

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Sarıkamış İlçesi Kötek Köyü (Karaorgan)-Yakup Baba Tepesi
Seyid Ahmed oğlu Şehit Yakup Baba
Kabir Yerinin Yer Radarı Yöntemi İle Tespiti Çalışması

HAZIRAYANLAR

Prof. Dr. Hakan KARSLI
Dr. Öğr. Üyesi Ali Erden BABACAN
Araştırma Görevlisi Hilal ALEMDAĞ

Ağustos-2021

03 Ağustos 2021-Trabzon

1. GİRİŞ

Erzurum İli Horasan İlçesi Seyyid H.Ahmet Baba ve Seyyid H. Mevlüt Baba Yaşatma, Yardımlaşma ve Kültür Derneği, 02 Ocak 1915 tarihindeki Sarıkamış harekatı (Osmanlı-Rus savaşı) sırasında şehit düşen Şehit Yakup Baba'nın defnedildiği yerin tespitini 15.06.2021 tarih ve 2021/005 sayılı yazısı ile, adı geçen olayın gerçekleştiği Kötek Köyü-Yakup Baba Tepesi'nin bağlı olduğu Sarıkamış Kaymakamlığı'ndan talep etmiştir. Bu talep üzerine Kaymakamlık makamı, Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Rektörlüğü'ne 25.06.2021 tarih ve E-17071414-492-1067 sayılı yazısı ile müracaat etmiştir. Bu müracaatı takiben Rektörlük Makamı konuyu Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na iletmış ve Dekanlık Makamı'nda bu çalışmanın yapılabilmesi için, Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden 02.07.2021 tarih ve E-41863201-929-9568 sayılı yazı ile bir ekibin oluşturulmasını talep etmiştir. Bu talebe karşılık Jeofizik Mühendisliği Bölüm Başkanlığı tarafından aşağıda isimleri yazılan araştırma ekibi 02.07.2021 tarih ve E-73798887-650-9593 sayılı yazı ile Dekanlık Makamı'na bildirilmiştir. Belirlenen proje ekibi, KTÜ Rektörlüğü'nün 16.07.2021 tarih ve E-44710342-903.07.02-15924 sayılı yazısı ile görevlendirilmiştir.

Proje Ekibi

Prof. Dr. Hakan KARSLI
Dr. Öğr. Üyesi Ali Erden BABACAN
Arş. Gör. Hilal ALEMDAĞ

Dernek yetkililerinin aktardığına göre, Şehit Yakup Baba Sarıkamış Harekatında kendi köyünden 60 kişilik bir Milis kuvveti toplayarak 11. Kolordu komutanlığı 33. Tümen'de Yüzbaşı Cevat Bey'in birliğine destek olarak emrinde 3 gün savaştıktan sonra Sarıkamış İlçesine bağlı Kötek Köyü (Karaorgan) sırtlarında (Şimdiki adı Yakup Baba Tepesi) 2 Ocak 1915 tarihinde şehit düştüğü belirtilmektedir. O tarihlerde olaya şahitlik edenlerin silsileli olarak günümüze aktardıkları bilgiler ışığında Şehit Yakup Baba'nın şehit düştüğü alan tahmini olarak bilinmektedir. Bu bilgiler ışığında çevrede yaşayan köylüler tarafından bu alanda sembolik bir kabir yapılmıştır. Ancak, adı geçen dernek yetkilileri bu yerin kesin olmadığını düşündüklerinden, bu alan içerisinde defnedildiği yerin daha güvenle belirlenmesini talep etmiştir. Bu kapsamda, bu teknik rapor, Şehit olan Şehit Yakup Baba'nın defnedildiği yerin tespiti için, Jeofizik Mühendisliği yöntemlerinden Yer Radarı (GPR) ölçüm çalışmasını içermektedir. Ölçüm için araziye ulaşım 15 Temmuz 2021'de sağlanmış, ön etütler ve ölçüm hatların yerleri belirlenmiş ve bu hatlarda 16 Temmuz 2021 tarihinde Yer Radarı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

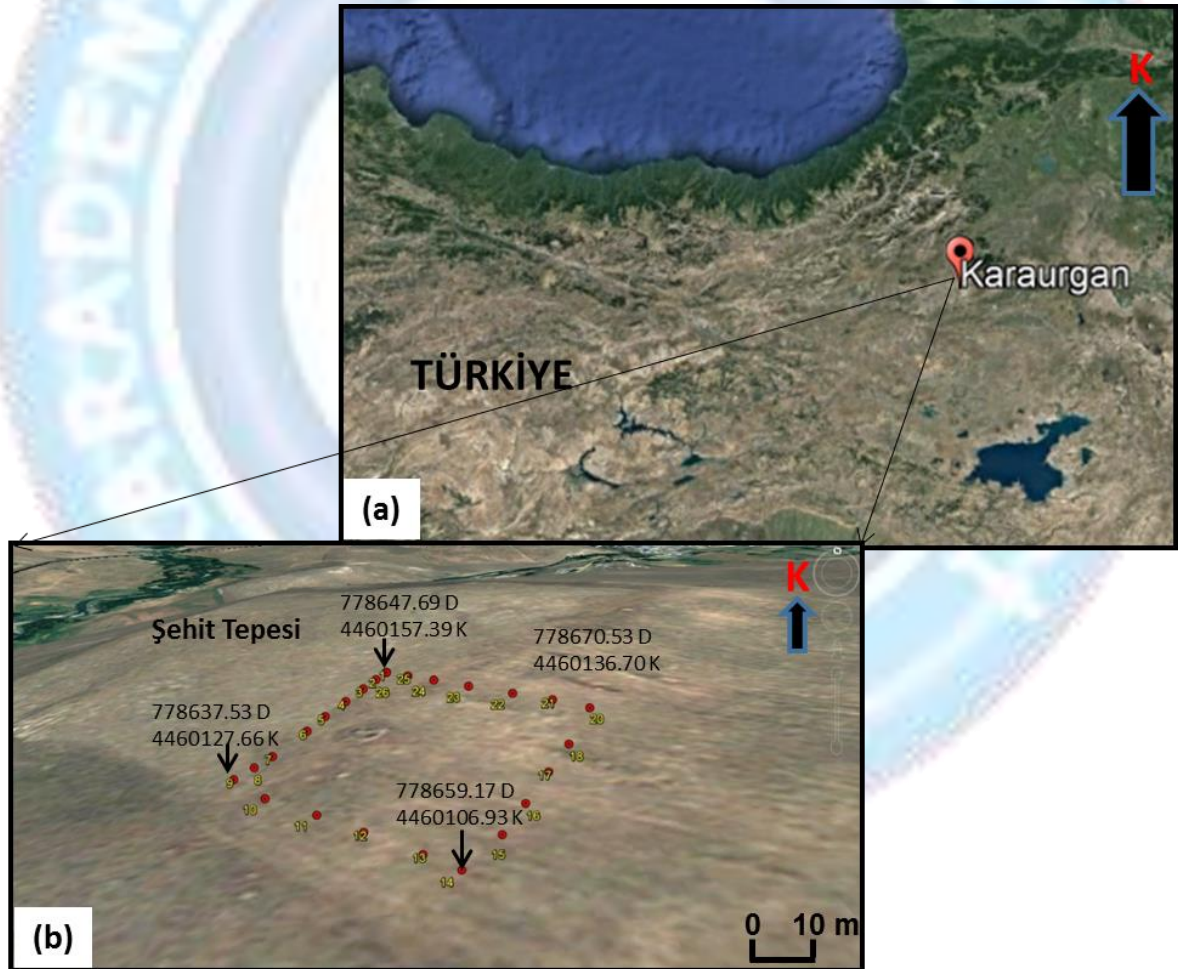
2. ÇALIŞMA ALANI

Araştırmaya konu alan, Kars İli, Sarıkamış İlçesi, Kötek Köyü'nde (Karaorgan'da) Yakup Baba Tepesi olarak isimlendirilen tepedeki düzlükte yer almaktadır. Çalışma alanının konumunun Google görüntüsü Şekil 1a'da verilmiştir. Alana Erzurum İli Horasan İlçesi ile Sarıkamış İlçesi arasındaki bağlantı yolundan ulaşım sağlanmıştır. Çalışma alanının deniz seviyesinden yüksekliği ~1912 m'dir. Talebi gerçekleştiren

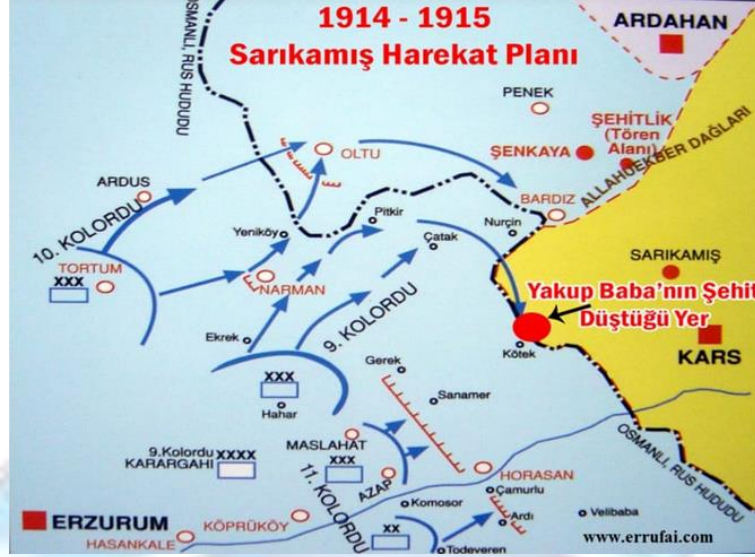
Dernek yetkilileri tarafından verilen bilgilere göre, Şehit Yakup Baba'nın şehit düştüğü ve defnedildiği yerin tespiti için ölçüm yapılacak alanın sınırları hassas koordinat okuyucu (D-GPS) ile belirlenmiştir (Şekil 1b). Ayrıca dernek tarafından tarihi belgelere ve savaşa katılmış olanların anlattıklarına göre hazırlattığı 1915 yılındaki Sarıkamış Harekatinin savaş planlarını gösterir kroki Şekil 2'de sunulmuştur.

Çalışma alanı genel olarak düzgün yüzeyli olup, alanın önemli bir kısmı tarımsal amaçlar için kullanılmaktadır. Her ne kadar alanda küçük kırıntı kaya parçaları bulunsa da, GPR ölçüsü almayı zorlaştıracı bir engel teşkil etmemiştir.

Çalışma alanının yüzeyi genel olarak otlarla kaplı olup, temel kayası bazaltlardan/andezitlerden oluşmaktadır. Ana kaya, ayrışma ürünü kil malzeme ile örtülüdür. Yer yer 10x15cm ve daha küçük ebatlarda kırıntı kayalar alan içinde görülmüştür. 14 Temmuz 2021 günü yağın yağmur yüzeydeki toprak malzemenin ıslanmasına neden olmuştur. Ancak bu yüzey ıslaklığı 15 ve 16 Temmuz günleri havanın ısınması ile etkisini azaltmıştır.



Şekil 1. Çalışmanın yapıldığı alanın (a) Google görüntüsü (Son görüntü 16.09.2010 tarihli) ve (b) ölçüm alanı sınırları. Çalışma alanının köşe koordinatları UTM cinsinden verilmiştir.



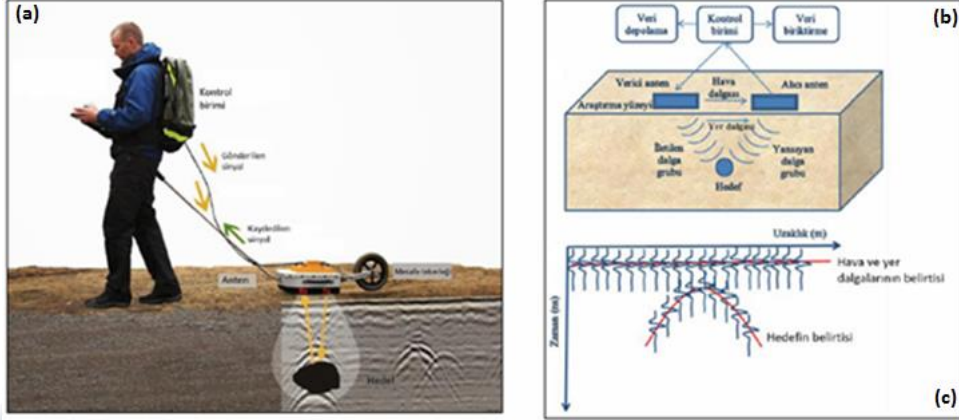
Şekil 2. Sarıkamış Harekatı planının krokisi ve şehitlik alanı (Dernek tarafından sağlandı).

3. YER RADARI YÖNTEMİ

Yer Radarı (GPR), araştırılan yüzeyin sığ derinliklerini yüksek çözünürlükte görüntüleyen elektromanyetik dalga yayılımını kullanan bir jeofizik yöntemdir. Bu yöntemde bir kaynak tarafından, araştırılan ortama gönderilen ve zaman içinde değişen yüksek frekanslı elektromanyetik alanlar kullanılarak incelemeler yapılmaktadır. Bir verici antenle yeraltına gönderilen yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların bir kısmı, yeraltında farklı dielektrik özelliklere (ϵ ; geçirgenlik (permittivite), σ ; iletkenlik, μ ; manyetik geçirgenlik) sahip yüzeylerden yansırken, diğer kısmı da daha derin ortamlara ilerler. Yeraltı nesnelerinden yansıyan sinyaller bir alıcı anten ile (Şekil 3a ve b) kontrol biriminde biriktirilir ve çift yol (gidiş-geliş) seyahat zamanı olarak nanosaniye cinsinden sunulur (Şekil 3c) (Davis ve Annan, 1989).

Yer Radarı ile ilk araştırma 1929 yılında Alman Jeofizikçi W. Stern tarafından buzul kalınlığının belirlenmesi amacı ile uygulanmış olup, yöntemin yaygınlığı 1980'li yılların ortalarında ilk sayısal yer radarı sisteminin (Sensors & Software) kullanılması ile artmıştır. 1989'lı yıllarda yöntemin uygulama alanları genişletilmiş, zayıf ve güçlü yanları belirlenmiştir (Annan, 2003). Bu sistemin en belirgin özellikleri; yüksek performansının yanında, etki (penetrasyon) derinliği, veri işlemeye uygun sayısal veri üretebilmesi ve hızlı ölçüm alabilme kabiliyetidir (Moorman, 2001). Yöntem boşluk araştırmaları (Zhou ve Sato, 2004), arkeolojik uygulamalar (Conyers ve Cameron, 1998; Vafidis vd., 2005; Doolittle ve Bellantoni, 2010), adli bilimler ve gömülü mezar yeri aranması (Benav vd., 1991; Buck, 2003; Ruffell vd., 2009; Damatia vd., 2013; Büyüksaraç vd., 2013; Adamita vd., 2015), sedimantoloji (Neal, 2004; Seren ve Açıkgöz, 2012), zeminin su içeriğinin belirlenmesi (Huisman, vd., 2003, Turesson, 2006), jeomorfolojik araştırmalar (Sass ve Wollny, 2001), buzul araştırmaları (Degenhardt ve Giardino, 2003) ve alt yapı çalışmaları (Seyfried vd., 2014) gibi jeofiziğin sığ araştırmalarında yaygın ve başarılı olarak kullanılmaktadır.

Alet ve yazılım teknolojisindeki hızlı gelişimi takip eden son yıllarda yer radarı yöntemini uygulayanlar; veri toplama, veri işleme ve veri analizinde çok daha başarılı sonuçlar ortaya koymuşlardır. Ayrıca yer radarı verileri gelişen bu teknoloji sayesinde 3 boyutlu olarak da görüntülenebilmektedir.



Şekil 3. (a) Yer radarı yönteminde veri toplama sistemi (URL-1), (b) yer radarı yönteminin işleyişi, (c) radargram (2B GPR kesit) örneği.

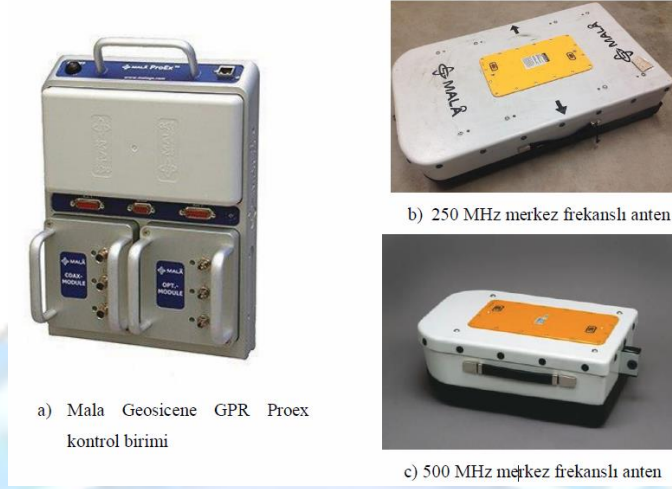
Yöntemde kullanılan antenlerin merkez frekansları 10 MHz ile birkaç GHz arasında değişmektedir. Kaydedilen sinyallerin ölçü hattı boyunca iz aralığına göre yan yana konularak elde edilen kesit “radargram veya 2B GPR kesiti” olarak adlandırılır. GPR sinyalleri kuru kum, granit ya da mermer gibi iletkenliği düşük malzemelerde veya ortamlarda yaklaşık 50-60 m derinliklere kadar ulaşabilmektedir. Islak kil, şeyl ve diğer yüksek iletkenlikli malzemeler GPR sinyallerini soğurmakta ve dolayısıyla bu sinyalin ulaşabileceği derinliği (nüfuz derinliği) sınırlandırmaktadır. Düşük frekanslı (≤ 200 MHz) antenlerle daha derinden yansımalar alırken, radargramların çözünürlüğü düşük, buna karşılık yüksek frekanslı antenlerle daha sıgdan ve daha yüksek çözünürlüklü yansımalar kaydedilmektedir (Davis ve Annan, 1989; Daniels, 1996; Annan, 2003).

4. VERİ TOPLAMA ve İŞLEME

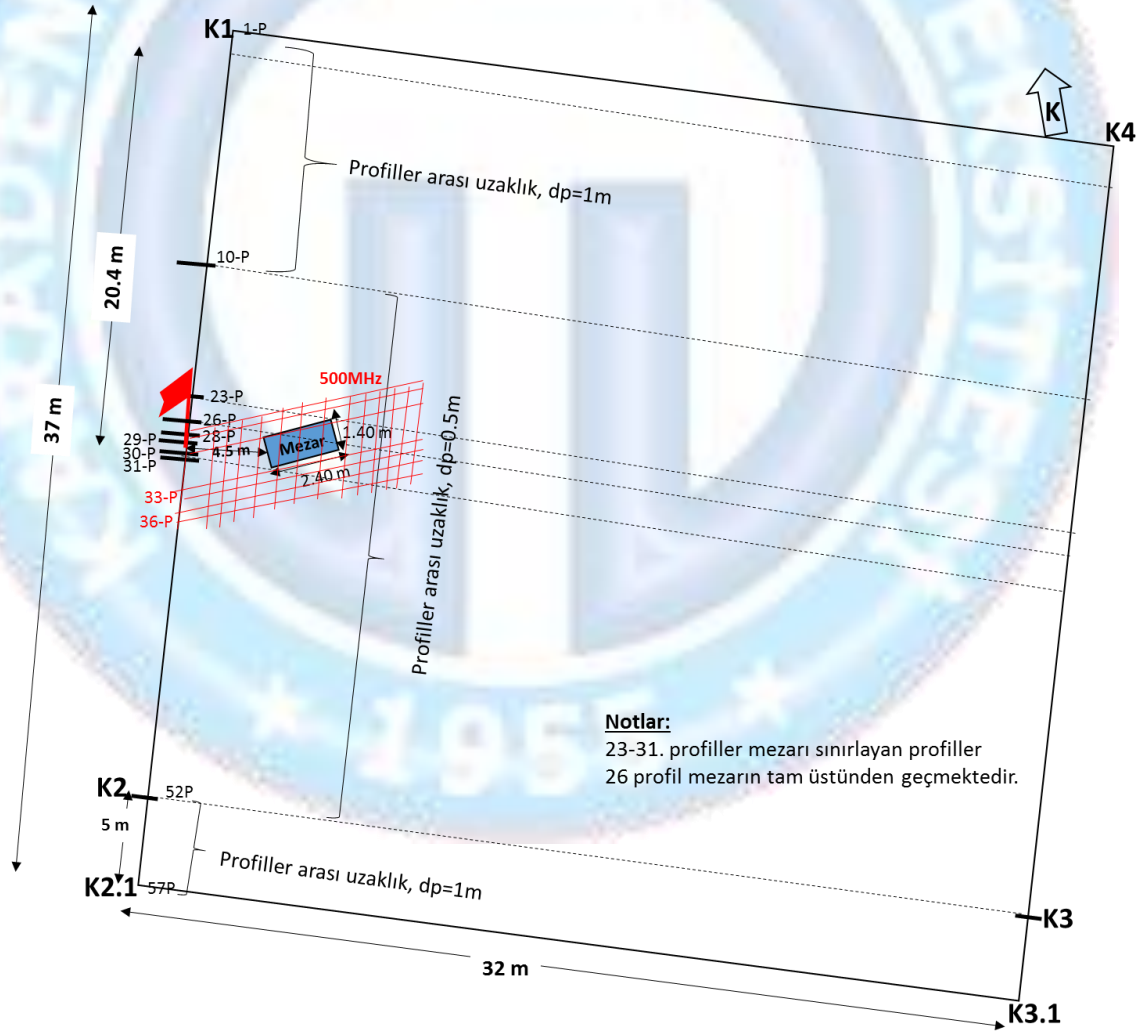
GPR ölçülerinde Mala Geosicene Proex kontrol birimi ile 250 ve 500 MHz merkez frekanslı korumalı antenler kullanılmıştır (Şekil 4 a-c). Arkeolojik alanlarda ve gömülü mezar yeri tespiti için sıgdan derine doğru farklı boyutlu ve derinlikteki olası belirtileri (kalıntı, metal, ceset, vb.) belirleyebilmek için bu iki anten tercih edilmiştir. Şekil 1b'ye göre, kuzeybatı-güneydoğu (KB-GD) yönlü yaklaşık 32m'lik birbirine paralel 57 profilde 250 MHz'li antenle veri toplanmıştır. Bu ölçümlerden sonra, alan daraltılarak güneybatı-kuzeydoğu (GB-KD) yönlü 7 adet 11m'lik ve bu profillere dik yaklaşık kuzey-güney (K-G) yönlü 13 adet profilde 500 MHz antenle GPR verisi toplanmıştır. Ölçüm profilleri Şekil 5'de gösterilmiştir. K1, K2, K2.1, K3.1, K3 ve K4 noktaları ölçüm alanının saatin dönme yönüne ters olarak belirlenmiş olan köşe noktalarını göstermektedir.

GPR verileri 250 MHz anten kullanımında, ilk 10 ve son 5 profil (52-57. profiller arası) arası 1.0 m, diğer profiller (10-52. profiller arası) 0.5 m olacak şekilde, bununla birlikte

500 MHz anten kullanılarak toplanan verilerde, yatay profiller 0.5m aralıklı, bunlara dik profiller ise 1.0m aralıklı toplanmıştır.



Şekil 4. Ölçümlerde kullanılan (a) kontrol birimi, (b) 250 MHz ve (c) 500 MHz antenler.



Şekil 5. $32 \times 37 m^2$ alanda 250 MHz (siyah çizgiler) ve $11 \times 5.5 m^2$ alanda 500 MHz (kırmızı renkli) antenlerle toplanan ölçüm profilleri. Şekilde mezar olarak belirtilen yer, Şehit Yakup Baba'ya ait sembolik mezardır.

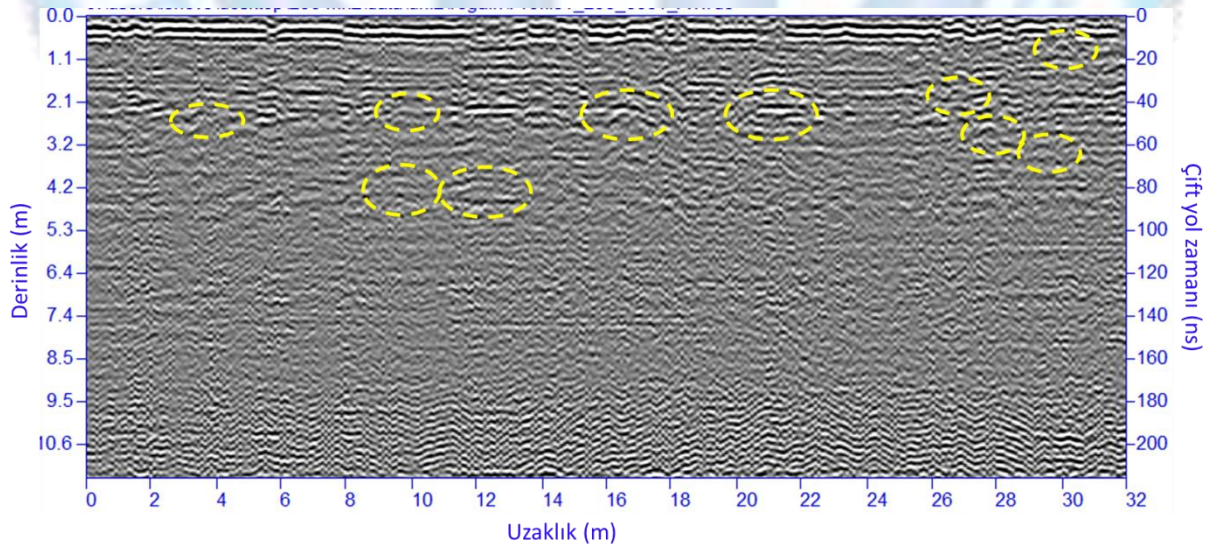
GPR verilerinin yorumlanabilmesi için bir dizi işlemden geçirilmiştir. Bu işlemler sırasıyla aşağıda verilmiştir.

1. Dewow (Düşük frekanslı bileşenin giderilmesi)
2. Kazanç (Gain; verideki genlik dengesinin sağlanması, geç zamanlardaki genliklerin güçlendirilmesi)
3. Background removal (Ringing etkisinin giderilmesi)
4. Bant geçişli süzgeç (Çok düşük ve çok yüksek frekanslı gürültülerin süzgeçlenmesi-Kesme frekans değerleri 250 MHz anten verileri için 88-340 MHz ve 500 MHz anten frekanslı veriler için ise 140-650 MHz olarak kullanılmıştır)
5. Statik düzeltme (Move time, ölçüm sistemindeki artık zamanın giderilmesi)
6. Spektral beyazlatma (whitening, kullanışlı spektral bant içindeki genlikleri eş seviyede dengeleme)

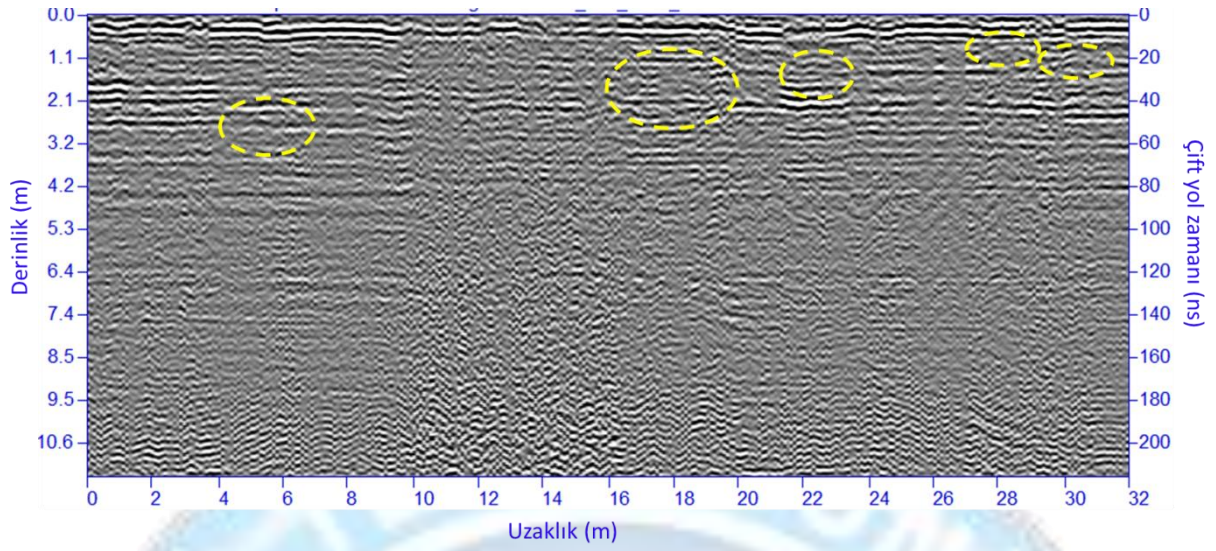
7. BULGULAR

Veri işleminden elde edilen 2B GPR kesitleri üzerinde güçlü yansıma hiperbollerini gözönüne alınarak muhtemel belirtiler işaretlenmiştir (Şekil 6-23). Her bir kesit bağımsız olarak değerlendirildikten sonra, kesitler birleştirilerek yorumlanmış ve muhtemel belirtilerin işaretlendiği 3 boyutlu (3B) görseller hazırlanmıştır. 250 ve 500 MHz antenlerle elde edilen verilerden üretilen 3B'lu GPR kesitlerinin görselleri sırasıyla Şekil 24 ve 25'de sunulmuştur.

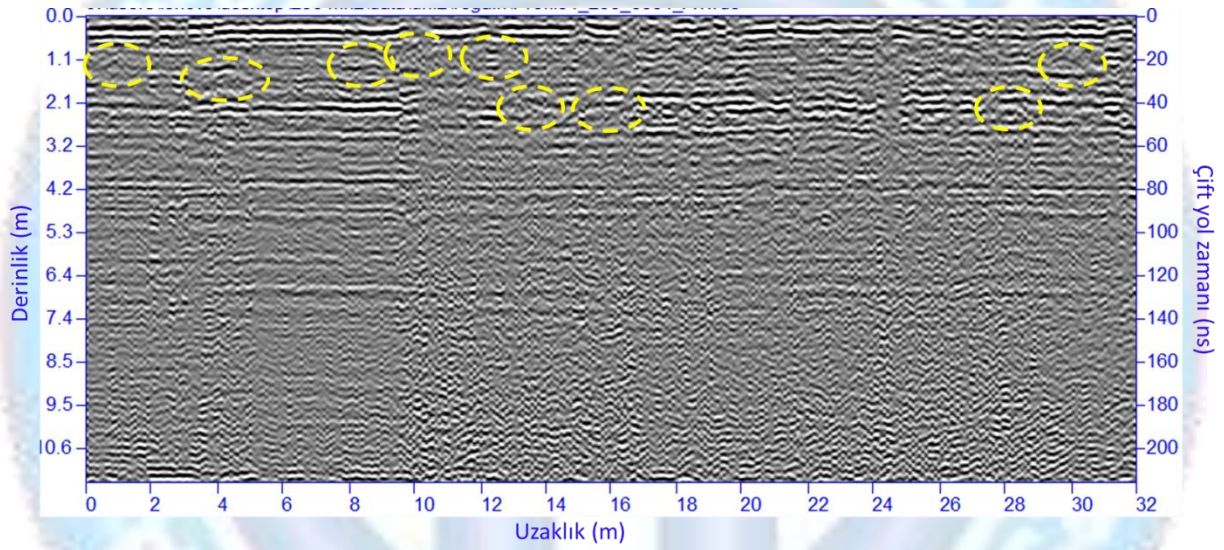
***500 MHz antenlerle K-G yönlü (dik) profil ölçümlerinin GPR kesitlerinin uzaklık eksenini 3B'lu birleştirme amaçlı olarak sağ taraftan başladığına dikkat edilmelidir.



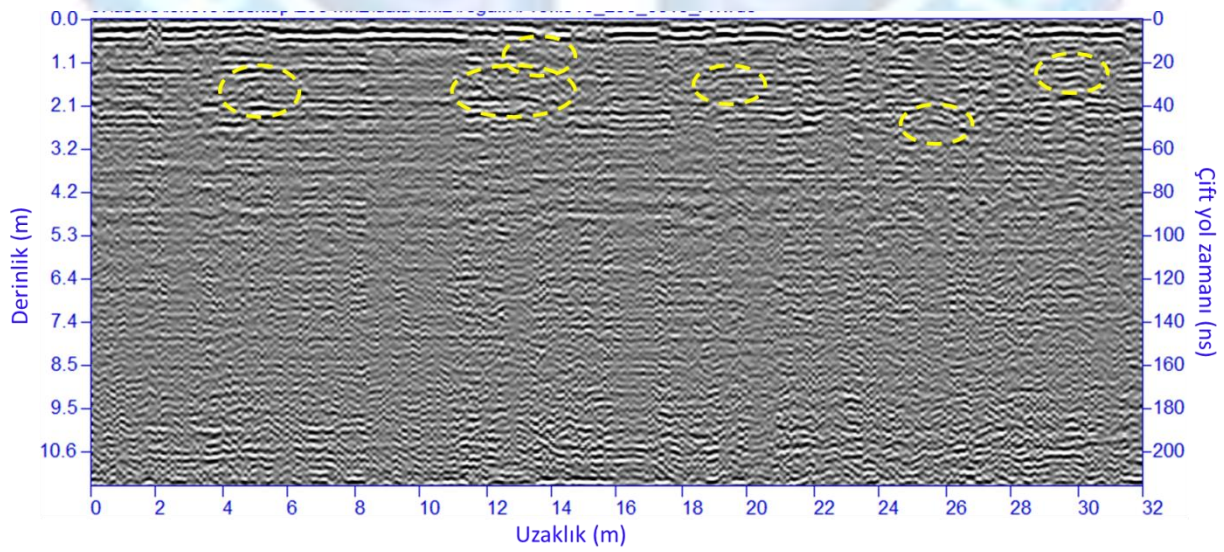
Şekil 6. 250 MHz frekanslı antenle 1.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



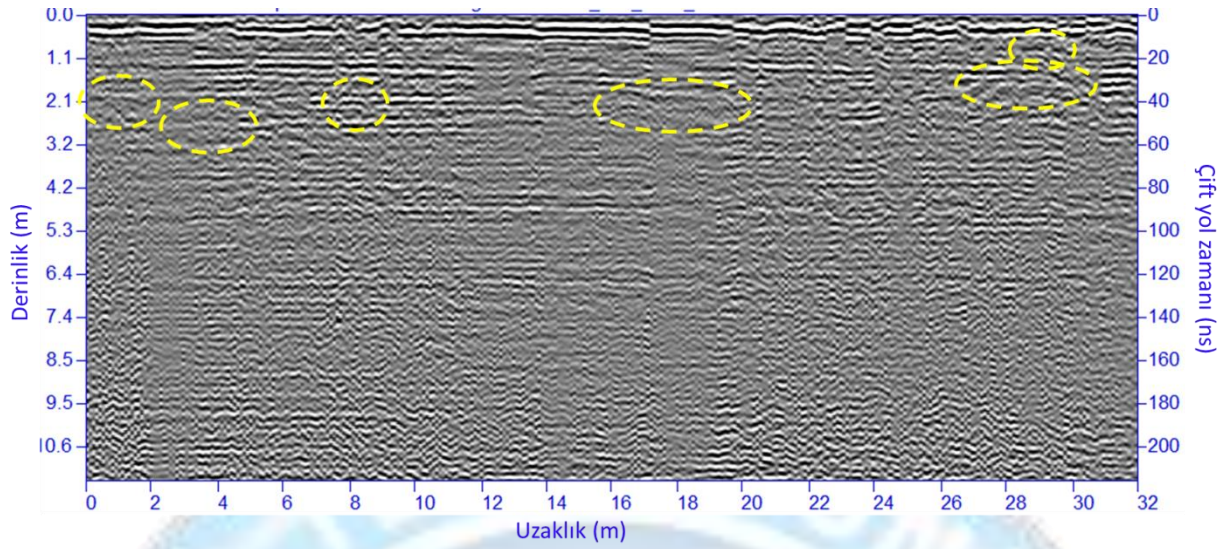
Şekil 7. 250 MHz frekanslı antenle 2.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



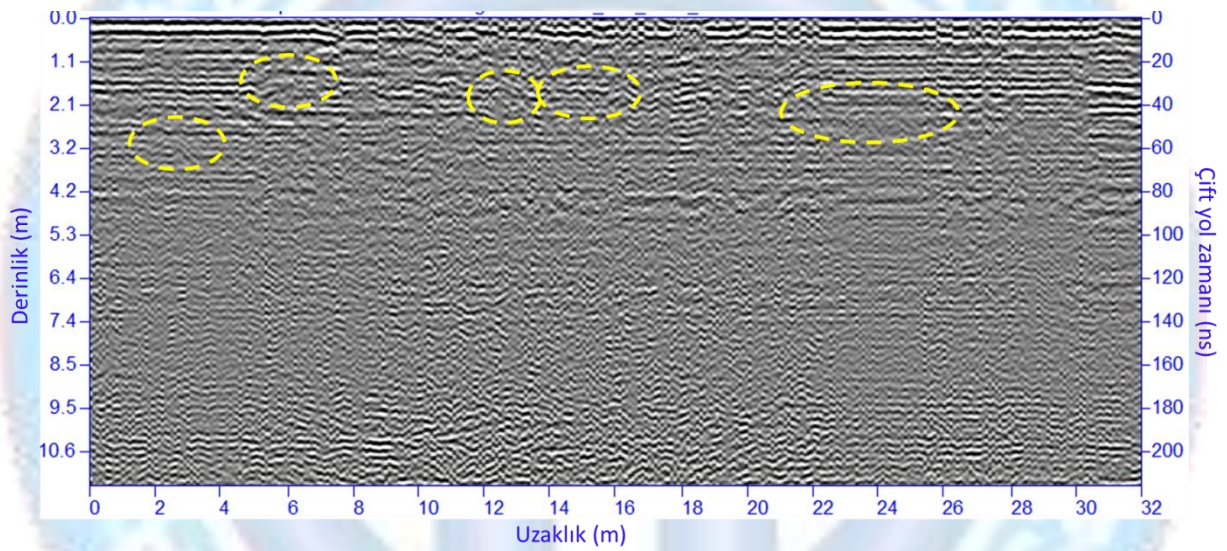
Şekil 8. 250 MHz frekanslı antenle 4.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



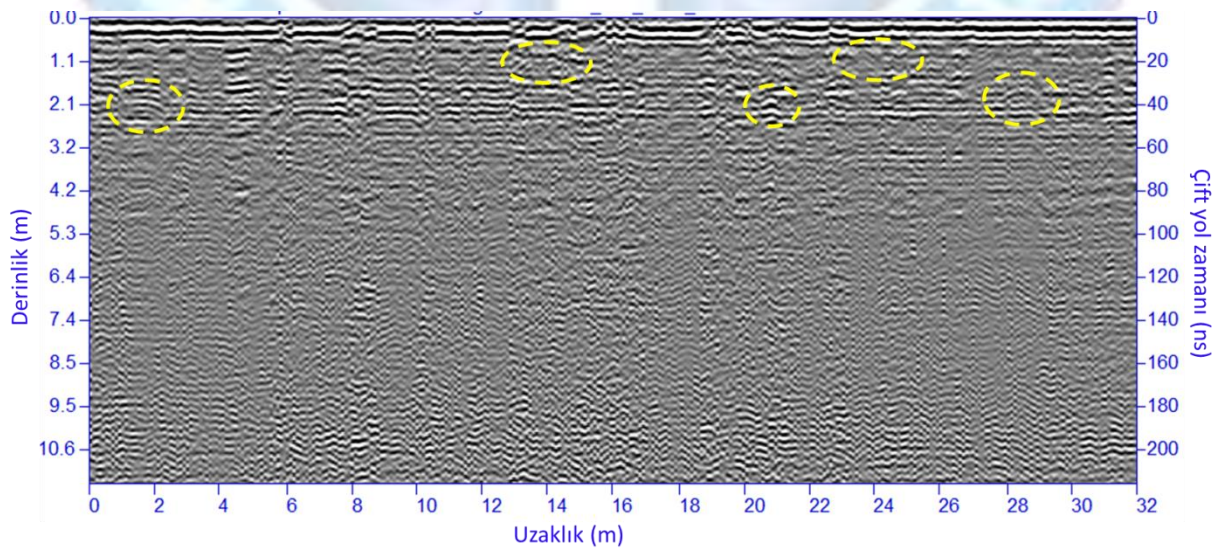
Şekil 9. 250 MHz frekanslı antenle 15.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



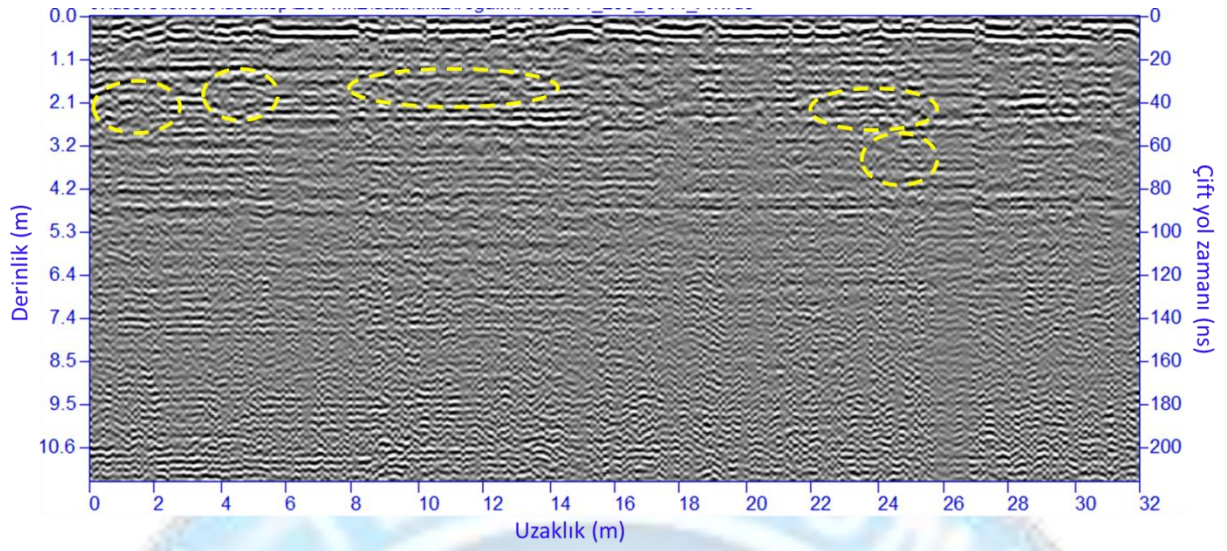
Şekil 10. 250 MHz frekanslı antenle 16.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



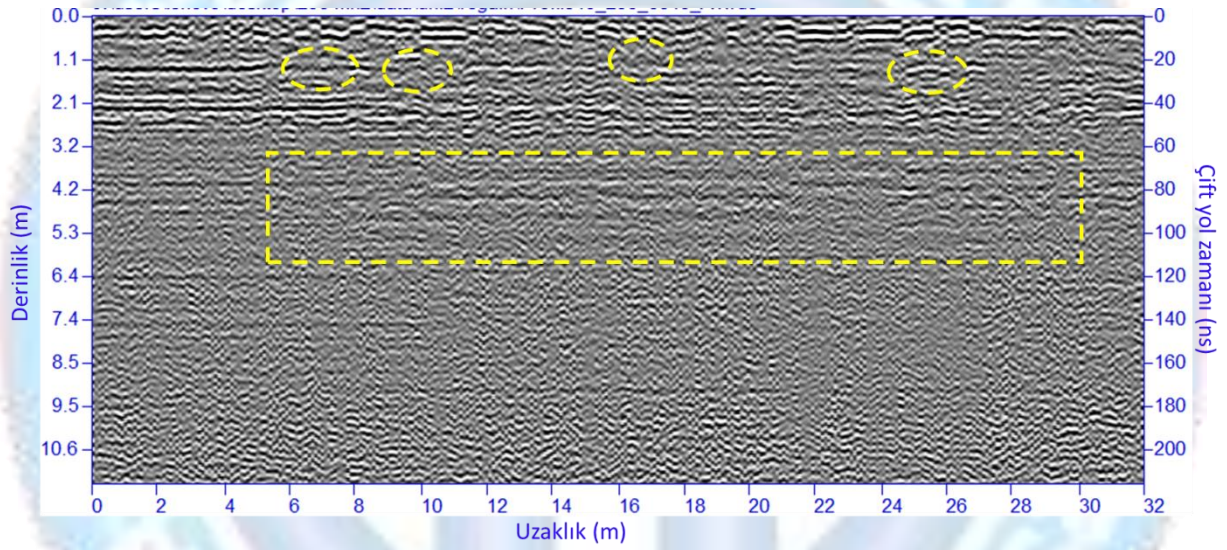
Şekil 11. 250 MHz frekanslı antenle 38.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



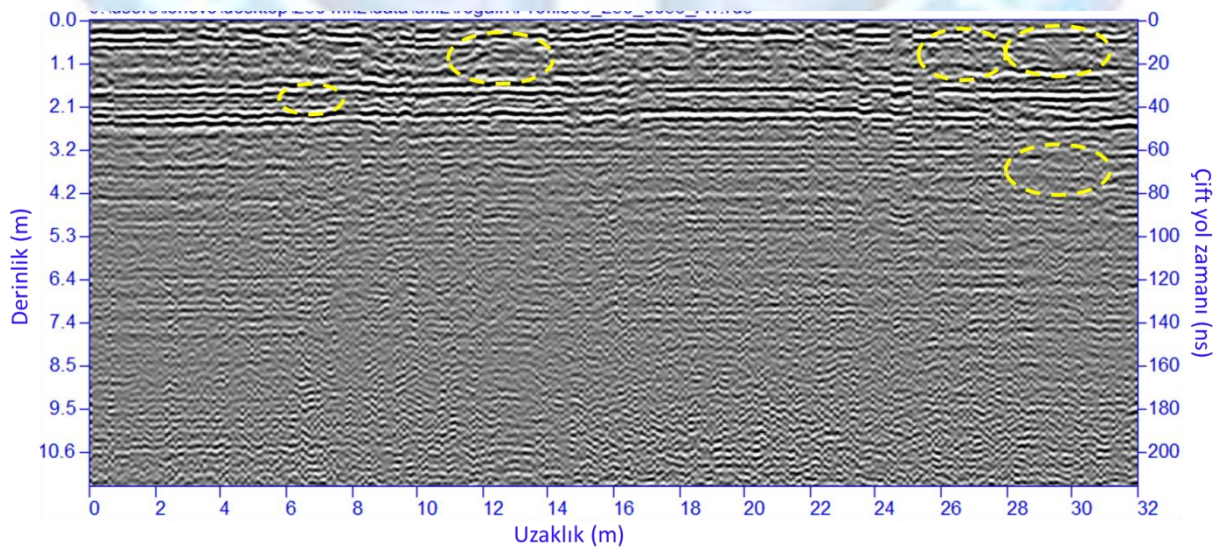
Şekil 12. 250 MHz frekanslı antenle 41.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



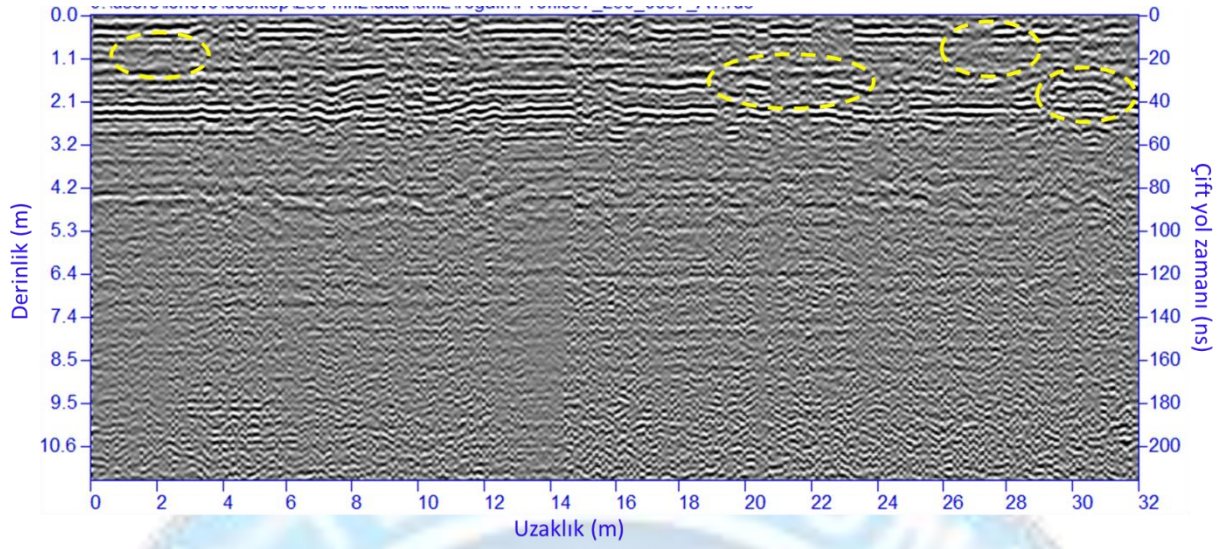
Şekil 13. 250 MHz frekanslı antenle 44.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



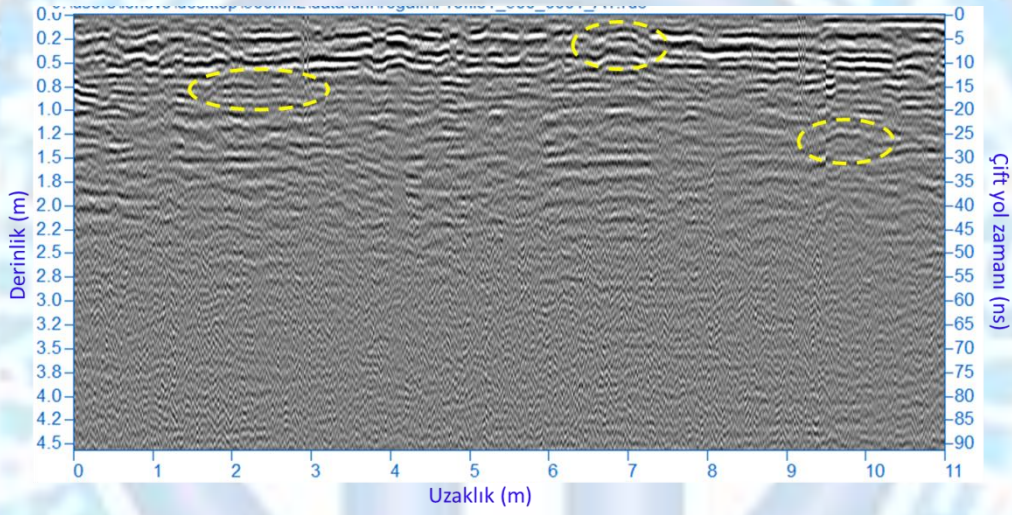
Şekil 14. 250 MHz frekanslı antenle 46.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



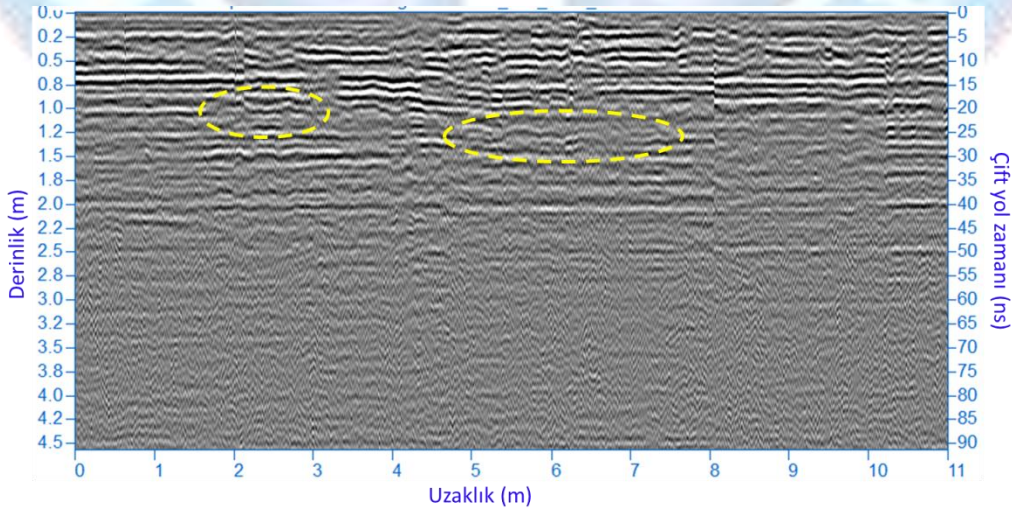
Şekil 15. 250 MHz frekanslı antenle 53.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



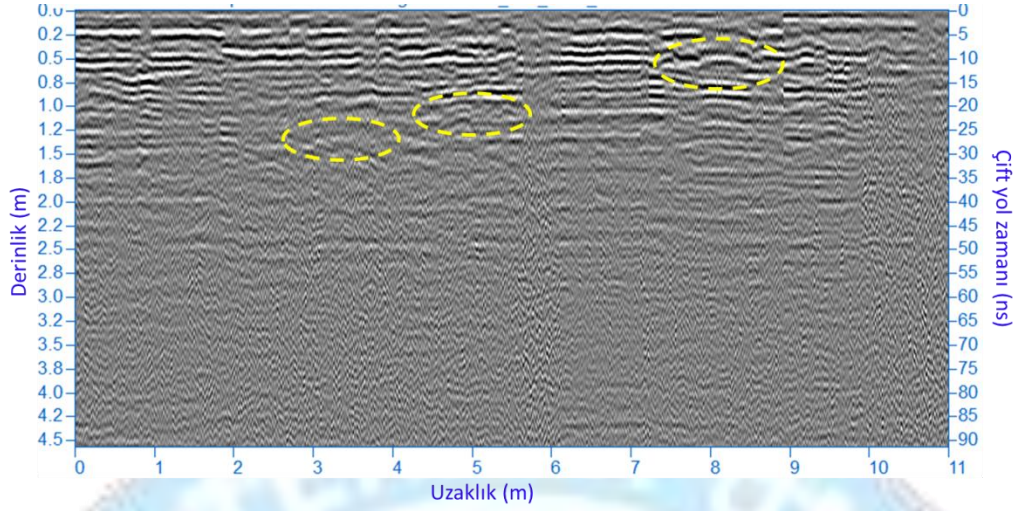
Şekil 16. 250 MHz frekanslı antenle 57.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



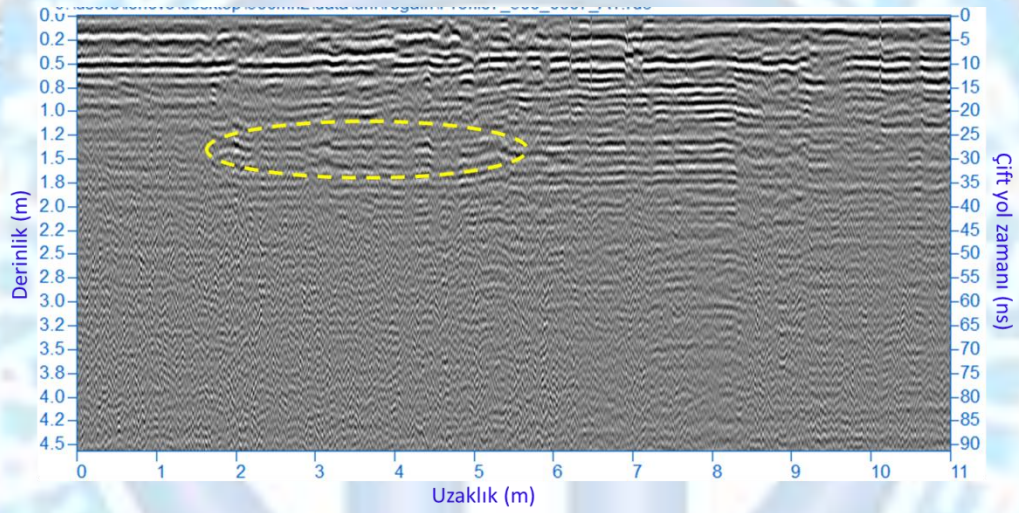
Şekil 17. 500 MHz frekanslı antenle GB-KD yönlü (paralel) 1.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



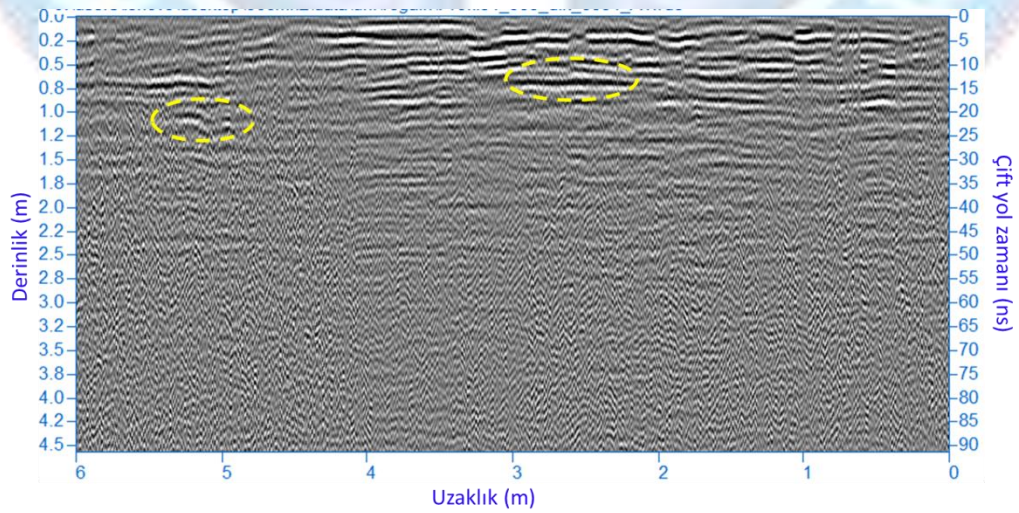
Şekil 18. 500 MHz frekanslı antenle GB-KD yönlü (paralel) 4.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



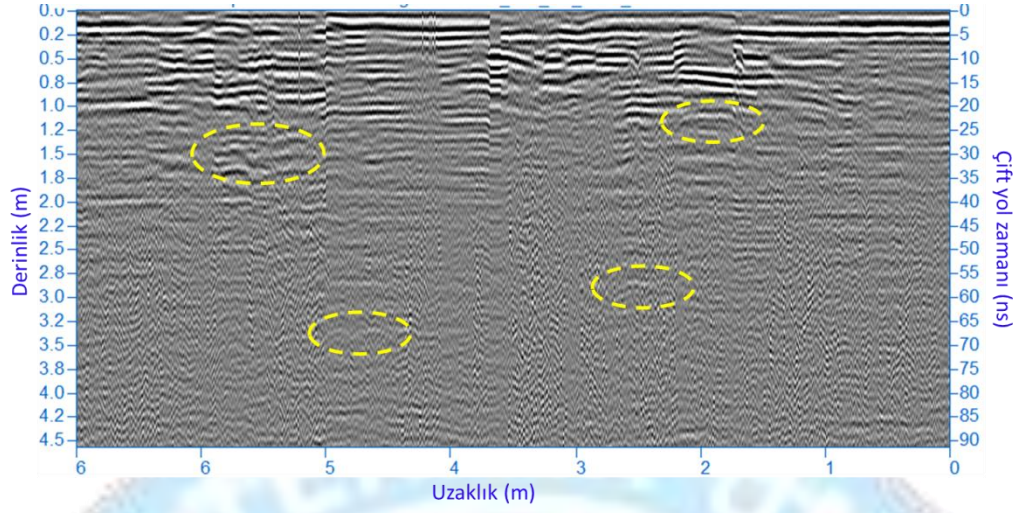
Şekil 19. 500 MHz frekanslı antenle GB-KD yönlü (paralel) 5.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



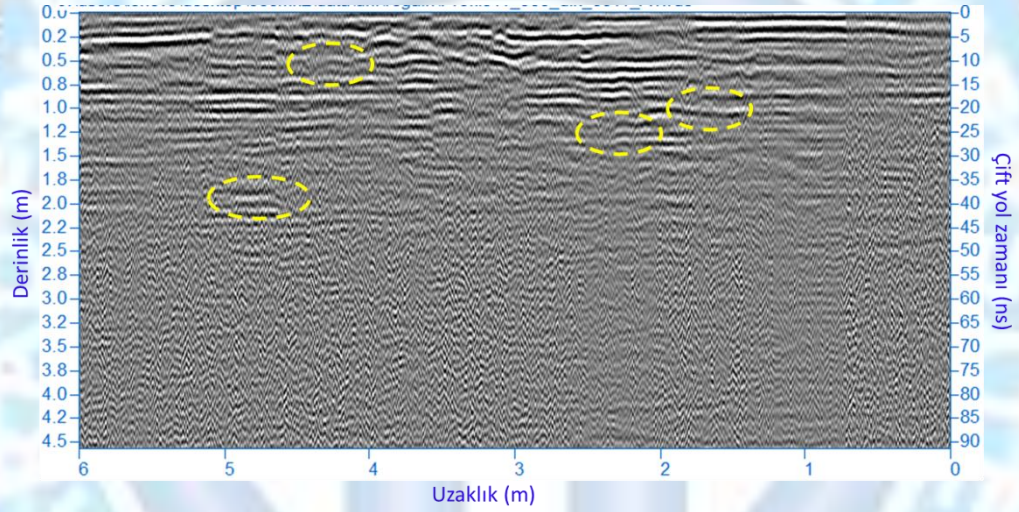
Şekil 20. 500 MHz frekanslı antenle GB-KD yönlü (paralel) 7.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



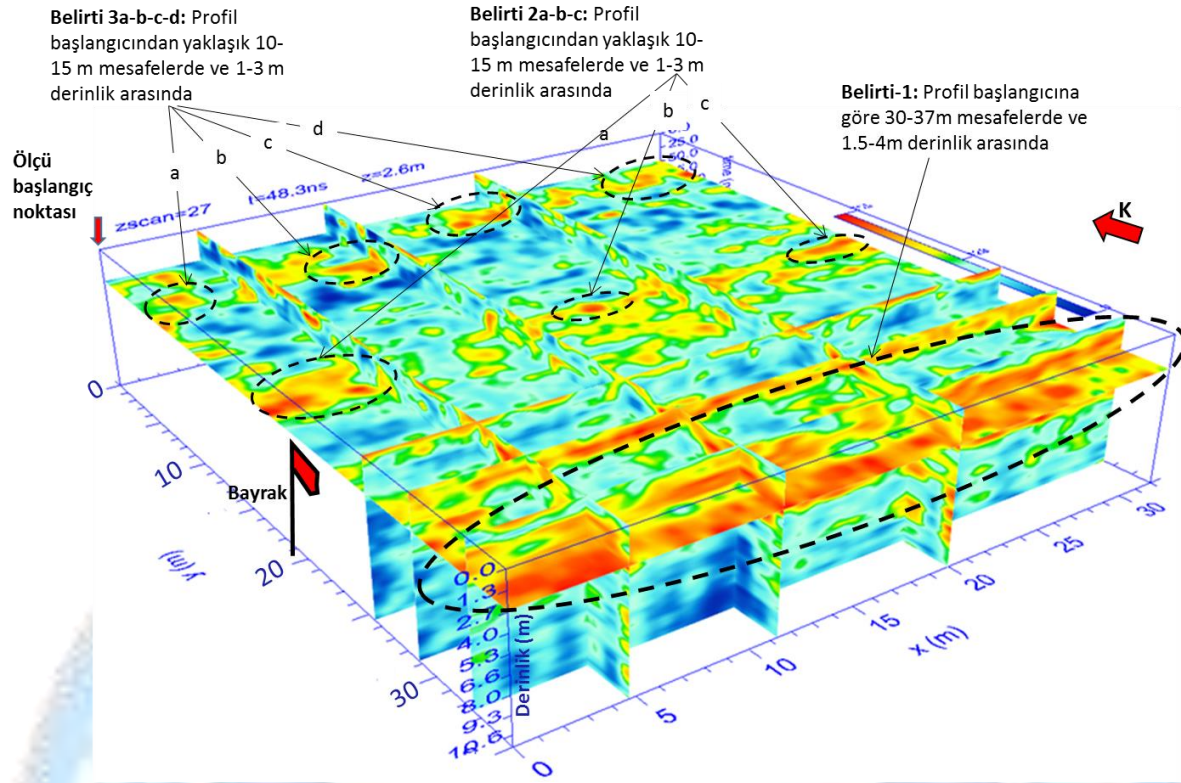
Şekil 21. 500 MHz frekanslı antenle K-G yönlü (dik) 4.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



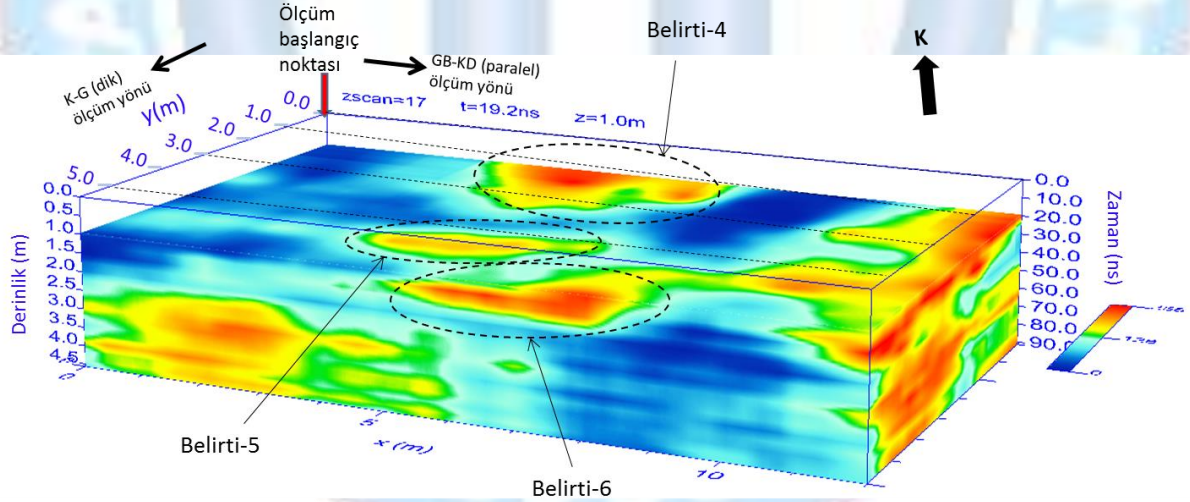
Şekil 22. 500 MHz frekanslı antenle K-G yönlü (dik) 6.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



Şekil 23. 500 MHz frekanslı antenle K-G yönlü (dik) 11.profilinden elde edilen yorumlanmış GPR kesiti.



Şekil 24. 250 MHz antenle elde edilen 57 adet 2B'lu GPR kesitinin birleştirilmesi ile elde edilen 3B'lu GPR görüntüsü. Belirtilerin yüzeyden derine doğru devamını görmek için, 3B'lu görüntüye $z=2.6$ m derinlik seviyesinde üstten ve yandan bakış.



Şekil 25. 500 MHz antenle elde edilen 7 adet dik ve 13 adet paralel 2B'lu GPR kesitinin birleştirilmesi ile elde edilen 3B'lu GPR görüntüsü. Belirtilerin yüzeyden derine doğru devamını görmek için, 3B'lu görüntüye $z=1.0$ m derinlik seviyesinde üstten ve yandan bakış.

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bulgular bölümünde sunulan GPR kesitleri üzerinde işaretlenen muhtemel belirtilerin (anomalilerin) açıklamaları bu bölümde sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Belirti 1: Elips ile yaklaşık sınırları çizilen (siyah kesikli çizgi) yüksek genlikli alan, önemli bir belirti olarak değerlendirilmiştir. Ortamın jeolojik ve alanın tarihsel süreci dikkate alındığında bu belirtilerin ana kayaya, yada insan yapımı örtülü katı/yoğun bir unsuru işaret ettiği düşünülmektedir. Dolayısıyla, yaklaşık 1.5-4 m derinlik aralığında görülen bu belirtinin kazı yapılarak teyit edilmesi önerilmektedir. Bu kazı işlemi, arazinin x-yönündeki kot farklılığı dikkat alındığında, $x=0$ m'de yaklaşık 1.5 m ile başlayıp yaklaşık 4.0 m'ye kadar derinleştirilebilir.

Belirti 2a-b-c: Bu üç yüksek genlikli belirtiler bir hat üzerinde görülüyor olması önemli görülmüştür. Belirti 1'de olduğu gibi alanın tarihsel jeolojik ve tarihsel süreci dikkate alındığında, bu belirtilerin gömülü blok kayalardan veya herhangi doğal olmayan unsurlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Belirtilerin olduğu yerlerde kazı yapılarak teyit edilmesi önerilmektedir.

Belirti 3a-b-c-d: Görülen belirtiler GPR kesitleri üzerinde ortalama 1.5-3.0 m derinlik aralığında oldukça açık şekilde tanımlanan hiperbolik yansımalarla ilişkilidir. Belirtilerin bir hat üzerinde sıralanmış olmaları araştırma problemine (diğer mezar yerleri olabilir) yönelik olarak anlam taşıdığı düşünülmektedir.

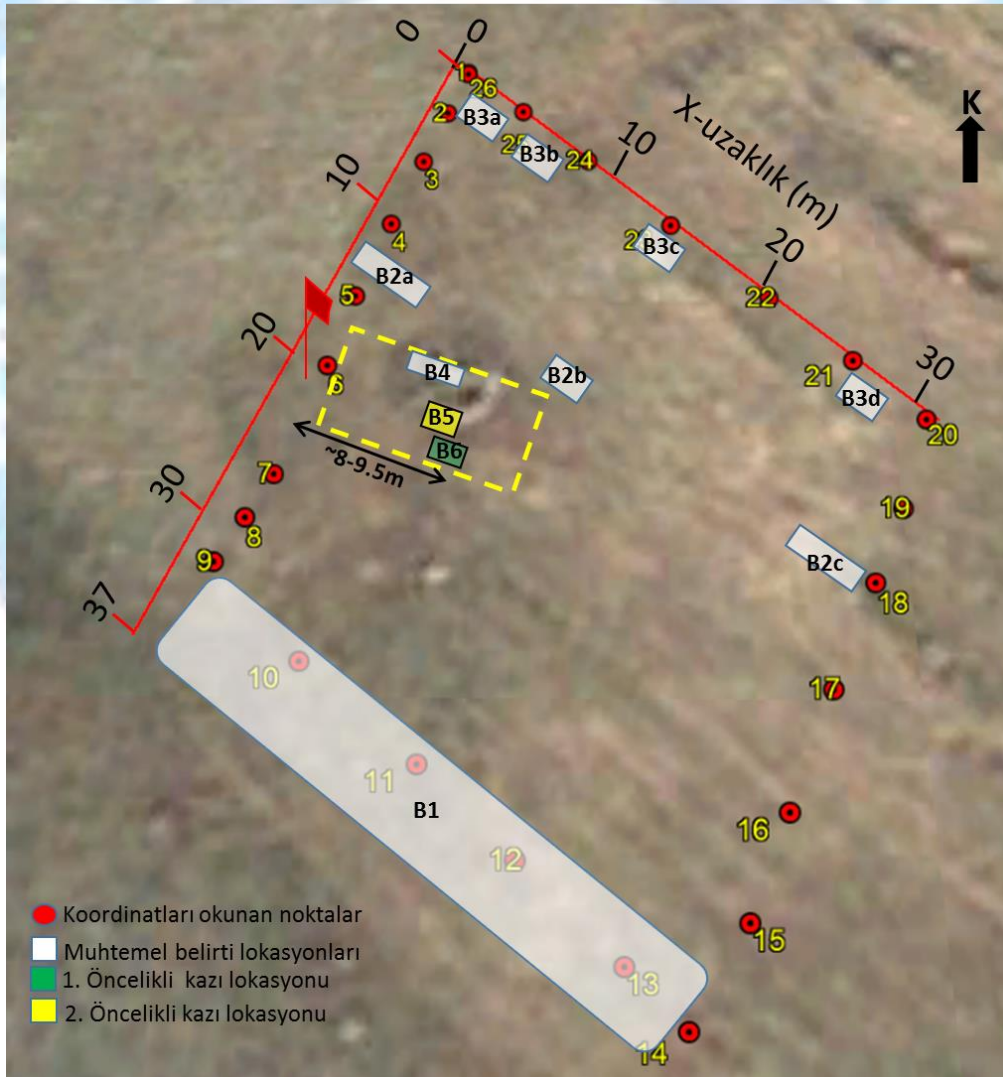
Belirti 4-5-6: Elips ile yaklaşık sınırları çizilen (siyah kesikli çizgi) yüksek genlikli alanlar (Belirti 4, 5 ve 6) önemli bir belirtiler olarak değerlendirilmiştir. 500 MHz'li anten verilerinden elde edilen hem yatay hem de dik profil GPR kesitleri bağımsız olarak değerlendirildiğinde, gözlenen hiperbolik belirtilerin genel olarak bir ölüye ait iskelet sisteminden kaynaklı olabileceği öngörülmüştür. Bu nedenle, özellikle profil başlangıcı ($y=0$ m) ile sonu ($y=5.5$ m) arasındaki kot farklılığı (~ 1.0 m) dikkate alındığında 5 ve 6 nolu belirtilerin derinlik lokasyonları (1.5-2.5 m'ler arası) ve x-yönündeki uzanımları (tahmini kible yönü) oldukça anlamlı bilgiler taşıdığı düşünülmüştür. Dernek yetkililerinin de ön araştırmalarından aktardıkları bilgiler ışığında, Şehit Yakup Baba'nın defnedildiği lokasyonla Belirti 5 ve 6'nın lokasyonları oldukça uyumluluk göstermektedir. ***Dolayısıyla bu iki lokasyonun (Belirti 5 ve 6) mutlaka kazı ile teyit edilmesi önerilmektedir.***

Not: Şekil 14'de verilen 250 MHz'e ait 46. profilden elde edilen 2B GPR kesiti üzerindeki başlangıçtan ~ 4.5 -30 m uzaklıklar arası ve 3-6 m derinlikte işaretlenen belirtiler (kesikli dikdörtgen çerçeveli bölüm) oldukça dikkat çekicidirler. Ancak topoğrafyada dikkate alındığında bu belirtilerin bulunduğu derinlik seviyesi hedeflenen araştırma konusu ile ilişkili olmayabilir. Sonraki dönemlerde arazide yapılması düşünülen araştırma çalışmalarında dikkate alınması önerilir.

Tüm bu değerlendirmeler dikkate alınarak önerilen kazı/teyit planlaması aşağıdaki Şekil 26'da sunulmuştur. Sonuç olarak, Şekil' de görüldüğü üzere, inceleme alanında birçok anlamlı belirtiler tespit edilmiştir. Ancak, hem adı geçen Dernek yetkilileri

tarafından verilen bilgiler, hem de 3B'lu GPR görüntüleri birlikte değerlendirildiğinde araştırmaya konu açısından **B6 nolu belirti en ihtimalli belirti** olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle belirtinin teyit edilmesi için ilk kazı yeri olarak B6 lokasyonu değerlendirilmelidir. B5 ikincil ihtimalli belirti olarak değerlendirilmiş olup, B6 belirtisine oldukça yakın olduğundan, kazı bu lokasyona doğru da genişletilebilir.

Önemli Not: Burada elde edilen bulgular ve yapılan değerlendirmeler GPR kesitlerinde görülen belirtilere bağlı olarak, Dernek yetkililerinin araştırmaya konu hakkında verdikleri bilgiler de gözönüne alınarak yapılmıştır. Tespit edilen belirtiler mutlak bir kesinlik taşımamaktadır. Çünkü GPR kesitlerinde görülen hiperbolik yansımalar, yanal yöndeki değişimler, yansıma sürekliliği kesilmesi gibi nedenler yeraltındaki gömülü farklı unsurlardan da (blok kayalar, metalik nesneler, kayaç kırık ve çatlaklılığı, tabakalanma bozulmaları, nemlilik, heterojenite, vb.) kaynaklanmış olabilir. Bu nedenle elde edilen bulgular, belirtildiği lokasyonlarda mutlaka kazı yapılarak teyit edilmelidir.



Şekil 26. Değerlendirmeler sonucunda arazide belirlenen muhtemel belirti lokasyonları. Kazı öncelik sıralaması lejantta belirtilmiştir.

9. TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılması için verdikleri desteklerden dolayı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü'ne, Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na, Jeofizik Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, ayrıca, arazi çalışmaları sırasında konaklama ve yemek imkanlarını sağlayan Dernek yetkililerine, araziye ulaşımımızı sağlayan KTÜ Şöförlük Biriminden Osman YILMAZ'a ve 3B'lu GPR görüntülerinin hazırlanmasında desteklerinden dolayı Jeofizik Mühendisi Mustafa KİRİCİ'ye teşekkür ederiz.

10. YARARLANILAN KAYNAKLAR

Adamita, I. F., Syaifullah, K., I., Widedo, S. D. H., 2015, Detecting buried human bodies in graveyard with ground-penetrating radar, International Workshop on Gravity, Electrical & Magnetic Methods and Their Applications Chengdu, China. April 19-22, 2015.

Annan A. P., 2003. Ground Penetrating Radar Principles, Procedures& Applications. Mississauga, On, Canada: Sensors& Software Inc.

Bevan, B.W., 1991. The search for graves. Geophysics 56, 1310-1319.

Buck, S.C., 2003. Searching for graves using geophysical technology: field tests with ground penetrating radar, magnetometry, and electrical resistivity. Journal of Forensic Sciences 48, 5-11.

Büyüksaraç, A., Yalçiner, C.Ç., Ekinci, Y.L., Alper, D., Yücel, M. A., 2013, Geophysical investigations at Agadere Cemetery, Gallipoli Peninsular, NW Turkey, Australian Journal of Forensic Sciences, 46:1, 111-123.

Conyers, L. B., ve Cameron, C. M., 1998. Ground-penetrating Radar Technique Sand Three-Dimensional Computer Mapping in the American Southwest. Journal of Field Archaeology, 25, 417-430.

Damatia, B.N., Steinberg, J.M., Bolender, D.J., Zoega, G., 2013. Imaging skeletal remains with ground-penetrating radar: comparative results over two graves from Viking Age and Medieval churchyards on the Stóra-Seyla farm, northern Iceland, Journal of Archaeological Science, 40, 268-278.

Daniels, D.J., 1996. Surface-Penetrating Radar. Electronics& Communication Engineering Journal, 8, 165-182.

Davis J.L. ve Annan A.P., 1989. Ground Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy, Geophysical Prospecting, 37, 531–551.

Degenhardt, J. J., ve Giardino, J. R., 2003. Subsurface Investigation of a Rock Glacier using Ground-Penetrating Radar: Implications for Locating Stored Water on Mars. Journal of Geophysical Research, 108, 8036-8053 .

Doolittle, J.A., Bellantoni, N.F., 2010. The search for graves with ground-penetrating radar in Connecticut. Journal of Archaeological Science 37, 941-949.

Huisman, J. A., Hubbard, S. S., Redman, J. D., ve Annan, A. P., 2003. Measuring Soil Water Content with Ground Penetrating Radar: A review. *Vadose Zone Journal*, 2, 476-491, 64.

Moorman, B. J., 2001. Ground-Penetrating Radar Applications in Paleolimnology. In. M. Last & J. P. Smol, (Eds.). *Tracking Environmental Change using Lake Sediments* (23-47). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Neal, A., 2004. Ground-Penetrating Radar and its use in Sedimentology: Principles, Problems and Progress. *Earth-Science Reviews*, 66, 261-330.

Ruffell, A., McCabe, A., Donnelly, C., Sloan, B., 2009. Location and assessment of an historic (150-160 years old) mass grave using geographic and ground penetrating radar investigation, NW Ireland. *Journal of Forensic Sciences* 54, 382-394.

Sass, O., ve Wollny, K., 2001. Investigations regarding Alp Inetulus Slopes using Ground-Penetrating Radar (GPR) in the Bavarian Alps, Germany. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 1071-1086.

Sensors and Software, 1996. Pulse EKKO100 User's Guide, V1.2, technical manual 25, Canada.

Seren, A. ve Demirkol, A., 2012, Imaging fractures in a massive limestone with ground penetrating radar, Haymana, Turkey, *Scientific Research and Essays*, 7 (40), 3368-3381.

Seyfried D., Jansen R., ve Schoebel J., 2014. Shielded Loaded Bowtie Antenna in Incorporating The Presence of Paving Structure for Improved GPR Pipe Detection, *Journal of Applied Geophysics*, 111, 289-298.

Turesson, A., 2006. Water Content and Porosity Estimated from Ground-Penetrating Radar and Resistivity. *Journal of Applied Geophysics*, 58, 99-111.

Vafidis, A., Economou, N., Ganiatsos, Y., Manakou, M., Poulioudis, G., Sourlas, G., Vrontaki, E., Sarris, A., Guy, M., ve Kalpaxis, T. 2005. Integrated Geophysical Studies at Ancient Itanos (Greece). *Journal of Archaeological Science*, 32, 1023-1036.

Zhou H. and Sato M. (2001) Archaeological investigation in Sendai Castle using ground-penetrating radar, *Archaeological Prospection*, 8, 1-11.