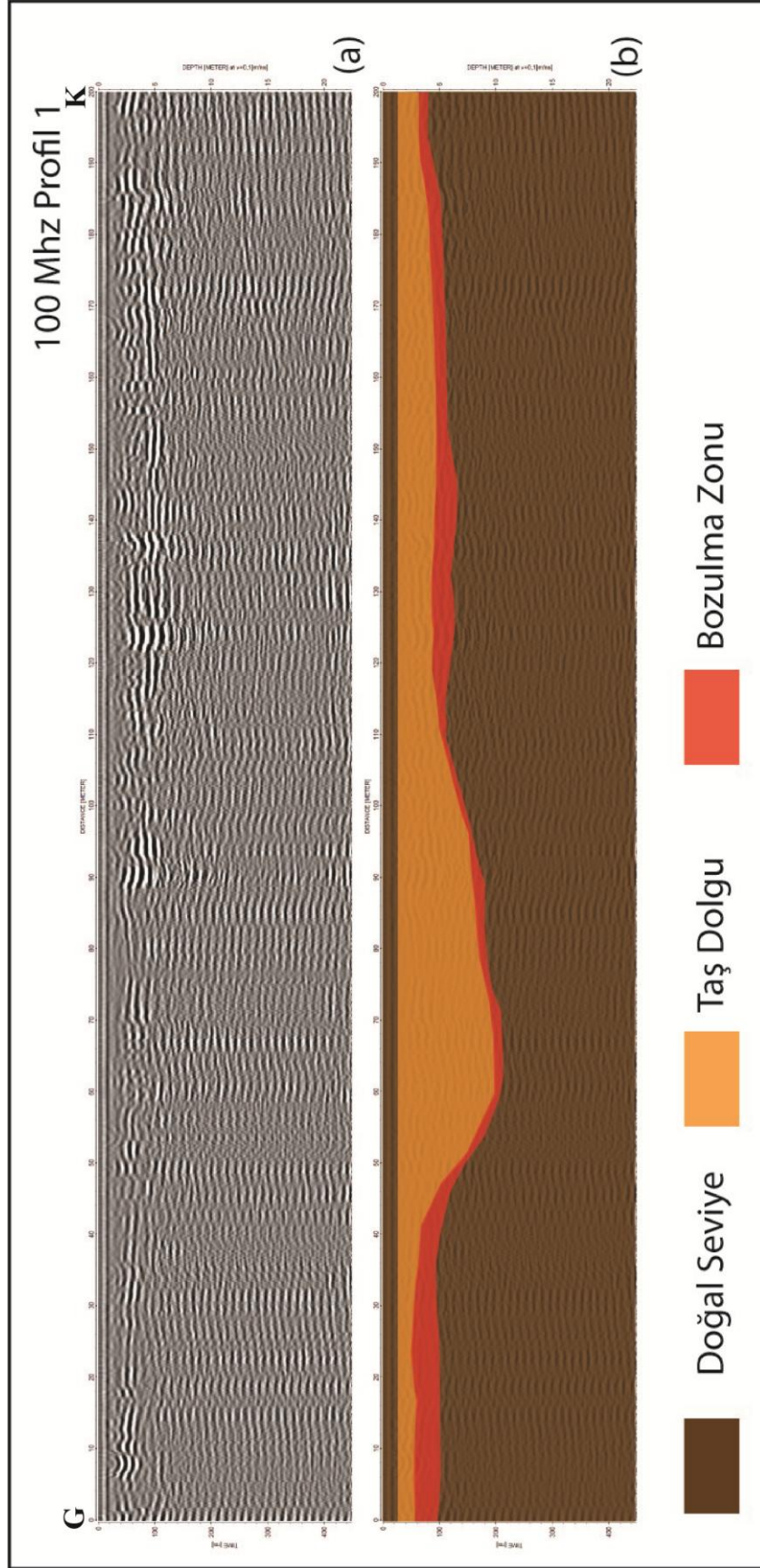
Şekil 5.1. 250 MHz antenli GPR ölçüm düzeni. Ölçüler toplam 7 adet bölgede yapılmıştır



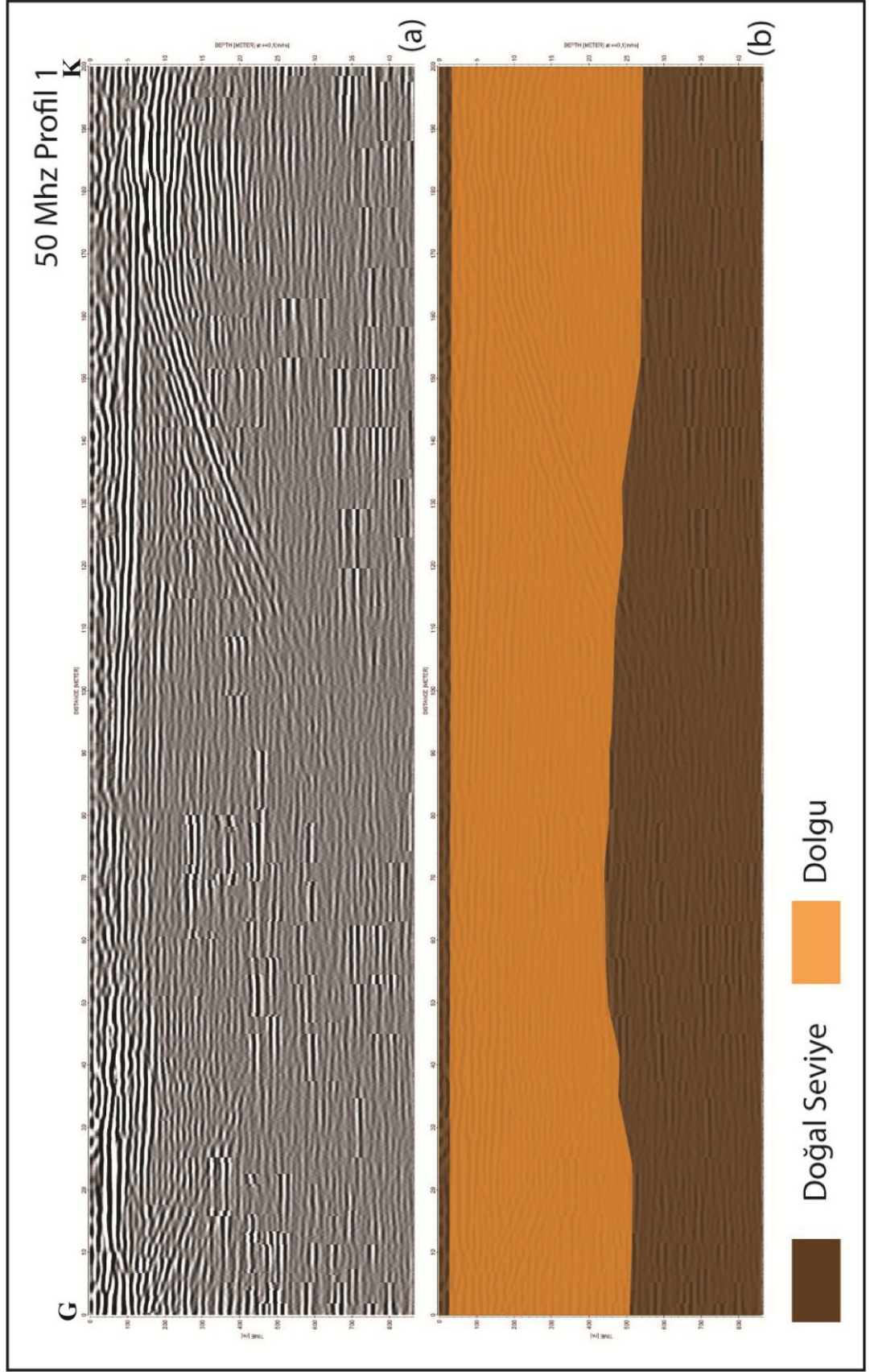
Şekil 5.2. 50 ve 100 MHz antenle yapılan profil ölçümleri



Şekil 5.3. 250 MHz antenle alınan GPR profiline ait örnek değerlendirme, a) İşlenmiş veri, (b) Değerlendirilmiş veri



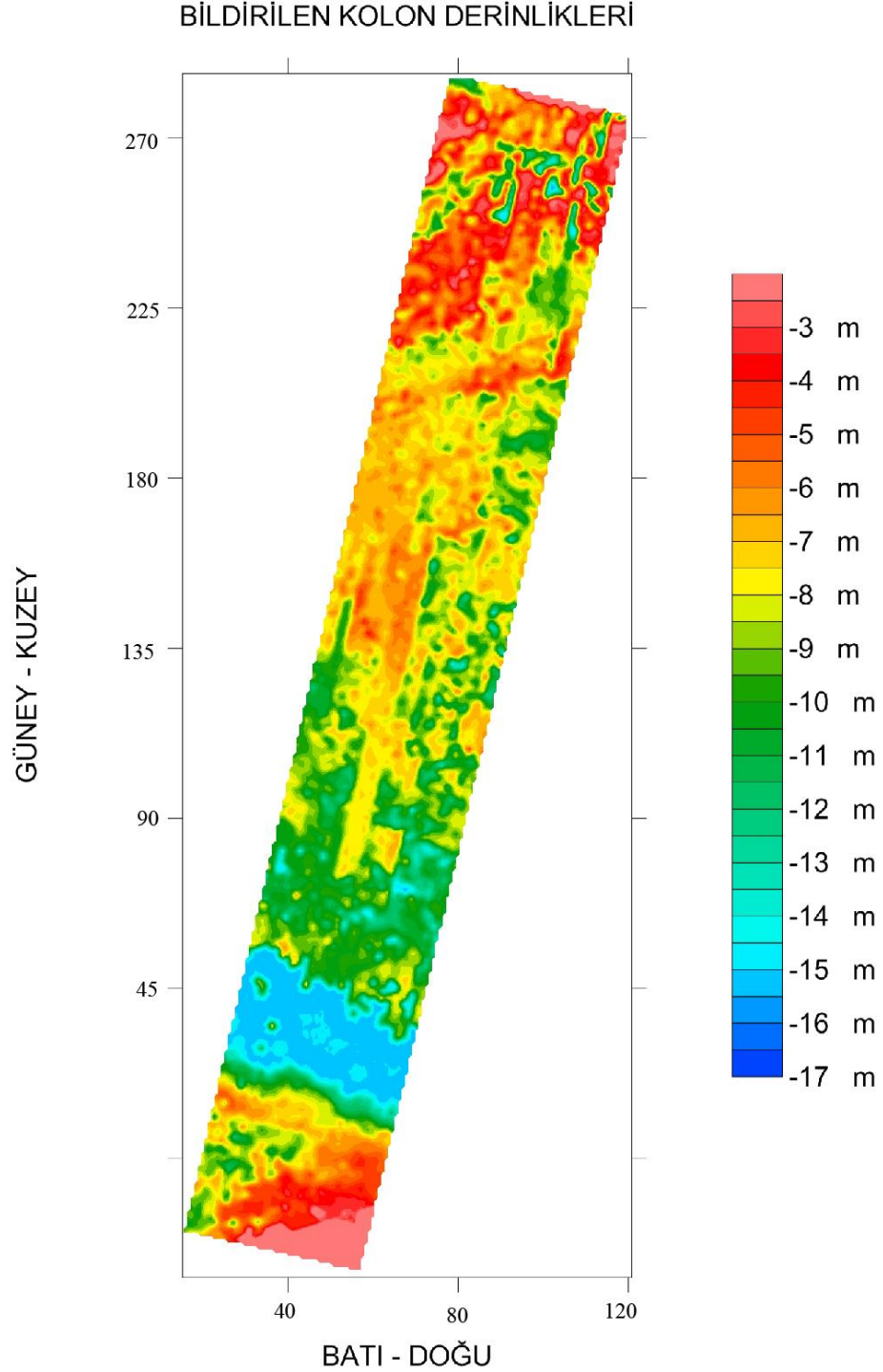
Şekil 5.4. 100 MHz antenle alınan GPR profiline ait örnek değerlendirme, a) İşlenmiş veri, (b) Değerlendirilmiş veri



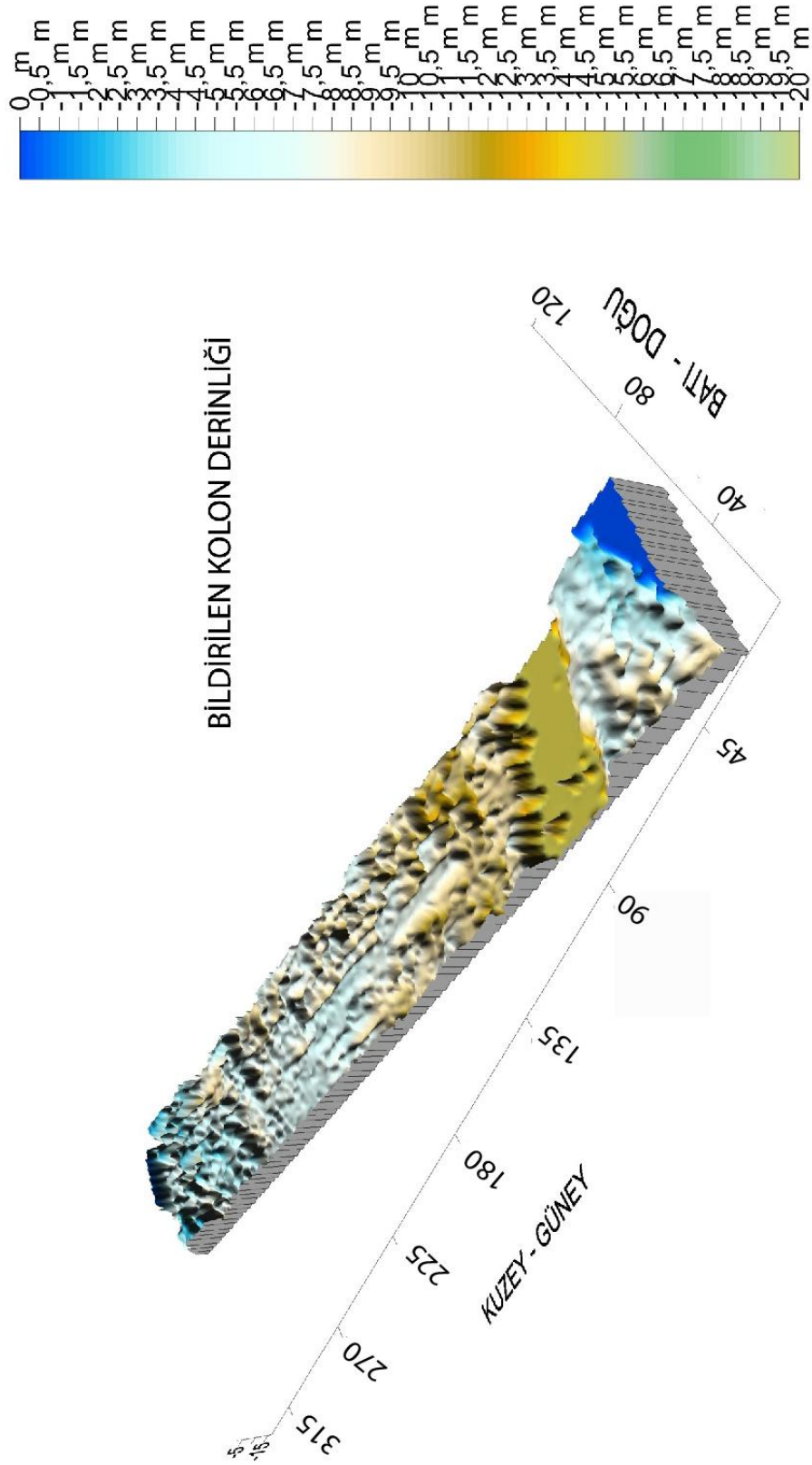
Şekil 5.5. 50 MHz antenle alınan GPR profiline ait örnek değerlendirme (a) İşlenmiş veri, (b) Değerlendirilmiş veri

5.1. GPR Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Çalışma alanında zeminin iyileştirilmesine yönelik olarak uygulanan taş kolon imalatının Şekil 5.6’da verilen derinlik ve dağılımda yapıldığı bildirilmiştir. Oluşturulan haritanın üç boyutlu gösterimi ise Şekil 5.7’de sunulmuştur. Buna göre alanda hedeflenen taş kolon derinlikleri 3-17 m aralığında değişmektedir.

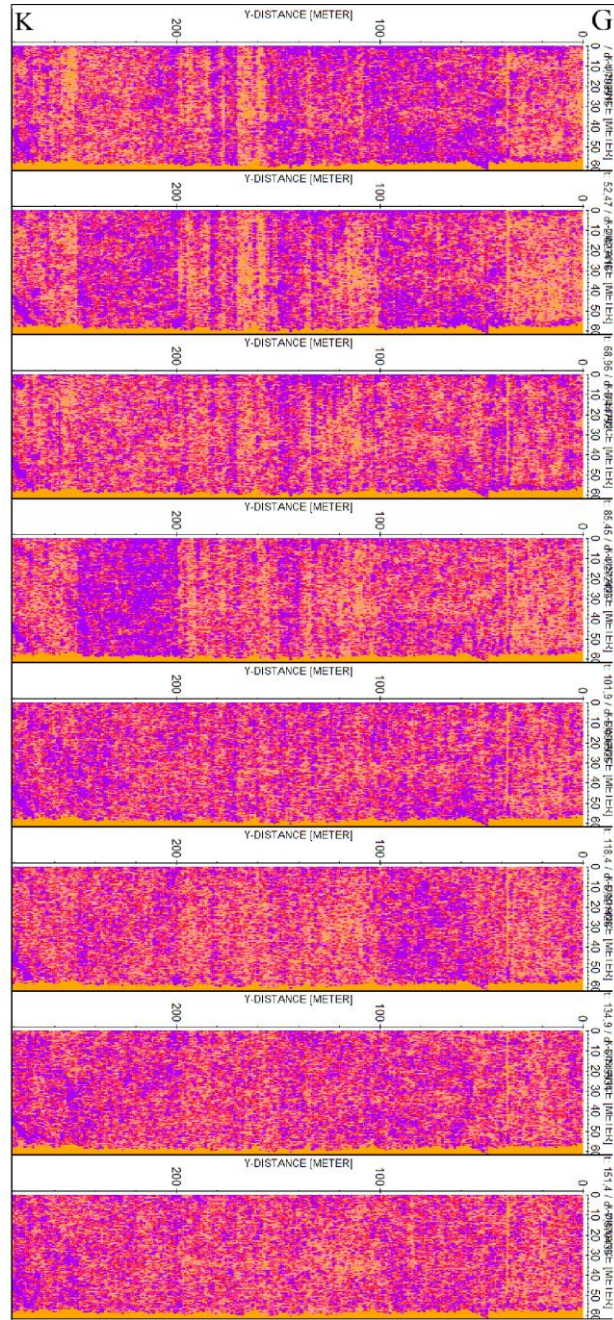


Şekil 5.6. Uygulanan taş kolonun hedeflenen derinliklerini gösterir kontur haritası

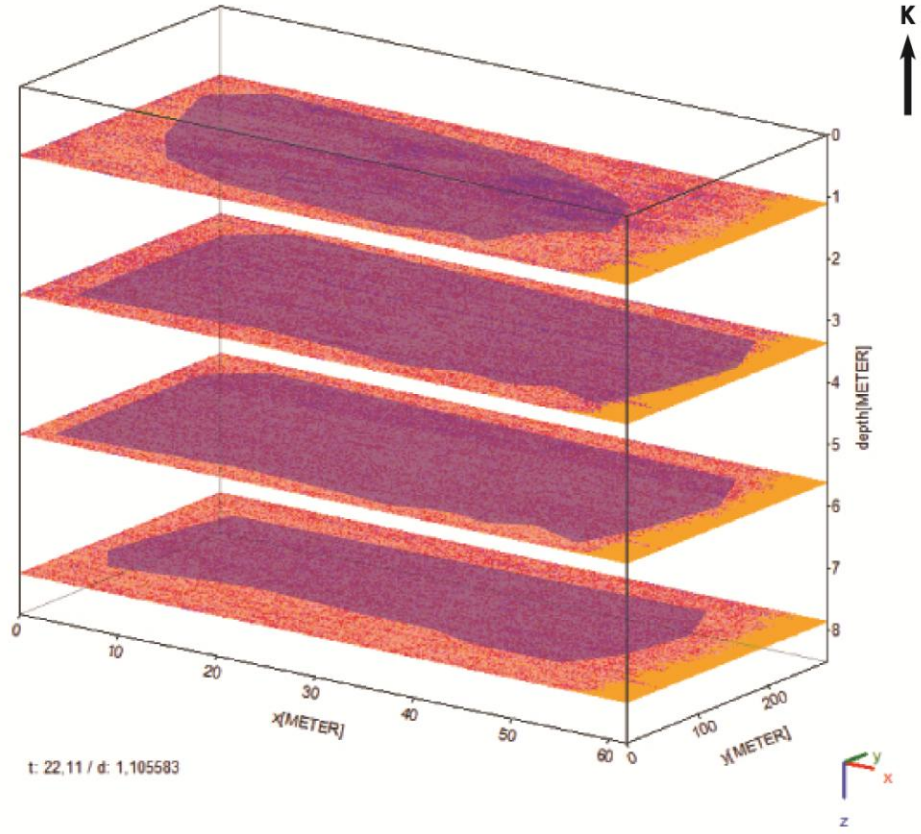


Şekil 5.7. Uygulanan taş kolonun hedeflenen derinliklerini gösterir dağılım haritası üç boyutlu gösterimi

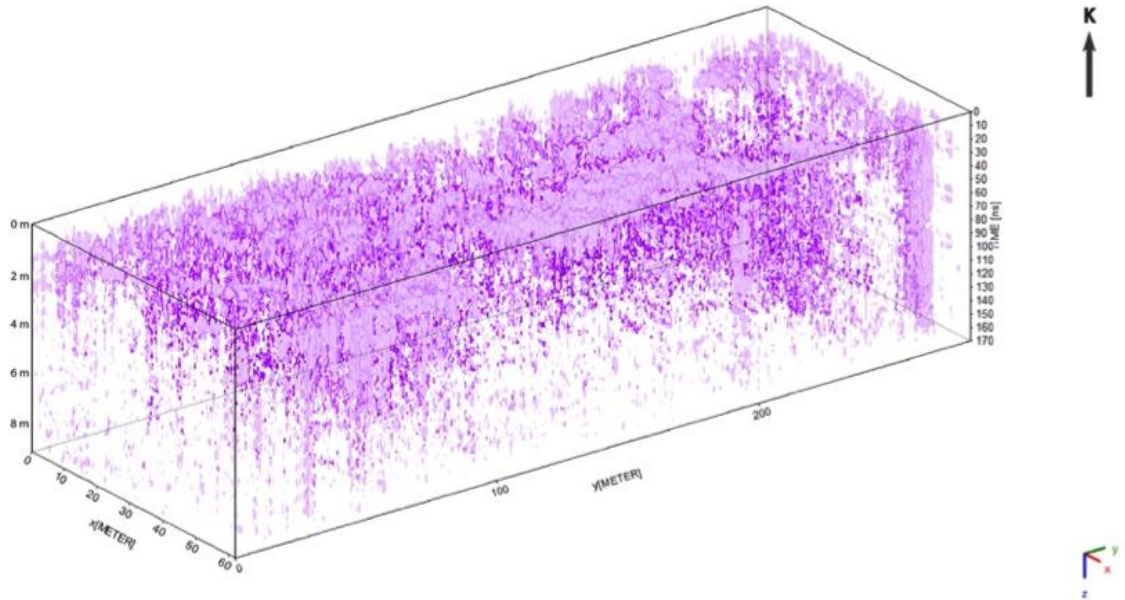
Taş kolon uygulama sahasında ilk olarak kullanılan 250 MHz korumalı anten ölçümleri ile tüm alan yedi farklı bölgeye ayrılarak (Şekil 5.1) haritalanmıştır. Yaklaşık olarak 8.5 metre derinliğe inen bu ölçümler (Şekil 5.3) kendi içerisinde interpolate edilerek üç boyutlu hale getirilmiştir (Şekiller 5.8, 5.9 ve 5.10). üç boyutlu çalışmalarda ilk olarak zaman kesitleri (time slices) diye tanımlanan çeşitli derinliklere ait kesitler gösterilmektedir (Şekil 5.8). Daha sonra bu kesitlerden en uygun olan derinlikler kat haritası olarak birleştirilmektedir (Şekil 5.9). Son olarak hacimsel gösterimi sağlamak için tüm 250 MHz GPR verileri küp gösterimde sunulmuştur (Şekil 5.10).



Şekil 5.8. Çeşitli derinliklerde alınmış yeraltı GPR kesitleri



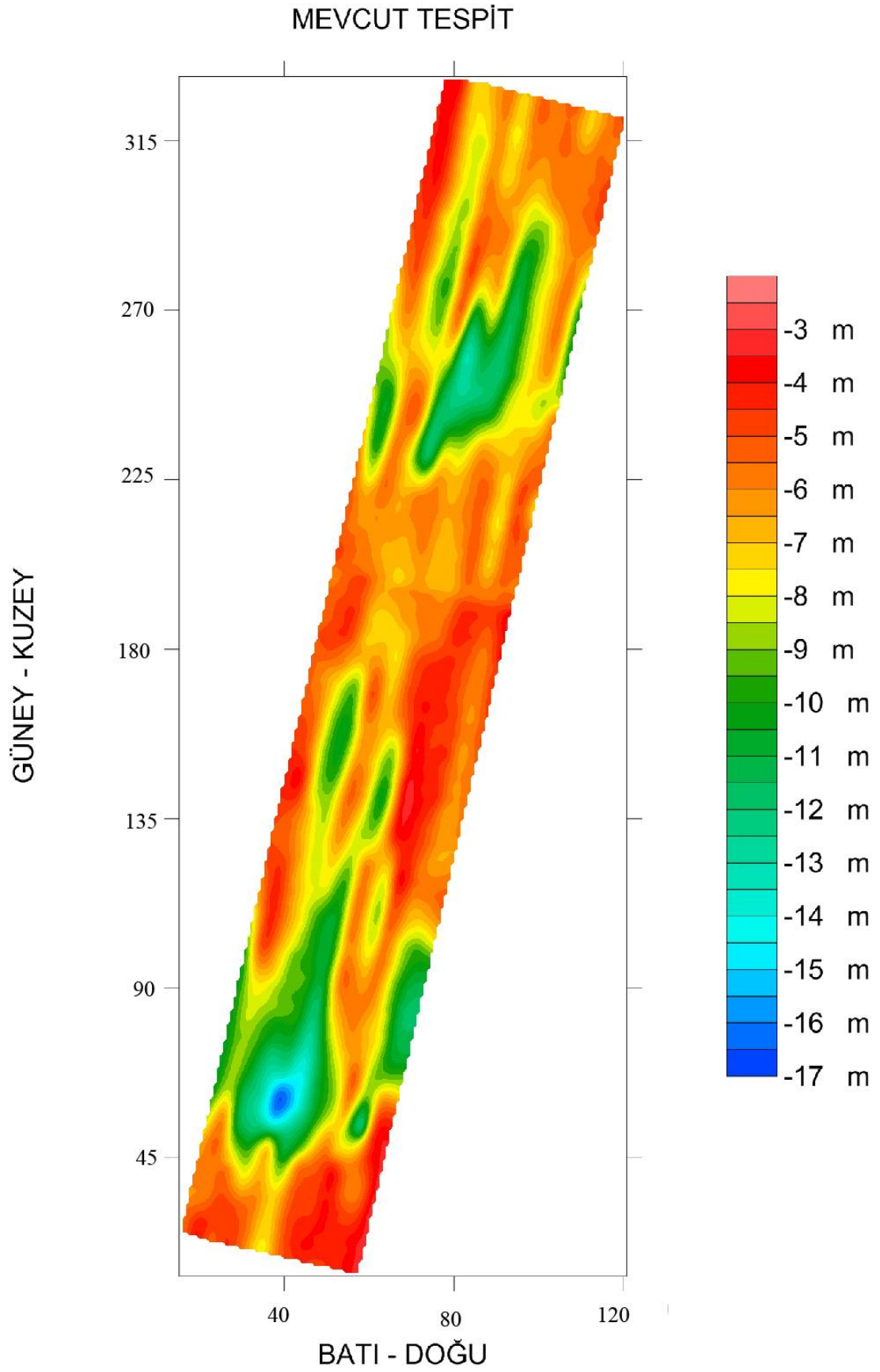
Şekil 5.9. En iyi gösterim için seçilen derinliklerde oluşturulmuş kat haritası (koyu renk ile temsil edilen yerler taş kolonlara tekabül etmektedir)



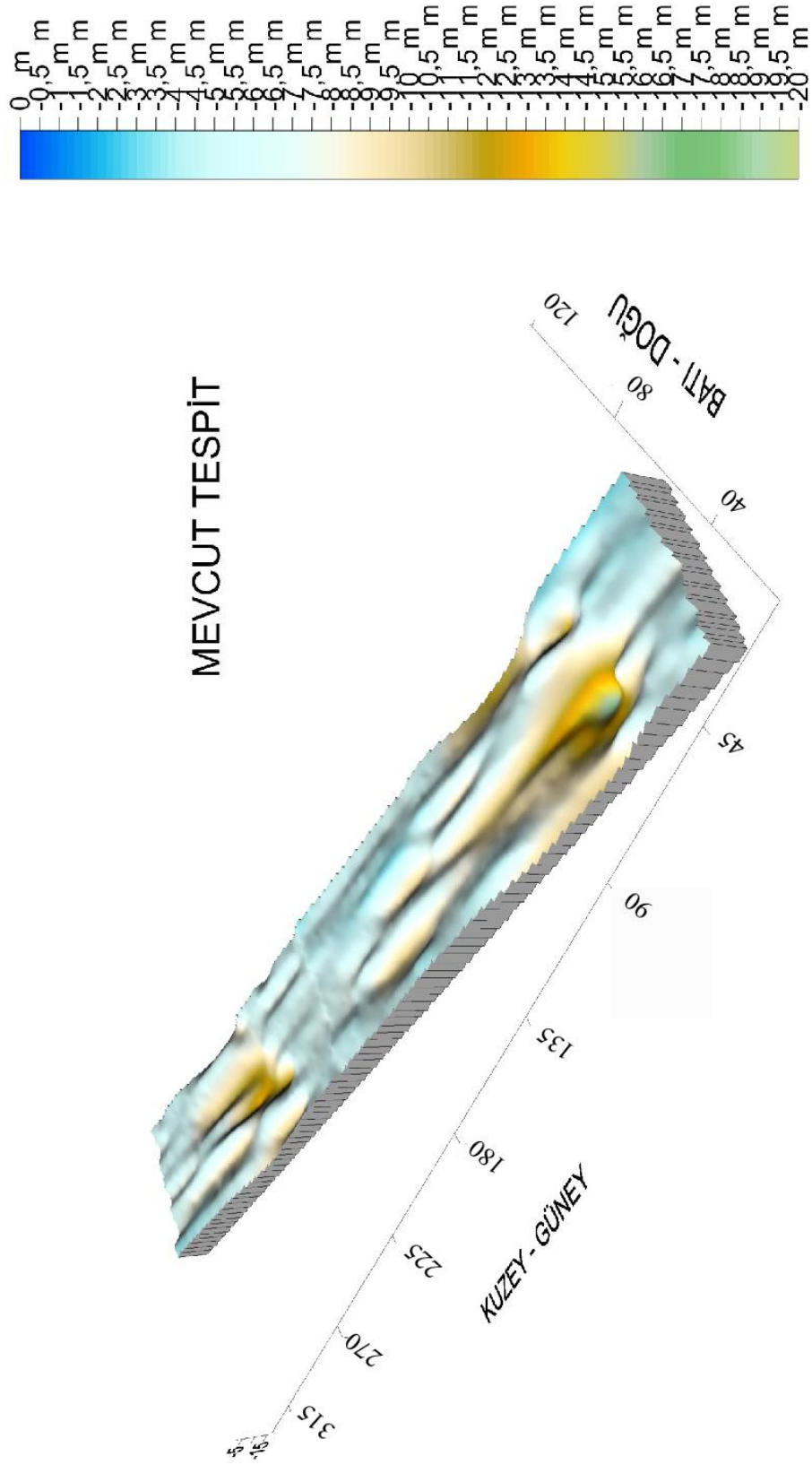
Şekil 5.10. Hacimsel olarak yeraltında bulunan kolon yapısının gösterimi

250 MHz anten ölçümleri sonrasında daha derinlerden bilgi toplamaya yönelik 50 MHz RTA ve 100 MHz korumalı antenler ile ölçümler alınmıştır (Şekil 5.2). 100 MHz anten yardımı ile alınan ölçümler yaklaşık olarak 24 metre derinliğe ulaşmış (Şekil 5.4) ve bu sayede belirtilen kolon derinliklerinin tamamı ölçmüştür.

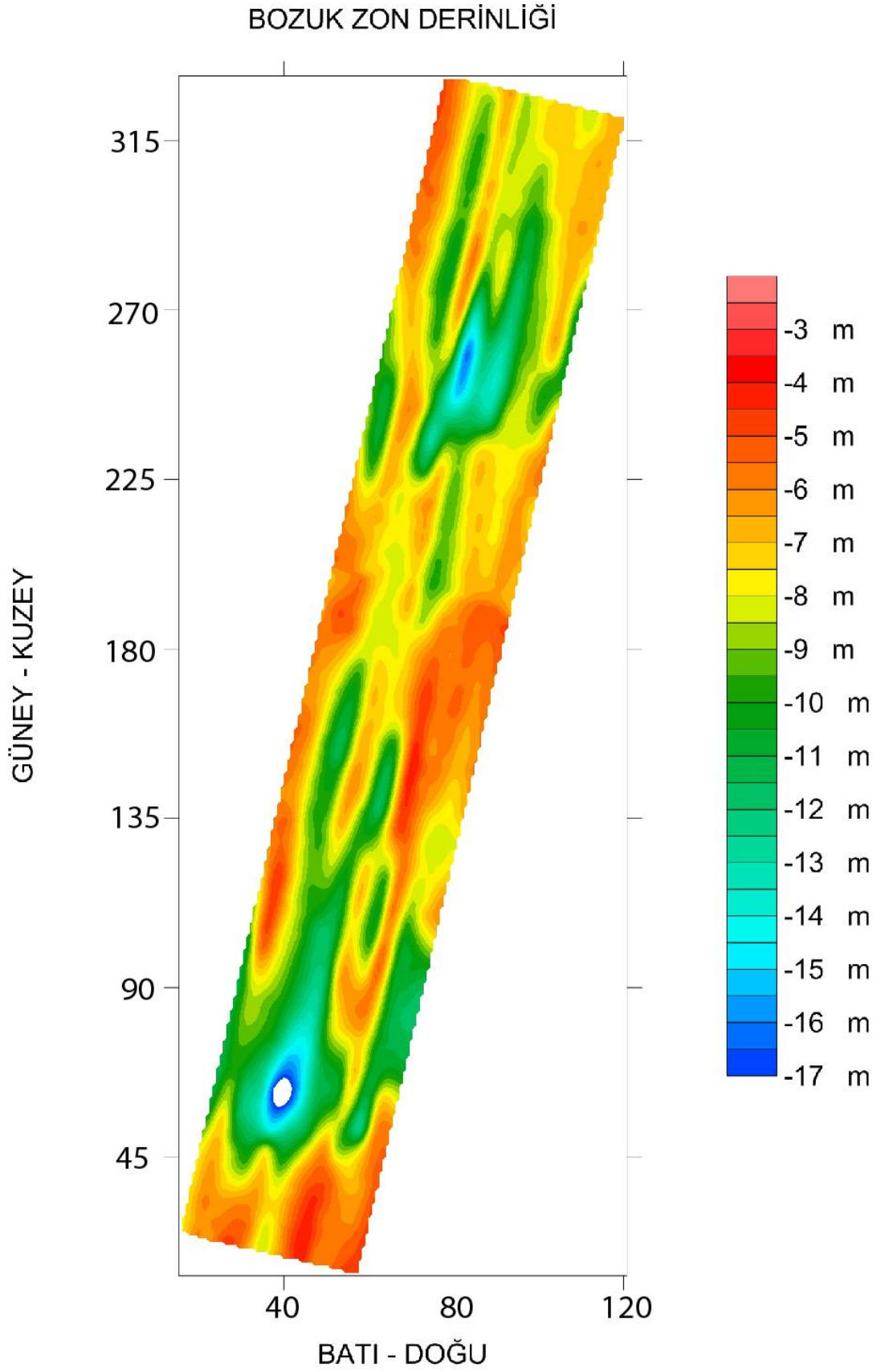
Örnek olarak sunulan profillere ait Şekil 5.3 ve 5.4'de gösterildiği üzere, yeraltında kolon yapısı ile birlikte hemen altında oluşmuş bozulma zonu olarak adlandırılan amorf (şekilsiz) bir seviye de tespit edilmiştir. Gerek 250 MHz gerekse 100 MHz anten verileri birlikte interpolate edilerek taş kolon uygulama alanına ait derinlik bilgisinin tamamı haritalanmıştır. İlk olarak kolon olarak yeraltında bulunan yapıların kontur haritası (plan görünüm) (Şekil 5.11) ve üç boyutlu hacimsel haritası (Şekil 5.12) gösterilmiş, daha sonra ise bozulma zonu olarak adlandırılan yapı dahil kontur (Şekil 5.13) ve hacimsel gösterim (Şekil 5.14) haritaları sunulmuştur.



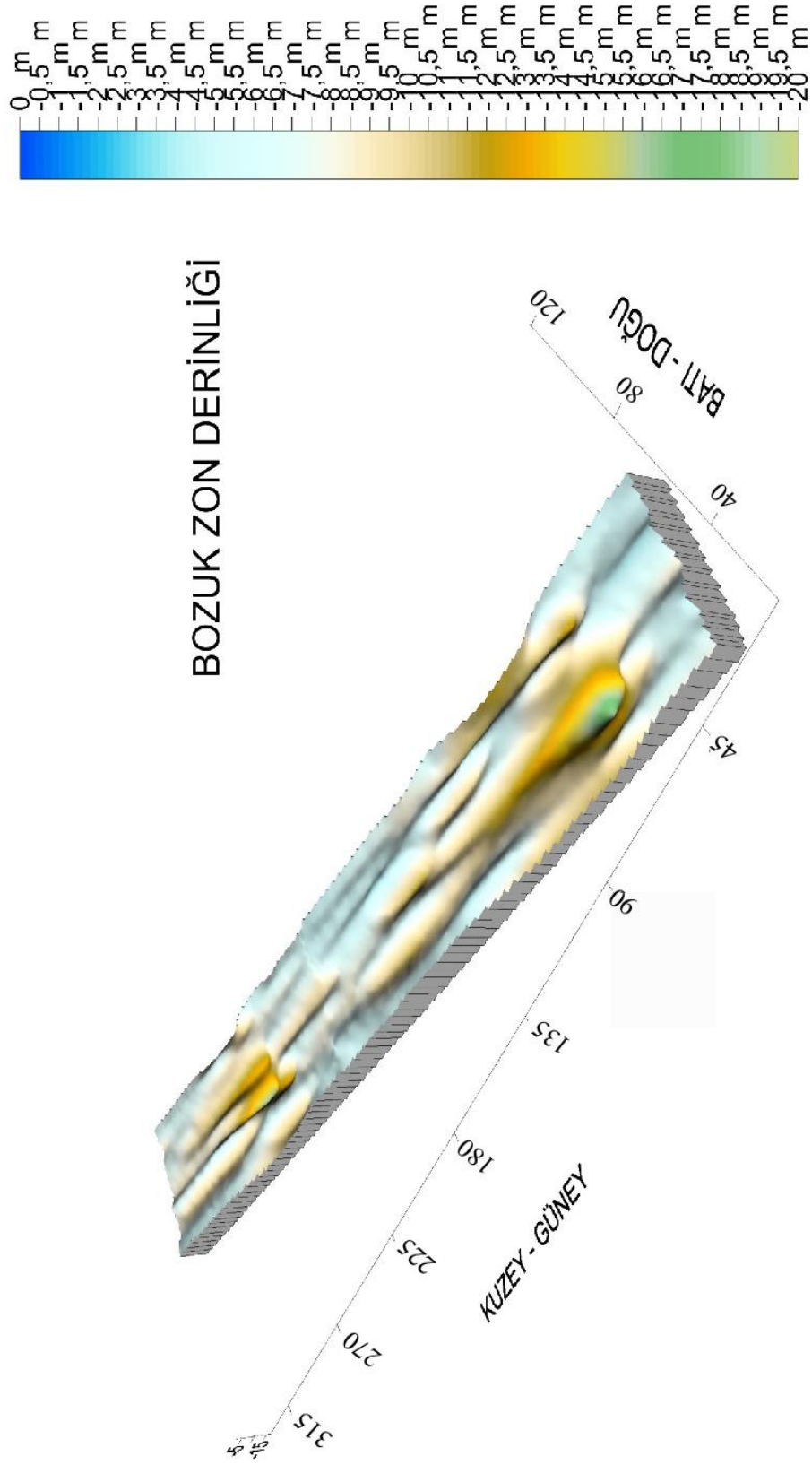
Şekil 5.11. Taş kolon uygulama alanında bulunan kolon yapılarının GPR verileri ile elde edilmiş derinlik haritası



Şekil 5.12. Uygulanan taş kolonun GPR bulguları ile derinliğe göre üç boyutlu gösterimi



Şekil 5.13. Taş kolon uygulama alanında bulunan kolon yapılarının ve bozulma zonunun GPR verileri ile derinliğe göre kontur haritası (beyaz seviye veri alınamayan bölgeyi temsil etmektedir)

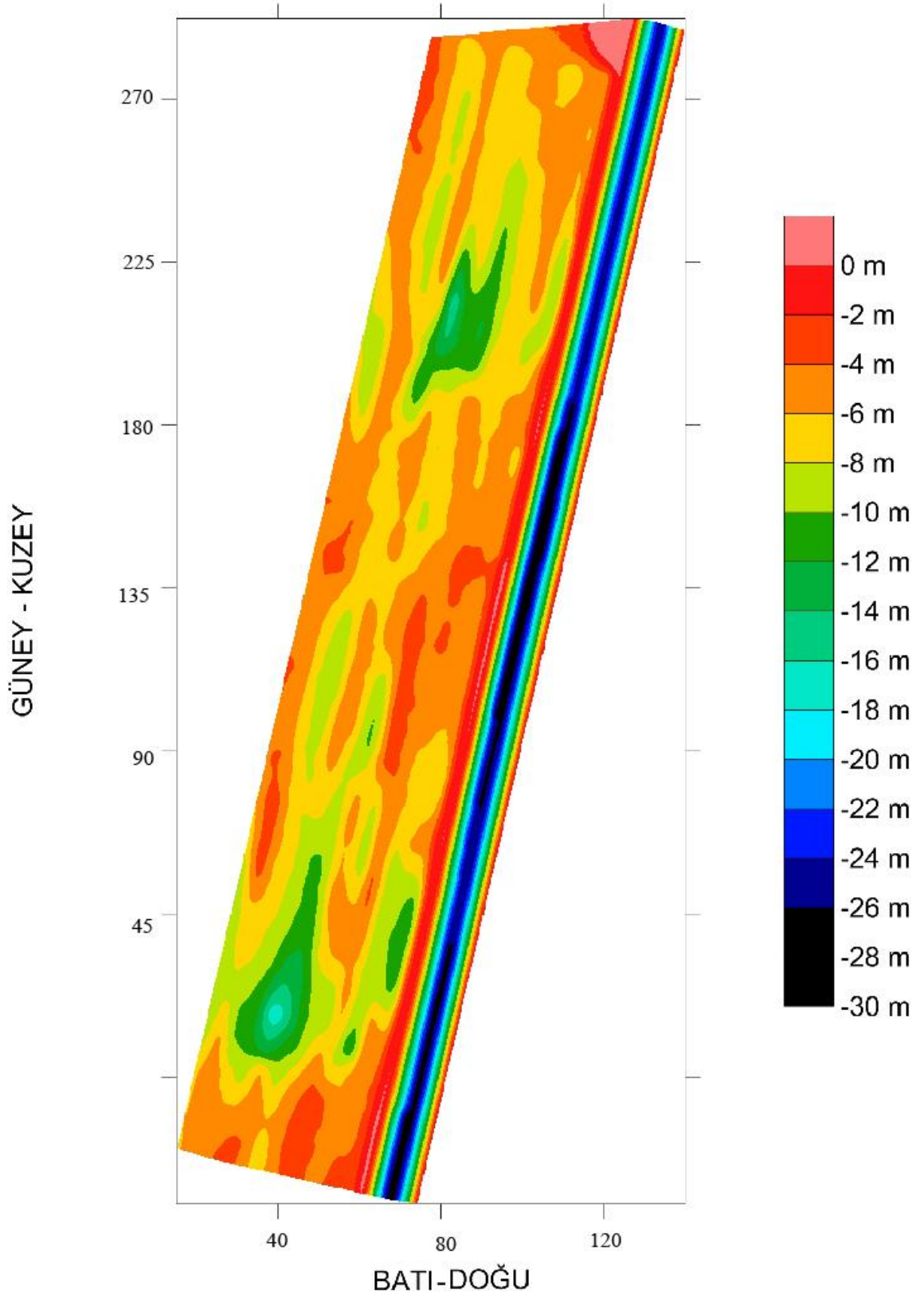


Şekil 5.14. Uygulanan taş kolonun ve bozulma zonunun GPR bulguları ile derinliğe göre üç boyutlu gösterimi

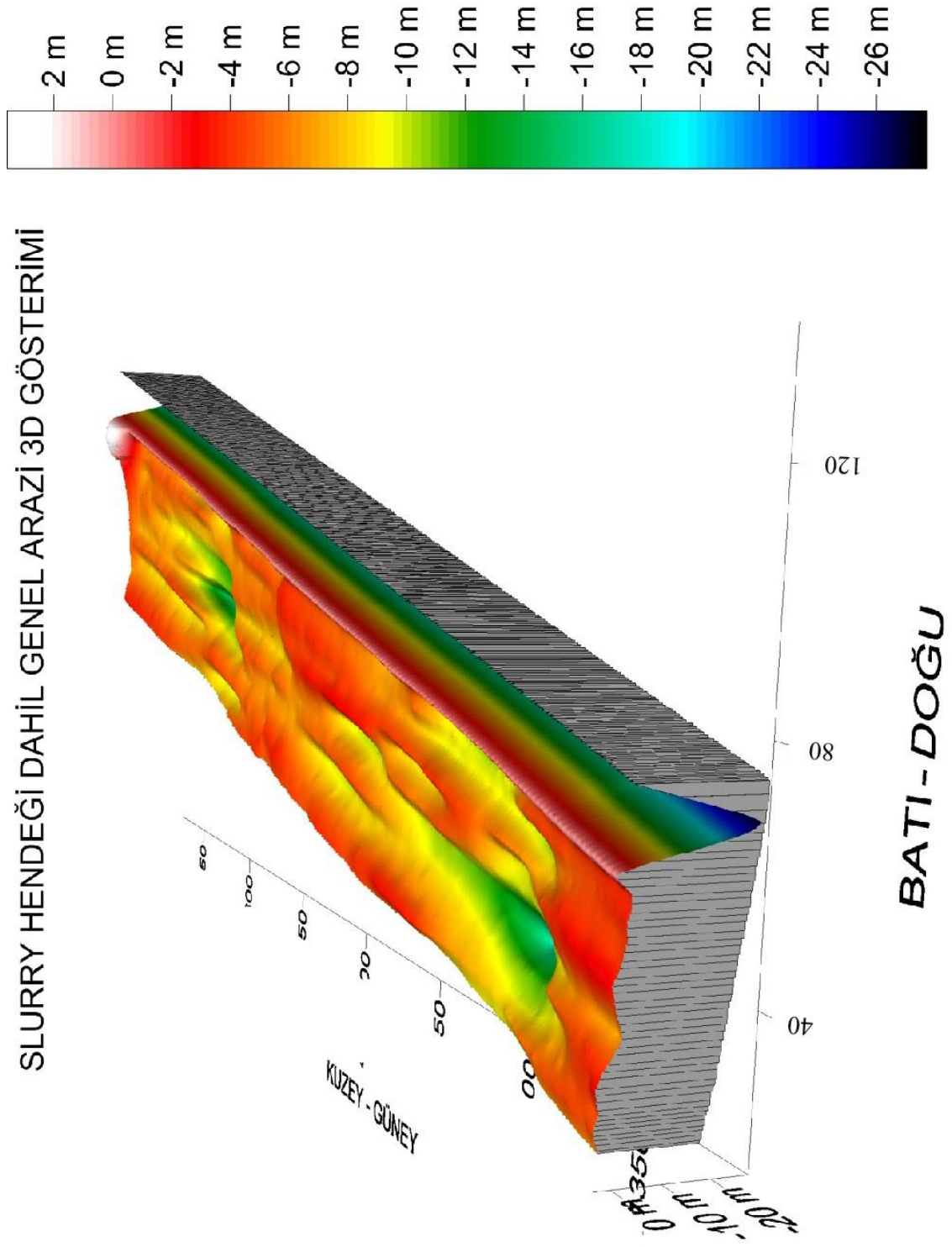
100 MHz profillerine paralel uygulanan 50 MHz anten yardımı ile yaklaşık 45 metre derinliğe ulaşılmış (Şekil 5.5) ve Slurry (bulamaç) hendeği hakkında da bilgi toplanmıştır (Şekiller 5.15 ve 5.16). Slurry hendeği gösteriminin daha anlaşılır olması amacıyla GPR verilerinden elde edilen derinlik kesitleri iki farklı grafik olarak sunulmuştur (Şekil 5.17).

50 MHz anten ile alınan kesitler değerlendirilmiş ve baraj gövdesinin Güney - Kuzey yönünde yaklaşık 45 metre derinlikteki kesiti ortaya konmuştur. GPR ile elde edilen kesit, gerek sondaj verileri gerekse uygulanan taş kolon imalatı bilgileri ile oluşturulan kesit ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.17). Taş kolon imalatının hemen batısında, imalat alanı dışında alınan 50 MHz profil ile taş kolon olmadan yeraltı kesitinin durumu (Şekil 5.18), bu profilin 15 metre doğusunda taş kolon imalatı üzerinde alınan profille ise taş kolon ile birlikte yeraltının durumu sunulmuştur (Şekil 5.19).

SLURRY HENDEĞİ DAHİL GENEL ARAZİ GÖSTERİMİ



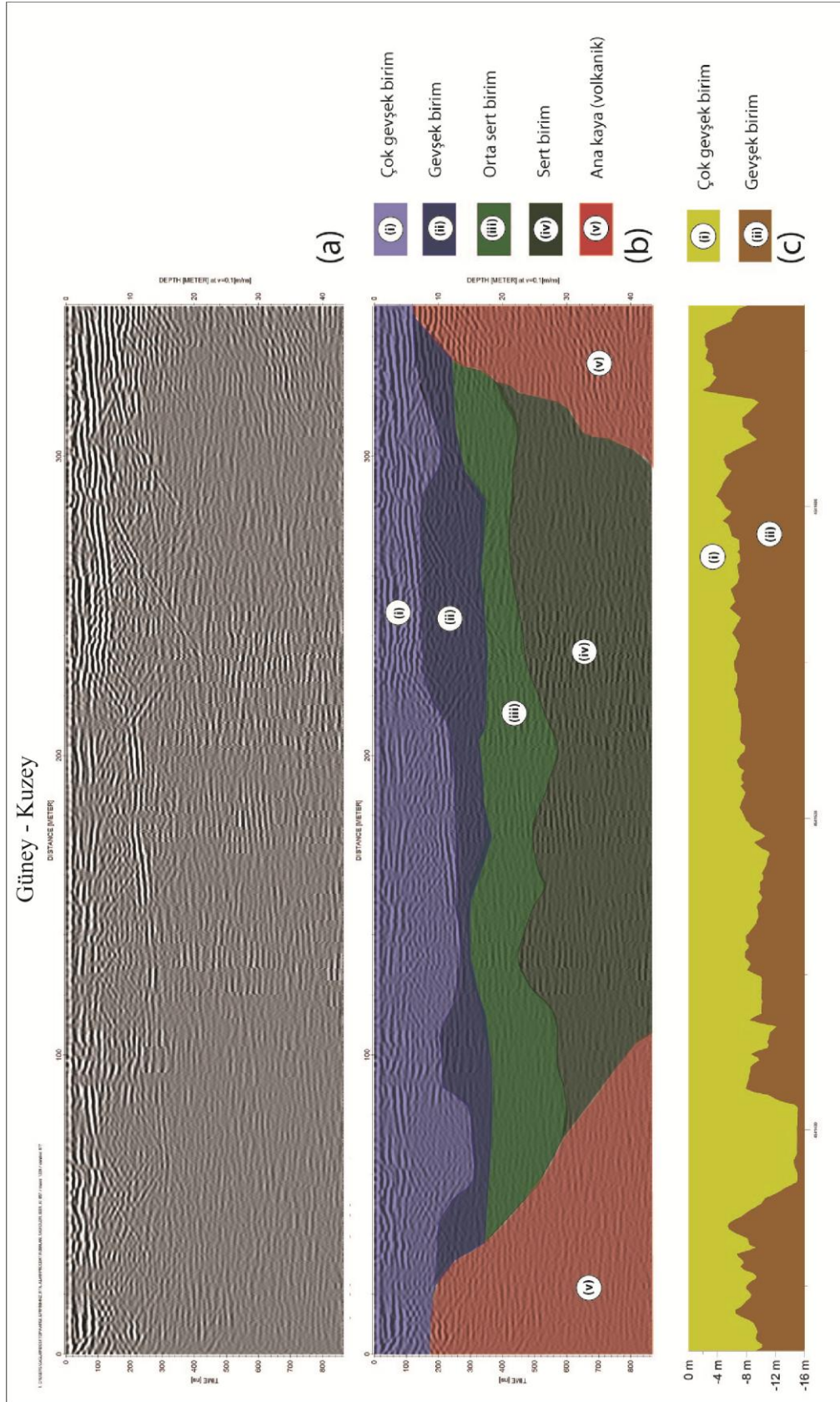
Şekil 5.15. Taş kolon uygulama alanında bulunan kolon yapılarının ve bulamaç (slurry) hendeğinin GPR verileri ile derinliğe göre kontur haritası



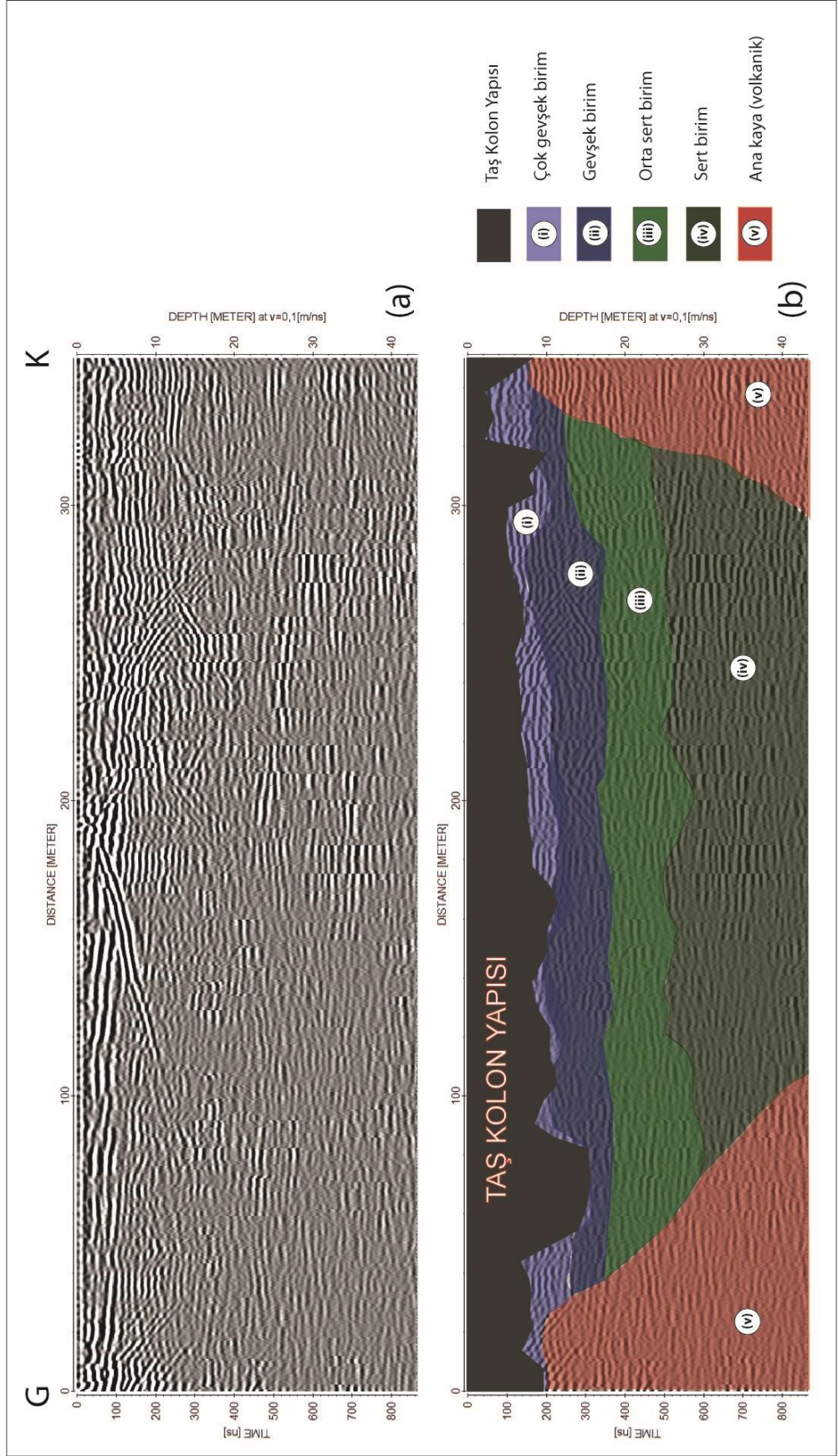
Şekil 5.16. Uygulanan taş kolonun ve slurry hendeğinin GPR bulguları ile derinliğe göre üç boyutlu gösterimi



Şekil 5.17. GPR verileri ile tespit edilen Slurry hendeğindeki perde yapısının gösterimi. (a) 50 MHz profil 2 ile tespit edilen kesit. (b) 50 MHz profil 3 ile tespit edilen kesit. Gri alan perde yapısını göstermektedir

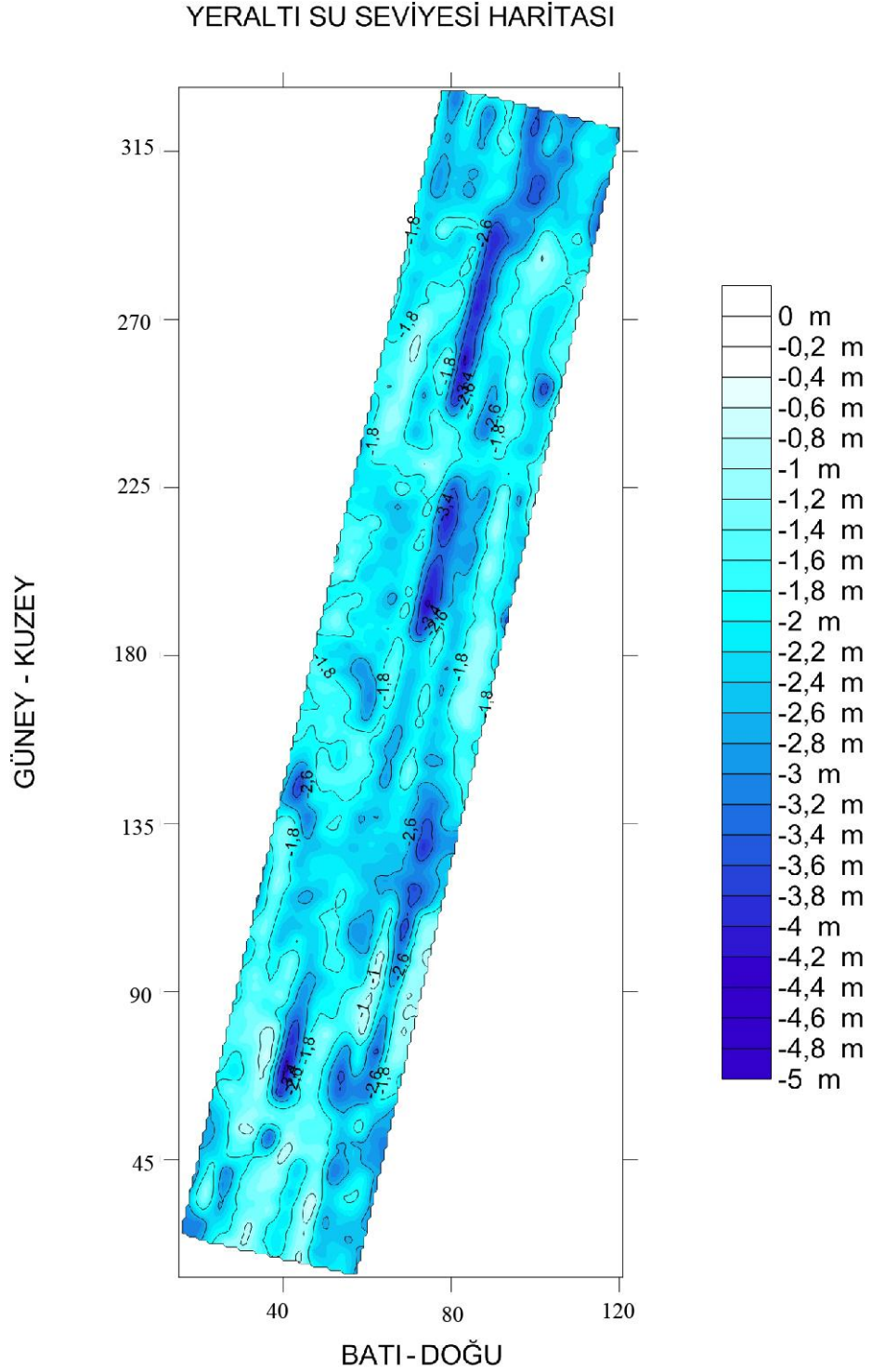


Şekil 5.18. Güney - Kuzey yönünde alınan yeraltı kesiti. (a) İşlenmiş GPR profili. (b) Modellenmiş GPR profili (birimler genlik değerlerine göre ayrılmıştır). (c) Sondaj ve kolon imalatı verileri ile oluşturulmuş yeraltı kesiti (birimler kolon imalatında sertlik derecesine göre ayrılmıştır)

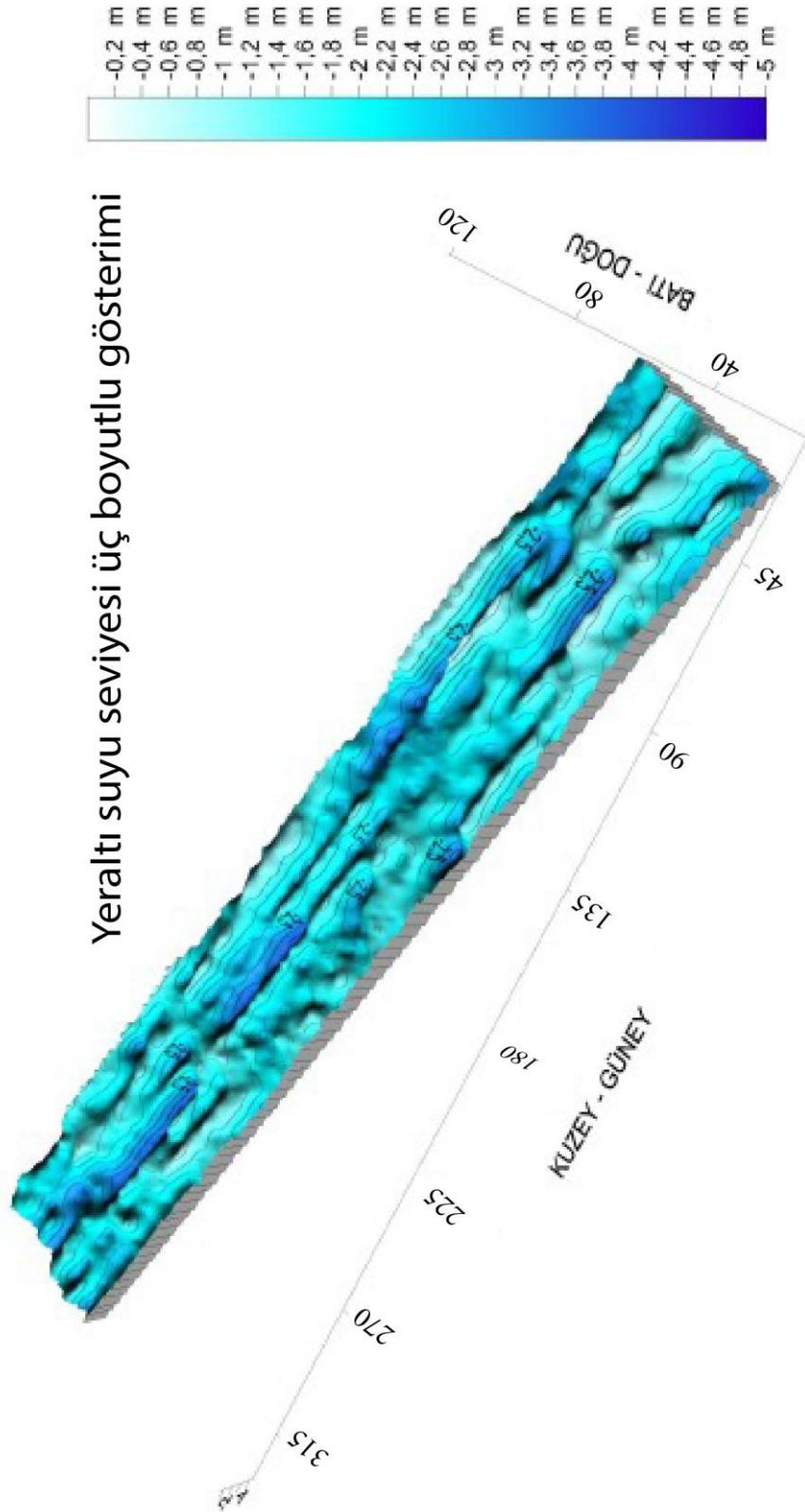


Şekil 5.19. Güney - Kuzey yönünde alınan yeraltı kesiti. (a) İşlenmiş GPR profili. (b) Modellenmiş GPR profili (birimler genlik değerlerine göre ayrılmıştır)

GPR ölçüleri sonunda taş kolon uygulamasının ulaşabildiği derinliklere ait dağılımın yanı sıra sıvılaşma etkisini ortaya koyabilmek için yeraltı suyu dağılım haritası da oluşturulmuştur. Dağılım konturlar halinde (Şekil 5.20) ve 3 boyutlu gösterim (Şekil 5.21) ile sunulmuştur.



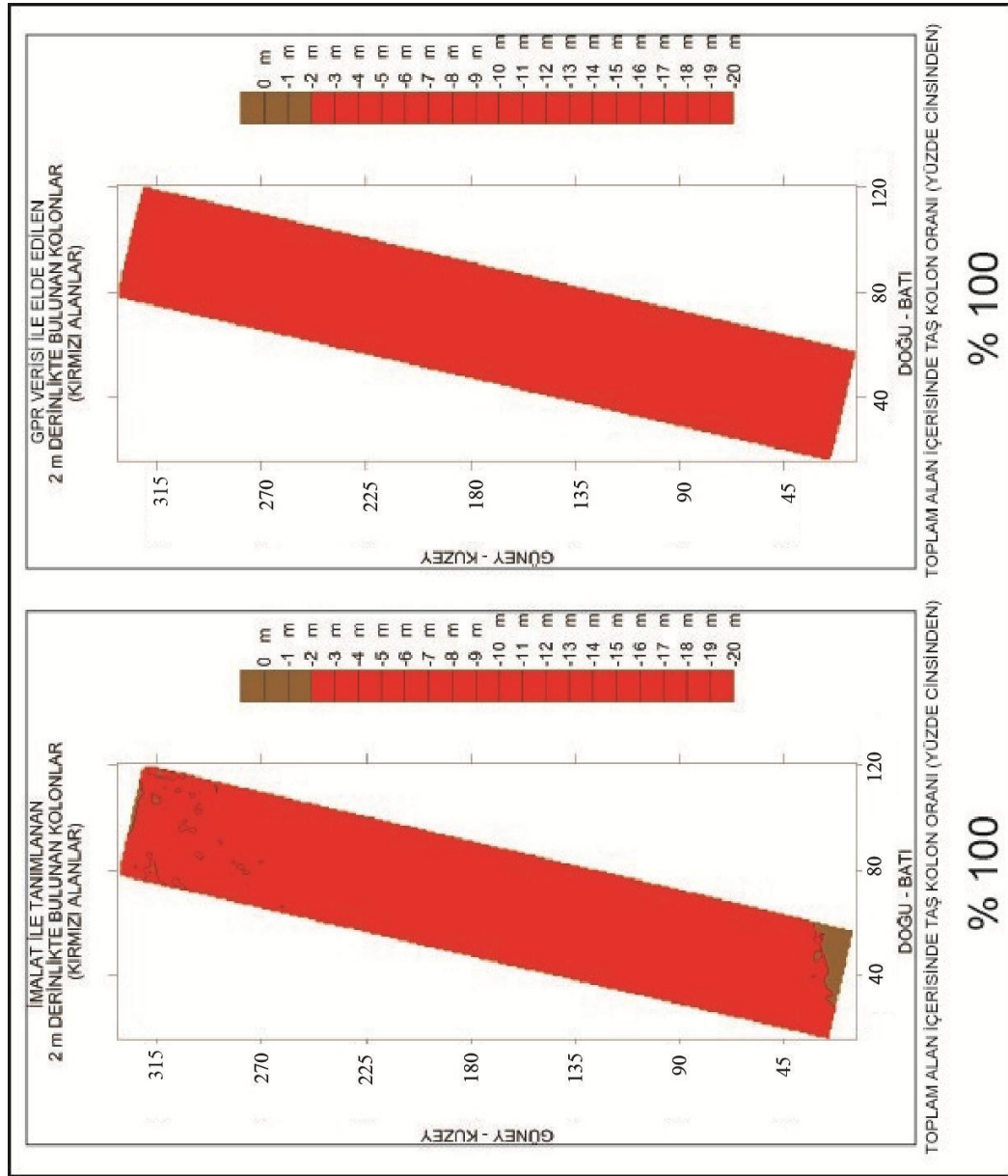
Şekil 5.20. Taş kolon uygulama alanında GPR verileri ile elde edilen Yeraltı Suyu kontur haritası



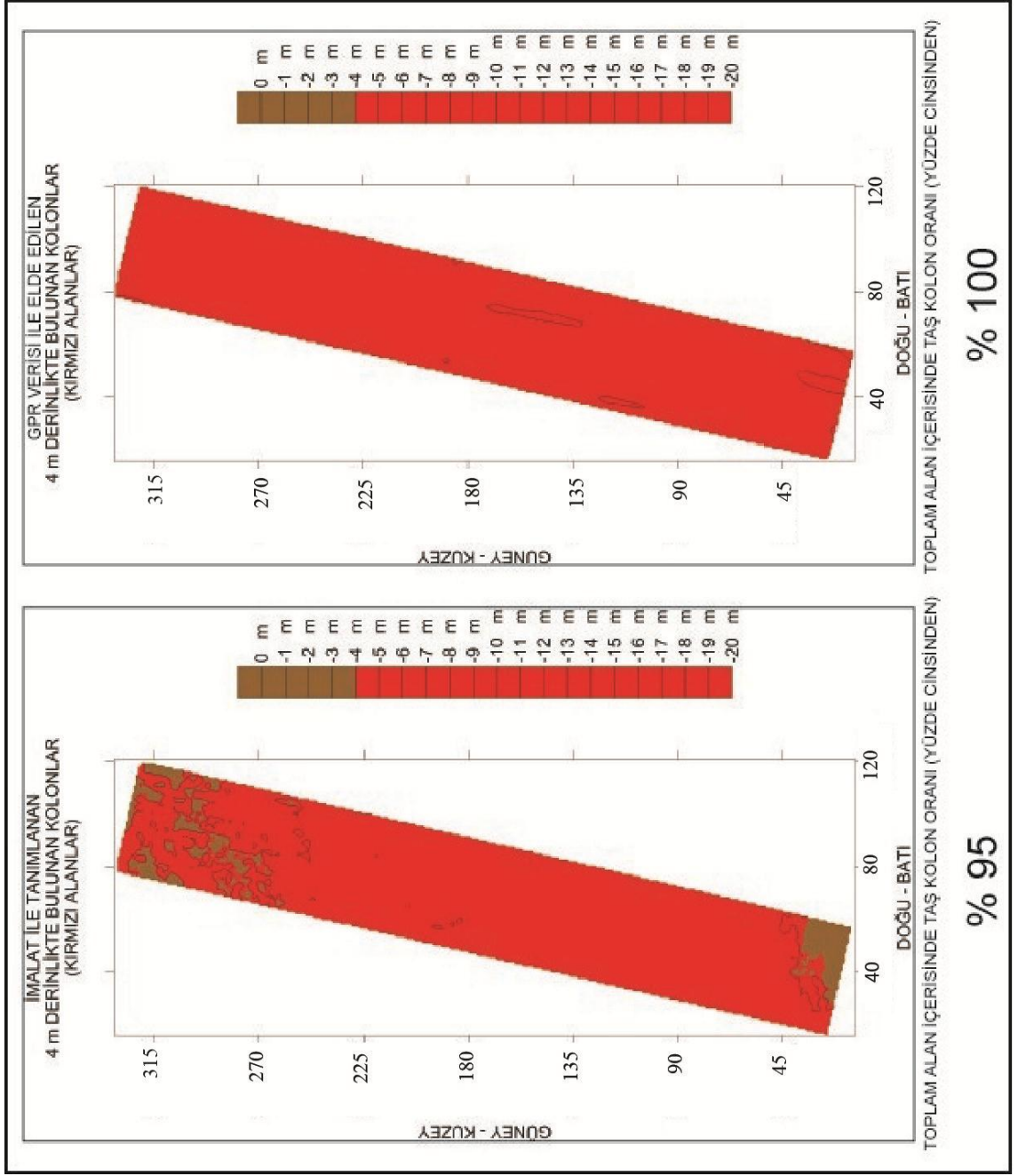
Şekil 5.21. Taş kolon uygulama alanında bulunan yeraltı suyu seviyesinin üç boyutlu gösterimi

Taş kolon uygulaması sırasında derine doğru ulaştırılmaya çalışılan sütunlar, yer yer bozularak saçılım göstermiştir. Bozulmuş kolon derinlikleri Şekil 5.13 ve üç boyutlu gösterimi Şekil 5.14’de verilmiştir.

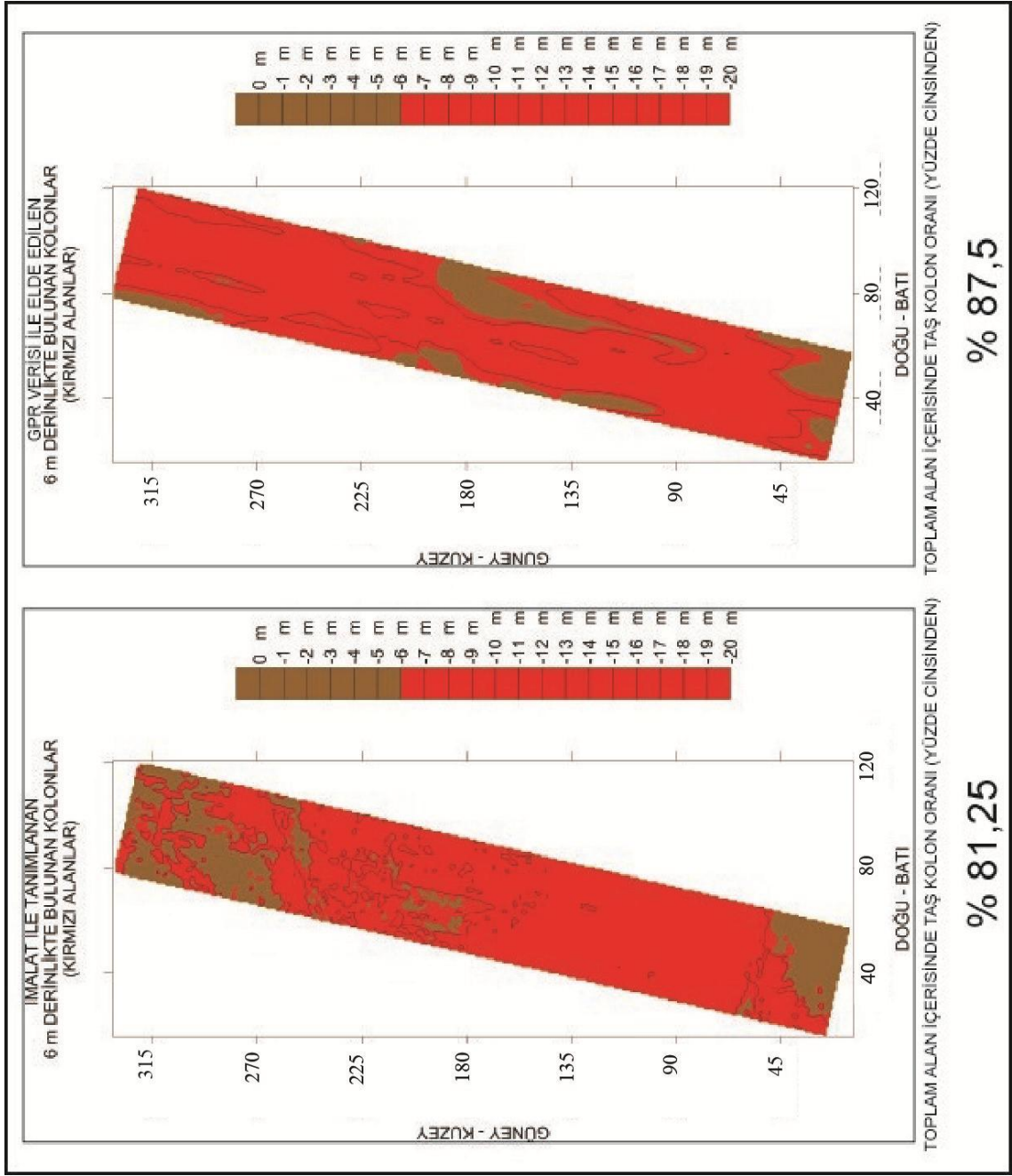
Taş kolon uygulamasında uygulama başarısı ilk 18 metre için incelenerek uygulamanın sıklıkla yapılan sondajlara uygun olarak nasıl bir bütünlük sağladığı ve ulaşılabilen derinlikler kontrol edilmiştir. Buna göre her 2 metrede bir oluşturulan alan haritaları kontrol edildiğinde, uygulamanın ulaşabildiği derinlikler kırmızı renkle ifade edilmiştir (Şekiller 5.22- 30).



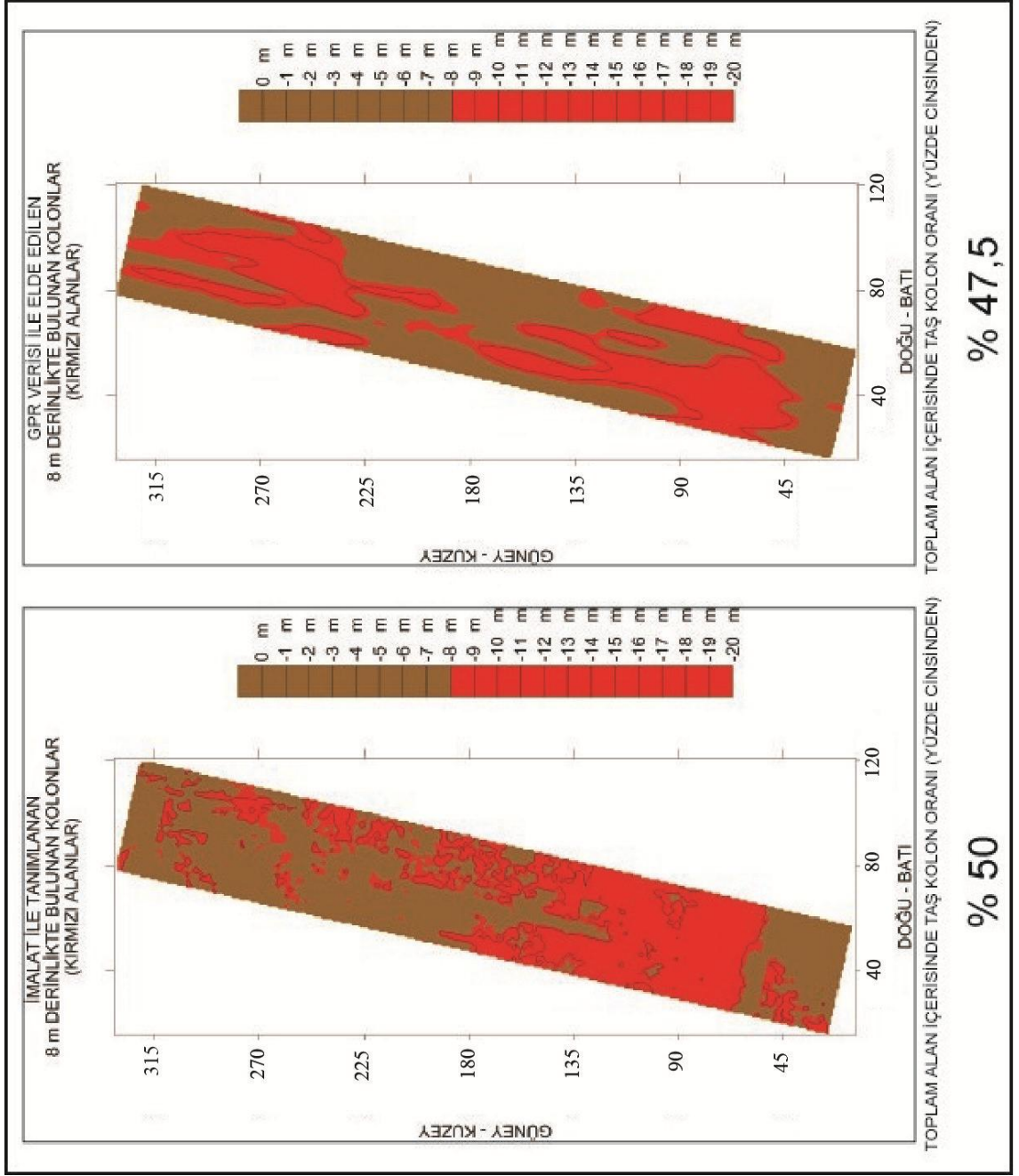
Şekil 5.22. Taş kolon uygulamasında, 2 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi



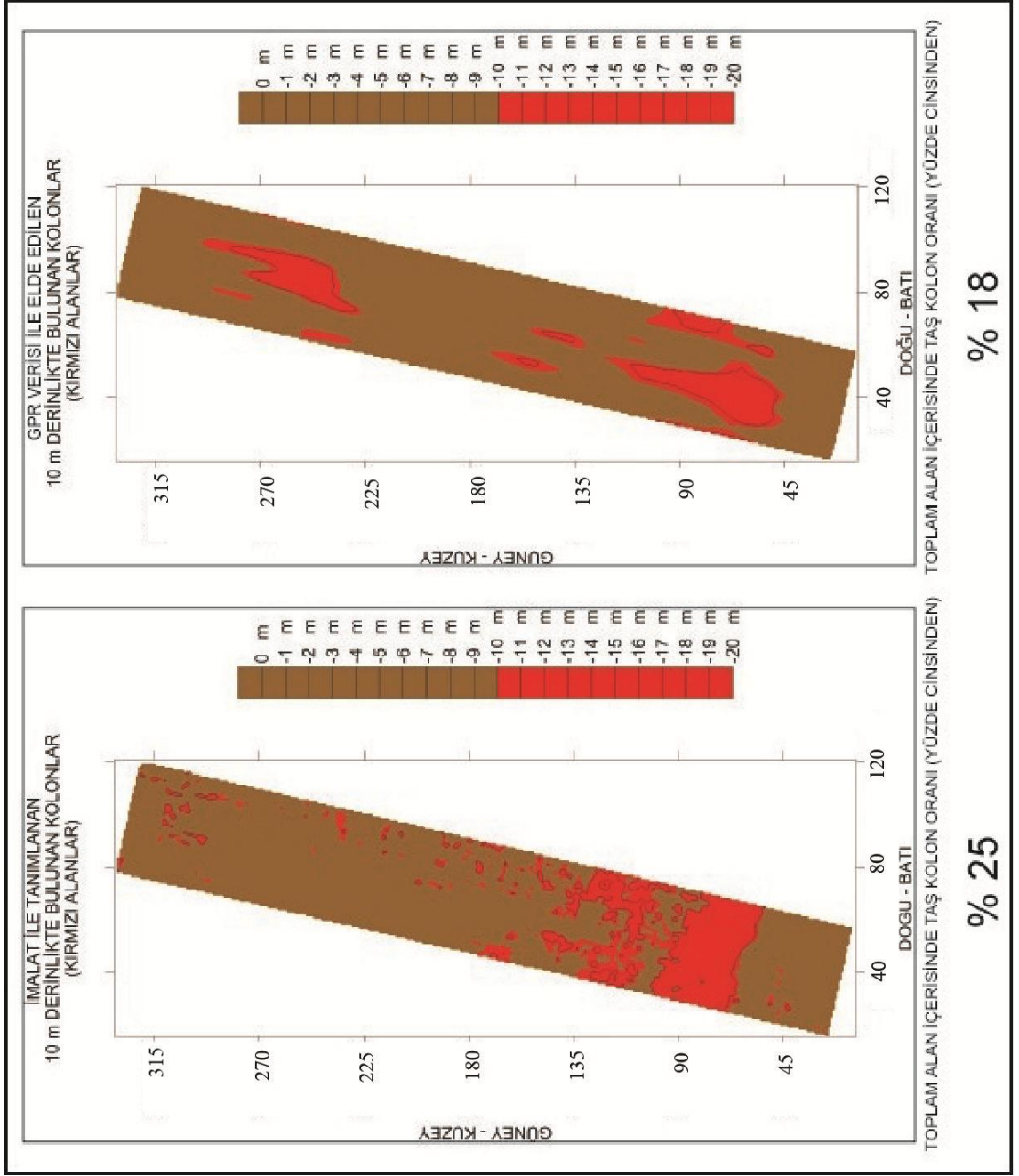
Şekil 5.23. Taş kolon uygulamasında, 4 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi



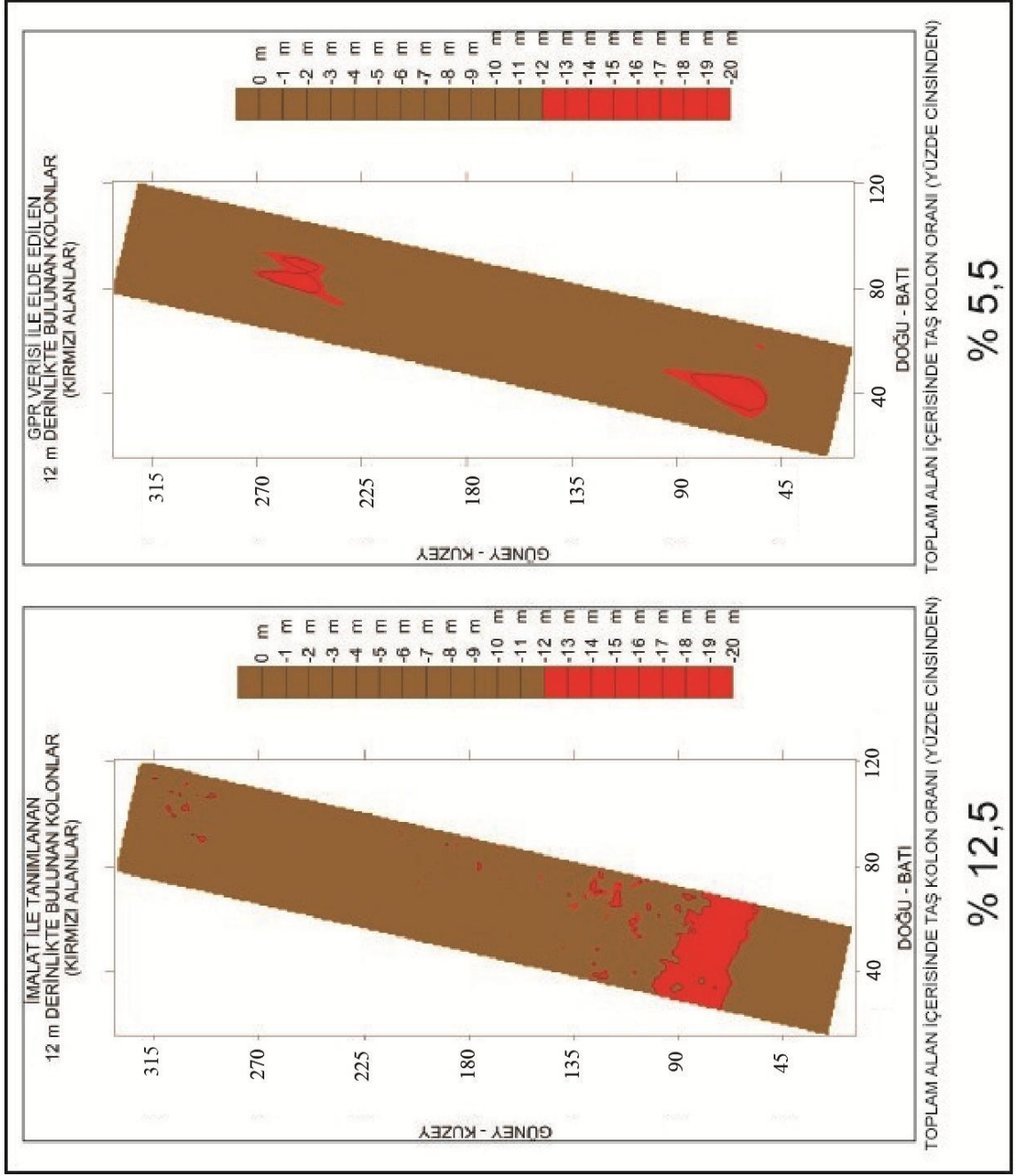
Şekil 5.24. Taş kolon uygulamasında, 6 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi



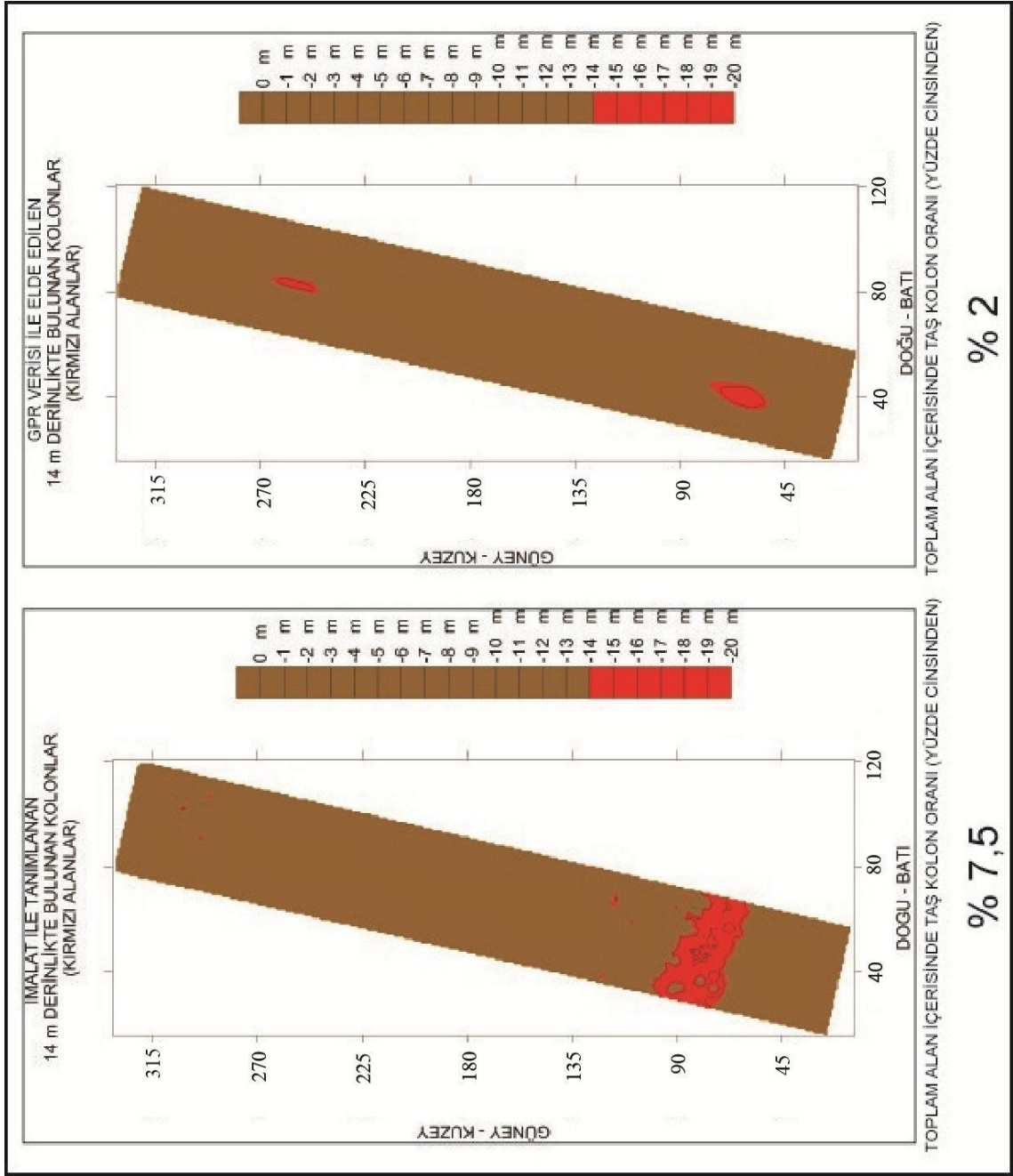
Şekil 5.25. Taş kolon uygulamasında, 8 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi



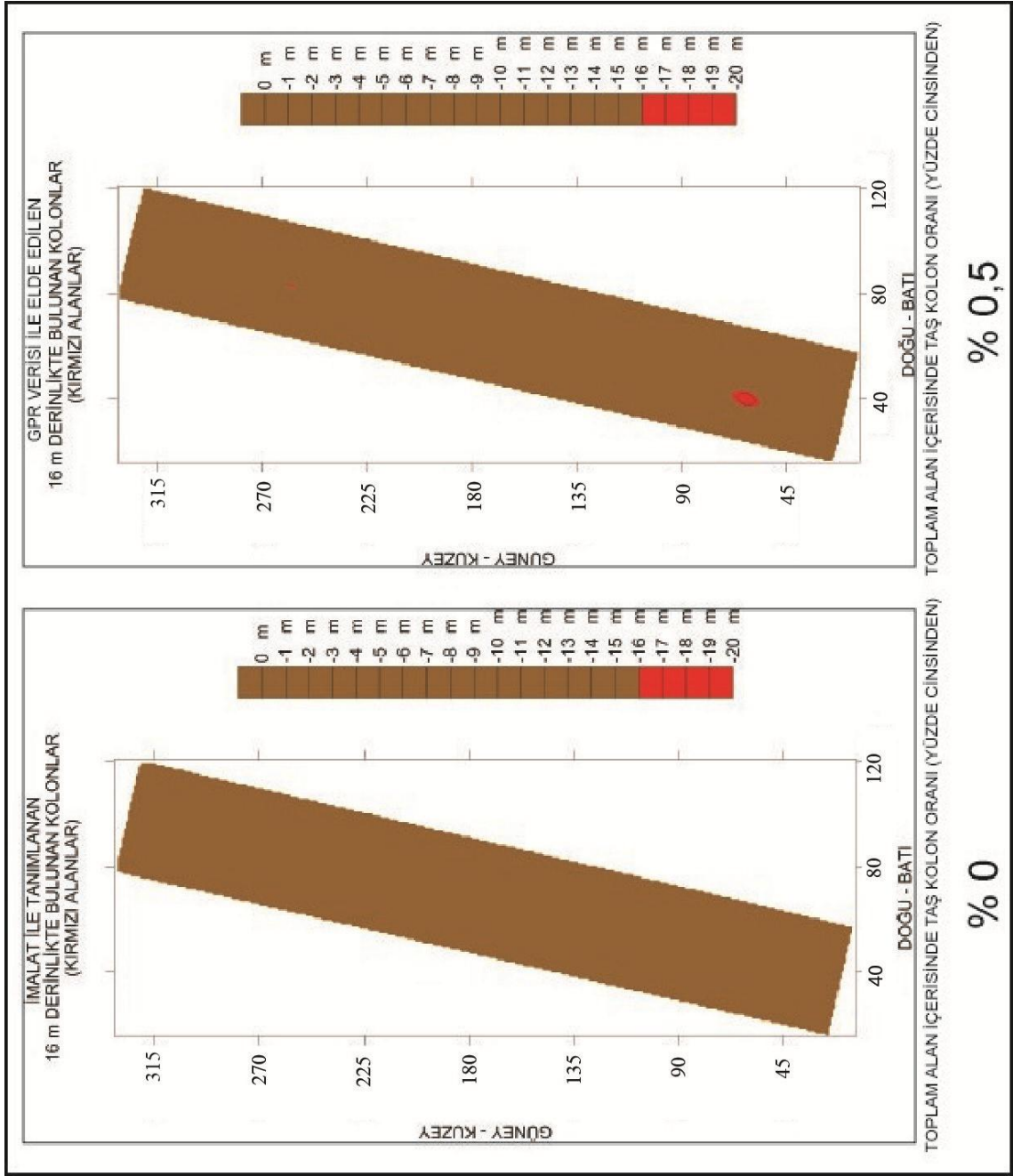
Şekil 5.26. Taş kolon uygulamasında, 10 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi



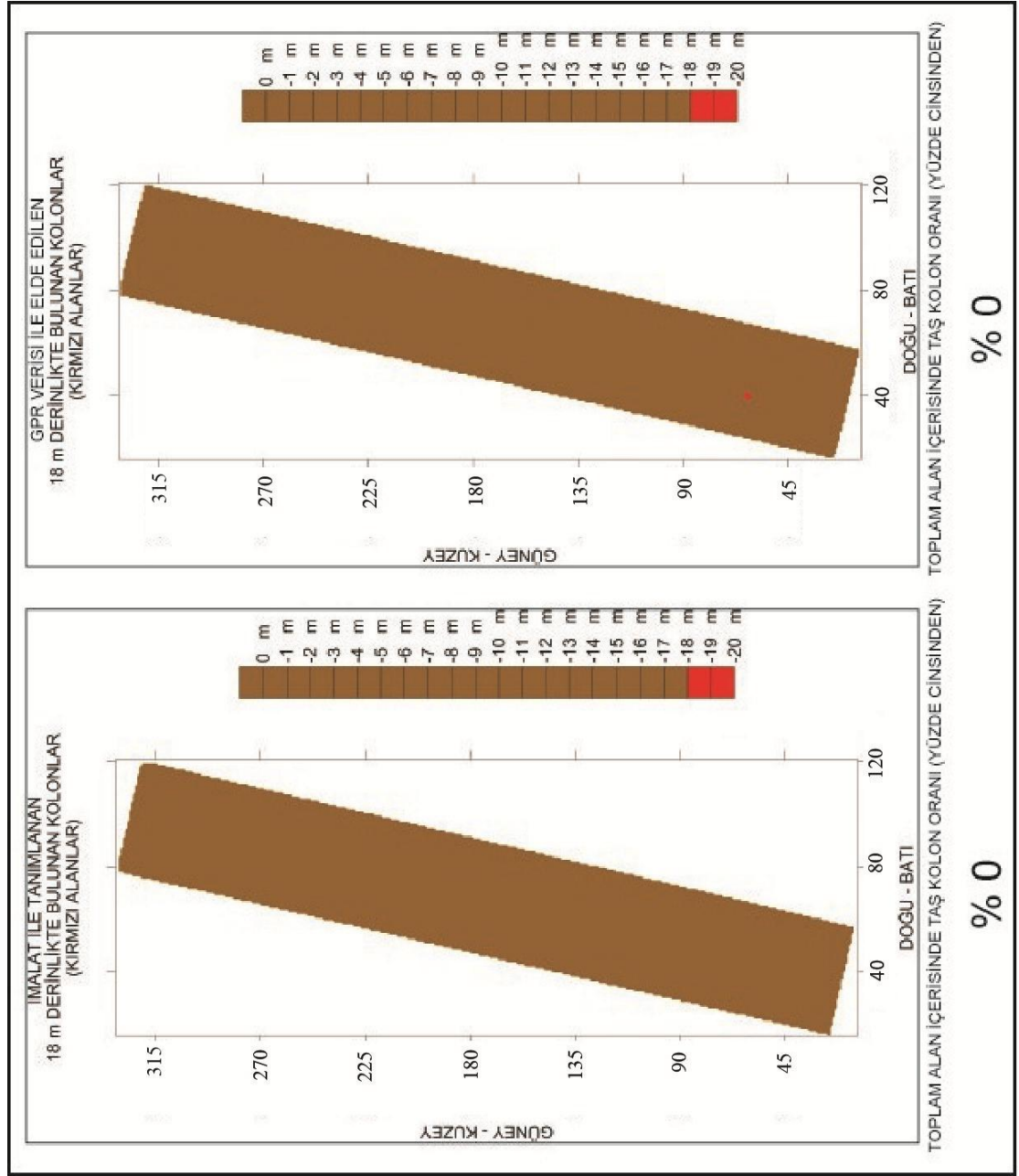
Şekil 5.27. Taş kolon uygulamasında, 12 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi



Şekil 5.28. Taş kolon uygulamasında, 14 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi



Şekil 5.29. Taş kolon uygulamasında, 16 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi



Şekil 5.30. Taş kolon uygulamasında, 18 m derinlikte GPR ile tespit edilen ve bildirilen verilerin % dağılımının gösterimi

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında; baraj gövde alanı ve bulamaç hendeği olmak üzere iki farklı alanda yapılan yeraltı radarı (GPR) ölçüleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Baraj gövdesi bölümünde yapılan çalışmalara dayalı birleştirilmiş bilgiler Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Üç boyutlu GPR verileri ve bildirilen taş kolon imalat verileri ile hesaplanan değişim tablosu

	Toplam Hacim	Kolon Verisi	GPR Verisi	Bozulma Dahil GPR	Bozulmuş	Eksik
Data (m³)	385.765.53	226.983.12	250.224.02	228.876.41		
Göreceli (m³)		158.782.40	135.541.51	156.889.12	21.347.61	1.893.29
Yükseklik düzeltmesi 398.5 den 397 m'ye		158.782.40	120.761.26	142.108.87	21.347.61	16.673.54
Gerçel (m³) Kolon çapına göre		19.847.80		17.763.61	2.668.45	2.084.19
Total metraj (m) Kolon alanına göre		39.695.60		35.527.22	5.336.90	4.168.38
Oluşan taş dolgu (m) Ortalama kalınlık				1.08		
Yüzde eksiklik				10.50		
Toplam alan				~ 23500 m ²		
Çalışma alanı				19707 m ²		

Değerlendirmeler sonucu elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Toplam 23.500 m² olan baraj gövde alanının 19.707 m² si GPR ile taranmıştır.
- Taranan alan derinlik ile ilişkilendirildiğinde (~20 m) 385.765.53 m³'lük bir hacme karşılık gelmektedir.
- Bu hacim içerisinde taş kolon olarak imalat gerçekleştirildiği bildirilen kısım 158.782.40 m³'tür.
- GPR verileri ile tespit edilen kolon durumundaki taş dolgulu alan 120.761.26 m³ olarak hesaplanmıştır.
- GPR sonuçları, taş kolonların tabanlarında (derindeki uçlarında) bozulma zonu oluştuğunu (taş dolgunun saçıldığını) göstermektedir. Kolonların tabanında saçılan dolgu 21.347,61 m³ olarak hesaplanmıştır ve saçılan alan göz önüne alındığında, saçılmanın ortalama 1.08 metre kalınlığında bir zonda gerçekleştiği görülmektedir.
- Bozulma zonu da dikkate alındığında, GPR verileri ile bozulma zonu dahil tespit edilen hacim 142.108.87 m³ olarak hesaplanmıştır.
- Bildirilen miktar ile GPR verileri arasındaki hacimsel fark 16.673.54 m³ olarak hesaplanmıştır.
- Hem bildirilen Taş Kolon imalatı verileri hem de GPR verilerinin bölgesel hacim alanında olması gereken kolon çapına göre hacim hesabı yapıldığında; Bildirilen: 19.847.80 m³ olarak, GPR ile tespit edilen (bozulma zonu dahil): 17.763.61 m³ olarak hesaplanmıştır. Arada 2.084.19 m³ imalat farkı olduğu görülmektedir.
- İmalatın metrajla dönüştürülmesi ile; bildirilen metraj: 39.695.60 m olarak, GPR ile tespit edilen (bozulma zonu dahil) metraj: 35.527.22 m olarak hesaplanmıştır.
- Hesaplanan metrajlar arasında bulunan farkın genele yayılabilmesi için (ölçüm bölgesinden tüm uygulama alanına) 4.168.38 m' lik fark yüzde cinsinden hesaplanmış ve % 10.50 değerine ulaşılmıştır.
- Ulaşılan bu fark ve yüzde cinsinden eksiklik değerlerinin derinliğe göre dağılımı Şekiller 5.22 - 5.30' da görülmektedir. Buna göre derinlik arttıkça bildirilen orandan oldukça az oranda taş kolon yapısı tespit edilmiştir.
- Yoğun ıslaklık seviyesi bulunan çalışma alanında tespit edilen yeraltı suyu seviyesi (YSS) yaklaşık olarak 0 - 5 m arasında değişmektedir (Şekiller 5.20 ve 5.21).

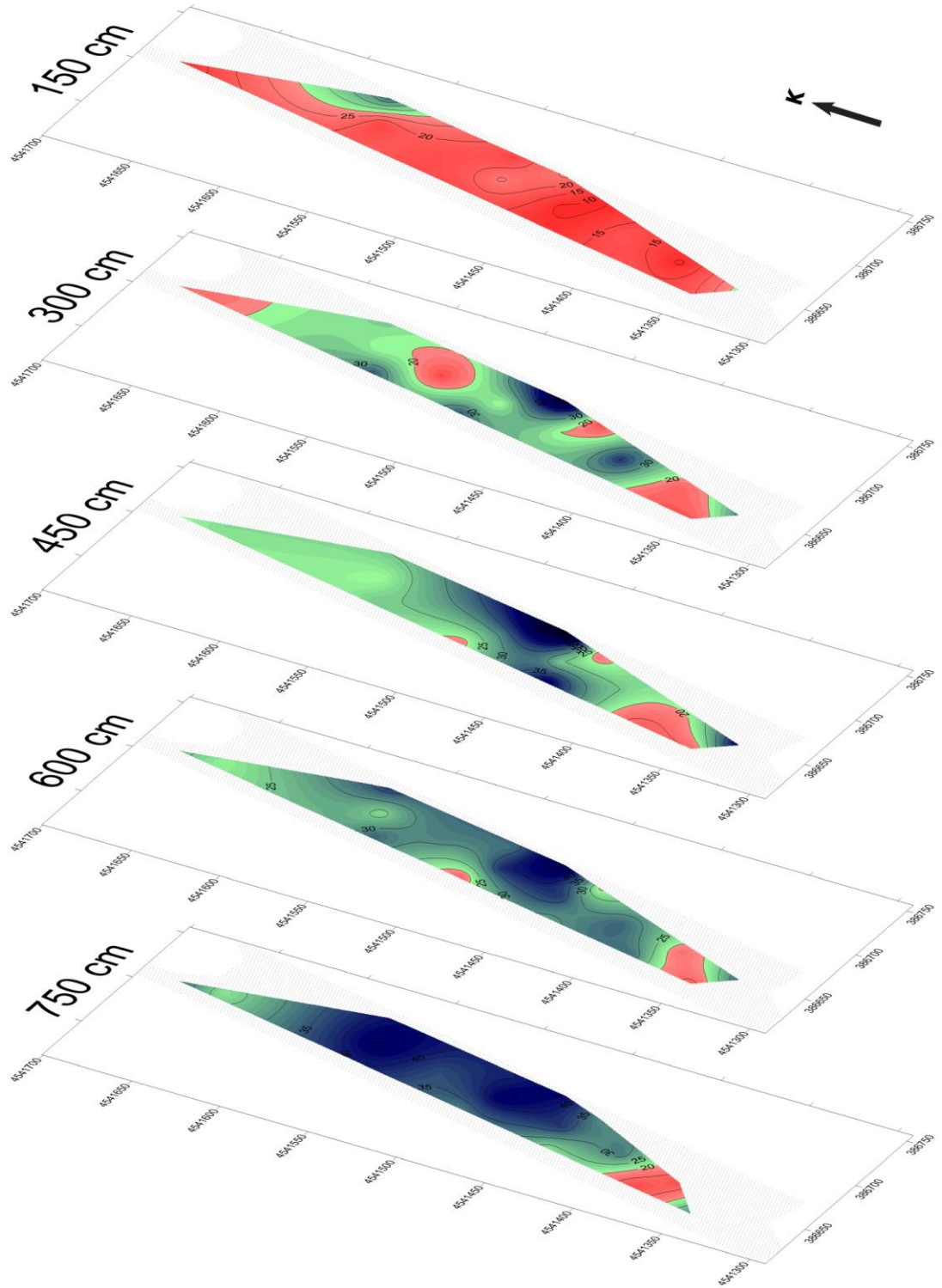
- Sıvılaşma riski analizi için bildirilen ve hesaplamada kullanılmış olan 8 metre derinlikte tespit edilen %50 oranındaki kolon yapısı dikkate alınarak, gerekli olan 6 metre derinliğe göre (%87.5) yeniden hesap yapılması gerektiği önerilmektedir.
- Bulamaç hendeğinin GPR verileri ile modellenmesi sonucunda, perde yapının hendeğin güneyinde ve ortaya yakın kesimlerinde 28 m, diğer kesimlerde ise 24 m ye kadar derine indiğini göstermektedir (Şekil 5.15 ve 5.16). Kullanılan antenlerin hassaslık sınırları içinde perde yapıda herhangi bir bozulmayı işaret edecek anomaliye rastlanmamıştır.
- Baraj gövdesinin oturacağı alanın GPR ile elde edilen kesitinde (nehir yatağının enine kesiti Şekil 5.18) ana kaya yüzeylerinin yatağın merkezine doğru eğimli oldukları görülmektedir. Yüzeyden yaklaşık 45 m derinliğe inilmiş olmasına rağmen yatak tabanında ana kaya görülmemektedir. Nehir yatağında farklı genliklerde dört ayrı birimin olduğu görülmektedir (Şekil 5.19).

SPT verileri incelenerek her 1.5 metre derinlik için (1.5, 3.0, 15.0) SPT değerlerine göre (N60 değerleri kullanılarak) sıvılaşma riski bulunan alanları gösteren kat haritaları oluşturulmuştur (Şekiller 6.1 ve 6.2). Oluşturulan kat haritalarında, 0 – 29 aralığındaki N60 değerleri sıvılaşma riski olan alanları (Şekiller 6.1 ve 6.2’de kırmızı alanlar), 30 ve daha büyük N60 değerleri ise riskin olmadığı alanları (Şekiller 6.1 ve 6.2’de mavi alanlar) temsil etmektedir. GPR verilerine göre taş kolon uygulaması 6 m derinliğe kadar başarılı olmuştur. Bu nedenle 6 metre derinlikteki SPT N60 verilerine bağlı olarak oluşturulan kat haritası incelendiğinde (Şekil 6.3), bu derinlikte risk taşıyan alanlar 3, 4 ve 10 numaralı sondaj lokasyonlarının temsil ettiği yerlerdir (Şekil 6.3’deki kırmızı noktalar).

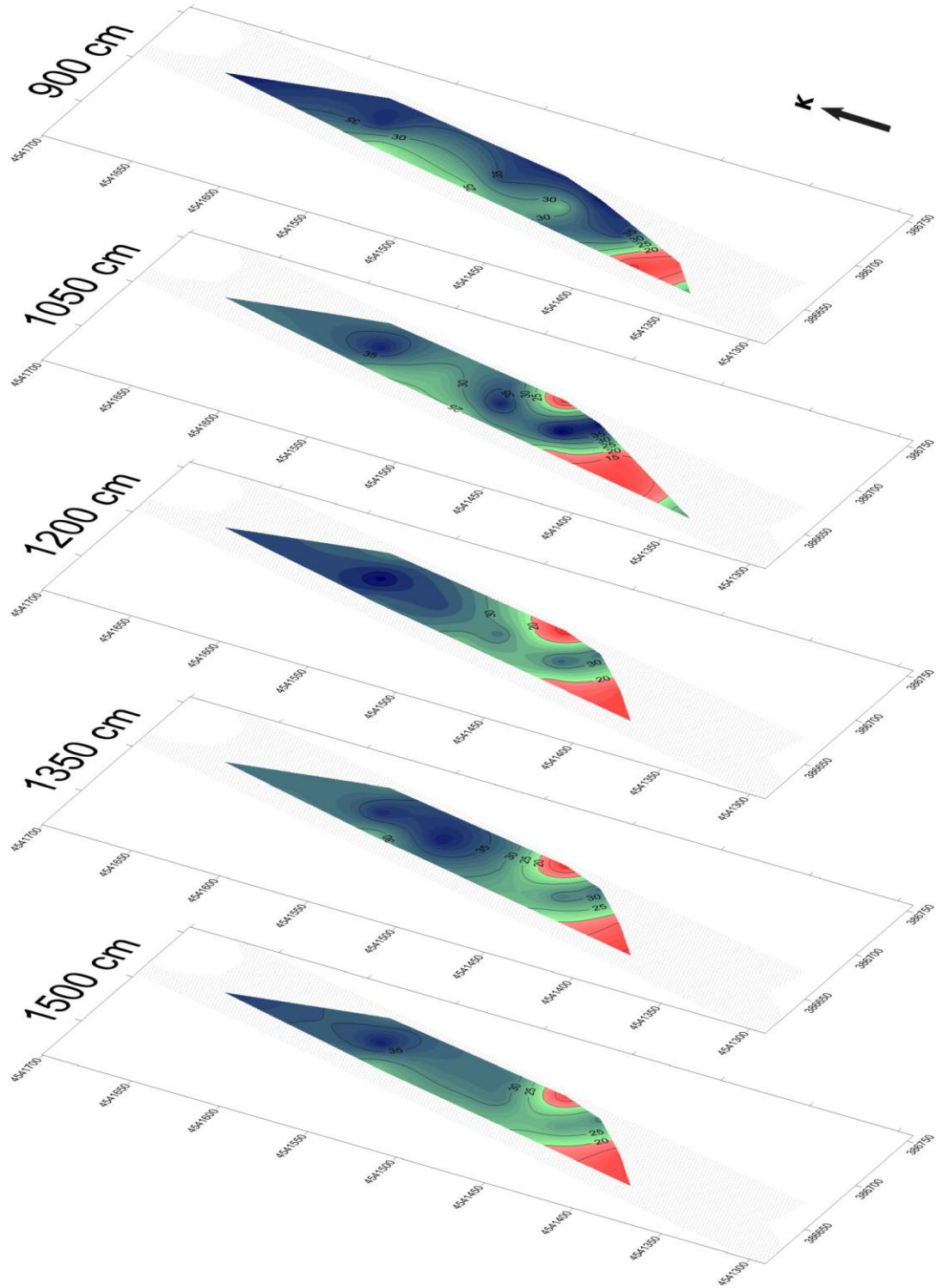
GPR ile belirlenen taş kolon yapısının derinliğini gösteren kontur haritası, imalat verilerine göre bildirilen taş kolon yapısının derinliğini gösteren kontur haritası ve 6. metre için oluşturulan sıvılaşma risk haritası birlikte incelendiğinde (Şekil 6.4); taş kolon uygulamasının 3 ve 4 numaralı sondajların temsil ettiği alandaki sıvılaşma riskini gidermeye yeterli olacak düzeyde olduğunu göstermektedir. Ancak mevcut taş kolon uygulamasının 10. sondaj lokasyonundaki sıvılaşma riskini giderecek düzeyde olmadığı görülmektedir. Bu nedenle 10 numaralı SPT sondajının bulunduğu lokasyonda sıvılaşma riskini ortadan kaldıracak gerekli önlemlerin alınması önerilmektedir.

Ayrıca, 10.5, 12, 13.5 ve 15 m derinliği temsil eden kat haritaları incelendiğinde (Şekil 6.2), 19 numaralı sondajın temsil ettiği alanda sıvılaşma riskinin olduğu görülmektedir. Bu alanda taş kolon uygulamasının 7 m derinliğe kadar etkin olduğu göz önüne alındığında (Şekil 6.4a), mevcut uygulamanın belirtilen derinlikte (10.5 – 15 m derinliğinde) riski ortadan kaldıracak önlem olamayacağı görülmektedir. Bu nedenle, 19 numaralı SPT sondajının bulunduğu lokasyonda 10.5 – 15 m derinlikte sıvılaşma riskini ortadan kaldıracak önlemlerin alınması önerilmektedir.

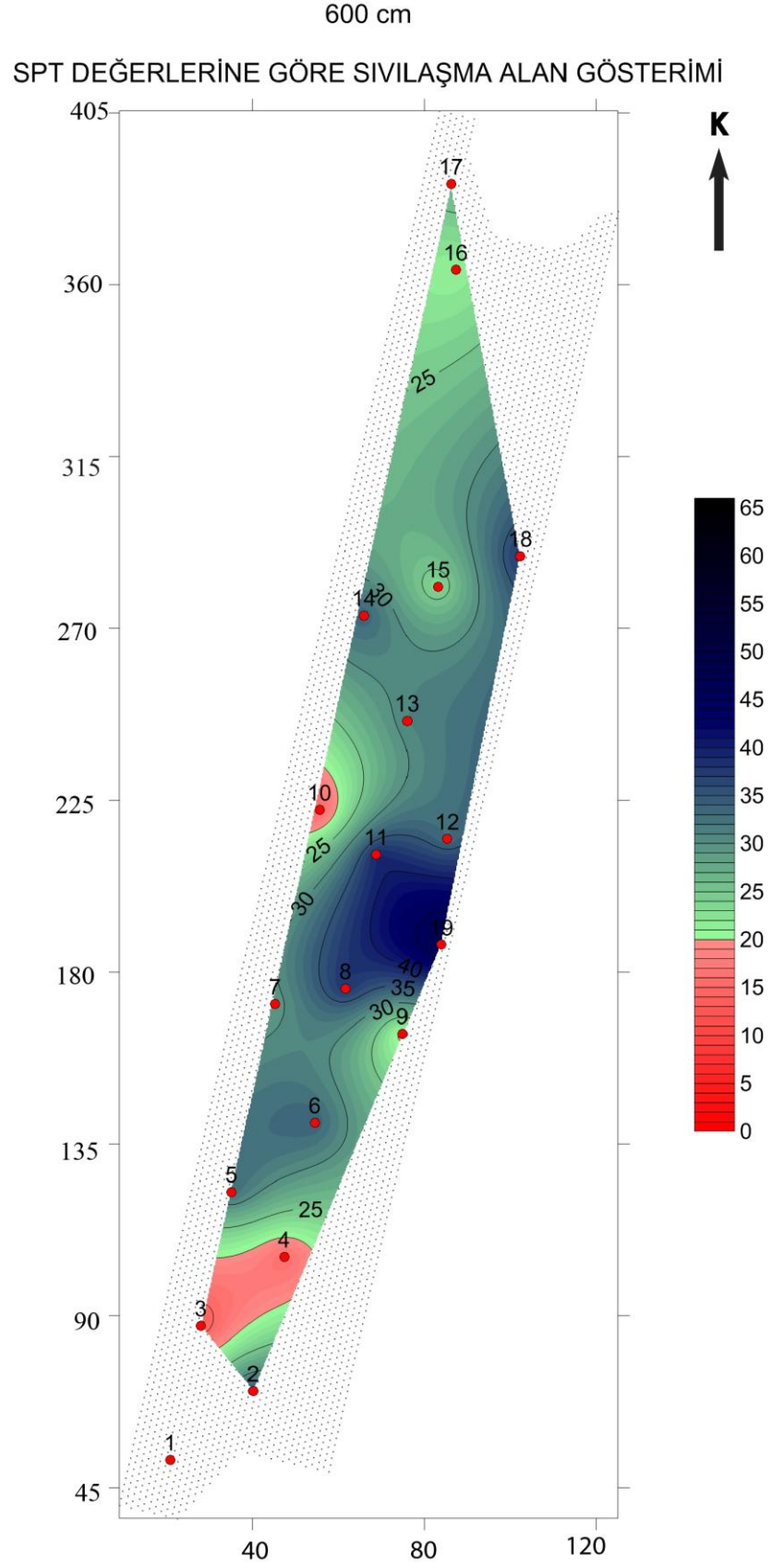
Tüm GPR verileri ele alındığında çıkan sonuçlar, yapılmış olan iyileştirme çalışmalarının genellikle başarısız olduğunu ortaya koymuştur. Zeminin gevşek yapısı nedeni ile uygulanan taş kolon sistemi belirli derinliklerden sonra (yaklaşık 10-15 m) istenilen yönde dikey olarak değil, yatay olarak yayılmıştır. Bu görüntü GPR verilerinde net olarak ortaya konularak istenilen iyileştirme derinliğine tam olarak ulaşamadığı anlaşılmıştır. Müdahale gerektirebilecek bölgeler de GPR verileri sayesinde belirlenmiştir. Çalışma alanında uygulanabilecek diğer sığ jeofizik yöntemleri (IP, Elektrik Özdirenç, sismik v.b.) jeofiziksel sonuçlara katkı sağlayacağı ortadadır. Ancak hem saha koşulları, hem de zaman ile ilişkili olarak yüksek hız ve yüksek çözünürlükte uygulanacak GPR yöntemi bu çalışmada tek sığ jeofizik yöntem olarak tercih edilmiştir.



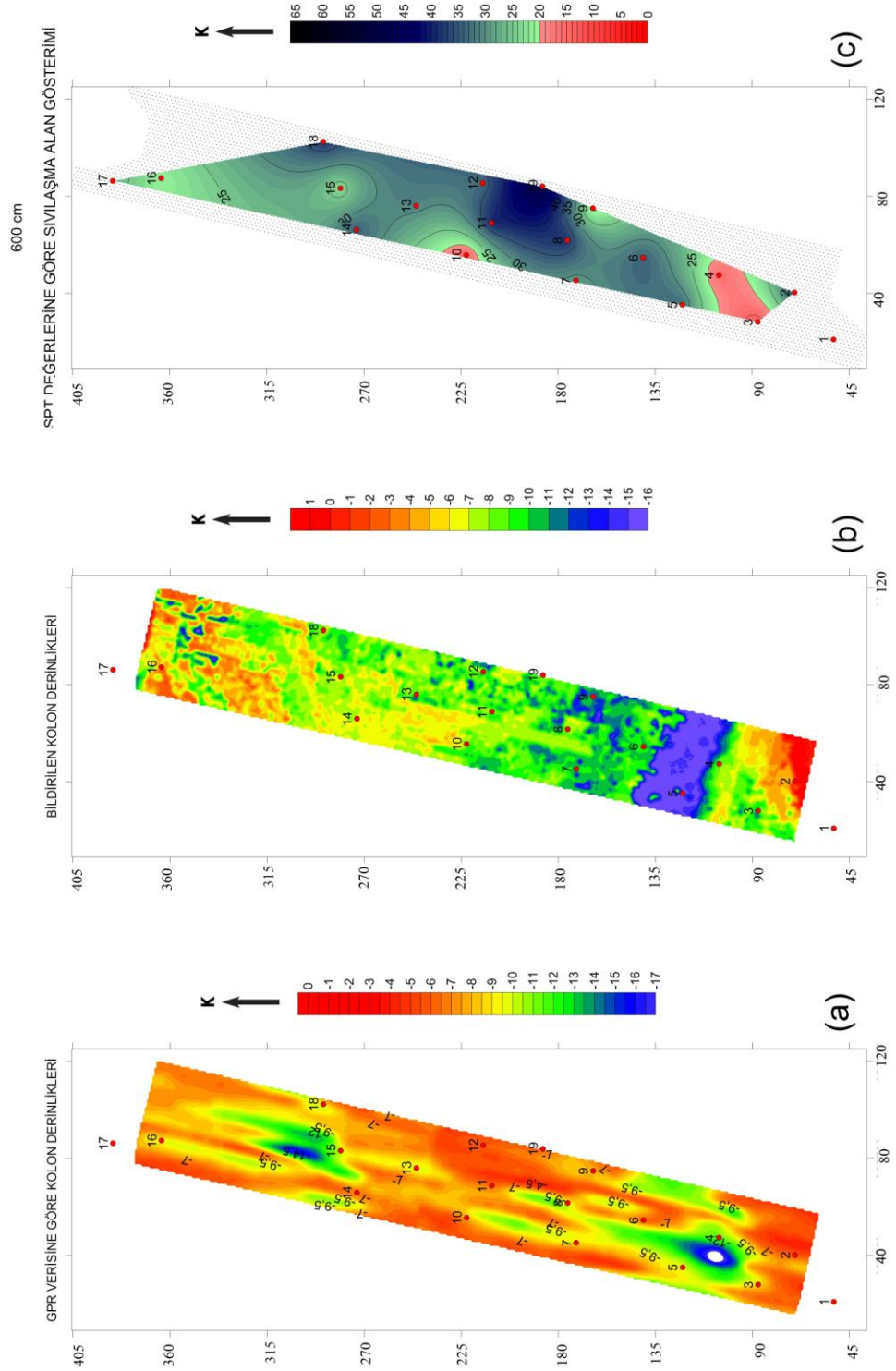
Şekil 6.1. Sondajlar sonucunda ulaşılan SPT N60 değerleri ile oluşturulan derinlik kesitleri (150 cm – 750 cm) (kırmızı alanlar sıvılaşma riski taşıyan bölgeleri göstermektedir)



Şekil 6.2. Sondajlar sonucunda ulaşılan SPT N60 değerleri ile oluşturulan derinlik kesitleri (900 cm – 1500 cm) (kırmızı alanlar sıvılaşma riski taşıyan bölgeleri göstermektedir)



Şekil 6.3. Sondaj verilerine göre SPT N60 değerleri ile oluşturulan 600 cm'ye ait derinlik kesiti (kırmızı noktalar sondaj lokasyonlarını göstermektedir)



Şekil 6.4. Sonuçların karşılaştırılması. (a) GPR verileri ile elde edilen kolon derinlikleri kontur haritası. (b) İmalatta bildirilen verilere göre kolon derinlikleri kontur haritası. (c) 600 cm derinlikte SPT N60 değerlerine göre oluşturulmuş risk haritası

KAYNAKLAR

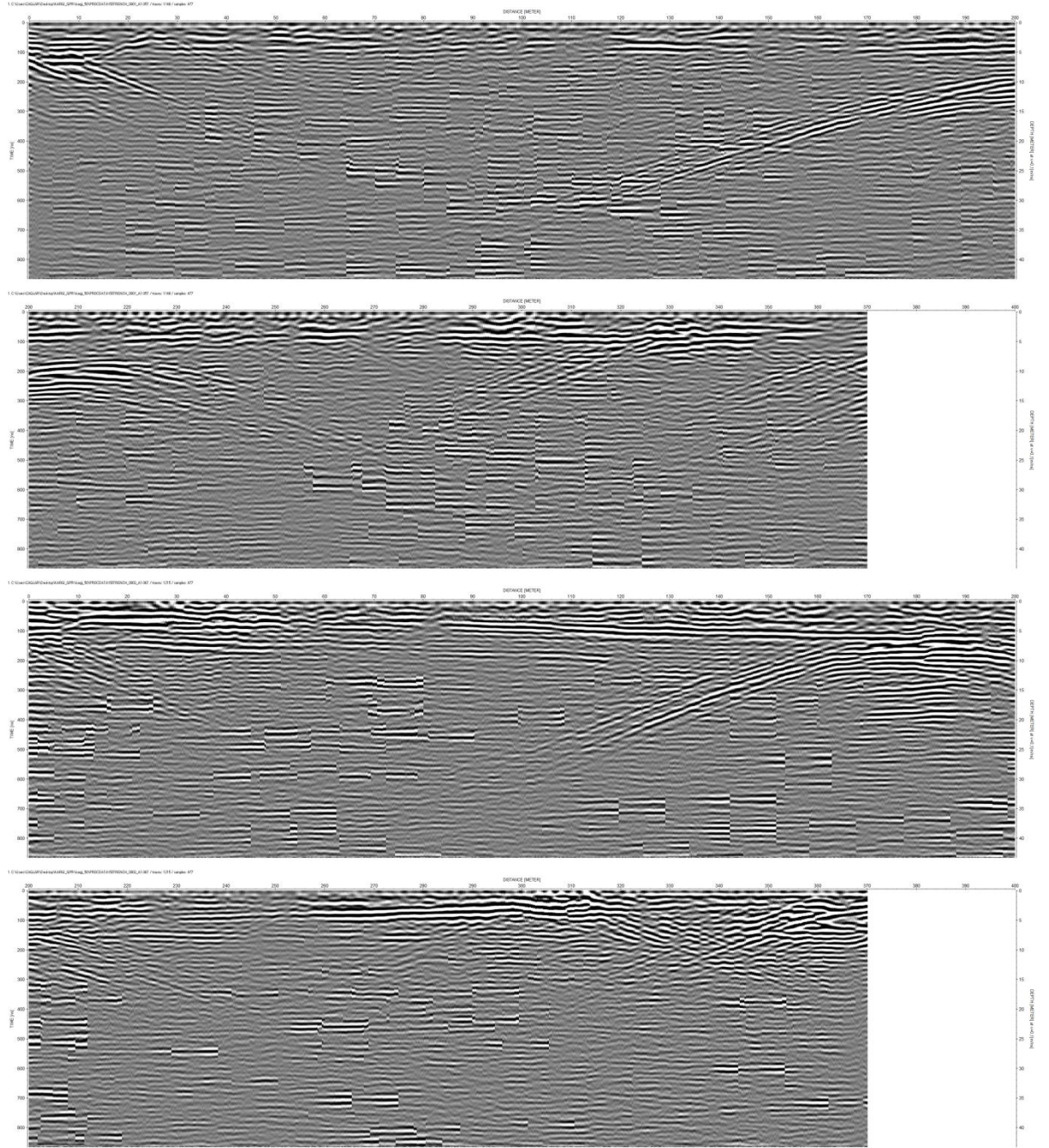
- Akarsu İ., 1958. Çorum Bölgesinin Jeolojisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 7(1): 19-29.
- Akyüz S., 2010. Kargı Baraj Yeri (Çorum) Litolojik Birimlerin Geçirgenlik Özellikleri Yönünden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Türkiye.
- Anonim, 2014a. Çorum Coğrafyası. (b.t.). 11 Kasım, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Çorum>
- Anonim, 2014b. Kargı Kızılırmak Hidroelektrik Santrali Projesi. (b.t.). 29 Ekim, <http://www.statkraft.com.tr/statkraft-hakkinda/tesisler/Turkiye/corum/>
- Anonim, 2014c. Türkiye Kara Yolları Ulaşım Ağı Haritası. (b.t.). 29 Ekim, <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionImages/KGMImages/Haritalar/b7.jpg>
- Aslan N. S. R., 2006. *Çorum İl Çevre Durum Raporu*. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye. 3-5.
- Audru J. C., Bano M., Begg J., Berryman K., Henrys S. and Niviere B., 2001. *Earth and Planetary Science*. GPR Investigations on Active Faults in Urban Areas: The Georisc-NZ Project in Wellington, New Zealand., 447-454.
- Bano M., Marquis, G., Nivière B., Maurin J. C., Cushing M., 2000. Investigating Alluvial And Tectonic Features with Ground-Penetrating Radar and Analyzing Diffraction Patterns. *J. Appl. Geophysics.*, 43: 33–41.
- Conyers L.B., 2004. *Ground-penetrating Radar for Archaeology*. Altamira Press, Walnut Creek. California. 30-33.
- Cook J. C., 1960. Proposed Monocycle-Pulse, VHF Radar for Airborne Ice and Snow Measurements. *AIEE Trans. Commun. and Electron.*, 79 (2): 588-594.
- Daniels D.J., 2004. *Ground Penetrating Radar* (2nd ed).The Iee Radar, Sonar, Navigation and Avionics Series, United Kingdom. 723 p.
- Davis J. L., Annan A.P., 1989. Ground-Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy. *Geophysical Prospecting.*, 37: 531-551.

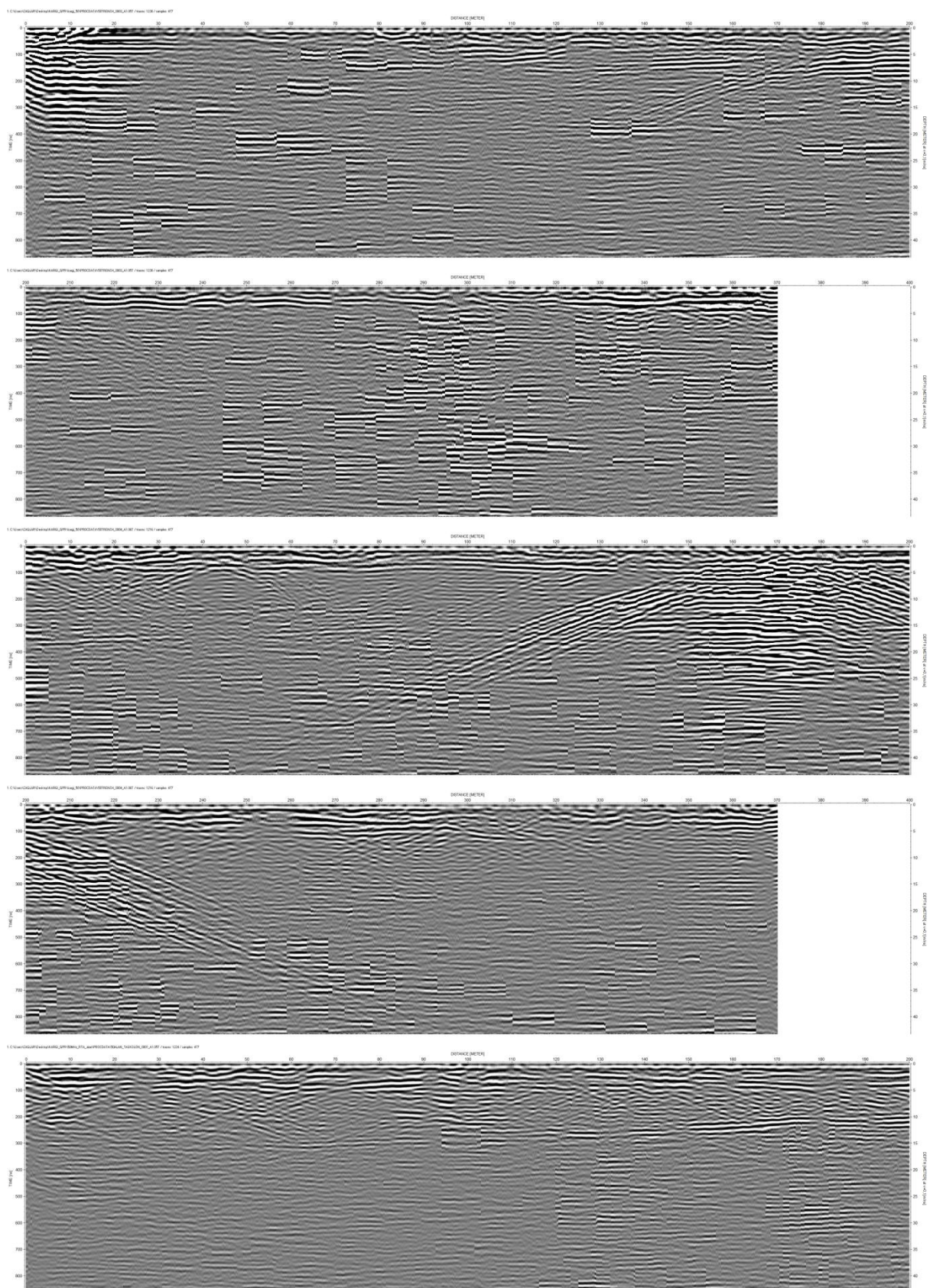
- Green A., Gross R., Holliger K., Horstmeyer H., Baldwin J., 2003. Results of 3-D Georadar Surveying and Trenching the San Andreas Fault Near its Northern Landward Limit. *Tectonophysics*. 368: 7-23.
- Gross R., Green A., Holliger K., Horstmeyer H., Baldwin J. 2002. Shallow Geometry and Displacements on the San Andreas Fault Near Point Arena Based on Trenching and 3D Georadar Surveying. *Geophys. Res. Lett.*, 34: 1-4.
- Kadıoğlu S., 2003. *14th International Petroleum Congress and Natural Gas Congress and Exhibition of Turkey*. 3D Ground Penetrating Radar-Data Acquisition, Processing. Türkiye. 485-486.
- Ketin İ., Gümüş A., 1963. Sinop, Ayancık ve Güneyinde, III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi, I, II: *TPAO Raporu.*, 213.
- Koçbay A., 1997. Mecitözü-Konaklı (Çorum) Çevresinin Hidrojeolojisi ve Yeraltı Suyu Kalitesi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi.*, 51: 26-40.
- Koçbay A., Kılıç R., 2006. Obruk Baraj Yerinin (Çorum) Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi. *Mühendislik Jeolojisi Bülteni.*, 20: 29-40.
- Koçyiğit A., 2007. Kızılırmak Kargı (Geyiktepe) Barajı ve HES Yeri Aktif Tektonik Araştırması. *Aktif Tektonik ve Deprem Araştırma Laboratuvarı.Final Raporu.*, 48-49.
- Leucci G., Negri S., 2006. Use of Ground Penetrating Radar to Map Subsurface Archaeological Features in an Urban Area. *Journal of Archaeological Science.*, 33, 502-512.
- Meghraoui M., Camelbeeck T., Vanneste K., Brondeel M., Jongmans D., 2001. Active Faulting and Paleoseismology Along the Bree Fault, Lower Rhine Graben. *J. Geophys Res.*, Belgium. 105(13): 809–841.
- Moffatt D. L., Puskas R. J., 1976. A Subsurface Electromagnetic Pulse Radar. *Geophysics.*, 41(3): 506-518.
- Olhoeft G. R., 2000. Maximizing the Information Return From Ground Penetrating Radar. *J. of Applied Geophysics.*, 43(2-4): 175-187.

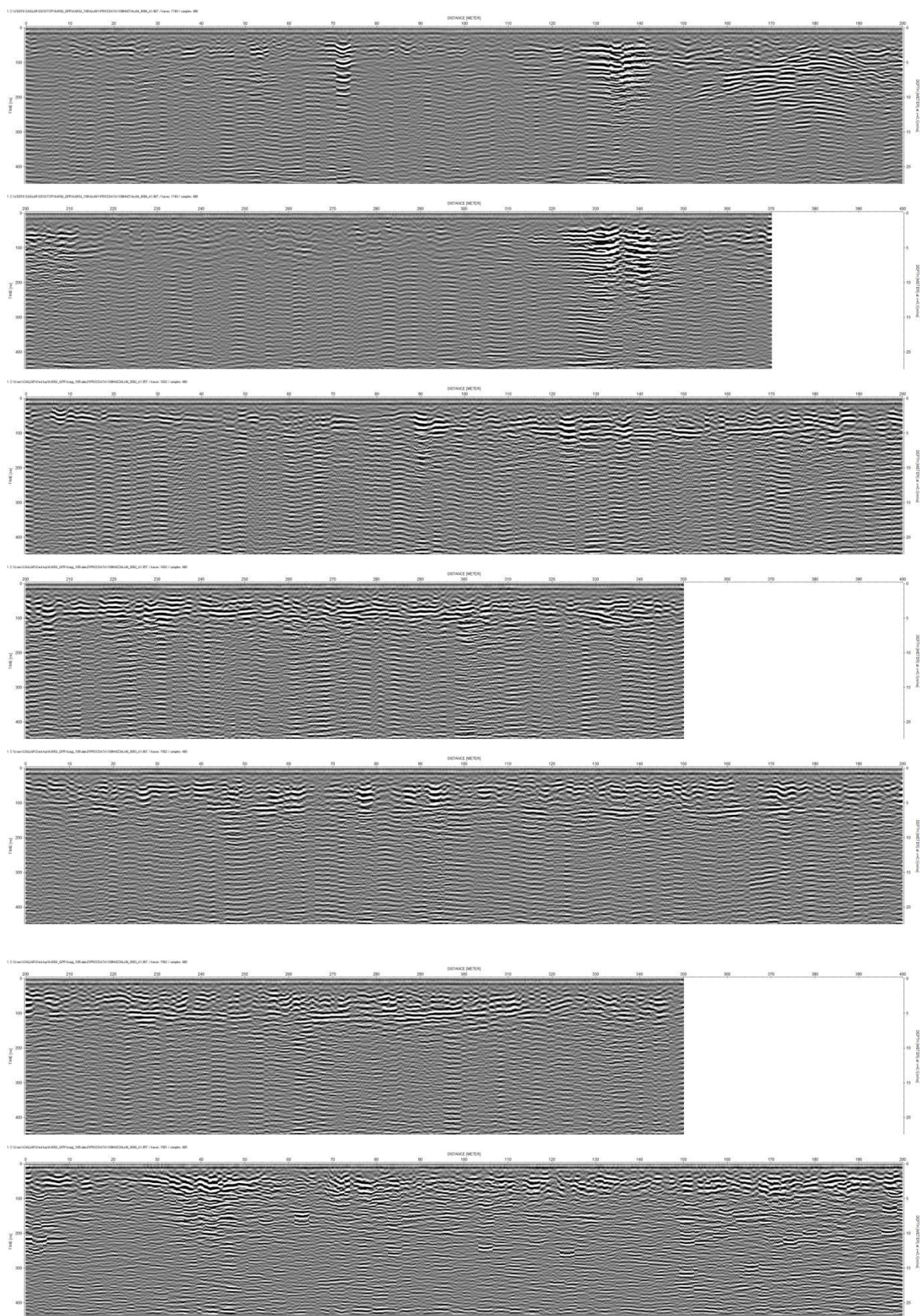
- Özmen B., Nurlu M., 1999. Deprem Bölgeleri Haritası ile İlgili Bazı Bilgiler. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni.*, 99(2-3): 32-35.
- Sandmeier K. J., 2003. *Reflexw 4.2 Manuel Book*. Sandmeier Software, Zipser Strabe 1, D-76227 Karlsruhe, Germany. 598 p.
- Sevinç U., Yalçinkaya B., 2011. *Çorum İl Çevre Durum Raporu*. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye. 220 s.
- Tepecik A., 2007. Bayat (Çankırı-Çorum Havzası) Dolaylarının Jeolojisi ve Tuz- Petrol İlişkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Ankara Üniversitesi, Türkiye.
- Travassos M., Menezes P. L., 2004. GPR Exploration for Groundwater in a Crystalline Rock Terrain. *Journal of Applied Geophysics.*, 55: 239–248.
- Tüysüz O., 1985. Kargı Masifi ve Dolayındaki Tektonik Birliklerin Ayırıcı ve Araştırılması (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, Türkiye.
- Ulriksen P. F., 1982. Application of İmpulse Radar to Civil Engineering. PhD Dissertation (Doktora tezi). University of Technology, Sweden.
- Üner S., Dirik K., Çiner A., 2011. Kargı Yelpeze Deltası'nın (Aksu Havzası, Antalya) Genç Miyosen Evrimi. *Yerbilimleri.*, 32: 121-138.
- Yalçiner C. Ç., 2009. Investigation of Buried Objects with Ground Penetrating Radar Application to Archaeoseismology and Palaeoseismology in The Büyük Menderes Graben (Turkey). PhD Dissertation (Doktora Tezi). University of Strasbourg, France.
- Yalçiner C. Ç., Bano M., Kadioğlu M., Karabacak V., Meghraoui M., Altunel E., 2009. New Temple Discovery at the Archaeological Site of Nysa (Western Turkey) Using GPR Method. *Journal of Archaeological Science.*, 36: 1680-1689.
- Yılmaz O., 1979. Daday-Devrekani Masifi Kuzeydoğu Kesimi Litostratigrafi Birimleri ve Tektoniği. *Yerbilimleri.*, 5(6): 101-135.
- Zengin M., 2006. Osmancık (Çorum) Kuzeydoğusunda Yer Alan Volkaniklerin Epitermal Cevherleşme Potansiyeli ve Mavi Kalsedon Oluşumu. Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.

EKLER

EK 1- 50 MHz İşlenmiş GPR verileri

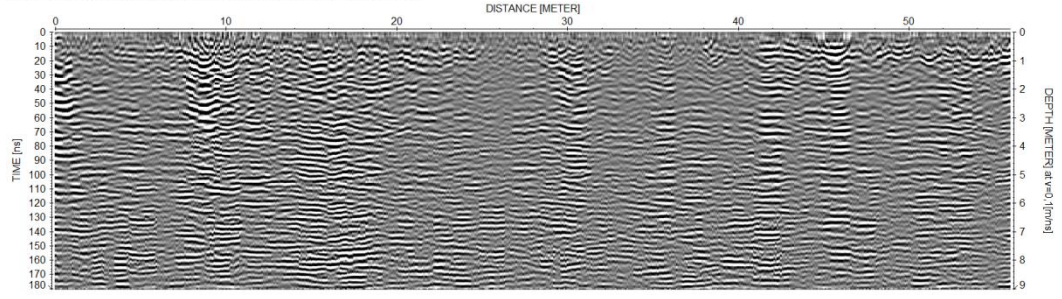




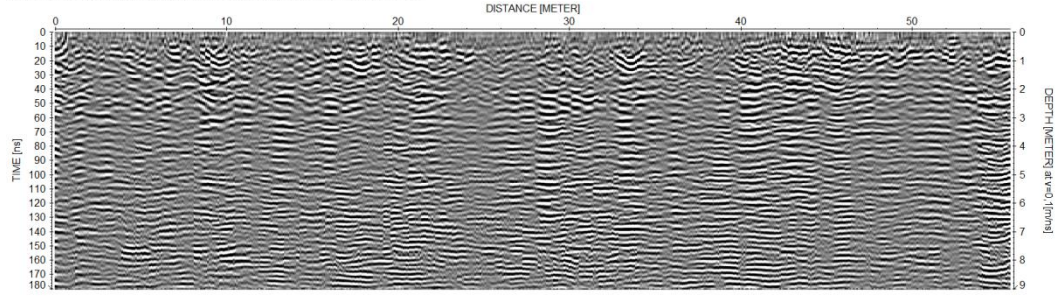


EK 3- 250 MHz İşlenmiş GPR verileri

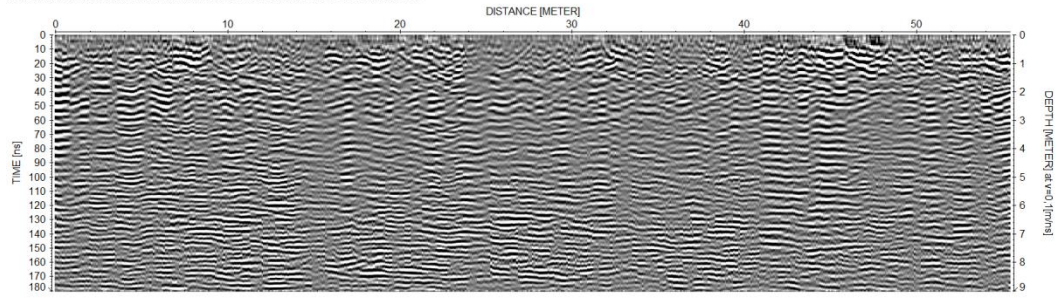
1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_belenlikleri\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_001.057 / traces: 550 / samples: 483



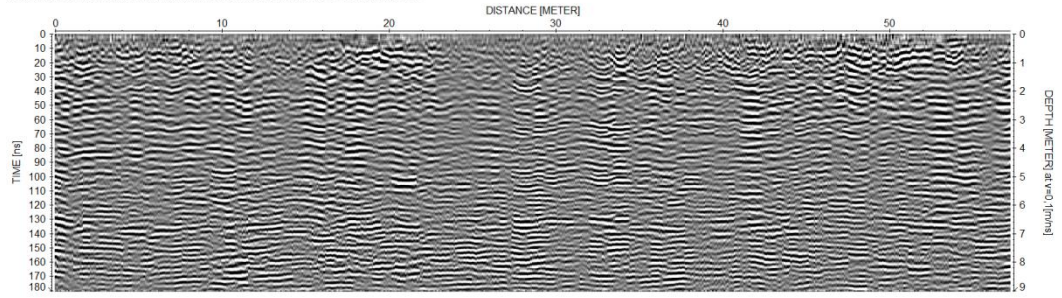
1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_belenlikleri\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_002.057 / traces: 550 / samples: 483



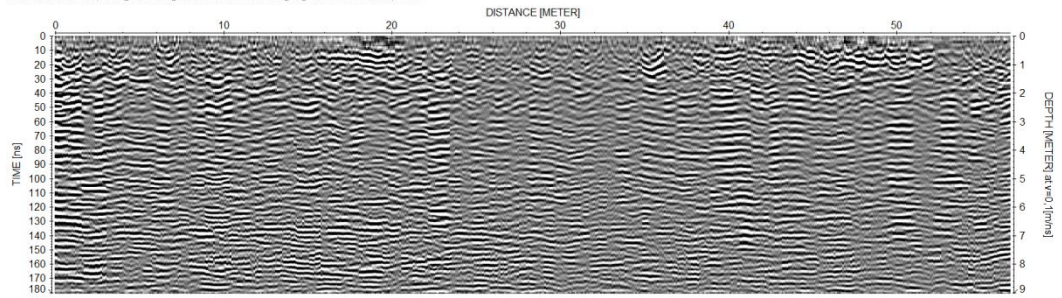
1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_belenlikleri\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_003.057 / traces: 550 / samples: 483



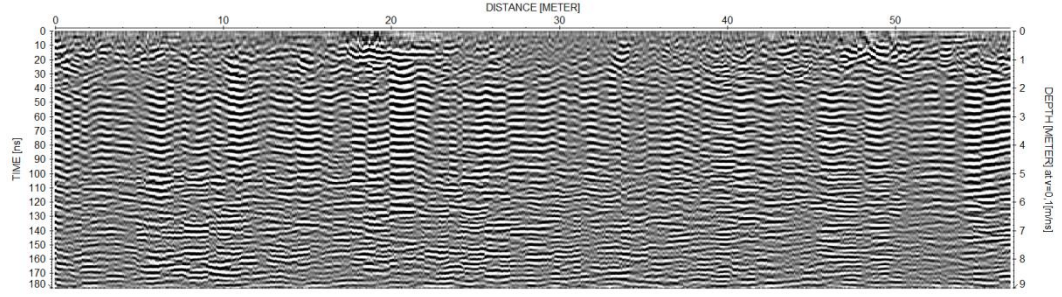
1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_belenlikleri\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_004.057 / traces: 573 / samples: 483



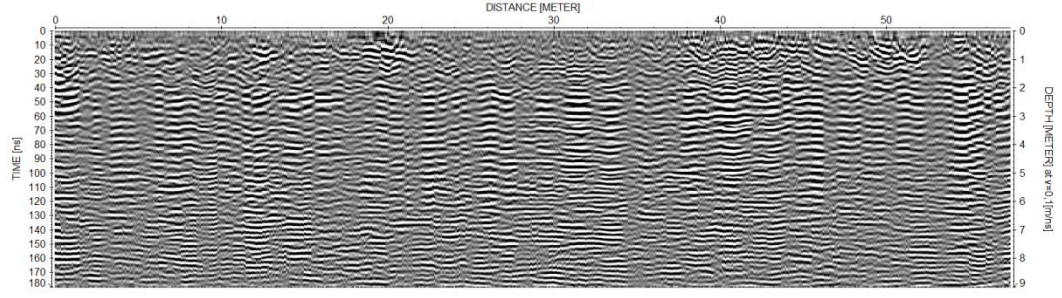
1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_belenlikleri\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_005.057 / traces: 568 / samples: 483



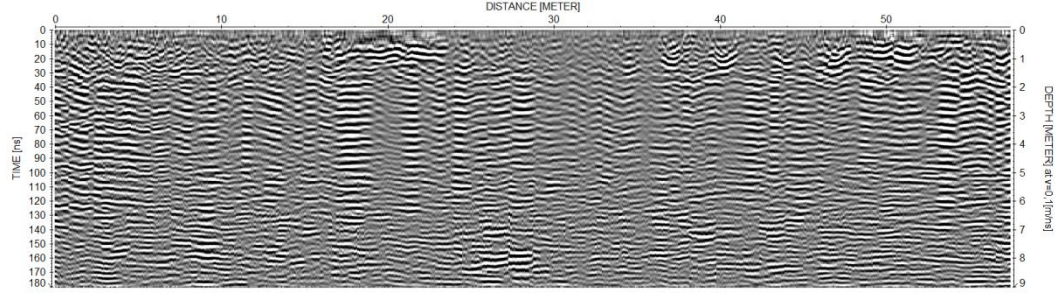
1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_baklari\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_008.057 / traces: 569 / samples: 483



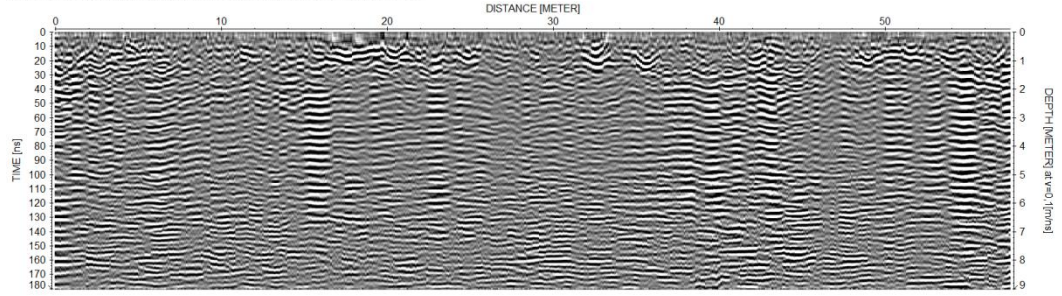
1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_baklari\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_007.067 / traces: 575 / samples: 483



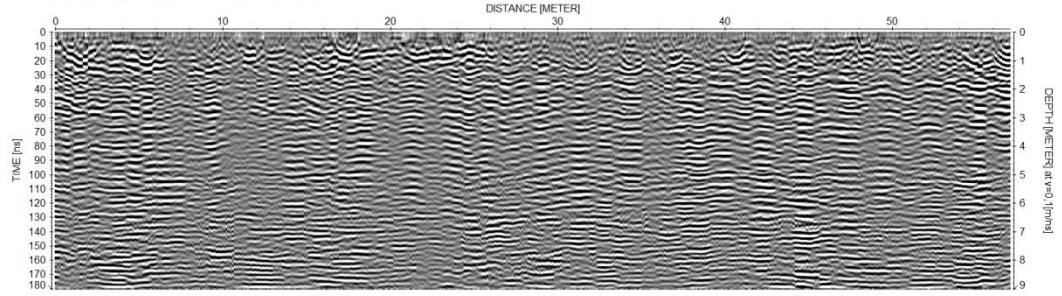
1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_baklari\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_009.057 / traces: 575 / samples: 483



1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_baklari\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_009.057 / traces: 575 / samples: 483

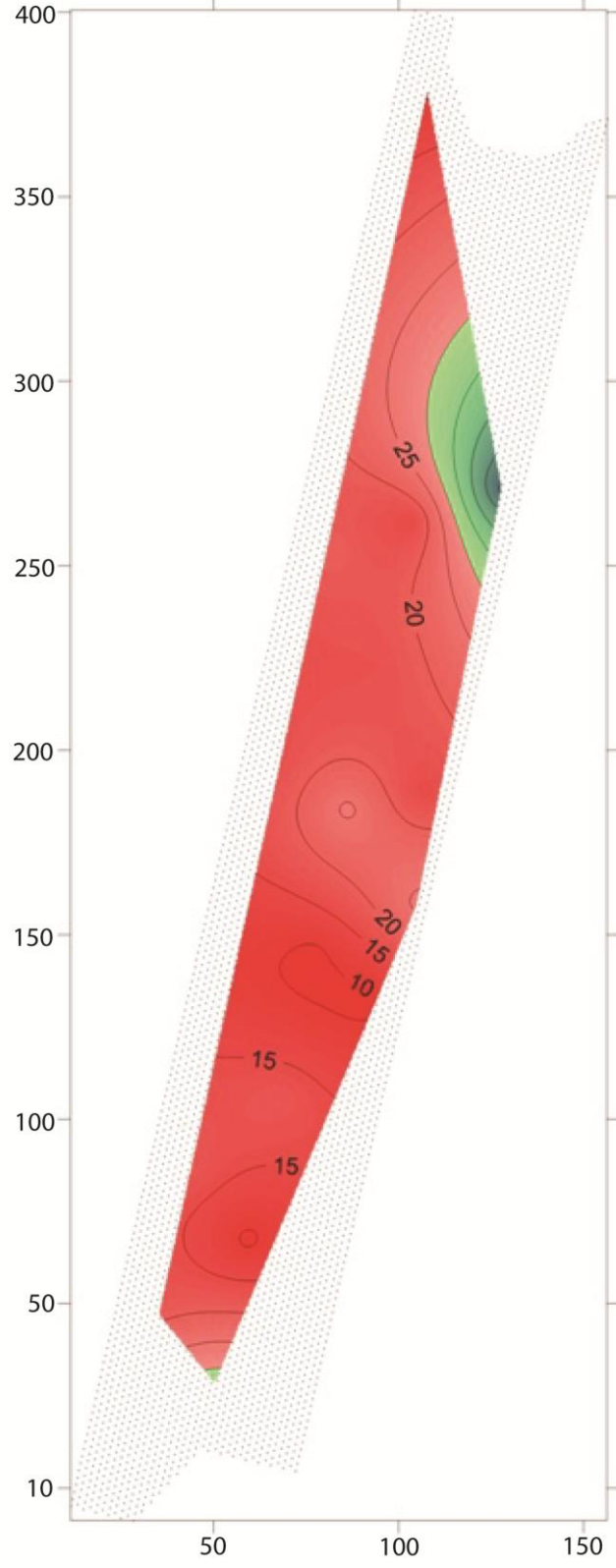


1. C:\Users\CAGLAR\Desktop\KARGI_GPR\250MHz_baklari\PROC\DATA\3\KARGI_PRF_010.057 / traces: 571 / samples: 483

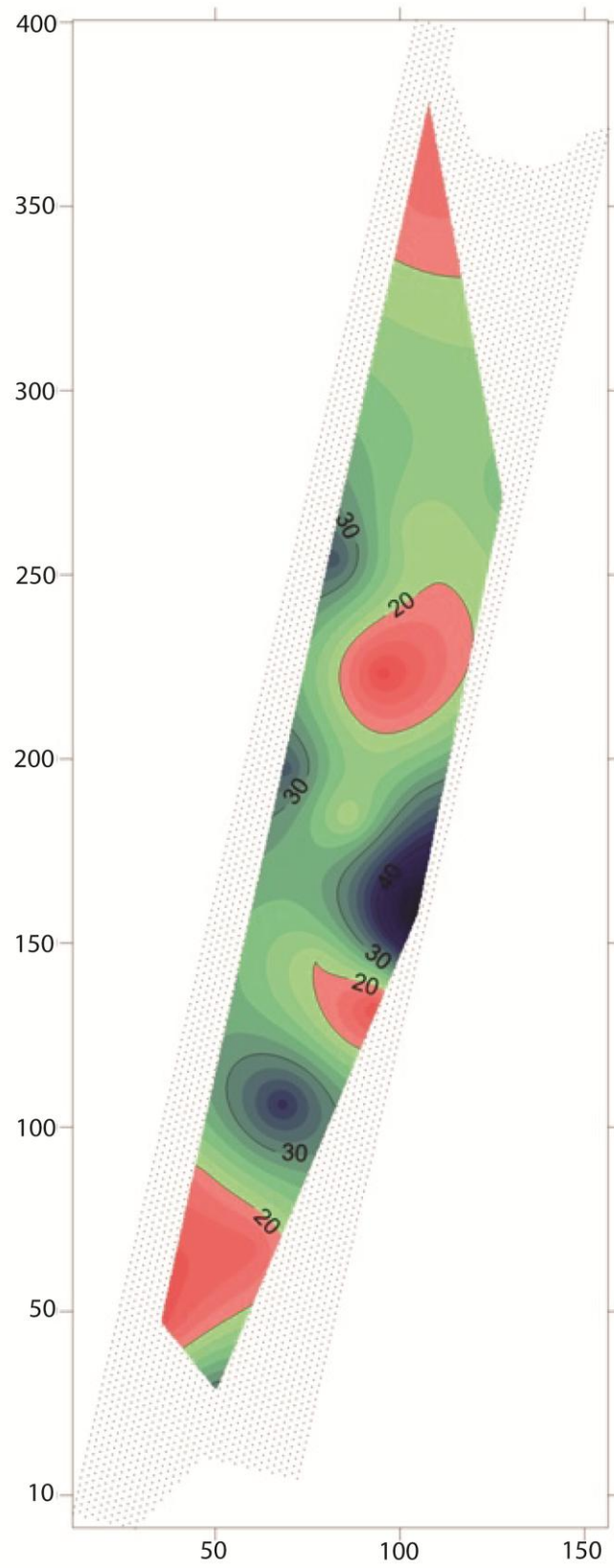


EK 4- Modellenmiş SPT verileri

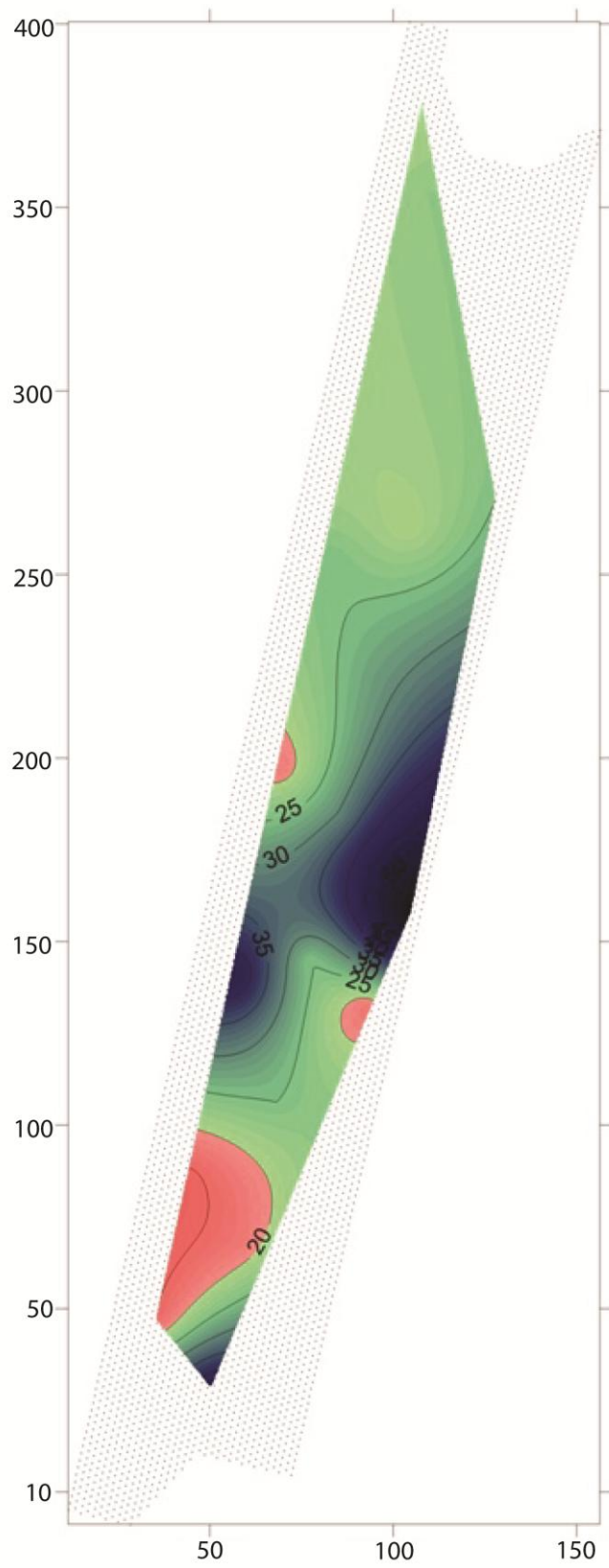
150 cm



300 cm

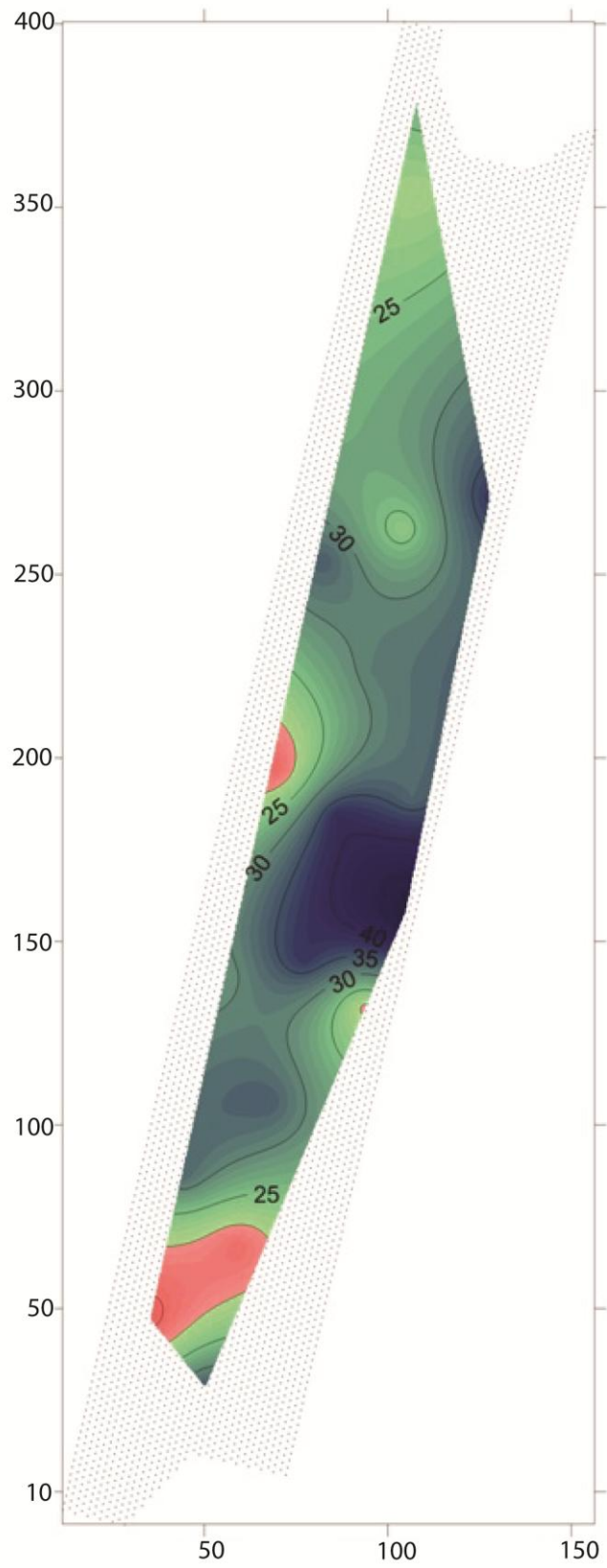


450 cm



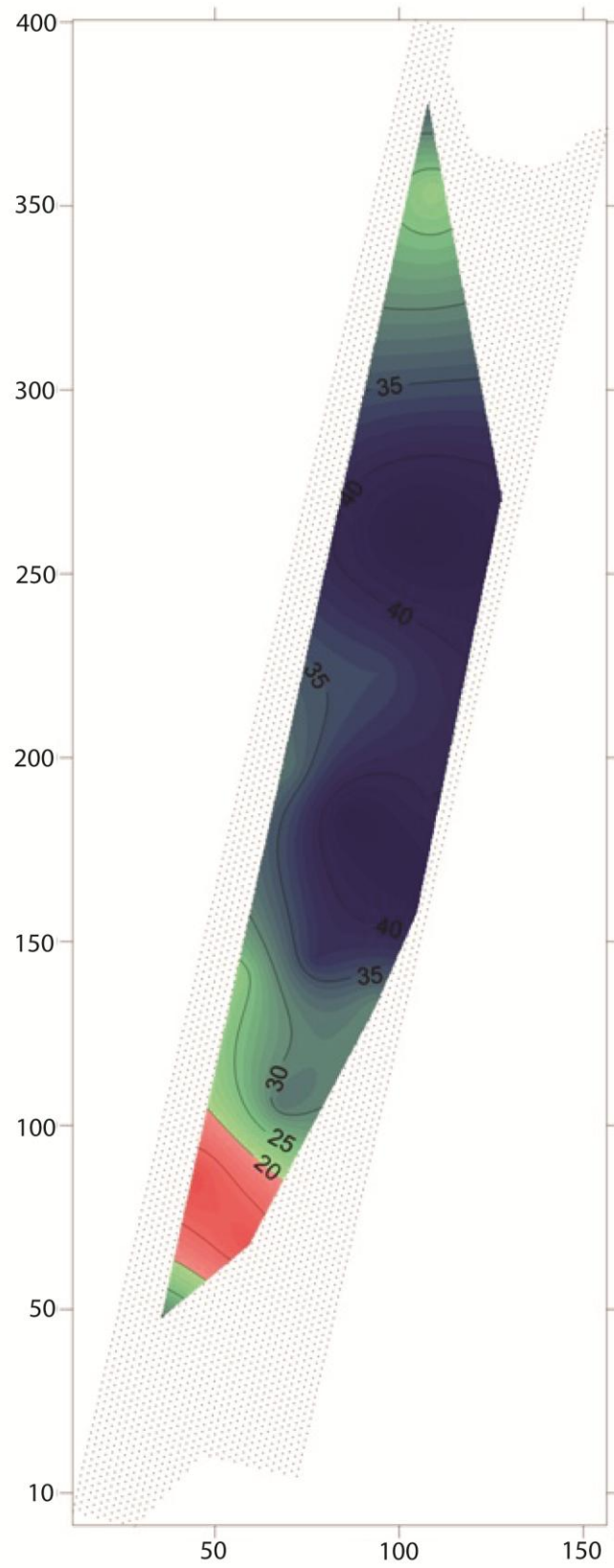
XIV

600 cm



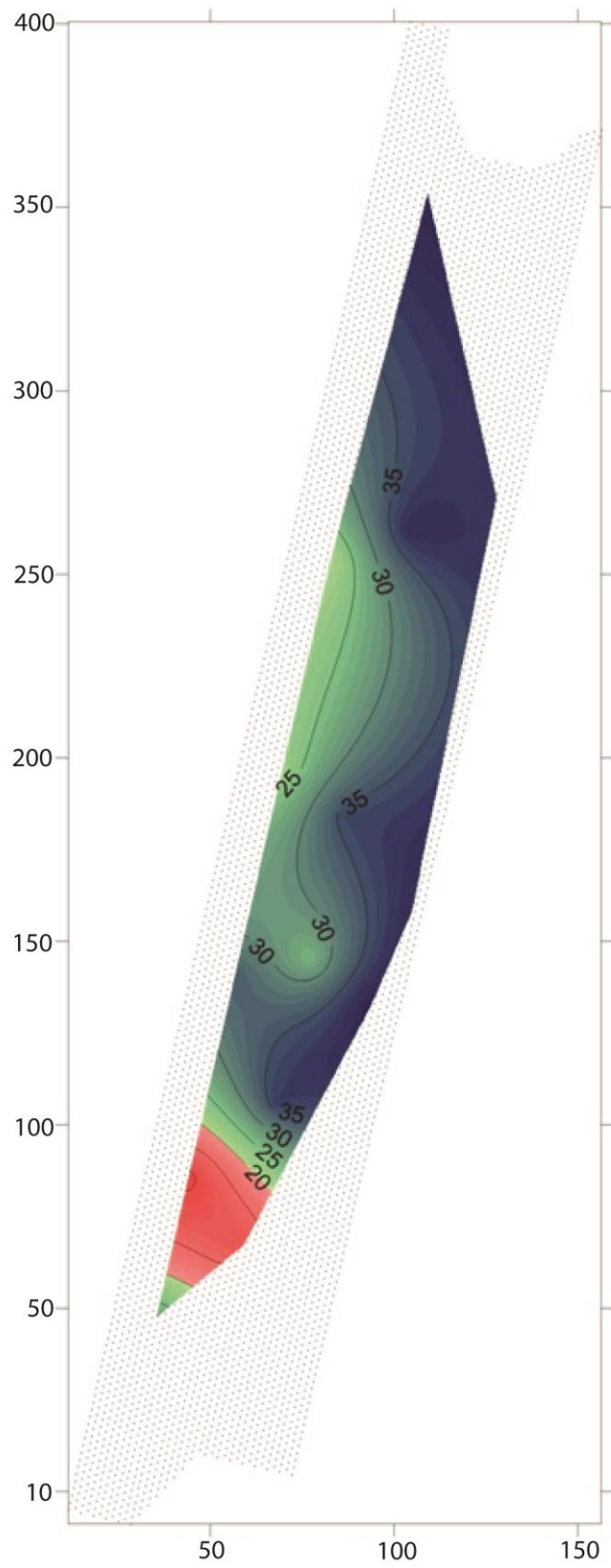
XV

750 cm

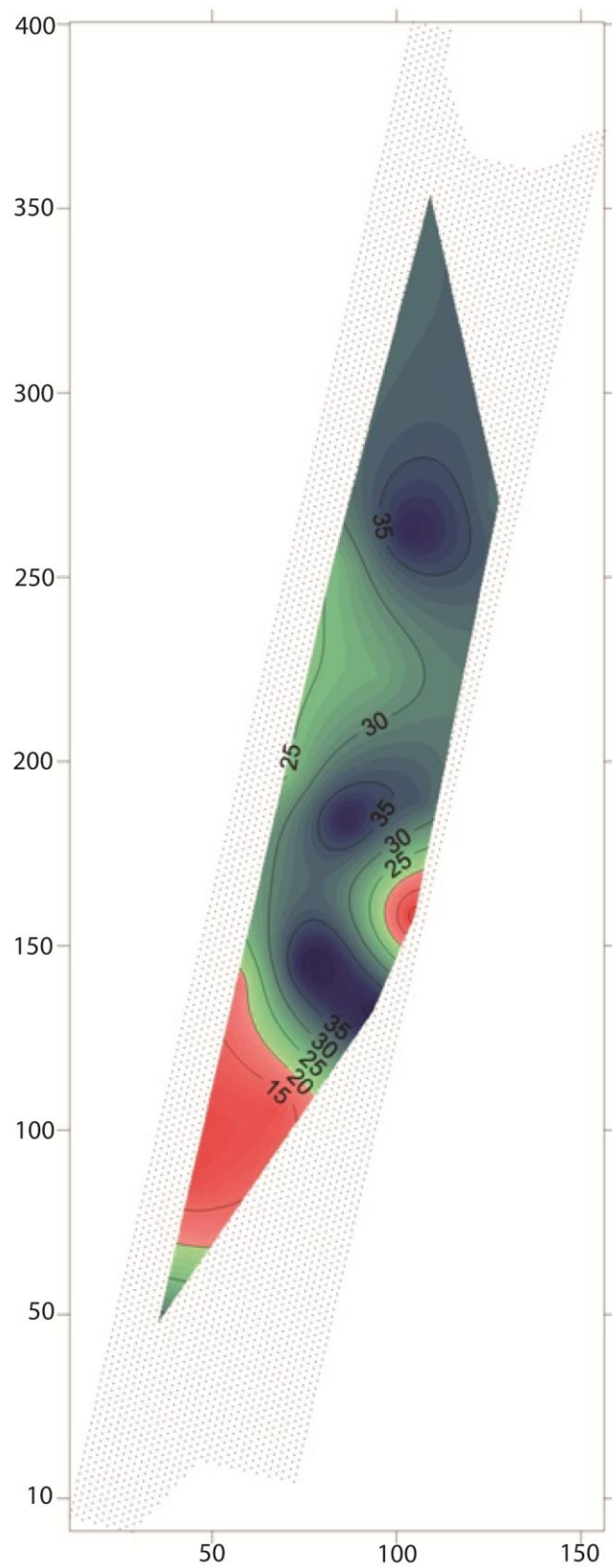


XVI

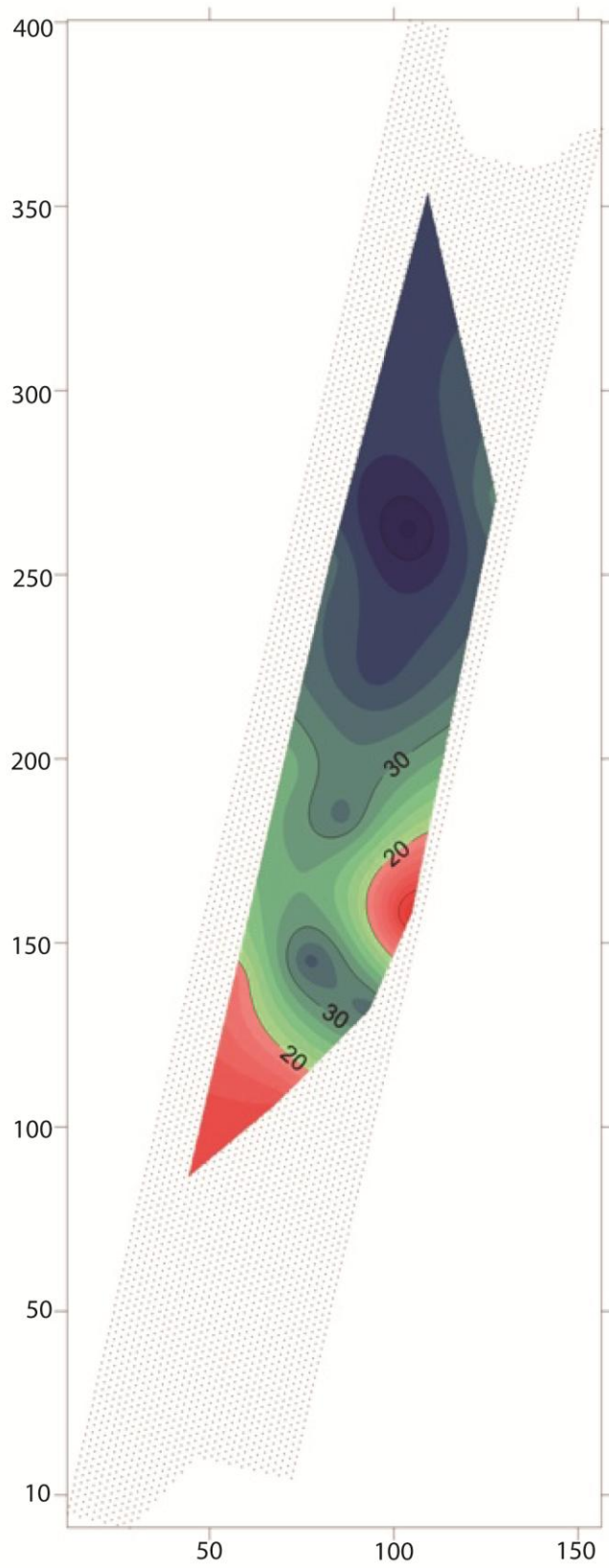
900 cm



1050 cm

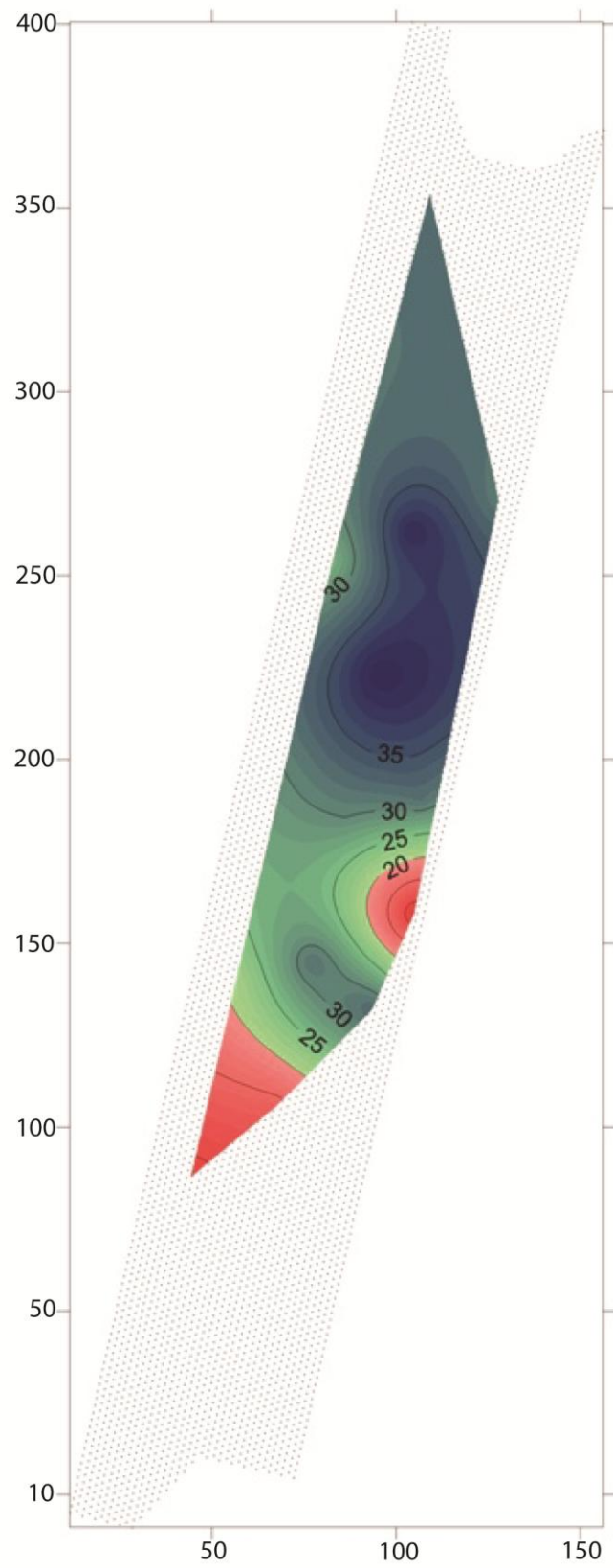


1200 cm



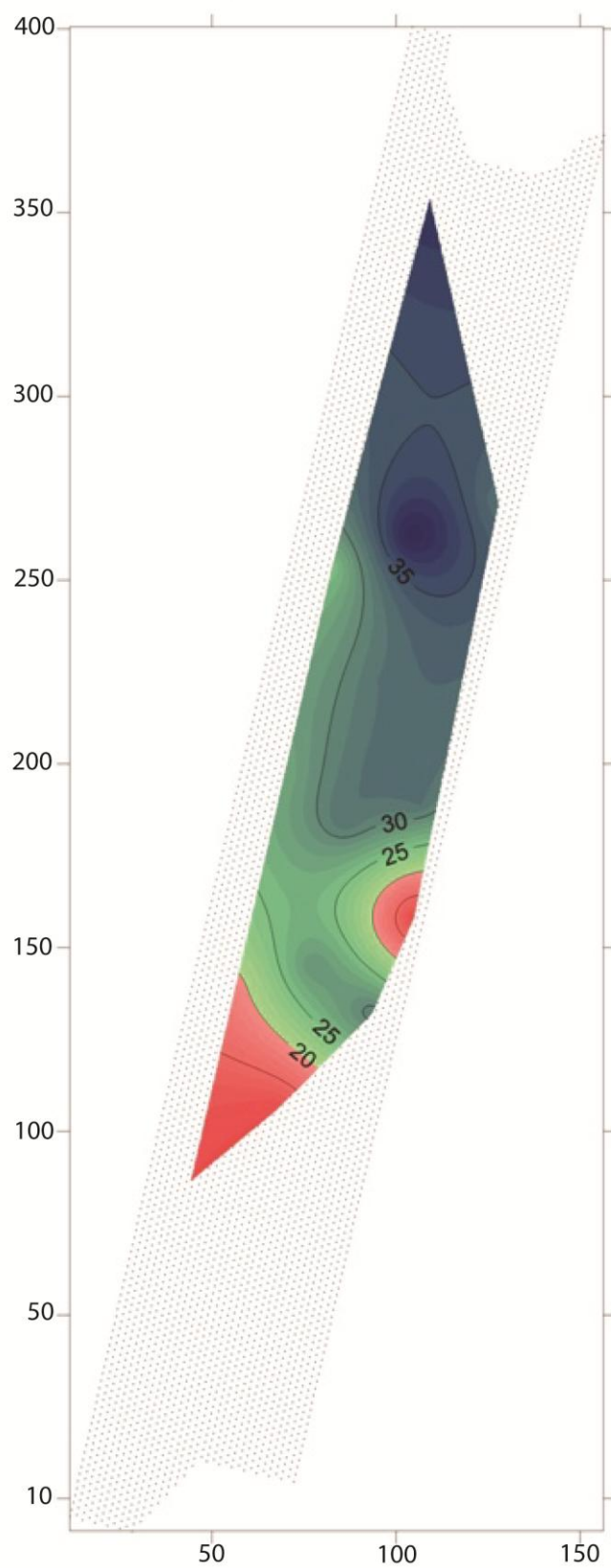
XIX

1350 cm



XX

1500 cm



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı : Muhammet İkbāl TOPÇU
Doğum Yeri : Diyarbakır
Doğum Tarihi : 06.05.1988

EĞİTİM DURUMU:

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği
Bölümü (2008-2012).
Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği
Bölümü (2012-2015).
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ (Bildiriler -Uluslararası –Ulusal)

- 1) Tarihi yapılarıdaki güçlendirme amaçlı kullanılan metal donatıların (gergi, kenet, hatıl v.b.) GPR ve EM yöntemleri ile tespiti Yalçın, C.Ç. , Topçu, M.İ. , Kurban, Y.C., Belce, E., 2014
- 2) Exploration of Buried Cannons Using Magnetic and GPR Methods in Canakkale, Turkey A. Buyuksarac, C.C. Yalciner, Y.C. KURBAN, M.I. Topcu, B. Sayilir, 7th Congress of the BALKAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 2013
- 3) 1943 Tosya - Ladik Depreminin yüzey kırığı üzerinde krip hareketlerine ilişkin gözlemler Esra TUNÇEL , Erhan ALTUNEL , Sevgi ALTINOK , Volkan KARABACAK , Kazım BAŞKAYA , C. Çağlar YALÇINER , Yunus Can KURBAN , M. İkbāl TOPÇU, 17. Aktif Tektonik Araştırma Grubu Çalıştayı, 2013
- 4) Determining the Evolution of Fissure-ridge Travertine with GPR Method, A Case Study in Pamukkale, Western Turkey C.C. Yalciner, E. Altunel, Y.C. Kurban, M.I. Topcu, A. Buyuksarac, 7th Congress of the BALKAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 2013
- 5) Aktif Tektonik Çalışmalarında GPR Yönteminin Şehiriçi Uygulamaları: Eskişehir Fayı Örneği Y. C. Kurban, M. İ. Topçu, C. Ç. Yalçın, E. Altunel, S. Altınok, E. Tuncel, 2014

İLETİŞİM:

m.ikbaltopcu@gmail.com