

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇECİK (TEKKE-GÜMÜŞHANE)
TRAVERTENLERİNİN SEDİMANTOLOJİK,
PALEOİKLİMSEL VE YER RADARI (GPR)
VERİLERİNİN İNCELENMESİ

DİLEK ŞAFFAK

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. RAİF KANDEMİR
TEZ JÜRİLERİ
PROF. DR. AYSEL ŞEREN
DR. ÖĞR. ÜYESİ YILMAZ DEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RİZE-2018
Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇECİK (TEKKE-GÜMÜŞHANE) TRAVERTENLERİNİN
SEDİMANTOLOJİK, PALEOKLİMSELVE YER RADARI (GPR)
VERİLERİNİN İNCELENMESİ

Doç. Dr. Raif KANDEMİR danışmanlığında, Dilek ŞAFFAK tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 08/06/2018 tarihinde Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr. Aysel ŞEREN
Üye	: Doç. Dr. Raif KANDEMİR
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz DEMİR

İmzası




Doç. Dr. Ferhat KALAYCI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



ÖNSÖZ

“Bahçecik (Tekke-Gümüşhane) Travertenlerinin Sedimentolojik, Paleoiklimsel ve Yer Radarı (GPR) Verilerinin İncelenmesi” adlı bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma boyunca bana yardımcı olanengin bilgileri ve tecrübe desteğini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Raif KANDEMİR’e bana olan inancı için çok teşekkür ederim. Traverten ocaklarında yapmış olduğumuz arazi, GPR verilerinin ve örneklerinin alınmasında yardımcı olan Sayın Arş. Gör. Zeynep ÖĞRETMEN’e (Karadeniz Teknik Üniversitesi) ve Sayın Yük. Jeoloji Mühendisi Fatih KÖROĞLU’na teşekkür ederim. İnce kesitlerin hazırlanması aşamasında, bilimsel olarak birçok konuda yardımcı olan, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz DEMİR’e, Jeoloji Mühendisi Mehdi İLHAN’a ve Jeoloji Mühendisi Ali DİŞLİ’ye teşekkür ederim. Bu çalışmada duraylı izotop verilerinin ve palinolojik örneklerin yorumlanmasına destek veren Sayın Doç. Dr. Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER’e (Dokuz Eylül Üniversitesi), teşekkür ederim. Bu çalışma boyunca değerli zamanlarını ayırıp tezin her aşamasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve desteğini hiç esirgemeyen değerli hocalarıma; Sayın Prof. Dr. Aysel ŞEREN’e (Karadeniz Teknik Üniversitesi), Sayın Dr. Ezher TAGLIASACCHI (Pamukkale Üniversitesi), Sayın Arş. Gör. Murat KARAHAN’a (Karadeniz Teknik Üniversitesi), çok teşekkür ederim. Hayatım boyunca maddi-manevi her konuda yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen, varlıklarından güç aldığım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hazırlanan bu Yüksek lisans tezi Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından 2016.53007.109.01.1 nolu projesi ile desteklenmiştir.

Dilek ŞAFFAK

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Bahçecik (Tekke-Gümüşhane) Travertenlerinin Sedimantolojik, Paleoiklimsel ve Yer Radarı (GPR) Verilerinin İncelenmesi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 08./06/2018


Dilek ŞAFFAK

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

BAHÇECİK (TEKKE-GÜMÜŞHANE) TRAVERTENLERİNİN SEDİMANTOLOJİK, PALEOİKLİMSEL VE YER RADARI (GPR) VERİLERİNİN İNCELENMESİ

Dilek ŞAFFAK

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Raif KANDEMİR

Çalışma, Bahçecik (Tekke-Gümüşhane) Travertenlerinden elde edilen sedimanter petrografik, paleoiklimsel ve yer radarı verilerinin değerlendirilmesinden oluşmaktadır. Sahada yer radarı ile 100 MHz ve 250 MHz'lik antenler kullanılarak veriler elde edilmiştir. Radargramlardan, travertenlerin ortalama 10-14 metre kalınlıkta olduğu ve iki ana bölümden oluştuğu belirlenmiştir. Bu veriler sahadaki traverten ocağından alınan ölçülü kesit yardımıyla doğrulanmıştır. Traverten istifini oluşturan alt seviyenin daha yekpare, üst seviyenin ise daha gözenekli ve genellikle canlı-bitki fasiyeslerinden oluştuğu belirlenmiştir. Radargramlardan ayrıca travertenleri kesen kırıklı yapılar, yer yer yönelimi değişen yüksek genlikli yansıtıcı sınırlar olarak yorumlanan daha boşluklu seviyeler de saptanmıştır. Sedimanter petrografik çalışmalarla, traverten ince kesitlerinden çalı tipi fasiyesler ve biyolojik yapı fasiyesleri ayırtlanmış ve alt fasiyesleri tanımlanmıştır. Travertenlerden elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerlerinin, traverten istifinin oluşumu sırasında düzenli olarak ısı değerinin arttığı belirlenmiştir. Üst seviyelerinde gözlenen bitki içerikli fasiyeslerin artması, iklimsel ve ortamsal koşullardaki değişim ile ilişkilendirilmiştir. Bahçecik Travertenlerinin, Batı Anadolu'daki traverten örnekleriyle $\delta^{18}\text{O}$ değerleri karşılaştırıldığında, Bahçecik Travertenleri'nin daha kuzeyde yer alması gerektiği düşünülmüştür. Bahçecik travertenlerindeki oksijen değerlerinin negatif çıkması travertenlerin kaynağa çok yakın bir yerde çökelmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bahçecik Travertenlerinin özellikle yağışlı dönemlerde daha fazla traverten biriktirdiği belirlenmiştir. İncelenen travertenlerin yörede yer alan büyük ölçekli faylara bağlı olarak yüzeye çıkan mineralce zengin sular tarafından oluşturulduğu ve oluşumun halen devam ettiği saptanmıştır.

2018, 127 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Gümüşhane, Traverten, Yer Radarı, Paleoiklim, Sedimanter Petrografi

ABSTRACT

INVESTIGATION OF SEDIMENTOLOGICAL, PALEOCLIMATOLOGICAL AND GROUND PENETRATING RADAR RECORDS OF BAHÇECİK (TEKKE- GÜMÜŞHANE) TRAVERTINES

Dilek ŞAFFAK

Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering
Master Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Raif KANDEMİR

The study consists of sedimentary petrographic, paleoclimatological and ground penetrating radar records obtained from Bahçecik (Tekke-Gümüşhane) Travertines. The data were obtained using 100 MHz and 250 MHz antennas with GPR at the field. The radargrams revealed that travertine sequence is approximately 10-14 meters in thickness consisting of two main sections. The lower section of Bahçecik Travertine sequence is more compact and the upper level of the travertines is more porous and usually composed of shrub-plant facies from different radargrams. Shrub type facies and biological structure facies were determined from thin sections of travertine in petrographic studies of travertines. The $\delta^{18}\text{O}$ isotope values of the samples increase along the section, which indicates that the heat value increased regularly during the defined travertine formation. When we compared the $\delta^{18}\text{O}$ values of the Bahçecik Travertines to Denizli-Kocabaş area in Western Anatolia, it was determined that the Gümüşhane-Bahçecik area should be located to the north even though they were deposited at different times. The negative value of the oxygen values in the Bahçecik Travertines suggests that the travertines may have been deposited in proximal to the source. The Bahçecik travertines added more travertine deposits, especially during rainy periods. In travertine accumulation, tectonics are important as well as climate. When the tectonic and geological features of the investigated area are examined, it is observed that the accumulation of the travertine still continues. Large-scale faults in the studied field have caused mineral-rich waters to rise to surface, which helped forming Bahçecik Travertines.

2018, 127 Pages

Keywords: Gümüşhane, Travertine, GPR, Paleoclimatology, Sedimentary Petrography

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ	XV
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.3. Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri	2
1.3.1. Çalışma Alanının Konumu ve Ulaşım	2
1.3.2. Çalışma Alanının Morfolojisi	3
1.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.4. Önceki Çalışmalar	4
1.5. Traverten ve Tufalar	7
1.6. Yer Radarı (GPR) Yöntemi	9
1.6.1. Yöntemin Tarihçesi	9
1.6.2. Yöntemin Tanımı ve Çalışma İlkesi	10
1.6.3. Yöntem Ekipmanları ve Ekipmanların Görevleri	12
1.6.4. Yer Radarı Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	13
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	15
2.1. Arazi Çalışmaları	15
2.1.1. Sedimanter Petrografik Örneklerin Alınması	15
2.1.2. Yer Radarı	15
2.1.2.1. Yer Radarı Verilerinin Toplanması	16
2.1.2.2. Yer Radarı Çalışma Sahaları	16
2.1.2.2.1. Çalışma Sahası 1 (Ocak_üstü 1)	17
2.1.2.2.2. Çalışma Sahası 2 (Ocak_üstü 2)	18
2.1.2.2.3. Yer Radarı Verilerinin (GPR) Değerlendirilmesi	20

2.2.	Laboratuar Çalışmaları	20
2.2.1.	Sedimenter Petrografik Çalışmalar	20
2.2.2.	Palinolojik Amaçlı Örneklerdeki Çalışmalar	20
2.2.2.1.	Örneklerin Mikroskopta İncelemeye Hazırlanması	21
2.2.3.	Paleoklimsel Çalışmalar	22
2.2.3.1.	Duraylı (Kararlı) İzotoplar	22
2.2.3.2.	Jeotermal Kaynaklarda Duraylı İzotoplar	23
2.2.3.3.	Karasal Karbonat Çökellerinde Duraylı İzotop Verileri	25
2.3.	Büro Çalışmaları	26
3.	BULGULAR	27
3.1.	Jeoloji ve Stratigrafi	27
3.2.	Travertenlerin Sedimenter Petrografik Özellikleri	33
3.2.1.	Çalı Tipi Fasiyesleri	34
3.2.1.1.	Hasır Çalı Yapıları ve Fasiyesi (HÇF)	35
3.2.1.2.	Radyal Çalı Yapısı ve Fasiyesi (RÇF)	36
3.2.1.3.	Küme Çalı Yapısı ve Fasiyesi (KÇF)	36
3.2.1.4.	Telek-Tüy Çalı Yapısı ve Fasiyesi (TTÇF)	37
3.2.1.5.	Yüksek Yapılı Bitki Spar Telek Çalı Yapısı ve Fasiyesi (YSTÇF)	38
3.2.2.	Biyolojik Yapılı Litofasiyesleri	39
3.2.2.1.	Pisoidli Traverten Litofasiyesi	39
3.2.2.	Onkoidli Traverten Litofasiyesi	40
3.2.2.3.	İntraklastlı Traverten Litofasiyesi	41
3.2.2.4.	Ostrakodlu Traverten Litofasiyesi	41
3.3.	Depolanma Sistemi ve Fasiyesleri	42
3.3.1.	Havuz Düzlüğü Fasiyesi	43
3.3.2.	Çalı Düzlüğü Fasiyesi	44
3.3.3.	Bataklık-Havuz Fasiyesi	45
3.3.4.	Zarflı Hava Kabarcıklı Traverten Litofasiyesi	46
3.3.5.	Kamış Tipi Traverten Litofasiyesi	47
3.3.6.	Eski Toprak Litofasiyesi	48
3.4.	Palinolojik Sonuçlar	49
3.5.	Paleoklimsel Çalışmalar	51
3.6.	Yer Radarı (GPR)Uygulamaları	59

3.6.1.	Ocak_üstü 1 Sahasından Elde Edilen (100 MHz K-G Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması	59
3.6.2.	Ocak_üstü 1 Sahasından Elde Edilen (100 MHz D-B Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması	64
3.6.3.	Ocak_üstü 1 Sahasından Elde Edilen (250 MHz K-G Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması	69
3.6.4.	Ocak_üstü 1 Sahasından Elde Edilen (250 MHz D-B Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması	75
3.6.5.	Ocak_üstü 2 Sahasından Elde Edilen (100 MHz KB-GD Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması	79
3.6.6.	Ocak_üstü 2 Sahasından Elde Edilen (100 MHz KD-GB Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması	84
3.6.7.	Ocak_üstü 2 Sahasından Elde Edilen (250 MHz KB-GD Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması	92
3.6.8.	Ocak_üstü 2 Sahasından Elde Edilen (250 MHz KD-GB Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması	96
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	104
5.	ÖNERİLER.....	119
	KAYNAKLAR.....	120
	ÖZGEÇMİŞ.....	127

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Çalışma sahasının yer bulduru ve ulaşım haritası	2
Şekil 2.	Çalışma sahasının morfolojik yapısını gösterir harita (görüntü Google Earth' den alınmıştır)	3
Şekil 3.	Yer radarı (GPR) çalışma prensibi	11
Şekil 4.	100 MHz Korumasız (A) ve 250 MHz Korumalı Antenler (B)	13
Şekil 5.	Gümüşhane Güvencem Mermer'e ait Bahçecik Traverten sahası uydu görüntüsü ve Yer Radarı ölçümleri alınan alanlar (Google Earth'den alınmıştır)	17
Şekil 6.	(A) Ocak_üstü 1 sahasının genel görünümü ve başlangıç bitiş koordinatları ((P1B (x: 05515503, y: 4476458), P _{1S} (x: 0551496, y: 4476420), P _{7B} (x: 055480, y: 4476471), P _{11S} (x: 0551473, y:4476431)). (B) Ocak_üstü 1 sahasının ölçü krokisi	18
Şekil 7.	(A) Ocak_üstü 2 sahasının genel görünümü ve başlangıç bitiş koordinatları ((P1B (x: 05515502, y: 4476552), P _{1S} (x: 0551491, y: 4476515), P _{7B} (x: 055 1464, y: 4476567), P _{11S} (x: 0551450, y:4476531)). (B) Ocak_üstü 2 sahasının ölçü krokisi	19
Şekil 8.	Farklı su kaynaklarının izotop bileşimini ve fiziko-kimyasal süreçlerin su bileşimi üzerine etkilerini gösterir $\delta D - \delta^{18}O$ diyagramı (veri kaynakları):magmatik sular - Taylor, 1974; Sheppard,1977; metamorfik sular - Taylor,1974; Sheppard, 1981; fosil sular - Taylor, 1974; magmatik biyotik biyotit ve hornblend – Taylor, 1974)	23
Şekil 9.	Çeşitli jeotermal sahalarda meteorik suların ve sıcak su kaynaklarının izotop bileşimini gösterir $\delta D - \delta^{18}O$ diyagramı (içi dolu daireler sıcak kaynak sularının, içi boş daireler ise ilişkin jeotermal sahalardaki meteorik suların ortalama bileşimini göstermektedir; meteorik su ve sıcak su bileşimlerini birleştiren çizgiler, kayaç- akışkan etkileşimine bağlı olarak sıcak sulardaki bileşimlerin değişimini yansıtmaktadır. (Arnorsson, 2000'den alınmıştır)	25
Şekil 10.	Bahçecik ve yakın yöresinin jeoloji haritası.....	28
Şekil 11.	Gümüşhane ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti ..	30
Şekil 12.	Bahçecik Travertenlerinin arazi görünümleri.....	32
Şekil 13.	Güvencem Mermer ve Madencilik İşletmesinin traverten ocağında iş makinesi yardımıyla yapılan örneklemeler.....	33
Şekil 14.	Bahçecik Travertenlerinden alınan ölçülü kesitler ve örnek alım seviyeleri	34
Şekil 15.	Hasır çalı yapısı ve fasiyeslerini gösteren mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 μm).....	35
Şekil 16.	Radyal çalı yapısı ve fasiyeslerini gösteren mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 μm)	36

Şekil 17.	Küme çalı yapısı ve fasiyeslerini gösteren mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm)	37
Şekil 18.	Telek tüy çalı yapısı ve fasiyeslerini gösteren mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm)	38
Şekil 19.	Yüksek yapılı bitki spar telek çalı yapısı ve fasiyeslerini gösteren Mikroskopik (a-b), fotoğrafları (Ölçek 200 µm)	38
Şekil 20.	Pisoidlerin mikroskop fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm)	40
Şekil 21.	Onkoidlerin mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm)	41
Şekil 22.	İntraklastların mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm)	41
Şekil 23.	Ostrakodların mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm)	42
Şekil 24.	Bahçecik Traverten Ocağın görünümü.....	43
Şekil 25.	Havuz düzlüğü fasiyes görünümü	44
Şekil 26.	Çalı düzlüğü fasiyes görünümü	45
Şekil 27.	Bataklık-havuz fasiyes görünümü	46
Şekil 28.	Zarflı hava kabarcıklı traverten litofasiyes görünümü	47
Şekil 29.	Kamış tipi traverten litofasiyes görünümü	48
Şekil 30.	Eski Toprak litofasiyes görünümü.....	49
Şekil 31.	Palinomorf görüntüleri (A-B-C-D-E-F)	50
Şekil 32.	Termojen travertenlerin $\delta^{18}\text{O}$ (VPDB ‰) dağılımını gösteren diyagram (Pentecost, 2005)	53
Şekil 33.	Bahçecik travertenlerinden elde edilen F ve D ölçümlerden kesitlerinin duraylı izotop plot diyagramı	54
Şekil 34.	Gümüşhane-Bahçecik alanında F ve D kesitlerine ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ Duraylı izotop değerleri ve bu değerlerin kesitler boyunca değişimi.....	57
Şekil 35.	Kocabaş travertenleri ve Gümüşhane-Bahçecik alanında F ve D kesitlerine ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop değerlerinin karşılaştırması.....	58
Şekil 36.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik K-G doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-1, Şekil 6).....	59
Şekil 37.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik K-G doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen radargam (1-100-2, Şekil 6).....	60
Şekil 38.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik K-G doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-3, Şekil 6).....	60
Şekil 39.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik K-G doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-4, Şekil 6).....	61
Şekil 40.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik K-G doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-5, Şekil 6).....	62

Şekil 41.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik K-G doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-6, Şekil 6).....	62
Şekil 42.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik K-G doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-7, Şekil 6).....	63
Şekil 43.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik K-G doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-8, Şekil 6).....	64
Şekil 44.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik D-B doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-9, Şekil 6).....	65
Şekil 45.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik D-B doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-10, Şekil 6)....	65
Şekil 46.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik D-B doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-11, Şekil 6)....	66
Şekil 47.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik D-B doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-12 Şekil 6)	67
Şekil 48.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik D-B doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-13, Şekil 6)....	67
Şekil 49.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik D-B doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-14, Şekil 6)....	68
Şekil 50.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 100 MHz'lik D-B doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-100-15, Şekil 6)....	69
Şekil 51.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-1, Şekil 6).....	70
Şekil 52.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-2, Şekil 6).....	70
Şekil 53.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-3, Şekil 6).....	71
Şekil 54.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-4, Şekil 6).....	72
Şekil 55.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-5, Şekil 6).....	72
Şekil 56.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-6, Şekil 6).....	73

Şekil 57.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-7, Şekil 6).....	74
Şekil 58.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-8, Şekil 6).....	74
Şekil 59.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-9, Şekil 6).....	75
Şekil 60.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-10, Şekil 6).....	76
Şekil 61.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-11, Şekil 6).....	76
Şekil 62.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-12, Şekil 6).....	77
Şekil 63.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-13, Şekil 6).....	78
Şekil 64.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-14, Şekil 6).....	78
Şekil 65.	Ocak_üstü 1 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen radargam, (1-250-15, Şekil 6).....	79
Şekil 66.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-1, Şekil 7).....	80
Şekil 67.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-2, Şekil 7).....	80
Şekil 68.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-3, Şekil 7).....	81
Şekil 69.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-4, Şekil 7).....	82
Şekil 70.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-5, Şekil 7).....	82

Şekil 71.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-6, Şekil 7).....	83
Şekil 72.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-7, Şekil 7).....	84
Şekil 73.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-8, Şekil 7).....	85
Şekil 74.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-9, Şekil 7).....	85
Şekil 75.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-10, Şekil 7).....	86
Şekil 76.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-11, Şekil 7).....	87
Şekil 77.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-12, Şekil 7).....	87
Şekil 78.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-13, Şekil 7).....	88
Şekil 79.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-14, Şekil 7).....	89
Şekil 80.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-15, Şekil 7).....	89
Şekil 81.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 16. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-16, Şekil 7).....	90
Şekil 82.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 17. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-17, Şekil 7).....	91
Şekil 83.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 18. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-100-18, Şekil 7).....	91
Şekil 84.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-1, Şekil 7).....	92

Şekil 85.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusun- da alınan 2. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-2, Şekil 7).....	93
Şekil 86.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-3, Şekil 7).....	94
Şekil 87.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-4, Şekil 7).....	94
Şekil 88.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-5, Şekil 7).....	95
Şekil 89.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-6, Şekil 7).....	95
Şekil 90.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-7, Şekil 7).....	96
Şekil 91.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-8, Şekil 7).....	97
Şekil 92.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-9, Şekil 7).....	97
Şekil 93.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-10, Şekil 7).....	98
Şekil 94.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusun da alınan 11. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-11, Şekil 7).....	98
Şekil 95.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-12, Şekil 7).....	99
Şekil 96.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-13, Şekil 7).....	100
Şekil 97.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-14, Şekil 7).....	100
Şekil 98.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-15, Şekil 7).....	101

Şekil 99.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 16. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-16, Şekil 7).....	101
Şekil 100.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 17. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-17, Şekil 7).....	102
Şekil 101.	Ocak_üstü 2 sahasından alınan 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 18. profil ölçümünde elde edilen radargam, (2-250-18, Şekil 7).....	103
Şekil 102.	Bahçecik Traverten sahasında yer alan işletme şevi ve tabandan tavana ayrılabilen farklı düzeyler ve bunları bölen eski toprak seviyeleri (A), işletme şevinden alınan ölçülü stratigrafik kesit ve işletme şevindeki farklı seviyelerin gösterimi (B), Ocak_üstü 1 ve 2 sahalarından alınan 100 MHz'lik seçili radargramlar ve belirlenen iki farklı düzeyin radargamlardaki görünüşleri	108
Şekil 103.	Ocak_üstü 1 sahasındaki K-G doğrultusundaki 100 MHz'lik radargamlar	110
Şekil 104.	Ocak_üstü 1 sahasındaki D-B doğrultusundaki 100 MHz'lik radargamlar	111
Şekil 105.	Ocak_üstü 1 sahasındaki K-G doğrultusundaki 250 MHz'lik radargamlar	112
Şekil 106.	Ocak_üstü 1 sahasındaki D-B doğrultusundaki 250 MHz'lik radargamlar	113
Şekil 107.	Ocak_üstü 2 sahasındaki KB-GD doğrultusundaki 100 MHz'lik radargamlar	115
Şekil 108.	Ocak_üstü 2 sahasındaki KD-GB doğrultusundaki 100 MHz'lik radargamlar	116
Şekil 109.	Ocak_üstü 2 sahasındaki KB-GD doğrultusundaki 250 MHz'lik radargamlar	117
Şekil 110.	Ocak_üstü 2 sahasındaki KD-GB doğrultusundaki 250 MHz'lik radargamlar	118

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Bazı jeolojik malzemelere ait dielektrik, iletkenlik, hız değerleri (Annan 2000'den alınmıştır)	10
Tablo 2. Bahçecik Travertenlerinin duraylı karbon ve oksijen izotop analiz sonuçları.....	52



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

C	Karbon
Ca	Kalsiyum
CO ₂	Karbondioksit
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
CaF ₂ -MgF ₂	Fluorid Tuzları
EM	Elektromanyetik Dalga
GB	Güneybatı
GPR	Yer Radarı
HCO ₃	Bikarbonat
HNO ₃	Hidrojen Nitrat
H ₂ O	Su (Hidrojen Oksit)
H ₂ SiF ₄	Fluosilik Asit
HCl	Hidrojen Klörür
HÇF	Hasır Çalı Yapısı ve Fasiyesi
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
KClO ₃	Potasyum Klorat
KÇF	Küme Çalı Yapısı ve Fasiyesi
M	Metre
Δm	Atomik Kütle
ml	Mililitre
mm	Milimetre
NaOH	Sodyum Hidroksit
O	Oksijen
RÇF	Radyal Çalı Yapısı ve Fasiyesi
sp.	Cins
SiF ₄	Silisyum Tetraflorür
TTÇF	Telek-Tüy Çalı Yapısı ve Fasiyesi
YSTÇF	Yüksek Yapılı Bitki Spor Telek Çalı Yapısı ve Fasiyesi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bu tez kapsamında Bahçecik (Tekke-Gümüşhane) yöresinde yüzeyleme veren ve Güvencem Mermer tarafından işletilen sahadaki travertenlerin yer radarı (GPR), verilerinin, sedimentolojik özellikleri ve paleoklimsel kayıtları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmalar, arazi, laboratuvar ve büro çalışması olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada; Bahçecik (Gümüşhane) ve çevresinde yüzeyleme veren travertenlerden alınan sistematik örneklerle, çökelmiş travertenlerin fasiyeslerini, fasiyeslerin birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koymak, çökellerin oluşum süreçlerini, traverten örneklerinden elde edilecek olan $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop bulgularıyla paleoklimsel kayıtlara ulaşılması ve arazi çalışması sırasında yapılacak GPR (Yer radarı) ölçümleriyle traverten yüzeylemelerinin kalınlığı, geometrisi ve süreksizlik içeriğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

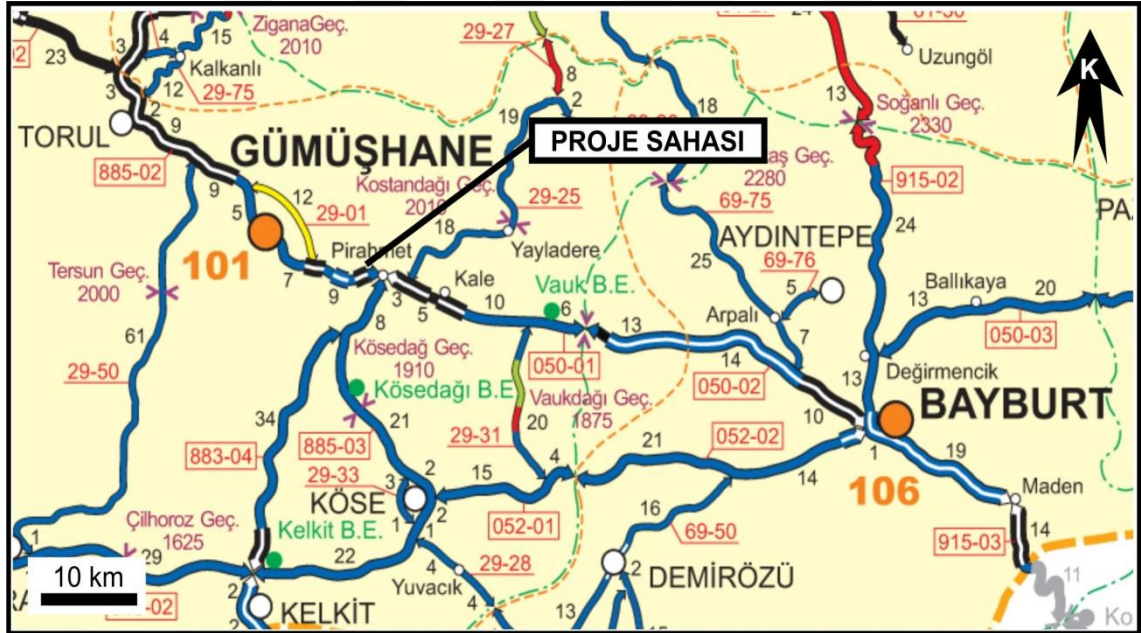
Bu tez çalışması kapsamında arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında ilk olarak Bahçecik Travertenlerinin 1/25000 ölçekli topografik harita üzerinde yayılımı belirlenerek, çalışma alanı ve çevresinin ayrıntılı jeoloji haritası gerçekleştirilmiştir. Travertenleri en iyi şekilde karakterize eden lokasyonlardan tabandan tavana travertenlerin fasiyeslerini, fasiyeslerin birbirleriyle olan ilişkilerini, içerdiği sedimantolojik özelliklerini belirleyebilmek için iki adet kesit güzergâhı belirlenmiş ve sistematik örnekler alınmıştır. Arazi çalışması sırasında GPR (Ground Penetrating Radarı / Yer radarı) yardımıyla yüzeyleyen travertenlerin üst yüzeylerinde belirlenen hatlar boyunca ölçümler yapılmış, yüzeyleme veren travertenlerin alan içerisindeki dağılımları, kalınlıkları, süreksizlik ve boşluk içerikleri ortaya konulmuştur. Yer altının yüksek çözünürlükle görüntülenmesini sağlayan Yer Radarı, yeraltındaki farklı iletkenlik ve elektromanyetik dalga hızlarına sahip nesnelere nedeniyle sağlıklı bilgi toplanmasına ve değerlendirilmesine olanak

sağlamıştır. Arazi çalışmaları esnasında alınan sistematik örneklerden yapılan ince kesitlerden travertenlerin dokusal özellikleri belirlenmiştir. Alınan örneklerden Cornell Üniversitesi (ABD) Duraylı İzotop Laboratuvarında $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop analizleri gerçekleştirilerek, travertenlerin depolanmasında etkili olan karbonun kökeni ve oksijen izotop verileriyle de iklim değişimindeki salınımlar hakkında bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır.

1.3. Çalışma Alanının Coğrafik Özellikleri

1.3.1. Çalışma Alanının Konumu ve Ulaşım

İnceleme alanı Trabzon H43-a1 paftasında yer almaktadır. Çalışma alanlarına ulaşım Trabzon-Erzurum transit yolu üzerinden stabilize yollarla sağlanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma sahasının yer bulduru ve ulaşım haritası.

1.3.2. Çalışma Alanının Morfolojisi

Çalışma sahasında Karakise Tepe (1542) ve Akgüney Tepe (1603) en yüksek noktaları oluşturmaktadır. Çalışılan sahada topografyayı kontrol eden en önemli su kaynakları Karapınar Deresi ve Bahçe deresidir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma sahasının morfolojik yapısını gösterir harita (Görüntü Google Earth'den alınmıştır).

1.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Gümüşhane yöresi topoğrafik olarak engebeli bir yapıya sahiptir. Bu bölge Karadeniz'in ılıman iklimi ile İç Anadolu'nun karasal ikliminin birbirine geçiş bölgesini oluşturur. Bu alanda yazlar bazen sıcak ve kurak bazen de serin ve hafif yağışlı geçer. Kış ayları ise kar yağışlıdır. Gümüşhane yöresinde yersel olarak çam, yaban kavakları ve meşelerden oluşan ormanlık alanlar ve ırmak boylarında kavak ağaçlarından ve çeşitli meyve ağaçlarından oluşan bir bitki örtüsü yer almaktadır. Yöre halkının en önemli geçim kaynakları tarım ve hayvancılıktır. Ekonomik koşulların zorluğu, yöre genelinde yaygın göç olgusunu sonuçlanmıştır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Travertenler ve tufalarda dünya üzerinde son yıllarda birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Özellikle son yıllarda bazı firmalar tarafından travertenlerin petrol açısından hazne kaya özelliği gösteriyor olması, travertenler üzerine odaklanmaya yol açmıştır. Türkiye, traverten yüzeylemeleri açısından Dünya’da eşsiz örneklere (Pamukkale Travertenleri ve Denizli çevresi) sahiptir (Özkul vd., 2002; Kele vd., 2011; Özkul vd., 2013; Van Noten vd., 2013; El Desouky vd., 2015; Toker vd., 2015). Çalışma alanımız ve Dünyada, travertenler ve tufalar üzerinde yapılmış bazı çalışmalar şu şekildedir;

Guo ve Riding (1994), yaptıkları çalışmada İtalya-Rapolano Terme travertenlerinde gözlenen çalı yapılarını, kalsit ve mikrit-spar romb çalı olarak iki ayrı grup altında ele almışlar ve “iğnemsî kristal çalı” terimini önceki çalışmacıların aragonitik çalı tiplerinden farklı olarak tanımlamışlardır. Mikrit-spar romb çalılarının, muhtemelen hem mikrobiyal hem de abiyotik çökeltim ürünü olduğunu, dönemsel kuruma ve gölcük-havuz substratlarının taşması ile çalı çökeltiminin başladığını ve çalılarının ağaç şeklinde büyümelerinin; lokal kristal nükleasyonu ile mikrobiyal büyümelerin bir kombinasyonu olarak geliştiğini vurgulamışlardır. İnce kesitlerinde benekli görünümdeki koyu rengin mikrit ve açık rengin spar-romb yığınlarından kaynaklandığını, büyük çalılarının yaygın mikritik görünümünün ise, diyajenetik alterasyonun bir sonucu olduğunu ileri sürmüşlerdir. Çalılarının spar mikritizasyonunu kapsayan diyajenetik proseslerin, abiyotik veya yersel biyotik olabileceğini belirtmişlerdir.

Altunel (1996), yapmış olduğu çalışmada travertenleri morfolojik özelliklerine göre beş grup altında toplamıştır. Bunlar; a) teras tipi travertenler, b) sırt tipi travertenler, c) fay önü travertenleri, d) kendiliğinden oluşan kanal travertenleri ve e) aşınmış örtü travertenleri’dir. Travertenlerde uranyum serisi yaş yöntemi kullanarak, Pamukkale bölgesindeki travertenlerin en az 400.000 yıldan bu yana oluşmaya devam ettiklerini vurgulamıştır.

Ford ve Pedley (1996), dünyadaki traverten ve tufa çökelleriyle ilgili çalışmasında, bu çökellerin diyajenezinden bahsederek, Avrupa ve Asya'daki tüm traverten ve tufa oluşukları hakkında genel bir bilgi vermişlerdir.

Riding (2000), çalışmasında İtalya'daki bazı traverten ocaklarındaki, traverten fasiyes ve sekanslarını incelemiştir. Travertenleri litotiplerine göre; i) kristalin kabuk, ii) çalı, iii) pizoid, iv) kâğıt inceliğinde sal, v) zarflı kabarcık, vi) saz-kamış, vii) litoklast-breş travertenleri ve eski toprak olarak sınıflamıştır. İncelenen bu travertenlerin çökelim sistem ve fasiyeslerini; teras yamaç, düz yamaç ve şelale fasiyeslerinden oluşan yamaç çökelim sistemi; çalı düzlüğü ile bataklık-havuz fasiyeslerinden oluşan çöküntü depolanma sistemleri ve saz tümseği fasiyesinden oluşan tümsek çökelim sistemleri olarak ayırmıştır. Yazara göre, teras havuzlarının olağan bileşeni olan çalı tipi travertenler, özellikle çöküntü alanlarının havuz ve bataklık benzeri ortamları ile düşük eğimli yamaç depolanma ortamlarının en yaygın ve kalın traverten litofasiyesi olup, düşey yönde aşağıdan yukarıya genişleyen dendritik veya çalı/bodur bitkiler şeklinde büyüme özelliği gösterirler. Mikrit-spar kümeli çalı ve iğnemsî kristal çalı tiplerini tanımlanmış ve bakteriyel kökenli çalı travertenlerinin, günlük sıcaklık değerlerinin üzerinde ısınmış sulardan çökeldiğini, bu nedenle çalı şekillerinin tufalarda gözlenmediğini vurgulamıştır.

Özkul vd. (2002), Denizli yöresinde yaptıkları çalışmalarında, Neojen-Kuvaterner tortulları ile doldurulmuş havzanın kuzeyden ve güneyden normal faylarla sınırlandırıldığını, bu bölgedeki travertenlerin kuzeyden güneye bir seri normal fayla basamaklı bir yapı kazandıklarını belirtmişlerdir. Havzada i) kristalin kabuk, ii) çalı, iii) pizolit, iv) sal, v) zarflı hava kabarcıklan, vi) kamış, vii) litoklast, viii) çakıllı traverten, viii) eski toprak olmak üzere 9 adet litofasiyes ayırtlamışlar ve bu litofasiyeslerin farklı depolanma ortamlarında temsil edildiklerini belirtmişlerdir. Bunlar; i) yamaç depolanma ortamı; a) teraslı yamaç, b) düz yamaç, c) şelâle, ii) çöküntü depolanma ortamı; a) çalı düzlüğü, b) bataklık- havuz, iii) tümsek depolanma ortamıdır .

Pentecost (2005), "The Travertine Fabric" adlı kitabında, travertenlerin fasiyes analizleri üzerine oldukça geniş kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Yazar kitapta, traverten dokularını mikrodoku, makrodoku ve diyajenetik dokular olmak üzere üç grup altında

sınıflamıştır. Mikrodokuları i) mikritik ve sparitik, ii) dendritik, iii) çalı tipi olan kalsit yapılar ile aragonitik dokular, makrodokuları i) porozite, ii) kırıklanma ve tabakalanma, iii) nodül ve thinolit iv) biyolojik yapılar, v) ooid-onkoidler, vı) laminasyon yapıları, diyajenetik dokuyu ise; i) birincil doku ve çimento, ii) meteorik diyajenez, iii) gömülme diyajenezi olarak gruplandırarak tanımlamıştır. Yazar çalışmada, travertenleri kökenlerine göre; meteojen ve termojen olarak sınıflandırmıştır. Meteojen travertenleri kendi içinde, *evasive* ve *invasive* olarak ayırmış olup, *evasive* travertenleri; toprak kaynaklı, tipik dokuları; algal çalı ve lamina, biyofit, fitoklast kalıpsal boşluklar olarak, *invasive* travertenleri; atmosfer kaynaklı, yaygın sinter tipi doku ile sınırlı biyolojik doku içeren travertenler olarak tanımlamıştır. Termojen travertenini ise, kaynağı: manto, magma, dekarbonasyon olan tipik dokuları: bakteriyal ve siyanobakteriyal çalılar ve laminalar, abiyojenik çalılar ve fenestral boşluklar olan olarak tanımlamıştır. Yazara göre, traverten çökelim proseslerinin; günlük-mevsimsel sıcaklık değişimleri, yanıl değişimler, yeraltı suyunun yüzeye çıkmasıyla gerçekleşen CO₂ kaçışı, doygunluk indeksi-nükleasyon, kristal büyümeleri, fotosentez-respirasyon, broyofit-yüksek yapılı bitkiler ile fotosentetik olan veya olmayan bakterilerin (prokaryotlar, siyanobakteriler, ökaryotik algler, mantarlar, likenler, yosunlar) etkilediği biyolojik prosesler olduğunu vurgulamıştır.

Bu çalışma sahasındaki travertenler üzerinde sedimantolojik, travertenlerin fasiyes ve jeokimyasal özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmalar oldukça azdır.

Arslan vd. (2005), Gümüşhane ve Bayburt yöresinde yüzeyleyen, Bahçecik, Gezköy ve Yaylapınar ocaklarında yaptıkları çalışmada; travertenlerin farklı ocaklardaki petrografisi, jeokimyası ve özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır.

Yalçınalp vd. (2008), Bahçecik travertenlerinin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini araştırdıkları çalışmada, travertenlerin genel olarak Kuzey Anadolu Fayına dik yönde gelişmiş KD-GB yönlü ana kırık sistemleriyle ilişkili olduğunu belirtmişleridir. Çalışmada Bahçecik Travertenlerinin Doğu Karadeniz Bölgesinin en büyük traverten yatağı olduğu ve 400.000 m³'lük bir rezerve sahip olduğu vurgulanmıştır. Bahçecik yöresindeki travertenlerden yapılan jeoteknik incelemelerde, kayaçların tek eksenli

basınç direnci ile boyuna dalga hızları arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki travertenlerde jeofizik çalışmaları oldukça azdır. Jeofizik yöntem olarak GPR kullanılmaktadır. Bayburt yöresinde çalışma yapan Öğretmen (2012), Bayburt ve Kıratlı yöresindeki yaptığı jeofizik çalışmasında, yörede yüzeyleme veren travertenlerden elde ettiği veri sonuçlarına göre ocak işletmecisine, ocağın hangi yönde işletileceği ve hangi özellikte kayalarla karşılaşacağı konusunda doyurucu bilgiler sağlamıştır.

Bahçecik Traverten yüzeylemesi boyut açısından Doğu Karadeniz Bölgesinin en geniş yüzeyleme alanına sahiptir (Yalçınalp vd., 2008). Bugüne kadar ne Bahçecik Travertenlerinde ne de Bayburt yöresindeki travertenlerde bu tez kapsamında yapılacak detayda bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilecek olan veriler Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılacak olan diğer Kuvaterner çalışmalarına hem altlık olacak hem de ışık tutacaktır.

1.5. Traverten ve Tufalar

Traverten ve tufalar, eski karbonatlı kayaların atmosferik ve yer altı sularının etkisiyle çözünerek kalsiyum bikarbonatça zenginleştirdiği kaynak sularından itibaren karasal ortamlarda yeniden CaCO_3 çökeltmesiyle oluşan kayalardır. Bunlar daha az oranda da silis bileşenlerden oluşabilmektedirler. Traverten ve tufa terimleri genellikle birlikte veya birbirinin yerine kullanılan terimler olmasına karşın, aslında, özellikle oluşum koşulları açısından farklılıklar ifade etmektedir (Pedley, 1990; Ford ve Pedley, 1996). Travertenler, termal ve hidrotermal kökenli kaynak suları ile oluşturulan fiziko-kimyasal ağırlıklı karbonat çökelimleri olup, içlerinde mikrobiyal etkenlere sıkça rastlanır. Bunlar çoğunlukla sert kristalin, sıklıkla ince laminasyon gösteren ve çalı şekline benzeyen bakteri büyüme yapıları ile karakterize olurlar (Chafetz ve Folk, 1984; Guo ve Riding, 1998; Özkul vd., 2002). Tufalar ise, düşük Mg-karbonatlı soğuk tatlı suların oluşturduğu, tipik olarak makro ve mikro ölçekte bitki, hayvan kalıntısı ve bakteri (özellikle siyano-bakteri) içeren, özellikle de çok gözenekli yapıya sahip olan

karbonat çökelişini tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Pedley, 1990; Ford ve Pedley, 1996; Janssen vd., 1999; Matsuoka vd., 2001; Pedley vd., 2003).

Travertenler, CaCO_3 olup, kalsiyum (Ca^{+2}) ve bikarbonat (HCO_3^{-2})'ca zengin yeraltı sularının tektonik bir hat yardımıyla yeryüzüne ulaşması ve fizikokimyasal ve/veya biyokimyasal olarak CaCO_3 'ün çökmesiyle oluşurlar (Ford ve Pedley, 1996; Özkul vd., 2002; Pedley, 2009; Atabey, 2003). Yeryüzüne çıkan suların, bünyesindeki CO_2 gazını kaybetmesi ile hızlı bir traverten çökelişi gerçekleşir. Travertenler kısa mesafede, yanal ve düşey yönde sıkça değişen karmaşık bir iç mimariye sahiptirler (Özkul vd., 2002).

Traverten terimi, travertenlerin yaygın olarak bulunduğu İtalya'daki Tivoli kasabasının eski Roma adı olan Tivertino'dan gelmektedir. Karasal ortamlarda oluşan bu karbonatlar, oluştuğu dönemlerin paleoklimsel ve paleoortamsal kayıtlarını bünyelerinde saklarlar (Arenas-Abad vd., 2010; Özkul vd., 2010; Özkul vd., 2014). Karasal karbonat çökelişi olan traverten ve tufalar, bir bölgenin hidrolojik yapısı, iklim ve mikrobiyolojik toplulukları, iklimsel farklılıkları, yaşlandırmalar ve paleoortam hakkında önemli bilgiler sunmaktadırlar.

Genellikle Kuvaterner döneminde oluşmuş bu karasal karbonatlar, son yıllarda özellikle iklim ve ortam çalışmalarında oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle, iklimsel değişimlere duyarlılık gösteren traverten ve tufalar, ülkemizde son yirmi yıldır yavaş yavaş önem kazanmakta ve bu konuda yapılan her çalışma Türkiye Kuvaterner dönemini aydınlatmaktadır. Tufa ve traverten gibi karasal karbonat çökelleri son birkaç on yıldır farklı bakış açılarından birçok araştırmaya konu olmuştur.

Bu karasal karbonatlar, özellikle son yıllarda, yakın jeolojik geçmişte (geç Kuvaterner) etkili olmuş küresel iklim değişimlerinin anlaşılması ve ortamsal değerlendirilmelerinin sağlıklı bir biçimde yapılabilmesi açısından önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir (Andrews, 2006).

Traverten ve tufalar üzerine daha birçok çalışmalar yapılmış ve yapılan çalışmaların hemen hepsi, traverten ve tufa morfolojik sınıflaması, litofasiyelerinin belirlenmesi, oluşum ortamları, kökenleri, diyajenezi ve tektonizması ile ilgili olmuştur. Traverten ve tufa arasında belirgin bazı farklılıklar bulunmaktadır. Tufalar, daha

gözenekli yapıya sahip, gevşek, hayvan ve bitki kalıntılarının yoğun olarak gözlendiği travertenlere göre göreceli daha soğuk suların çökelttiği karbonat kayaçlarıdır. Kuvaterner dönemine ait bu çökellerin, özellikle iklim çalışmaları konusunda oldukça iyi sonuçlar vermesi, tüm araştırmaların tufa, traverten ve mağara çökelleri gibi kalsiyum karbonatça zengin karasal tortulların üzerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Ancak, ülkemizde yapılan çalışmalar henüz yeterli bir düzeye ulaşmamıştır ve bu durum iklim değişimlerini anlamamızı ve diğer ülkelerdeki veriler ile karşılaştırmamızı önemli ölçümlerde kısıtlamaktadır. Geçmişteki iklim değişimlerini anlamak, gelecekteki iklimsel öngörülerin de alt yapısı oluşturmaktadır. Bu bağlamda Kuvaterner yaşlı traverten ve tufaların oluşum ortamı, yaşı, kökeni, diyajenez süreçleri ile ilgili elde edilen her veri, bölgenin, paleoortamsal ve paleoiklimsel değişimleri hakkında da önemli ipuçları sunmaktadır.

1.6. Yer Radarı (GPR) Yöntemi

1.6.1. Yöntemin Tarihçesi

Radarin bulunuşuna ilk adımı 1886 yılında Alman fizikçisi Heinrich R. Hertz atmıştır. Hertz elektromanyetik dalgaların ışık (EM) gibi yayılmasını ve yansımaları ispatlamıştır. 1904 yılında, Christian Hülsmeier gemilerin birbiriyle çarpışmasını önlemek amacıyla, EM dalgalar ile gemilerin yerini belirlemede kullanılabilecek sistemi bulmuştur. Hülsmeier, EM dalgalar ile gemilerin yerini belirlemede kullanılabilecek icadını, Ren nehrinde bulunan buharlı bir geminin yerinin tespiti için denemiştir. Denemeler sonunda geminin resmi ortaya çıkmıştır, böylece geliştirdiği cihazın kullanılabilirliğini kanıtlamıştır. 1925 yılında, Merle A. Tuve, Amerika'da darbeler halinde EM dalga oluşturunca, bugünkü anlamda radara geçiş sağlanmıştır. Amerikan fizikçilerin radar konusu ile ilgili çalışmaları artmıştır. 1940 yılında 180 km mesafedeki hedefi hassas bir şekilde tespit edebilecek radarlar yapılmıştır. 1940 yılında İngiliz fizikçilerin keşiflerinden sonra, radar gücü birkaç bin misli artırılmış, Almanların savaşı kaybetmelerinde büyük rolü olan bu buluş ile modern radarların yapımına geçilmiştir. Bu dönemde ilk kez yer altındaki nesnelerin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca bu dönemde kutuplardaki buz tabakası kalınlığını belirlemede ve gezegen araştırmalarında kullanılmıştır (Davis ve Annan, 1989).

1970'den günümüze kadar doğal yer altı koşullarının ve özelliklerinin sürekliliğini ve varlığını araştıran, gömülü objelerin derinliğini ve yerini belirlemek amacıyla kullanılan bir yöntem haline gelmiştir.

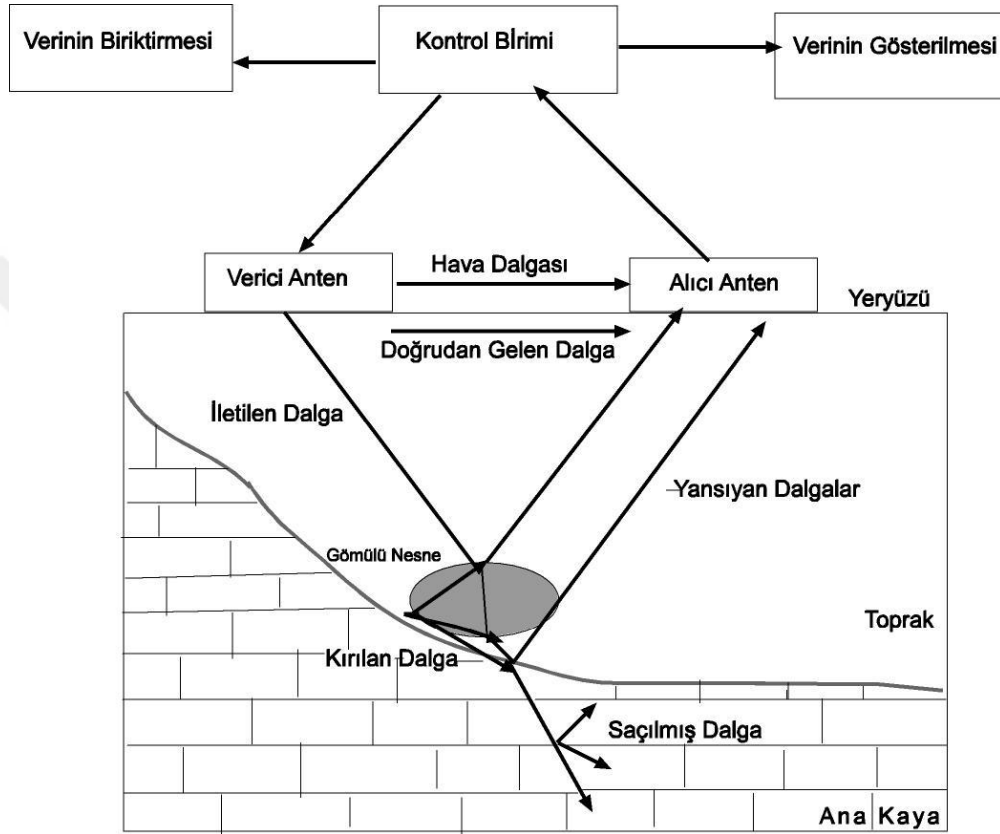
1.6.2. Yöntemin Tanımı ve Çalışma İlkesi

Yeraltındaki tabakalar ve gömülü cisimlerin bileşimlerine özgü fiziksel ve kimyasal özellikleri vardır. Bu özellikler, gömülü nesnelere ya da tabakaların bulunduğu ortamdaki farklı özellikte olmasına sebep olur (Tablo 1). Yer radarı yöntemi, yeraltına gönderilen çok yüksek frekanslı EM dalgalar yardımı ile yer içi veya yer içinde bulunan nesnelere hakkında bilginin toplanması ve değerlendirilmesini sağlayan bir jeofizik yöntemdir.

Tablo 1. Bazı jeolojik malzemelere ait dielektrik, iletkenlik, hız değerleri (Annan, 2000'den alınmıştır).

Malzeme	Bağıl dielektrik katsayısı (ϵ_r)	İletkenlik (σ ms/m)	Yayıma Hızı (V_1 m/ns)
Hava	1	0	0,3
Buz	3-4	0,01	0,16
Su (Taze)	80	0,5	0,033
Su (Tuzlu)	80	3000	0,01
Topraklar			
Kil	5-40	2-1000	0,06
Toprak (Kuru)	3-5	0,01	0,15
Toprak (Doygun)	20-30	0,1-1,0	0,06
Silt	5-30	1-100	0,07
Mineraller			
Kalsit	7,8-8,5	$5 \cdot 10^{-10}$	0,11
Kuvars	4,2-5	$3 \cdot 10^{-4}$ - $5 \cdot 10^{-12}$	0,13-0,15
Tortul Kayaçlar			
Kireçtaşı	4-8	0,5-2	0,12
Tuz (Kuru)	5-6	0,01-1	0,13
Kumtaşı	4<7-12	$1 \cdot 10^{-5}$ -0,7	0,09-0,14
Şeyl	5-16	1-100	0,09
Magmatik Kayaçlar			
Bazalt	12	$8 \cdot 10^{-6}$ -0,025	0,09
Dasit	6,8-8,2	0,05	0,12
Diyabaz	10,5-34,5	$2 \cdot 10^{-5}$ -50	0,05-0,09
Diyorit	6	0,0002-0,002	0,12
Gabro	8,5-40	0,001-1	0,05-0,10
Granit	4,6	0,01-1	0,13
Norit	61	0,02-1	0,04
Peridotit	8,6	0,15-0,33	0,1

Yöntemde, verici anten aracılığıyla yer içine çok yüksek frekanslı EM dalgalar gönderilir. Yer içine gönderilen bu dalgalar herhangi bir nesne ile karşılaştıklarında yansıma ve saçılmaya uğrarlar. Yansıyan ve saçılan dalgalar da alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtçı yardımıyla zamanın fonksiyonu olarak kayıt edilirler (Şekil 3). Varış zamanına göre kaydedilen dalgalar grubuna dalga alanı adı verilir.



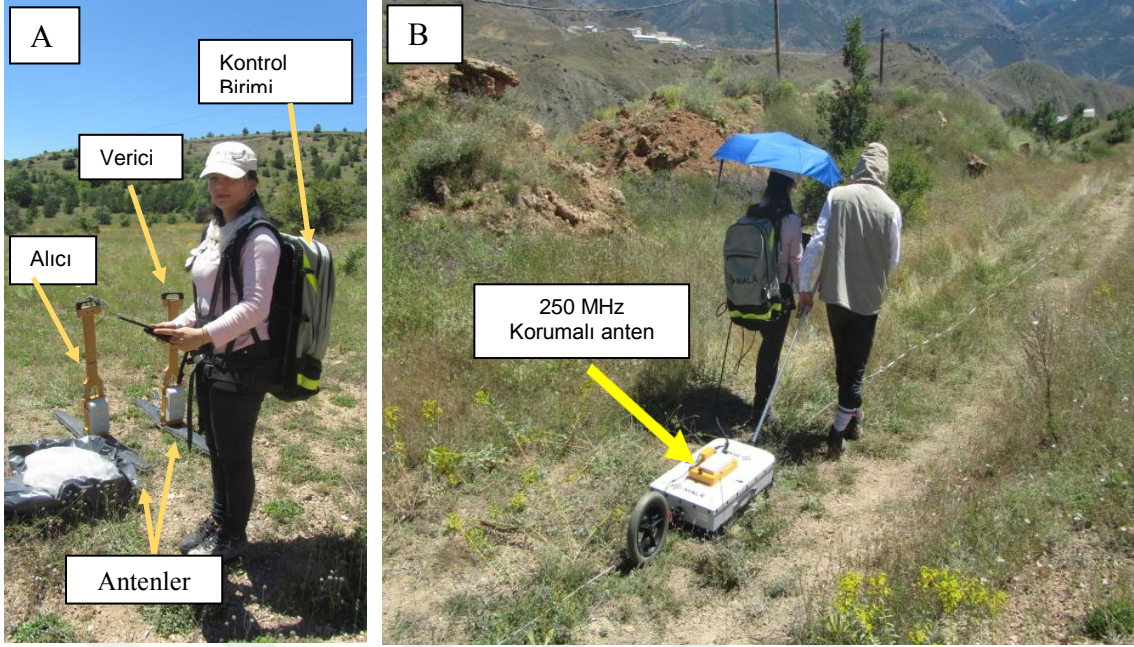
Şekil 3. Yer radarı (GPR) çalışma prensibi.

Yöntemin kullanım alanları başlıca yapısal araştırmalarda toprak stratigrafisinin ortaya çıkarılmasında (Davis ve Annan, 1989), yüzeye yakın jeolojik birimlerin belirlenmesinde (Koralay vd., 2007), fay, kırık ve çatlakların haritalanmasında (Grandjean ve Gaury, 1999; Green vd., 2003; Kadioğlu ve Daniels, 2008), yeraltı karstik boşluklarının aranmasında (Kadioğlu vd., 2006), yeraltı su seviyesinin belirlenmesinde (Harrari, 1996; Dannowski ve Yaramancı, 1999; Aspiron ve Aigner, 1999), yüzeye yakın sıvı hidrokarbon aramalarında (Changryol vd., 2000) kullanılır. Son yıllarda çok yaygın olarak arkeolojik çalışmalarda tapınak, mezar, duvar, temel ve benzeri tarihi kalıntıların bulunmasında (Sambuelli vd., 1999; Kadioğlu vd., 2006), metalik cisim arama çalışmalarında yeraltında gömülü boru, boru hattı, su veya

akaryakıt tankı ve eski endüstriyel atık alanlarının bulunmasında (Carcione, 1996; Kadioğlu ve Daniels, 2008; Kurt vd., 2009), zemin araştırmalarında, tünel araştırmalarında karayolu, demiryolu, su tünelleri, tüp geçitler, maden galerileri içinde duvar cephelerinin sağlamlık tespitinde, galeri içinde bozunmuş zon ve cevher aramada, galeri ilerleme yönü belirlemelerinde (Cardelli vd., 2003) ve yeraltındaki insan kalıntılarını aramada (Hammon vd., 2000) kullanılmaktadır.

1.6.3. Yöntem Ekipmanları ve Ekipmanların Görevleri

Yer radarı ekipmanları genel olarak verici anten ve elektroniği, alıcı anten ve elektroniği, kontrol ünitesi (sistem), kayıt ünitesi ve gösterim ünitesinden oluşur Şekil 4(A). Kapalı anten düzeneklerinde kapalı bir kutu içinde merkez frekansına uygun aralıklarla koşullandırılmış verici ve alıcı elektroniği bulunmaktadır Şekil 4(A-B). Kontrol ünitesi, radar sinyal üretimini ve daha sonra bir zaman fonksiyonu olarak gelen sinyalleri kontrol eder. Verici elektroniği ve verici anten çifti, yayılan sinyalin frekansını ve şeklini belirler. Alıcı elektroniği ve alıcı anten, verici elektroniği ve anteni özelliklerine göre tanımlıdır. Yer içinden yansımış veya saçılmış sinyal anten aracılığı ile alıcı elektroniğine ulaştırılır. Amaç zamanın bir fonksiyonu olarak gelen sinyalin genlik değişimini ölçmektir. Kayıt ünitesi, alıcı ünitesinden gelen sinyali kaydeder. Gösterim ünitesi, her bir kayıt noktasında elde edilen sinyalin kayıt ekranında görüntülenmesini sağlar.



Şekil 4. 100 MHz Korumasız (A) ve 250 MHz Korumalı Antenler (B).

1.6.4. Yer Radarı Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Yer radarı yönteminin günümüzde birçok probleme karşı tercih edilen bir yöntem haline gelmesinde etkili olan birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar;

- Yüksek frekanslı kaynak kullanılması ve yığma yapılabilmesi nedeni ile elde edilen çözünürlük yüksektir.
- Hedef yapı veya objenin yeri ve derinliği duyarlı bir şekilde belirlenebilmektedir.
- Arazide uygulanış bakımından kullanılan ağıta ve çalışma ortamına bağlı olmakla birlikte genelde kolaydır.
- İnsan kaynaklı gürültüler veri işlem teknikleri ile atılabilir.
- Diğer jeofizik yöntemlerin aksine kullanıldığı araştırma sahasına herhangi bir hasar vermeden uygulanmaktadır.

Yöntemin dezavantajları ise;

- Çalışma alanındaki jeolojik unsurların etkisi sinyallerin yeraltına nüfuz etmesini engelleyebilmektedir. Eğer yer iletkenliği çok yüksek ise yer-hava ara yüzeylerinde enerji yayılımında keskin yansıma sinyali yaratabilir ve iletken birimler üzerinde bilgi alınması zor olmaktadır.

- Çevredeki radyo vericileri, önemli bir gürültü kaynağıdır ve ölçülen sinyaller kayıt aygıtının dışına taşabilirler.

- Kayıtlara çevredeki yapılardan gelen yansımalar karışabilmektedir. Yansımalar sismik yöntemde olduğu gibi yanlardan gelebilir ve yansıtıcı metalik nesne ise çok keskin olabilmektedirler.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada; Bahçecik (Tekke-Gümüşhane) ve çevresinde yüzeyleme veren travertenlerden alınan sistematik örneklerle, çökelmiş travertenlerin fasiyeslerini, fasiyeslerin birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koymak, çökellerin oluşum süreçlerini, traverten örneklerinden elde edilecek olan $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop bulgularıyla paleoiklimsel kayıtlara ulaşılması ve arazi çalışması sırasında yapılacak GPR (Yer radarı) ölçümleriyle traverten yüzeylemelerinin kalınlığı, geometrisi ve süreksizlik içeriğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmalar, arazi, laboratuvar ve büro çalışması olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1. Arazi Çalışmaları

Traverten ve tufa çalışmalarının en temel aşamasını detaylı bir arazi çalışması oluşturmaktadır. Bu çökeller üzerindeki her türlü sedimanter yapıyı, bu yapıların yanal ve düşey yönde izlenmesi ve değişimlerinin belirlenmesi paleoortamsal yorumlamalarda oldukça önemli adımlardır. Bu amaçla, arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Sedimanter Petrografik Örneklerin Alınması

Sistematik olarak ölçülü stratigrafik kesitlerinin alınması; traverten ve tufa çökellerinin yanal ve düşey yönde değişimlerini detaylı bir şekilde ortaya koymak amacıyla istiflerin en güzel ve açıklayıcı gözlemlendiği hatlardan sistematik loglar alınmıştır. Bu kesitlerde çökellerin tabandan tavana bütün sedimantolojik özellikleri not edilmiştir. İstif tabandan tavana ölçülü şekilde mümkün olduğu kadar sık aralıklarla ve yönlü şekilde örneklenmiş ve fotoğraflanmıştır. Alınan bu örnekler laboratuvar çalışmaları sırasında dokusal ve fasiyes özelliklerini belirleyebilmek için ince kesitler ve duraylı izotop çalışmaları için kullanılacak olan örneklerdir.

2.1.2. Yer Radarı

Yer radarı (GPR); arazi çalışmalarında kullanılacak jeofiziksel yöntem yer radarı (GPR) dir. Yer radarı, araştırılan ortamın sığ derinliklerini yüksek çözünürlükte

görüntüleyebilen elektromanyetik bir yöntemdir (Davis ve Annan, 1986). GPR genel olarak yer altındaki gömülü yapıları ve bunların özelliklerini haritalamak için 10 MHz ile 6000 MHz frekans aralığında radyo dalgalarını kullanmaktadır. Yer radarı yöntemi, yeraltına gönderilen yüksek merkez-frekanslı (10-6000 MHz arası) elektromanyetik radar sinyallerinin yer içinde yayılımı sırasında farklı dielektrik özelliklere sahip süreksizliklerle karşılaştıklarında, enerjilerinin bir kısmının geriye yansıyor yüzeydeki alıcı antende dalgaın çift yol seyahat zamanı nanosaniye cinsinden kaydedilmesi esasına dayanmaktadır (Van der Kruck vd., 1999). Yer altının yüksek çözünürlükle görüntülenmesini sağlayan Yer Radarı, yeraltındaki farklı iletkenlik ve hızlardaki nesnelere nedeniyle sağlıklı bilgi toplanmasına ve değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Kullanılacak olan bu yöntem sayesinde Bahçecik Travertenlerinin sahada verdikleri yüzeyleme kalınlığı, içyapıları ve içermiş oldukları kırık, çatlak ve süreksizlik yapıları ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

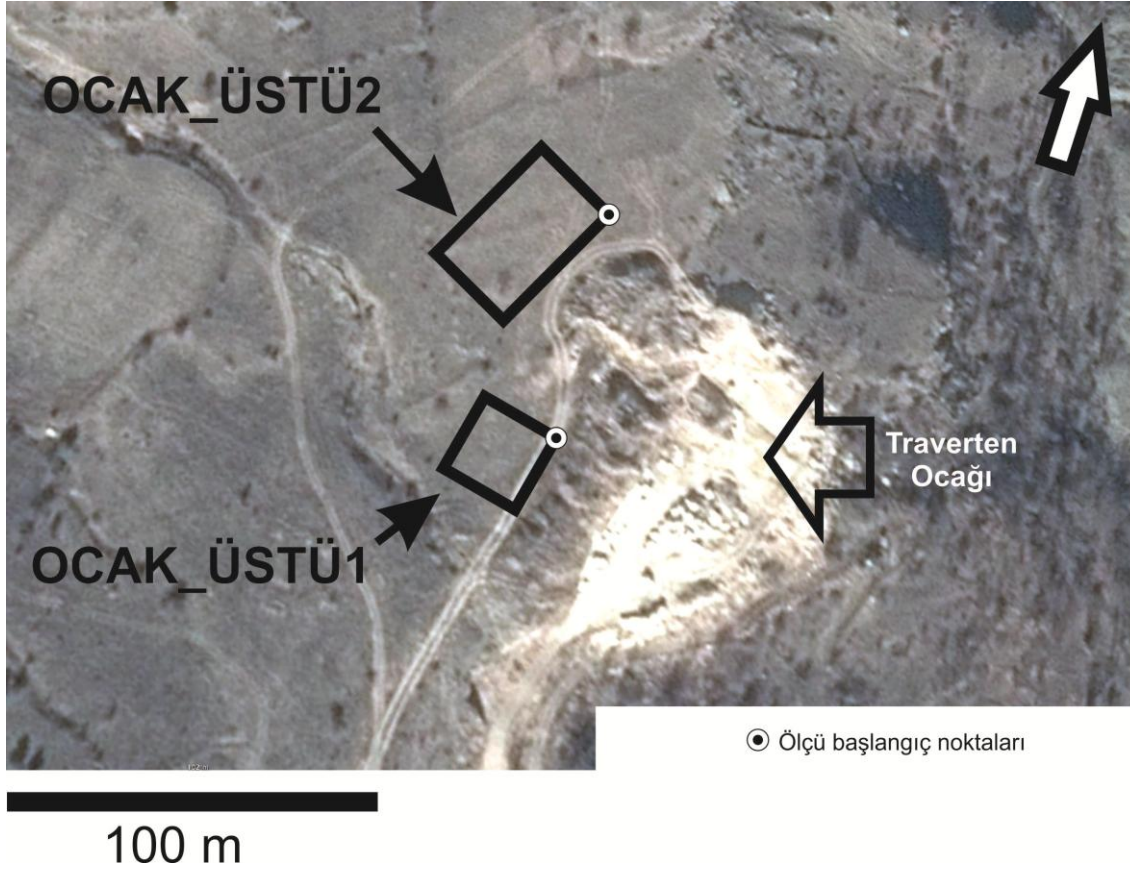
2.1.2.1. Yer Radarı Verilerinin Toplanması

Gümüşhane ili Bahçecik traverten sahasında kırıklı çatlaklı yapıların belirlenmesi amacıyla, Jeofizik yöntemlerden bu konuda başarılı sonuçlar veren yer radarı yöntemi iki farklı çalışma alanı (Ocak_üstü 1, Ocak_üstü 2) belirlenmiştir. Bu profillerin koordinatlarının başlangıç ve bitiş noktaları GPS ile okunmuştur. 1-100-4 (ocak_üstü 1-100 mhz'lik-4. profil hattı), 2-250-6 (ocak_üstü 2-250 mhz'lik-6. profil hattı) yer radarı radargramları olarak adlandırıldı. İlk olarak ocağın üst kısmında Ocak_üstü 1 olarak adlandırılan sahada Şekil 6(A), 14 adet D-B doğrultuda, 16 adet K-G doğrultuda olmak üzere toplamda 30 yer radarı ölçümü alınmıştır Şekil 6(B). Daha sonra Ocak_üstü 2 olarak adlandırılan sahada Şekil 7(A), 22 adet KD-GB doğrultuda, 14 adet KB-GD doğrultuda toplam 36 ölçüm olmak üzere farklı antenler kullanılarak GPR verileri toplanmıştır Şekil 7(B). Çalışmalarda Proex GPR sistemi ve bu sisteme ait 100 MHz korumasız ile 250 MHz korumalı antenler kullanılmıştır.

2.1.2.2. Yer Radarı Çalışma Sahaları

Bu tez çalışma sahası Gümüşhane ilinden 29 km uzaklıkta bulunan Tekke Nahiyesi, Bahçecik Köyü KD'sunda Güvencem Mermer ve Madencilik Şirketinin

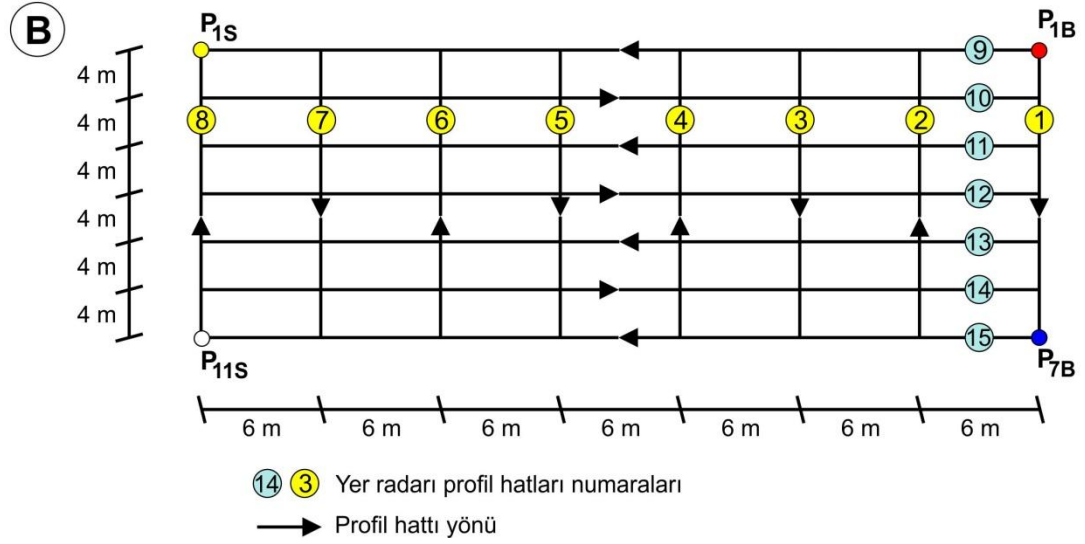
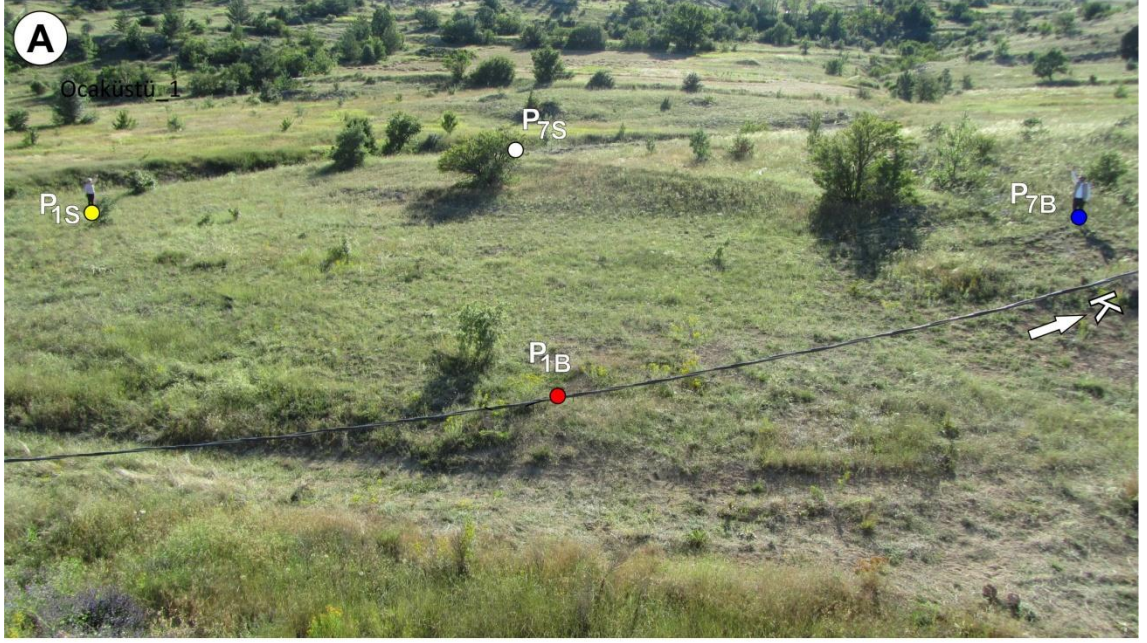
ruhsatlı sahası içerisinde Güvencem Mermer ve Madencilik tarafından açılmış traverten ocağı civarında yer almaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Gümüşhane Güvencem Mermer'e ait Bahçecik Traverten sahası uydu görüntüsü ve Yer Radarı ölçümleri alınan alanlar (Google Earth'den alınmıştır).

2.1.2.2.1. Çalışma Sahası 1 (Ocak_üstü 1)

Ocak_üstü 1 çalışma alanında Şekil 6(A)'da, 100 MHz'lik korumasız anten ile 7 adet D-B ve 8 adet K-G doğrultuda olmak üzere toplamda 15 yer radarı ölçümü alınmıştır Şekil 6(B). Bu sahadaki profil aralıkları 4 m ve 6 m olarak alınmıştır. Profil yaklaşık uzunluğu 26-42 m arasında değişmektedir. İz aralıkları 0.1 m'dir. Aynı şekilde 250 MHz'lik anten ile de 7 adet D-B ve 8 adet K-G doğrultuda olmak üzere toplamda 15 yer radarı ölçümü alınmıştır Şekil 6(B).

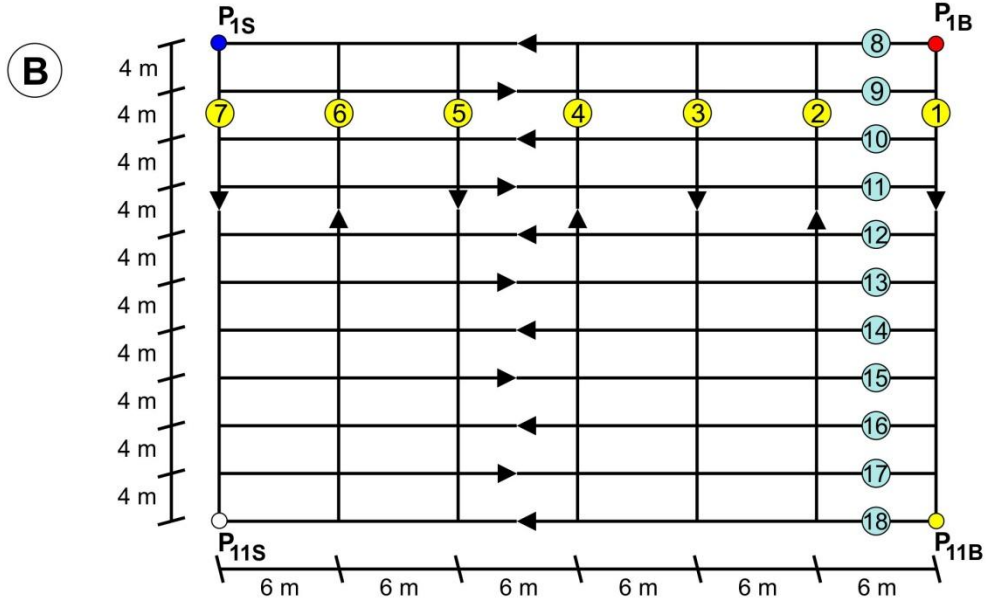


Şekil 6. (A) Ocak_üstü 1 sahasının genel görünümü ve başlangıç bitiş noktaları ((P_{1B} (x: 05515503, y: 4476458), P_{1S} (x: 0551496, y: 4476420), P_{7B} (x: 0551480, y: 4476471), P_{11S} (x: 0551473, y:4476431)). (B) Ocak_üstü 1 sahasının ölçü krokisi.

2.1.2.2.2. Çalışma Sahası 2 (Ocak_üstü 2)

Ocak_üstü 2 çalışma alanında Şekil 7(A)'da, 100 MHz'lik korumasız anten ile 7 adet KB-GD doğrultuda ve 11 adet KD-GB doğrultuda olmak üzere toplamda 18 yer radarı ölçümü alınmıştır Şekil 7(B). Bu sahadaki profil aralıkları 4 m ve 6 m olarak alınmıştır. Profil yaklaşık uzunluğu 42 m arasında değişmektedir. Aynı şekilde 250

MHz'lik anten ile de 7 adet KB-GD doğrultuda ve 11 adet KD-GB doğrultuda olmak üzere toplamda 18 yer radarı ölçümü alınmıştır Şekil 7(B).



⑭ ③ Yer radarı profil hatları numaraları

→ Profil hattı yönü

Şekil 7. (A) Ocak_üstü 2 sahasının genel görünümü ve başlangıç bitiş noktaları ((P_{1B} (x: 05515502, y: 4476552), P_{1S} (x: 0551491, y: 4476515), P_{11B} (x: 0551464, y: 4476567), P_{11S} (x: 0551450, y: 4476531))). (B) Ocak_üstü 2 sahasının ölçü krokisi.

2.1.2.2.3. Yer Radarı Verilerinin (GPR) Değerlendirilmesi

Bu çalışmada GPR verilerine uygulanan temel veri işlem aşamaları; *dewow*, *energy decay* ve *background removal*' dır.

Çalışma sahalarının düzgün olması nedeniyle verilere yükseklik düzeltmesi uygulanmamıştır. Bu sahaların etrafında yüzeysel gürültü kaynaklarının etkilerinin olmayışından dolayı sinyal/gürültü oranı yüksek bir şekilde veriler elde edilmiştir. Toplanan verilerden elde edilen radargramlar Şekil 6(B) ve 7(B)'de görüldüğü gibi ok yönünde hareket edilmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7).

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları; petrografik analiz çalışmaları ve duraylı izotop çalışmaları olarak değerlendirilebilir.

2.2.1. Sedimanter Petrografik Çalışmalar

Petrografik analiz (İnce kesit, dokusal analizi); traverten ve tufaların mikro fasiyeslerinin belirlenmesinde, bu çökelleri oluşturan bitki ve organizmaların tanımlanmasında, ince kesit çalışmaları oldukça önemlidir. Karasal karbonatların içermiş oldukları dokusal özellikler oluşum ortamı ve şartlarını yansıtmaktadır. Bu açıdan sistematik olarak alınan örneklerdeki dokusal ve petrografik özellikler önemlidir.

2.2.2. Palinolojik Amaçlı Örneklerdeki Çalışmalar

İnceleme alanında yer alan eski toprak (paleosol) seviyelerinden alınan örneklerin palinolojik amaçlı incelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Doç. Dr. Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER tarafından gerçekleştirilmiştir.

2.2.2.1. Örneklerin Mikroskopta İncelemeye Hazırlanması

Bir örneğin içerdiği sporomorfaların mikroskopta gözlenebilmesi için, o örneği oluşturan mineralleri yok ederek geriye fosillerin kalmasını sağlamak gerekir. Bu amaçla örnekler üzerine uygulanan tüm laboratuvar işlemlerine "maserasyon" adı verilir.

Araziden alınan bir örneğe uygulanan işlemler adım adım şu şekildedir;

1 ve 2. Adım: Temizlendikten sonra kırılan örnek ve 2 mm boyutunda öğütüldükten sonra, çeyrekleme ile beşer gramlık kısımlar ayrılır ve erlenmayere konur.

3. Adım: Örnek içindeki karbonatlardan HCl asidi kullanılarak suda çözünebilir bir tuz oluşturmak amacıyla, %32'lik 30 ml HCl erlenmayere içindeki örnek üzerine yavaş yavaş karıştırılarak ilave edilir.

4. Adım: Örnek içindeki silikatları uçucu silisyum tetraflorür (SiF_4) bileşiği haline getirmek amacıyla, geriye kalan örnek fluosilik asid (H_2SiF_4) ile yıkanarak silikatlar ortamdandır alınır.

5. Adım: 4. Adımdan sonra mikroskopta kontrol edilen örnekler içinde çözünmemiş florid tuzları (CaF_2 - MgF_2) görünüyorsa, bunları örnekten uzaklaştırmaktır. Bunun için; Az miktarda sıcak arı H_2O ile kaba alınan örnek üzerine 10-15 ml HCl ilave edilir ve sıkça karıştırılarak sıcak tabla veya sıcak kum banyosunda kaynatılır. Daha sonra, üç kez arı H_2O ile santrifüjlenir.

6. Adım: Amaç, kömüre kömürleşme derecesi ile doğru orantılı olarak kaybettiği oksijeni geri vermektir. Ayrışmış organik artıkların, alkali bazlarda çözünebilir humik asitlere dönüşmesini sağlamak için bu basamak uygulanır. "Kuru schulze" yöntemine uygun olarak, 5 gr KClO_3 karıştırılır, üzerine %65'lik 30 ml, HNO_3 yavaş yavaş eklenir. Reaksiyon ekzotermiktir. Gaz çıkışı ile birlikte ısınma azaldıkça asit eklenmesi yapılır ve karıştırılır. Oksidasyonun tamamlanması, kalıntının renginin siyah kahverenginden koyu kahverengine olan dönüşümü ile anlaşılır. Mikroskop denetimi emin olmayı sağlar. Oksidasyon süresi 1-15 gün arasında değişmektedir. Çözeltiyi asitten arındırmak için en az üç kez arı H_2O ile santrifüjlenir.

7. Adım: Oksitlenme ile ayrıştırılan kömürün içerdiği sporomorfaları çevreleyen hümit maddeleri suda eriyebilir. Duruma getirmektedir. Schulze eriyiğinden yıkanarak temizlenmiş örnek cam erlenmayere içine alınır ve üzerine 98 cm^3 su eklenerek $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar ısıtılır. 2 gr NaOH ısıtılmış örnek üzerine eklenir, kısa bir süre 2-3 dakika

karıştırılır. Arı H₂O ile santrifüjlenir. Örnekten geriye kalan tortu yeterince arı H₂O ile şişeye alınır. Şişe içine ayrıca 1-2 damla gliserin, 4-5 damla alkol eklenir.

8. Adım: Maserasyon işlemleri tamamlanmış örneğin şişesi iyice çalkalanarak homojenliği sağlanır. Pipet yardımıyla örnekten bir damla alınarak üzerinde jelatinli gliserin ısıtılarak eritilir ve lamel kapatılarak incelemeye hazır duruma getirilir. Araştırma mikroskobu ile sürdürülen incelemeler sırasında saptanan cins ve türlerin koordinatları işaretlenir. Yalnızca kömürden oluşan örneklere altıncı, kömürün yanı sıra mineral malzeme içeren örneklere ise, üçüncü aşamadan başlayarak kimyasal işlemler uygulanır.

2.2.3. Paleoiklimsel Çalışmalar

Duraylı izotop analizleri; traverten ve tufa çökellerinin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop analizleri yapılarak, bu çökellerin depolanmasında etkili olan karbonun kökeni ve oksijen izotop verileriyle de iklim değişimindeki salınımlar hakkında önemli bilgiler elde edilecektir. Karbon izotop değerlerindeki değişim, akış sırasında sıcaklığın düşmesi, buharlaşma, toprak zonundan veya yüzey sularından katılım yanında, fotosentez gibi biyojenik süreçlerle de mümkün olabilmektedir (Guo vd., 1996).

Karbon ve oksijen izotop analizleri, Spötl ve Vennemann (2003) tekniğini kullanarak gerçekleştirilmiştir.

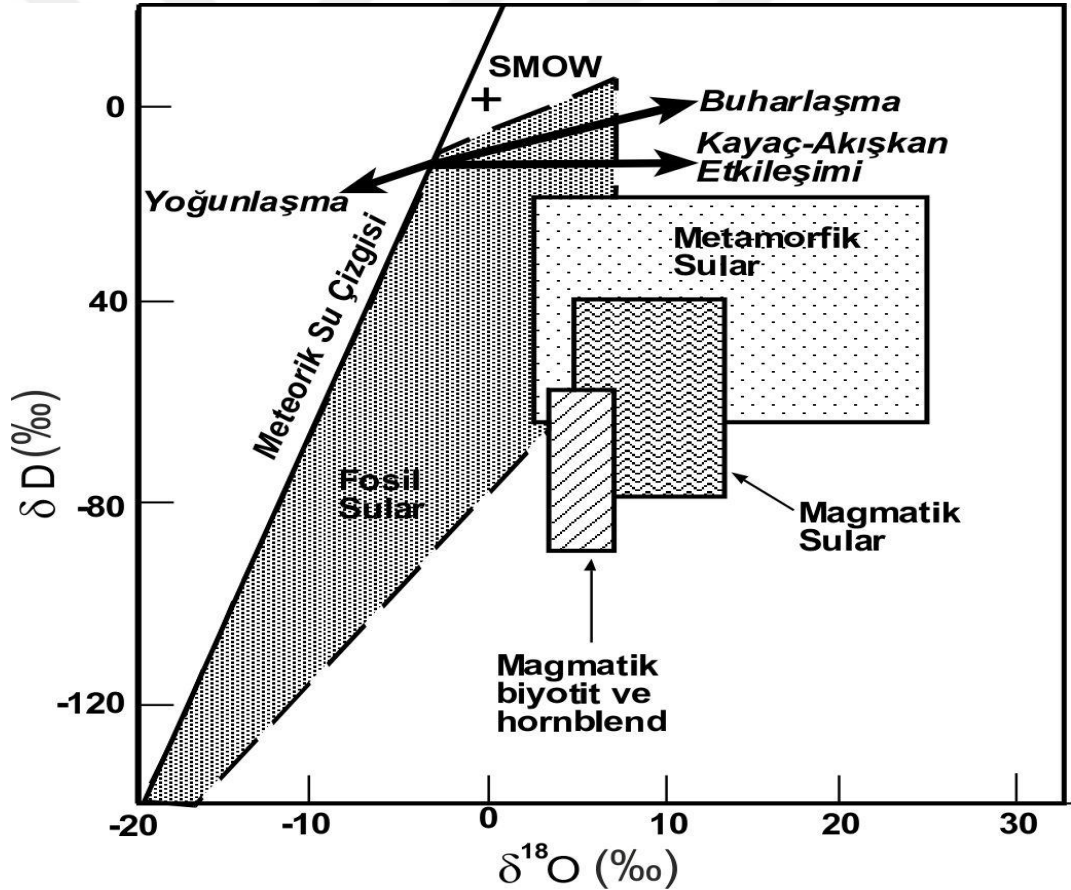
2.2.3.1. Duraylı (Kararlı) İzotoplar

Duraylı (kararlı) izotoplar, radyoaktif bozuşma göstermeyen izotoplardır. Bu tip izotopların doğadaki derişimleri, İzotop ayrışması adı verilen bir süreç ile kontrol edilmektedir. Doğadaki elementlerin pek çoğu birden fazla duraylı izotopa sahiptir. Atomik kütlesi 40'dan daha küçük olan atomların farklı izotopları, çeşitli fiziko-kimyasal süreçler sırasında, birbirlerinden ayrılabilir. Bu ayrılma, İzotop Ayrışması (*Isotope Fractionation*) olarak isimlendirilmektedir. Jeotermal sistemlerde en yaygın fiziko-kimyasal süreçler, yoğunlaşma (*condensation*), buharlaşma, gaz fazı ayrılması ve mineral-akışkan tepkimeleri gibi süreçlerdir. İzotop ayrışması, izotopların atomik kütleleri arasındaki fark ile orantılı olarak

gelişmektedir. Atomik kütlesi 40'dan daha büyük olan izotoplarda bu fark (Δm) tüm kütlelerin çok az bir bölümüne ($\Delta m/m$) karşılık geldiğinden, bu tip izotoplarda kayda değer bir ayırılma gerçekleşmemektedir.

2.2.3.2. Jeotermal Kaynaklarda Duraylı İzotoplar

Jeotermal suların kaynakları uzun yıllar araştırmacılar için çözülmesi gerekli bir sorun olarak kalmıştır. Yapılan çalışmalar, doğal suların 5 ana bileşene (kaynağa) sahip olduğunu göstermiştir: 1) meteorik sular (ağışlar, akarsu ve göl gibi yüzey suları ve yeraltı suları), 2) deniz suyu, 3) derin kökenli fosil sular, 4) metamorfizma sürecinde salınan metamorfik sular ve 5) magmatik sular.



Şekil 8. Farklı su kaynaklarının izotop bileşimini ve fiziko-kimyasal süreçlerin su bileşimi üzerine etkilerini gösterir $\delta D - \delta^{18}O$ diyagramı (veri kaynakları: magmatik sular - Taylor, 1974; Sheppard, 1977; metamorfik sular - Taylor, 1974; Sheppard, 1981; fosil sular - Taylor, 1974; magmatik biyotit ve hornblend - Taylor, 1974).

Söz konusu bu bileşenlerin her biri kendilerine özgü izotop bileşimlerine sahiptir (Şekil 8). Yukarıda bahsedildiği üzere, meteorik suların SD ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimleri çizgisel bir ilişki sergilemektedir. Deniz suyu meteorik sulara oranla ağır izotoplar açısından daha zengindir ve deniz suyu ortalaması referans standart olarak kullanılmaktadır. Fosil sular sedimanter havzalarda, diyajenetik süreçler sırasında, sedimanlar içerisinde hapsedilmiş olan (ve esas olarak meteorik ya da deniz suyu kökenli) olan sulardır. Magmatik suların izotop bileşimi, magmatik kayaçların izotop bileşimlerinden yola çıkılarak tanımlanmıştır ve $\delta^{18}\text{O}$ ile δD değerleri, sırasıyla, +5,5 ile +13 ‰ ve -40 ile -80 ‰ arasında değişmektedir (Taylor, 1974; Sheppard, 1981). Metamorfik suların izotop bileşimleri, (300-600 °C civarındaki sıcaklıklarda) metamorfizma sırasında, oksijen ve hidrojen içeren mineraller ile akışkan arasındaki denge durumuyla kontrol edilmektedir; bu suların $\delta^{18}\text{O}$ ile δD değerleri, sırasıyla, +3 ile +25 ‰ ve -20 ile -65 ‰ arasında değişmektedir (Taylor, 1974; Sheppard, 1981).

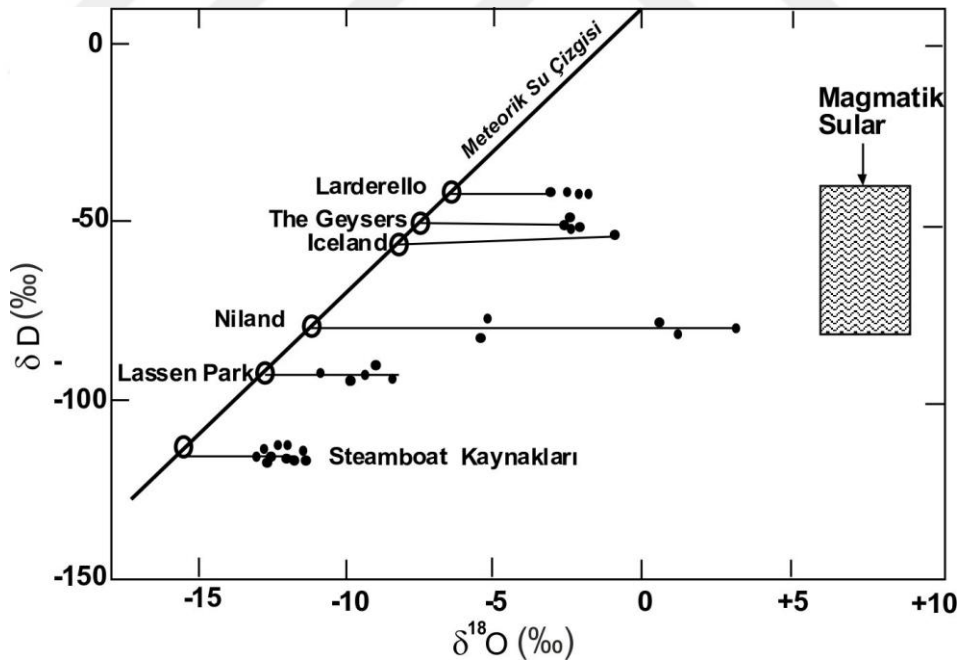
Jeotermal sular tek bir kaynağa sahip olabileceği gibi farklı kaynaklardan türeyen suların bir karışımından da oluşabilirler. Nitekim uzun yıllar boyunca jeotermal suların magmatik kökenli veya meteorik+magmatik katkılı sular olduğu düşünülmüştür. Ancak, meteorik ve magmatik suların karışımından oluşan jeotermal suların izotop bileşimlerinin, Şekil 8’de gösterilen diyagramda, meteorik su çizgisinden magmatik sular alanına doğru uzanan yönelimler göstermesi beklenirken, pek çok jeotermal sahada suların meteorik su bileşimine yakın bileşimler verdiği (ancak $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin pozitif değerlere doğru sapma gösterdiği) gözlenmiştir (Şekil 8). Bu nedenle, bugün çoğu jeotermal suların esas olarak meteorik kökenli olduğu ve derin dolaşimleri sırasında jeotermal gradyan etkisi ile ısındıkları kabul edilmektedir. Jeotermal suların, meteorik sulara oranla daha yüksek $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine sahip oluşu ise suların yeraltı dolaşimleri sırasında yan kayaçlar ile etkileşimde bulunmasına bağlanmaktadır.

Ağır izotoplar açısından zengin kayaçlar ile jeotermal akışkan arasındaki etkileşim sonucu akışkan ağır izotoplarca zenginleşmekte ve bileşimi pozitif $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine doğru değişmektedir. Hidrojen ise kayaçların ana bileşenlerinden biri olmadığından (ve kayaçtaki hidrojen miktarı akışkan örneklerine oranla çok daha düşük olduğundan), kayaç-akışkan etkileşimi jeotermal suların δD değerleri üzerinde bir değişikliğe neden olmamaktadır.

2.2.3.3. Karasal Karbonat Çökellerinde Duraylı İzotop Verileri

Traverten ve tufa gibi karasal karbonat çökellerine ait duraylı izotop değerleri ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$), karbonatlardaki CO_2 kaynağını belirleyerek, sıcaklık, toprak ve bitki gelişimi gibi önemli parametrelerin elde edilmesinde ve böylelikle paleoortamsal yorumlamalarda oldukça önemli veriler sunmaktadır (Andrews, 2006). Karbon değerlerindeki değişim, akış sırasında sıcaklığın düşmesi, buharlaşma, toprak zonundan veya yüzey sularından katılım yanında, fotosentez gibi biyogenik süreçlerle de mümkün olabilmektedir (Chafetz vd., 1991; Guo vd., 1996).

Traverten ve tufa gibi bu karasal çökellerin palaeoortamsal gelişimini, bölgedeki tektonik aktivitenin bu çökeller üzerindeki etkisini ve paleoklimsel değişimini belirlemek, dünyanın çeşitli yerlerinde gelişen karasal çökeller ile olan benzerliklerini veya farklılıklarını net bir şekilde ortaya koyabilmek için duraylı izotop analizi oldukça önemlidir (Şekil 9).



Şekil 9. Çeşitli jeotermal sahalarda meteorik suların ve sıcak su kaynaklarının izotop bileşimini gösterir $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ diyagramı (içi dolu daireler sıcak kaynak sularının, içi boş daireler ise ilişkin jeotermal sahalardaki meteorik suların ortalama bileşimini göstermektedir; meteorik su ve sıcak su bileşimlerini birleştiren çizgiler, kayaç-akışkan etkileşimine bağlı olarak sıcak sulardaki bileşimlerin değişimini yansıtmaktadır (Arnorsson, 2000'den alınmıştır).

2.3. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları, tezin her aşamasındaki araştırma, yorumlama ve yazım çalışmalarını kapsamaktadır. Tez konusu ve amacının belirlenmesinden itibaren inceleme alanının jeolojik evrimine yönelik çalışmalar (rapor, makale, tez, jeolojik ve topoğrafik haritalar) derlenmiş ve inceleme alanı hakkında gerekli bilgiler toplanmıştır. Yine büro çalışmaları sırasında, tez konusunu oluşturan travertenler ile ilgili kaynaklar derlenerek titizlikle incelenmiştir. Büro çalışmasının son aşamasında ise, saha ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen bilgiler yorumlanmış ölçülü stratigrafik kesitler, haritalar, analizler ve şekiller çizilmiş, fotoğraflar hazırlanmıştır. Literatür bilgileri ile kıyaslanarak tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

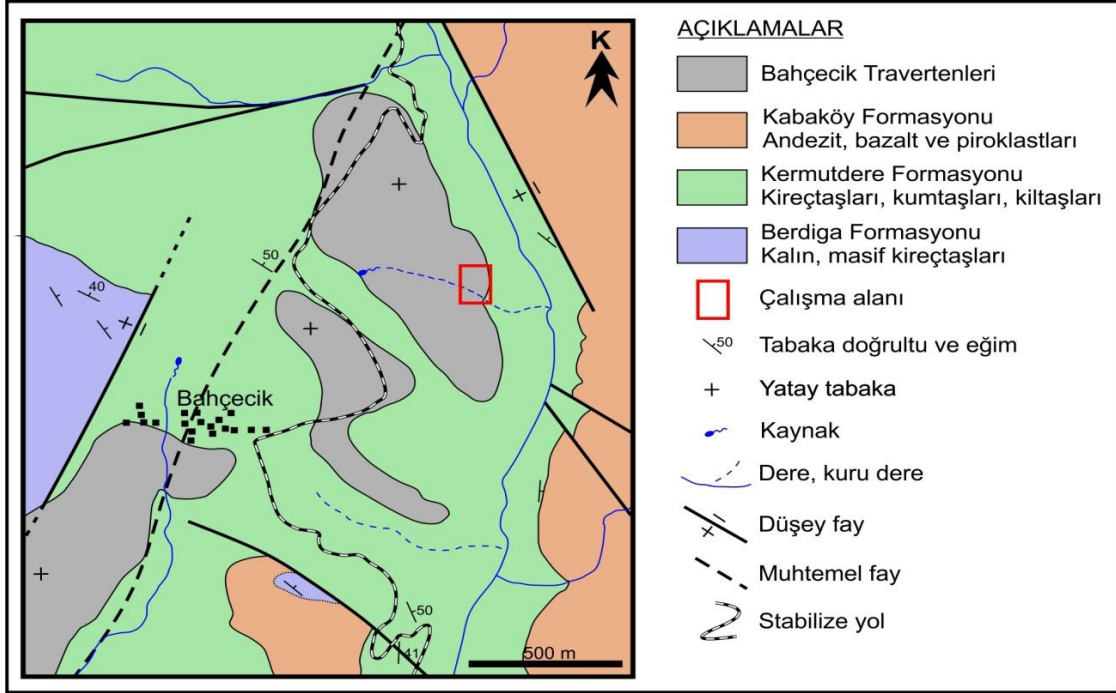
3.1. Jeoloji ve Stratigrafi

Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden biri olan Pontidler, ilk olarak Ketin (1966), tarafından tanımlanmıştır. Pontid orojenik kuşağı litostratigrafik özelliklerine göre Doğu ve Batı Pontidler olmak üzere ikiye ayrılır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Pontidler'in doğu kesimi stratigrafik özellikler, tektonik ve kayaç topluluklarındaki farklılıklar nedeniyle Gedikoğlu vd. (1979), tarafından kuzey zon ve güney zon olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Ayrıca çalışılan sahalarda Okay ve Tüysüz (1999), tarafından Sakarya Zonu olarak ayrılan tektonik birliğin Doğu Pontidler kısmında yer almaktadır. Doğu Pontidler'in Kuzey zonu mağmatik aktivitenin en yoğun şekilde etkilediği, Kretase yaşlı volkano-tortul kayaçlar ve Tersiyer yaşlı mağmatik kayaçların dik bir rölyef oluşturduğu yüzlekler verir. Güney zon ise mağmatizmanın etki alanı dışında kalan, Paleozoyik yaşlı metamorfiklerin temeli oluşturduğu, Mesozoyik-Senozoyik yaşlı tortul havza çökellerinin yumuşak bir rölyef vererek yüzeylendiği bölge konumundadır. Çalışma sahası Doğu Pontid'lerin güneyinde yer alan Gümüşhane iline bağlı Tekke nahiyesinin Bahçecik Köyünün KD'sunda yer almaktadır (Şekil 10).

Gümüşhane ve yakın civarında Paleozoyik-Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayaçlar yüzeylenmektedir (Şekil 10 ve Şekil 11). Paleozoyik'te Gümüşhane Batoliti, Mesozoyik'te Şenköy Formasyonu, Berdiga Formasyonu ve Kermutdere Formasyonu, Tersiyer'de Kabaköy Formasyonuna ait kayaçlar bulunmaktadır. Tez çalışmasına konu olan Bahçecik travertenleri çalışma sahasında çoğunlukla Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu'nun türbiditik kayaçları üzerinde yüzeyleme vermektedir (Şekil 10). Birimlerin genel özellikleri kısaca şu şekildedir (Şekil 11);

Gümüşhane Batoliti inceleme alanının temelini oluşturur. Bu birim Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Gümüşhane Batoliti üzerinde çalışan Çoğulu'nun (1975), granodiyorit ve kuvars monzonitlerden elde ettiği yaşlar 298 ile 338 My arasında değişmektedir. Bu sonuçlar ile Gümüşhane Batolitinin Paleozoyik yaşlı olduğu ortaya çıkar. Gümüşhane Batoliti, beyazımsı gri, pembe renkli

iri ortoklazlı granitler, büyük bir granit kütlesi ve bu kütlede değişik fasiyelerindeki (granodiyorit, kuvars porfir ve dasit) kayalardan oluşur.



Şekil 10. Bahçecik ve yakın yöresinin jeoloji haritası.

Gümüşhane Batoliti üzerine uyumsuzlukla gelen ve Gümüşhane yöresinde geniş yayılım sunan birim, birçok çalışmacı tarafından farklı adlarla tanıtılmıştır. Karatepe Formasyonu (Seymen, 1975), Telmeyaylası Formasyonu (Turan, 1978), Hacıören Formasyonu (Pelin, 1977), Hamurkesen Formasyonu (Ağar, 1977), Balkaynak Formasyonu (Keskin, 1983), Zimonköy Formasyonu (Eren, 1983), ve Şenköy Formasyonu (Yılmaz ve Kandemir, 2003) adları altında incelemiştir (Şekil 10 ve Şekil 11).

Şenköy Formasyonu, birbiriyle yanal geçiş gösteren ve kısa mesafelerde kalınlık farklılıkları sunan andezit, bazalt, aglomera ve tüflerden oluşan volkanik ara seviyeler içeren yersel çakıltaşı, dereceli kumtaşı, marn kiltası ve kumlu kireçtaşları ile ammonitiko rosso fasiyesinde gelişmiş bol ammonit, belemnit, brachiopoda, ekinid, pelecypoda, mercan ve süngerlerden oluşan kırmızı renkli ve yumru kireçtaşlarından oluşur. Kumtaşları gri, sarımsı boz ve yeşil renkli, orta-kalın tabakalı, kötü boylanmalı, sıkı tutturulmuştur. Şenköy Formasyonu Gümüşhane Batolitine ait granitik kayalar

üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Birim üstten Berdiga Formasyonuna ait karbonatlı kayaçlar ile uyumlu olarak örtülmektedir. Şenköy Formasyonunun tabanını oluşturan kumtaşı, kıltaşı ve kömür mercekleri sığ denizel ve bataklık ortamını karakterize eder. Çakıltaşları yüksek enerjili ve hareketli bir ortamı belirtir. Daha üst kesimlerde yer alan türbiditik özellikler sunan kumtaşı, kıltaşı ar dalanması denizel ortamın derinleştiğini gösterir. Kırmızı kireçtaşları *ammonitico-rosso* fasiyesinin çökelim özelliklerini gösterir. Genelde formasyon değişen çökme ve litofasiyes özellikleri taşır. Özellikle formasyon içerisinde lavların yer alması volkanik aktivitenin zaman zaman etkin olduğunu gösterir. Şenköy Formasyonunun yayılım, kalınlık ve çökel yapı-doku özellikleri birimin tipik bir rift havzasında biriktiğinin kanıtlarını taşır.

Gümüşhane ve yakın civarındaki gri, boz, açık gri, sarımsı beyaz renklere dolomitik kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, çört bant ve yumrulu kireçtaşı seviyelerinde oluşan neritik karbonatlar, Pelin (1977), tarafından Berdiga Dağları'na atfen (Alucra güneyi) Berdiga Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Birim genel olarak gri bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, ender makro fosil içeriğine karşın zengin mikro fosil (özellikle küçük bentik foraminifer) içeren, üst seviyeleri çört yumru ve bantlı ve tabandan tavana karbonatlı fasiyeste gelişmiş özelliklere sahiptir. Berdiga Formasyonu, Şenköy Formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alır. Birim üstten Kermutdere Formasyonu'na ait kayaçlar ile uyumlu olarak örtülmektedir. Berdiga Formasyonu içerisinden derlenen kireçtaşlarının paleontolojik incelemesinden, *Globuligerina? oxfordiana* (Grigelis), *Spirillina* sp., *Trocholina* sp., *Textularidae*, formları saptanmıştır. Bu fosillere göre Berdiga Formasyonu'na Geç Jura-Erken Kretase yaşı verilmiştir. Birimin çökel yapı-doku, fosil içeriği, yayılım ve dağılım özellikleri Berdiga Formasyonunun sığ denizel koşullarda ve platform karbonatı şeklinde çökeldiğini göstermektedir.

Gümüşhane ve yakın civarında Berdiga Formasyonu üzerine uyumlu olarak Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu gelmektedir. Kermutdere Formasyonu, kumlu kireçtaşı, mikritik kireçtaşı ve kumtaşı, şeyl ar dalanmasından oluşmaktadır ve ilk olarak proje sahasına çok yakın Kermutdere civarında Tokel (1972), tarafından adlandırılmıştır. Geç Kretase yaşlı bu çökeller birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Pelin (1977), çalışmasında Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonuna

karşılık gelen çökelleri Kındıralık Dere Formasyonu, Elmalı Dere Formasyonu ve Tepeköy Formasyonu olmak üzere üç birime ayırmıştır. Güven (1993) Mescitli Formasyonu adı altında incelemiştir. Bu çalışmada ise Kermtudere formasyonu adının kullanılması uygun görülmüştür.

SİSTEM		SERİ	KAT	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Neojen	Paleojen					
		Kuvaterner				Yamaç molozu / Alüvyon Bahçecik travertenleri
	Eosen		Kabaköy			Kumtaşı, çamurtaşı ara seviyeleri içeren bazalt, andezit ve bunların piroklastitleri Nummulitli kumlu kireçtaşları
Kretase	Üst Kretase		Kermtudere			İnce-orta tabakalanmalı, gri-yeşil renkli türbiditik karakterli kumtaşı, kilştaşı ve marn ardalanması
						İnce-orta tabakalanmalı, kırmızı-şarabi renkli, mikritik kireçtaşları Sarı renkli, ince-orta-kalın tabakalanmalı kumlu kireçtaşları
Jura	Üst Jura- Alt Kretase		Berdiga			Masif ve orta-kalın tabakalı dolomit ve kireçtaşları
	Alt-Orta					Şenköy
Karbonifer	Alt	Pulur Gümüşhane Granitoidleri				Gnays ve şistler
	Üst					Granitik kayalar

Şekil 11. Gümüşhane ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.

Kermutdere Formasyonu, tabanda yanal devamlılıkları olmayan masif katmanlı ve yer yer ince silttaşı, marn ara seviyeleri içeren sarı renkli kumlu kireçtaşı ile başlar. Bunların üzerine gelen kırmızı renkli, ince-orta tabakalı, kireçtaşları bol pelajik foraminifer (*Globotruncana* sp.) ve radyolarya içerir (Eren ve Taslı, 2002). Bunların üzerine gri, yeşil renkli ve ince-orta tabakalı ve pelajik fosilli kumtaşı-kiltaşı-marn ardışıklı türbiditik çökeller gelir. Kermutdere Formasyonu, Berdiga Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Bu birim üzerine Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu uyumsuzlukla yer alır. Kermutdere Formasyonu içinde yer alan kırmızı mikritik kireçtaşlarından elde edilen pelajik foraminiferlerin yaşlandırılmasıyla birime Geç Kratese yaşı verilmiştir (Eren ve Taslı, 2002). Çalışma sahasındaki Bahçecik Travertenleri Kermutdere Formasyonu'nun üst seviyelerindeki yeşil-gri renkli türbiditik çökeller üzerinde yer almaktadır (Şekil 11).

Gümüşhane ve yakın civarında geniş bir yayılım sunan volkanitler (Tokel, 1972), tarafından Kabaköy Formasyonu adıyla tanımlanmışlardır. Gerek stratigrafik konumundan ve gerekse kayaç türünden kaynaklanan özellikleri nedeniyle inceleme alanında geniş bir yayılama sahiptir. Kabaköy Formasyonu tabanda kumlu ve nummulitli kireçtaşı, kumtaşı ve marn bulunduran üste doğru kalın bir andezit-bazalt lav ve piroklastlarının hakim olduğu volkano-tortul bir istiftir. Kabaköy Formasyonu, Kermutdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Birim küçük çökeltme ortamlarında ve yoğun bir volkanik etkinliğin de eşlik etmesiyle sığ deniz ve karasal ortamlarda birikmiştir.

Gümüşhane ve yakın civarında bahsedilen bütün bu birimler üzerine uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı olduğunu düşündüğümüz travertenler gelmektedir. Traverten yüzeylemeleri Gümüşhane ve yöresinde oldukça yaygındır. Bunlar; Tekke ve civarında Bahçecik ve civarında (çalışma sahası) Musalla-Karamustafa Vadisi, Olucak-İmera Vadisi olmak üzere oldukça yaygındırlar. Tez çalışmasına konu oluşturan Bahçecik Travertenleri Bahçecik içerisinden geçen muhtemel ve yer yer gözlenebilen fay hattına ve civardaki fay hatlarına bağlı olarak yüzeye çıkan yeraltı suları etrafında gerçekleşmiştir. Sahada yapılan gözlemlerde ve yöre halkı ile yapılan konuşmalarda; Bahçecik ve civarında birçok sıcak ve soğuk su kaynağının yer aldığı belirtilmiştir. Ayrıca Tekke civarında maden suyu özelliğinde kaynak suları da bulunmaktadır. Bu

traverten yüzeylemelerinden Musalla-Karamustafa ve Bahçecik yörelerindeki mermer sanayi için değerlendirilmektedir. İnceleme sahasında travertenler birçok alanda yer almalarının yanı sıra oluşumlarına da halen devam etmektedirler. Bu travertenlerin ölçümlerin kalınlıkları 10-12 metre arasında değişmektedir. Tez çalışmasına konu oluşturan Bahçecik Travertenlerinin ocak sahasındaki görünüşleri Şekil 12’de ve örneklerin ne kadar zor şartlarda alındığı Şekil 13’te görülmektedir.



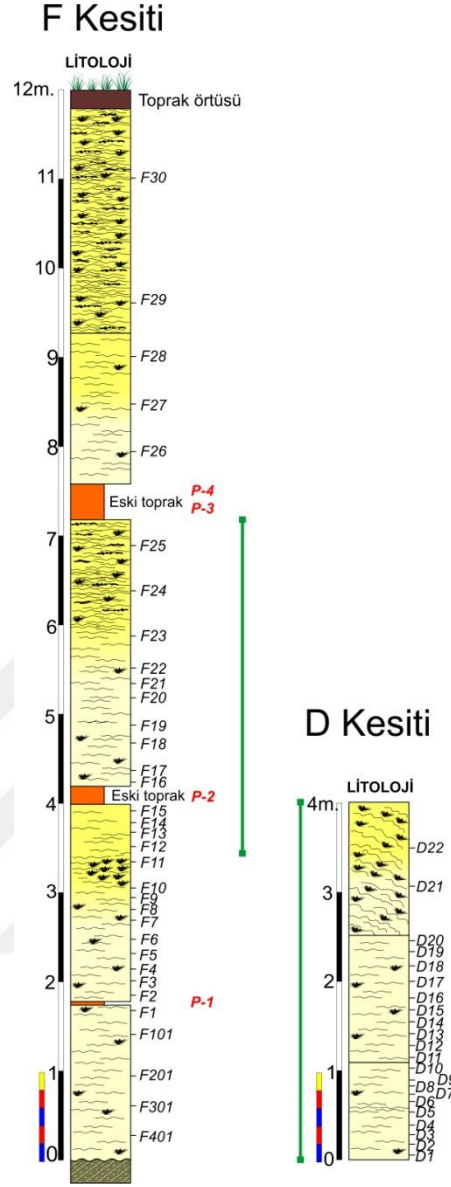
Şekil 12. Bahçecik Travertenlerinin arazi görünüşleri.



Şekil 13. Güvencem Mermer ve Madencilik İşletmesinin traverten ocağında iş makinesi yardımıyla yapılan örnekleme.

3.2. Travertenlerin Sedimanter Petrografik Özellikleri

Bahçecik travertenlerinden tez çalışması için sedimanter petrografik amaçlı örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Örnekler iki ayrı kesit olarak derlenmiştir (Şekil 14). F kesiti istifi tabandan tavana karakterize edebilmişken, D kesiti traverten seviyesinin ara bir düzeyini içermektedir (Şekil 14).



Şekil 14. Bahçecik Travertenlerinden alınan ölçülü kesitler ve örnek alım seviyeleri.

Bahçecik Travertenleri, traverten ocaklarında alınan örneklerde yapılan ince kesitler sonucunda 2 farklı litofasiyes belirlenmiştir. Bu litofasiyesler;

I- Çalı tipi litofasiyes

II- Biyolojik kökenli litofasiyesler; Pizolitik, Onkoidal, İntraklast, Ostrakodlu litofasiyes

3.2.1. Çalı Tipi Fasiyesleri

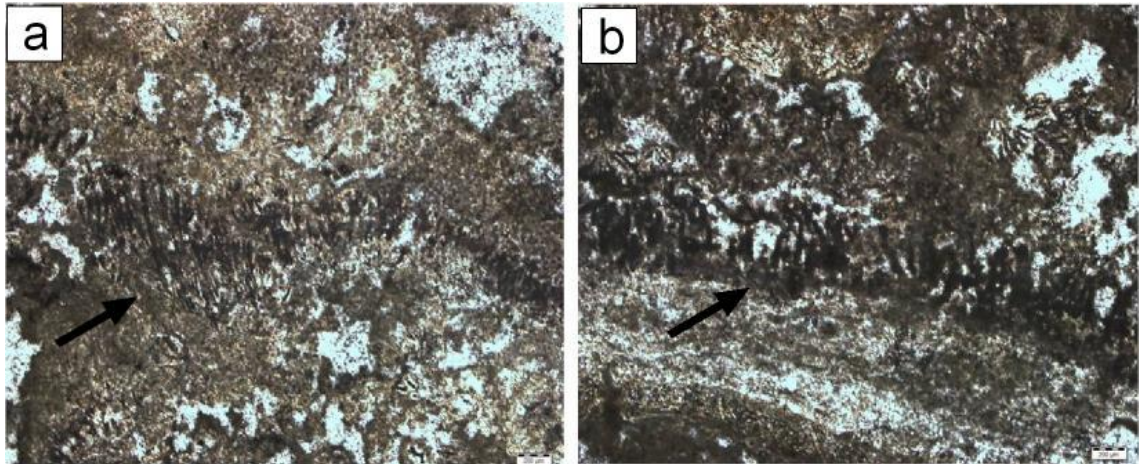
Bu çalı tipi fasiyeslerde istif traverten oluşturan yapılarda küçük çalı benzeri büyümelerle belirlenen gözenekli travertenler kendilerine özgü çalı görünümlü

geometrileri ve oluşum şekilleriyle çalı yapılarıdır. Bu çalı tipi yapılar; Hasır Çalı Yapıları ve Fasiyesi (HÇF), Radyal Çalı Yapısı ve Fasiyesi (RÇF), Küme Çalı Yapısı ve Fasiyesi (KÇF), Telek - Tüy Çalı Yapısı ve Fasiyesi (TTÇF), Yüksek Yapılı Bitki Spar Telek Çalı Yapısı ve Fasiyesleri (YSTÇF) olarak alt bölümlere ayrılarak incelenmiştir.

3.2.1.1. Hasır Çalı Yapıları ve Fasiyesi (HÇF)

Bahçecik traverten istifi içerisinde lamina oluşturan yapılardan biridir. Hasır telek çalı yapısı tahminen düz zemin üzerinde düşey yönde, ışığa doğru ışınal olarak büyüyen, kuş teleğini andıran bir görünüm sağlayan mikritik lif ve çubuklardır Şekil 15 (a- b).

Bu yapılarda siyanobakteriler (mavi yeşil alglerin) fotosentez yoluyla pH'ı yükselterek ortamı bazikleştirmeleri ve hızla karbonatlaşmalarıyla oluşur ve mikritik telek tüy benzeri bu yapıların arasında bulunan mavi yeşil alglerin karbonatlaşarak zamanla tükenmesine bağlı olarak pH'ın düşmesiyle spar kalsit kristalleri çöker. Mikritik lif ve çubukların aralarında spar kalsitten oluşan, ince katman şekillere hasır telek tüy çalı fasiyesi olarak adlandırılmıştır.

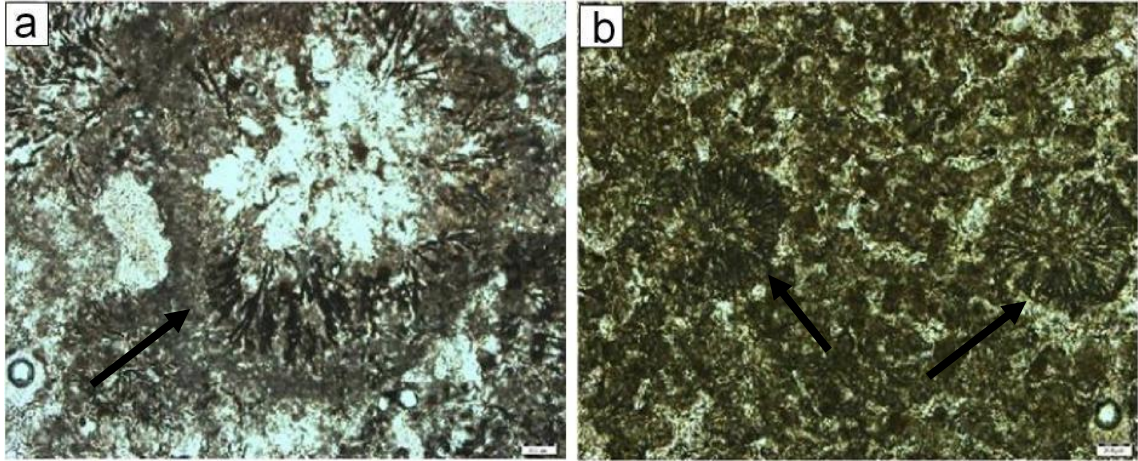


Şekil 15. Hasır çalı yapısı ve fasiyeslerini gösteren mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm).

3.2.1.2. Radyal Çalı Yapısı ve Fasiyesi (RÇF)

Radyal çalı yapısı koyu renkli mikritik lif ve çubuklar ile bunların arasını dolduran mikrosparadan yapılmış küresel topaklar ve yelpazeye benzeyen radyal çalı yapılarıdır. Radyal mikritik lif ve çubuklar merkezden dışa doğru kalınlaşırlar Şekil 16 (a-b).

Mikritik lif ve çubuklar olasılıkla özgün bir mavi yeşil alg kolonisinin büyüme şekliyle ilgili olarak mavi yeşil alglerin karbonatlaşması sonucu oluşmuştur. Mavi yeşil alglerin, karbonatlaşması sonucu hızla yok olmasıyla birlikte pH'ın ani düşmesi radyal mikritik lif ve çubukların arasında veya içine doğru suyun doğrudan ve gömülme öncesi mikrospar kristallerinin çökelişi gerçekleştirmektedir. Böylece radyal çalı yapısı oluşmaktadır Şekil 16(a).

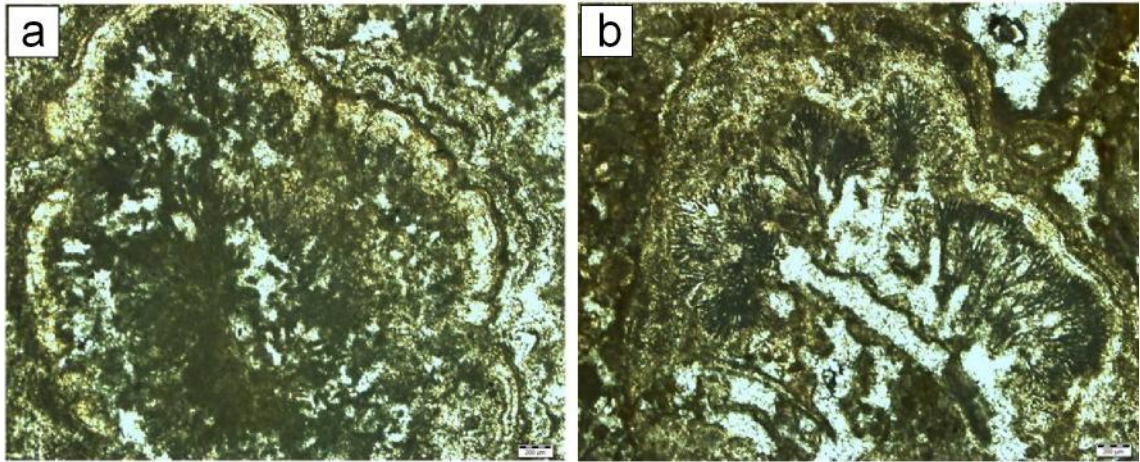


Şekil 16. Radyal çalı yapısı ve fasiyelerini gösteren mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm).

3.2.1.3. Küme Çalı Yapısı ve Fasiyesi (KÇF)

Küme çalı yapıları karbonat traverten dokusu içinde konkoidal, yelpazemsi ve loplasmış, belirgin veya belirsiz laminalı, koyu renkli mikritik kümelerdir. Çalı tiplerinin stromatolitik başlar oluşturacak şekilde karnıbaharimsi bir yapı oluşturmasını gösteriyor. Spar klasit oluşumları da çözünmenin olduğu yerlerde gözlenmekte ve bu stromatolitik başlar, mikro-sparitik kalsit laminaları ile sınırlandırılmıştır. Stromatolitler genellikle enerjinin biraz daha fazla olduğu bir yamaç (slope) fasiyesini karakterize edebilir (Turhan, 2007) Şekil 17(a- b).

Yukarıya doğru büyüyen yelpaze şeklinde (fan shape) bu çalı (shrub) litotipi genellikle sıcak su travertenlerinde ve (shallow pool) sığ göl veya havuz ortamında gelişirler. Bu litotip en yaygın olarak, Kuvaterner yaşlı İtalya Rapolano Terme’de belirgin olarak gözlenmektedir. Shrub’ların etrafında mikritik kırıntılara rastlanırken aynı zamanda, spar kalsit kristallerine de rastlanmaktadır. Bilindiği gibi traverten çökelleri, bir kaynaktan çıkan sıcak suların buharlaşma (evaporasyon) ve gaz çıkışı (degassing) aktivasyonları sonucu CaCO_3 depolanmasıdır. Burada biyolojik etmenler de önemli bir yer tutar. Son iki kesitte görülen yukarıya doğru büyüyen (erect shrubs) çalı litotipinde de, biraz daha düşük enerjili, sınırlı bir su tablasının bulunduğu sığ havuz ortamını karakterize eder.

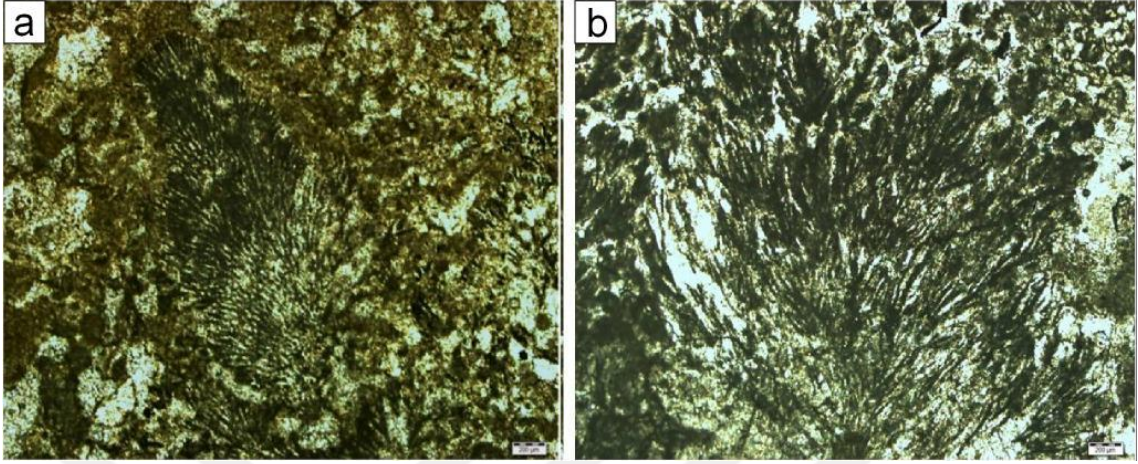


Şekil 17. Küme çalı yapısı ve fasiyeslerini gösteren mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 μm).

3.2.1.4. Telek-Tüy Çalı Yapısı ve Fasiyesi (TTÇF)

Telek- tüy çalı yapıları, herhangi bir yüzeyin üzerinde bir bitki sapı, kuş teleği, bir yaprak vb. olasılıkla ışığa doğru, ışımsal büyümüş, kuş teleği andıran, bir eksenin iki yanında eksenle dar açı yapacak şekilde uzayan, koyu renkli mikrit lifleri ve bunların arasını dolduran mikrosparlardan yapıldır. Bu çalı fasiyesinde de bir eksen etrafında her yöne doğru ışımsal uzamış kuş tüyünü andıran, koyu renkli mikrit lifleri ve bu liflerin arasını dolduran mikrosparlardan oluşur. Telek tüy çalı yapıda büyük olasılıklı siyanobakterilerin karbonatlaşması sonucu oluşmuştur. Işımsal mikritik lifleri arasında oluşan mikrospar yapıların arasında bulunan mavi yeşil alglerin karbonatlaşarak zamanla tükenmesine bağlı olarak pH’ın düşmesi sonucu oluşmuşlardır. Telek tüy çalı

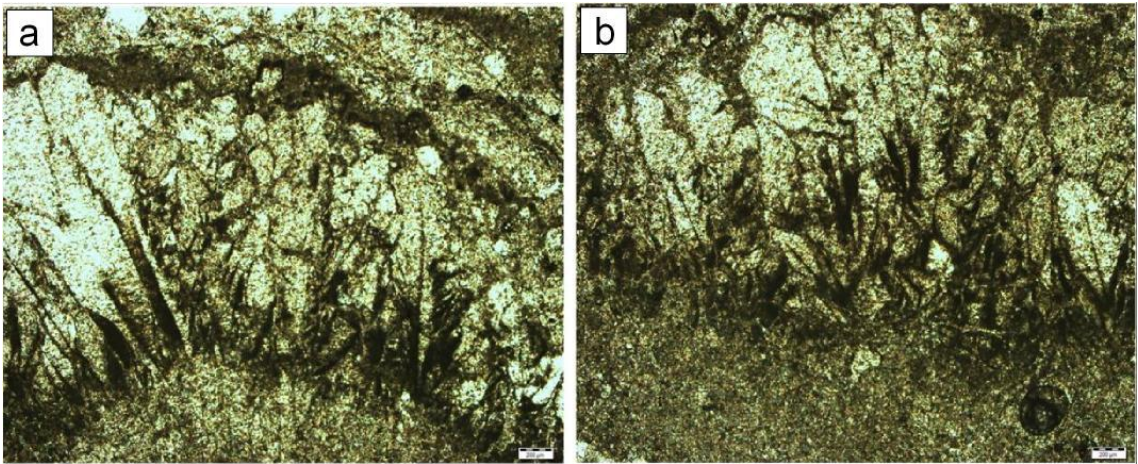
yapısının çok ince uzun lifli olması ve su içinde herhangi bir yüzey etrafında gelişebileceğini göstermektedir Şekil 18(a-b).



Şekil 18. Telek tüy çalı yapısı ve fasiyeslerini gösteren mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 μm).

3.2.1.5. Yüksek Yapılı Bitki Spar Telek Çalı Yapısı ve Fasiyesi (YSTÇF)

Yüksek yapılı bitki spar telek çalı yapısı daha çok borucuk tipli ve bitkilerin etrafında oluşan yapı mavi yeşil algların (siyanobakteri) göreceli olarak daha yavaş işlediği bir ortamda kuş teleğini, görünüm sunan spar kalsit çökelişi oluşturur. Ayrıca konkoidal şekilleri üst üste çökelmiş yelpaze yığılımlar oluşturan ince kalsitik veya ışınsal aragonitik kristallerden yapıları çalı fasiyesidir Şekil 19(a-b).



Şekil 19. Yüksek yapılı bitki spar telek çalı yapısı ve fasiyeslerini gösteren mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 μm).

3.2.2. Biyolojik Yapılı Litofasiyeler

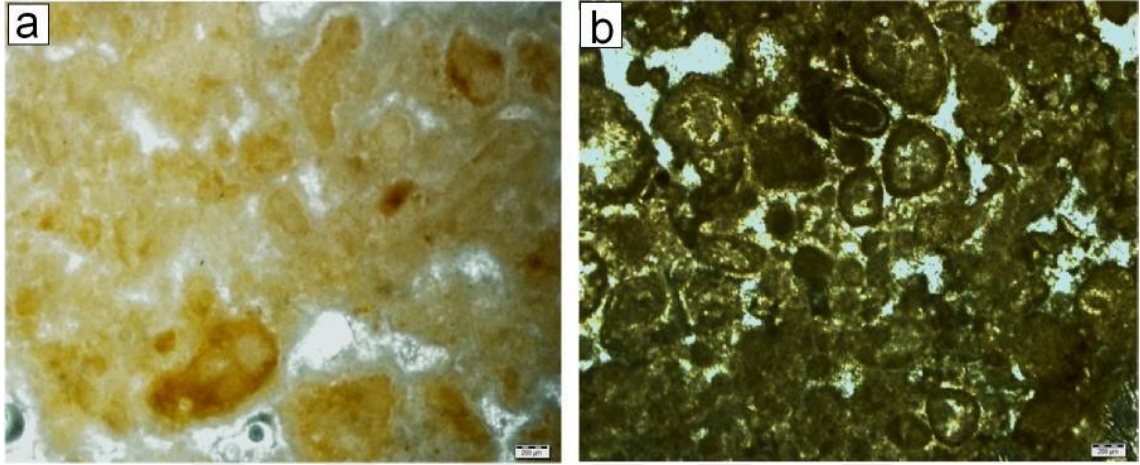
Bahçecik Traverten düzeyleri içinde görülen biyolojik yapılar; pizolit, onkoidler, intraklastlı, ostrakodlu olarak sınıflandırılmıştır.

3.2.2.1. Pisoidli Traverten Litofasiyesi

Pisoidler travertenlerde oldukça yaygın oluşurlar. Örnek olarak Rapolano travertenindeki pisoidler; çakıllar ve mikritle ilişkili olan dik yamaçlar üzerindeki küçük taraça havuzlarında, çöküntü alanlarındaki geniş havuzlarda oluşmuştur. Pisoid traverten beyaz, soluk sarı renkli, kahverengimsi su enerjisi ve mikrobiyal etkinliğine bağlı olarak gelişmiş, küreselden ve düzensiz yuvarlaklanmış pisoidlerden oluşur. Pisoidlerin boyutları birkaç mm'den 1-2cm'ye kadar değişmektedir. Çalışma alanında ince kesitlerde gözlenen Pisoidler, mikritik sarılımların fazla olduğu, mikritik bir bağlayıcı ile bağlanmışlardır Şekil 20(a-b). Pisoidler mikro yapıda üç tip altında ayırtlanmıştır. **a-** Konsantrik laminalı, **b-** Dendroidler (Işımsal çalı) **c-** Stromatolitik tipteki pisoidlerdir.

a-Konsantrik laminalanmış pisoidler; sıçramalı ve türbülanslı sularda oluşurlar. Bu tip pisoidler inorganik kökenli olarak yorumlanmaktadır (Folk ve Chafetz, 1983). Fakat bu tip pisoidler ve diğer pisoid tipleri kısmen de olsa biyotik işlevlerden etkilenirler (Guo ve Riding, 1998). Dendroidler belirgin olarak farklı dentritik bir mikro yapıya sahiptir. Terme San Giovanni, İtalya'daki güncel travertenlerde dendroidler orta derecede ajite olan mikroteras havuzlarında oluşmaktadır. Dendroidler bir çekirdek etrafında büyüyen dallanmış yüzeylerle temsil edilir, aşırı doygun solüsyonlarda hızlı kristallenme ile meydana gelir, ışımsal kristal yapıları ve konsantrik laminalar olmak üzere 2 tip küresel tane morfolojisine sahiptir. Işımsal dendroidler durgun sularda abiyotik olarak şekillenir, konsantrik laminalar ise akan sularda mikrobiyal etkilerle şekillenir (Rainey ve Jones, 2005). Işımsal dendroidler durgun sularda çekirdek etrafında büyüyen dallanan yüzeylerdir ve hızlı kristallenme ile temsil edilir. 2. tip küresel taneler ise, bir çekirdek etrafında tanjansiyal sarılımlanma ile karakterize edebilirler. Tanjansiyal sarımlı pisoid tanelerinde gözlenen mikrosparı doğrudan mikrobiyal büyümenin derecesi ile orantılıdır. Bu yüzden her laminayı oluşturan mikrosparın, spara

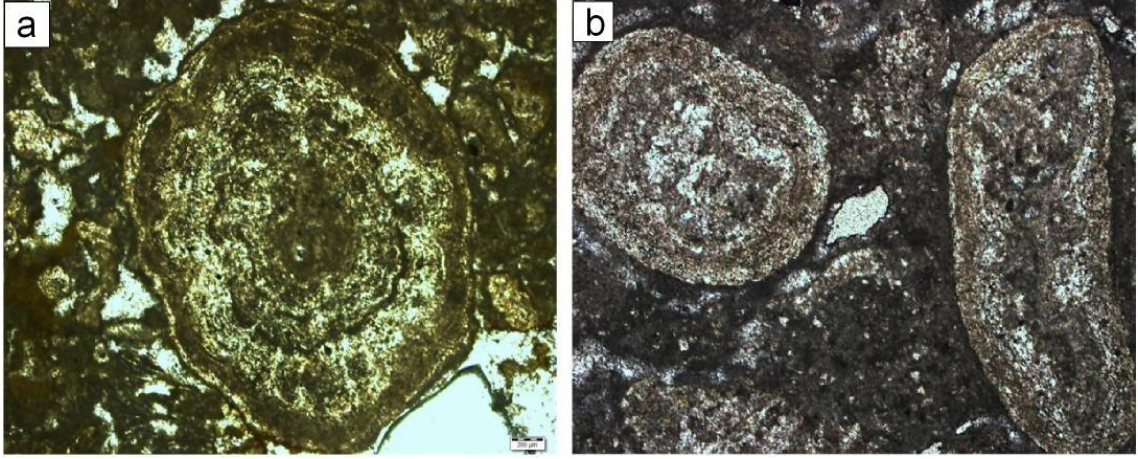
oranı mikrobiyal kolonileşme ile ilişkili olan spar çökeltim oranı yansıtır. Eğer spar, mikroplardan daha hızlı büyürse, laminalar mikrosparadan daha fazla spar içerir. Eğer mikroplar spardan daha hızlı kolonileşirse ve çökebilirlerse laminalar daha çok spar mikrit içerir. Kristal ve mikrobiyal büyüme oranı sabit değildir Bu yüzden devirli büyüme oranları bu laminalı dokuyu oluşturur (Rainey ve Jones, 2005). İnceleme alanındaki pisoidler, konsantrik laminalanmış pisoidler şeklindedir.



Şekil 20. Pisoidlerin mikroskopik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm).

3.2.2.2. Onkoidli Traverten Litofasiyesi

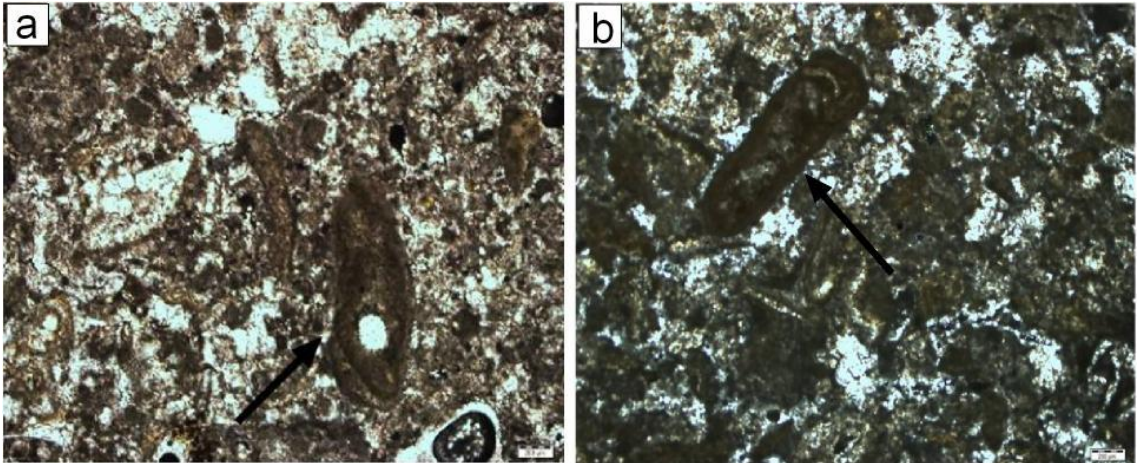
Onkoidler, bir çekirdek etrafında gelişen, mikritten yapı ve değişik kalınlıklarda alg zarflardan oluşmaktadır Şekil 21(a-b). Onkoid çekirdeği yeniden kristalleşme veya kesit düzlemini geçiş yönü nedeniyle belirgin değildir. Ancak çekirdek, genellikle farklı küçük algal karbonat kümecikleri olabilir. Algal zarflar düzensiz kalınlıkta, dalgalı yapıdadır. Mikritik yapıda ve bazen genellikle ince psedospardan oluşmaktadır.



Şekil 21. Onkoidlerin mikroskobik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm).

3.2.2.3. İntraklastlı Traverten Litofasiyesi

İntraklastlar, içinde yer alan karbonat kaya kırıntıları, birikim alanı dışındaki eski kireçtaşlarından aşınma yoluyla türeyebildiği gibi, birikim alanı içindeki yarı pekleşmiş karbonat tortullarının parçalanıp yer değiştirmesiyle oluşabilir ve keskin kenarlı ve köşeli şekilleri içinde bulunduğu yapılar mikrobiyal mikrit yapı ve fasiyeslerinden parçalanarak oluşmuş mikritik yapıli tanelerdir (Turhan, 2007) Şekil 22(a-b).

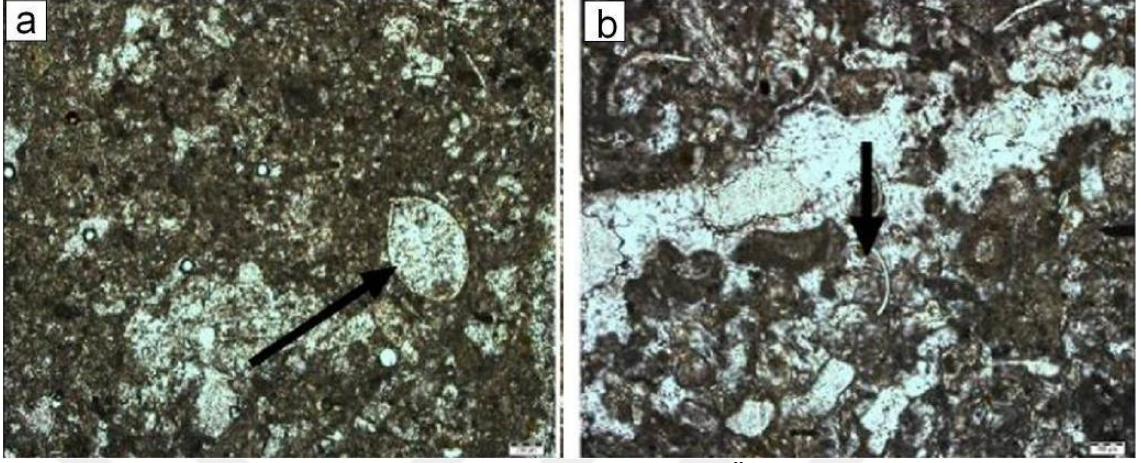


Şekil 22. İntraklastların mikroskobik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm).

3.2.2.4. Ostrakodlu Traverten Litofasiyesi

Ostrakodların kabuk yapıları buldukları ortama göre değişir ve istifin hemen hemen bazı seviyelerinde görülmektedir. Ostrakodlar, su birikintileri de dâhil olmak

üzere sucul her ortamda yoğun olarak gözlenebilen kabuklulardandır. Beyaz kalsitten yapıyla ince kavkuları ve merceksi şekilli kesitleriyle tanınırlar Şekil 23(a-b).



Şekil 23. Ostrakodların mikroskobik fotoğrafları (a-b), (Ölçek 200 µm).

3.3. Depolanma Sistemi ve Fasiyesleri

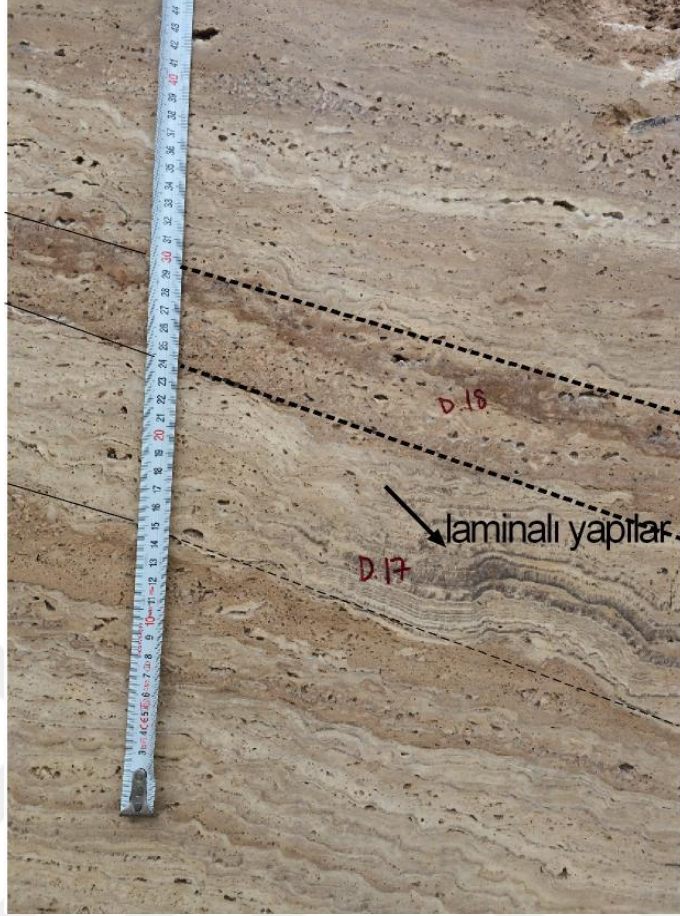
Traverten Litofasiyesleri, Guo ve Riding (1998), sahada 8 tip litofasiyes ayırtlamış ve bunların çökelme ortamlarını ortaya koymuştur. Bunlar; 1-Kristalin kabuk tipi, 2- Çalı tipi, 3- Pisoid, 4- Sal tipi, 5- Zarflı hava kabarcıklı tip, 6- Kamış tipi, 7- Litoklast ve 8- Paleotopraklardır. Guo ve Riding (1998)'de travertenlerin çökelme ortamları üzerine yaptıkları çalışmada, üç tip depolanma sistemi gözlemişlerdir. Bunlar; yamaç depolanma sistemi (slope depositional system), çöküntü depolanma sistemi (depression depositional system) ve kamış tümsek depolanma sistemidir (mound depositional system). Çalışma alanında gözlenen Bahçecik traverten çökelleri, çöküntü depolanma sistemi içinde, havuz düzlüğü (flat pool), çalı düzlüğü (shrub flat) ve bataklık-havuz (marsh pool) fasiyeslerinde depolanmışlardır (Şekil 24).



Şekil 24. Bahçecik Traverten Ocağın görünümü.

3.3.1. Havuz Düzlüğü Fasiyesi (Flat Pool Facies)

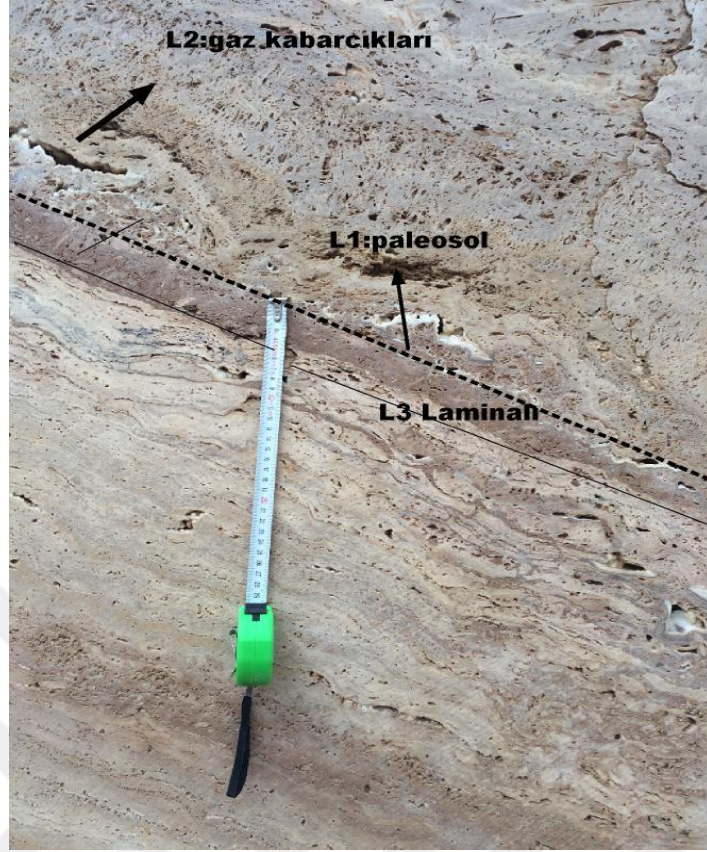
Havuz düzlüğü fasiyesi, paralele yakın laminalı traverten çökellerinin yaygın olarak görüldüğü depolanma fasiyesidir. Bu fasiyes yaygın olarak açık ve koyu laminaların dalgalı geçişleriyle karakterize edilirler. Renk ve yoğunluktaki bu geçiş, büyük olasılıkla mevsimsel değişimlerden ve algal filamentlerden kaynaklanmış olabilir (Toker vd., 2013). Beyazımsı seviyeler, başlıca kimyasal işlevler sonucunda çökebilirlerken koyu renkli seviyeler ise organik madde içeriği ile ilgilidir. Koyu renkli lamina daha gözenekli iken beyazımsı kısımlar ise daha sıkı ve çok az miktarda gözenekli yapı söz konusu olabilir. Genel olarak, havuz düzlüğü fasiyesi paralele yakın laminalanma ile karakterize edilmektedir (Toker vd., 2013) (Şekil 25).



Şekil 25. Havuz düzlüğü fasiyes görünümü.

3.3.2. Çalı Düzlüğü Fasiyesi (Shrub Flat Facies)

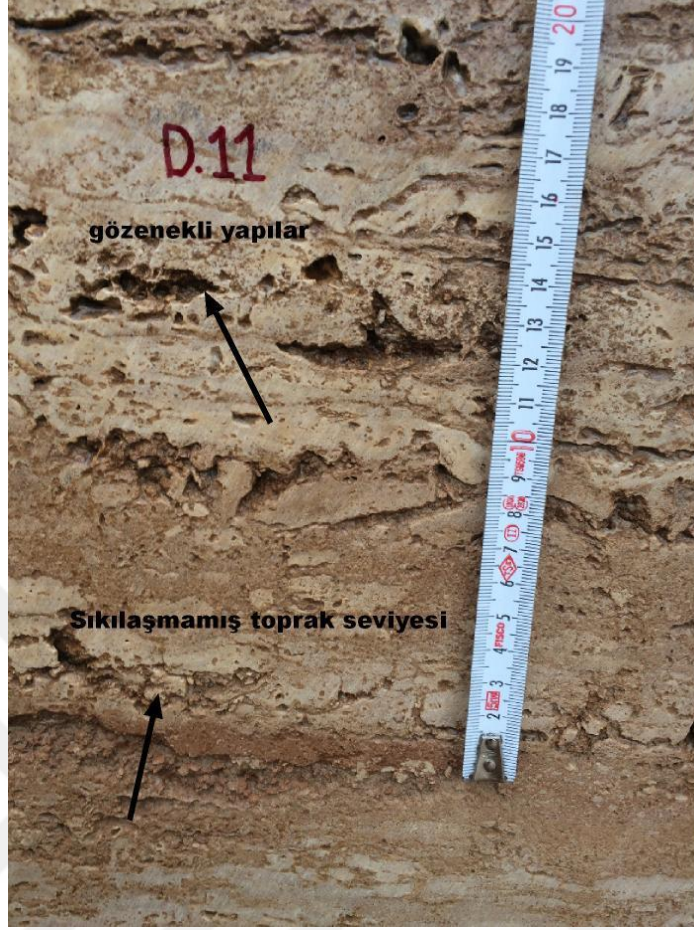
Çalı düzlüğü fasiyesi terimi, ilk defa Guo ve Riding (1998), tarafından açık renkli, ince tabaka yatay ya da yataya yakın çalı traverten çökelleri için kullanılmıştır. Guo ve Riding'e göre (1994, 1998), teras havuzlarının olağan bileşeni olan çalı şekilleri, özellikle çöküntü alanlarının sığ, geniş havuz ve bataklık benzeri ortamları ile düşük eğimli yamaç depolanma ortamlarının en yaygın ve kalın traverten litofasiyesidir. Çalı düzlüğü fasiyesinde çalılar genellikle mikritik görünümlü ve boşluklar sparikalsit ile doldurulmuştur. Bu fasiyes çoğunlukla, eski toprak (paleosol) (L1), gaz kabarcıkları (L2), laminalı (L3) ve kamış litotiplerinden oluşmaktadır (Şekil 26). Çalı düzlüğü genellikle, teras havuzunda ve çöküntü çökeltme sisteminde oluşur (Toker vd., 2013).



Şekil 26. Çalı düzlüğü fasiyes görünümü.

3.3.3. Bataklık-Havuz Fasiyesi (Marsh-Pool Facies)

Bataklık-havuz fasiyesi terimi Guo ve Riding (1998), tarafından gri renkten kahverengiye değişen çalı ve çakıllı travertenler için kullanılır. Bataklık- havuz çökelleri, yaygın olarak çalı düzlüğü fasiyesi ile birlikte görülür ve genellikle daha koyu, kahverengi breşli seviyeler görülmektedir. Bu alandaki travertenler kahverengi boşluklu olup, organik madde içeriği fazla, topraklaşma etkisi olan, daha çok kamış gibi ve tufa karakterli oluşumlardır. Bu çökeller, sığ gölde veya havuz ortamlarında, çökelmişlerdir (Toker vd., 2013) (Şekil 27).



Şekil 27. Bataklık-havuz fasiyes görünümü.

3.3.4. Zarflı Hava Kabarcıklı Traverten Litofasiyesi

Zarflı kabarcıklı havuzlardaki gözenekli çökellerdeki kristaller veya bitki örtüsü arasında da oluşur. Gaz kabarcıklarının kaynağı mikrobiyolojik yapılardır (Özkul vd., 2002).

Guo ve Riding (1998), bazı gaz kabarcıklarının düşey yönde birbiriyle birleşerek tüpsü bir yapı kazandıklarını belirtmiştir. Chafetz ve Folk (1984), bu tür oluşumlar için "taşlaşmış kabarcıklar" ve "köpük taşı" gibi adlar kullanmışlardır. Zarflı gaz kabarcıkları sal oluşumlarına benzer bir iç yapıya sahiptirler. Mikritik bir zar, dışında öz şekilli aragonitten ve az miktarda kalsitten oluşmuş parlak/cıvalı bir yüzey bulunur. Gaz kabarcıklarında iki mineralli duvar yapısı izlenir. Bu duvar yapısının, suyun aşırı doygunluk düzeyindeki değişikliklerden ileri geldiği sanılmaktadır (Chafetz vd., 1991) (Şekil 28).



Şekil 28. Zarflı hava kabarcıklı traverten litofasiyes görünümü.

3.3.5. Kamış Tipi Traverten Litofasiyesi

Bitki saplarının fazla olduğu travertenler genel olarak (Guo, 1993) ve (Guo ve Riding, 1998), genellikle "kamuş" tipi travertenler olarak incelenmişlerdir. Sıcak suyun yağmur suyu ile seyreltiildiği ve soğuduğu sığ çöküntü alanlarında bol miktarda kamuş, saz ve değişik su bitkileri yetişmektedir. Kamuş tümseği depolanma ortamı çöküntü alanlarında iri otların yoğun olduğu sulak alanlardır. Kamuş tipi, bataklık gibi çok sığ, zaman zaman kuruyan düzlüklerin ve kamuşlu tümseklerin yaygın bileşenidir. Koyu renkli kamuşlu travertenlerde diğer traverten tiplerine göre organik madde miktarı ve boşluk oranı daha fazladır. Bitki sapları ve köklerinin bıraktığı kalıpların çapları en fazla 1-3 cm dir (Şekil 29). Bu litofasiyes Bahçecik traverten ocağının üst seviyelerinde görülmektedir.



Şekil 29. Kamış tipi traverten litofasiyes görünümü.

3.3.6. Eski Toprak (Paleosol) Litofasiyesi

Eski toprak oluşumları doğrudan traverten litofasiyesi olmamakla birlikte traverten litofasiyesleri ile yakından ilişkilidir. Eski toprak litofasiyesleri ara seviyelerde sıkça rastlanır. Eski toprak, su tablasının düşmesiyle ve su akış yönünün sapması, traverten yüzeylerin su üstüne çıkmasına neden olmaktadır ve bu da atmosferik koşullar altında temasa geçen travertenler gerek biyolojik faaliyetlerin etkisi, yağmur suları ya da kuruma etkisi ile alterasyona uğrarlar. Bunun sonucunda topraklaşma meydana gelir. Şekil 30'da görüldüğü gibi gastropod kavrıkları gözlenmiştir. Eski toprak ve aşınma yüzeyleri traverten seviyeleri arasında istif sınırlarını oluşturur. Bahçecik traverten ocağındaki F kesitinde kalınlıkları 4 m ila 7,5 metrelerde değişen 2 farklı eski toprak ara seviyesi gözlenmiştir (Şekil 14). Eski toprak kalınlığı traverten yüzeyinin atmosferle temasta kalma süresiyle artmaktadır.



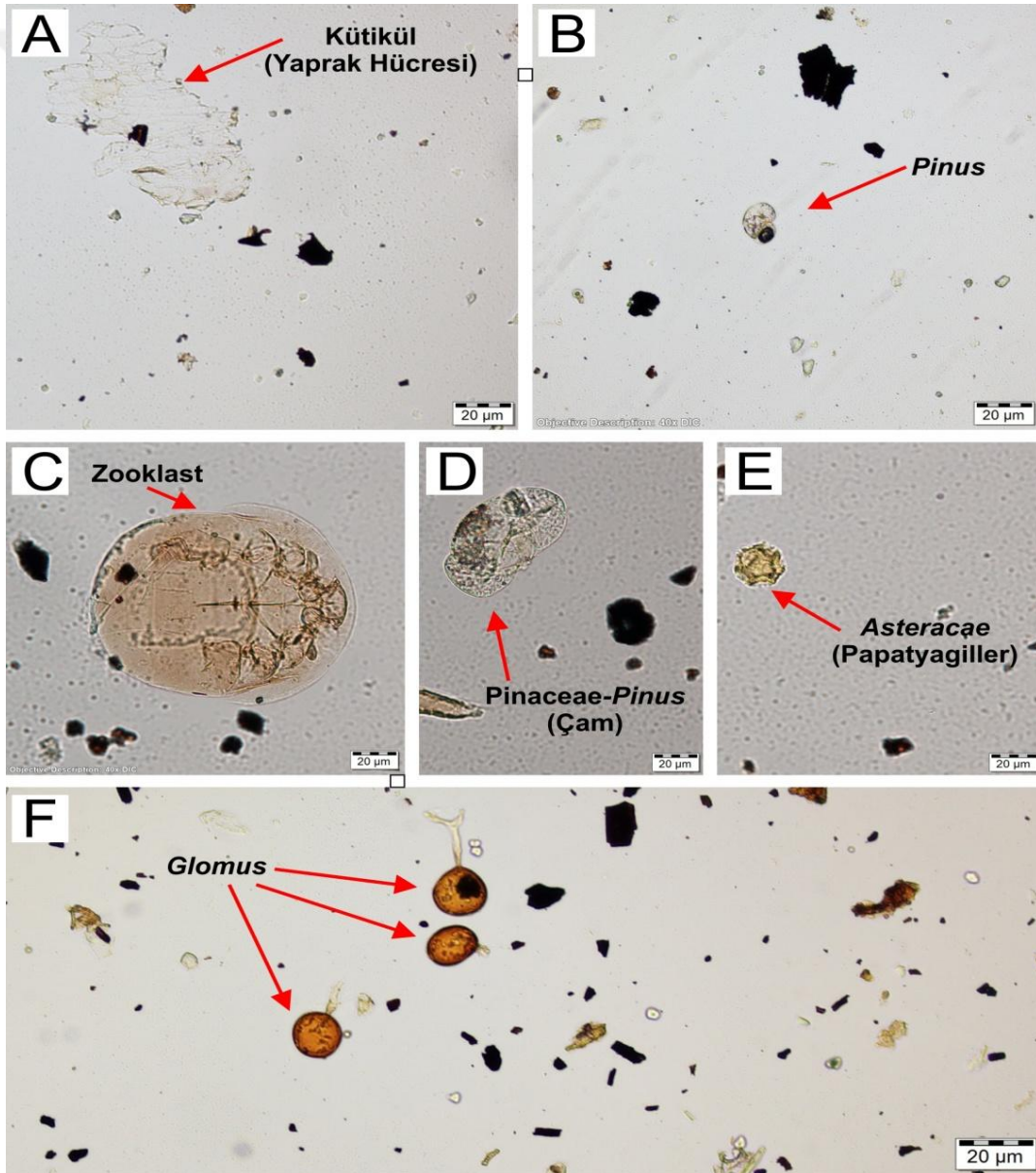
Şekil 30. Eski toprak litofasiyes görünümü.

Traverten litofasiyesleri depolanma ortamlarında farklı oranlarında karakterize edilebilir. Çöküntü depolanma sistemi içerisinde çökelen Bahçecik travertenleri havuz düzlüğü (flat pool), çalı düzlüğü (shrub flat) ve bataklık-havuz (marsh pool) fasiyeslerinde çökelmişlerdir. Çalışma alanındaki Bahçecik traverten katmanlarının ara seviyelerinde killi-çamurtaşları ve ara seviyelerde de 4 m ve 7,5 m arası eski topraklar (paleosol), seviyeler görülür ve bunun içerisinde biyolojik yapıları gastropodlar gözlenmektedir. 12 m ve sonrası eski toprak (paleosol) yapıları görülür (Şekil 24). Koyu renkli kamış tipi traverten, organik maddece zengin, gözenekli sığ zaman zaman kuruyan düzlükler ve kamış tümsekleridir. Bahçecik traverten katmanların üst seviyesinde gözlenmektedir.

3.4. Palinolojik Sonuçlar

Gümüşhane-Bahçecik alanında yayılım gösteren travertenlerin arasındaki paleotoprak seviyelerinden alınan dört adet örnek (P-1, P-2, P-3 ve P-4; Şekil 14) palinolojik olarak incelenmiştir. Örnekler palinolojik yorumlama yapabilecek kadar

palinomorf içermemektedir. P-1 numaralı örnekte sadece Pinaceae-*Pinus* (Çam), *Quercus* her daim yeşil tipi (Meşe) ve yaprakların hücrelerine ait parçalar gözlenmiştir Şekil 31(A-B). P-2 numaralı örnekte içerisinde palinomorf tanılanmamıştır. P-3 numaralı örnekte Pinaceae-*Pinus* (Çam), *Quercus* her daim yeşil tipi (Meşe) ve Asteraceae (Papatyagiller) ait polenler ayırt edilmiştir. Ayrıca örnek içerisinde canlıya ait zooklast tanımlanmıştır Şekil 31(C-D-E). P-4 numaralı örnekte *Quercus* her daim yeşil tipi (Meşe) ve Asteraceae (Papatyagiller) ait polenler ayırt edilmiştir. Ayrıca örnek içerisinde bol miktarda erozyon varlığına işaret eden *Glomus* formları tanımlanmıştır Şekil 31(F).



Şekil 31. Palinomorf görüntüleri (A-B-C-D-E-F).

3.5. Paleoklimsel Çalışmalar

Tez kapsamında paleoklimsel çalışmalarda değerlendirilmek üzere $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda Gümüşhane-Bahçecik alanında yayılım gösteren travertenlerden iki farklı ölçülü kesit boyunca (F ve D kesitleri) toplam 54 adet örnek alınmıştır (Şekil 14), (F1-28, F101-104 ve D1-22).

Bahçecik travertenlerinin karbon ve oksijen izotop analizine ait sonuçlar Tablo 2'de olarak verilmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, Bahçecik travertenlerinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ‰ -14,67 ile ‰ -12,64 (V-PDB) arasında ve $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ise ‰ 6,01 ile ‰ 3,25 (V-PDB) arasında değişmektedir (Tablo 2).

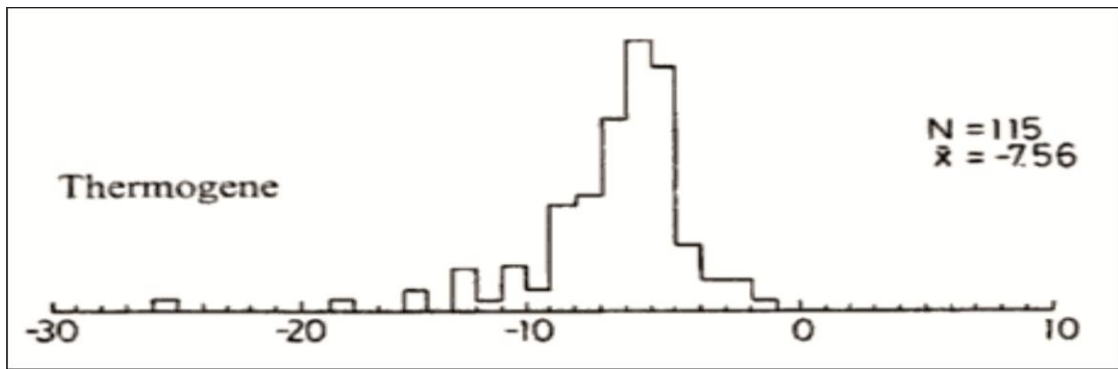
Tablo 2. Bahçecik Travertenlerinin duraylı karbon ve oksijen izotop analiz sonuçları.

Örnek No	$\delta^{13}\text{C}$ (VPDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (VPDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW)	Örnek No	$\delta^{13}\text{C}$ (VPDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (VPDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW)
F401	4,81	-14,17	16,31	F24	3,66	-13,07	17,43
F301	5,00	-14,60	15,86	F25	3,52	-12,64	17,87
F201	4,87	-14,62	15,84	F26	3,53	-12,76	17,75
F101	4,50	-14,67	15,79	F27			
F1	5,15	-14,02	16,45	F28	3,87	-12,81	17,70
F2	4,81	-14,21	16,26	D1	4,85	-13,79	16,69
F3	4,67	-13,33	17,16	D2	4,80	-13,95	16,52
F4	4,72	-14,30	16,16	D3	5,11	-13,53	16,96
F5	4,93	-14,45	16,01	D4	5,15	-13,72	16,76
F6	5,333	-14,34	16,12	D5	4,80	-13,46	17,03
F7				D6			
F8				D7			
F9	4,61	-14,12	16,35	D8	4,60	-13,70	16,78
F10				D9	4,64	-13,73	16,75
F11				D10	5,01	-13,49	17,00
F12	5,28	-14,57	15,99	D11	6,29	-13,73	16,75
F13		-13,57	16,92	D12	6,53	-13,49	17,00
F14	4,18	-13,83	16,65	D13	5,77	-13,43	17,06
F15	3,46	-13,72	16,76	D14	5,61	-13,44	17,05
F16	3,25	-13,74	13,74	D15	5,78	-13,70	16,78
F17				D16	6,01	-13,50	16,99
F18	3,57	-13,28	17,21	D17	5,88	-13,12	17,38
F19	3,54	-13,44	17,05	D18			
F20	3,59	-13,19	17,31	D19	5,43	-14,09	16,38
F21	3,81	-13,25	17,25	D20	5,16	-14,01	16,46
F22	3,72	-13,43	17,06	D21	4,73	-13,26	17,24
F23	3,75	-13,15	17,35	D22	4,71	-13,51	16,98

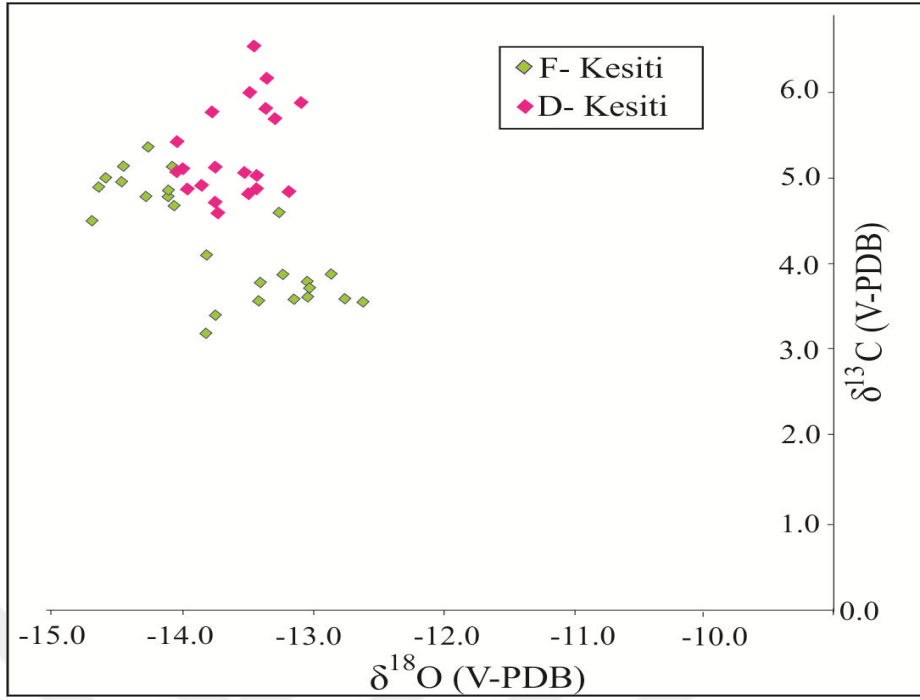
Bu verilere göre Bahçecik travertenlerinin, oldukça negatif $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine sahip olduğu ve bunun yanı sıra $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerinin ise oldukça pozitif değerler taşıdığı görülmüştür.

Bilindiği üzere, karbon ve oksijen izotop değerleri arasındaki ilişki bu travertenler gibi karasal karbonat çökellerin depolanma koşulları hakkında çok önemli ipuçları sunmaktadır (Chafetz ve Lawrence, 1994; Andrews, 2000; Pentecost, 2005).

Pentecost (2005), karasal karbonatlar üzerine yaptığı çalışmada travertenleri oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) izotop verilerine göre sınıflandırmıştır. Buna göre, inceleme alanına ait travertenlerin oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) izotop verilerine göre dağılımı, bu travertenlerin termojen traverten sınıfına girdiğini göstermektedir (Şekil 32 ve Şekil 33). Traverten gibi karasal çökellerin oksijen izotop değerleri yorumlanırken dikkat edilmesi gereken bir husus denizel izotop yorumlamalarından biraz daha farklı bir yorumlamaya gidilmesidir. Karasal çökeltme ortamları kapalı bir sistem içinde geliştiği için evaporasyon oldukça etkili bir parametre olarak değerlendirilebilir. İklimle bağlı olarak da değişen bu durum, ağır $\delta^{18}\text{O}$ izotopunun ortamda artması ve azalmasına neden olmaktadır. Akdeniz Bölgesindeki karasal karbonatlar düşünüldüğünde, ($\delta^{18}\text{O}$) izotop verilerinin çok negatif değerlere sahip olması, hafif $\delta^{16}\text{O}$ izotopunun tamamen ortamdan buharlaşma ile uzaklaşmadığını (evaporasyonun daha az) ve buna bağlı olarak da iklimin daha nemli, yağışlı ve traverten çökelişinin hızlı (higher precipitation) olduğu hakkında bazı bilgiler verebilir. Aynı zamanda oksijen izotop değerlerinin bu kadar negatif çıkması travertenlerin kaynağa çok yakın bir yerde (proksimal) çökelmiş olabileceğini de düşündürmektedir.



Şekil 32. Termojen travertenlerin $\delta^{18}\text{O}$ (VPDB ‰) dağılımını gösteren diyagram (Pentecost, 2005).



Şekil 33. Bahçecik travertenlerinden elde edilen F ve D ölçülü kesitlerinin duraylı izotop plot diyagramı.

Biyolojik proses de izotop kompozisyonunda oldukça etkilidir, C3 ve C4 bitkileri farklı izotop değerlerine sahip olup travertenlerdeki karbon izotop değerleriyle de yakından ilişkilidir.

Bahçecik Travertenleri, GB-Türkiye’de travertenleriyle ünlü Denizli Havzası’nın kuzey kenarında çökelmiş Gölemezli, Çukurbağ ve Pamukkale travertenleriyle duraylı izotop verileri açısından benzerlikler sunmaktadır. Buna göre; $\delta^{13}\text{C}$ değerleri özellikle fay kenarında çok yüksek değerlere sahipken ($> +12\%$ V-PDB) damar travertenleri denilen çatlak sırtlarında gelişen karbonat çökeltilerinde yaklaşık $+3,7$ ile $+5,8\%$ (V-PDB) arasında gözlenmektedir (Özkul vd., 2013).

Bahçecik travertenleri, özellikle yağışlı dönemlerde daha fazla traverten çökelimini sürdürmüştür. Ancak burada göz önünde bulundurulması gereken, traverten gelişiminde iklimin yanı sıra tektonizma da önemli bir yere sahiptir. İncelenen traverten alanı içerisinde neotektonik dönemde bölgedeki ve aynı zamanda lokal ölçekteki tektonik hareketlerin etkisi traverten çökeliminde oldukça etkili olduğu görülmüştür.

Gümüşhane-Bahçecik alanında F örneklerinin derlediği traverten istif içerisinde, 4 ve 7,5 metrelerinde eski toprak düzeyleri gözlenmiştir. F401-101 ve F1-15 ilk eski toprak düzeyine kadar derlenen örneklerdir ve istifin en altına aittir (Şekil 34). Kesit boyunca derlenen F16-F25 örnekleri arası istifin orta bölümüne karşılık gelmektedir. F26-F30 örnekleri traverten istifin üst bölümünden derlenmiştir. Bu bölümde traverten istifi daha boşluklu ve bitki kalıntılı olması nedeniyle örnekleme daha seyrek olarak yapılabilmektedir. Toprak örtüsü tüm alanda travertenleri örtmektedir.

F kesitinin alt bölümünde $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop analizi sonuçları genellikle -14 ile -15 arasında ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop analizi sonuçları 3 ile 4 arasında değişmektedir. Kesit boyunca, $\delta^{18}\text{O}$ değeri artarken, $\delta^{13}\text{C}$ değeri azalma eğilimindedir. İstifin orta bölümünde bu değerler $\delta^{18}\text{O}$ için -13 ile -14 arasında ve $\delta^{13}\text{C}$ değeri 3 ile 4 arasında değişmektedir. ^{18}O değerine ait eğrinin artış daha doğrusal bir ilerleyiş gösterirken, $\delta^{13}\text{C}$ değerine ait eğrinin azalış F11 ile F16 örnekleri arasında çok belirgindir. F kesitinin üst bölümüne ait beş örnekten üçüne ait sonuç elde edilmiştir ve bu örneklerde $\delta^{18}\text{O}$ değerinde azalma -12 ile -13 ‰ (V-PDB) devam ederken, $\delta^{13}\text{C}$ değerinde 3 ile 4 ‰ (V-PDB) belirgin bir değişim izlenmemiştir (Şekil 34).

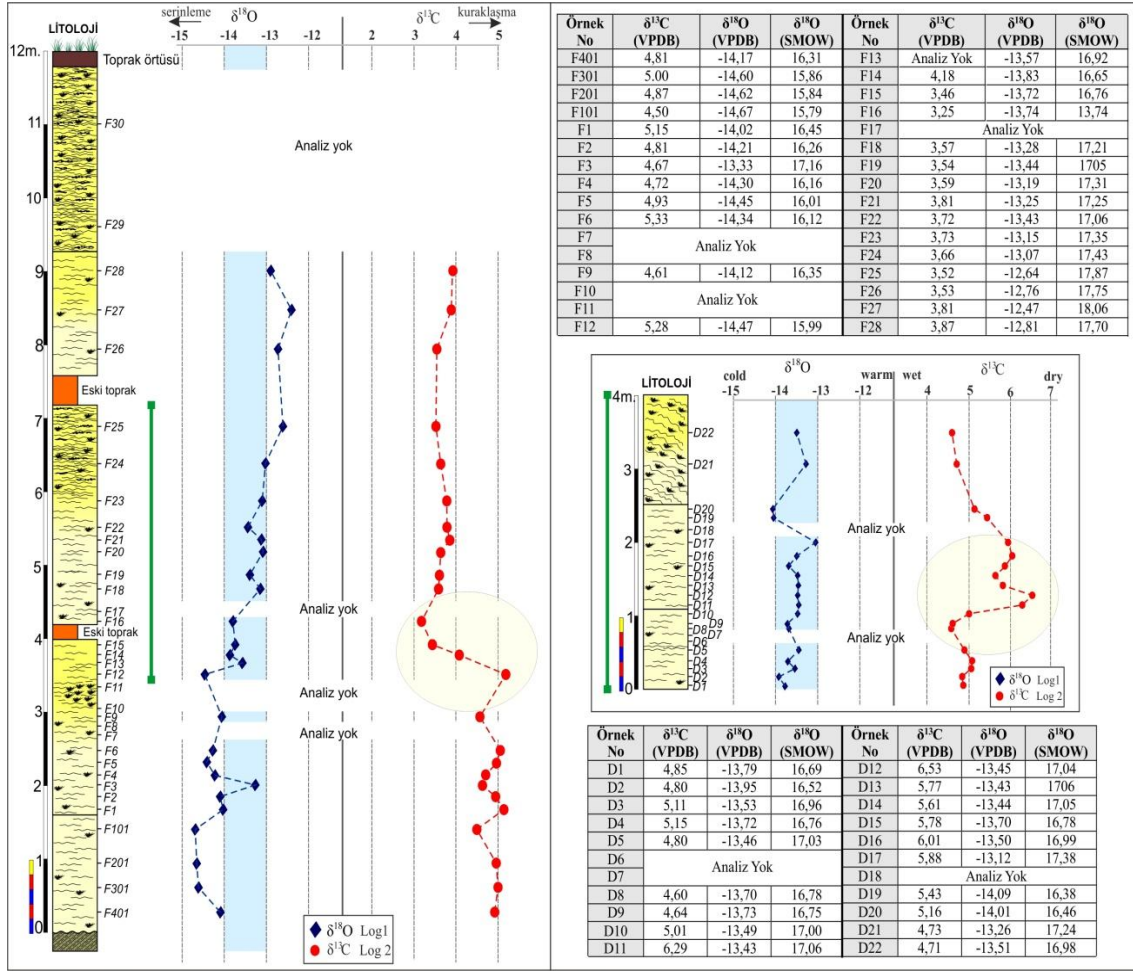
F kesitinin alt ve özellikle orta bölümüne benzer fasiyeste olan 4 metrelik D kesitinden toplam 22 adet örnek derlenmiştir. $\delta^{18}\text{O}$ değerine tüm kesit boyunca -13 ile -14 arasında değişmektedir. $\delta^{13}\text{C}$ değeri ise D1 ile D10 örnekleri arasında 4 ile 5 arasında değişirken, D11 ile D12 örnekleri arasında 6 ile 7 arasında belirgin bir artış göstermiştir. Bu artış kesit boyunca düzenli bir şekilde azalmıştır. $\delta^{13}\text{C}$ değeri 6'dan 4,7 değerlerine kadar azalış izlenmiştir (Şekil 34).

Travertenlerden elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ izotop değeri, farklı ortamsal koşulların (ısı, enlem, boylam, karasallık, mevsimsellik ve buzulların etkileri) etkisiyle değişim gösterir (Gat, 1996; Rozanski vd., 1993; Clark ve Fritz, 1997; Lachniet, 2009 ve Lykoudis vd., 2010). Traverten çökeliminde izotop bileşimindeki en büyük farklılıklar, atmosferik hava kütlelerinin buharlaşması ve yoğunlaşma süreçleriyle ilgilidir (Gat, 1996). Ayrıca, belirli bir bölgedeki ortalama yıllık ısı değeri, $\delta^{18}\text{O}$ değeri ile pozitif korelasyona sahiptir. Yüksek ısı değerleri, $\delta^{18}\text{O}$ değerinin artışına yol açar (Gat, 1996). $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki değişim bitki dağılımı ve çeşitliliği ile ilgilidir. Örneğin, sıcak ve

nemli iklim koşulları, yüksek ve orta enlemlerde büyüyen ağaç ve bitkilerden oluşan C3 bitkilerinin (örn. koniferler) daha yüksek bir oranına neden olur (McDermott, 2004). C4 bitkileri (örn. çayırlar), tropik ve ılık otlak alanları gibi kuru ve açık ekosistemlerde yayılım göstermeyi tercih ederler (Clark ve Fritz, 1997).

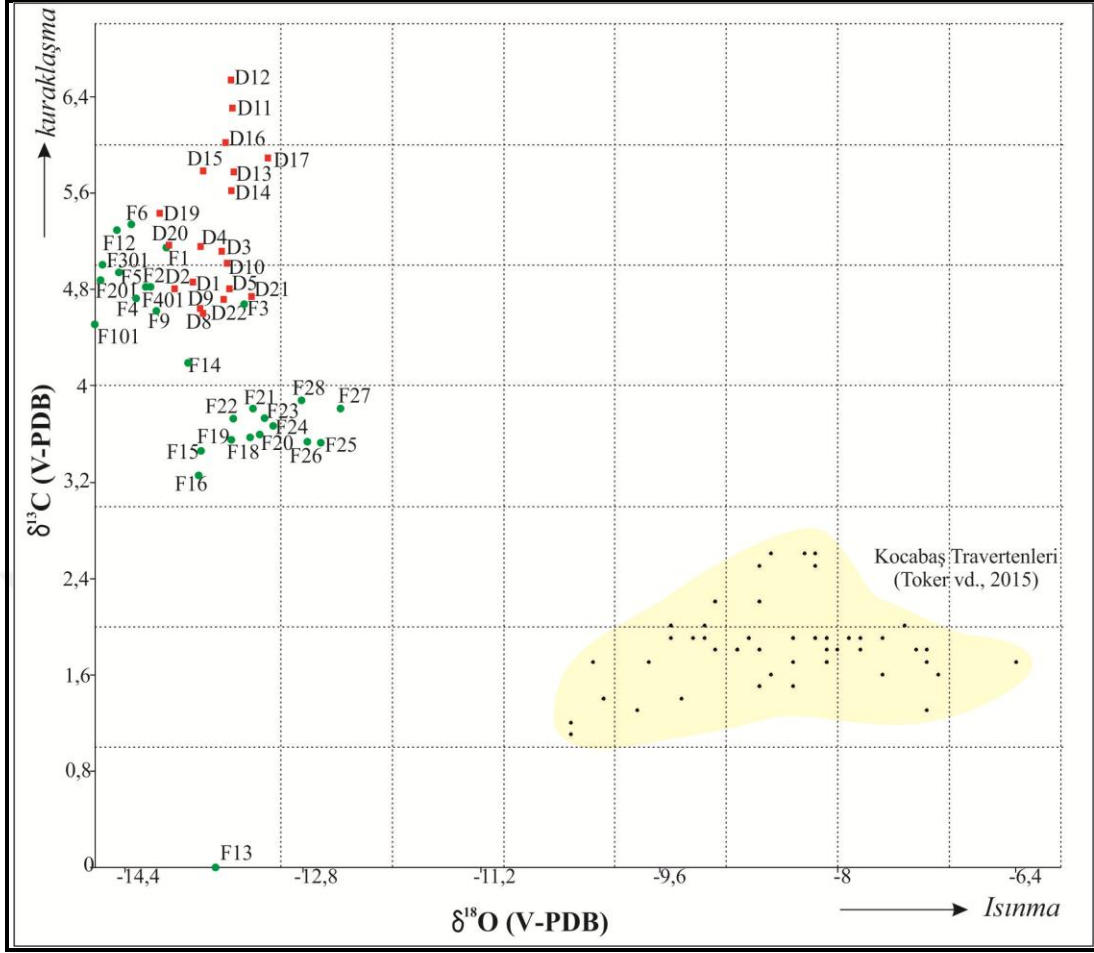
Bu çalışmada F kesitinden derlenen traverten örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ izotop değeri kesit boyunca artmaktadır. Bu artış F kesitinde tanımlanan traverten istifinin oluşumu sırasında düzenli olarak ısı değerinin arttığı şeklinde yorumlanabilir. $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerindeki belirgin değişimlerin ilki F13 örneğinin derlendiği 3,5 ile 4 m arasında, diğeri ise F25 örneğinin derlendiği 6,5 ila 7 m arasında gözlenmiştir. Yukarıda adı geçen örneklerin derlendiği düzeyin hemen sonrasında eski toprak seviyelerinin varlığı dikkat çekicidir. F kesiti boyunca $\delta^{13}\text{C}$ değerinde F11 ile F16 arasında belirgin bir artış gözlenmiştir. Bu artış kurak ortamsal koşulların daha nemli koşullara değişimi şeklinden yorumlanmıştır. Gümüşhane-Bahçecik alanındaki traverten istifi çökelirken çevrede yayılım gösteren C4 bitkileri ile temsil edilen otsul alanlar iklimin ılımanlaşmasıyla birlikte daha nemli bir döneme geçmiş ve C3 bitkilerin yayılım göstermesine yol açmıştır. Bu nemli koşullar artan ısı değeri ile birlikte kesit boyunca devam etmiştir. F kesitinin üst seviyelerinde gözlenen bitki içerikli fasiyeslerin kalınlaşması iklimsel ve ortamsal koşullardaki değişim ile ilgili olmalıdır (Şekil 34).

D kesitinden derlenen traverten örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerinde kendi içinde azalma ve çoğalma olmasına karşın, kesit boyunca belirli bir aralıkta yer almıştır (Şekil 34). $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerindeki benzerlik, yersel alanda küçük değişimler olduğuna işaret etse de bölgesel olarak iklimsel koşullara belirgin bir değişim olmadığı şeklinde yorumlanmıştır. D kesitinde belirlenen iklimsel koşullar F kesitindeki F12 ile F25 örnekleri arasında yer alan iklimsel koşullar ile benzerlik sunmaktadır (Şekil 34). $\delta^{13}\text{C}$ değerinde D9 ile D17 örnekleri arasında belirgin bir artış izlenmiştir. Bu artış D19 örneğinden sonra azalış şeklinde devam etmiştir. $\delta^{13}\text{C}$ değerindeki bu değişim traverten istifinin çökelişi sırasında C4 bitkilerinin belirgin bir artışı olduğunu göstermektedir. Bu artış iklimsel koşullar belirli koşullar altında devam ederken, yağış miktarının azalışına bağlı olarak otsul alanların genişlediği şeklinden yorumlanmıştır. Kısa süreli gözlenen kurak ortamsal koşullar, tekrar nemli koşullara geçiş yapmıştır (Şekil 34).



Şekil 34. Gümüşhane-Bahçecik alanında F ve D kesitlerine ait δ¹³C ve δ¹⁸O duraylı izotop değerleri ve bu değerlerin kesitler boyunca değişimi.

Doğu Karadeniz’de Gümüşhane-Bahçecik alanında F ve D kesitlerine ait δ¹³C ve δ¹⁸O izotop değerlerini karşılaştırdığımızda, F kesitine ait örneklerin bazılarının D kesitine ait örnekler ile benzer δ¹⁸O değerlerine sahip olduğu gözlenmektedir. Bu her iki kesitin belirli bir bölümün benzer iklimsel koşullar altında çöktüğüne işaret etmektedir. Ayrıca, Batı Anadolu’da Denizli-Kocabaş alanına ait δ¹⁸O değeri karşılaştırdığımızda, Batı Anadolu’da yer alan travertenlerin çok daha sıcak iklimsel koşullarda çöktüğü gözlenmiştir. Bu iklimsel farklılık, farklı zamanlarda çökelen travertenler olması ve Gümüşhane-Bahçecik alanında daha kuzeyde yer alması ile açıklanabilir. Ayrıca, δ¹³C değerlerine göre Denizli-Kocabaş travertenlerinin daha nemli ortamsal koşullarda çöktüğü gözlenmiştir (Şekil 35).

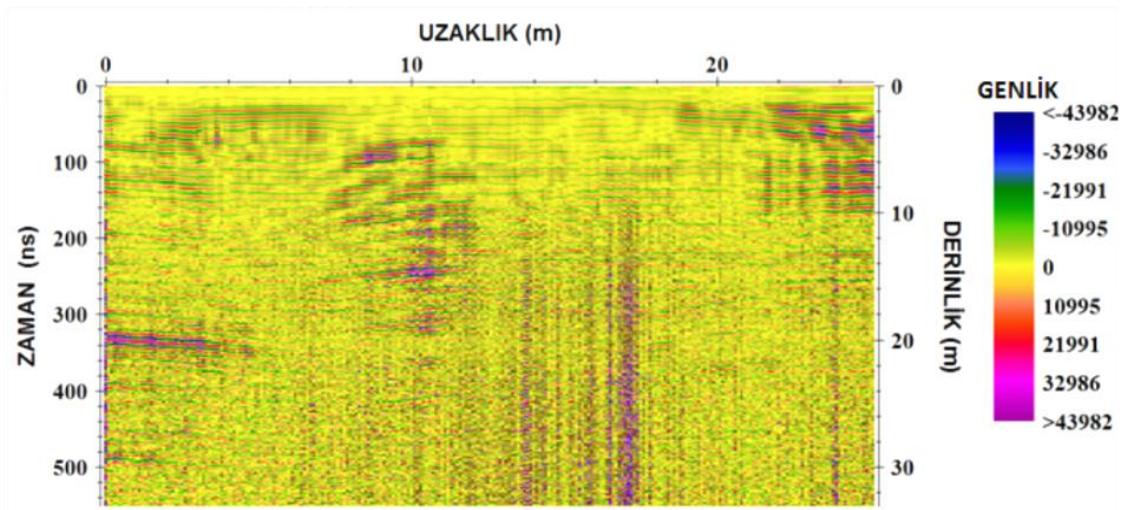


Şekil 35. Kocabaş travertenleri ve Gümüşhane-Bahçecik alanında F ve D kesitlerine ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop değerlerinin karşılaştırması.

3.6. Yer Radarı (GPR) Uygulamaları

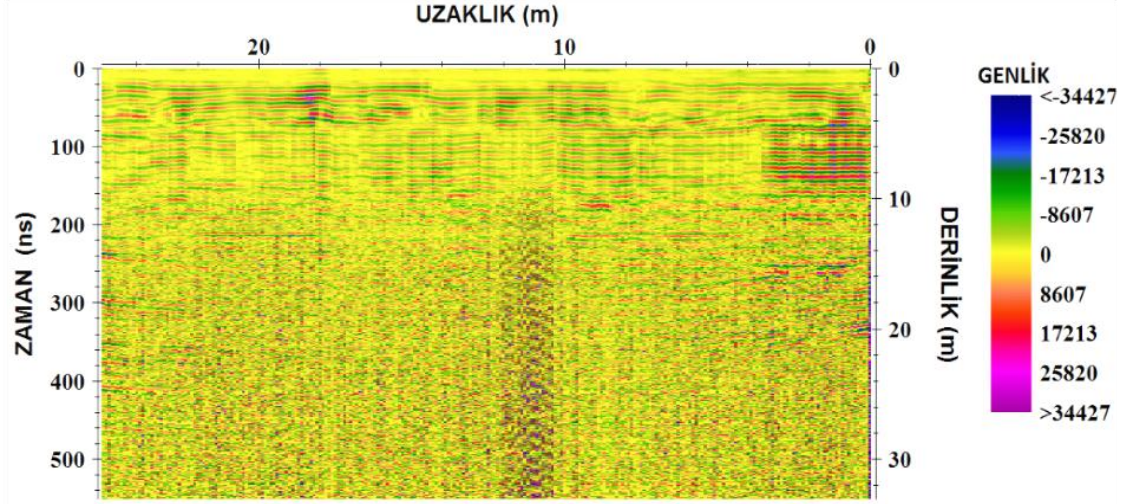
3.6.1. Ocak_üstü 1 Sahasından Elde Edilen (100 MHz K-G Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması

Bu çalışmada toplanan GPR verileri veri işlem adımları uygulanarak yorumlamaya hazır hale gelmiştir. Radargramlar genel olarak incelendiğinde Ocak_üstü1 sahasında 100 MHz korumasız antenle K-G doğrultulu alınan ölçümlerde yaklaşık 18 m derinlikten yansımalar alınmıştır.



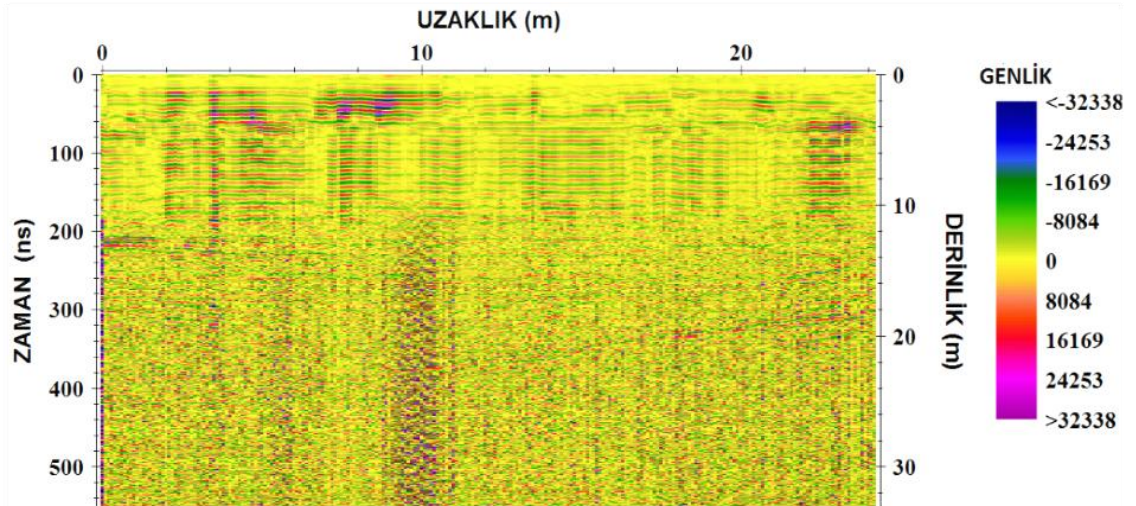
Şekil 36. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-1, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında 0-4 m, 6-12 m ve 18-22 m uzaklıklarda yüksek genlikli yansıtıcı yüzey net bir şekilde gözlenmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası göze çarpmaktadır. Ayrıca 2-10 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar dikkat çekmektedir (Şekil 36).



Şekil 37. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-2, Şekil 6).

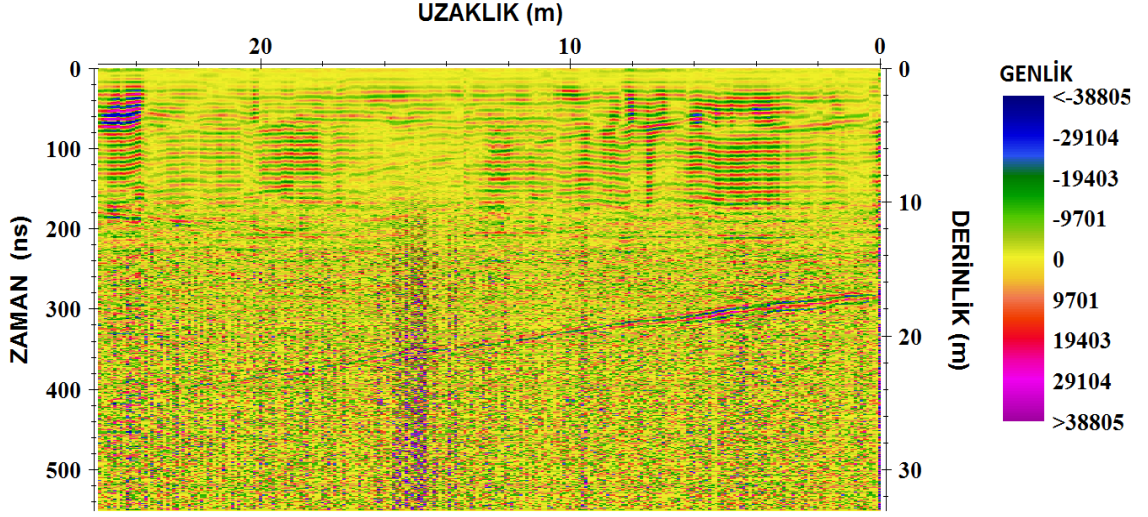
Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen kesite bakıldığında yaklaşık 2-9 m derinlikte yüksek genlikli eğimli bir yansıtıcı görülmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası göze çarpmaktadır. Ayrıca 2-9 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar dikkat çekmektedir (Şekil 37).



Şekil 38. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-3, Şekil 6).

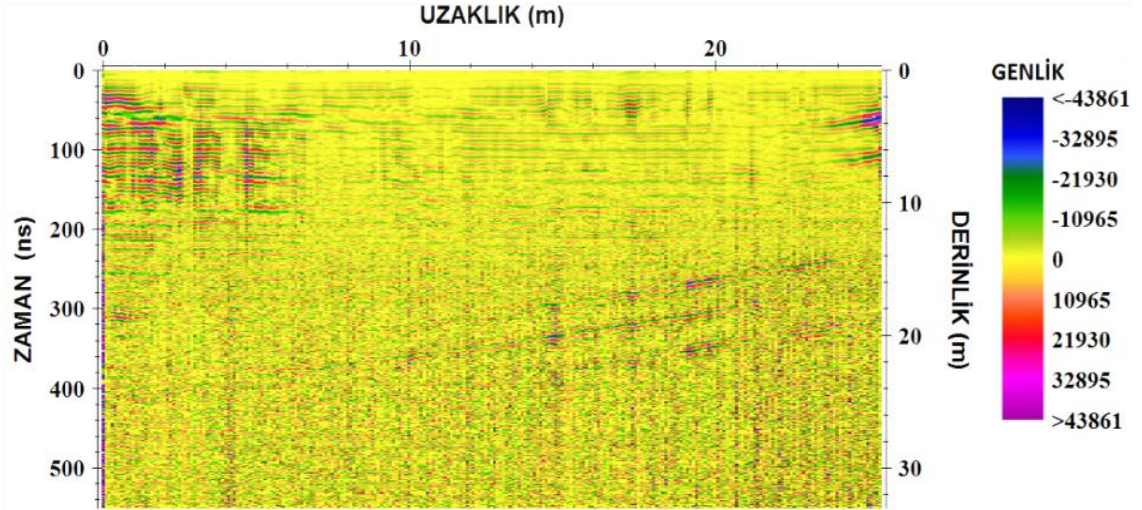
Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık 3. profilden yaklaşık olarak 2-10 m ve 22 m uzaklıkta yüksek genlikli bir yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır.

0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir Ayrıca 2-10 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 18 m derinliğinde yansımaya sınırı görülmekte, 18 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı gözlenmektedir (Şekil 38).



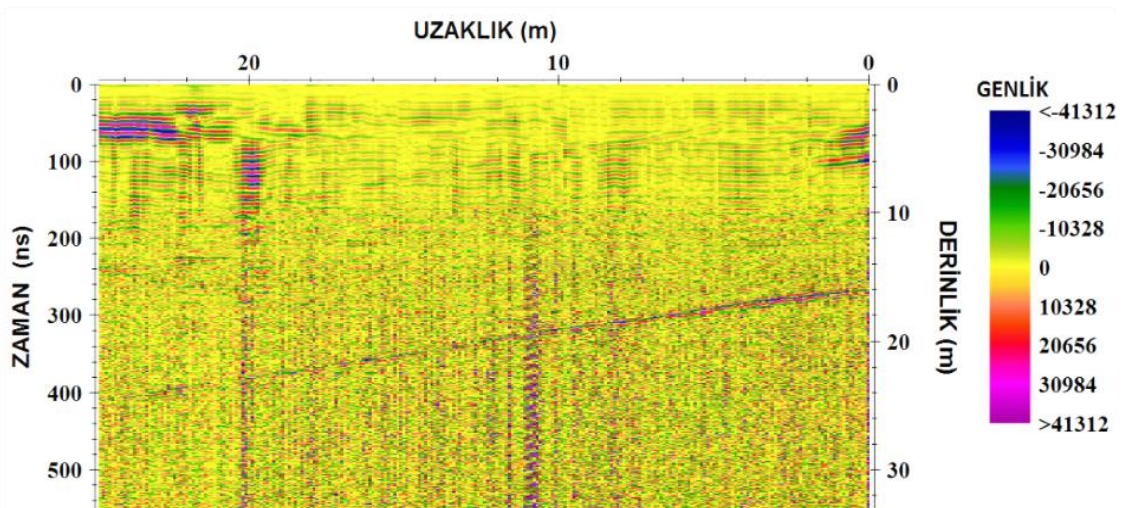
Şekil 39. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-4, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında alınan ölçümlerden 4. Profile bakıldığında yaklaşık olarak 4-10 m ve 24 m uzaklıkta yüksek genlikli eğimli yansıtıcı yüzey dikkat çekmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası görülmektedir. Ayrıca yaklaşık 2-10 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 15 m derinliğinde görülen yansıtıcı sınır gözlenmekte, 15 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı gözlenmektedir (Şekil 39).



Şekil 40. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-5, Şekil 6).

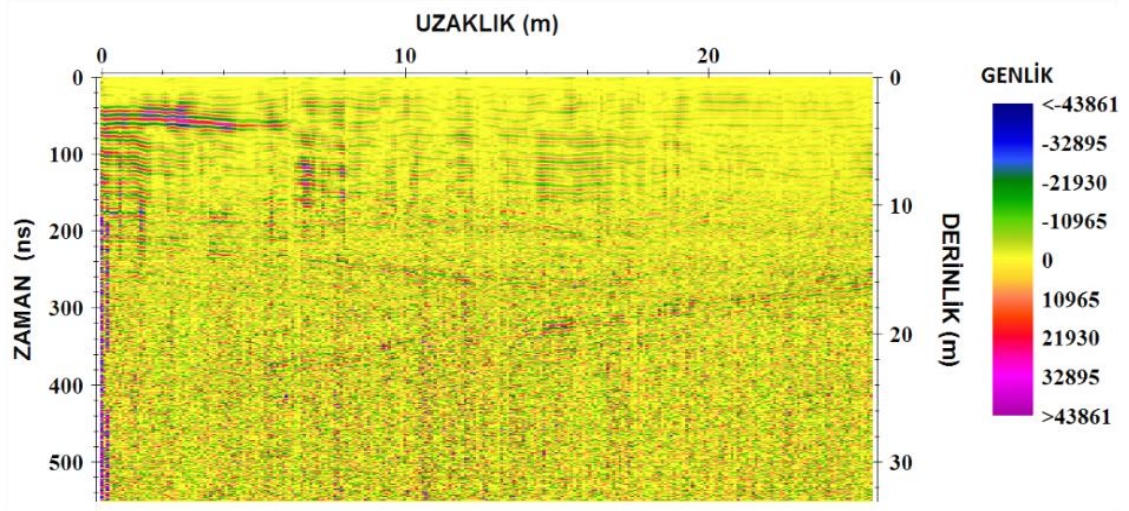
Ocak_üstü 1 sahasında alınan ölçümlerden 5. profilde elde edilen yer radarı kesiti (radagram) incelendiğinde, 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası görülmekte, 0-6 m ve 23 m uzaklıkta yüksek genlikli eğimli bir yansıtıcı yüzey sınırı dikkat çekmektedir. Ayrıca 2-12 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. Yaklaşık olarak 13-19 m yansıtıcı sınırlar göze çarpmaktadır. Ayrıca 20 m derinliğinden sonra masif bir yapı gözlenmektedir (Şekil 40).



Şekil 41. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-6, Şekil 6).

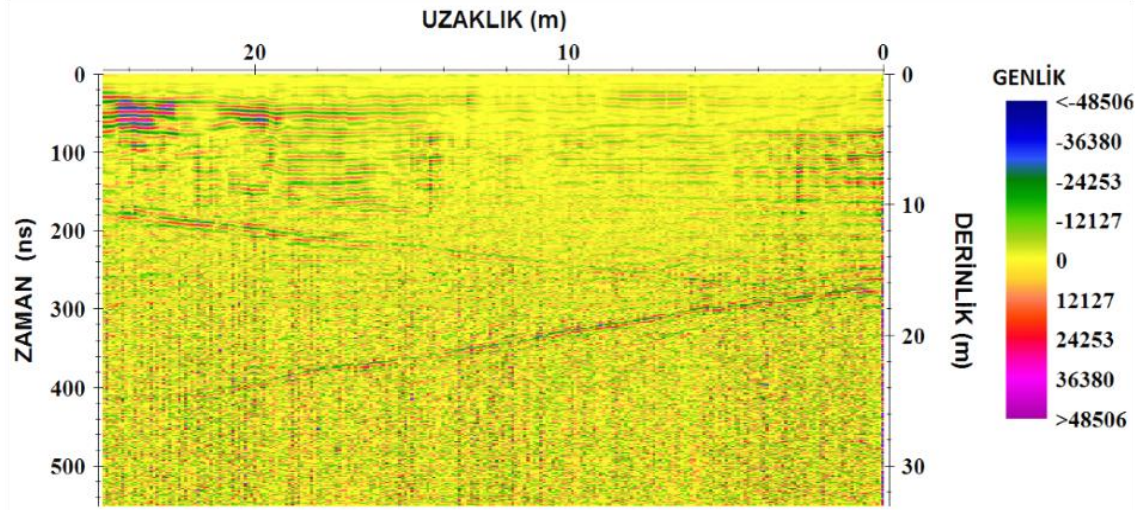
Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-2 m ve 20-23

m uzaklıklarda yüksek genlikli yansımalar görülmekte, 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-11 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. Ayrıca bu profilde yaklaşık 15 m derinliğinde yansıtıcı sınır göze çarpmakta, 15 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 41).



Şekil 42. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-7, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında alınan ölçümlerden 7. Profile bakıldığında yaklaşık 0-8 m uzaklıkta yüksek genlikli yansımalar göze çarpmaktadır. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Yaklaşık olarak 2-10 m derinliğinde ara ara kırık bloklar görülmektedir. Ayrıca 16 m derinliğinde yansıtıcı sınır gözlenmekte, 16 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 42).

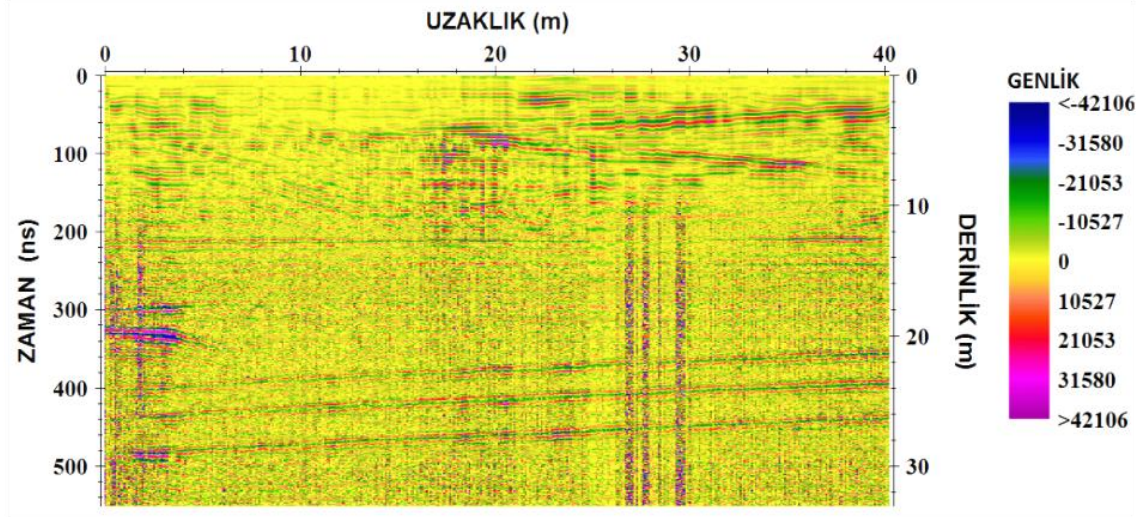


Şekil 43. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-8, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-20 m uzaklığında yüksek genlikli yansımalar dikkat çekmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca bu profilde yaklaşık olarak 2-12 m derinliğinde ara ara kırık bloklar görülmektedir. 12-16 m derinliğinde yansıtıcı yüzeyler görülmekte, 16 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 43).

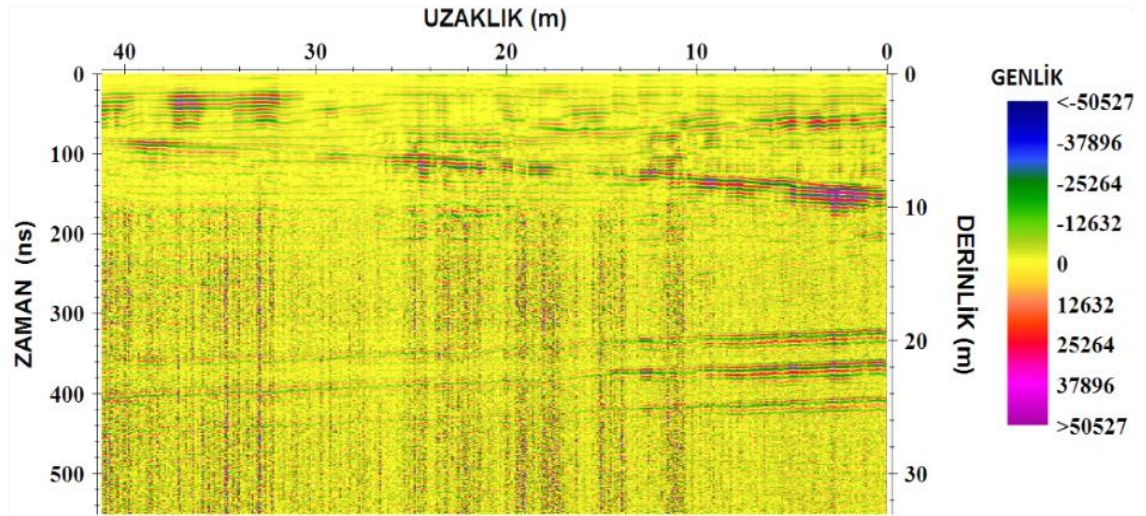
3.6.2. Ocak_üstü 1 Sahasından Elde Edilen (100 MHz D-B Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması

Bu çalışmada toplanan GPR verileri veri işlem adımları uygulanarak yorumlamaya hazır hale gelmiştir. Radargramlar genel olarak incelendiğinde Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz korumasız antenle D-B doğrultulu alınan ölçümlerde yaklaşık 26 m derinlikten yansımalar alınmıştır.



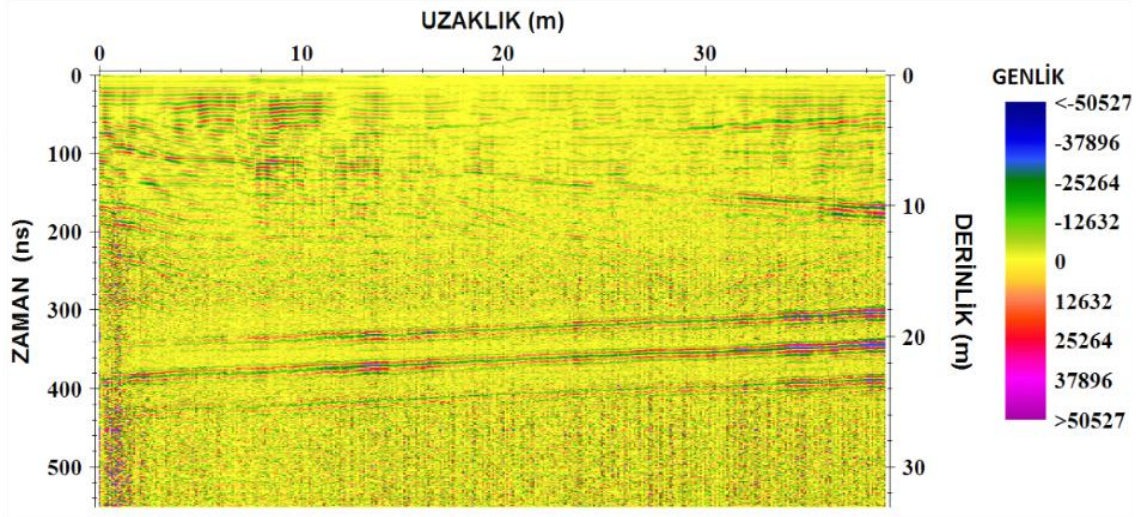
Şekil 44. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-9, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-4 m ve 18-40 m uzaklığında yüksek genlikli yansımalar dikkat çekmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca bu profilde yaklaşık olarak 2-12 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 22-26 m derinliğinde yansıtıcı yüzeyler gözlenmekte olup, 26 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 44).



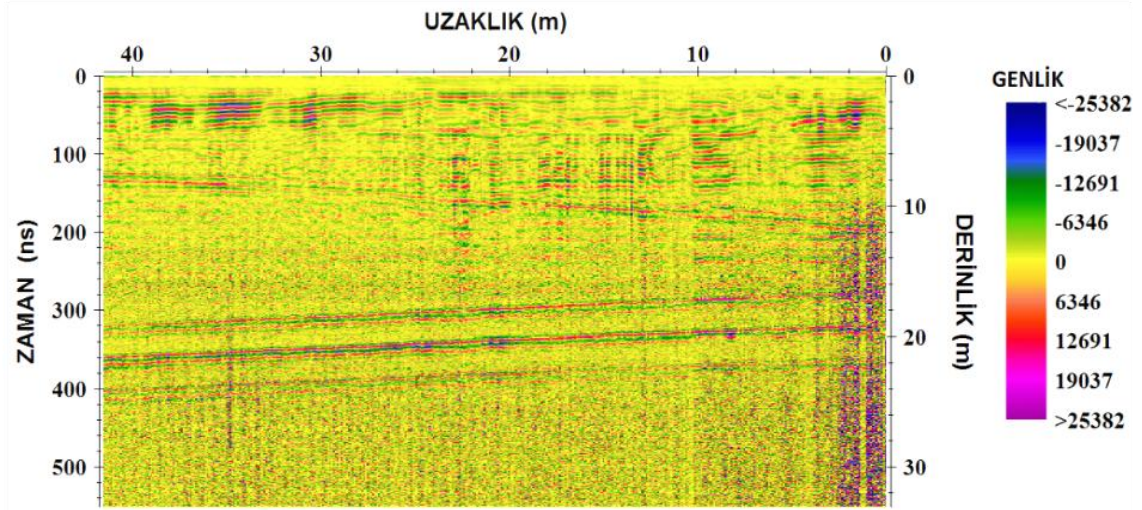
Şekil 45. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-10, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-14 m, 18-26 m ve 30-40 m uzaklığında yüksek genlikli yansımalar dikkat çekmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca bu profilde yaklaşık olarak 2-12 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 19-24 m derinliğinde yansıtıcı yüzeyler gözlenmekte olup, 24 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 45).



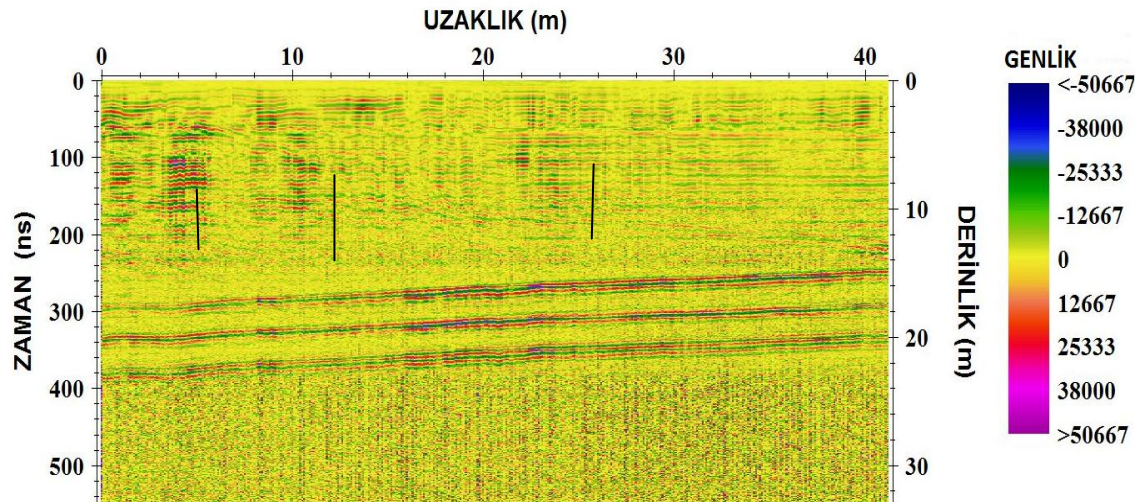
Şekil 46. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-11, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-10 m ve 30-40 m uzaklığında yansıtıcı yüzeyler dikkat çekmekte olup 7 m derinliğinde yüksek genlikli eğimli yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası görülmektedir. Ayrıca bu profilde yaklaşık olarak 2-12 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 18-23 m derinliğinde yansıtıcı yüzeyler gözlenmekte olup, 23 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 46).



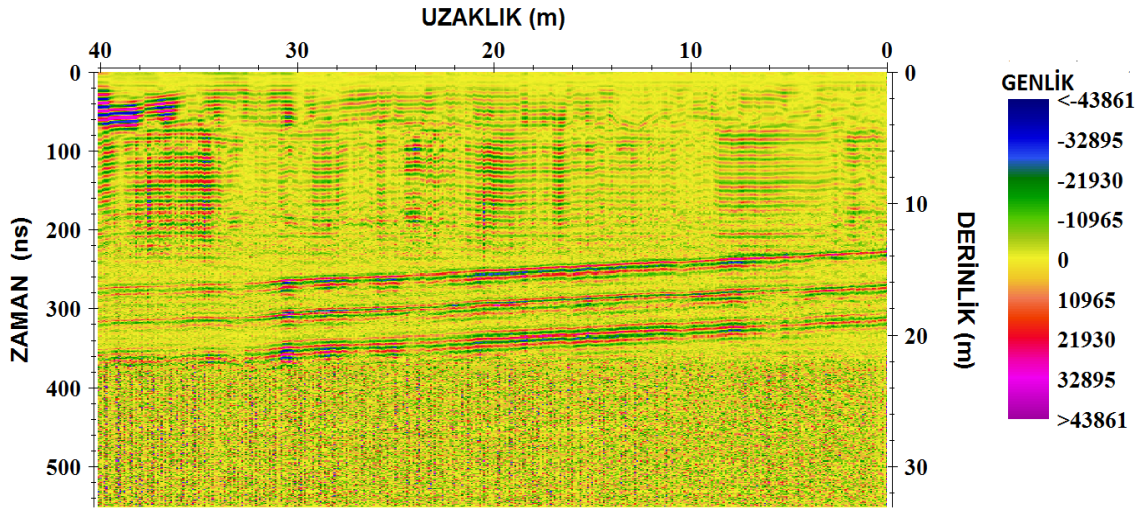
Şekil 47. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-12, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası görülmektedir. Yer yer zayıf genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-12 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 2-10 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. Ayrıca 16-22 m derinliğinde yansıtıcı yüzeyler gözlenmekte olup, 22 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 47).



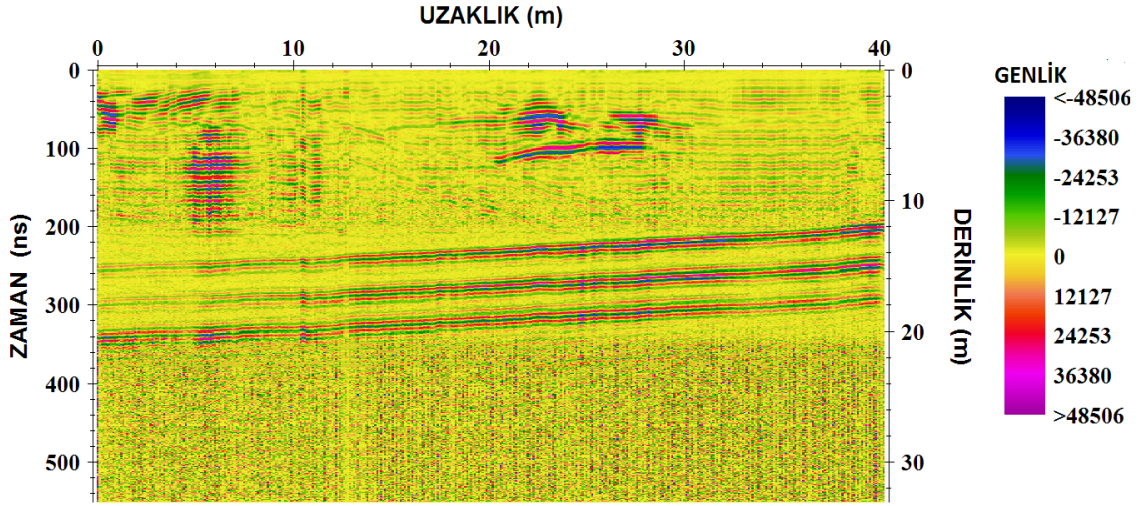
Şekil 48. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-13, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası görülmektedir. Yer yer zayıf genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-10 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 2-12 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. Ayrıca 15-21 m derinliğinde yansıtıcı yüzeyler gözlenmekte olup, 21 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 48).



Şekil 49. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-14, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında alınan ölçümlerden 14. Profile bakıldığında yaklaşık 36-40 m uzaklıkta net bir şekilde yüksek genlikli yansıma görülmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca yaklaşık 4-12 m derinliğinde kırıklı-çatlaklı bloklar görülmekte olup, 0-3 m, 3-9 m, 9-16 m, 26-27 m ve 32-34 m uzaklıklarda sağlam bloklar göze çarpmaktadır. 13-19 m derinliğinde yansıtıcı yüzeyler gözlenmekte olup, 19 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 49).

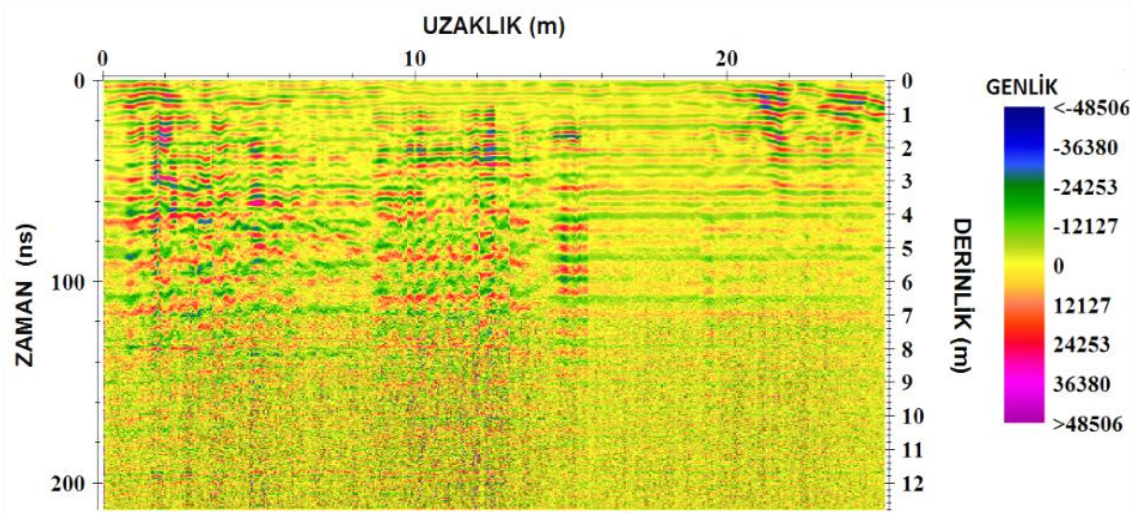


Şekil 50. Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-100-15, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası görülmektedir. Yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 4-10 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 2-12 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. Ayrıca 12-17 m derinliğinde yansıtıcı yüzeyler dikkat çekmekte olup, 17 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 50).

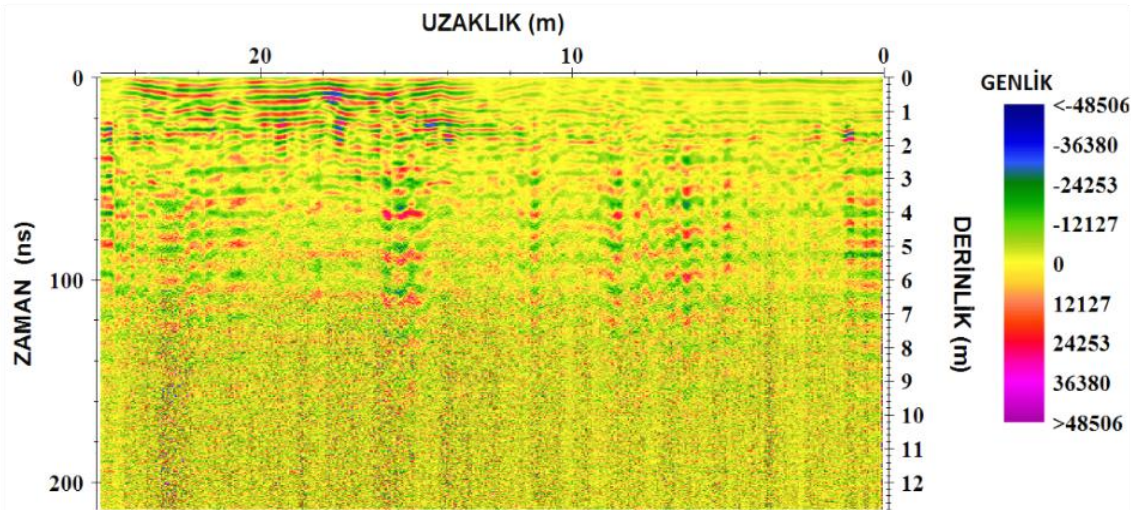
3.6.3. Ocak_üstü 1 Sahasından Elde Edilen (250 MHz K-G Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması

Bu çalışmada toplanan GPR verileri veri işlem adımları uygulanarak yorumlamaya hazır hale gelmiştir. Radargramlar genel olarak incelendiğinde Ocak_üstü1 sahasında 250 MHz korumasız antenle K-G doğrultulu alınan ölçümlerde yaklaşık 8,5 m derinlikten yansımalar alınmıştır.



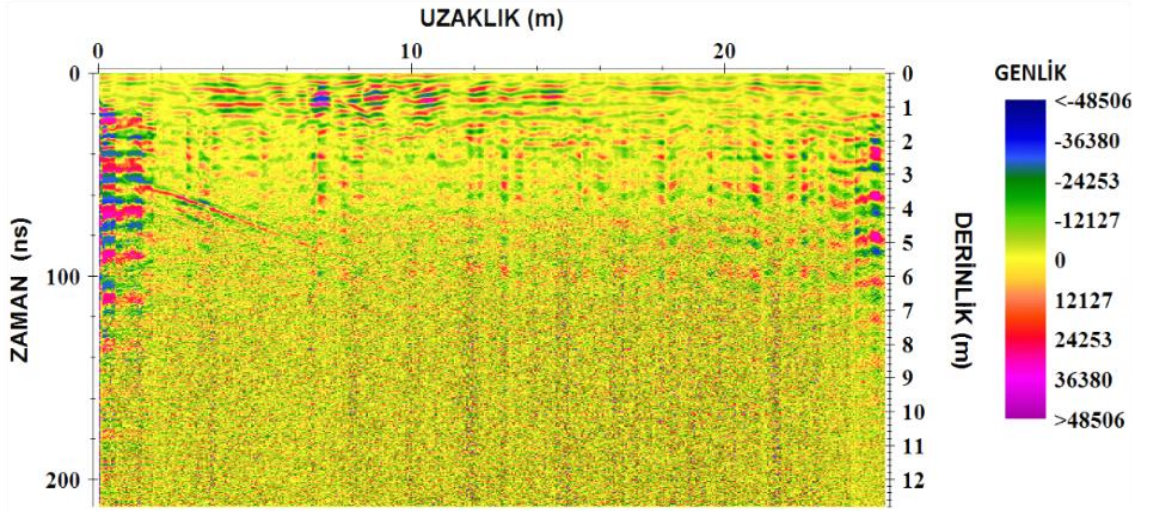
Şekil 51. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-1, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 8 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 0-7 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 8 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 51).



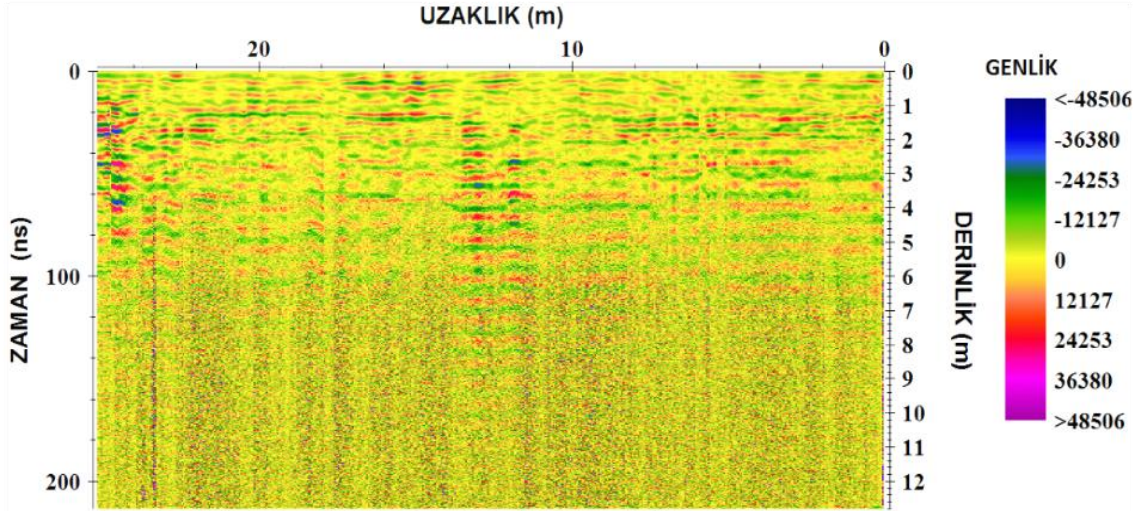
Şekil 52. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-2, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 7 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 0-7 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 7 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 52).



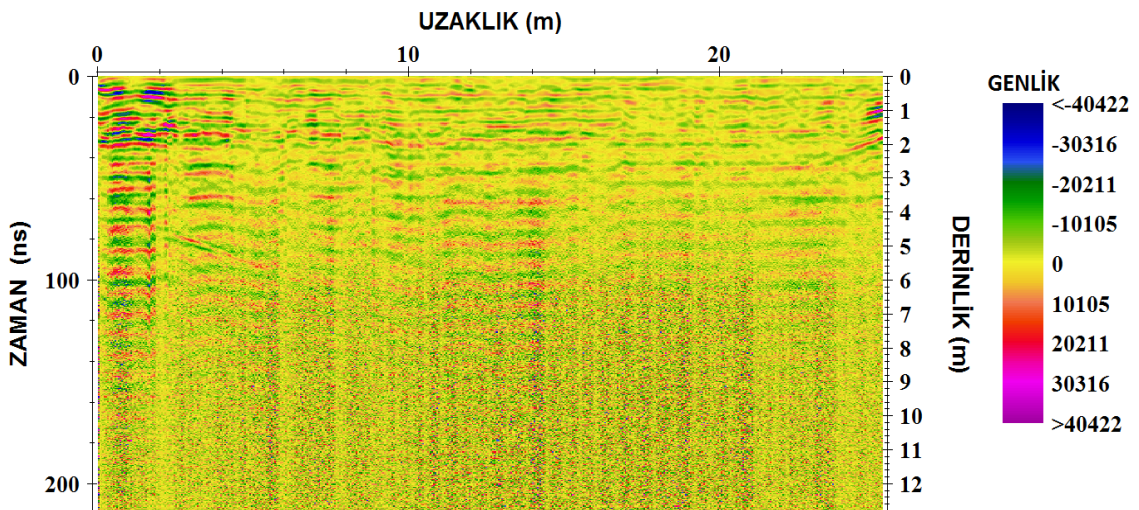
Şekil 53. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-3, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 8,5 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 0-4 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. Ayrıca 4 m derinliğinde eğimli bir yansıtıcı yüzey göze çarpmaktadır (Şekil 53).



Şekil 54. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-4, Şekil 6).

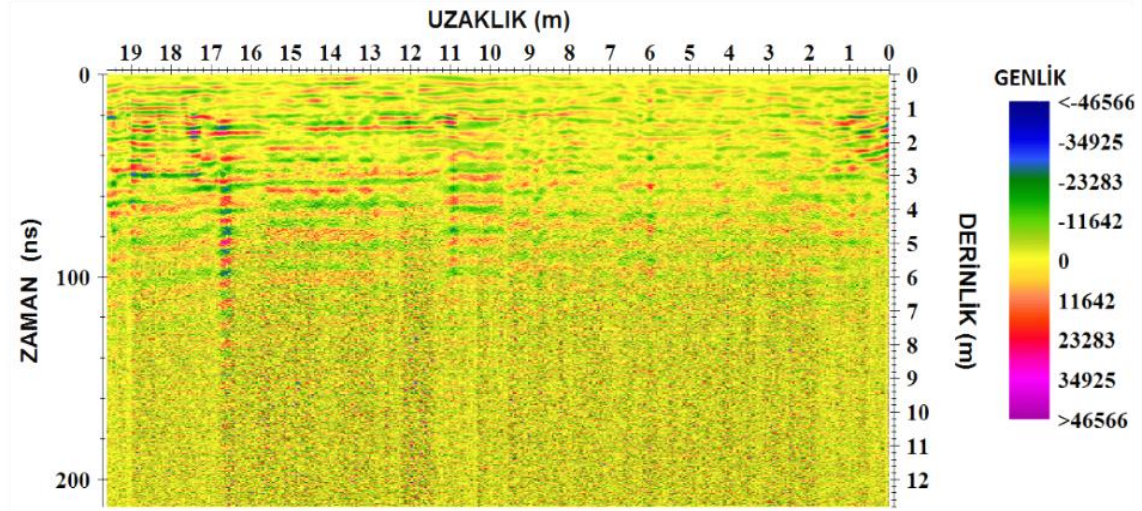
Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 7 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 0-7 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 7 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 54).



Şekil 55. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-5, Şekil 6).

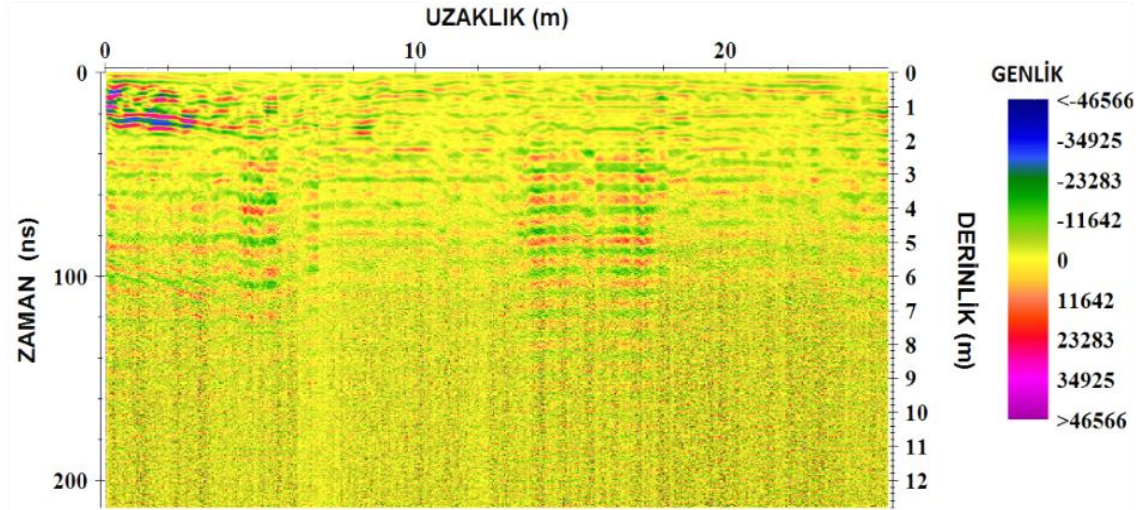
Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-2 m ve 24 m

uzaklıkta net bir şekilde yüksek genlikli yansıma göze çarpmıştır. 2-6 m derinliğe kadar kırıklı bloklar dikkat çekmektedir yansımalar gözlenmiştir. 6 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 55).



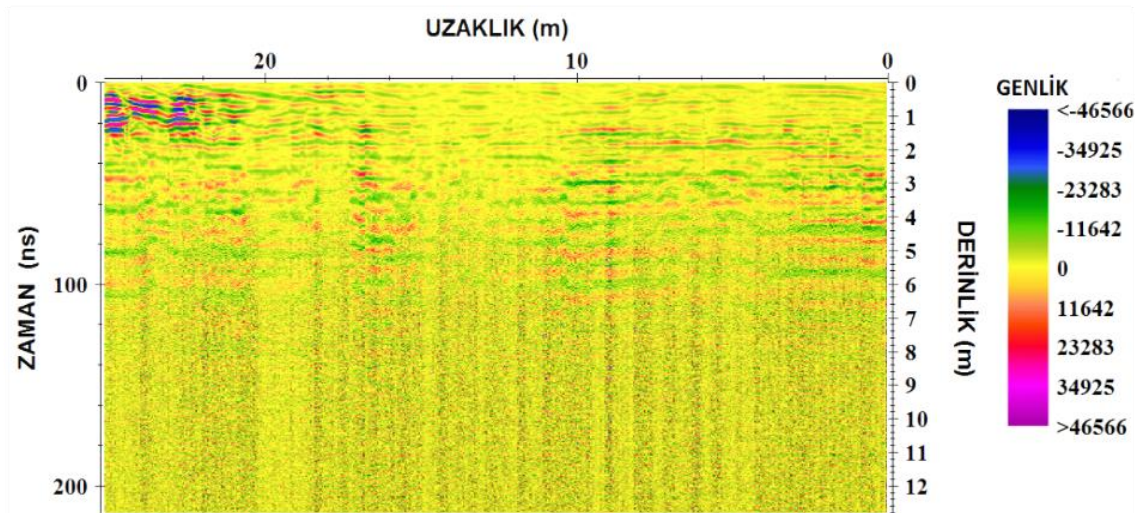
Şekil 56. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-6, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 6 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 0-6 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 6 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 56).



Şekil 57. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-7, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 7 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 0-7 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 7 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 57).



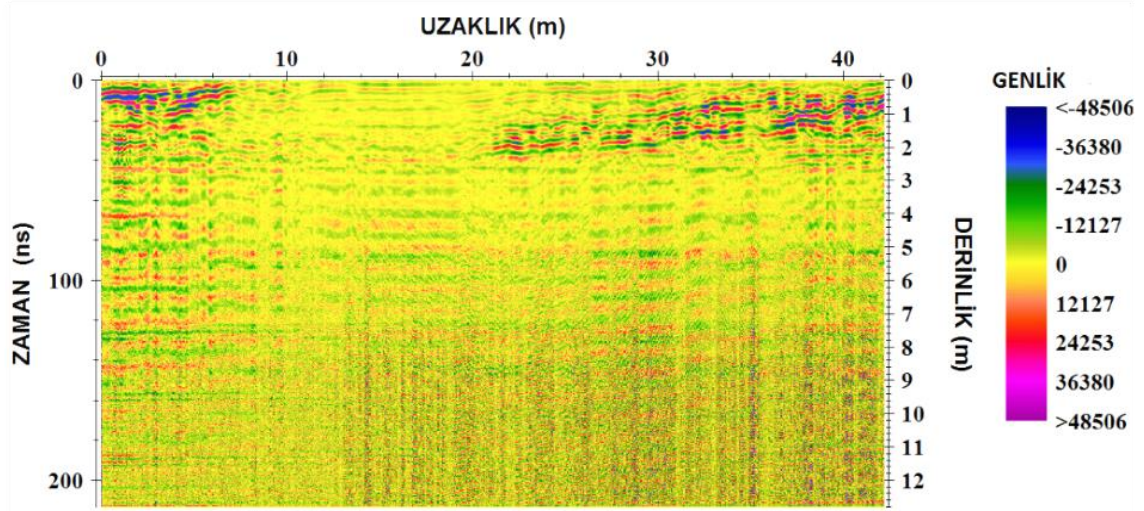
Şekil 58. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-8, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle K-G doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 6 m derinliğe

kadar gözlenmekte olup, 0-6 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 6 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 58).

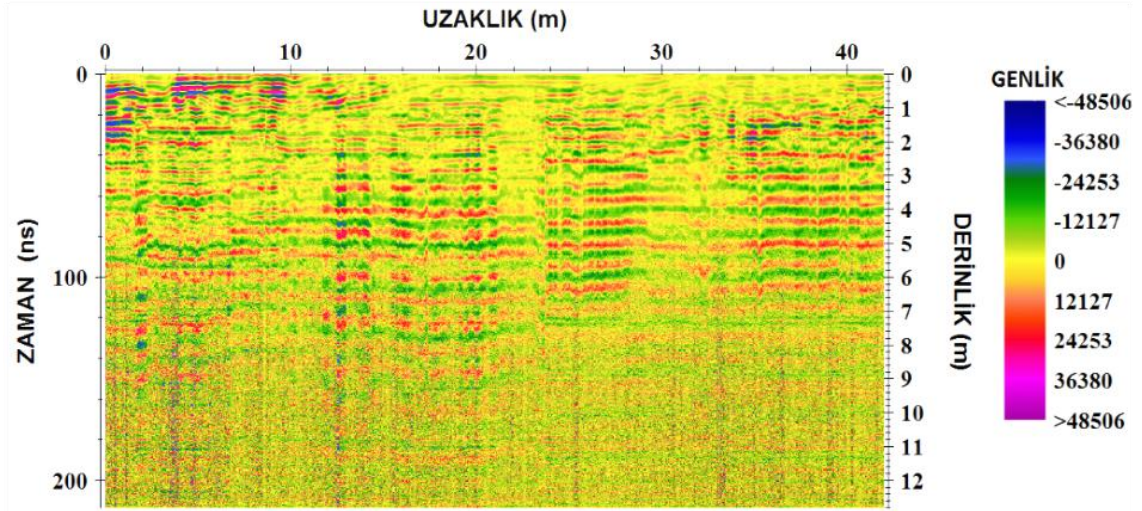
3.6.4. Ocak_üstü 1 Sahasından Elde Edilen (250 MHz D-B Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması

Bu çalışmada toplanan GPR verileri veri işlem adımları uygulanarak yorumlamaya hazır hale gelmiştir. Radargramlar genel olarak incelendiğinde Ocak_üstü1 sahasında 250 MHz korumasız antenle D-B doğrultulu alınan ölçümlerde yaklaşık 8,5 m derinlikten yansımalar alınmıştır.



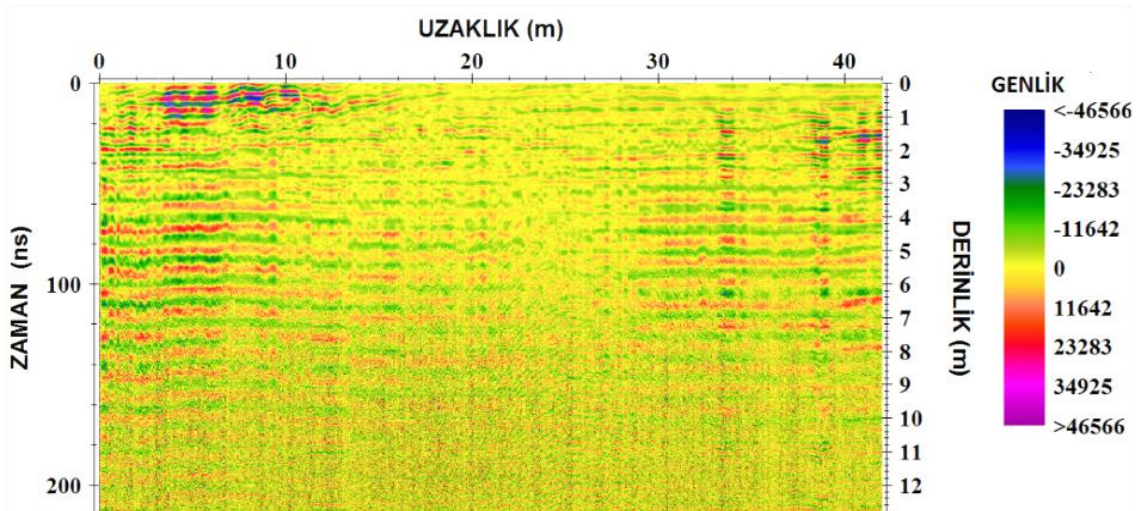
Şekil 59. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-9, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık. yüksek genlikli yansıtıcı yüzey 0-7 m ve 22-42 m uzaklıkta görülmektedir. 0-8 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 8 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 59).



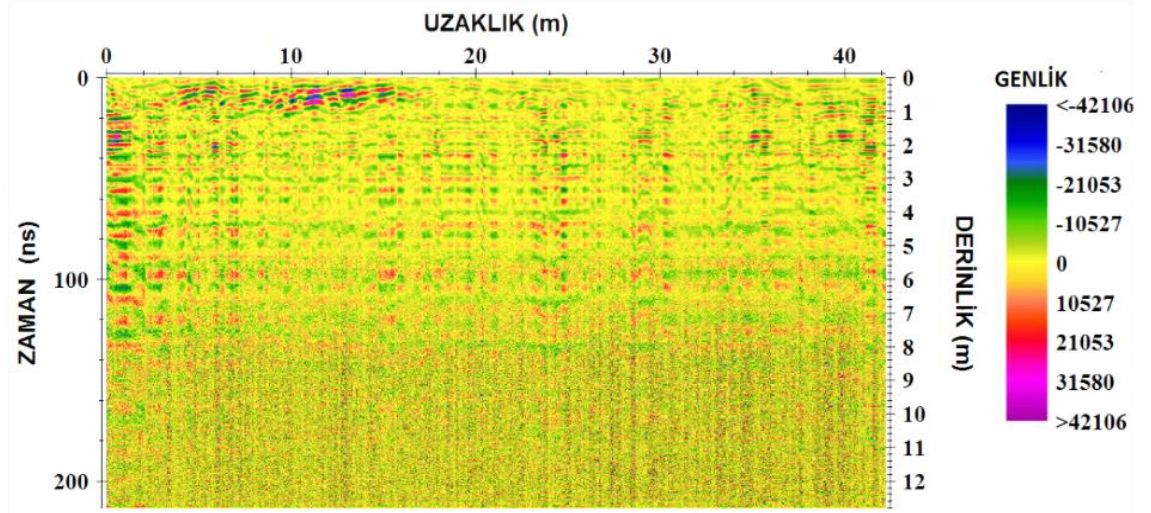
Şekil 60. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-10, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 7.4 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 0-7.4 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 7.4 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 60).



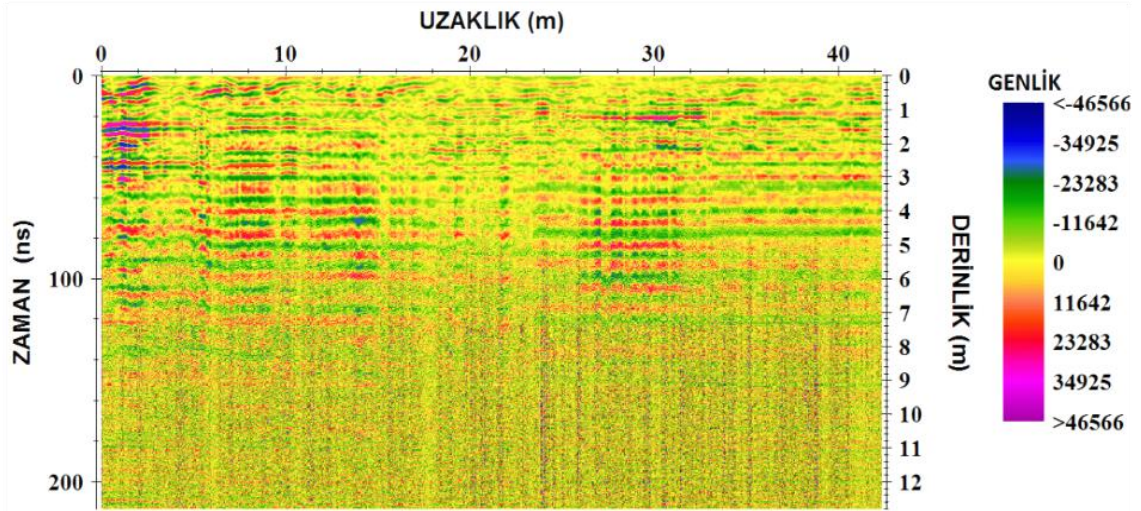
Şekil 61. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-11, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 1-2 m derinliklerinde ve 4-10 m uzaklıklarında net bir şekilde yüksek genlikli yansıma göze çarpmakta olup, 0-8,5 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 8,5 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 61).



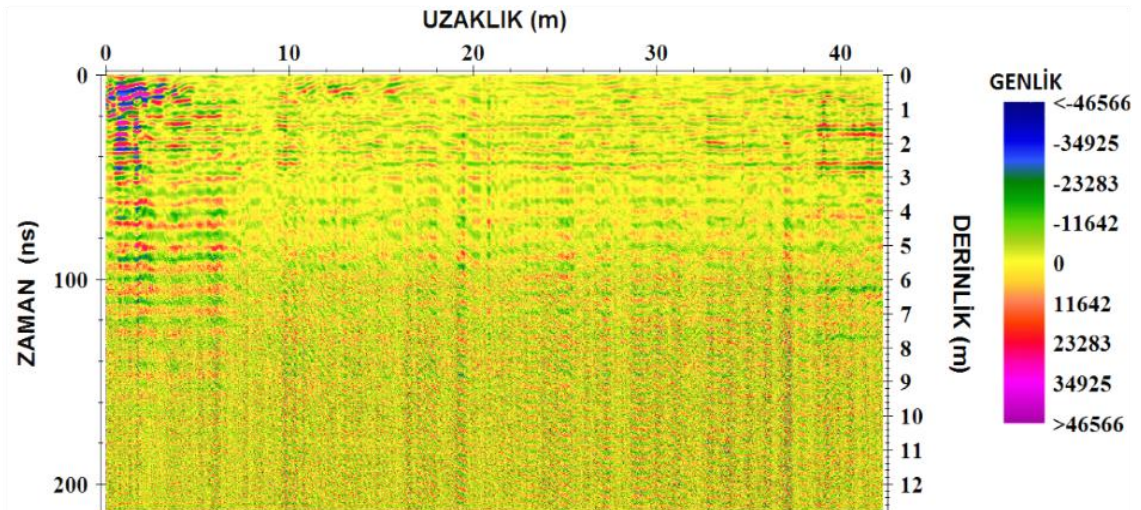
Şekil 62. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-12, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 8 m derinliğe kadar gözlenmekte olup, 0-8 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 0-2 m uzaklıklarda ve 4-16 m uzaklıklardaki yüksek genlikli yansımalar kendini göstermektedir. Ayrıca 8 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 62).



Şekil 63. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-13, Şekil 6).

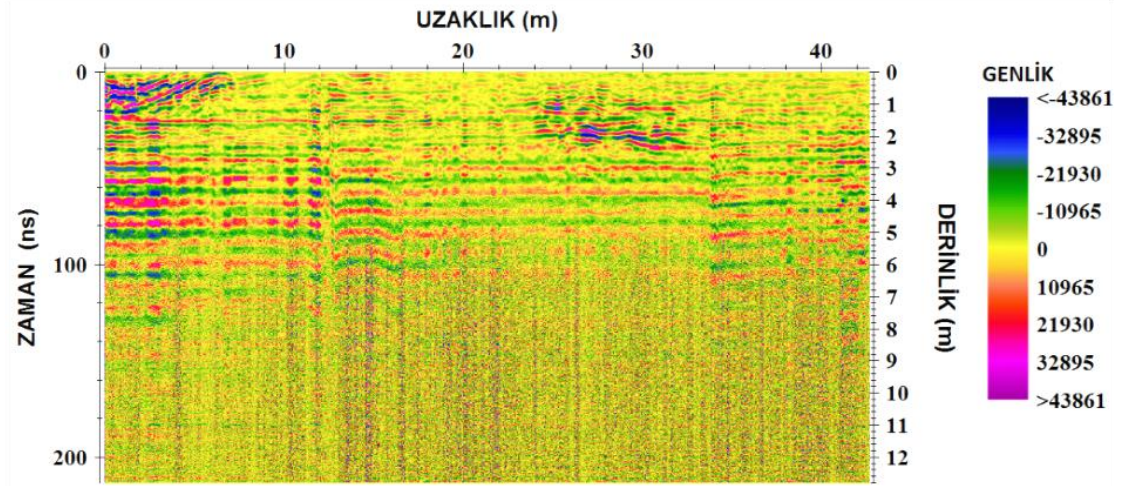
Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-7 m uzaklıklar arasında yüksek genlikli yansıma kendini göstermektedir. Ayrıca yer yer farklı uzaklıklarda ve derinliklerde yüksek genlikli yansımalar göze çarpmaktadır. 0-7 m derinliğinde kırık-çatlaklı bloklar görülmektedir. 7 m derinlikten sonra masif bir yapı göze çarpmaktadır (Şekil 63).



Şekil 64. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-14, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-6,5 m

uzaklıklar arasında yüksek genlikli yansıma kendini net bir şekilde göstermiştir. Ayrıca yer yer farklı uzaklıklarda ve derinliklerde yüksek genlikli yansımalar göze çarpmaktadır. 6,5 m derinliği kadar yansımalar gözlenmektedir. 6,5 m derinlikten sonra masif bir yapı göze çarpmaktadır (Şekil 64).

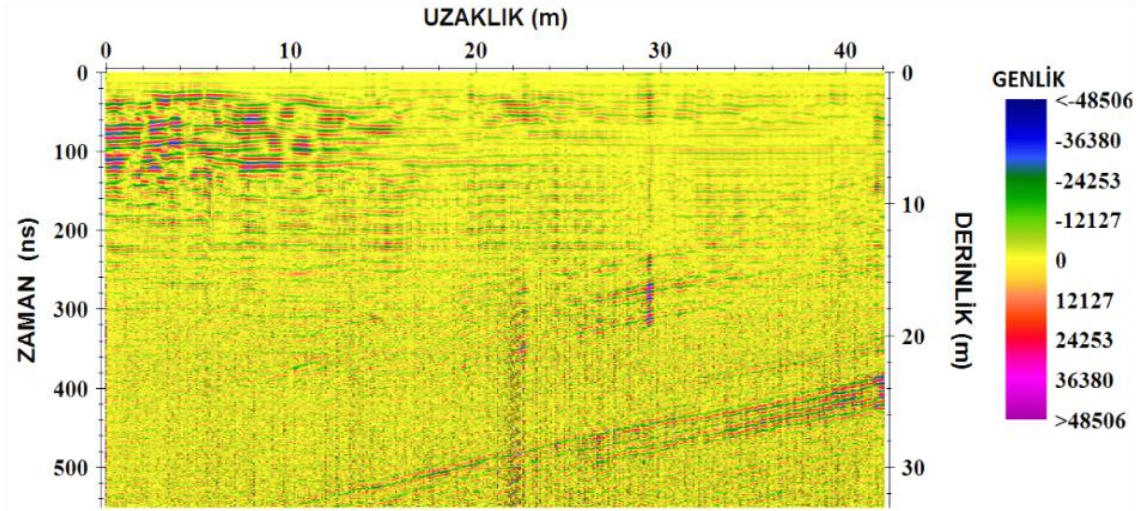


Şekil 65. Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen radagram, (1-250-15, Şekil 6).

Ocak_üstü 1 sahasında 250 MHz'lik antenle D-B doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-7 m uzaklıklarda ve 24-32 m uzaklıklardaki yüksek genlik genlikle yansımalar kendini göstermektedir. 7 m derinlikten sonra masif bir yapı göze çarpmaktadır (Şekil 65).

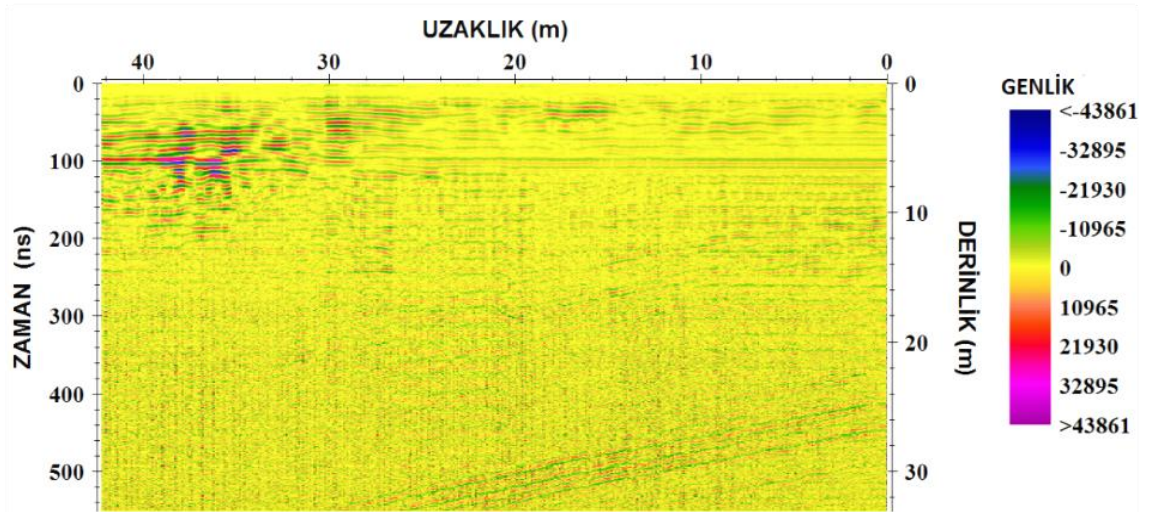
3.6.5. Ocak_üstü 2 Sahasından Elde Edilen (100 MHz KB-GD Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması

Bu çalışmada toplanan GPR verileri veri işlem adımları uygulanarak yorumlamaya hazır hale gelmiştir. Radargramlar genel olarak incelendiğinde Ocak_üstü1 sahasında 100 MHz korumasız antenle KB-GD doğrultulu alınan ölçümlerde yaklaşık 32 m derinlikten yansımalar alınmıştır.



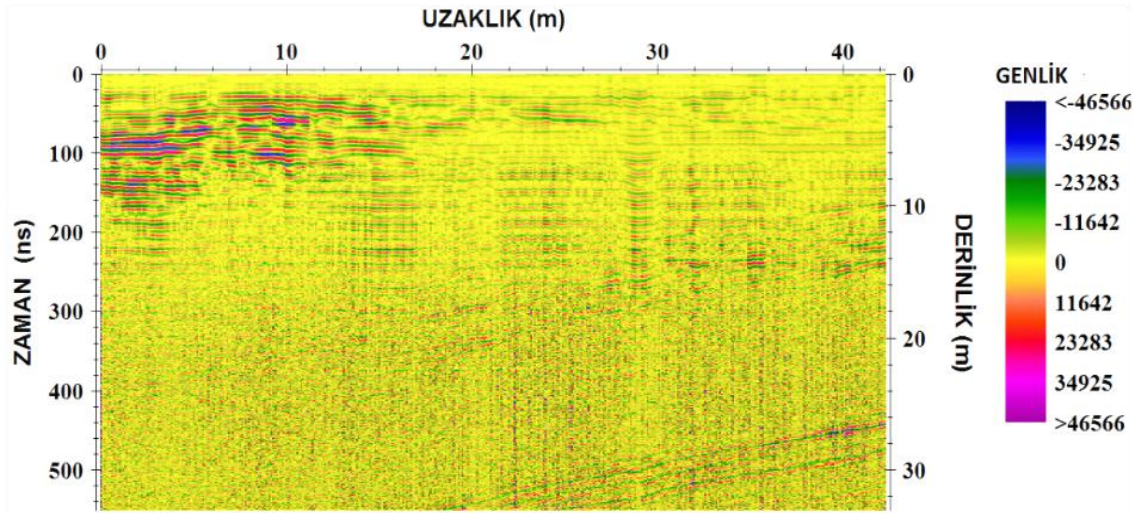
Şekil 66. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen radagram, (2-100-1, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında 0-12 m uzaklıkta ve 2-6 m derinliği kadar net bir şekilde yüksek genlikli yansıma görülmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca 2-12 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 22-26 m derinliğinde yansıma sınırı görülmekte olup, 26 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı gözlenmektedir (Şekil 66).



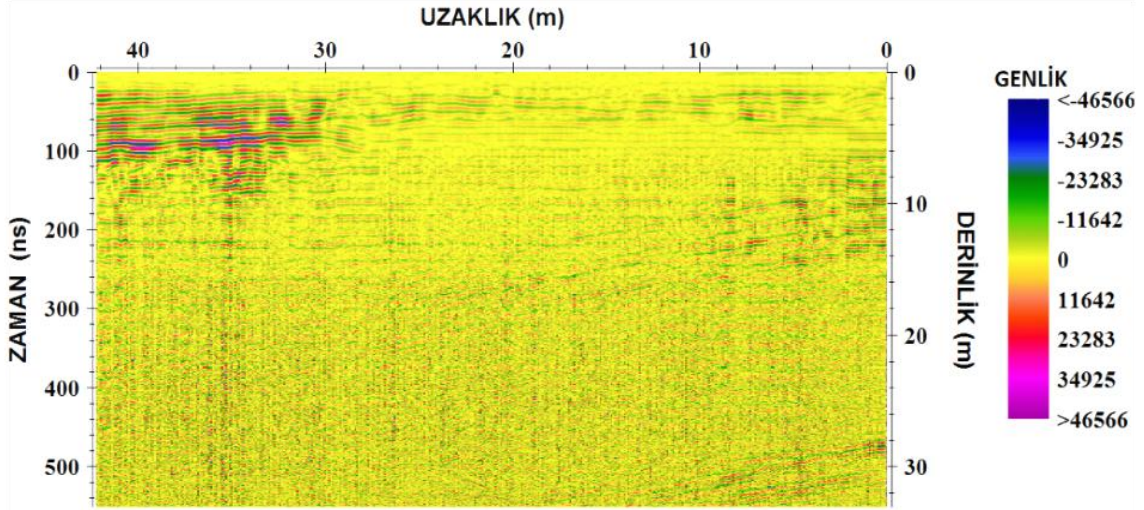
Şekil 67. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen radagram, (2-100-2, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yüksek genlikli yansıma yaklaşık olarak 30-42 m uzaklığında ve 2-10 m derinliğinde görülmektedir. Ayrıca 4-6 m derinliğinde profil boyunca bir sınır göze çarpmaktadır. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca 2-12,5 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 23-26 m derinliğinde yansıma sınırı görülmektedir (Şekil 67).



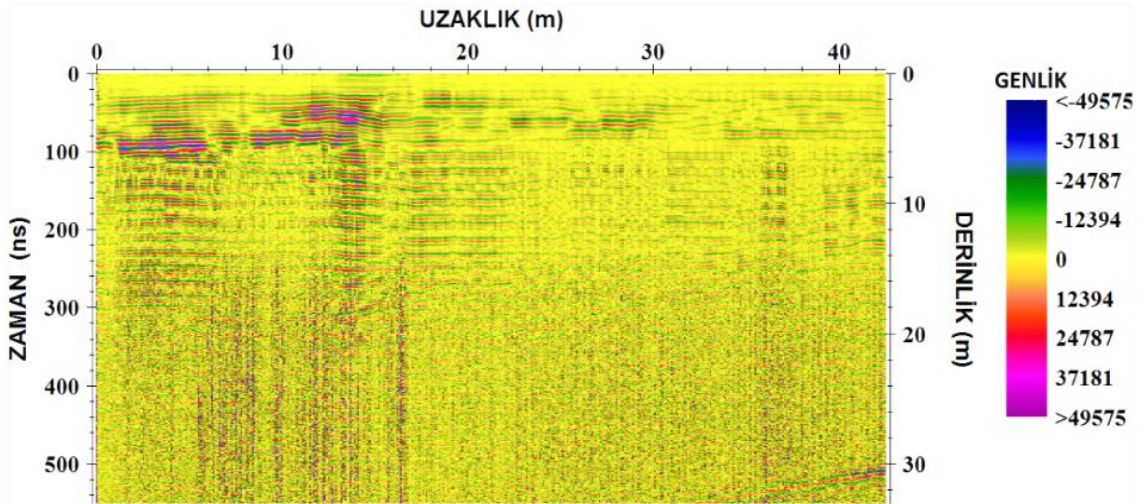
Şekil 68. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-3, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yüksek genlikli yansıma yaklaşık olarak 0-14 m uzaklığında ve 2-6 m derinliğinde görülmektedir. Ayrıca 4-6 m derinliğinde profil boyunca bir sınır göze çarpmaktadır. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca 2-12,5 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 14-25 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. 25-29 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır (Şekil 68).



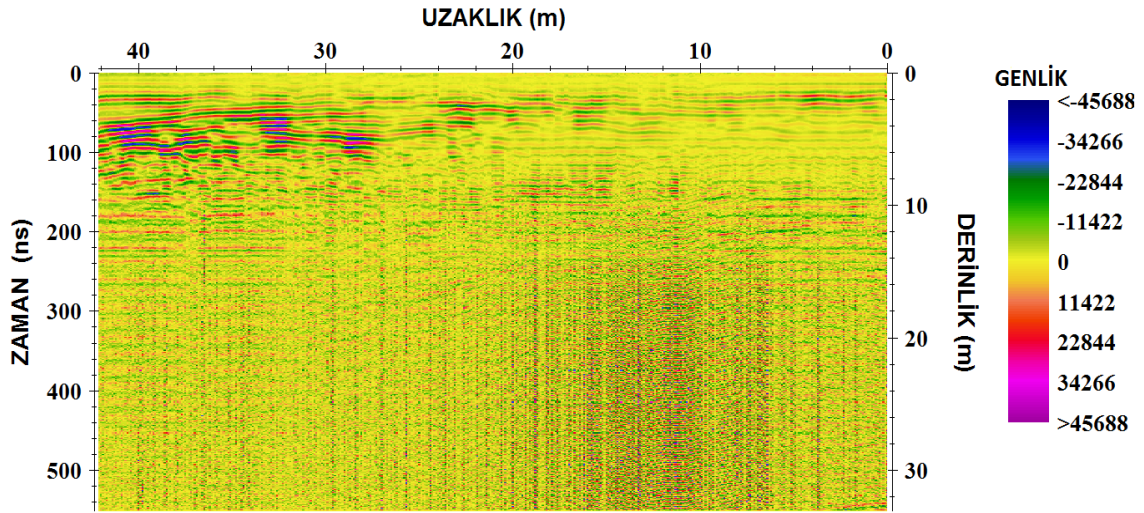
Şekil 69. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-4, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yüksek genlikli yansıma yaklaşık olarak 30-42 m uzaklığında ve 2-6 m derinliğinde görülmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca 2-12 m derinlik aralığında kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 12-27 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. 27-31 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir (Şekil 69).



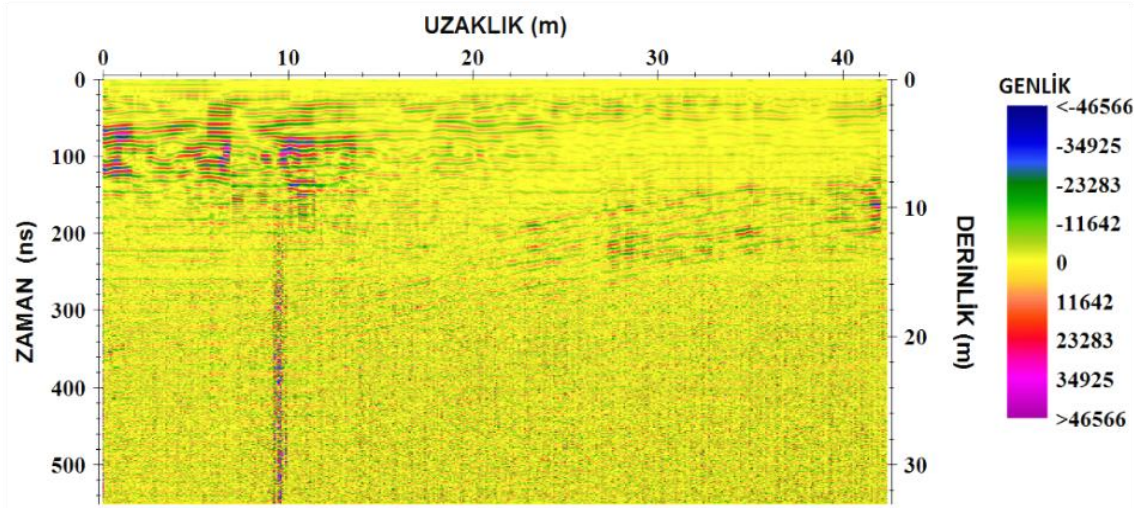
Şekil 70. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-5, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yüksek genlikli yansıma yaklaşık olarak 2-14 m uzaklığında ve 2-5 m derinliğinde görülmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca 2-15 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 15-31 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. 31 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir (Şekil 70).



Şekil 71. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-6, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yüksek genlikli yansıma yaklaşık olarak 32-42 m uzaklığında ve 2-5 m derinliğinde görülmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Ayrıca 2-14 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 14-32 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. 32 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir (Şekil 71).

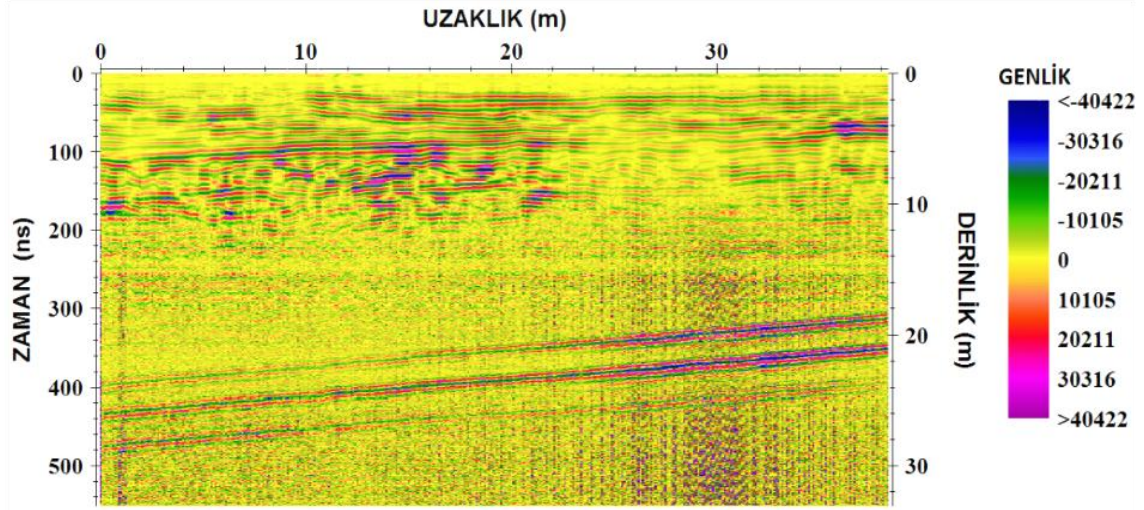


Şekil 72. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-7, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yüksek genlikli yansıma yaklaşık olarak 0-14 m uzaklığında ve 2-6 m derinliğinde görülmektedir. Ayrıca 8-11 m derinliğinde eğimli bir yüzey yansıtıcı dikkat çekmektedir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-12,5 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 12,5 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. (Şekil 72).

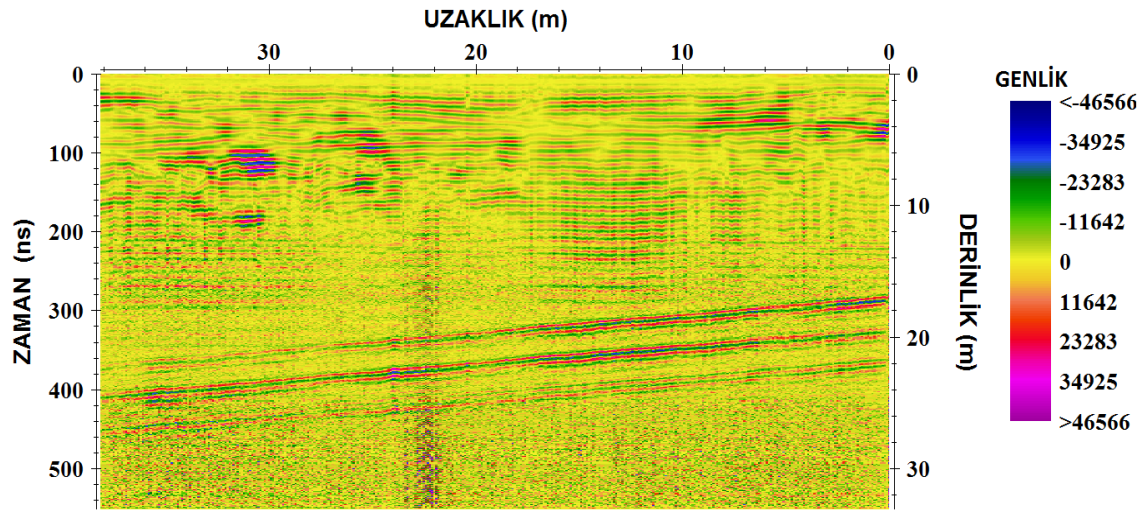
3.6.6. Ocak_üstü 2 Sahasından Elde Edilen (100 MHz KD-GB Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması

Bu çalışmada toplanan GPR verileri veri işlem adımları uygulanarak yorumlamaya hazır hale gelmiştir. Radargramlar genel olarak incelendiğinde Ocak_üstü1 sahasında 100 MHz korumasız antenle KD-GB doğrultulu alınan ölçümlerde yaklaşık 31 m derinlikten yansımalar alınmıştır.



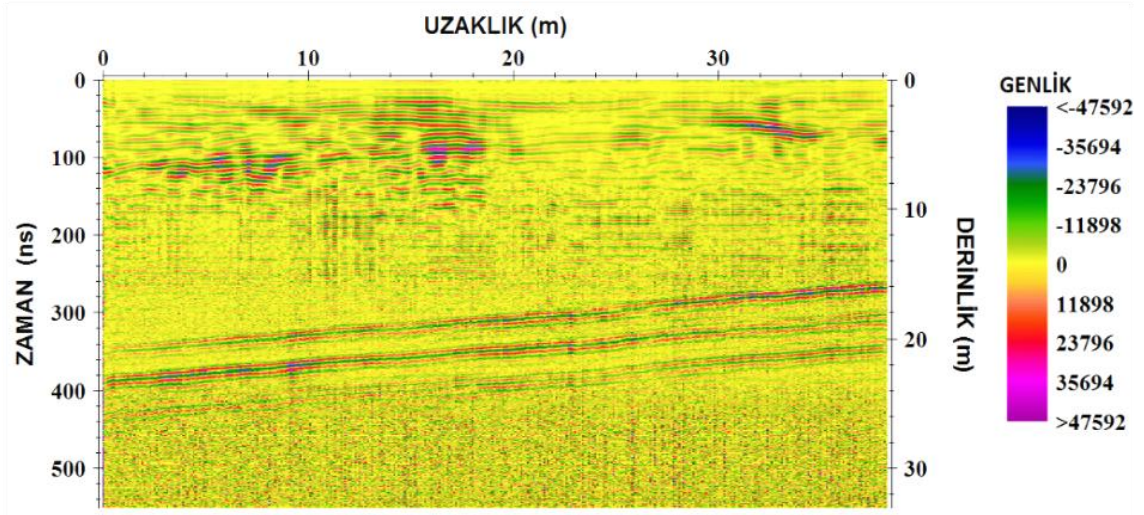
Şekil 73. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-8, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 10 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. Burada profil boyunca yaklaşık olarak 14 m derinliğinden bir sınır göze çarpmaktadır. 2-13 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 19-24 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir (Şekil 73).



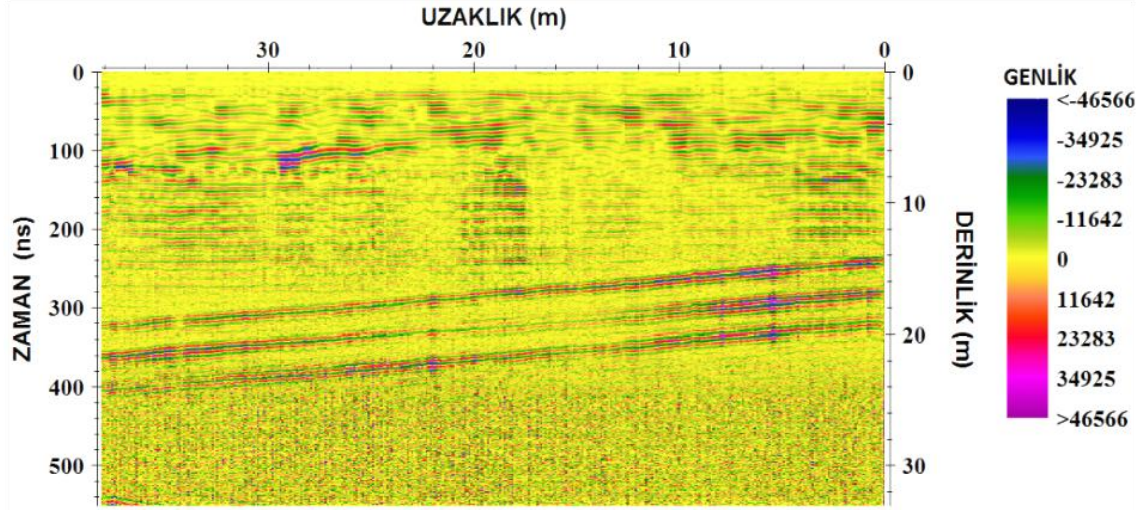
Şekil 74. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-9, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-10 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-16 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 16-22 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir (Şekil 74).



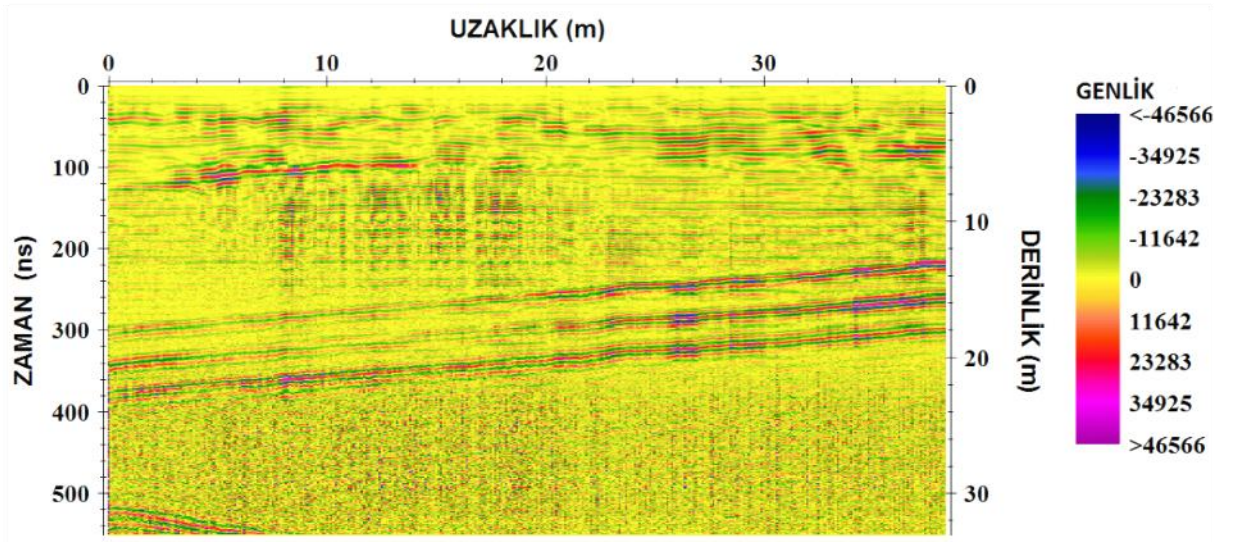
Şekil 75. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-10, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-8 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-13 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 15-21 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir. 21 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 75).



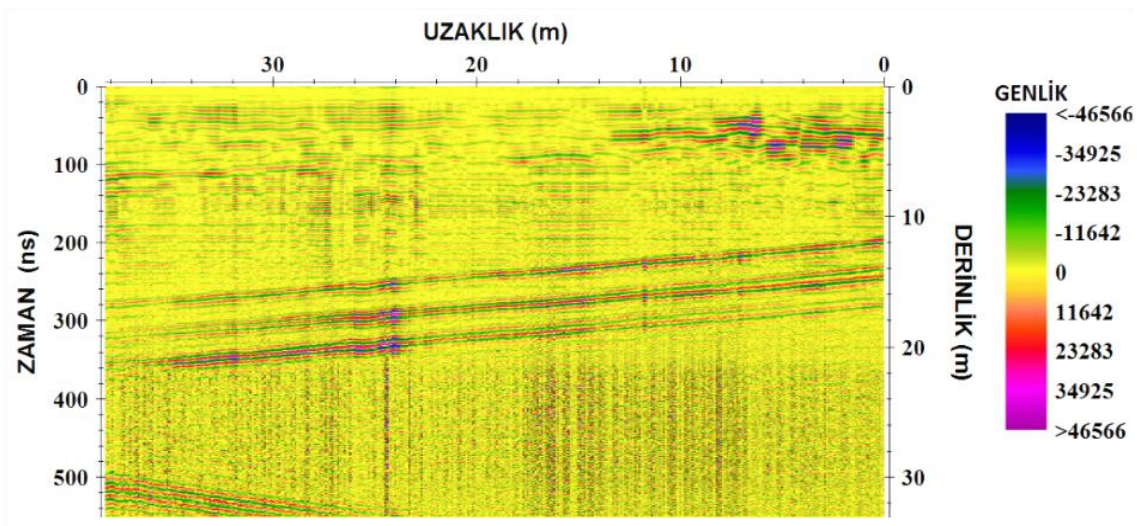
Şekil 76. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-11, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-6 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-14 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 14-18 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir. 18 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir (Şekil 76).



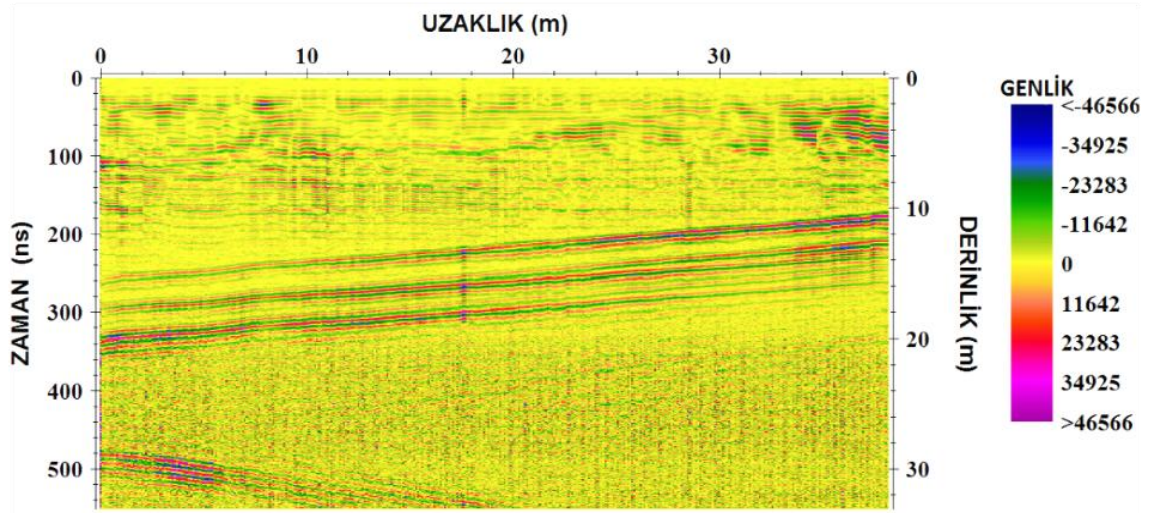
Şekil 77. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-12, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda (2-14 m), farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-6 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-12,5 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 12,5-18 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir. 18-31 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. Ayrıca 31 m derinliğinde yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır (Şekil 77).



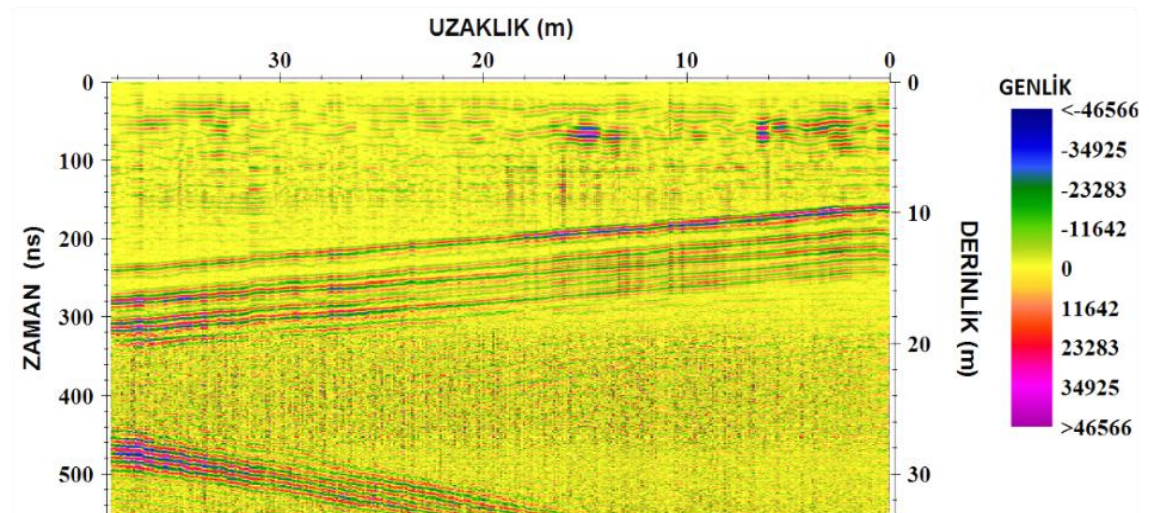
Şekil 78. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-13, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda (0-26 m), farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-4 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-11 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 11-16 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir. 16-30 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 30 m derinliğinde yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır (Şekil 78).



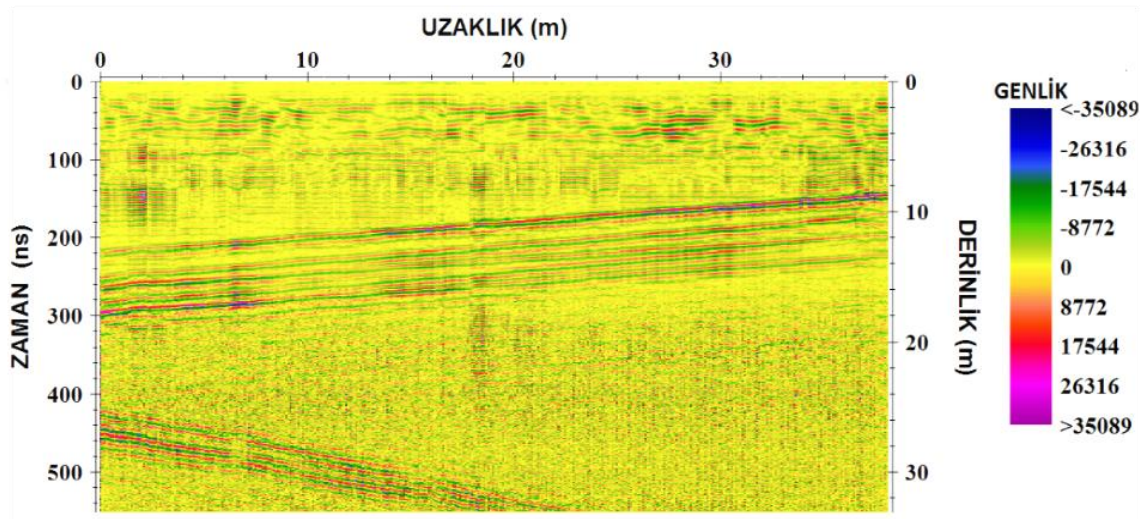
Şekil 79. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-14, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 6 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-10 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 10-15 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir. 15-29 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 29 m derinliğinde yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır (Şekil 79).



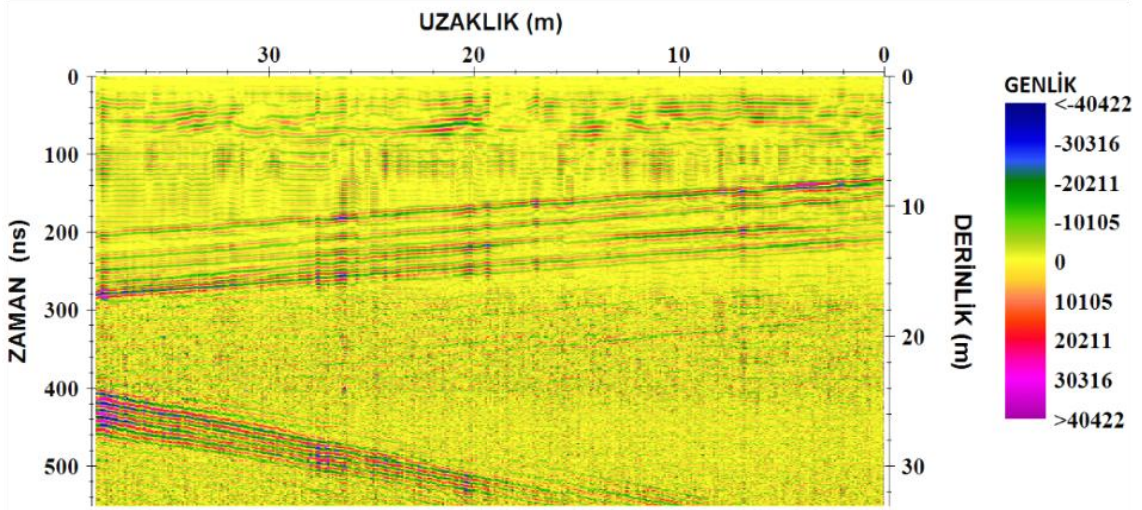
Şekil 80. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-15, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-4 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-9 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 9-14 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir. 14-27 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 27 m derinliğinde yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır (Şekil 80).



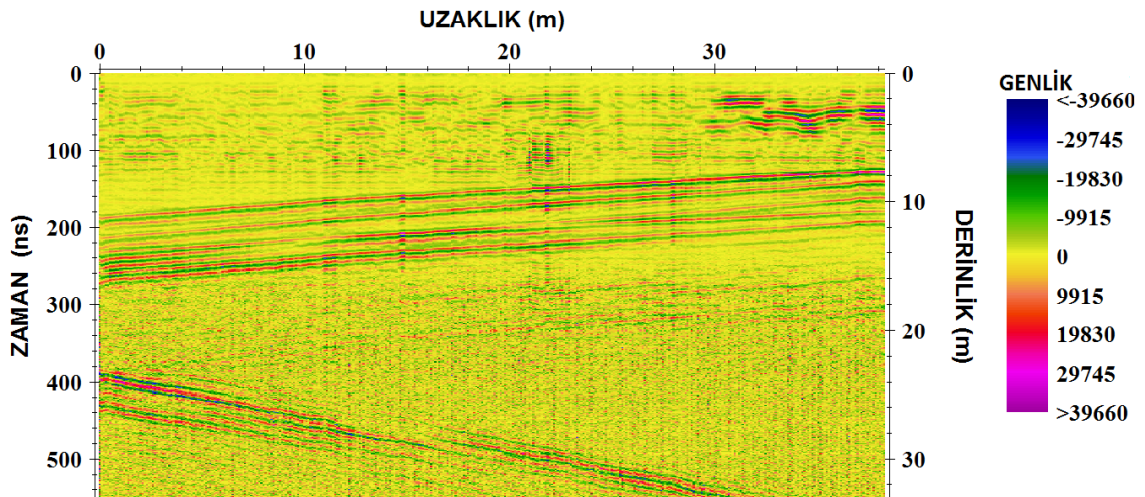
Şekil 81. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 16. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-16, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 16. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-4 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-8 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 8-13 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir. 13-25 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 25-30 m derinliğinde yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır (Şekil 81).



Şekil 82. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 17. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-17, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 17. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-7 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 7-12 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir. 12-24 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 24-30 m derinliğinde yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır (Şekil 82).

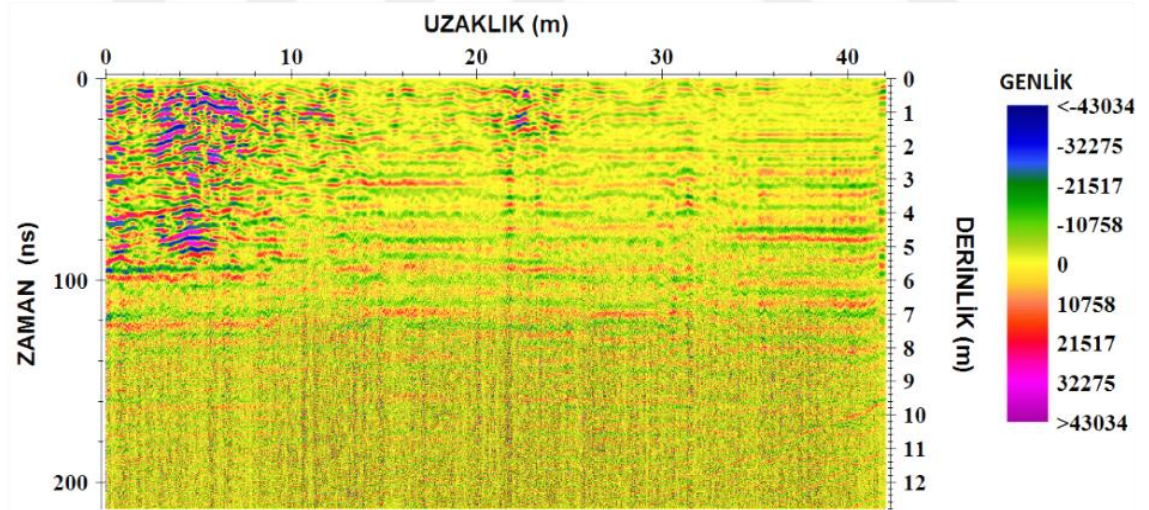


Şekil 83. Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 18. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-100-18, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 100 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 18. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda (0-30), farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 2-4 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası dikkat çekmektedir. 2-6 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 6-11 m derinliğe bakıldığında yansıtıcı sınır dikkat çekmektedir. 11-22 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 22-30 m derinliğinde yansıtıcı sınır göze çarpmaktadır (Şekil 83).

3.6.7. Ocak_üstü 2 Sahasından Elde Edilen (250 MHz KB-GD Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması

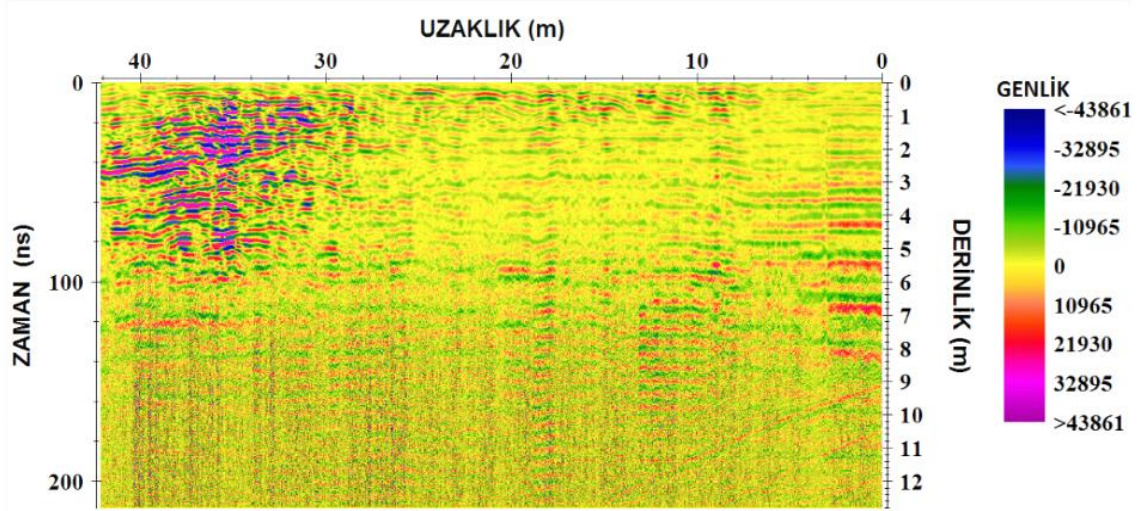
Bu çalışmada toplanan GPR verileri veri işlem adımları uygulanarak yorumlamaya hazır hale gelmiştir. Radargramlar genel olarak incelendiğinde Ocak_üstü 1 sahasında 100 MHz korumasız antenle KB-GD doğrultulu alınan ölçümlerde yaklaşık 11 m derinlikten yansımalar alınmıştır.



Şekil 84. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-1, Şekil 7).

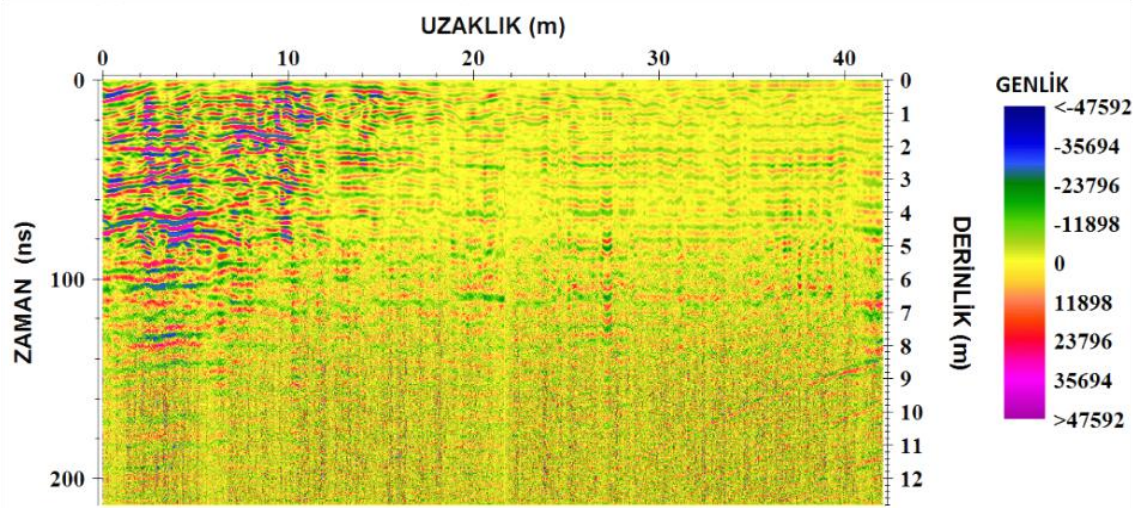
Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 1. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 5 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-7,5 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir.

7,5 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir çarpmaktadır (Şekil 84).



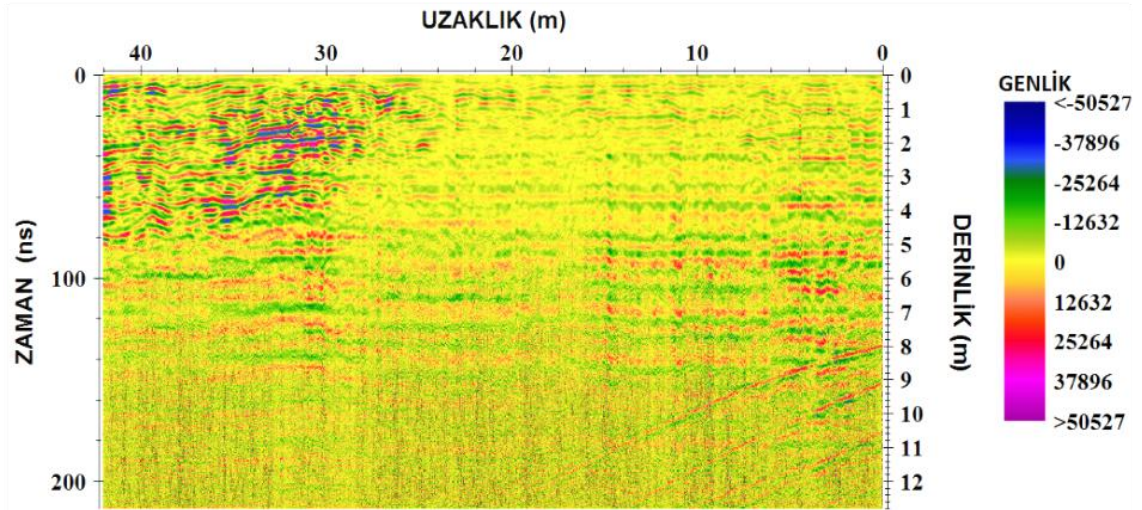
Şekil 85. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-2, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 2. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık 5 m derinliğe kadar gözlenmiştir. Burada 32-42 m uzaklıkta yüksek genlikli yansımalar kendini göstermiştir. 0-7,5 m derinlik aralığında ara ara kırık-çatlaklı bloklar gözlenmektedir. 7,5 m derinliğinden sonra kadar herhangi bir yansıtıcı yüzey gözlenmediği için masif bir yapı görülmektedir çarpmaktadır (Şekil 85).



Şekil 86. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-3, Şekil 7).

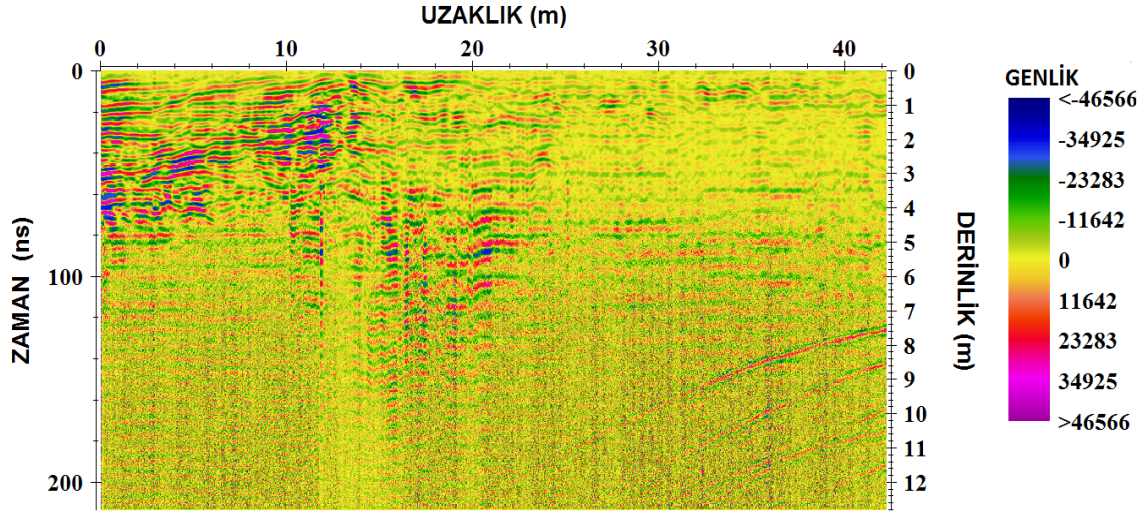
Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 3. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda (0-14 m), farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık olarak 0-5 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-7 m derinlikte ara ara kırıklı bloklar dikkat çekmektedir. Ayrıca 8-11,5 m derinliklerde eğimli bir yansıtıcı yüzey görülmektedir (Şekil 86).



Şekil 87. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-4, Şekil 7).

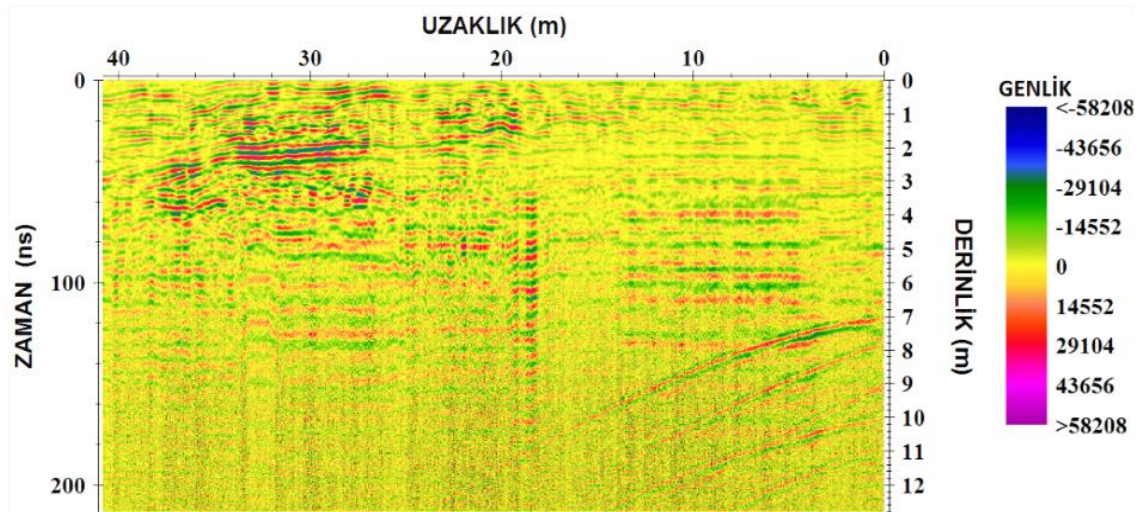
Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 4. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık 34-42 m uzaklıkta net bir şekilde yüksek genlikli yansımaya görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak

0-8 m derinliğinde yer yer kırıklı bloklar görülmekte ve 8-12 m derinliklerde eğimli bir yansıtıcı yüzey göze çarpmaktadır (Şekil 87).



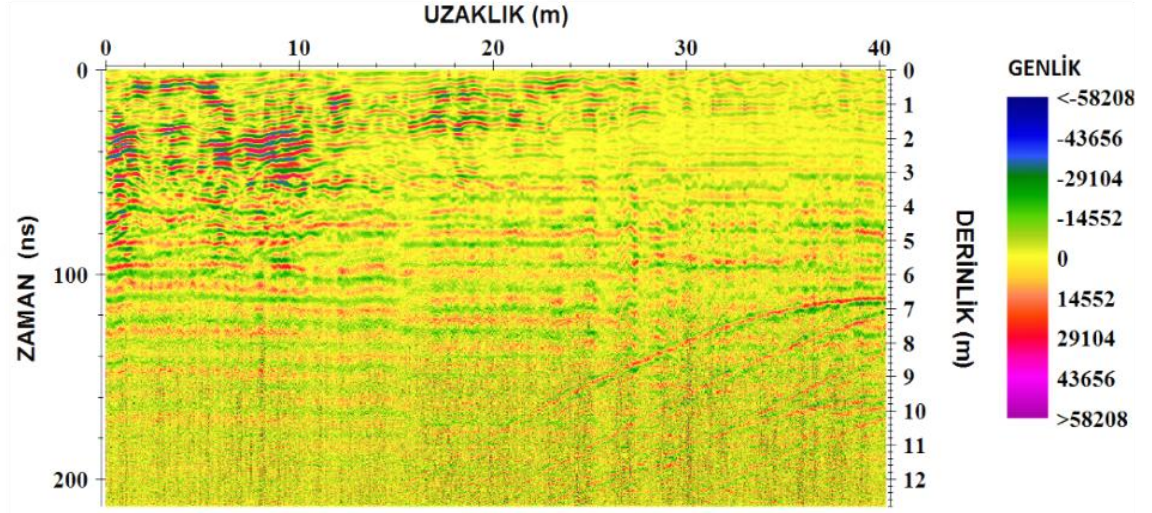
Şekil 88. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-5, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 5. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık 0-18 m uzaklıktaki, yüksek genlikli yansıma 0-4 m derinlikte görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 7-11 m derinliklerde eğimli bir yansıtıcı yüzey göze çarpmaktadır (şekil 88).



Şekil 89. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-6, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 6. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık 32-42 m uzaklıktaki yüksek genlikli yansıma 0-3 m derinlikte görülmekte olup, 2-7 m arası derinlikte yer yer kırıklı bloklar dikkat çekmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 7-11 m derinliklerde eğimli bir yansıtıcı yüzey görülmektedir (Şekil 89).

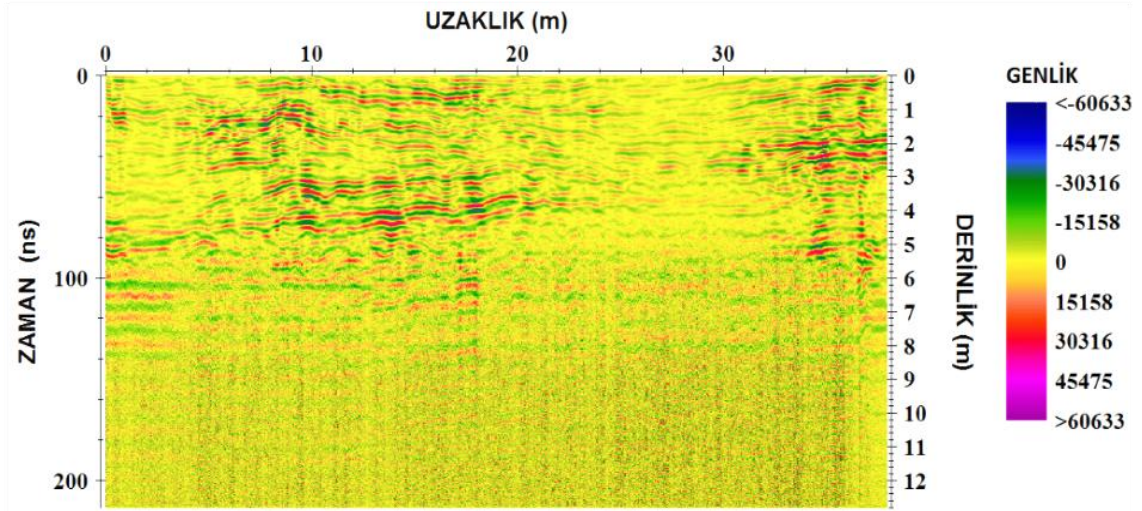


Şekil 90. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-7, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KB-GD doğrultusunda alınan 7. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık 0-12 m uzaklıktaki, yüksek genlikli yansıma yaklaşık olarak 2-3 m derinlikte görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 6-10 m derinliklerde eğimli bir yansıtıcı yüzey görülmektedir (Şekil 90).

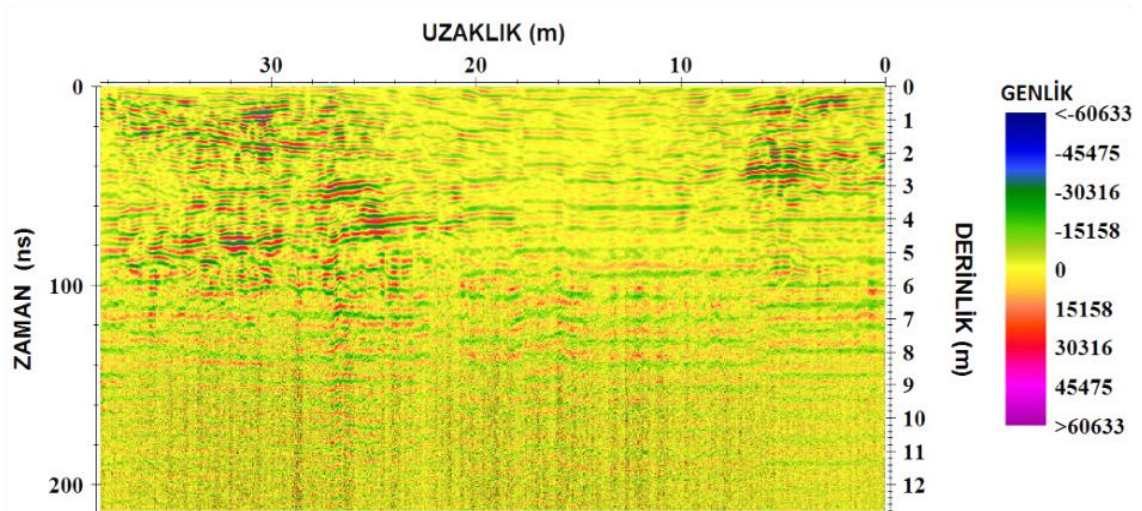
3.6.8. Ocak_üstü 2 Sahasından Elde Edilen (250 MHz KD-GB Doğrultulu) GPR Verilerinin Yorumlanması

Bu çalışmada toplanan GPR verileri veri işlem adımları uygulanarak yorumlamaya hazır hale gelmiştir. Radargramlar genel olarak incelendiğinde Ocak_üstü1 sahasında 100 MHz korumasız antenle KD-GB doğrultulu alınan ölçümlerde yaklaşık 8,5 m derinlikten yansımalar alınmıştır.



Şekil 91. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-8, Şekil 7).

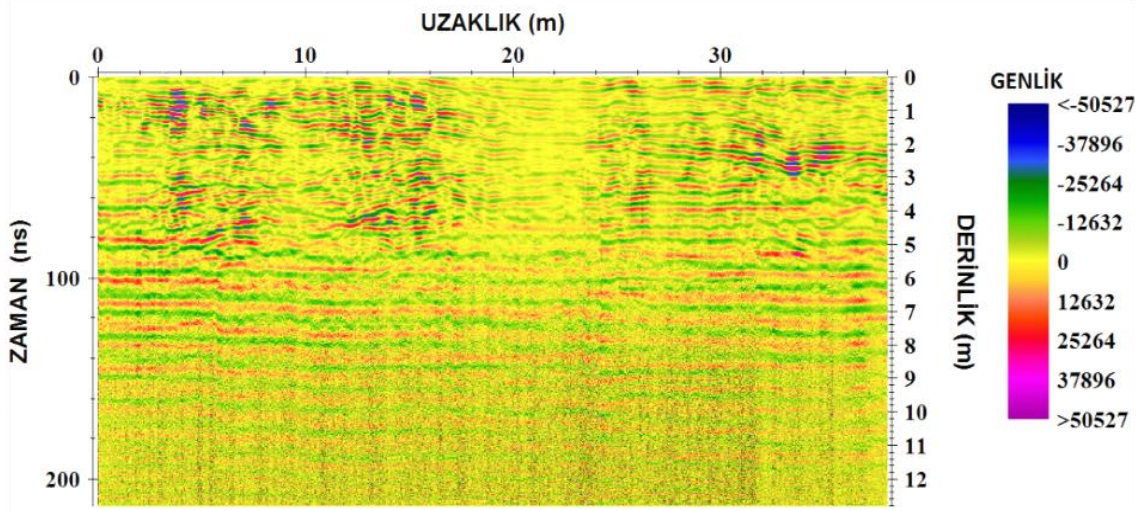
Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 8. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık olarak 0-5 m derinliğe kadar gözlenmiştir. 0-7 m derinlikte ara ara kırıklı bloklar dikkat çekmektedir. Ayrıca 8 m derinlikten sonra masif bir yapı göze çarpmaktadır (Şekil 91).



Şekil 92. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-9, Şekil 7).

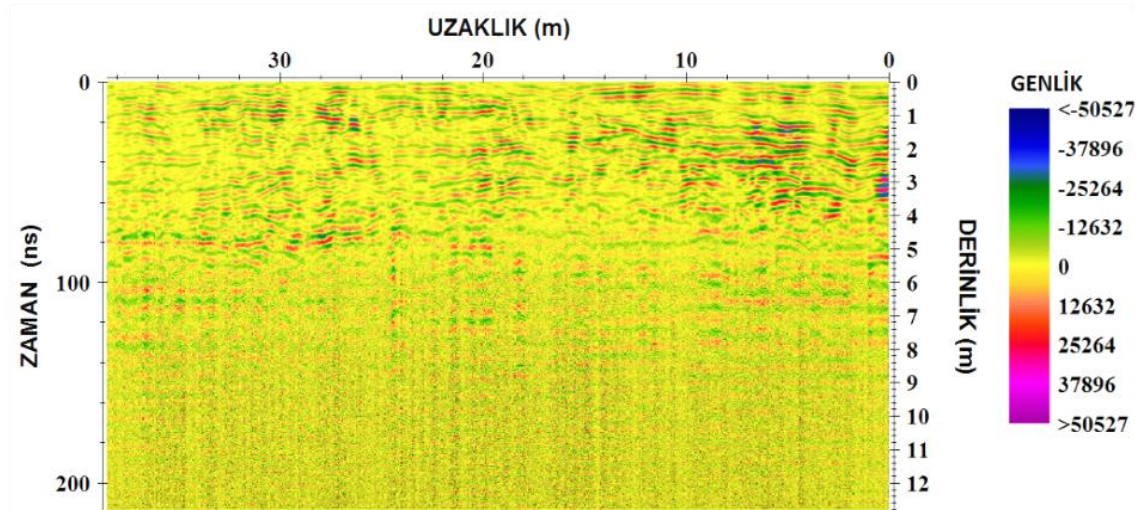
Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 9. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda 0-6 m farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık olarak 0-4 m

derinliğe kadar gözlenmiştir. Ayrıca yaklaşık olarak 8-9 m derinlikten sonra masif bir yapı göze çarpmaktadır (Şekil 92).



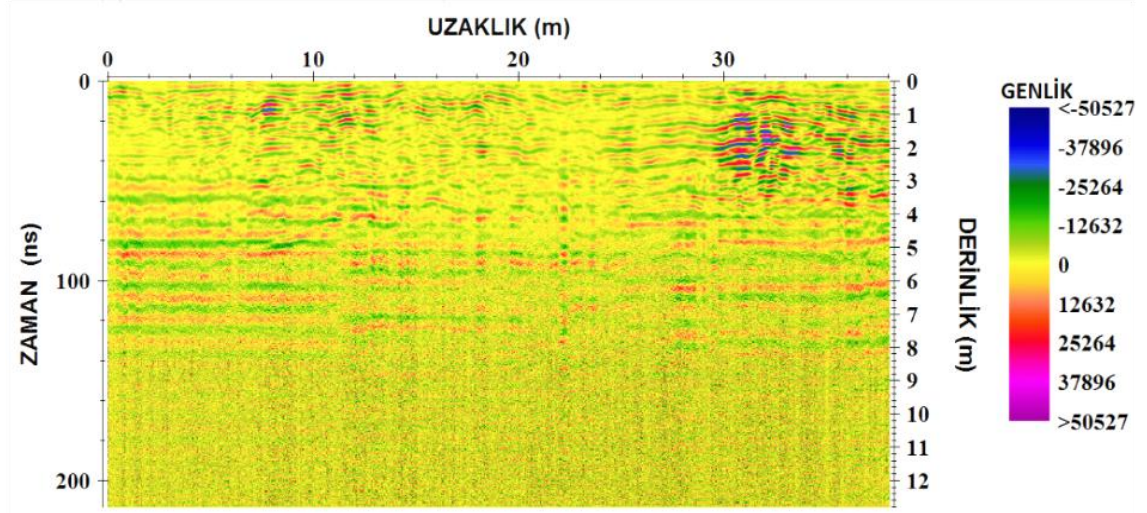
Şekil 93. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-10, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 10. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 4-17 m uzaklığında, 0-5 m derinliğinde yüksek genlikli yansımalar göze çarpmakta olup, 32-36 m uzaklıktaki yaklaşık olarak 2 m derinlikte yüksek genlikli yansıma görülmektedir. Burada yaklaşık 8-9 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 93).



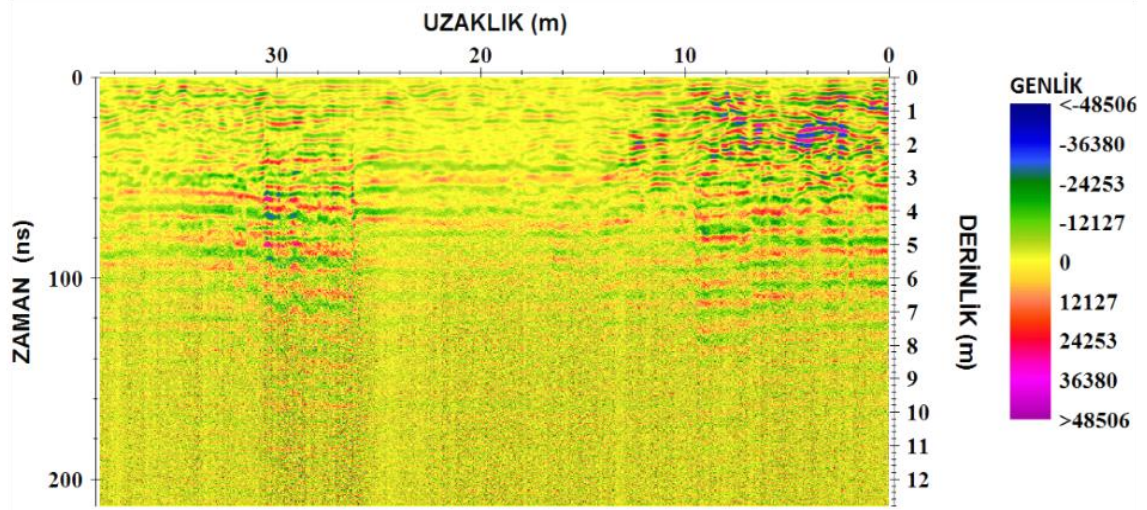
Şekil 94. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-11, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 11. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık olarak 1-3 m derinliğe kadar gözlenmiştir. Ayrıca 8 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 94).



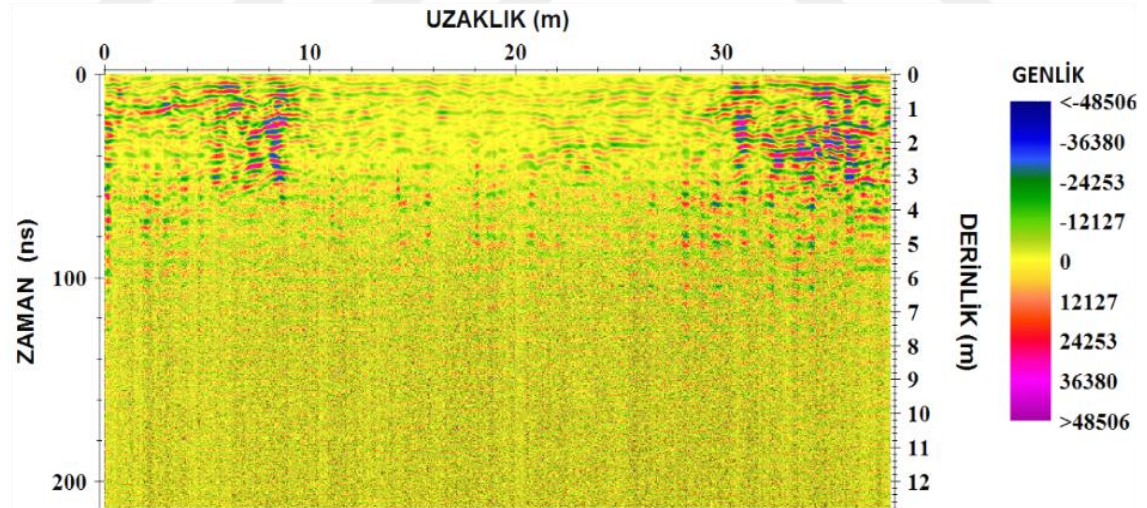
Şekil 95. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-12, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 12. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık, 30-36 m uzaklığında, 1-2 m derinliğinde yüksek genlikli yansıma net bir şekilde göze çarpmaktadır. Burada yaklaşık 8 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 95).



Şekil 96. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-13, Şekil 7).

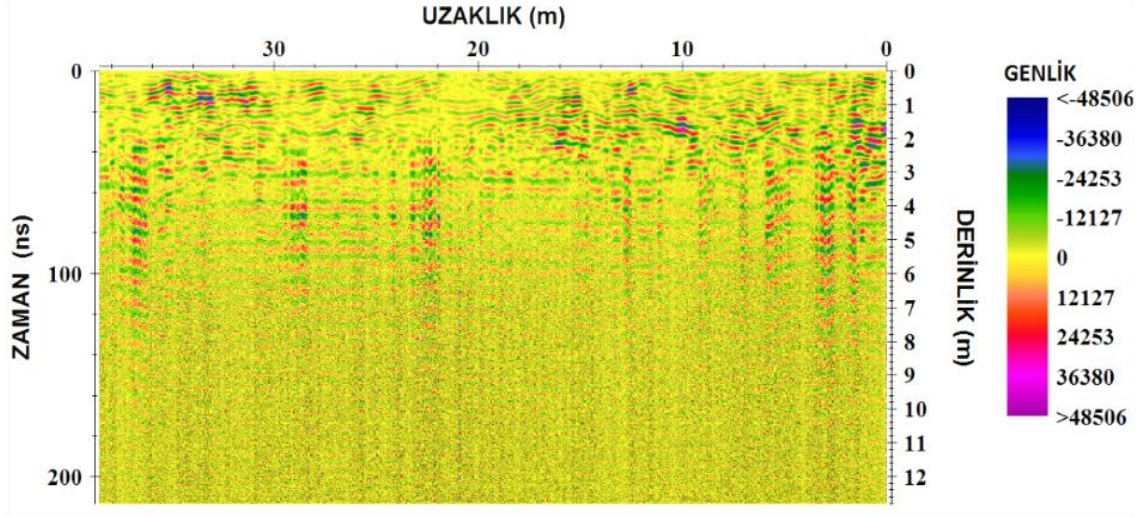
Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 13. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-12 m uzaklığında, 0-2 m derinliğinde yüksek genlikli yansıma net bir şekilde görülmektedir. 8 m derinlikten sonra masif yapı görülmektedir (Şekil 96).



Şekil 97. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-14, Şekil 7).

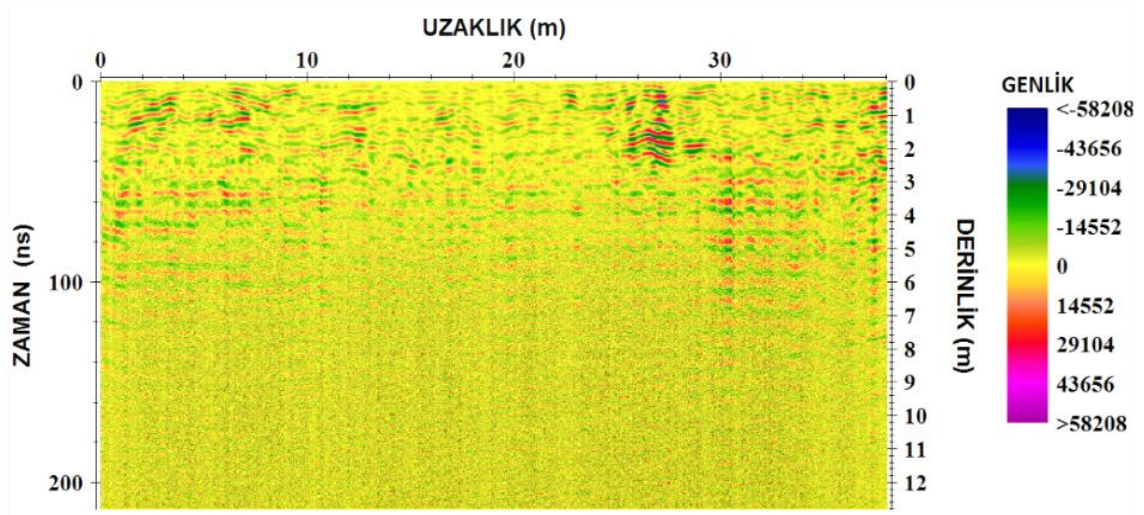
Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 14. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak 0-9 m uzaklıkta ve 31-32 m uzaklıkta net bir şekilde yüksek genlikli yansıma yaklaşık olarak

0-3 m derinlikte görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 5-6 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 97).



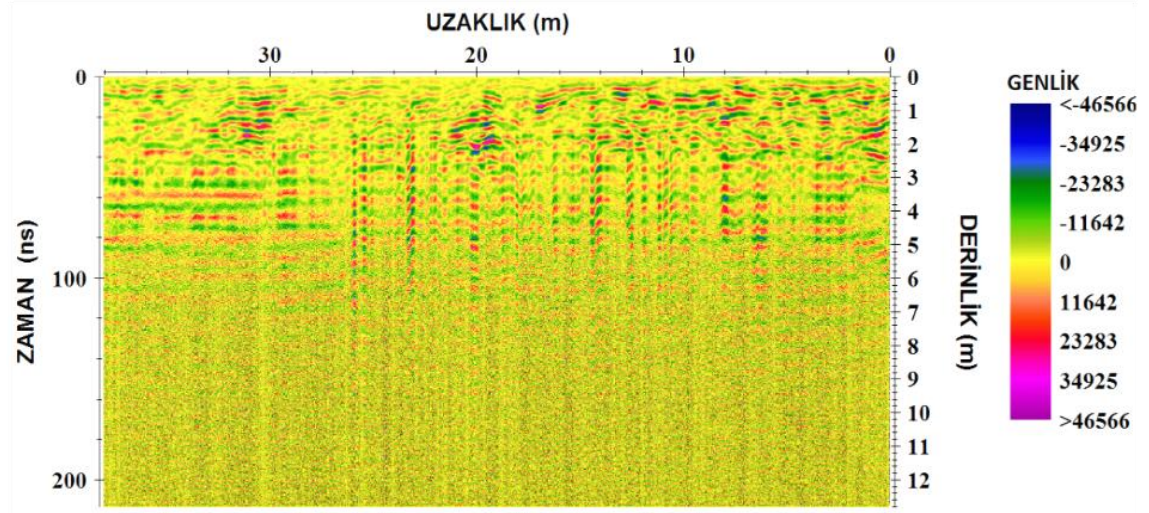
Şekil 98. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-15, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 15. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yaklaşık olarak yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda, farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık olarak 1-3 m derinliğe kadar gözlenmiştir. Ayrıca 7-8 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 98).



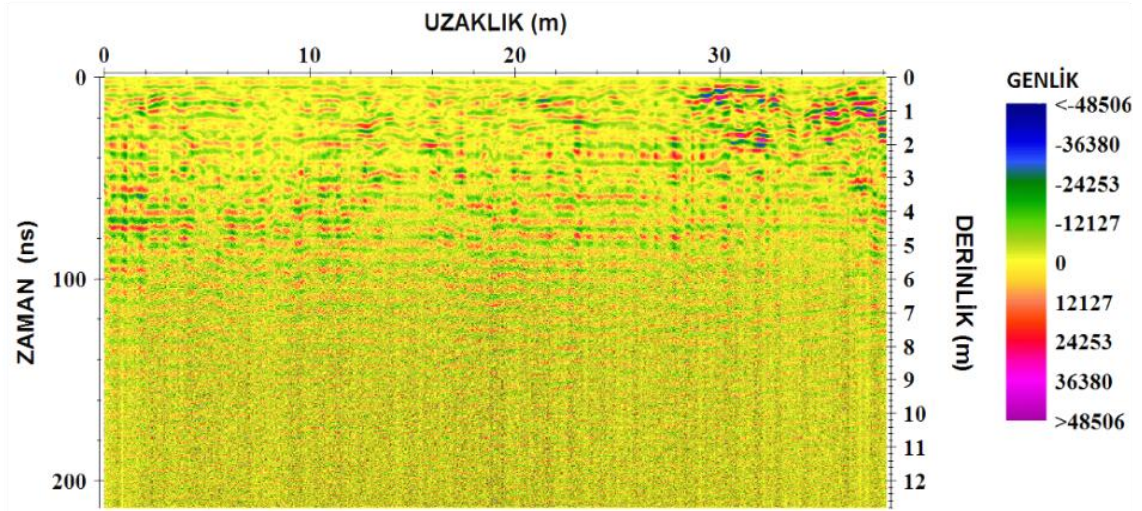
Şekil 99. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 16. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-16, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 16. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında yer yer yüksek genlikli farklı uzaklıklarda (22-26 m), farklı derinliklerdeki yansımalar yaklaşık olarak 0-2 m derinliğe kadar gözlenmiştir. Ayrıca 5-6 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 99).



Şekil 100. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 17. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-17, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 17. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında 0-19 m uzaklıkta net bir şekilde yüksek genlikli yansıma yaklaşık olarak 0-2 m derinlikte görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 5 m derinlikten sonra masif bir yapı görülmektedir (Şekil 100).



Şekil 101. Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 18. profil ölçümünde elde edilen radargram, (2-250-18, Şekil 7).

Ocak_üstü 2 sahasında 250 MHz'lik antenle KD-GB doğrultusunda alınan 18. profil ölçümünde elde edilen kesite genel olarak bakıldığında 28-37 m uzaklıktaki yüksek genlikli yansıtıcı yüzey, 0-2 m derinlikte görülmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak 5 m derinlikten masif bir yapı görülmektedir (Şekil 101).

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bahçecik Travertenlerinde sedimanter petrografik çalışmalar yapabilmek için iki adet ölçülü kesit alınmıştır. Alınan bu iki ölçülü kesitteki örnekler sedimanter petrografik olarak çalışılarak değerlendirilmiştir. Sedimanter petrografik çalışmalar sonucu incelenen traverten kesitlerinde çalı tipi fasiyesler ve biyolojik yapı fasiyesleri alt fasiyeslerine ayırtlanmıştır. Çalı tipi fasiyesleri dört ana başlık altında incelenmiştir. Bunlar; hasır çalı yapıları ve fasiyesleri, radyal çalı yapısı ve fasiyesleri, küme çalı yapısı ve fasiyesleri, telek tüy çalı yapısı ve fasiyesleri, yüksek yapılı bitki spar telek çalı yapısı ve fasiyesleridir. Biyolojik yapı fasiyesleri kendi içerisinde pisoid, onkoidler, intraklastlar ve ostrakodlar olmak üzere ayırtlanmışlardır. Çalışma alanında Bahçecik traverten istifini oluşturan karbonat yapı ve fasiyeslerin istif içinde düzenli-düzensiz aralanmaları küçük havuzcuk alanlarını ve buralardaki ani sığlaşma ve kuruma belirtilerini göstermektedir. Havuzcuklardaki ve ortamdaki su seviyesinin değişimi çalışma alanını etkileyen iklime ve tektonik etkilere bağlı olarak düşünülmüştür.

Çalışma kapsamında Bahçecik travertenlerinden alınan F kesitinde duraylı izotop çalışmaları yapılmıştır. İncelenen F kesitinde tabandan tavana traverten örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ izotop değeri artmaktadır. Bu artış F kesitinde tanımlanan traverten istifinin oluşumu sırasında düzenli olarak ısı değerinin arttığı şeklinde yorumlanmıştır. F kesiti boyunca $\delta^{13}\text{C}$ değerinde F11 ile F16 arasında belirgin bir artış gözlenmiştir ve bu artış kurak ortamsal koşulların daha nemli koşullara değişimi şeklinden yorumlanmıştır. Gümüşhane-Bahçecik alanındaki traverten istifi çökelirken çevrede yayılım gösteren C4 (örn. çayırlar) bitkileri ile temsil edilen otsul alanlar iklimin ılımanlaşmasıyla birlikte daha nemli bir döneme geçmiş ve C3 (örn. koniferler) bitkilerin yayılım göstermesine yol açmıştır. Bahçecik travertenlerinin özellikle üst seviyelerinde gözlenen bitki içerikli fasiyeslerin kalınlaşması iklimsel ve ortamsal koşullardaki değişim ile ilgili olduğu yorumlanmıştır (Şekil 34).

Doğu Karadeniz’de Gümüşhane-Bahçecik alanında F ve D kesitlerine ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop değerlerini karşılaştırdığımızda, F kesitine ait örneklerin bazılarının D kesitine ait örnekler ile benzer $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine sahip olduğu gözlenmektedir. Bu her iki kesitin belirli bir bölümün benzer iklimsel koşullar altında çökeldiğine işaret

etmektedir. Çalışma kapsamında Bahçecik travertenlerinin Batı Anadolu'daki örnekleriyle karşılaştırmak için Batı Anadolu Denizli-Kocabaş travertenleriyle karşılaştırılmışlardır. Batı Anadolu'da Denizli-Kocabaş alanına ait travertenlerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ile karşılaştırdığımızda, Batı Anadolu'da yer alan travertenlerin çok daha sıcak iklimsel koşullarda çökeldiği gözlenmiştir. Bu iklimsel farklılık, farklı zamanlarda çökelen travertenler olması ve Gümüşhane-Bahçecik alanının Denizli-Kocabaş alanına göre coğrafik olarak daha kuzeyde yer alması ile açıklanabilmektedir.

Karasal çökeltme ortamları kapalı bir sistem içinde geliştiği için evaporasyon oldukça etkili bir parametre olarak değerlendirilebilir. İklimle ilgili olarak da değişen bu durum, ağır $\delta^{18}\text{O}$ izotopunun ortamda artması ve azalmasına neden olmaktadır. Akdeniz Bölgesindeki karasal karbonatlar düşünüldüğünde, $\delta^{18}\text{O}$ izotop verilerinin çok negatif değerlere sahip olması, hafif $\delta^{18}\text{O}$ izotopunun tamamen ortamdaki buharlaşma ile uzaklaşmadığını (evaporasyonun daha az) ve buna bağlı olarak da iklimin daha nemli, yağışlı ve traverten çökelişinin hızlı (higher precipitation) olduğu hakkında bazı bilgiler verebilir. Bahçecik travertenlerindeki oksijen değerlerinin bu kadar negatif çıkması travertenlerin kaynağa çok yakın bir yerde (proksimal) çökelmiş olabileceğini de düşündürmektedir. Bahçecik Travertenleri, GB-Türkiye'de travertenleriyle ünlü Denizli Havzası'nın kuzey kenarında çökemiş Gölemezli, Çukurbağ ve Pamukkale travertenleriyle duraylı izotop verileri açısından benzerlikler sunmaktadır.

Bahçecik travertenleri, özellikle yağışlı dönemlerde daha fazla traverten çökelişini sürdürmüştür. Ancak burada göz önünde bulundurulması gereken, traverten gelişiminde iklimin yanı sıra tektonizma da önemli bir yere sahiptir. İncelenen traverten alanı içerisinde neotektonik dönemde bölgedeki ve aynı zamanda lokal ölçekteki tektonik hareketlerin etkisi traverten çökelişinde oldukça etkili olduğu görülmüştür. İnceleme alanının tektonik ve jeolojik özellikleri incelendiği zaman traverten oluşumunun halen devam ettiği gözlenmektedir. Yörede yer alan büyük ölçekli fay hatları Bahçecik Travertenlerini oluşturan mineralce zengin suların yüzeye çıkmasına yol açmışlardır.

Bu çalışma kapsamında Bahçecik travertenlerinin kalınlıkları, içermiş oldukları kırıklar, boşluklar ve özelliklerini belirleyebilmek için iki farklı alanda yer radarı

yöntemi kullanılmıştır. Yer radarı kullanılan bölgeler açılan ocağın üst yüzeyinde bulunmaktadır. Yer radarı yöntemi ile mermer, traverten gibi ocaklarda kırık ve çatlakların belirlenmesi ve haritalanmasında başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Yöntemin arazide uygulanmasının kolay ve hızlı olması, çalışma alanına herhangi bir hasar vermemesi yöntemin önemli avantajı ve tercih sebebidir.

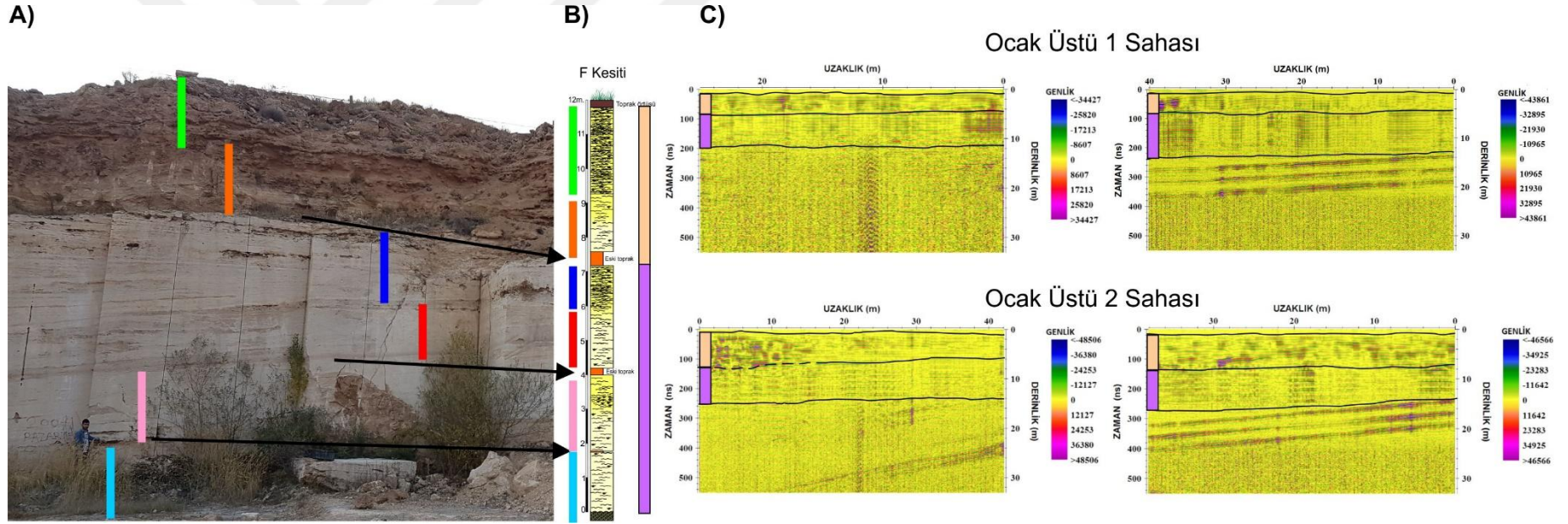
Bu çalışma ile Bahçecik travertenlerindeki mevcut süreksizliklerinin konumu, uzunlukları, birimin kalınlığı ve travertenlerin içermiş oldukları boşluklu yapılar ve tabakalanma özellikleri belirlenmiştir (Şekil 102). Şekil 102(A)'da, Bahçecik Traverten sahasında yer alan işletme şevi, istif içerisinde tabandan tavana ayrılabilen farklı düzeyler ve bunların arasındaki eski toprak seviyeleri gösterilmiştir. Şekil 102(B)'de ise traverten ocağından alınan ölçülü stratigrafik kesit verilmiştir. Şekil 102(A-B)'de yer alan traverten gösterimleri yanal yönde birbirleriyle körele edilebilir özelliktedirler. Burada bakıldığı zaman traverten istifinin genel anlamda iki ana seviyeden oluştuğu ve bu iki seviyenin istifin yaklaşık 7. metrelerindeki 50 cm kalınlıktaki eski bir toprak seviyesi tarafından ikiye bölündüğü izlenmektedir Şekil 102(A-B). Traverten istifindeki bu iki farklı seviye görünüm ve özellikler açısından da birbirinden farklıdır. Söz konusu işletme çoğunlukla ocağın alt seviyelerinden işletme yapmıştır. Yapılan çalışmalarda traverten istifinin 7. Metreye kadar olan travertenleri çoğunlukla üsttekilere nazaran daha yekpare ve gözeneksiz/boşluk az şekilde gözlenmiştir. İstifin 0 ile 7. Metreleri arasında farklı düzeylerde zaman zaman yanal yönde merceksi uzanan eski toprak seviyeleri de bulunmaktadır. Traverten istifinin 7. Metresinde 50 cm kalınlıkta bir eski toprak seviyesi yer alır. İstif bu seviyenin ardından genellikle çok bol gözenekli ve boşluklu, alttakilere göre daha az yekpare seviyeden oluşmaktadır. Bu seviye çoğunlukla çok bol gözenekli tufa olarak nitelenebilecek, içerisinde bol bitki parçaları ve sapları içeren travertenlerden oluşmaktadır.

Yukarıda da bahsedildiği gibi traverten istifi kaba fakat işletme açısından önemli olarak iki seviyeye ayrılmıştır. Bu iki seviye ocak_üstü 1 ve ocak_üstü 2 alanlarından alınan 2 farklı (birbirine dik) 100 MHz radargramlarda gösterilmiştir Şekil 102(C). 100 MHz antenle alınan veriler, 250 MHz anten verilerine göre derinlik açısından daha detaylı çalışılabilmektedir. Kalınlık 100 MHz lerde çok daha rahat belirlenirken 250 mHz lerde ise kalınlık ve yapısal özellikler çok net izlenememektedir. Şekil 102(C)'

deki ocak_üstü 1 sahasından alınan radargramlarda, traverten istifinin kalınlığı yaklaşık olarak 10-12 metre olarak belirlenmiştir. Ocak_üstü 1 sahasından alınan bu iki radargramda litolojik ve petrografik olarak ayırtlanabilen iki farklı seviye net olarak gözlenmiştir Şekil 102(C). Aynı şekilde ocak_üstü 2 sahasından alınan 2 adet 100 MHz radargramda da bu iki farklı düzey gözlenmiştir. Ocak_üstü 2 sahasının ocak_üstü 1'den farkı; ocak_üstü 2 sahasında travertenler 10-14 metre kalınlıktan yansıtıcı sınır vermektedir. Görüldüğü gibi ocak_üstü 2 sahasındaki traverten kalınlığı ocak_üstü 1 sahasından daha kalın olarak izlenmektedir (Şekil 102). Bu kalınlık farkı ocak işletmesi açısından önemlidir.

İlk çalışma sahası olan Ocak_üstü 1 sahasında yapılan yer radarı ölçümlerine veri-işlem adımları uygulandıktan sonra bu alanda 100 MHz antenle K-G doğrultusunda toplanan bütün kesitler incelendiğinde 0-2 m derinliğinde bir örtü tabakası göze çarpmaktadır (Şekil 103). Bu örtü tabakası güncel toprak örtüsünü simgelemektedir. Ölçülen radargramlarda toprak seviyesinin altında yaklaşık 4-5. metrelerde bol boşluk ve gözenekli seviyeler dikkat çekmektedir. Ölçülen radargramların 4-5. metrelerinden 10-12. Metrelerine kadar ise daha yekpare ve daha az boşluklu traverten düzeyi gözlenmektedir. Radargramlarda 0-10 m ve 20-24 m uzaklıklarda yer yer yönelimi değişen yüksek genlikli yansıtıcı sınırlar dikkat çekmektedir (Şekil 103). Bu yüksek genlikli yansımalar travertenler içerisindeki boşluklu seviyeleri göstermektedir. Bu düzeyler Şekil 103'de oklarla gösterilmiştir. 12-19 m derinliğinde Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu içerisinde bazı yansıtıcı sınırlar gözlenmektedir. Bu sınırların ise türbiditlerin içerisindeki farklı litolojik düzeyler olabileceği düşünülmektedir (Şekil 103).

Ocak_üstü 1 sahasındaki 100 MHz antenle D-B doğrultusunda toplanan radargramlar incelendiğinde, K-G hattından farklı olarak taban kayaçlarını oluşturan Geç Kretase türbiditleri içerisinde tekrarlanan yansıtıcı sınırlar gözlenmiştir. Bu yansıtıcı sınırlar türbiditler içerisindeki farklı bir litolojik düzey olarak yorumlanmıştır. Yörede yapılan arazi gözlemlerinde türbiditler içerisinde farklı düzeylerde tuf seviyelerinin varlığı bilinmektedir. Radargramlarda travertenler içerisinde kırık ve çatlaklı yapılar da belirlenmiştir (Şekil 104).

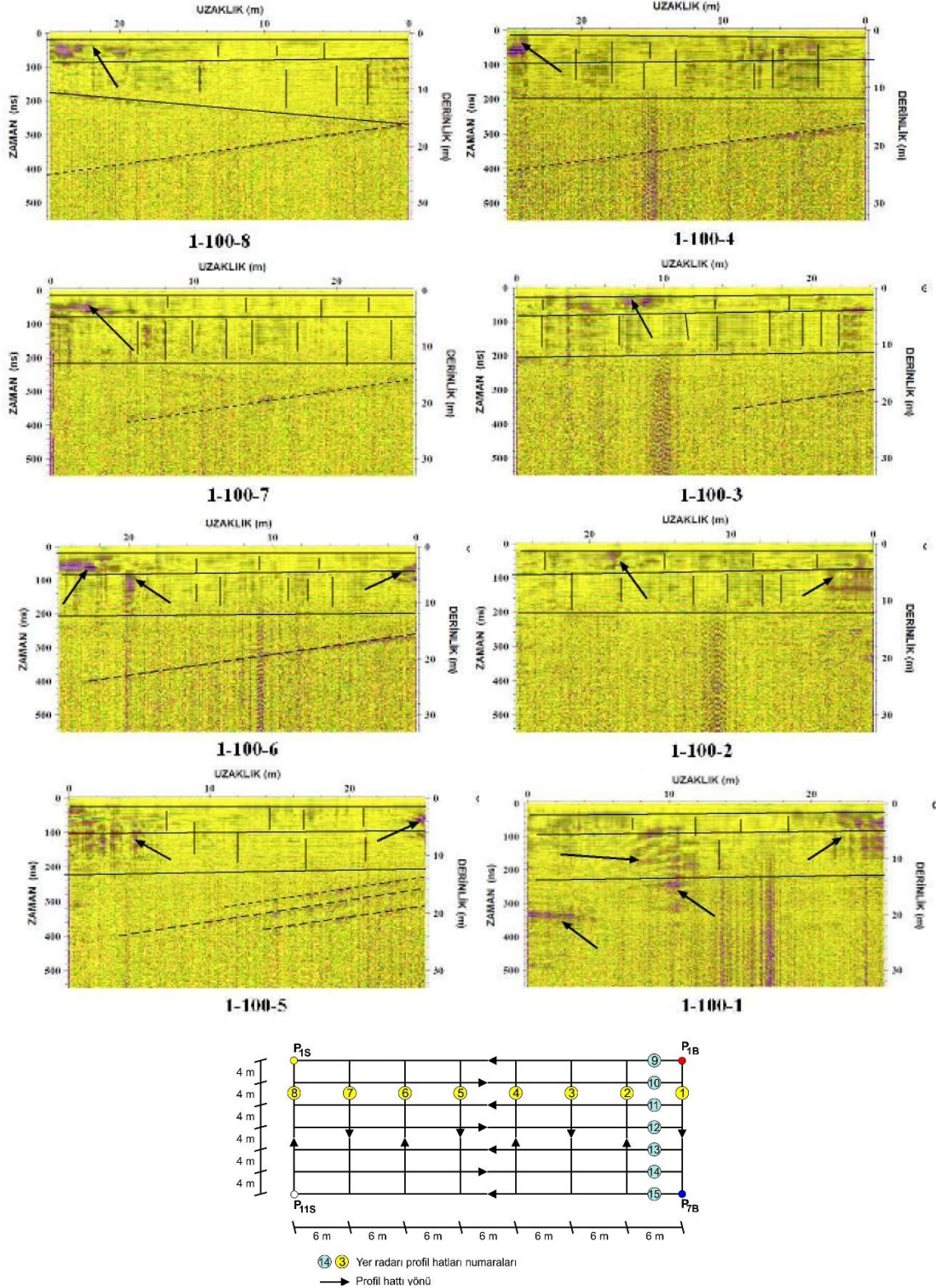


250 MHz antenle K-G doğrultusunda toplanan bütün kesitler incelendiğinde, 0-4 m, 10-14 m ve 22-24 m uzaklıklarda yer yer yönelimi değişen yüksek genlikli yansıtıcı sınırlar kare ve dikdörtgenlerle gösterilmiştir (Şekil 105). Bunların varlığı, traverten düzeylerindeki boşluklu yapıları ifade etmektedir. Radargramlarda bu boşluklu yapıların çoğunlukla 0-7. metreler arasında bulunduğu daha derinlerde ise daha az olduğu izlenmektedir. Bu yapı da arazi çalışmaları sırasında işletme şevlerinde gözlenen yapı ile paralellik sunmaktadır (Şekil 102).

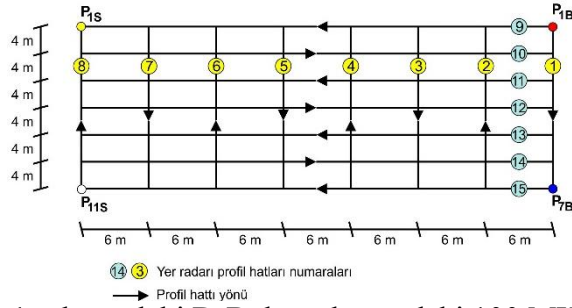
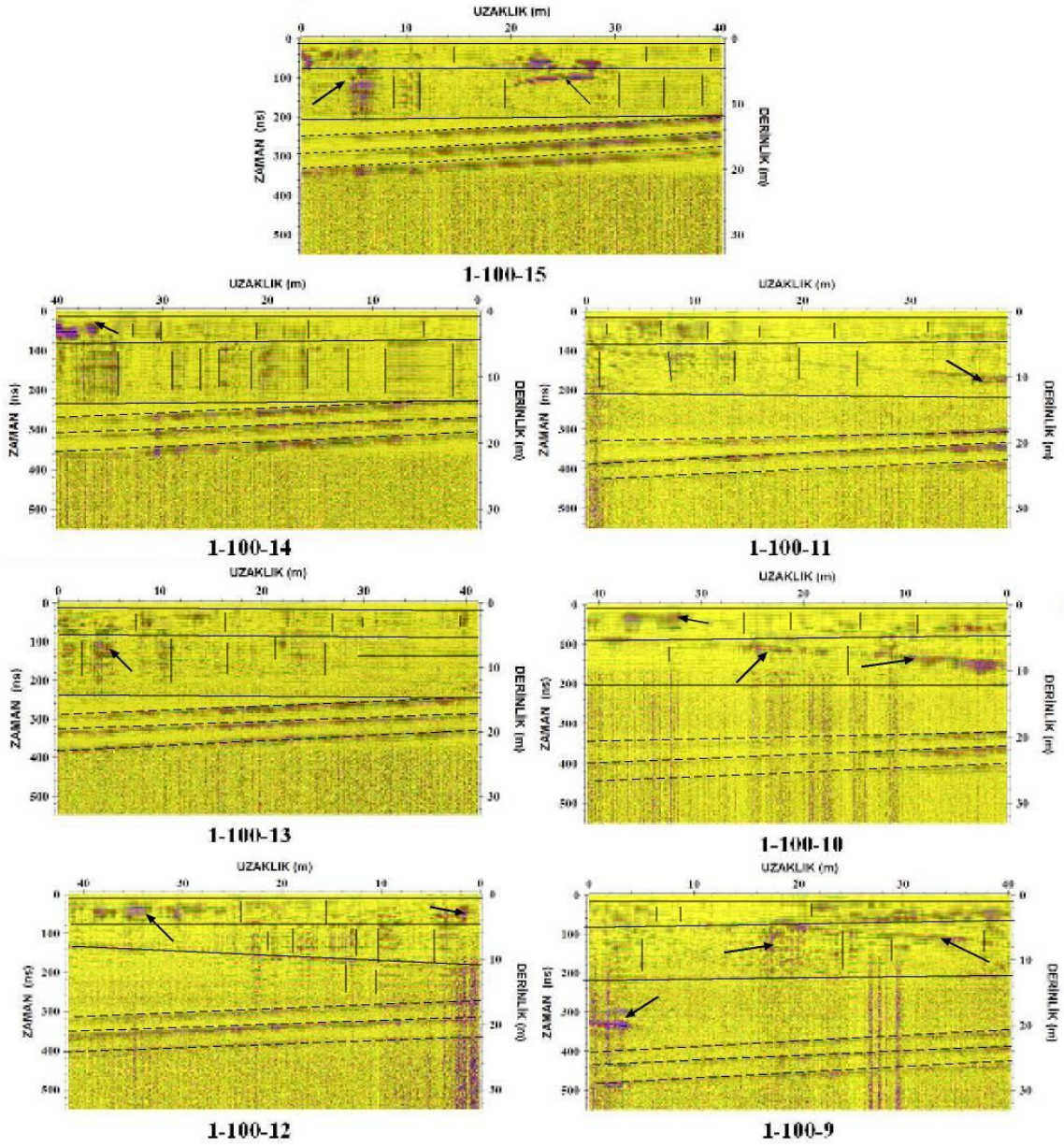
250 MHz antenle D-B doğrultusunda toplanan bütün radargram kesitleri incelendiğinde, K-G doğrultusunda alınan verilere paralellik gözlenmektedir. Bu kesitlerde de yaklaşık 4. metreden sonra homojen ve masif yapı net bir şekilde göze çarpmaktadır (Şekil 106).

İkinci çalışma sahası olan Ocak_üstü 2 sahasında yapılan yer radarı ölçümlerine veri-işlem adımları uygulandıktan sonra bu alanda 100 MHz antenle KB-GD doğrultusunda toplanan bütün kesitler incelendiğinde aynı ocak_üstü 1 sahasında olduğu gibi 0-2 m derinliğinde örtü tabakası göze çarpmaktadır. Bu örtü tabakası arazi yüzeyindeki güncel toprak örtüsü olarak belirtilmiştir. 0-15 m ve 28-42 m uzaklıklarda ve farklı derinliklerde yer yer yönelimi değişen yüksek genlikli yansıtıcı sınırlar oklarla gösterilmiştir (Şekil 107). Bu yüksek genlik alanları travertenler içerisindeki boşluklu bölgeler olarak yorumlanmıştır. 2-14 m derinliğine kadar inen tabaka sınırları içerisinde kırık-çatlaklı bloklara sahip traverten olduğu söz konusudur. Ocak_üstü 1 sahasından farkı, bu alanda traverten kalınlığı daha fazla olarak gözlenmektedir. Bu radargramlarda da Bahçecik travertenlerindeki stratigrafik anlamdaki iki farklı seviye gayet güzel gözlenmektedir. 24-32 m derinliğine kadar inen türbiditleri içerisindeki farklı litolojik düzeyler olmalıdır (Şekil 107).

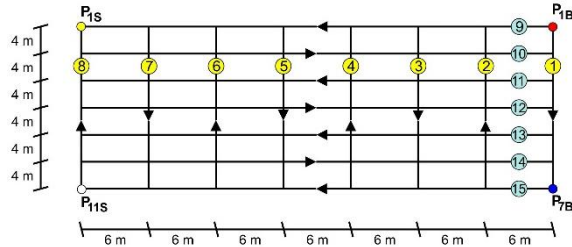
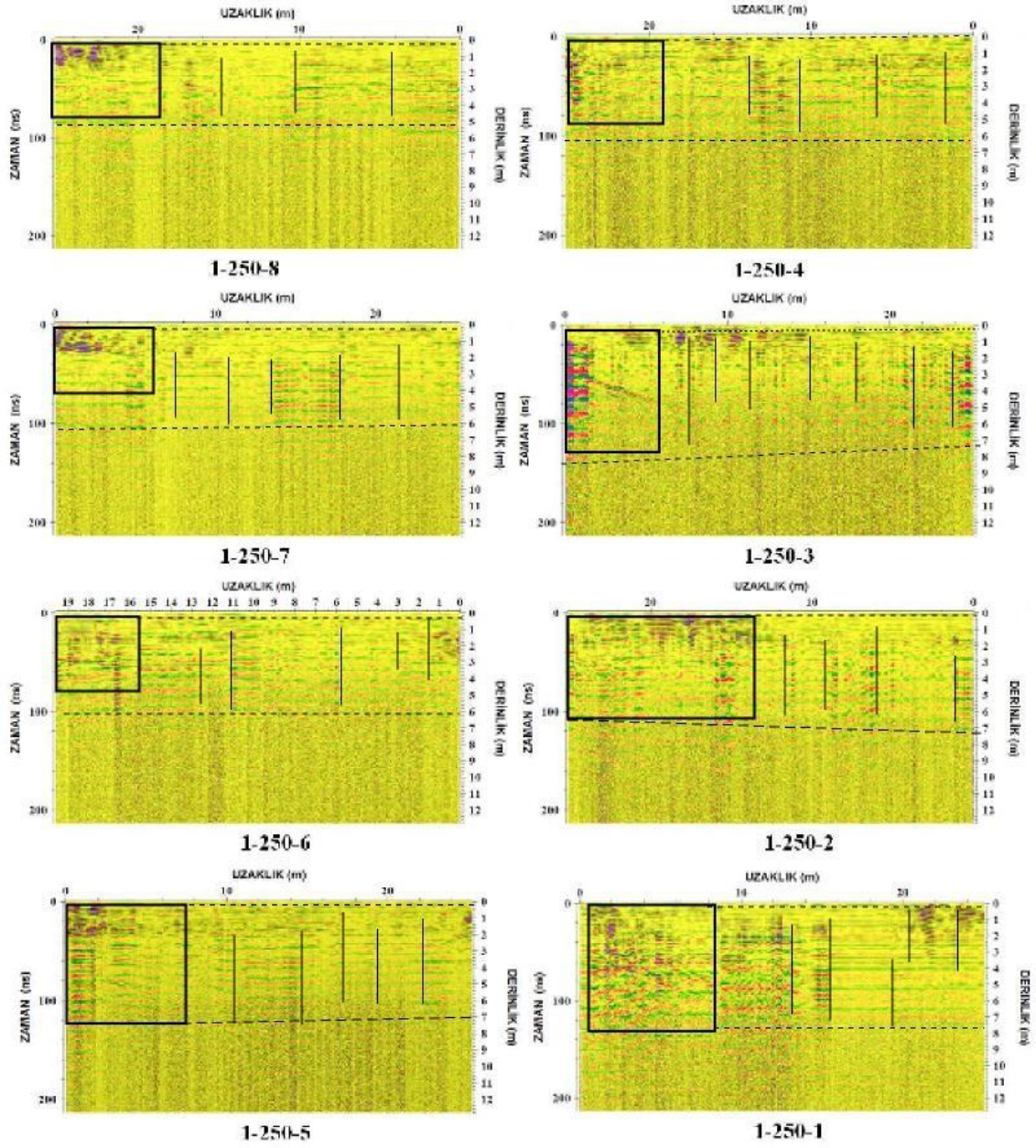
100 MHz antenle KD-GB doğrultusunda toplanan bütün radargram kesitleri incelendiğinde ise KB-GD doğrultusuna benzer sonuçlar elde edilmiştir. Radargramların 14-30 m derinliklerde izlenen yansıtıcı sınırlar Geç Kretase türbiditleri içerisindeki farklı litolojik düzeyler olabilir. Yansımanın KD-GB doğrultusunda daha yüksek genlikli gözlenmesi tabakaların eğim doğrultularından kaynaklanabilir (Şekil 108).



Şekil 103. Ocak_üstü 1 sahasındaki K-G doğrultusundaki 100 MHz'lik radargramlar.



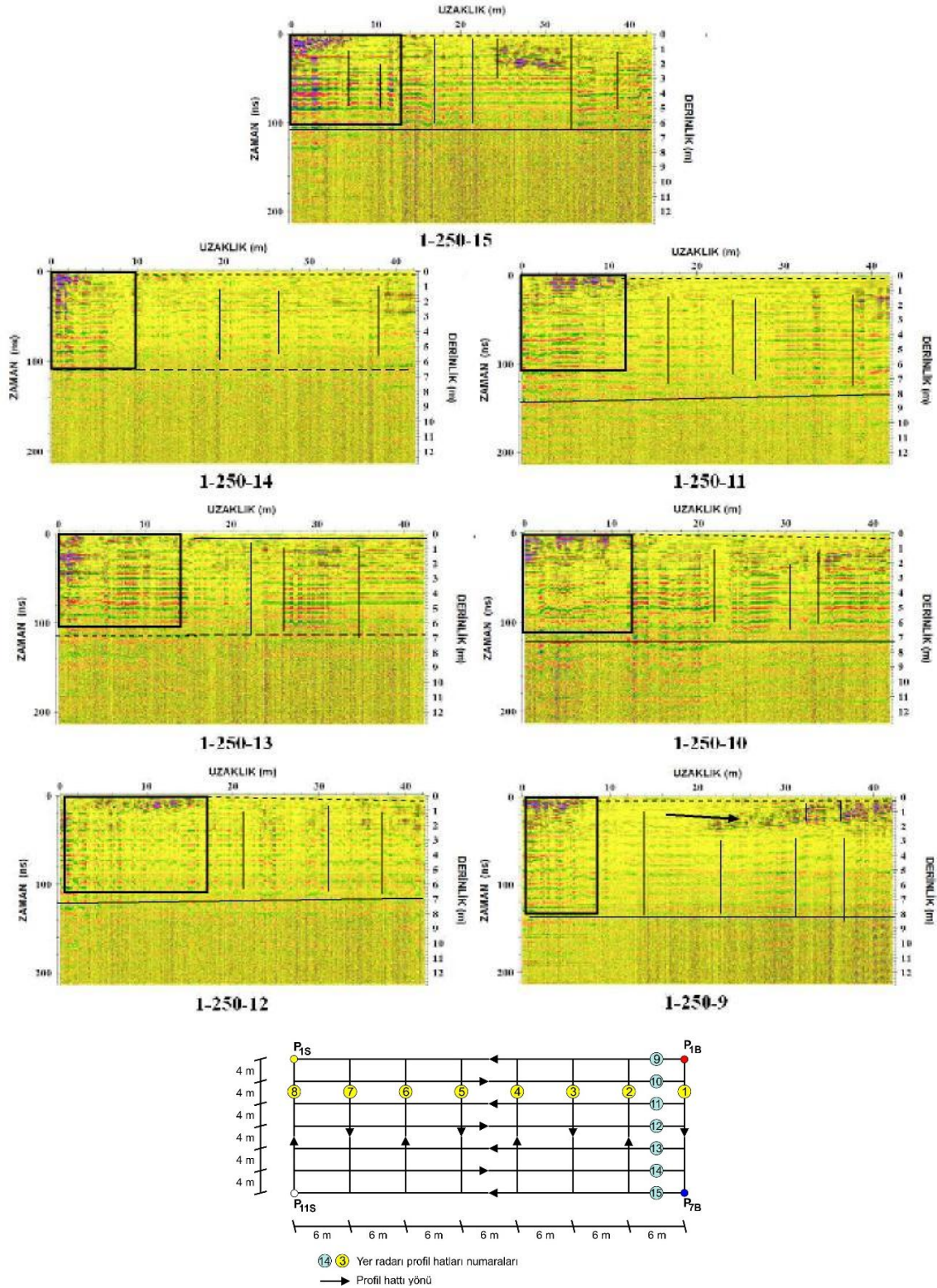
Şekil 104. Ocak_üstü 1 sahasındaki D-B doğrultusundaki 100 MHz'lik radargramlar.



14 3 Yer radarı profil hatları numaraları

→ Profil hattı yönü

Şekil 105. Ocak_üstü 1 sahasındaki K-G doğrultusundaki 250 MHz'lik radargramlar.



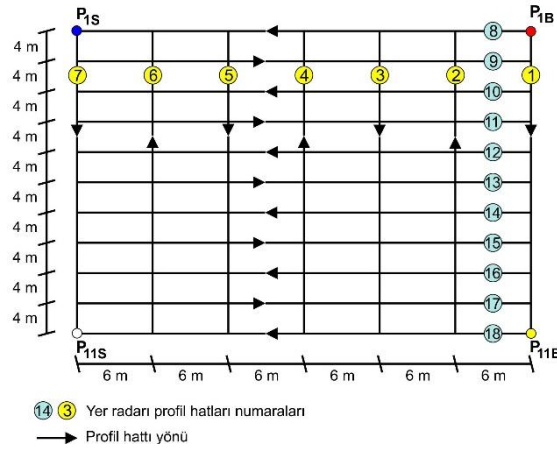
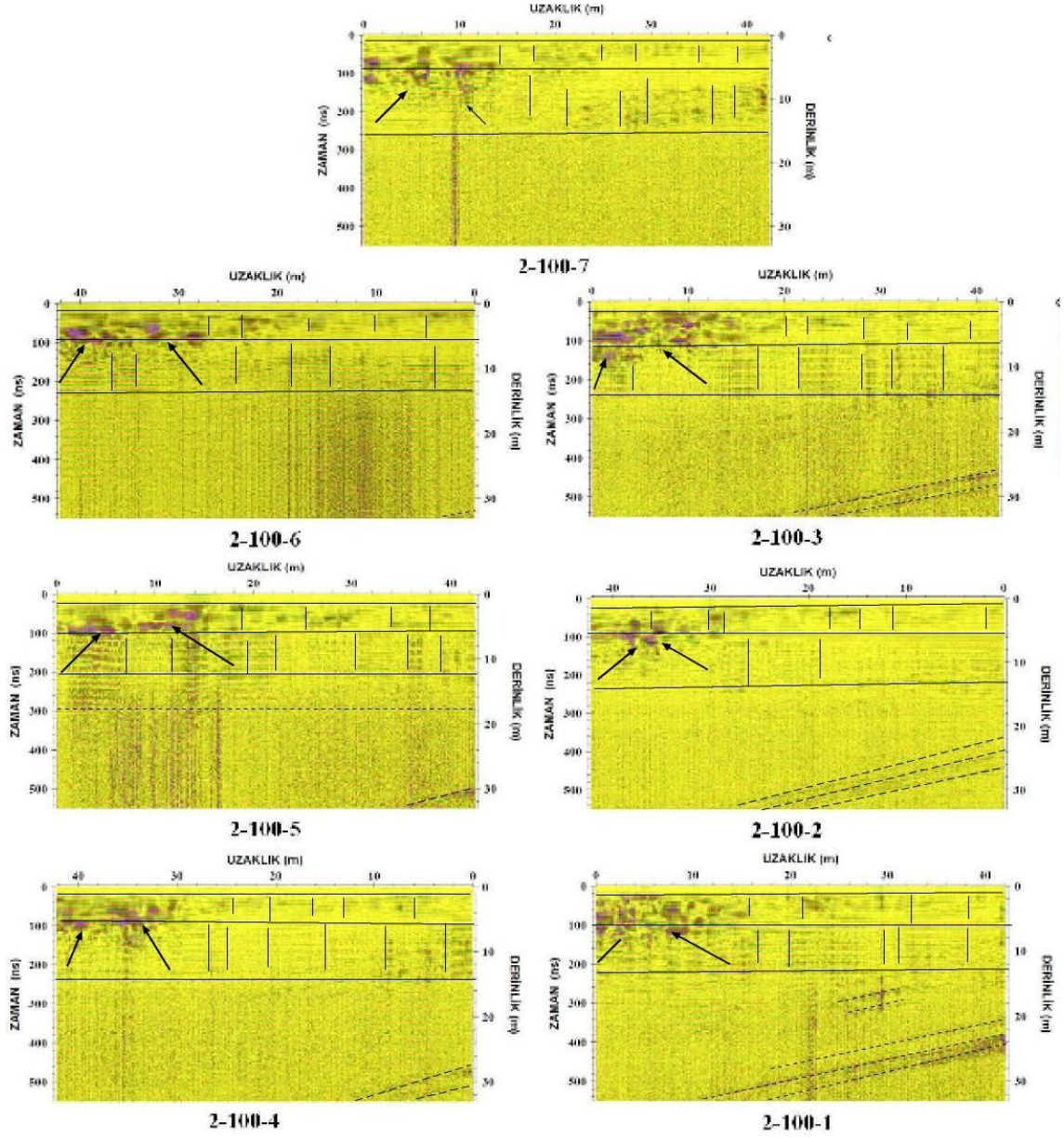
Şekil 106. Ocak_üstü 1 sahasındaki D-B doğrultusundaki 250 MHz'lik radargramlar.

250 MHz antenle KB-GD doğrultulu toplanan bütün radargram kesitleri incelendiğinde, 0-14 m ve 34-42 m uzaklıklarda farklı derinliklerde yer yer yönelimi

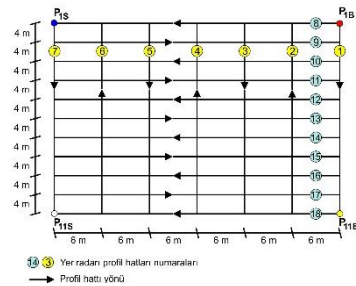
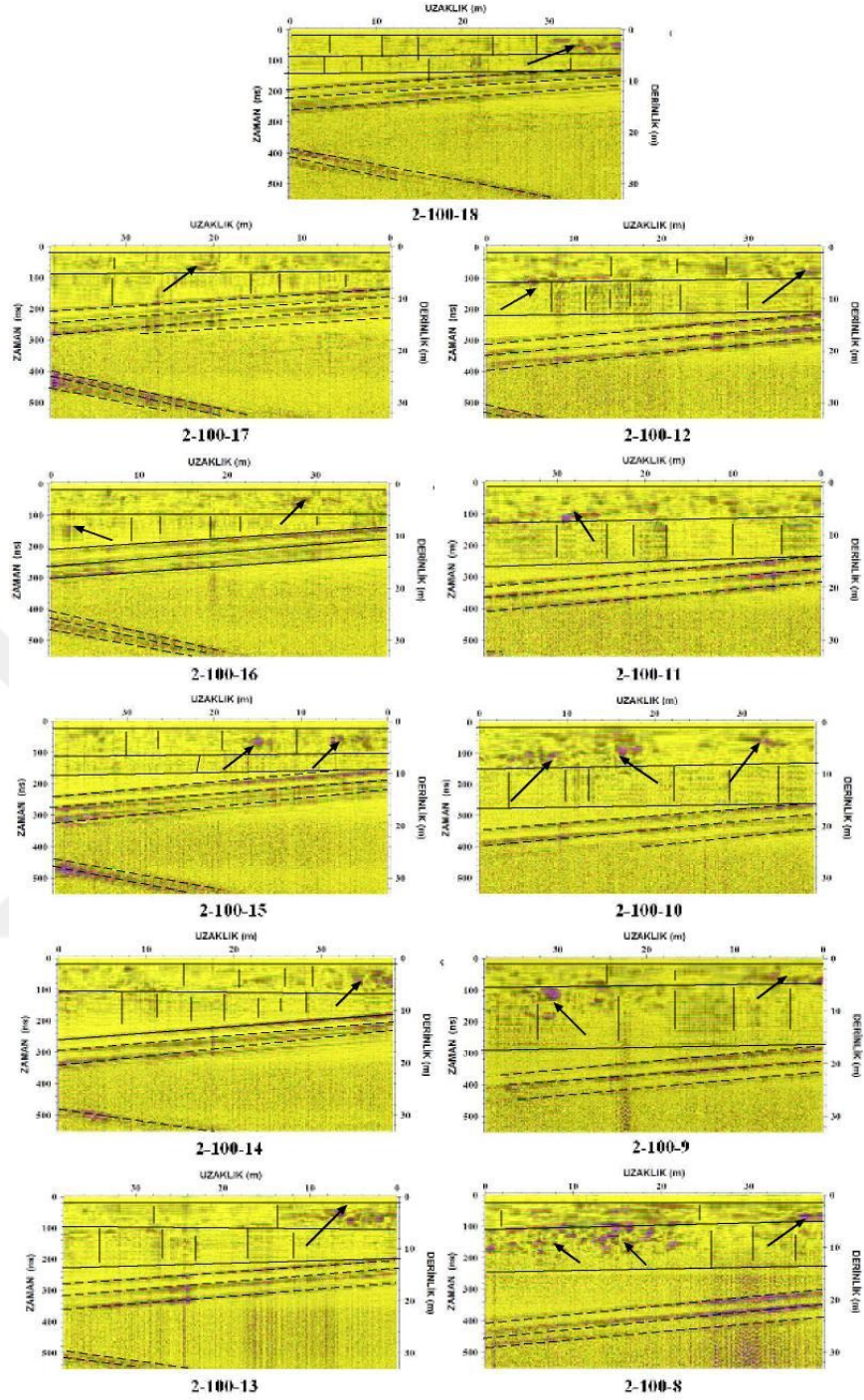
değişen yüksek genlikli yansıtıcı sınırlar dikdörtgenler şeklinde belirtilmiştir. Ayrıca kırıklı yapılar çizgilerle gösterilmiştir (Şekil 109).

250 MHz antenle KD-GB yönünde toplanan bütün kesitler incelendiğinde, 0-22 m ve 36-38 m uzaklıklarda farklı derinliklerde yer yer yönelimi değişen yüksek genlikli yansıtıcı sınırlar kare ve dikdörtgen şeklinde belirtilmiştir. Kırıklı yapılar çizgilerle gösterilmiştir (Şekil 110).

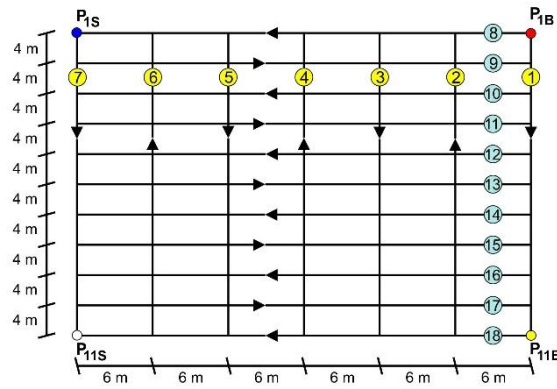
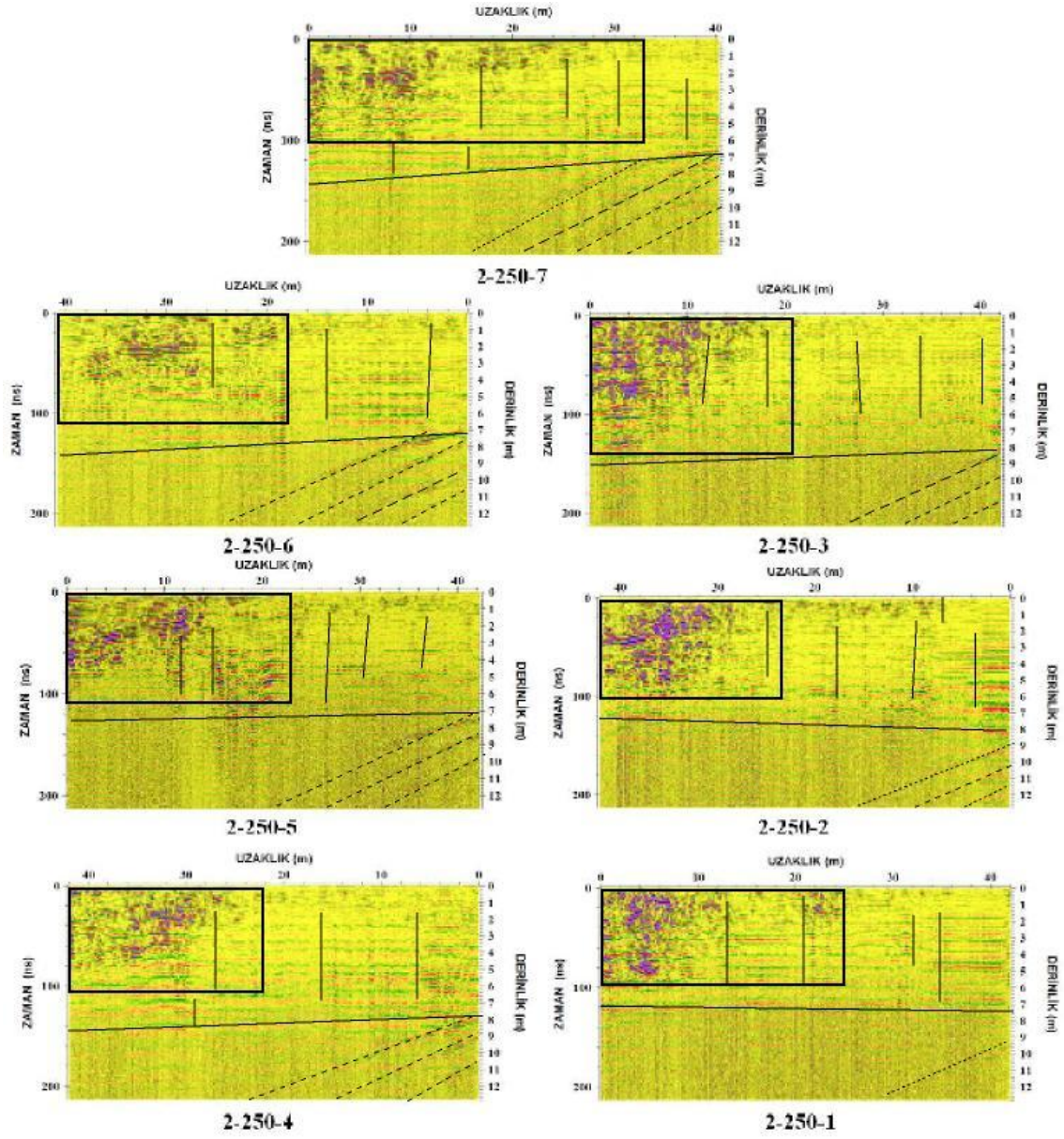
Çalışma alanında uygulanan jeofizik yöntemlerden yer radarı sonuçlarına göre; bu alanda yaklaşık 32 m nüfuz derinliğine inilmiştir. Genel olarak hem 100 MHz hem de 250 MHz'lik radargramlar incelendiğinde Petrografik çalışmalarda olduğu gibi toprak örtüsü altında iki ana seviye belirlenmiştir. Bu seviyelerin içermiş oldukları dokusal yapılar farklı yönlerde farklı boyutlarda radargramlarda izlenmiştir. Bu iki farklı bölüm bölüm arazide yapılan stratigrafik kolon kesitte (F kesiti) gayet güzel gözlenebilmektedir (Şekil 14). Yer radarı sonucu oluşturulan radargramlardan; traverten istifini oluşturan alt seviyenin daha yekpare olduğu üst seviyenin ise daha gözenekli yapıda olduğu gözlenmektedir. Hem arazi hem de sedimanter petrografik çalışmalarda traverten istifindeki bu üst seviyenin daha gözenekli yapıda olduğu ve genellikle çalı fasiyeslerinden oluştuğu da gözlenmiştir. Traverten radargramlarındaki eğimli tabakalaşmayı andıran yapılar travertenlerin çökelmeye başladığı paleotopoğrafyadaki engebeleri karakterize etmekte bazı yerlerde ise şelale veya dolan göllerden boşalan suyun oluşturduğu eğimli tabakalanmaları andırmaktadır.



Şekil 107. Ocak_üstü 2 sahasındaki KB-GD doğrultusundaki 100 MHz'lik radargramlar.

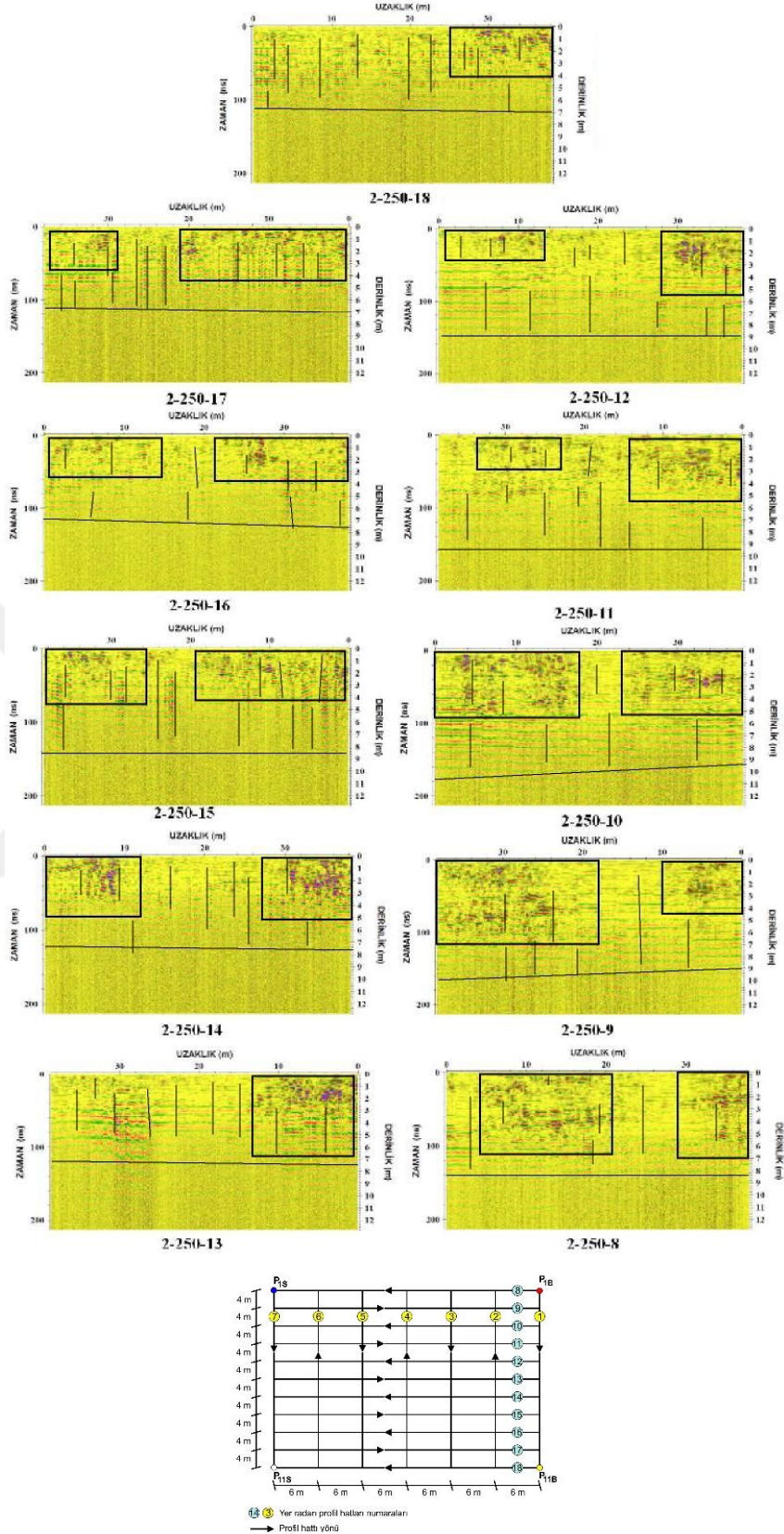


Şekil 108. Ocak_üstü 2 sahasındaki KD-GB doğrultusundaki 100 MHz'lik radargramlar.



⑭ ⑮ Yer radarı profil hatları numaraları
 → Profil hattı yönü

Şekil 109. Ocak_üstü 2 sahasındaki KB-GD doğrultusundaki 250 MHz'lik radargramlar.



Şekil 110. Ocak_üstü 2 sahasındaki KD-GB doğrultusundaki 250 MHz'lik radargramlar.

5. ÖNERİLER

Mevcut saha sahibi işletmeyi ölçüm alınacak sahalara doğru genişletmeyi düşünüyorsa, traverten istifinin üst seviyelerini oluşturan radargramlarda da belirgin şekilde gözenekli ve boşluklu çıkan seviyeyi (yaklaşık toprak seviyesinden 4-5 metre) kaldırdıktan sonra daha sağlam travertenlere ulaşabileceğini ulaşabilecektir.

Çalışılan sahanın KB'sındaki yüzeylemelerde yer radarı uygulamaları yapılmadan ocak açımına gidilmemelidir.

Ocak_üstü 2 sahasından alına verilerde travertenlerin daha kalın fakat özellikle üstteki seviyenin daha gözenekli ve boşluklu olduğu gözlenmektedir. Kazı yapılacaksa Ocak_Üstü 2 sahasına doğru işletmenin yönlendirilmesi daha doğru olacaktır.

İstifin tabandan itibaren 4. metresinde yer alan eski toprak seviyesi, traverten çökelişindeki değişikliklere bağlı olarak süreklilik göstermemektedir. Yalnız istifin 7. metresinden sonra yer alan en kalın eski toprak seviyesi bütün radargram kesitlerinde gözlenmekte ve kılavuz bir seviye olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977.** Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul, Türkiye, 59 s.
- Altunel, E., 1996.** Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri, Yaşları ve Neotektonik Önemleri. Maden Tetkik Arama Dergisi, 118, 47-64.
- Andrews, J.T., 2000.** Dating Glacial Events and Correlation to Global Climate Change, Quaternary Geochronology, methods and applications, American Geophysical Union. ISBN: 9780875909509, 582 p, In: Noller, Jays, S. Sowers, Janet, M. Lettis, William, R. (Eds.).
- Andrews, J.E., 2006.** Palaeoclimatic records from stable isotopes in riverine tufas: synthesis and review. Earth-Science Reviews, 75, 852-104. DOI: 10.1016/j.earscirev.2005.08.002
- Annan, A.P., 2000.** Ground penetrating radar workshop notes. Sensors and Software Inc. Ontario, June.
- Arenas-Abad, C., Vazquez-Urbez, M., Pardo-Tirapu, G. and Sancho-Marcen, C., 2010.** “Fluvial and associated carbonate deposits. In: Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments, and Processes” Eds A.M. Alonso Zarza and L.H. Taner, Development Sedimentology, 61, 133–175. DOI: 10.1111/sed/12182
- Arnórsson, S., 2000.** Isotopic and Chemical Techniques in Geothermal Exploration, Development and Use. International Atomic Energy Agency. ISBN 92 0 101600 X., 351 p.
- Arslan, M., Kolaylı, H., Temizel, İ., Çiftçi, İ., Alp, İ., Yılmaz, A.O. and Er, M., 2005.** Petrography, geochemistry and formation conditions of Gümüşhane and Bayburt areas travertine onyx marble deposits, NE Turkey. Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, Denizli, 171-176.
- Aspiron, U. and Aigner, T., 1999.** Towards realistic aquifer models: Three dimensional georadar surveys of Quaternary gravel deltas (Singen Basin, SW Germany). Sedimentary Geology, 129, 281-297. DOI: 10.1016/S0037-0738(99)00068-8
- Atabey, E., 2003.** Tufa ve traverten, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 75 s., 106.
- Carcione, J.M., 1996.** Ground radar numerical modelling applied to engineering problems. International Journal of Environmental Science and Technology.1, 65-81.
- Cardelli, E., Marrone, C. and Orlando, L., 2003.** Evaluation of tunnel stability using integrated geophysical methods. Journal of Applied Geophysics, 52, 93- 102. DOI: 10.1016/S0926-9851(02)00242-2

- Chafetz, H.S. and Folk, R.L., 1984.** Travertines: Depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal. Sedimentary Petrology*, 54, 1, 289 – 316.
- Chafetz, H.S., Rush, P.F. and Utech, N.M., 1991.** Microenviromental controls on mineralogy and habitat of CaCO₃ precipitates: an example from an active travertine system. *Sedimentology*, 38, 107-126. DOI: 10.1111/j.1365-3091.1991.tb01857.x
- Changryol, K., Daniels, J.J., Guy, E., Radzevicius, S.J. and Holt, J., 2000.** Residual hydrocarbons in a water-saturated medium: A detection strategy using ground penetrating radar. *Environmental Geosciences*, 7, 4, 169-176. DOI: 10.1046/j.1529-0984.2000.74001.x
- Clark, I. and Fritz, P., 1997.** *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. CRC Press, ISBN: 9781566702492, p 328.
- Çoğulu, E., 1975.** Gümüşhane ve Rize granitik plütonlarının mukayeseli petrojeolojik ve jeokronometrik etüdü. Doçentlik Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul, Türkiye.
- Dannowski, G. and Yaramancı, U., 1999.** Estimation of water content and porosity using combined radar and geoelectric measurements. *European Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, 4, 71-85.
- Davis, J.L. and Annan, A.P., 1986.** High Resolution Sounding Using Ground Penetrating Radar, *Geoscience*, 13(3), 205-208. DOI: 10.1111/j.1365-2478.1989.02221.x
- Davis, J.L. and Annan, A.P., 1989.** Ground-penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37, 531-551. DOI: 10.1111/j.1365-2478.1989.02221.x
- El Desouky, H., Soete, J., Claes, H., Özkul, M., Vanhaecke, F. and Swennen, R., 2015.** Novel applications of fluid inclusions and isotope geochemistry in unravelling the genesis of fossil travertine systems. *Sedimentology*, 62, 27-56. DOI: 10.1111/sed.12137
- Eren, M., 1983.** Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes incelemesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 197 s.
- Eren, M. and Tash, K., 2002.** Kilop Cretaceous Hardground (Kale, Gümüşhane, NE Turkey):description and origin. *Journal of Asian Earth Sciences*, 20 (5), 433-448. DOI: 10.1016/S1367-9120(01)00027.x
- Folk, R.L. and Chafetz, H.S., 1983.** Pisoliths (pisoids) in Quaternary travertines of Tivoli, Italy. In: *Coated Grains* (Ed), Springer, 474- 487.

- Ford, T.D. and Pedley, H.M., 1996.** A review of tufa and travertine deposits of the world, *Earth Science Review*, 41, 117-175. DOI: 10.1016/S0012-8252(96)00030
- Gat, J.R., 1996.** Oxygen And Hydrogen Isotopes In The Hydrologic Cycle. *Annual Review Earth Planet Science*, 24, 226-262. . DOI: 10.1146/annurev.earth.24.1.225
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. and Özsayar, T., 1979.** The main lines of the geotectonic evolution of the Eastern Pontids in Mesozoic era, *Geooome Abstracts*, Ankara, 68-69.
- Güven, İ.H., 1993.** Doğu pontidlerin 1/250.000 ölçekli kompilkâsyonu, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Grandjean, G. and Gourry, J.C., 1999.** GPR data processing for 3D fracture mapping in a marble quarry (Thassos, Greece). *Journal of Applied Geophysics* 36, 19–30.
- Green, A., Gross, R., Holliger, K., Horstmeyer, H. and Baldwin, J., 2003.** Results of 3D georadar surveying and trenching the San Andreas fault near its northern landward limit. *Tectonophysics*, 368,7–23. DOI: 10,1016/S0040-1951(03)00147-1
- Guo, L. and Riding, R., 1994.** Origin and diagenesis of Quaternary travertine shrub fabrics. Rapolano Terme, central Italy: *Sedimentology*, 41, 499-520. DOI: 10.1111/j.1365-3091.1994.tb02008.x
- Guo, L., Andrews, J., Riding, R., Dennis, P. and Dresser, Q., 1996.** Possible microbial effects on stable carbon isotopes in hot-spring travertines. *Journal of Sedimentary Research*, 66, 468–473.
- Guo, L. and Riding, R., 1998.** Hot-spring travertine facies and sequences, Late Pleistocene Rapolano Terme, Italy: *Sedimentology*, 45, 163-180. DOI: 10.1046/j.1365-3091.1998.00141.x
- Hammon, W.S., McMechan, G.A. and Zeng, X., 2000.** Forensic GPR: finitedifference simulations of responses from buried human remains. *Journal of Applied Geophysics*, 45, 171-186. DOI:10,1016/S0926-9851(00)00027-6
- Harrari, Z., 1996.** Ground penetrating radar (GPR) for imaging stratigrafic features and groundwater in sand dunes. *Journal of Applied Geophysics*, 36, 43-52. DOI: 10.1016/S0926-9851(96)000316
- Janssen, A., Swennen, R., Podoor, N. and Keppens, E., 1999.** Biological and diagenetic influence in recent and fossil tufa deposits from Belgium. *Sedimentary Geology*, 126, 75-95.
- Kadioğlu, S., Ulugergerli, E.U. and Daniels, J.J., 2006.** 3D visualization to map cavities by GPR method: Dalaman Akkopru dam reservoir area, Muğla, Southwest Turkey. *Proceedings of the 11 th International Conference on Ground Penetrating Radar*, Columbus- Ohio.

- Kadioğlu, S. and Daniels, J.J., 2008.** 3D visualization of integrated ground penetrating radar data and EM-61 data to determine buried objects and their characteristics. *Journal of Geophysics and Engineering*, 5, 448-456. DOI: 10.1088/1742-2132.5.4.008
- Kele, S., Özkul, M., Gökğöz, A., Forizs, I., Baykara, M.O., Alçicek, M.C. and Nemeth, T., 2011.** Stable isotope geochemical and facies study of Pamukkale travertines: new evidences of low temperature non-equilibrium calcite-water fractionation. *Sedi. Gel.* 238, 191-212. DOI:10,1016/j.sedgeo.2011.04.015
- Keskin, Y., 1983.** Bayburt (Gümüşhane) İlçesi, Aksar Köyü ve Güneybatısının, Jeolojik İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 90 s.
- Ketin, I., 1966.** Anadolu'nun tektonik birliktelikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 66, 23-34.
- Koralay, T., Kadioğlu, S. and Kadioğlu, Y.K., 2007.** A New Approximation in determination of zonation boundaries of ignimbrite by ground penetrating radar: Kayseri, Central Anotolia, Turkey. *Environmental Geology*, 52(7), 1387-1397. DOI: 10.1007/s00254-006-0581x
- Kurt, B.B., Kadioğlu, S. ve Ekincioğlu, E.E., 2009.** Yer radarı yöntemi ile gömülü boruların konum, büyüklük ve fiziksel özellikleri ile belirlenmesi. *Yerbilimleri*, 30 (1), 45-57.
- Lachniet, M.S., 2009.** Climatic and environmental controls on speleothem oxygen isotope values. *Quaternary Science Reviews*, 28, 412-432. DOI: 10.1016/j.quascirev.2008.10.021
- Lykoudis, S. and Poutoukis, D., 2010.** Spatial distribution of the isotopic composition of precipitation and spring water in Greece. *Global and Planetary Change* 71(3-4), 141-149. DOI:10,1016/j.gloplacha.2009.10.007
- Mallick, R. and Frank, N., 2002.** A new technique for precise Uranium-series dating of travertine micro-samples. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66, 4261-4272. DOI: 10,1016/S0016-7037(02)00999-7
- Matsuoka, J., Kano, A., Oba, T., Watanabe, T., Sakai, S. and Seto, K., 2001.** Seasonal variation of stable isotopic compositions recorded in a laminated tufa, SW Japan. *Earth and Planetary Science Letters*, 192, 31-44. DOI: 10,1016/S0012-821X(01)00435-6
- Mcdermott, F., 2004.** Paleoclimate reconstruction from stable isotope variations inspeleothems: A review. *Quaternary Science Reviews*, 23, 901-918. DOI: 10,1016/j.quascirev.2003.06.021

- Okay, A.I. and Tüysüz, O., 1999.** Tethyan sutures of northern Turkey. The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geological Society of London Special Publications, 156, In: Durand, B. Jolivet, L. Horváth, F. Séranne M. (Eds.), 475-515.
- Özkul, M., Varol, B. ve Alçıçek, C., 2002.** Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları. Maden Tetkik Arama Dergisi 125, 13-29.
- Özkul, M., Gökgöz, A. and Horvatinčić, N., 2010.** “Depositional properties and geochemistry of Holocene perched springline tufa deposits and associated spring waters: a case study from the Denizli province, Western Turkey”. Tufas and Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls: The Geological Society London. Special Publications, 336, In: Pedley, H.M. (Ed.), 245–262. DOI: 10.1144/SP336.13
- Öğretmen, Z., 2012.** Bayburt Kıratlı Traverten Sahasında Jeofizik Yöntemlerle Kırık-Çatlak Sistemlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 160 s.
- Özkul, M., Kele, S., Gökgöz, A., Shen, C., Jones, B., Baykara, M.O., Forizs, I., Nemeth, T., Chang, Y. and Alcıcek, M.C., 2013.** Comparison of the Quaternary, travertine sites in the Denizli extensional basin on their depositional and geochemical data. *Sedimentology Geological*, 294, 179-204. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2013.05.018
- Özkul, M., Gökgöz, A., Kele, S., Baykara, M.O., Shen, C.C., Hançer, M., Kaya, M., Aratman, C., Akın, T. and Örü, Z., 2014.** Sedimentological and geochemical characteristics of a fluvial travertine: a case from the eastern Mediterranean region *Sedimentology*, 61, 291-318. DOI: 10.1111/sed.12095
- Pedley, H.M., 1990.** Classification and environmental models of cool freshwater tufas: *Sedimentary Geology*. 68, 143-154. DOI: 10.1016/0037-0738(90)90124-C
- Pedley, H.M., Martin, J.A.G., Ordonez, S.D. and Cura, G.D.M.A., 2003.** Sedimentology of Quaternary perched springline and paludal tufas: Criteria for recognition, with examples from Guadalajara Province, Spain. *Sedimentology*, 50, 23-44. DOI: 10.1046/j.1365-3091.2003.00502.x
- Pedley, H.M., 2009.** Tufas and travertines of the Mediterranean region: a testing ground for freshwater carbonate concepts and developments, *Sedimentology*, 56, 221–246. DOI: 10.1111/j.1365-3091.2009.01012.x
- Pelin, S., 1977.** Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi*, 13, 38-42.
- Pentecost, A., 2005.** Travertine. Springer Verlag, ISBN: 978-1-4020-3606-4, p 446.

- Rainey, D.K. and Jones, B., 2005.** Radiating calcite dendrites- precursors for coated grain formation in the Fairmont Hot Springs Travertine, Canada. Proceedings of International Symposium on Travertine, Denizli, September 21- 25.
- Riding, R., 2000.** Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial – algal mats and biofilms, *Sedimentology*, 47 (1), 179-214. DOI:10.1046/j.1365-3091.2000.00003.x
- Rozanski, K., Araguds, L. and Gonfiantini, R., 1993.** Isotopic patterns in modern global precipitation. *Climate Change in Continental Isotopic Records - Geophysical Monograph 78*, American Geophysical Union, In Swart, P.K., Lohman, K.C., McKenzie, J., Savin, S., (Eds.), p 1-36.
- Sambuelli, L., Socco, L.V. and Brecciaroli, L., 1999.** Acquisition and processing of electric, magnetic and GPR data on a Roman site (Victimulae, Salussola, Biella). *Journal Applied Geophysics*, 41,189–204. DOI: 10.1016/S0926-9851(99)00042-1
- Smart, P.L., 1991.** Uranium series dating. *Quaternary dating Methods-a User's Guide*. Quaternary Research. Associate. Technical Guide 4, In: P. L. Smart and P. D. Francis (Eds.), 45- 83.
- Seymen, L., 1975.** Kelkit vadisi, kesiminde Kuzey Anadolu. Fay Zonu'nun tektonik özelliği. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul, Türkiye.
- Spötl, C. and Vennemann, T.W., 2003.** Continuous-flow IRMS analysis of carbonate minerals. *Rapid Communication Mass Spectrometry*, 17, 1004-1006. DOI:10.1002/rcm.1010
- Sheppard, S.M.F., 1977.** Identification of the origin, of ore-forming solutions by the use of stable isotopes: volcanic processes in ore genesis deposits. *Geology Society of London Special Publications*, 7, 25-41.
- Sheppard, S.M.F., 1981.** Stable isotope geochemistry of fluids, *Chemistry and Geochemistry of Solutions at High Temperatures and Pressures*. *Physics and Chemistry of the Earth*, 13/14, 419-445. DOI: 10.1016/0079-1946(81)90022-7
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981.** Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241. DOI: 10.1016/0040-1951(81)90275-4
- Taylor, H.P., 1974.** The application of oxygen and hydrogen Isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. *Economic Geology*, 69, 343-881 DOI: 10.2113/gsecongeo.69.6.843
- Tokel, S., 1972.** Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region, PhD Thesis, University College, London, England.

- Toker, E., Özkul, M., Kayseri-Özer, M.S. and Kele, S., 2013.** Depositional architecture and palaeoclimatic dynamics of Late Pleistocene travertines: Kocabaş, Denizli, SW Turkey. *Sedimentology* DOI: 10.1111/sed.12186
- Toker, E., Kayseri-Özer, M.S., Özkul, M. and Kele, S., 2015.** Depositional Architecture, U-series dating and geochemistry of Late Quaternary depressional travertine deposits from the Kocabaş area (SW-Turkey), *Sedimentology*, 62 (5), 1360-1383. DOI: 10,1111/sed.12186
- Turhan, E., 2007.** Denizli yöresi (Batı Anadolu) traverten tipi karbonatların fasiyes özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 142 s.
- Turan, M., 1978.** Şiran (Gümüşhane) doğu yöresinin jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Üniversitesi, Yerbilimleri Fakültesi, Trabzon, Türkiye, 57 s.
- Van Der Kruck, J., Slob, E.C. and Fokkema, J.T., 1999.** Background of Ground Penetrating Radar Measurements. *Geologie en Mijnbouw*, 77, 177-188. DOI: 10.1023/A.1003546619639
- Van Noten, K., Claes, H., Soete, J., Foubert, A., Özkul, M. and Swennen, R., 2013.** Fracture networks and strike slip deformation along reactivated normal faults in Quaternary travertine deposits, Denizli Basin, western Turkey. *Tectonophysics*, 3, 11, 154-170. DOI: 10,1016/j.sedgeo.2013.05.018
- Yalçınalp, B., Ersoy, H., Fırat Ersoy, A. ve Keke, C., 2008.** Bahçecik (Gümüşhane) Travertenlerinin Jeolojik ve Jeoteknik Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 32, 25-39.
- Yılmaz, C. ve Kandemir, R., 2003.** Senköy Formasyonu: yeni bir Formasyon adlanması. 3.stratigrafi çalışmayı bildiri özleri, Ankara, 14.

ÖZGEÇMİŞ

Dilek ŞAFFAK 14.01.1991 yılında İstanbul ili'nin, Üsküdar ilçesi'nde doğdu. İlköğretimini 1997 yılında İstanbul ili'nin Sancaktepe ilçesi, Hüseyin Temizel İlköğretim okulu'nda, Ortaöğretimini 2009 yılında İstanbul'un Kartal ilçesi, Hacı Hatice Bayraktar Lisesi'nde tamamladı. 31.08.2010 tarihinde başladığı lisans eğitimini 07.06.2014 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümü'nden 3,33 mezuniyet derecesi ile bölüm ikinciliğine tamamladı. 2014 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İSG (B sınıfı) üzerine tezsiz yüksek lisansını 2017 yılında mezun oldu. Yine bu süre zarfından 2016 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu'nda Yapı Denetim Bölümü'nden 2017 yılında mezun oldu. Bunların dışında 2016 yılında Atatürk Üniversitesi AÖF Ön Lisans Çocuk Gelişimi Bölümü'nden 2018 yılında mezun oldu.