



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

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**JEOTERMAL AMAÇLI SONDAJ UYGULAMALARI:
KAYSERİ-İNCESU-SUBAŞI (KİS-2016/9)
JEOTERMAL ENERJİ ARAŞTIRMA SONDAJİ
ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan KARACA

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Mustafa AFŞİN**

AKSARAY, 2019



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

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**JEOTERMAL AMAÇLI SONDAJ UYGULAMALARI:
KAYSERİ-İNCESU-SUBAŞI (KİS-2016/9) JEOTERMAL ENERJİ
ARAŞTIRMA SONDAJİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan KARACA

DANIŞMAN

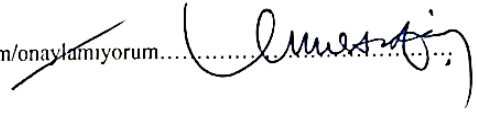
Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

AKSARAY, 2019

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162302408 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi. Serkan KARACA tarafından hazırlanan “JEOTERMAL AMAÇLI SONDAJ UYGULAMALARI: KAYSERİ-İNCESU-SUBAŞI (KİS-2016/9) JEOTERMAL ENERJİ ARAŞTIRMA SONDAJİ ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

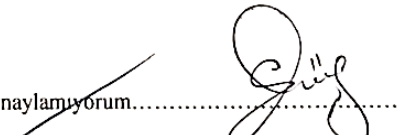
Üye: Prof.Dr. Hatim ELHATİP

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Güler GÖÇMEZ

Konya Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 24/05/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Mehmet Ali HİNİS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukukî sonuçlara katlanacağımı bildiririm.



Serkan KARACA

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tezimin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mustafa AFŞİN'e teşekkür ederim. Jeotermal etüt ve sondaj çalışmalarında görev alan Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nde görevli, başta Levent İLDEŞ, Ömer KESGİN ve Macit KARADAĞLAR olmak üzere tüm mesai arkadaşlarıma ayrı ayrı şükranlarımı sunarım. Ayrıca, her konuda yardımlarını esirgemeyen aileme ve eşim Bilge KARACA'ya teşekkür ederim.

Serkan KARACA
AKSARAY, 2019



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2 İnceleme Alanı	1
1.3 Veri Toplama ve Yöntem.....	1
1.4 Önceki Çalışmalar	3
2. JEOLojİ.....	6
2.1 Stratigrafi.....	6
2.1.1 Yeşilhisar formasyonu (Tmy)	6
2.1.2 Develi Volkaniti (Tmde).....	8
2.1.3 Kaletpe Volkaniti (Tmk)	8
2.1.4 Ürgüp formasyonu (Tmü)	8
2.1.5 Andezitik volkanitler (Tma).....	9
2.1.6 Dasitik domlar (Tmd).....	9
2.1.7 Çataltepe Bazaltı (Tmbç)	10
2.1.8 Kızılkaya İgnimbiriti (Tplki)	10
2.1.9 Koçdağ volkanitleri.....	11
2.1.10 Erciyes volkanitleri	11
2.1.11 Yamaç molozu (Qym).....	11
2.1.12 Eski alüvyon ve güncel alüvyon (Qeal, Qal)	12
2.2 Yapısal Jeoloji.....	12
3. JEOTERMAL SİSTEM.....	13
4. SONDAJ ÇALIŞMALARI	15
4.1 NOV-750 Mobil Sondaj Makinasının Teknik Özellikleri	15
4.2 KİS-2016/9 Jeotermal Araştırma Sondajı Kuyu Litolojisi.....	20
4.3 KİS-2016/9 Jeotermal Araştırma Sondajı Çamur Sıcaklıkları.....	20
4.4 KİS-2016/9 JAS Çamur Kaçak Zonları	28
4.5 Kuyu İçi Jeofizik Log Ölçümleri ve Yorumu	28
4.5.1 KİS-2016/9 JAS kuyu içi jeofizik log ölçümleri ve yorumu	29
4.6 KİS-2016/9 JAS Kuyu Donanımı	30
4.7 KİS-2016/9 JAS Kuyu Geliştirme ve Üretim Çalışmaları.....	32
4.7.1 Birinci asitleme çalışmaları.....	33
4.7.2 Perforasyon (delik açma) çalışmaları.....	34
4.7.2.1 Perforasyonun tanımı	34
4.7.2.2 KİS-2016/9 JAS kuyusu perforasyonu	39
4.7.3 İkinci asitleme çalışmaları	41
4.8.Kuyu Test Çalışmaları.....	41
4.8.1 Jeotermal kuyularda yapılan basınç ve sıcaklık ölçümleri.....	41
4.8.1.1 Kuster basınç ölçer aleti	42
4.8.1.2 Kuster sıcaklık ölçme aleti	42
4.8.2 KİS-2016/9 Jeotermal araştırma sondaj kuyusu test çalışmaları	42

4.8.2.1 Statik ölçüler	42
4.9 Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	52
KAYNAKLAR	55
EKLER.....	57
Ek A. KİS-2016/9 JAS'ın gerçekleştirildiği alan ve yakın civarına ait jeoloji haritası (1/25.000 ölçekli Kayseri K34-d3, d4 ve L34-a1, a2 paftaları)	58
ÖZGEÇMİŞ.....	59



YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOTERMAL AMAÇLI SONDAJ UYGULAMALARI: KAYSERİ-İNCESU-SUBAŞI (KİS-2016/9) JEOTERMAL ENERJİ ARAŞTIRMA SONDAJI ÖRNEĞİ

Serkan KARACA

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

ÖZET

Erciyes Dağı'nın güneybatısında yer alan ve MTA Genel Müdürlüğü'ne ait Jeotermal Kaynak Arama Ruhsat Alanında jeotermal enerji arama amacıyla KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sondajın gerçekleştirildiği inceleme alanında, temelde Silüriyen-Üst Kretase aralığında çökelmiş şist ve kristalize kireçtaşlarından oluşan ve yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş Yahyalı İstifine ait Yellibel ve Karlıgıntepe formasyonları yer almaktadır. Yahyalı istifini Aladağ ofiyolit napı tektonik olarak üzerlemektedir. Bütün bu birimleri uyumsuz olarak örten örtü kayaçlarını ise Orta Eosen-Kuvaterner aralığında çökelmiş volkanik ve sedimanter kayaçlar oluşturmaktadır.

KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondaj kuyusu, 2.753 m derinlikte tamamlanmıştır. Üst seviyelerden düşük sıcaklıklı akışkan karışmasını önlemek ve kuyu emniyetini sağlamak amacıyla 0-1.393,50 m'ler arasına 9 ^{5/8}" çaplı kapalı muhafaza borusu inilmiş ve boru arkası çimentolanmıştır. Kuyuda, 1.378,06-2.750 m'ler arasına 6 ^{5/8}" çaplı kapalı ve filtreli borular inilerek teçhiz edilmiştir. Teçhiz sonrası üretime açılan kuyuda akışkan elde edilememiştir. Olumsuz üretim sonuçlarına istinaden kuyuda asitleme ve perforasyon operasyonları yapılarak kuyu geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda, 1.075-1.110 m seviyelerinin perfore edilerek (delinerek) asitlenmesiyle KİS-2016/9 jeotermal sondajında 20 l/s kompresör, 18 l/s artezyen debisi ve 45,2 °C üretim sıcaklığına sahip jeotermal akışkan elde edilmiştir.

Suların sınıflaması, suların yüzeye ulaşana kadar geçirdikleri süreç, su-kayaç etkileşimi, karışım oranı, hidrokimyasal fasiyes ve sahanın hidrokimyasal tarihçesinin ortaya konulması amacıyla üretim esnasında kuyudan sıcak su örneği alınarak MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında analizi yapılmıştır. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) sınıflamasına göre, KİS-2016/9 jeotermal sondajında üretilen su sodyumlu, klorürlü, borlu, demirli, arsenikli sıcak ve mineralli sudur.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal, Sondaj, Asitleme, Perforasyon, Kayseri.

Eylül, 2019; 59 sayfa

M. Sc. THESIS

DRILLING APPLICATIONS FOR GEOTHERMAL PURPOSES: KAYSERİ- INCESU-SUBASI (KİS-2016) REPRESENTATIVE GEOTHERMAL ENERGY EXPLORATION DRILLING CASE STUDY

Serkan KARACA

**Aksaray University
Graduate School Of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

ABSTRACT

Geothermal exploration drilling activities were carried out for geothermal exploration in the geothermal resource exploration area of MTA General Directorate located in the southwest of Erciyes Mountain. Yellibel and Karlığın-tepe formations of the Yahyalı Stack, which are composed of schist and crystallized limestones deposited in the Silurian-Upper Cretaceous range and have undergone metamorphism in the green schist facies, are located in the area where the sounding was carried out. The Yahyalı sequence is tectonically overlain by the Aladağ ophiolite nappe. Volcanic and sedimentary rocks are deposited in the Middle Eocene-Quaternary interval.

KİS-2016/9 geothermal exploration drilling was completed at a depth of 2.753 m. 9 ^{5/8}" closed enclosure pipe was descended between 0-1,393,50 m and cemented behind the pipe in order to prevent low temperature fluid mixing from upper levels and to ensure well safety. In the well, closed and filtered pipes with 6 ^{5/8}" diameter have been descended between 1,378,06-2,750 m. Fluid could not be obtained in the well after production. As a result of negative production results, wells were tried to be developed by acidification and perforation operations. In this context, 20 l/sec compressor, 18 l/sec artesianic discharge and 45.2 °C production temperature were obtained in geothermal drilling of KİS-2016/9 by perforating acid levels of 1.075-1.110 m.

In order to reveal the classification of the waters, the process of the waters until they reach the surface, the water-rock interaction, the mixing ratio, the hydrochemical facies and the hydrochemical history of the field, thermal water sample was taken from the well during the production and the analysis of the sample was performed in the laboratories of MTA General Directorate. According to the International Association of Hydrogeologists (IAH) classification, water produced in KİS-2016/9 geothermal drilling is classified as with sodium, chlorinated, boron, iron, arsenic, thermal-mineralized groundwater.

Keywords: Geothermal, Drilling, Geophysics, Perforation, Kayseri.

September, 2019; 59 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.	2
Şekil 2.1. İnceleme alanı ve civarına ait genelleştirilmiş ölçeksiz dikme kesit.	7
Şekil 2.2. İnceleme alanındaki önemli yapısal unsurlara ait uydu görüntüsü.	12
Şekil 3.1. İnceleme alanı ve yakın civarında yer alan sıcak su kaynak ve kuyularına ait bilgiler.	13
Şekil 3.2. İnceleme alanına ait kavramsal model (ölçeksiz).	14
Şekil 4.1. NOV-750 Mobil Sondaj Makinası.	15
Şekil 4.2. NOV-750 sondaj makinasına ait genel görünüm.	16
Şekil 4.3. Rotary (döner) masası.	16
Şekil 4.4. Hareketli makara ve swivel (fırdöndü).	17
Şekil 4.5. Vinç (drawworks).	17
Şekil 4.6. Motor ve şanzuman (iki adet 540 HP, şanzuman ve tork konvertör).	18
Şekil 4.7. Üçlü çamur pompası.	18
Şekil 4.8. Çamur tankları.	19
Şekil 4.9. Çamur tankları ve NOV-750 yerleşim planının kuleden çekilmiş görüntüsü.	19
Şekil 4.10. KİS-2016/9 JAS kuyu bitirme logu ve donanımı.	21
Şekil 4.11. Jeofizik kuyu içi log ekipmanları.	29
Şekil 4.12. Kuyuda gerçekleştirilen teçhiz planı.	32
Şekil 4.13. Kompresör.	33
Şekil 4.14. Asit tankları.	34
Şekil 4.15. Perforasyon (delik açma) işlem süreci ve ekipmanları.	35
Şekil 4.16. Perforasyon işlemine ait genelleştirilmiş kesit (operasyon öncesi ve sonrası).	36
Şekil 4.17. Perforasyon öncesi çimento durumunu gösterir örnek log.	36
Şekil 4.18. Perforasyon işleminde kullanılan mermi ve mermi yatakları.	37
Şekil 4.19. Perforasyon işleminde kullanılan tabanca düzeneği.	38
Şekil 4.20. Perforasyon işlemindeki tabanca düzeneğinin hazırlanması ve operasyon öncesi çalışmalar.	38
Şekil 4.21. Perforasyon işlemi için patlatma düzeneğinin kuyuya indirilmesi işlemi.	39
Şekil 4.22. KİS-2016/9 YAS kuyusunda perforasyon öncesi alınan kuyu içi jeofizik log.	40
Şekil 4.23. KİS-2016/9 JAS kuyusunda asitleme sonrası yapılan üretim çalışmaları.	41
Şekil 4.24. KİS-2016/9 jeotermal araştırma kuyusu statik sıcaklık ölçüm grafiği. ...	44
Şekil 4.25. KİS-2016/9 JAS statik basınç ölçüm grafiği.	45
Şekil 4.26. KİS-2016/09 jeotermal araştırma sondajına ait suyun yarı logaritmik Schoeller (1962) diyagramı.	47
Şekil 4.27. KİS-2016/09 jeotermal araştırma sondajından üretilen suya ait Piper (1944) diyagramı.	48
Şekil 4.28. KİS-2016/09 jeotermal araştırma sondajından üretilen suya ait üçgen diyagramı (Giggenbach, 1988).	49
Şekil 4.29. KİS-2016/9 JAS'da, çökeltme ortamlarında bulunabilecek başlıca minerallerin doygunluk durumları.	50
Şekil 4.30. KİS-2016/09 JAS'dan üretilen suya ait Stiff diyagramı (Stiff,1951).	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. KİS-2016/9 JAS’da ilerleme sırasında ölçülen çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.....	22
Çizelge 4.2. KİS-2016/09 no’lu jeotermal araştırma sondajında kapalı ve filtreli boru seviyeleri.....	31
Çizelge 4.3. KİS-2016/9 jeotermal araştırma kuyusu statik sıcaklık ölçüm değerleri.	43
Çizelge 4.4. KİS-2016/9 jeotermal araştırma kuyusu statik basınç ölçüm değerleri.	44
Çizelge 4.5. KİS-2016/9 Jeotermal araştırma sondaj suyu kimyasal analiz sonucu..	46



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Aladağ Birliği
AR	Arama ruhsatı
DES	Düşey elektrik sondaj
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EFZ	Erciyes Fay Zonu
IAH	Uluslararası Hidrojeologlar Birliği
JAS	Jeotermal araştırma sondajı
MT	Manyetotellürik
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
NOV	National Oilwell Varco
SP	Self (doğal) potansiyel



1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi tarafından Kayseri Jeotermal Enerji Aramaları Projesi kapsamında 2016 yılı içerisinde 2.753 m derinlikteki KİS-2016/9 (Kayseri-İncesu-Subaşı) jeotermal enerji araştırma sondajı (JAS) gerçekleştirilmiştir. KİS-2016/9 JAS'da kuyu teçhiz operasyonu sonrasında gerçekleştirilen asitleme, perforasyon vb. işlemler sonucunda kuyu üretime açılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, jeotermal potansiyelin tam olarak ortaya çıkarılabilmesi için yapılan sondaj çalışmalarına istinaden gerçekleştirilen kuyu geliştirme (asitleme, perforasyon vb.) çalışmalarının gerekliliğine ve önemine dikkat çekmektir.

1.2 İnceleme Alanı

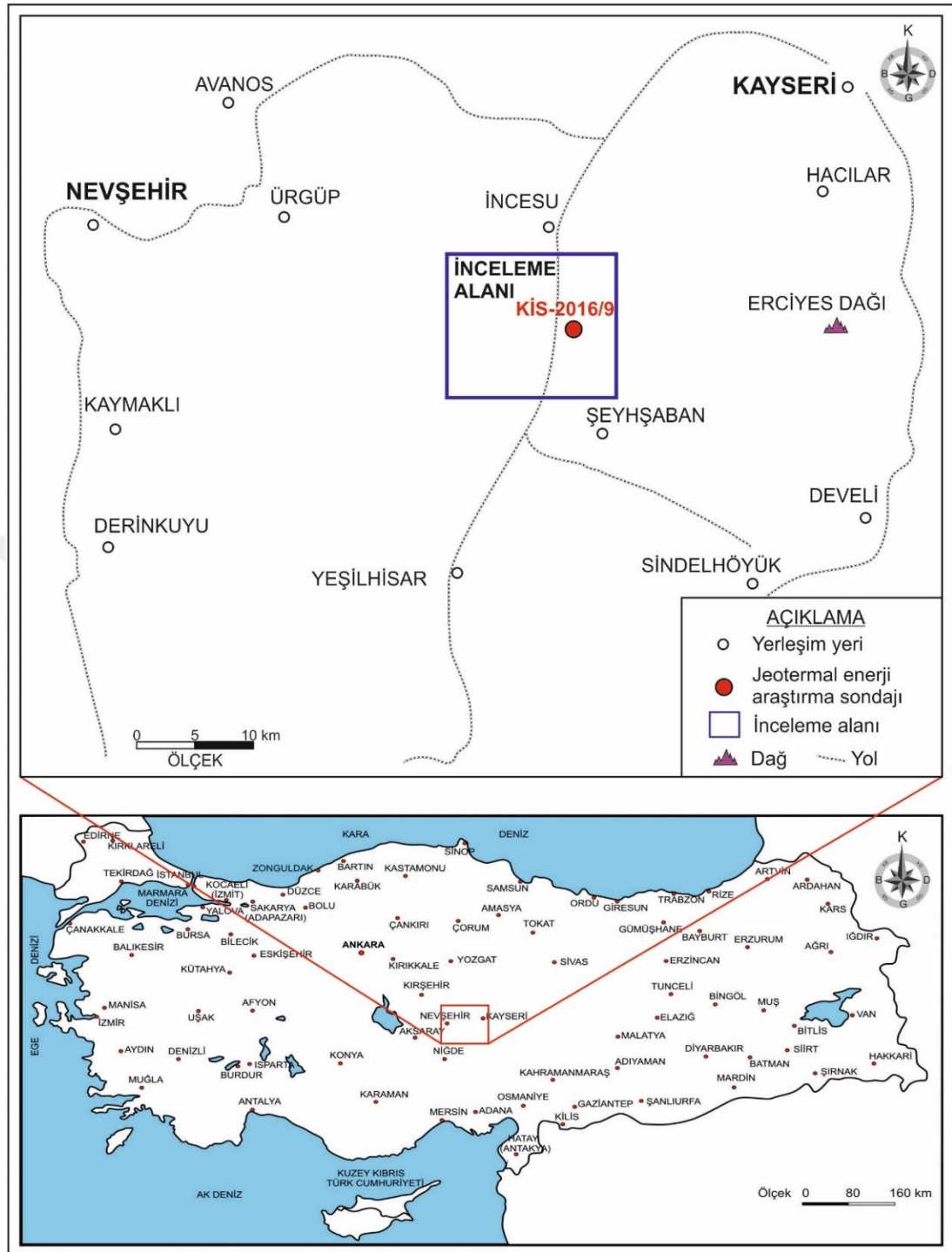
İnceleme alanı, Kayseri il merkezinin güneybatısında yer almakta olup, İncesu ile Yeşilhisar ilçeleri ve yakın civarını içine alan 1/25.000 ölçekli Kayseri K34-d1, d2, d3, d4 ve L34-a1, a2, a3, a4, d1, d2 paftaları sınırları içinde yaklaşık 850 km² alanı kapsamaktadır. Çalışmalar neticesinde belirlenen lokasyonda (X: 4270450, Y: 0692020, Z: 1.126 m) KİS-2016/9 JAS gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.1).

1.3 Veri Toplama ve Yöntem

Bu Yüksek Lisans Tezi'ndeki çalışmalar, literatür derlemesi, arazi ve büro olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Literatür çalışmaları, kaynak alanı ve çevresi hakkında jeolojik verilerin toplanması ve incelenmesi şeklinde yapılmıştır.

Sahada yapılan jeolojik çalışmalar ile inceleme alanının stratigrafik istifi ve fayların konumları ortaya konulmuştur.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

KİS-2016/9 JAS kuyusunda 2.753 m delme işlemi gerçekleştirilmiş, düzenli olarak çamur giriş çıkış sıcaklıkları, çamur kaçakları takip edilmiş, her beş metrede bir kırıntı numune alınarak determinasyonu gerçekleştirilmiş, kuyu taban derinliği 1.400 m’de kuyu içi jeofizik loglarından termik, SP ve rezistivite, ilerleme bitiminde ise kuyu içi jeofizik loglarından termik, gamma ray, nötron, X-Y kaliper, SP ve rezistivite olmak üzere log ölçüleri alınarak sonuçları değerlendirilmiştir. Delme ve teçhiz işleminin

ardından kuyu, kompresör ile üretime açılmıştır. Daha sonra sırasıyla, ilk asitleme uygulaması ve kompresör ile üretim çalışmaları yapılmıştır. Üretiminde herhangi bir değişiklik gözlenmeyen ve ardından CBL, VDL ve termik logları alınan kuyuda 1.075-1.110 m'ler arasındaki 30 m'lik bir zonda perforasyon (delik açma) uygulanmış, akabinde kuyu kompresörle üretime alınmış ve sonrasında bir kez daha asitleme ve son olarak kompresör ile üretim çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalardan sonra kuyuda statik sıcaklık ve statik basınç ölçüleri alınmıştır.

1.4 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı yakın civarında Erciyes stratovulkanı bulunması sebebiyle, geçmişten günümüze birçok araştırmacı başta volkanizma olmak üzere değişik konularda çalışmalar yapmıştır.

Beekman (1966), İncesu bölgesinin önemli bir kısmının genellikle bazik bileşimde olan geniş volkanik kütlelerden oluştuğunu, bölgede yer alan fayların Erciyes Dağı'nı çevreleyen bir fay sisteminin parçası olduğunu belirtmiştir.

Pasquare (1968), Erciyes volkanının beş evrenin bulunduğunu, birinci evre ile andezitik-bazaltik lavların oluşturduğu bir kalkanın meydana geldiğini, ikinci evrede bu lav kalkanının çökerek, bu çöküntü içinde merkez koni ve etrafındaki lav kubbeleriyle asıl Erciyes'in andezitik stratovulkanının geliştiğini, yer yer de dasit ve riyodasit dayklarının; üçüncü evre ile magma haznesinin yükselerek dasit ve riyodasitik domlarının, dördüncü evrede olivin bazaltik lavların aktığını ve dasitik piroklastiklerin ise, püskürtmelerle çok uzaklara saçıldığını ve son evrede ise dasitik lavlar ile süngertaşı ve küllerin oluştuğunu öne sürmüştür.

Günelay (1976), Kayseri ilinin pek çok bölgesinde Orta Anadolu'nun geniş Neojen ve Pliyosen-Pleyistosen sedimantasyon alanlarında, linyit yataklarının teşekkülü ve muhafazası için elverişli şartların beklenebileceğini, Pliyosen yaşlı havza dolgularının orta kısımlarında ve kaidesinde muhtelif yerlerde işletmeye elverişli olmayan linyitlerin mostra verdiğini ve serinin üst kısımlarında linyitlere rastlanılmadığını belirtmiştir.

Erkan (1978), Kayseri ili Develi ilçesine bağlı Zile ve Tombak köylerinde yer alan demir cevherleşmelerinin bulunduğu sahada Paleozoyik yaşlı kireçtaşlarının temeli

oluşturduğunu, bunun üzerine Neojen'den başlayarak Kuvaterner'de de süren Erciyes volkanizmasının ürünlerinin geldiğini, volkanik-ekskalatif oluşumlu limonit-hematit cevherleşmelerinin tüf ve aglomera birimlerinin geçişinde yer aldığını belirtmiştir.

Seymen (1981), Çalışma alanı ve çevresinde Tersiyer öncesi temel kayaları ayrıntılı olarak çalışmış ve adlandırmıştır. Bölgede temel kayaçların Paleozoyik yaşlı, altta gnays ve şistlerle temsil edilen Tamadağ, üstte mermerlerden oluşan Bozçaldağ birimleri ve bunları kesen Kretase yaşlı Baranadağ granitik intrüzyonundan oluştuğunu ifade etmiştir.

Güner vd., (1984), Kayseri havzasının Alt Pliyosen'de KD-GB yönde normal bileşeni olan doğrultu atımlı faylara bağlı tektonik bir çukurluk olduğunu, Erciyes stratovolkanının, Kayseri havzasını GD'de sınırlayan ve sol yanal atımı ile düşey atımı (oblik) saptanan "Erciyes Fayı" üzerinde oluştuğunu belirterek; volkanizmanın Üst Miyosen sonunda andezitik domların oluşumu ile başladığını, daha sonra riyoitik tüfler ve ignimbritlerin meydana geldiğini, Alt Pliyosen'de Kayseri havzasının oluşup Erciyes stratovolkanınınvolkanik etkinliğini sürdürdüğünü, Üst Pliyosen'de Erciyes ana konisinin tıkanarak yamaçlarda dasitik domların oluştuğunu, Alt Pliyosen'de stratovolkanın Erciyes fayı ile ikiye kesildiğini ve ışınsal çatlaklardan andezitik bazalt lavlarının çıktığını, Üst Pliyosen'den itibaren ise bazaltik kül konileri ve lavların, en son olarak da riyoitasitik lavlar ve andezitik lav, pomza ve cürufkların püskürdüğünü öne sürmüşlerdir.

Aydar ve Gourgaud (1998), "Kapadokya Volkanik Provensi" olarak da bilinen 'Orta Anadolu Volkanik Provensi'nin geniş alanlara yayılan birkaç safhalı ignimbrit çıkışları, Miyosen-Pliyosen yaşlı iki stratovolkan (Karacadağ ve Melendiz) ile monojenetik bacaları (bazaltik maar, piroklastik konileri, lav domları) ve yine stratovolkan tipinde Kuvaterner yaşlı iki adet volkandan (Hasan dağı ve Erciyes dağı) oluştuğunu ifade etmişlerdir.

Türkecan vd., (1998), Bünyan, Develi ve Tomarza (Kayseri) yöresinin ayrıntılı jeolojisi ve bu yörede gözlenen volkanik kayaçların petrolojisinin araştırılmasını hedeflenmişlerdir.

Karaca vd., (2017), Kayseri-İncesu-Yeşilhisar civarında yer alan, aralarında KİS-2016/6 jeotermal araştırma sondajının da yapıldığı MTA Genel Müdürlüğü'ne ait 6 adet (AR: 38/2014-11, AR: 38/2014-12, AR: 38/2014-13, AR: 38/2014-14, AR: 38/2014-15 ve AR: 38/2015-01) jeotermal kaynak arama ruhsat sahasında gerçekleştirdikleri jeolojik, jeofizik ve hidrojeokimyasal etüt çalışmalarına ait verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, AR: 38/2014-11 no.lu jeotermal kaynak arama ruhsat alanında ölçü alınan K255 no'lu DES noktası yakın civarında bir adet jeotermal enerji araştırma sondajı açılmasının, ruhsat sahalarının yer aldığı alandaki jeotermal potansiyelin ortaya çıkarılmasına katkısı olacağı sonucuna varmışlar ve belirlenen lokasyonda jeotermal araştırma sondajı önermişlerdir.

İldeş vd., (2018), Kayseri- AR: 38/2014-11 no'lu İncesu-Subaşı jeotermal kaynak arama ruhsat sahasında gerçekleştirilen KİS-2016/6 jeotermal araştırma sondajı ile akışkan üretimi ve ruhsat sahası jeotermal enerji olanaklarının araştırılmasını hedeflenmişlerdir.

Kesgin vd., (2019), Kayseri- AR: 38/2014-13 no'lu İncesu-Subaşı jeotermal kaynak arama ruhsat sahasında gerçekleştirilen KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondajı ile akışkan üretimi ve ruhsat sahası jeotermal enerji olanaklarının araştırılmasını hedeflenmişlerdir.

2. JEOLJİ

Bu bölümde verilen tüm bilgiler KİS-2016/9 JAS'ın gerçekleştirildiği MTA Genel Müdürlüğü'ne ait jeotermal kaynak arama ruhsat sahasına ilişkin jeotermal etütlere ait, Karaca vd., (2017) tarafından hazırlanan rapordan alınmıştır.

2.1 Stratigrafi

Sondajın gerçekleştirildiği alan ve yakın civarında en altta Alt-Orta Miyosen yaşlı Yeşilhisar formasyonu yer almaktadır. Yeşilhisar Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak Orta Miyosen yaşlı Develi Volkaniti yer almıştır. Develi Volkaniti üzerine uyumlu olarak Orta Miyosen yaşlı Kaletepe Volkaniti gelmiştir. Bu birim üzerine uyumlu olarak Orta-Üst Miyosen yaşlı Ürgüp formasyonu gelmiştir. Ürgüp formasyonunun üzerinde ise Üst Miyosen yaşlı Tekkedağ ve Derviştepe andezitik volkanitleri yer almıştır. Andezitik volkanitleri üzerine Üst Miyosen yaşlı Tüllüce tepesi andezitik domu ve Çataltepe bazaltik lav akıntıları gelmiştir. Alt Pliyosen yaşlı Kızılkaya İgnimbiriti Çataltepe bazaltik lav akıntıları üzerine uyumsuz olarak gelmiştir. Pliyosen'de aktivitesine başlayıp Kuvaterner ortalarına kadar çeşitli lav ve piroklastik ürünler çıkaran ve Koçdağ volkanitleri olarak adlandırılan grubun içinde değerlendirilen Üst Pliyosen Yaşlı İncesu İgnimbiriti, Kızılkaya İgnimbiriti üzerine uyumsuz olarak gelmiştir. İncesu İgnimbiriti üzerinde ise alandaki Kuvaterner serinin en alt seviyelerinde gözlenen Erciyes volkanitlerine ait andezitik ve bazaltik lav akıntıları uyumsuz olarak gözlenmiştir. İstif, Kuvaterner yaşlı yamaç molozu, eski ve güncel alüvyonla son bulur (Şekil 2.1 ve Ek A).

Bu tezde, yalnızca, sondajın gerçekleştirildiği ruhsat alanı ve civarında yüzeyde izlenen ve yüzeyde izlenmeyip sondajda kesilen birimler detaylı verilmiştir.

2.1.1 Yeşilhisar formasyonu (Tmy)

Yeşilhisar formasyonu (Tmy), Dönmez vd., (2003) tarafından adlandırılmıştır. Sondaj alanının yaklaşık 15 km güneyinde Yeşilhisar civarında gözlenmiş, sondaj çalışmaları sırasında 1.345-2.753 m'ler arasında kesilmiş olup, İncik formasyonu üzerinde yer almıştır.

Yeşilhisar formasyonu genellikle gri, boz, yeşilimsi, kırmızı ve şarabi renkli, yer yer kalın-orta tabakalı kumtaşı, çakıltaşı, kiltası, çamurtaşı ve jips içerikli birimlerden oluşmuş olup, akarsu, göl ve taşkın ovası ortamında çökelmiştir (Şekil 2.1).

ÜST SİSTEM		SİSTEM	SERİ	GRUP	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
SENOZOYİK	KUVATERNER						Qal Qeal Qym Qtr Qeb Qea		Alüvyon Eski alüvyon Yamaç molozu Traverten Bazaltik lav akıntıları: Bazalt, olivin bazalt ve piroksen andezit bileşimli lav ve piroklastikler Andezitik lav akıntıları: Andezit, bazaltik andezit, piroksen andezit bileşimli lav ve piroklastikler Konglomera, kumtaşı, kiltası, killi kireçtaşı																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
										TERSİYER	PLİYOSEN	ÜST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Şekil 2.1. İnceleme alanı ve civarına ait genelleştirilmiş ölçeksiz dikme kesit.

Yeşilhisar formasyonuna doğrudan yaş verebilecek bir bulguya rastlanmamış olup, genel stratigrafik konumu dikkate alındığında birimin yaşının Alt-Orta Miyosen olduğu düşünülmüştür (Keskin vd., 2010).

2.1.2 Develi Volkaniti (Tmde)

Develi Volkaniti (Tmde), Dönmez vd., (2003) tarafından adlandırılmış olup, aşırı alterasyona uğramış olan bu volkanitler çalışma alanının batısında yayılım göstermiştir (Ek A). Birim başlıca beyaz, gri, sarı, kırmızı renkli altere olmuş bazalt ve piroksen andezitlerden oluşmuş, porfirik dokulu olup, fenokristal olarak plajiyoklas, piroksen ve yer yer olivin içermektedir.

Alt dokanağı gözlenemeyen birimin üzerine ise Orta Miyosen yaşlı Kaletepe Volkaniti gelmiş olup, yaşı stratigrafik verilere göre Orta Miyosen olarak düşünülmüştür (Şekil 2.1) (Keskin vd., 2010).

2.1.3 Kaletepe Volkaniti (Tmk)

Kaletepe Volkaniti (Tmk), ilk defa Dönmez vd., (2003) tarafından adlandırılmıştır. Birim, inceleme alanı içerisinde volkanizmanın çıkış merkezi olan Kaletepe’de yüzeylemekte olup, adını da buradan almaktadır (Ek A). Başlıca gri, açık mavi renkli, ince ve eşit taneli, belirgin kuvars kristallerinin gözlendiği lav ve piroklastiklerden oluşmuştur. Lavlar andezit, dasit ve piroklastik karakterde olup, zayıf akma dokulu matrikse sahiptirler. Kayacın matriksi tümüyle opaklaşmış çubuksu plajiyoklas ve sanidin mikrolitleri ile amfibol minerallerinden oluşmuştur. Başlıca fenokristal bileşenleri ise plajiyoklas, klinopiroksen ve amfibol mineralleridir.

Kaletepe volkanitinin alt dokanağında Develi Volkaniti gözlenmiştir.

Bölgesel stratigrafik konumu gereği Kaletepe Volkaniti’nin yaşı Orta Miyosen olarak kabul edilmiştir (Şekil 2.1) (Keskin vd., 2010).

2.1.4 Ürgüp formasyonu (Tmü)

Ürgüp formasyonu (Tmü), ilk defa Pasquare (1968) tarafından adlandırılmıştır. Volkanik ara seviyeli, göl ve akarsu çökellerinden oluşmuş olan birim, inceleme alanı

yakın civarında İncesu ilçesi batısında yüzeylenmiştir (Ek A).İnceleme alanında gözlenmeyen birim KİS-2016/9 JAS'da 1.035-1.345 m'ler arasında kesilmiştir.

Ürgüp formasyonu, başlıca kıvılcık-kahve renkli, yer yer az belirgin katmanlanmalı, çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, jips ve anhidrit ile kireçtaşı ve ignimbirit ara düzeylerinden oluşmuştur (Şekil 2.1). Karasal ortamda çökelen birim, altındaki birimlere göre malzemesi değişmektedir. Yamaç molozu ile temsil edilen kesimler kırmızı renkli, tane desteksiz çakıltaşı, az kumtaşı ve bunların içinde bulunduğu çamurtaşlarından oluşmuştur. Kanal fasiyeslerini oluşturan birimler çapraz tabakalanmalı, çakıltaşı,kumtaşı ve çamurtaşı bant ve mercekleri içermektedir. Göreceli olarak üst kesimleri oluşturanve havza ortası gölsel fasiyeslerle temsil edilen kesimler, tutturulmamış kumtaşı, genelde çamurtaşı, jips ve anhidritlerden oluşmakta ve kimi yerlerde kireçtaşı ve ignimbirit bant ve mercekleri içermektedir (Keskin vd., 2010). İnceleme alanında birimin Cemilköy ignimbiriti (Tmüc) ve Gördeles ignimbirit üyeleri (Tmüg) gözlenmiştir. Birim içinde iki ignimbirit seviyesi üye mertebesinde (Cemilköy ignimbirit üyesi (Tmüc) ve Gördeles ignimbirit üyesi (Tmüg)) ayrılmış olup (Şekil 2.1), bu üyeler inceleme alanı içinde gözlenmemiştir.

Eş yaşlı volkanitlerle yanal ve düşey yönde giriklik gösteren birimin yaşı Orta-Üst Miyosen olan birim karasal olup, akarsu ve göl ortamında çökelmiştir (Keskin vd., 2010).

2.1.5 Andezitik volkanitler (Tma)

Andezitik volkanitler (Tma), Dönmez vd. (2003) tarafından ilk defa adlandırılmış olup, inceleme alanının kuzeybatısı ve batısında yüzeylenmiştir (Ek A). Aynı yaşta ve litolojik özellikte çok sayıdaki çıkış merkezli çoğunlukla andezitik bileşimli volkanizmalar çıkış yerleri itibarıyla değişik isimlerde (Dönmez vd., 2003) adlandırılmışlardır. Bunlar; Derviştepe, Tekkedağ, Sivritepe ve Keşlik-Kurdağı volkanitleridir.

2.1.6 Dasitik domlar (Tmd)

Dasitik domlar (Tmd), Üst Miyosen'de etkin olmuş çok sayıda dasitik domlar yer almaktadır. İnce taneli, gri, beyaz, açık pembe renkli bu domlar, Dönmez vd., (2003) tarafından dasitik domlar olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.1).

2.1.7 Çataltepe Bazaltı (Tmbç)

Çataltepe Bazaltı (Tmbç), Pasquare (1968) tarafından adlandırılmıştır. Birim, inceleme alanı yalın civarında Acıoluk köyü batı ve kuzeyinde mostra vermiştir (Ek A). İnceleme alanında gözlenmeyen birim KİS-2016/9 JAS'da 270-560 m'ler arasında kesilmiştir.

Genellikle bazalt, olivin bazalt ve olivin toleyit bileşimli lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır. Kayaç porfirik dokulu olup, başlıca plajiyoklas, olivin ve klinopiroksen fenokristallerinden oluşmaktadır (Şekil 2.1).

Volkanizmadan K/Ar yöntemi ile yaptırılan yaş tayininde $5,29 \pm 0,46$ my yaş elde edilmiş olup, volkanizmanın genel stratigrafik konumu dikkate alındığında etkinliğin; Üst Miyosen'den itibaren başladığı düşünülmüştür (Dönmez vd., 2003).

2.1.8 Kızılkaya İgnimbiriti (Tplki)

Kızılkaya İgnimbiriti (Tplki), Orta Anadolu Volkanik Provensi içerisinde en geniş yayılıma sahip olan ignimbiritler olup, ilk defa Beekman (1966) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanı ve yakın civarında gözlenmeyen birim sondaj çalışmaları sırasında kesilmiş olup, İncesu formasyonu altında yer almıştır. İnceleme alanında gözlenmeyen birim KİS-2016/9 JAS'da 210-270 m'ler arasında kesilmiştir.

Birim başlıca kırmızı, kahverengi renkli, sütunsal ayrışmalı, iyi kaynaklanmış düzeylerle, alt seviyelerde düşme türü iyi kaynaklanmamış seviyelerden oluşmaktadır (Şekil 2.1).

Kızılkaya İgnimbiriti kendisinden yaşlı tüm birimleri örterken, genel olarak üst dokanağında Üst Pliyosen yaşlı gölsel kireçtaşları yer almıştır (Keskin vd., 2010).

Kızılkaya ignimbiritinde yapılan yaş tayinlerinde Innocenti vd., (1975) $4,4 \pm 0,1$, $5,4 \pm 1,1$ ve $5,1 \pm 0,3$ my, Schumacher vd., (1990) ise 4,3 my yaş elde etmişlerdir. Buna göre birimin yaşı Üst Pliyosen'dir (Keskin vd., 2010).

2.1.9 Koçdağ volkanitleri

Koç Dağı Pliyosen’de aktivitesine başlamış, Kuvaterner ortalarına kadar çeşitli lav ve piroklastik ürünler çıkarmıştır. Ürünler bazalttan dasite kadar değişen bileşimde ve kalk-alkalen seri içerisinde yer almaktadır. İlk ürünler andezitik türdeki lavlardır. Bundan sonraki aşamada ignimbiritik bir püskürme ile Koç Dağı Kalderası oluşmuştur (Türkecan vd., 1998). İnceleme alanı içerisinde bu ürünlerden sadece İncesu İgnimbiriti (Tpli) gözlenmiştir (Ek A).

İncesu İgnimbiriti, KİS-2016/9 JAS’da 30-210 m’ler arasında kesilmiştir.

2.1.10 Erciyes volkanitleri

Koç Dağı volkanının kaldera oluşumu ile yıkılmasının ardından volkan üzerinde Erciyes ana konisi ile etrafındaki parazit koni ve akıntıları oluşturacak yeni bir volkanizma faaliyete geçmiş ve günümüzde Erciyes Dağı olarak bilinen yeni stratovolkan kurulmuştur (Türkecan vd., 1998). Erciyes volkanitleri, Kuvaterner yaşlı volkanitler ile temsil edilen bir grubu oluşturmaktadır. Bu grup içerisinde Erciyes Dağı’nı da kapsayan altı farklı volkanik ürün ayırtlanmıştır. Bu volkanitler; andezitik lav akıntıları, hiyalo andezitik domlar, piroklastikler, bazaltik lav akıntıları, dasitik-piroksen andezitik domlar ve cüruf konileridir (Keskin vd., 2010). Çoğunluk andezit ve dasit ve yer yer de bazalt ve riyodasit bileşimde olan ürünler kalk-alkalen seriye aittir (Ercan vd., 1994). Erciyes volkanitlerinde Erciyes Dağı’nın zirvesinden en genç $0,11 \pm 0,03$ my yaşı bulunmuştur (Ercan vd., 1994). Ünlü tarihçi Strabon (yaklaşık M.Ö. 40 yılı) Erciyes Dağı’nın lav, alev ve dumanlar çıkardığını belirtmiştir (Yalçınlar, 1969). Ayrıca bu belgeye ilişkin eski Roma sikkeleri üzerinde olasılıkla Erciyes’i betimleyen bir yanardağ resmi bulunmaktadır (Türkecan vd., 1998). İnceleme alanında, bazaltik ve andezitik lav akıntıları şeklinde ayırtlanan birimden sadece andezitik lav akıntıları gözlenmiştir (Ek A, Şekil 2.1).

2.1.11 Yamaç molozu (Qym)

Yamaç molozu (Qym), büyük dağ eteklerinde ve tektonik bölgelerde gözlenen çakıl ve blok boyutundaki tutturulmamış kayaç parçalarından oluşmuştur (Ek A, Şekil 2.1).

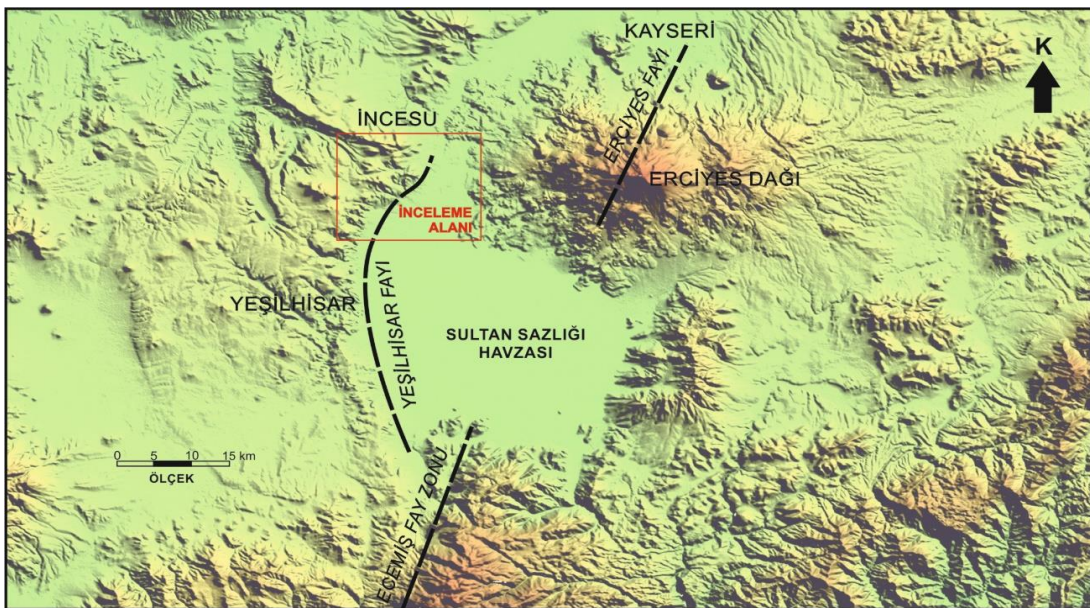
2.1.12 Eski alüvyon ve güncel alüvyon (Qeal, Qal)

Çalışma alanında eski vadi, vadi ve akarsu yatakları ve ova düzlüklerini oluşturan çakıl, kum ve kil çökelleridir (Ek A, Şekil 2.1).

2.2 Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının içinde kaldığı bölgedeki en önemli yapısal unsur, Türkiye’de neotektonik dönemin önemli elemanlarından biri olan Ecemiş Fay Zonu (EFZ)’dur. EFZ, KD-GB yönünde devam ederek, Sultan Sazlığı çek-ayır havzasını oluşturan kollara ayrılmıştır. Kollardan biri (Yeşilhisar Fayı) Yeşilhisar-İncesu’dan geçerek Sultan Sazlığı Havzası’nın batı kenarını oluştururken, diğer bir kol (Erciyes Fayı) Sultan Sazlığı boyunca devam ederek inceleme alanının doğu dış kısmında yer alan Erciyes Dağı’nın zirvesinden geçer (Ek A, Şekil 2.2).

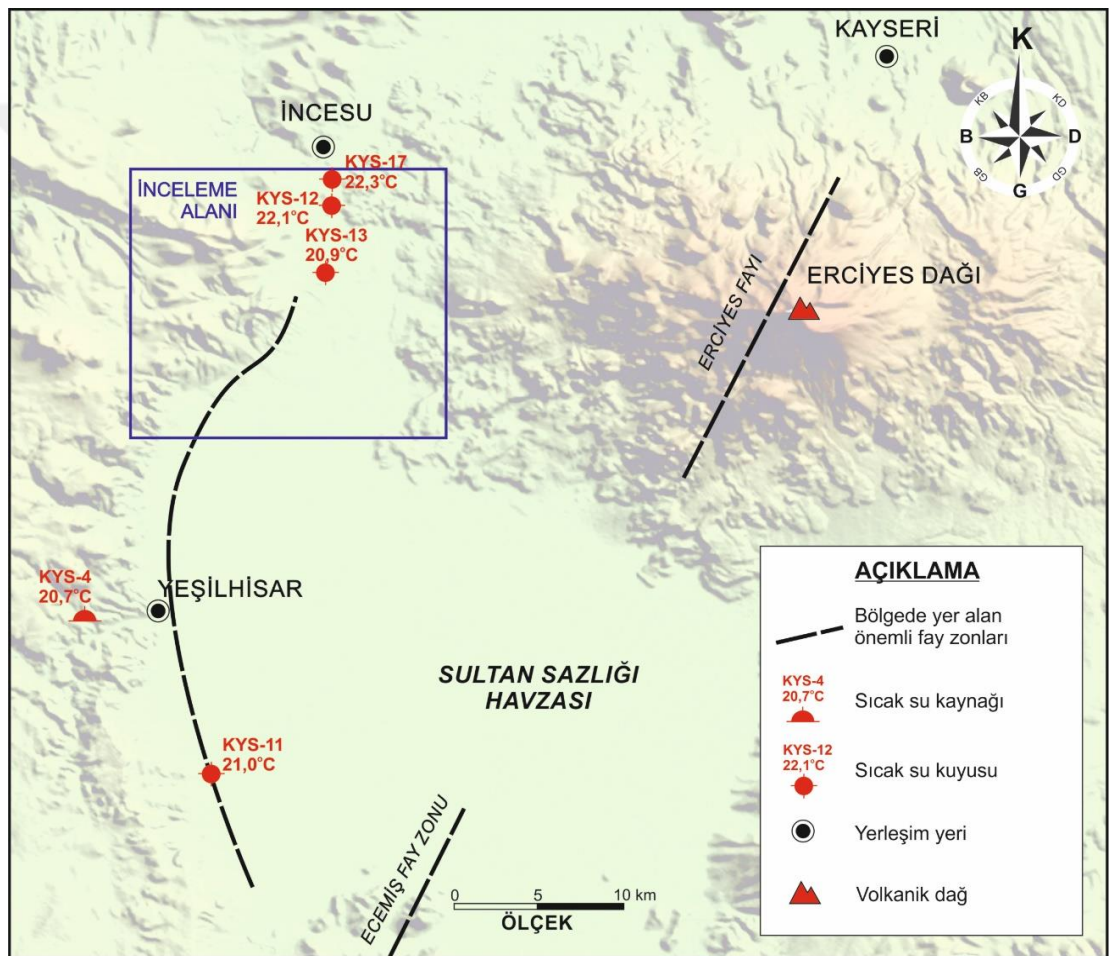
Bölgede Orta Miyosen-Kuvaterner yaş aralığında meydana gelmiş volkanik ürünler ve güney kesimlerinde Toroslara ait tektonik birlikler yer almaktadır. İnceleme alanında gözlenmemesine rağmen, Aladağ Birliği (AB), bölgedeki en üst tektonik dilimi oluşturur. Yahyalı İstifi tektonik olarak AB’nin altında yer almaktadır. Bölgedeki temel birimler yer yer Aladağ Ofiyolit Napı tarafından tektonik olarak örtülürken, inceleme alanının yakın civarında yer yer gözlenen Eosen yaşlı Orta Anadolu Granitoidleri tarafından kesilmektedir.



Şekil 2.2. İnceleme alanındaki önemli yapısal unsurlara ait uydu görüntüsü.

3. JEOTERMAL SİSTEM

Genel olarak ruhsat sahaları içinde, inceleme alanının kuzeyinde ve İncesu'nun güneyindeki alanda 20,9-22,3°C sıcaklıklara sahip iki sıcak su kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyuların dışında, inceleme alanının orta kesiminde ve Yeşilhisar'ın batısında 20,7°C sıcaklığa sahip bir sıcak su kaynağı ile Yeşilhisar'ın güneyinde 21,0°C sıcaklığa sahip bir sıcak su kuyusu bulunmaktadır (Şekil 3.1). Bu kaynak ve sondajlar, Yeşilhisar ve İncesu arasında yaklaşık K-G uzanan Yeşilhisar Fayı'nın, KB-GD faylarla kesildiği alanlarda yoğunlaşmıştır.

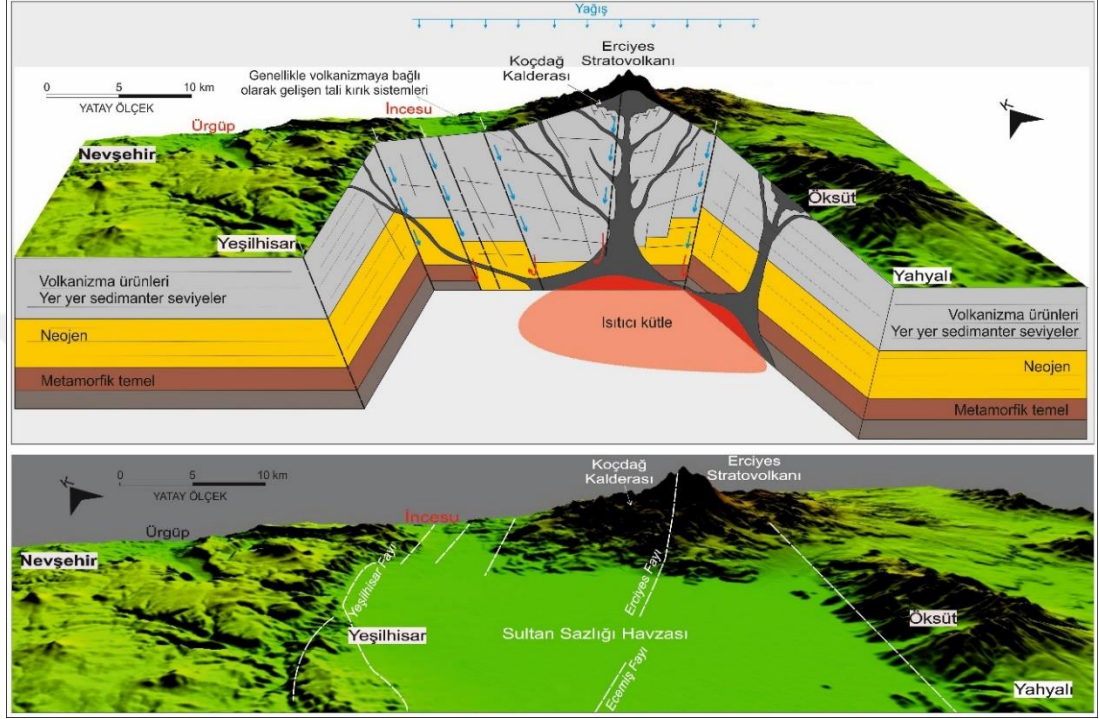


Şekil 3.1. İnceleme alanı ve yakın civarında yer alan sıcak su kaynak ve kuyularına ait bilgiler.

İnceleme alanında Eosen, Oligosen, Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökellerde yer alan sedimanter ve volkanosedimanter birimlerin örtü kayacı, stratigrafik seride altta yer alan Paleozoyik yaşlı Yellibel ve Karlığın-tepe formasyonlarına ait rekrystalize

kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve mermerlerin kırıklı, çatlaklı ve erime boşluklu seviyelerinin ise rezervuarı oluşturabileceği öngörülmüştür.

Ayrıca inceleme alanında bulunan Yeşilhisar Fay zone ve Kuvaterner volkanizmasına bağlı olarak akışkanın ısıtıldığı düşünülmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İnceleme alanına ait kavramsal model (ölçeksiz).

4. SONDAJ ÇALIŞMALARI

İnceleme alanı içerisinde yer alan AR: 38/2014-13 no.lu jeotermal kaynak arama ruhsat sahasında önceki yıllarda yapılan jeotermal etüt çalışmalarıyla belirlenen lokasyonda jeotermal akışkan üretimi amaçlı 2.753 m derinlikteki KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondajı (JAS) gerçekleştirilmiştir. Bu sondaj sonucunda kuyudan 20 l/s kompresör, 18 l/s artezyen debisinde ve 45,2 °C sıcaklıkta sıcak su üretilmiştir (Kesgin vd., 2019).

4.1 NOV-750 Mobil Sondaj Makinasının Teknik Özellikleri

KİS-2016/9 jeotermal enerji araştırma sondajında kullanılan NOV-750 mobil sondaj makinası 4^{1/2}" DP ile 2.500 m kapasitelidir. Kendinden sürüslü olup, yer seviyesine montajı yapılmaktadır (Şekil 4.1 ve 4.2).



Şekil 4.1. NOV-750 Mobil Sondaj Makinası.

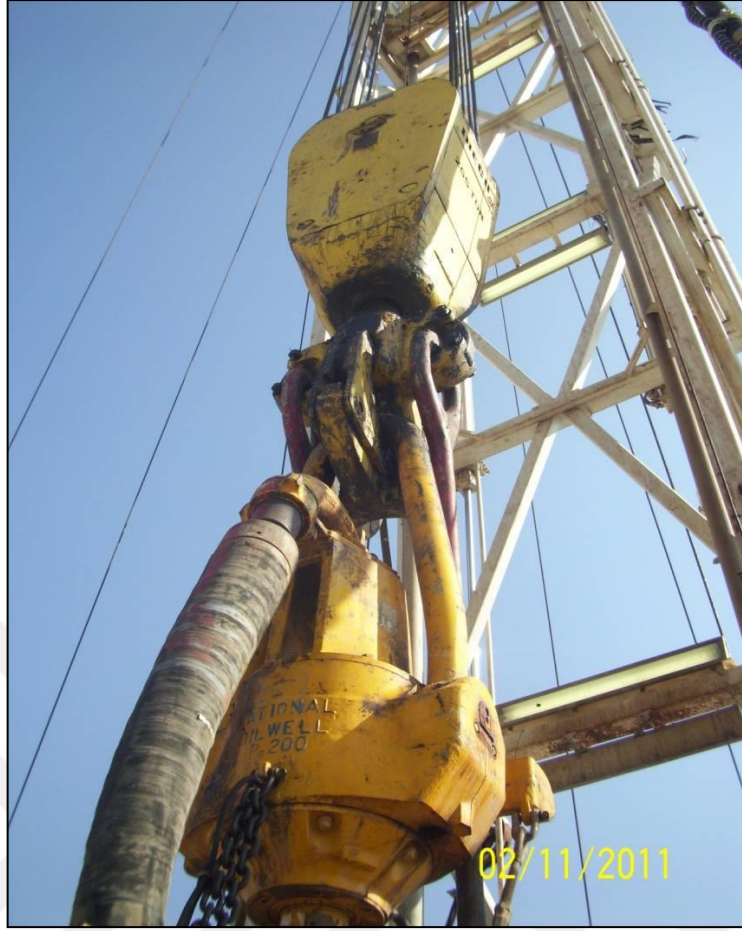
Çalışma zemini ve rotary (döner) tablası alt yapının üzerine monte edilen NOV-750 (National Oilwell Varco) mobil sondaj makinasının kanca kapasitesi 160 ton'dur. Kule dahil ağırlığı 71,6 ton olan NOV-750 sondaj makinasının yerden yüksekliği 37,00 m'dir. Makine üzerinde 27^{1/2}" rotary, 200 ton kapasiteli swivel (firdöndü) ve 700 HP çift tambur vinç (drawworks) mevcuttur (Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5).



Şekil 4.2. NOV-750 sondaj makinasına ait genel görünümü.



Şekil 4.3. Rotary (döner) masası.



Şekil 4.4. Hareketli makara ve swivel (firdöndü).



Şekil 4.5. Vinç (drawworks).

İki adet 540 HP'lik motora sahip NOV-750 sondaj makinasında yine iki adet 750 HP'lik triplex çamur pompaları bulunmaktadır. Çamur pompaları maksimum 5.000 PSI basınç ve 36 l/s debiyle çalışabilmektedir (Şekil 4.6 ve 4.7).



Şekil 4.6. Motor ve şanzuman (iki adet 540 HP, şanzuman ve tork konvertör).



Şekil 4.7. Üçlü çamur pompası.

Çamur sistemi için kullanılan 48 m³'lük 3 adet tank (toplam 146 m³) barındıran NOV-750'de birinci tank, çamur temizleme tankı olarak kullanılmakta olup 2 adet elek, 1 adet kum ayırıcı, 1 adet silt ayırıcı ve 1 adet gaz ayırıcı üzerine monte edilerek çalıştırılmaktadır. İkinci tank emme tankı, üçüncü tank ise çamur hazırlama tanklarıdır (Şekil 4.8 ve 4.9).



Şekil 4.8. Çamur tankları.



Şekil 4.9. Çamur tankları ve NOV-750 yerleşim planının kuleden çekilmiş görüntüsü.

4.2 KİS-2016/9 Jeotermal Araştırma Sondajı Kuyu Litolojisi

KİS-2016/9 jeotermal araştırma kuyusunda kesilen litolojiler aşağıda tanımlanmıştır (Şekil 4.10).

Alüvyon (Qal) (0-5m): KİS-2016/9 kuyusunda ilk birkaç metrelik toprak örtüden sonra kesilen alüvyon birimi, kum, kil ve çakıl boyutunda malzemedir.

Erciyes volkanitleri, Andezitik Lav Akıntıları (Qea) (Qea) (5-30 m): Siyahımsı gri andezit.

İncesu İgnimbiriti (Tpli) (30-210 m): Gri-siyah ignimbirit.

Kızılkaya İgnimbiriti (Tplki) (210-270 m): Gri, yeşilimsi ignimbirit.

Çataltepe Bazaltı (Tmbç) (270-560 m): Gri-siyah, altere, bazaltik lav ve piroklastikler.

Tüllüce tepedonu (Tmdt) (560-920): Gri-pembe dasit.

Tekkedağ Volkaniti (Tmat) (920-1.035): Altere andezit.

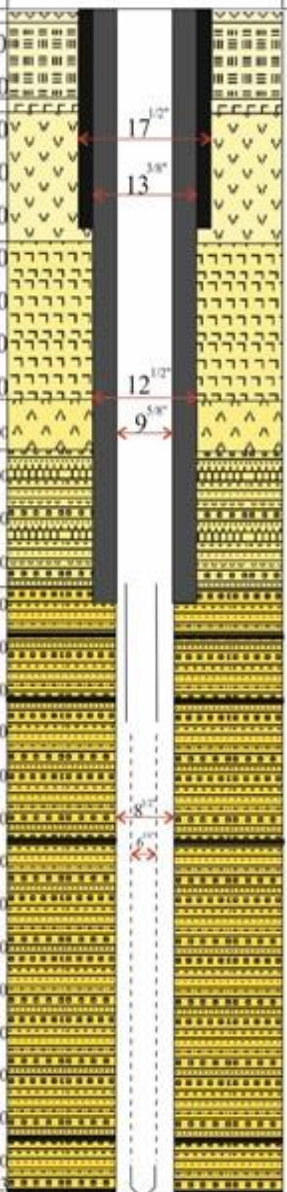
Ürgüp Formasyonu (Tmü) (1.035-1.345): Volkanik ara katlı gölsel çökeller.

Yeşilhisar Formasyonu (Tmy) (1.345-2.753): Gri, kırmızı çakıltaşı, kumtaşı ve kömür ara seviyeli kilaşı.

2.750-2.753 m'ler arasında killi kumtaşı olan karot alınmış ve ilerlemeye son verilmiştir.

4.3 KİS-2016/9 Jeotermal Araştırma Sondajı Çamur Sıcaklıkları

KİS-2016/9 JAS'da ilerleme sırasında gradyan artışını gözlemek için ölçülen çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Gradyan artışından farklı olarak, ilerleme sırasında çamura su eklenmesi, çamur ıslahı ve yeni çamur yapılması gibi nedenlerden dolayı da çamur sıcaklıklarında bazı düzensizlikler izlenebilmektedir.

		Kuyu yeri: KAYSERİ-İNCESU-SUBAŞI Kuyu Adı: KİS-2016/9 Kule Tipi: NOV-750		Serkan KARACA (Proje Başkanı Jeoloji Müh.) Ömer KESGİN (Ekip Şefi Jeoloji Müh.) Levent İLDEŞ (Hidrojeoloji Müh.) Alper YOLAL (Hidrojeoloji Müh.)					
X (yukarı): 4270450 Y (sağa) : 0692020 Z (kot) : 1.126 m		Başlama Tarihi: 09.12.2016 Bitiş Tarihi: 13.04.2017 Derinlik: 2.753 metre Sıcaklık (°C) : 45,2 Debi (l/sn.): 18 (artezyen), 20 (kompresör)		İsmail DEĞER (Kamp Şefi Maden Müh.) Hüseyin AYAZLI (Kamp Şefi Yrd Petrol Doğalgaz Müh.) Atilla DEMİRTÜRK (Maden Müh.) Ali AKAR (Maden Müh.)					
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	GRUP	FORMASYON	SİNGİLİ DERİNLİK	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR		
								Çamur Giriş (°C)	Çamur Çıkış (°C)
SENOZOYİK	NEOJEN	MİYOSEN	PLİYOSEN	KÖRÜĞÜ VOLK. BÖLÜMÜ (KÖRÜĞÜ) BÖLÜMÜ (KÖRÜĞÜ)	100		Gri, siyah renkli ignimbirit	15,2	15,6
					200		Gri, yeşilimsi, ignimbirit	22,3	23,4
					300		Gri, siyah renkli, altere,	20,4	20,8
					400		bazaltik lav ve piroklastikler	21,8	22,7
					500			25,3	26,3
					600			27,6	28,6
					700			29,3	30,4
					800		Gri-pembe renkli dasit.	28,2	29,4
					900			26,4	27,2
					1.000		Altere andezit.	28,7	29,9
					1.100				
					1.200		Volkanik ara katlı gölsel çökeltiler	27,4	28,8
					1.300			29,3	31,5
					1.400			33,8	35,4
					1.500			36,6	38,3
					1.600			39,2	41,3
					1.700			43,0	45,2
					1.800			46,4	48,2
					1.900			46,3	48,3
					2.000		Gri, kırmızı renkli çakıltı,	45,0	47,5
					2.100		kumtaşı ve kömür ara seviyeli kiltası	46,4	50,1
					2.200			41,6	44,7
					2.300			44,6	47,1
					2.400			50,5	54,0
					2.500			54,2	58,4
					2.600			56,1	62,7
					2.700			60,0	64,5
					2.753				

Şekil 4.10. KİS-2016/9 JAS kuyu bitirme logu ve donanımı.

Çizelge 4.1. KİS-2016/9 JAS’da ilerleme sırasında ölçülen çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)
0	-	-	230	16,90	17,20
5	-	-	235	17,50	17,90
10	-	-	240	17,80	18,20
15	-	-	245	18,10	18,40
20	-	-	250	18,90	19,30
25	15,00	15,30	255	19,50	19,80
30	14,00	14,40	260	20,00	20,30
35	14,00	14,30	265	20,40	20,80
40	14,50	14,70	270	20,80	21,20
45	15,20	15,50	275	21,30	21,70
50	15,80	16,10	280	21,70	22,10
55	16,00	16,20	285	23,6	24,20
60	16,00	16,30	290	23,40	24,40
65	16,10	16,40	295	21,20	21,90
70	16,80	17,10	300	22,30	23,40
75	16,80	17,20	305	21,90	22,30
80	17,50	18,10	310	23,50	24,00
85	17,70	18,20	315	23,70	24,20
90	-	-	320	23,90	24,50
95	-	-	325	23,90	24,40
100	-	-	330	-	-
105	-	-	335	16,50	17,20
110	-	-	340	18,40	19,00
115	-	-	345	19,70	20,20
120	-	-	350	21,00	21,60
125	-	-	355	21,70	22,80
130	-	-	360	22,20	23,10
135	-	-	365	19,80	21,50
140	-	-	370	19,90	20,70
145	-	-	375	19,90	20,70
150	-	-	380	19,90	20,70
155	-	-	385	20,00	20,80
160	-	-	390	20,10	20,80
165	-	-	395	20,30	20,70
170	-	-	400	20,40	20,80
175	-	-	405	20,40	20,90
180	-	-	410	20,50	20,90
185	-	-	415	20,80	21,30
190	14,00	14,20	420	20,80	21,20
195	14,80	15,10	425	20,90	21,30
200	15,20	15,60	430	21,70	22,20
205	15,30	15,60	435	21,60	22,90
210	15,50	15,90	440	22,40	23,30
215	16,00	16,30	445	22,10	23,10
220	16,10	16,30	450	22,50	23,40
225	16,20	16,50	455	22,60	23,40

Çizelge 4.1 (devam). KİS-2016/9 JAS'da ilerleme sırasında ölçülen çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)
460	22,60	23,50	685	26,10	27,20
465	22,80	23,70	690	26,20	27,60
470	22,80	23,70	695	27,00	28,60
475	22,90	23,80	700	27,60	28,60
480	20,10	20,80	705	28,00	29,00
485	21,00	21,70	710	28,30	29,50
490	21,30	21,90	715	28,90	30,00
495	21,60	22,30	720	29,50	30,50
500	21,80	22,70	725	29,00	29,90
505	22,00	23,20	730	29,20	29,90
510	22,10	23,30	735	29,20	30,00
515	22,40	23,10	740	29,20	30,20
520	24,10	24,90	745	29,30	30,10
525	24,30	25,20	750	29,50	30,40
530	19,80	20,90	755	29,40	30,20
535	21,10	22,00	760	29,40	30,30
540	21,60	22,50	765	29,40	30,40
545	22,00	22,90	770	29,30	30,60
550	22,40	23,50	775	29,20	30,30
555	22,50	23,60	780	29,10	30,20
560	23,00	24,00	785	29,30	30,20
565	23,70	24,80	790	29,00	30,00
570	23,60	24,80	795	29,20	30,10
575	24,20	25,10	800	29,30	30,40
580	24,60	25,80	805	26,20	27,30
585	25,20	26,10	810	26,60	27,40
590	25,30	26,30	815	27,00	28,10
595	25,30	26,20	820	22,20	27,70
600	25,30	26,30	825	26,30	27,90
605	25,40	26,50	830	26,40	28,00
610	25,70	26,70	835	26,70	28,40
615	25,90	26,70	840	26,90	28,70
620	26,20	26,90	845	24,80	25,70
625	26,40	26,90	850	25,40	26,50
630	26,20	27,00	855	25,90	26,90
635	26,20	26,90	860	26,20	27,50
640	26,30	27,10	865	26,90	28,10
645	26,30	27,10	870	27,80	28,90
650	26,20	27,00	875	28,10	29,30
655	26,10	26,90	880	27,90	29,20
660	26,00	26,90	885	28,50	29,50
665	25,80	26,70	890	28,50	29,50
670	25,70	26,70	895	28,70	29,60
675	25,90	26,80	900	28,20	29,40
680	26,00	26,90	905	28,80	29,80

Çizelge 4.1 (devam). KİS-2016/9 JAS'da ilerleme sırasında ölçülen çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)
910	29,20	30,30	1.140	29,60	30,50
915	29,60	30,50	1.145	27,40	28,10
920	29,80	30,70	1.150	27,60	28,60
925	30,00	31,10	1.155	24,40	25,00
930	25,90	27,40	1.160	24,50	25,30
935	-	-	1.165	-	-
940	27,90	29,00	1.170	-	-
945	28,10	29,30	1.175	20,80	23,10
950	28,60	29,70	1.180	-	-
955	28,80	30,40	1.185	-	-
960	29,30	30,60	1.190	-	-
965	29,30	30,40	1.195	-	-
970	30,90	32,30	1.200	-	-
975	29,00	30,20	1.205	-	-
980	26,20	27,10	1.210	-	-
985	26,50	27,50	1.215	-	-
990	25,20	26,40	1.220	-	-
995	27,20	28,40	1.225	-	-
1.000	26,40	27,20	1.230	28,60	30,30
1.005	26,70	27,50	1.235	29,40	31,00
1.010	26,90	27,70	1.240	30,60	32,00
1.015	27,40	28,20	1.245	30,30	31,70
1.020	27,40	28,40	1.250	-	-
1.025	28,00	28,90	1.255	20,50	26,20
1.030	28,10	29,00	1.260	22,40	26,50
1.035	25,00	26,30	1.265	24,90	27,30
1.040	26,40	27,50	1.270	25,00	27,50
1.045	26,90	27,60	1.275	25,20	27,90
1.050	25,10	26,00	1.280	25,30	28,00
1.055	25,50	26,20	1.285	25,90	28,50
1.060	26,00	27,10	1.290	25,50	28,00
1.065	26,80	27,80	1.295	26,00	28,50
1.070	27,40	28,00	1.300	27,40	28,80
1.075	27,60	28,10	1.305	27,60	29,00
1.080	28,20	28,90	1.310	27,50	29,10
1.085	27,00	29,40	1.315	24,20	25,80
1.090	26,70	27,60	1.320	25,00	26,70
1.095	27,90	29,10	1.325	25,50	27,40
1.100	28,70	29,90	1.330	25,60	27,10
1.105	29,50	30,30	1.335	25,60	27,00
1.110	29,60	30,50	1.340	25,70	27,10
1.115	29,90	31,00	1.345	26,10	27,40
1.120	30,50	31,40	1.350	26,30	27,50
1.125	30,90	31,80	1.355	26,40	27,90
1.130	28,70	29,60	1.360	26,80	28,20
1.135	29,40	30,20	1.365	27,00	28,50

Çizelge 4.1 (devam). KİS-2016/9 JAS'da ilerleme sırasında ölçülen çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)
1.370	27,20	29,00	1.595	36,50	38,30
1.375	27,30	29,40	1.600	36,60	38,30
1.380	27,30	29,70	1.605	37,00	38,60
1.385	27,70	29,90	1.610	37,00	38,70
1.390	28,50	31,00	1.615	37,00	38,50
1.395	28,50	30,80	1.620	37,10	39,30
1.400	29,30	31,50	1.625	37,00	39,60
1.405	18,20	24,70	1.630	37,10	39,70
1.410	19,40	25,80	1.635	38,60	40,20
1.415	21,20	27,30	1.640	38,30	40,10
1.420	23,00	28,00	1.645	37,80	40,30
1.425	24,50	28,50	1.650	34,70	38,70
1.430	25,70	29,20	1.655	38,20	39,30
1.435	26,80	30,30	1.660	38,20	40,30
1.440	29,30	31,20	1.665	38,20	40,30
1.445	29,60	32,40	1.670	39,30	40,90
1.450	30,50	33,70	1.675	40,00	41,80
1.455	30,80	33,00	1.680	40,00	41,80
1.460	31,00	33,20	1.685	40,00	41,80
1.465	30,50	32,80	1.690	39,80	41,50
1.470	30,40	32,50	1.695	39,10	41,10
1.475	30,20	32,30	1.700	39,20	41,30
1.480	30,50	32,70	1.705	40,00	41,20
1.485	31,20	33,20	1.710	40,50	41,30
1.490	32,20	34,20	1.715	41,00	42,00
1.495	33,60	35,20	1.720	41,00	43,00
1.500	33,80	35,40	1.725	38,20	40,00
1.505	33,20	34,90	1.730	38,20	39,70
1.510	33,40	35,00	1.735	38,30	40,00
1.515	33,50	35,00	1.740	38,20	41,00
1.520	33,60	35,20	1.745	38,30	41,30
1.525	33,60	35,20	1.750	39,00	41,30
1.530	35,20	36,80	1.755	39,60	41,40
1.535	35,60	37,60	1.760	39,70	41,20
1.540	36,50	38,00	1.765	40,00	41,40
1.545	36,50	38,00	1.770	40,10	41,50
1.550	36,00	37,30	1.775	40,00	41,20
1.555	35,00	36,50	1.780	40,40	42,40
1.560	35,00	36,50	1.785	41,00	43,10
1.565	35,00	36,50	1.790	42,30	44,50
1.570	35,00	36,50	1.795	42,50	44,90
1.575	35,00	36,50	1.800	43,00	45,20
1.580	36,20	38,40	1.805	43,50	45,70
1.585	36,80	39,00	1.810	43,90	45,90
1.590	36,80	39,80	1.815	44,10	46,00

Çizelge 4.1 (devam). KİS-2016/9 JAS'da ilerleme sırasında ölçülen çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)
1.820	44,30	46,30	2.045	43,00	45,20
1.825	44,20	45,50	2.050	34,00	37,30
1.830	44,10	45,50	2.055	38,20	41,20
1.835	44,90	47,00	2.060	40,50	42,70
1.840	46,00	47,40	2.065	40,80	42,90
1.845	47,00	48,30	2.070	41,00	43,00
1.850	46,90	49,00	2.075	41,60	43,50
1.855	47,30	48,60	2.080	42,10	44,00
1.860	47,00	48,50	2.085	42,50	44,70
1.865	42,10	43,20	2.090	43,30	45,60
1.870	43,00	44,50	2.095	44,20	46,70
1.875	43,50	45,50	2.100	45,00	47,50
1.880	43,60	45,20	2.105	45,20	47,20
1.885	44,30	46,40	2.110	45,10	47,80
1.890	45,30	47,30	2.115	46,60	49,30
1.895	46,20	48,00	2.120	46,30	49,60
1.900	46,40	48,20	2.125	46,10	49,00
1.905	46,90	48,90	2.130	46,30	49,80
1.910	47,00	48,90	2.135	46,20	49,10
1.915	46,50	48,50	2.140	47,20	50,00
1.920	46,30	48,60	2.145	48,00	51,00
1.925	46,00	48,10	2.150	48,20	51,20
1.930	46,60	48,40	2.155	48,50	51,30
1.935	45,30	47,10	2.160	49,30	52,40
1.940	46,10	47,80	2.165	49,60	52,50
1.945	46,80	48,40	2.170	49,30	51,70
1.950	47,00	48,60	2.175	49,40	51,70
1.955	47,10	48,80	2.180	49,60	52,00
1.960	48,20	49,80	2.185	45,20	48,00
1.965	48,00	49,70	2.190	46,00	49,30
1.970	47,20	48,50	2.195	46,20	49,50
1.975	47,20	49,00	2.200	46,40	50,10
1.980	47,70	49,70	2.205	46,70	49,80
1.985	46,00	48,10	2.210	47,20	49,30
1.990	46,40	48,30	2.215	49,70	53,00
1.995	46,10	47,90	2.220	49,90	53,10
2.000	46,30	48,30	2.225	49,00	51,50
2.005	46,50	48,90	2.230	49,50	52,50
2.010	46,30	49,10	2.235	50,20	53,00
2.015	45,90	48,80	2.240	49,70	52,00
2.020	46,00	47,20	2.245	49,80	52,50
2.025	46,60	49,00	2.250	50,00	52,50
2.030	46,90	48,50	2.255	49,70	51,50
2.035	47,00	48,50	2.260	49,90	51,60
2.040	47,20	48,70	2.265	49,90	52,00

Çizelge 4.1 (devam). KİS-2016/9 JAS'da ilerleme sırasında ölçülen çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)
2.270	38,00	40,00	2.495	51,90	55,50
2.275	38,50	40,10	2.500	50,50	54,00
2.280	38,70	41,00	2.505	50,80	54,30
2.285	36,60	42,00	2.510	50,90	54,50
2.290	39,00	42,00	2.515	50,60	54,40
2.295	40,00	43,00	2.520	50,90	54,70
2.300	41,60	44,70	2.525	51,20	55,00
2.305	43,00	45,40	2.530	51,50	55,00
2.310	43,40	46,00	2.535	49,40	53,10
2.315	43,80	46,40	2.540	49,10	52,40
2.320	44,10	46,90	2.545	51,00	54,00
2.325	44,50	47,30	2.550	51,30	54,90
2.330	44,90	47,80	2.555	51,00	54,60
2.335	45,20	48,00	2.560	49,70	53,80
2.340	45,40	48,10	2.565	51,20	56,00
2.345	46,10	48,50	2.570	53,30	56,50
2.350	45,80	48,60	2.575	54,50	57,00
2.355	45,20	48,80	2.580	50,10	54,00
2.360	46,10	49,10	2.585	52,30	55,20
2.365	47,80	51,80	2.590	55,20	56,50
2.370	47,80	52,00	2.595	54,30	58,10
2.375	47,90	51,80	2.600	54,20	58,40
2.380	48,00	51,30	2.605	54,50	58,50
2.385	41,00	45,50	2.610	54,70	58,60
2.390	42,00	45,40	2.615	50,80	54,90
2.395	42,40	46,00	2.620	49,00	54,50
2.400	44,60	47,10	2.625	50,10	53,60
2.405	44,80	47,40	2.630	51,00	54,00
2.410	45,00	46,20	2.635	49,80	54,20
2.415	45,10	46,80	2.640	51,20	54,60
2.420	45,50	46,90	2.645	51,30	55,40
2.425	45,80	47,00	2.650	51,20	57,30
2.430	47,50	50,10	2.655	51,80	57,70
2.435	49,70	51,80	2.660	49,80	59,50
2.440	49,80	52,80	2.665	51,40	59,50
2.445	50,70	54,40	2.670	53,10	59,70
2.450	50,80	54,60	2.675	54,30	60,10
2.455	51,00	54,80	2.680	54,50	60,50
2.460	51,10	55,00	2.685	54,90	60,90
2.465	51,20	55,20	2.690	55,50	61,00
2.470	51,50	55,50	2.695	56,00	62,00
2.475	51,70	55,90	2.700	56,10	62,70
2.480	51,60	53,80	2.705	56,50	63,50
2.485	52,10	54,90	2.710	57,20	64,00
2.490	53,00	56,20	2.715	59,70	64,80

Çizelge 4.1 (devam). KİS-2016/9 JAS'da ilerleme sırasında ölçülen çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)
2.720	63,70	66,30	2.740	59,20	64,00
2.725	63,70	66,80	2.745	60,10	64,50
2.730	63,80	67,00	2.750	60,00	64,50
2.735	58,10	63,10			

4.4 KİS-2016/9 JAS Çamur Kaçak Zonları

KİS-2016/6 JAS'da kısmî ve tam kaçaklar gözlenmiştir. Kuyuda 34 m'den 190 m'ye kadar zaman zaman tam kaçak yaşanmıştır. 75 m'den 1,70 yoğunluklu 15 m³ çimento şerbeti ile tapa çimento yapılmıştır. Prizlenme sonucunda 94-188 m'ler arasında çimento kesilmiş kaçağın devam ettiği görülünce 94 m'den 1,70 yoğunluklu 19 m³ çimento şerbeti ile tekrar tapa çimento yapılmıştır. 365 m'de yine tam kaçak yaşanmış, 26 m³ tapa çimento yapılmıştır. Çimento kesiminden sonra 365-520 m'ler arası kısmî çamur kaçağı yaşanarak ilerleme yapılmıştır. Bu ilerleme sırasında toplam 120 m³ çamur kaçağı olmuştur. 800-1.110 m'ler arasında toplam 250 m³ kısmi çamur kaçağı ile ilerleme yapılmıştır. 1.182 m'de yine tam kaçak yaşanmış, 1,64 yoğunluklu 32 m³ çimento şerbeti ile tapa çimento yapılmıştır.

Kuyuda 2.140-2.600 m'ler arasında toplam 22 m³ kısmî çamur kaçağı yaşanmıştır.

4.5 Kuyu İçi Jeofizik Log Ölçümleri ve Yorumu

Kuyu ölçüleri, 20. Yüzyılın başlarından itibaren, petrol aramalarındaki gereksinim sonucu ortaya çıkan jeofizik yöntemler topluluğudur. Bu yöntemler, daha sonra gaz, kömür ve yeraltı suyu aramalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Kuyu ölçülerinde amaç, formasyonların petrofizik özelliklerini ortaya koymaktır (Pekiner, 2002).

Petrol, doğalgaz, su, sıcak su ve maden arama, köprü ve baraj yapımı, çevre koruma, zemin etüdü, depremsellik araştırma ve jeolojik bilgi toplama veya hangi sebeple açılmış olursa olsun, bir kuyudan bilgi toplamanın ve bu bilgileri saklayabilmenin en önemli yollarından biri kuyu loglarıdır. Açılan kuyunun geçtiği formasyonların petrofizik özelliklerinin (yoğunluk, eğim, eğim yönü, gözeneklilik, geçirgenlik, suyla veya petrolle doygunluk, doku, basınç vs.) sürekli ve doğal koşullarında kaydı kuyu

loglarıyla yapılır. Bu kayıtlar, yeraltının değerlendirilerek yer altı zenginliklerinin ortaya çıkarılmasını ve ilerideki kuşaklara yeraltıyla ilgili bilgi aktarmasını sağlar.

KİS-2016/9 JAS'ın fiziki durum ve karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla rezistivite-SP ve termik logların alınmasının uygun olacağına karar verilmiş ve 2.750 m'den kuyu içi log alım çalışmalarına başlanılmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Jeofizik kuyu içi log ekipmanları.

4.5.1 KİS-2016/9 JAS kuyu içi jeofizik log ölçümleri ve yorumu

KİS-2016/9 JAS'da kuyu taban derinliği 1.400 m ve 2.750 m seviyelerinde, kuyuda jeotermal anlamda değerlendirmenin yapılabilmesi amacıyla MTA Genel Müdürlüğü Jeofizik Etütleri Dairesi Kuyu Ölçüleri Birimi personeli tarafından kuyu içi jeofizik log ölçümleri alınmıştır.

Kuyu taban derinliği 1.400 m iken iki kez termik (termik 1, 2), rezistivite ve SP kuyu içi jeofizik log ölçümleri alınmıştır. Çamur dolaşımının kesilmesinden 15 saat sonra alınan termik-1 ölçüsüne göre kuyu tabanında ilk olarak 52,14 °C, 5 dakika bekleme ile 53 °C, 10 dakika bekleme ile 53,30 °C ve 15 dakika bekleme ile 53,60 °C sıcaklıklar ölçülmüştür. Çamur dolaşımının kesilmesinden 42 saat sonraki termik-2 ölçüsüne göre ise kuyu tabanında ilk olarak 59,90 °C sıcaklık, 5 dakika bekleme ile 61 °C, 10 dakika

bekleme ile 61,50 °C ve 15 dakika bekleme ile 61,80 °C sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır. Rezistivite-SP ölçülerine göre yaklaşık 950-1.240 m’ler arasında düşük ve değişken öz direnç değerleri ile yüksek iletken seviyelerin belirgin şekilde görülmesi, kaçak seviyelerin varlığını doğrulamıştır.

Kuyu taban derinliği 2.750 m iken iki kez termik (termik 1, 2), gama ışını, nötron, yoğunluk, kaliper ve rezistivite kuyu içi jeofizik log ölçüleri alınmıştır. Çamur dolaşımının kesilmesinden 9,5 saat sonra alınan termik-1 ölçüsünde 2.666 m’ye kadar artan sıcaklık (94,30 °C), tabana doğru düşmeye başlamıştır. Kuyu tabanında ilk olarak 89,50 °C, 5 dakika bekleme ile 88,10 °C, 10 dakika bekleme ile 87,50 °C, 15 dakika bekleme ile 87,20 °C sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Çamur dolaşımının kesilmesinden 37 saat sonra termik-2 ölçüsünde 2.660 m’ye kadar artan sıcaklık (101,90 °C), tabana doğru düşmeye başlamıştır. Kuyu tabanında ilk olarak 100,20 °C sıcaklık değeri okunmuş, 5 dakika bekleme ile 99,40 °C, 10 dakika bekleme ile 98,80 °C, 15 dakika bekleme ile 98,6 °C sıcaklık değerleri ölçülmüştür.

4.6 KİS-2016/9 JAS Kuyu Donanımı

KİS-2016/9 JAS kuyusunda, 0-519,40 m’ler arası 171/2’’ çaplı matkapla, 519,40-1.400 m’ler arası 121/4’’ çaplı matkapla, 1.400-2.750 m’ler arası ise 81/2’’ çaplı matkapla ilerlenmiş ve kuyu 2.750-2.753 m’ler arasında karot alınarak tamamlanmıştır.

KİS-2016/9 JAS kuyusunda istenmeyen akışkan girişini önlemek, ilerleme emniyetini ve kuyuda üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla kuyuya indirilen yüzey muhafaza borusu, ara muhafaza borusu ve üretim boruları ile ilgili bilgiler ve indirildiği seviyeler ayrıntılı olarak Şekil 4.12’de verilmiştir.

Yüzey Muhafaza Borusu: Litostatik basınca bağlı olarak üst seviyelerdeki gevşek malzemenin kuyu içinde yıkıntı yapmasını ve bu zondaki yüzey sularının ve düşük sıcaklıklı suların kuyu içine girişini önlemek amacıyla 0-511,15 m’ler arasına 133/8’’çaplı, dikişli, yerli imalat, kapalı muhafaza borusu inilmiş ve 1,66 gr/cm³ yoğunluğunda, 58 m³ çimento şerbeti ile boru arkası çimentolanmıştır.

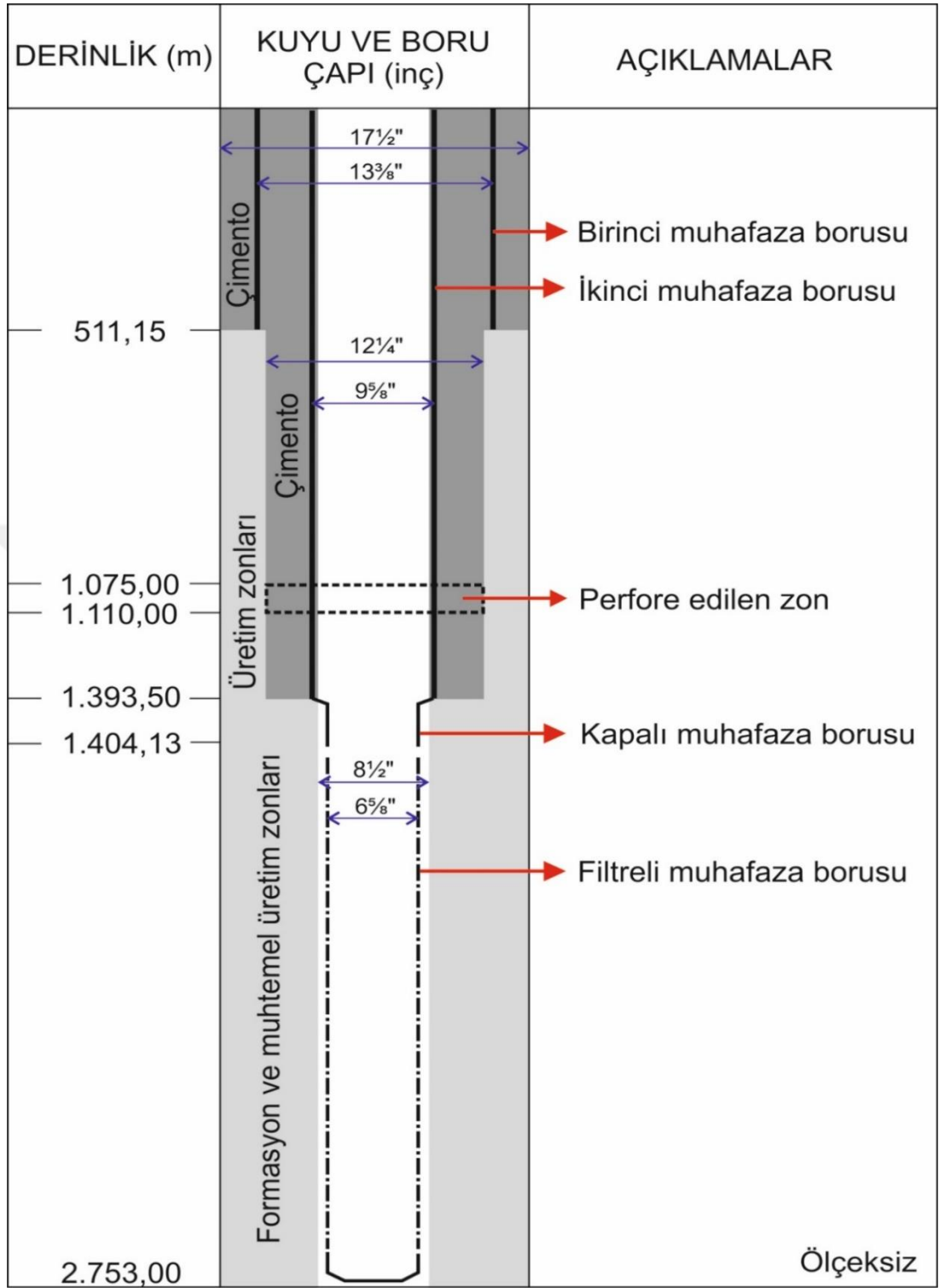
Ara Muhafaza Borusu: İstenmeyen akışkanın kuyuya girişinin önlenmesi, üretim seviyesinin üzerinde yıkıntı yapabilecek seviyelerin, dolayısıyla kuyunun ve üretimin

sürdürülebilirliğinin emniyete alınması, üretim yapacak akışkanın yüzeye ulaşmasında güzergah görevi görmesi, kuyuda ve üretim zonunda kirlenmenin önlenmesi amacıyla kullanılan 95/8” çaplı muhafaza boruları, 0-1393,50 m’ler arasına indirilmiş ve 1,65 gr/cm³ yoğunluğunda, 58 m³ çimento şerbeti ile boru arkası çimentolanmıştır.

Üretim Borusu: KİS-2016/9 JAS kuyusunun teçhizi 1.378,06-2.753 m’ler arasına 6 5/8” filtreli ve kapalı borular liner (astar) olarak indirilmek suretiyle gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. KİS-2016/09 no’lu jeotermal araştırma sondajında kapalı ve filtreli boru seviyeleri.

Kuyu Çapı (inç)	Derinlik (m)	BoruÇapı (inç)	Boru Özellikleri	Derinlik(m)
17 1/2 “	519,40	13 3/8“	K-55-54,50 lb/ft	0,00 – 511,15
12 1/4 “	1.400,00	9 5/8 “	L 80 43,5 lb/ft	0,00 – 1.393,50
8 1/2 “	2.750	6 5/8	Kapalı boru	1.378,06 – 1.404,13
			Filtreli boru	1.404,13 – 1.505,45
			Kapalı boru	1.505,45 – 1.518,06
			Filtreli boru	1.518,06 – 1.682,25
			Kapalı boru	1.682,25 – 1.694,86
			Filtreli boru	1.694,86 – 1.720,24
			Kapalı boru	1.720,24 – 1.732,85
			Filtreli boru	1.732,85 – 1.821,32
			Kapalı boru	1.821,32 – 1.833,92
			Filtreli boru	1.833,92 – 1.960,26
			Kapalı boru	1.960,26 – 1.972,86
			Filtreli boru	1.972,86 – 2.073,38
			Kapalı boru	2.073,38 – 2.086,13
			Filtreli boru	2.086,13 – 2.523,95
			Kapalı boru	2.523,95 – 2.536,70
			Filtreli boru	2.536,70 – 2.727,18
			Kapalı boru	2.727,18 – 2.753,00



Şekil 4.12. Kuyuda gerçekleştirilen teçhiz planı.

4.7 KİS-2016/9 JAS Kuyu Geliştirme ve Üretim Çalışmaları

KİS-2016/9 JAS kuyusu, kuyu takibi ve kuyu içi jeofizik log ölçümlerinde elde edilen veriler ışığında teçhiz edildikten sonra kompresörle üretim çalışmaları yapılmıştır (Şekil 4.13). 400 m'den itibaren yapılan kompresör uygulamasında 0,5 l/s ve 35 °C

sıcaklıkta akışkan elde edilmiştir. Akabinde üretimin durdurulmasından sonra kuyu deneylerine başlanmıştır. Deneylerde NOV-750 sondaj makinesinin D-750L üçlü çamur pompaları kullanılmıştır. Kuyuya basılan suyun debilerinin hesabında 6” gömlek çapında 10,78 litre/strk değeri esas alınmıştır.



Şekil 4.13. Kompresör.

4.7.1 Birinci asitleme çalışmaları

Yapılan su kaybı deneyinde 1.600 psi’da KİS-2016/9 JAS kuyusunun su almadığı saptanmıştır. Bu test sonucunun olumsuz olmasına rağmen kuyuya 20 m³ %30’luk HCl asit basılarak operasyon gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.14). Asitleme sonrasında yapılan su kaybı deneyinde 1.500 psi’da kuyunun yine su almadığı görülmüştür. Kompresör ile değişik seviyelerde yapılan üretim çalışmalarında debide herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Tüm bu çalışmaların sonucunda, özel bir firma ile anlaşarak Booster (kompresör) ile tabandan kuyu canlandırılmaya çalışılmıştır. Bu uygulamaya rağmen kuyudan yine su alınamamış ve üretim değerleri gerçekleşmemiştir.



Şekil 4.14. Asit tankları.

4.7.2 Perforasyon (delik açma) çalışmaları

KİS-2016/9 JAS kuyusunda, üst seviyelerde olduğu bilinen kaçak seviyelerinin boru arkasında olmasından dolayı, 1.075-1.110 m seviyelerinin perfore edilerek (delinerek) üretime açılmasına karar verilmiştir.

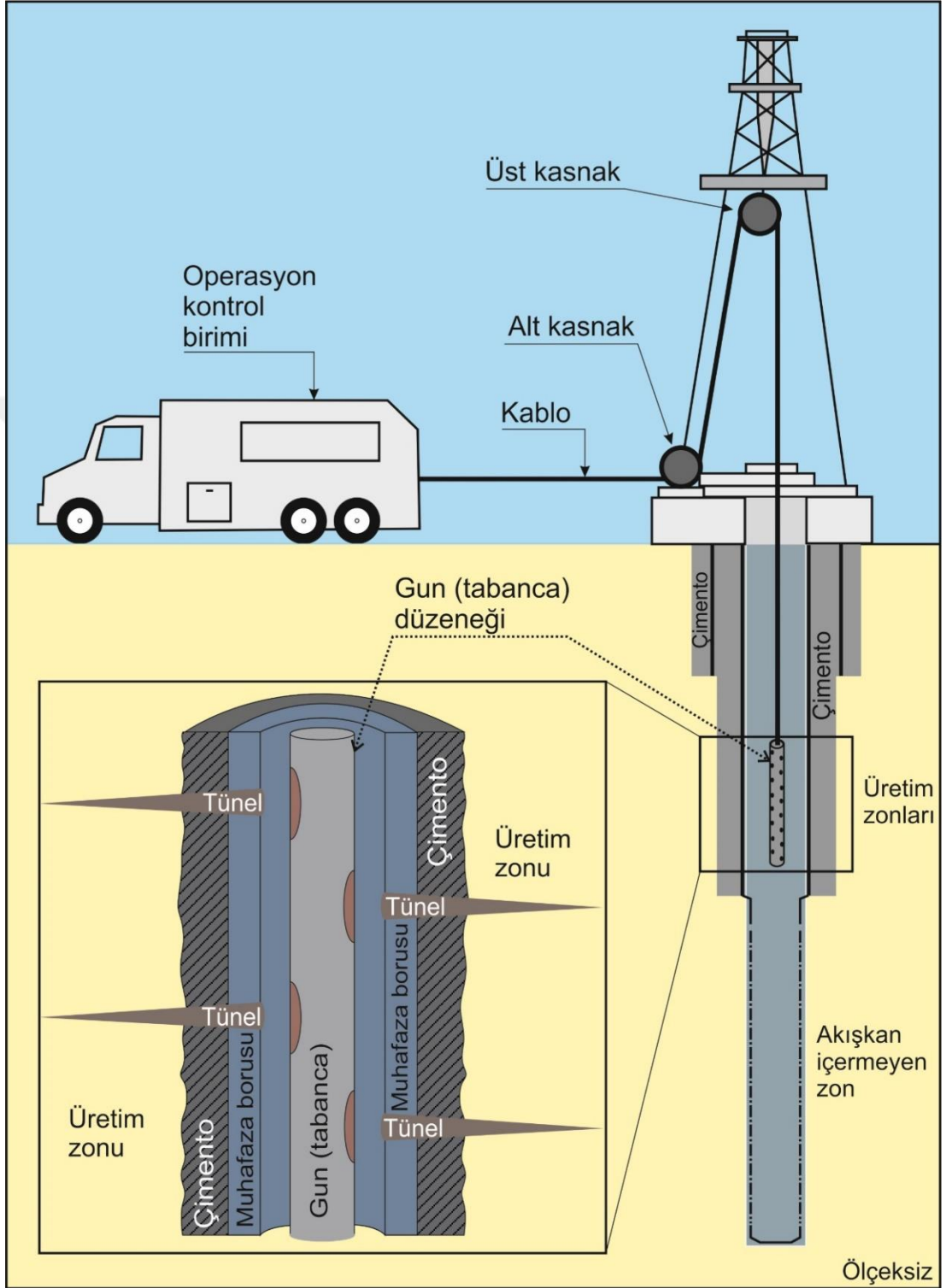
4.7.2.1 Perforasyonun tanımı

Kuyu, açılıp koruma borusunun indirilmesinden sonra çimentolanmaktadır. Perfore (muhafaza borularını mermi ile delme) işleminin amacı, etrafı koruma borusu ve çimentoyla çevrilmiş kuyu içi ile rezervuar arasında etkin bir bağlantı sağlamaktır. Bu amaçla kullanılan perfore mermileri muhafaza borusunu, çimentoyu ve bir miktar da formasyonu (akışkanlı zon) delerek, üretim zonundan kuyuya akışı sağlar (Pekiner, 2015) (Şekil 4.15).

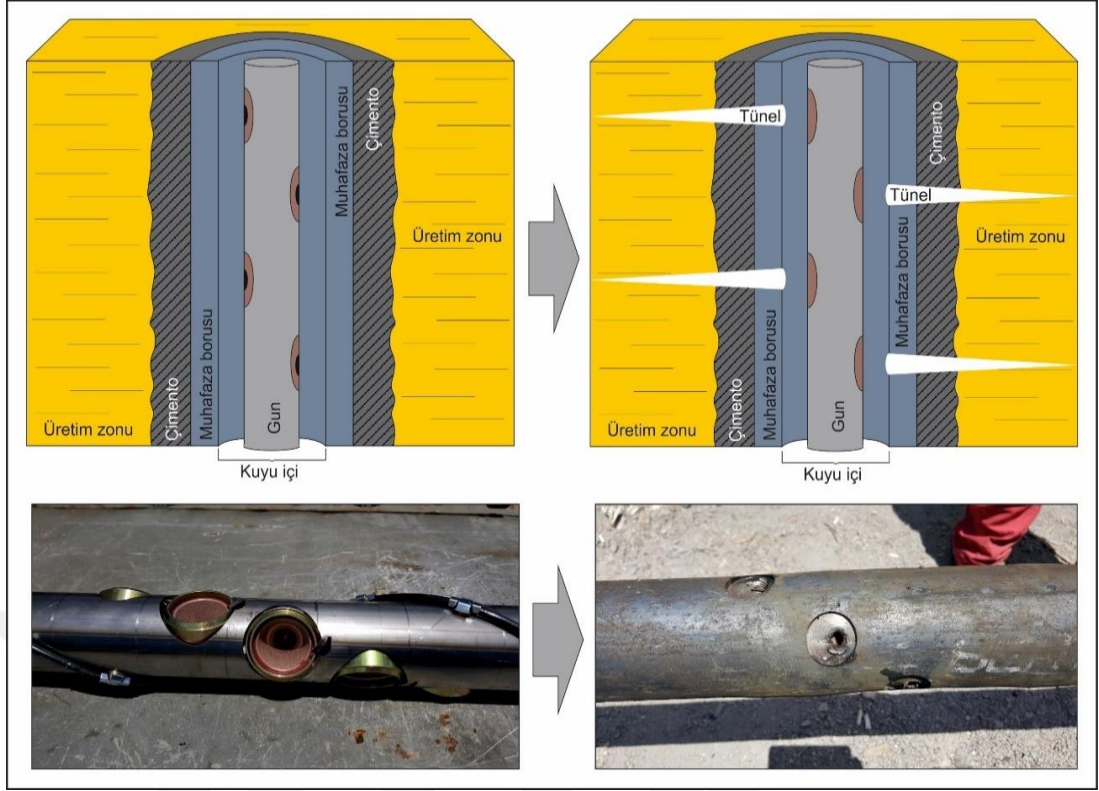
Perforasyon kuyu içine indirilen ve üzerinde konik biçimli mermi yuvaları bulunan silindirik şeklindeki bir tabanca ile yapılır (Şekil 4.16). Kapsüllerin ateşlenmesi yüzeyde (kuyu başında) bulunan elektriksel kontrol sistemi ile sağlanır (Gatlin, 1960).

Perfore edilecek (delik açılacak) seviyelerin belirlenmesi için kuyudan öncelikle CBL-VDL log alımı işlemi gerçekleştirilmektedir (Şekil 4.17). Kuyu hakkında bilgi

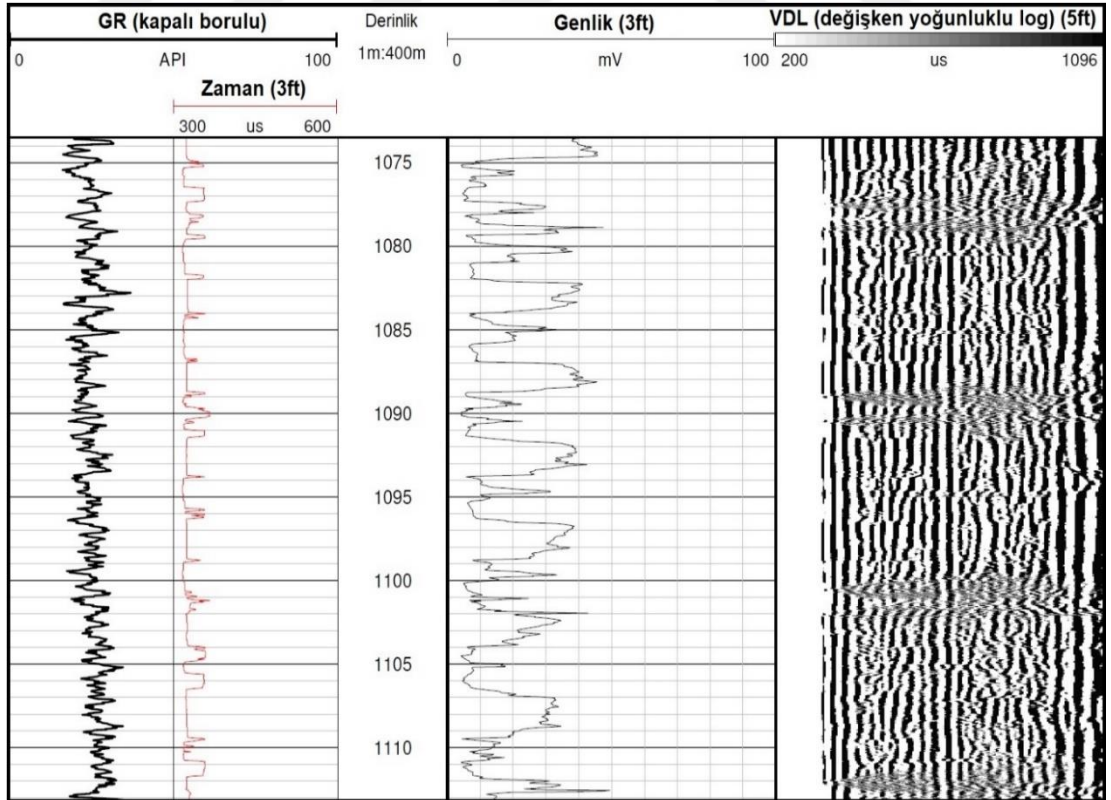
sağlayan bu kuyu logu yardımıyla tabancanın kuyunun içinde hangi seviyeye konumlandırılacağı belirlenmektedir (Clegg, 2007).



Şekil 4.15. Perforasyon (delik açma) işlem süreci ve ekipmanları.



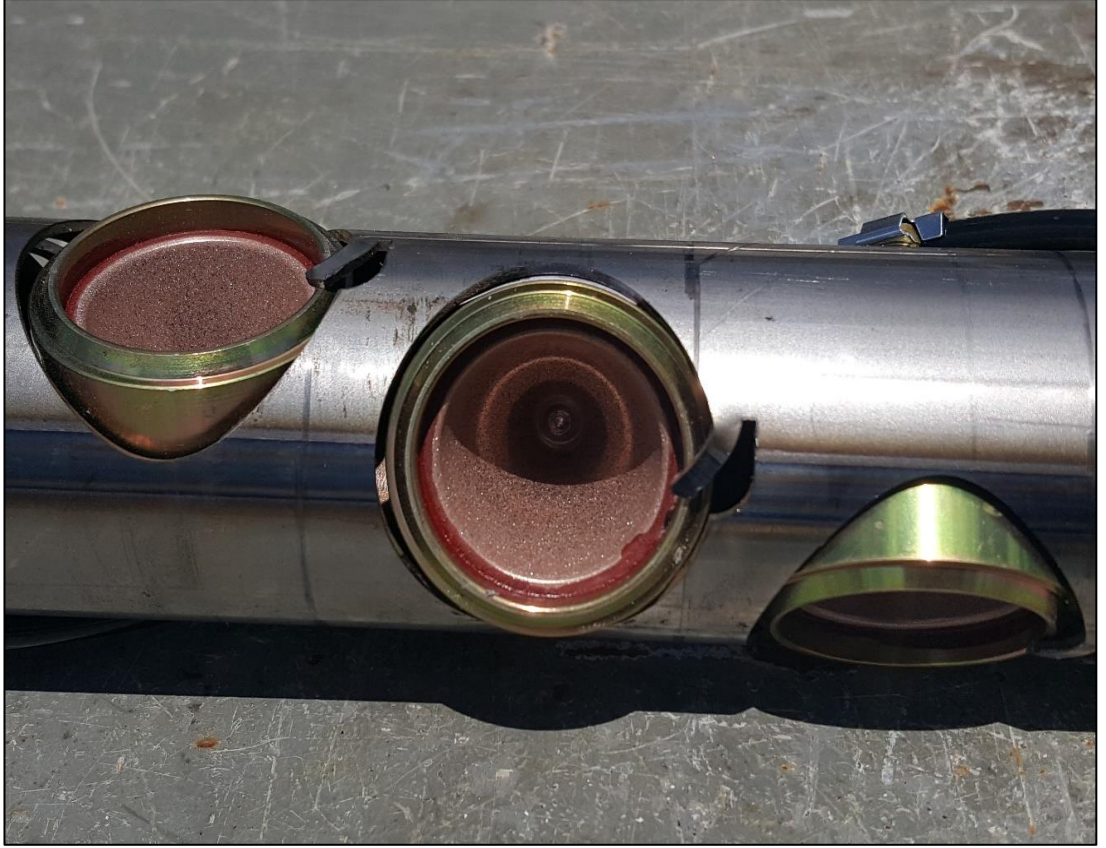
Şekil 4.16. Perforasyon işlemine ait genelleştirilmiş kesit (operasyon öncesi ve sonrası).



Şekil 4.17. Perforasyon öncesi çimento durumunu gösterir örnek log.

Delik açma işlemine etki eden faktörlerin başında, üretim yapılacak formasyonun/zonun özellikleri, kuyudaki akışkan tipi ve miktarı gelmektedir. Delik açılacak yerdeki boru çapı ve tabanca içerisine yerleştirilen mermi sayısı akışkan miktarı açısından önemli rol oynamaktadır. Sayı arttıkça mermi çapı küçülecek dolayısıyla mermi içerisine yerleştirilecek patlayıcı azalacak ve sonuçta penetrasyon azalacaktır. Bu nedenle çeşitli çaplarda ve çeşitli mermi sayılarında perfore çeşitleri mevcuttur (Şekil 4.18).

Perforasyon operasyonunda kullanılan mermilerin çıkıştaki hızı yaklaşık 6.500 m/s (sesin yaklaşık 20 katı), sıcaklığı ise 1.000 °C'dir. Formasyona eriştiğindeki hızı ise yaklaşık 5.500 m/s'dir. Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de perforasyon operasyonunun aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Perforasyon işleminde kullanılan mermi ve mermi yatakları.



Şekil 4.19. Perforasyon işleminde kullanılan tabanca düzeneği.



Şekil 4.20. Perforasyon işlemindeki tabanca düzeneğinin hazırlanması ve operasyon öncesi çalışmalar.

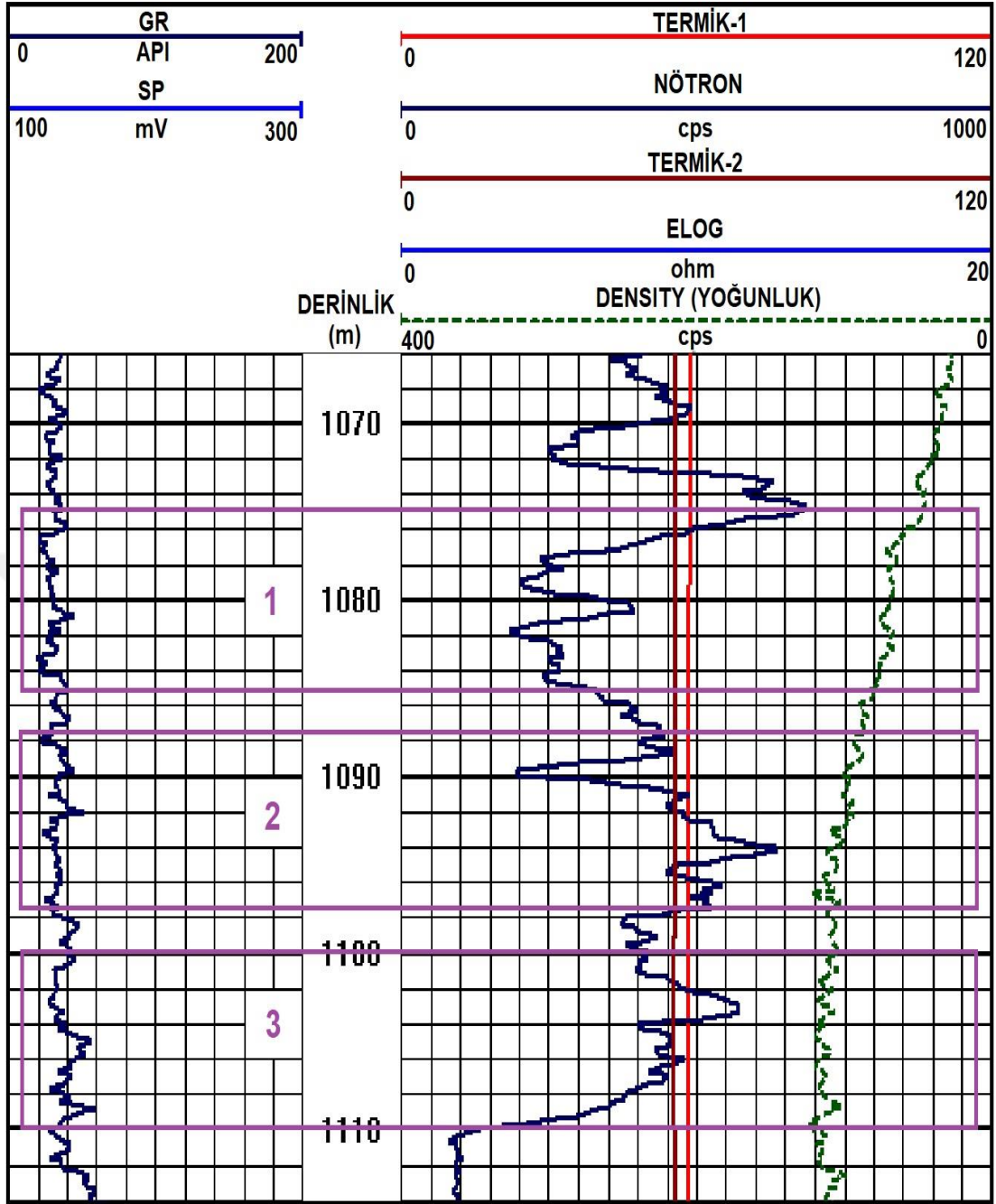


Şekil 4.21. Perforasyon işlemi için patlatma düzeneğinin kuyuya indirilmesi işlemi.

Delme işlemi (perforasyon) sonrasında delikteki atık veya tıkanmalardan ötürü akışkan, beklenenden az gelebilmektedir. Deliklerin (tünellerin) temizlenmesi gerekir. Temizleme, geri basınç usulü perfore veya asitleme operasyonu ile yapılabilmektedir.

4.7.2.2 KİS-2016/9 JAS kuyusu perforasyonu

Perforasyon öncesi özel bir firma tarafından CBL, VDL ve termik loglar alınmıştır. Bu loglar ile perfore edilecek seviyeler belirlenmiştir. Genel olarak 1.075-1.110 m'ler arasına yapılan perforasyon, kuyu tamamlandıktan hemen sonra alınan kuyu içi jeofizik logların yanı sıra (Şekil 4.21), perforasyon hemen önce alınan CBL-VDL loglar ile de tam seviyeler belirlenmiştir. Perforasyon için özel bir firma ile anlaşılmış ve firma patlatma izni alarak 1.075-1.085, 1.087,50-1.097,50 ve 1.100-1.110 m'ler arası toplam 30 m olmak üzere üç inişte perforasyonu gerçekleştirmiştir (Şekil 4.21). KİS-2016/9 sondajında yapılan perforasyon işleminde 10 m uzunluğunda tabanca düzeneği kullanılmış olup, üç kademedede patlatmalar yapılmış ve 30 m'lik zon üretime hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4.22. KİS-2016/9 YAS kuyusunda perforasyon öncesi alınan kuyu içi jeofizik log.

Operasyonda kullanılan perforasyon ünitesi, 3 ^{1/8}" 6 spf (20 spm) tabanca, phasing (fazlama) 60; 19 gr RDX patlayıcı, şarj tipi DP, underbalanced (dengealtı) özelliklerindedir.

Perforasyondan sonra 230 m'den kompresörle yapılan üretim çalışmasında 3,5 l/s debi ve 36 °C sıcaklıkta akışkan elde edilmiştir. Elde edilen bu üretim değerlerine dayanılarak kuyuda ikinci asitleme operasyonuna geçilme kararı alınmıştır.

4.7.3 İkinci asitleme çalışmaları

Kuyu geliştirme amacı ile KİS-2016/9 JAS'da 1.120 metreden 13,5 m³ %30'luk HCl ile asitleme operasyonu yapılmıştır. Operasyon sırasında takım çekilip ana vana kapatılarak, 30 m³ ile 300 psi'da öteleme yapılarak asitleme işlemi tamamlanmıştır. Asitleme işleminden sonra 225 m'den kompresör ile yapılan üretim çalışmasında 20 l/s debi ve 45,2 °C sıcaklığa ulaşılmıştır. Yatay üretim vanası yarım kapatılarak 18 l/s artezyen üretim elde edilmiştir (Şekil 4.22).



Şekil 4.23. KİS-2016/9 JAS kuyusunda asitleme sonrası yapılan üretim çalışmaları.

4.8.Kuyu Test Çalışmaları

Perforasyon sonrasında yapılan ikinci asitleme ve kompresör çalışmalarıyla elde edilen 20 l/s debi ve 45,2 °C akışkan değerleri baz alınarak kuyuda test çalışmalarına geçilmiş ve KİS-2016/9 JAS'da statik sıcaklık ve statik basınçlar ölçülmüştür.

4.8.1 Jeotermal kuyularda yapılan basınç ve sıcaklık ölçümleri

MTA Genel Müdürlüğü tarafından jeotermal sondaj kuyularındaki basınç ve sıcaklık ölçümleri Kuster basınç ve Kuster sıcaklık ölçer aletleri ile yapılmaktadır.

4.8.1.1 Kuster basınç ölçer aleti

Kuster basınç ölçer aleti, basınç farkı ile çalışan bir mekanizmaya sahiptir. Mekanizma herhangi bir akışkanın giremeyeceği, 1 1/4” çapında metal bir hücre içerisine yerleştirilmiştir. Özel vinci ve 2 mm kalınlığında çelik kablo yardımı ile kuyuya indirilir ve çekilir. Basınç ölçülecek derinlik önceden belirlenerek, vinç üzerindeki sayaç yardımı ile istenilen derinliğe indirilebilmektedir. Alet sökülerek içerisindeki kart çıkartıldıktan sonra, kart okuyucu ile çizgi uzunlukları ölçülerek, daha önceden hazırlanmış olan abaklar yardımıyla basınç değerlerine dönüştürülür. Bu yöntemde kuyu üretim halinde iken (dinamik) ya da kuyu kapalı iken (statik) veya kuyuya akışkan basılırken, her türlü basınç ölçüsünü, istenilen süre ve derinlikte kaydetmek mümkündür. Sistem 1/100 hassasiyet ile ölçüm yapabilmektedir.

4.8.1.2 Kuster sıcaklık ölçme aleti

Kuyudaki sıcaklık ölçümleri Kuster marka aletlerle yapılmaktadır. Bu aletin çalışma prensibi, basınç ölçümlerindeki gibidir. 1 1/4” çapında metal hücre içerisinde bulunan ve sıcaklık farkı ile çalışan bir mekanizma, siyaha boyalı özel alaşımlı bir metal levha üzerine sıcaklık farkı ile doğru orantılı yatay çizgiler çizer. Sisteme bağlı bir saat mekanizması, sistemi dikey yönde hareket ettirir. Alet, kuyunun istenilen derinliğe indirilip, buradaki sıcaklıklar zamanın bir fonksiyonu olarak kayıt edilebilmektedir. Kayıtlar kart okuyucuda değerlendirilerek, kullanılan alet için önceden hazırlanmış bulunan abak yardımı ile kuyudaki sıcaklık değerleri elde edilir. Kuyulardan üretim halinde iken ya da kapalı iken veya herhangi bir başka çalışma yapılırken, kuyunun istenilen her bölümündeki sıcaklık değişimlerini ölçmek mümkün olmaktadır.

4.8.2 KİS-2016/9 Jeotermal araştırma sondaj kuyusu test çalışmaları

MTA Genel Müdürlüğü tarafından Kayseri-İncesu-Subaşı jeotermal kaynak arama ruhsat sahasında NOV-750 sondaj makinası ile açılan KİS-2016/9 JAS kuyusunda, statik sıcaklık ve statik basınçlar ölçülmüştür.

4.8.2.1 Statik ölçüler

KİS 2016/06 JAS’da 22.04.2017 tarihinde statik sıcaklık ve basınç ölçümleri vana seviyesinden itibaren, inilebilen 2.736 m derinliğine kadar alınmıştır.

Statik sıcaklık ölçümü

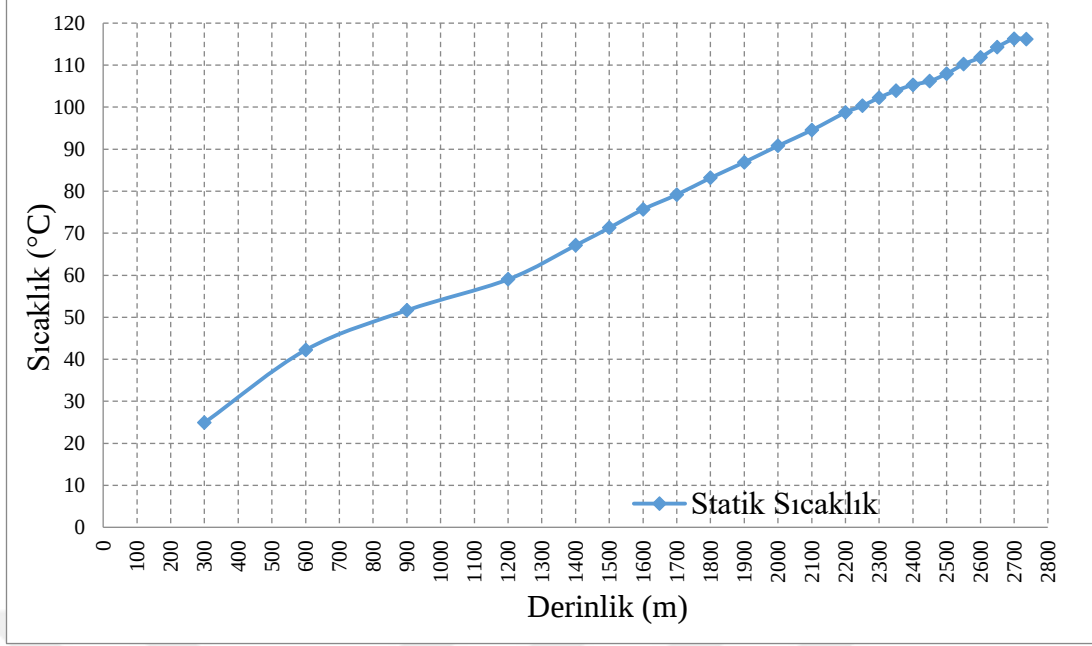
Ölçü elementi kuyuda farklı istasyonlarda bekletilerek ölçü alınmıştır. Alınan ölçüye ait değerler Çizelge 4.3’de, grafik ise Şekil 4.23’de verilmiştir.

Statik basınç ölçümü

Ölçü elementi kuyuda farklı istasyonlarda bekletilerek ölçülmüştür. Alınan ölçüye ait veriler Çizelge 4.4’de, grafik ise Şekil 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. KİS-2016/9 jeotermal araştırma kuyusu statik sıcaklık ölçüm değerleri.

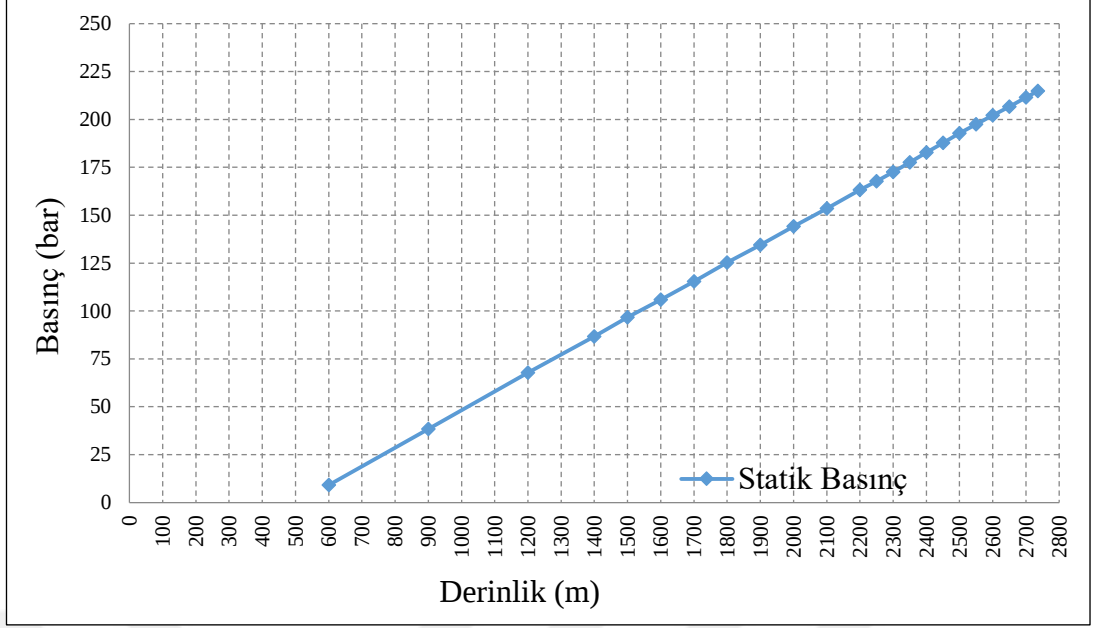
Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)
300	24,901
600	42,211
900	51,641
1.200	59,013
1.400	67,103
1.500	71,286
1.600	75,665
1.700	79,172
1.800	83,171
1.900	86,884
2.000	90,798
2.100	94,521
2.200	98,736
2.250	100,306
2.300	102,267
2.350	103,934
2.400	105,306
2.450	106,189
2.500	107,952
2.550	110,204
2.600	111,868
2.650	114,311
2.700	116,263
2.736	116,166



Şekil 4.24. KİS-2016/9 jeotermal araştırma kuyusu statik sıcaklık ölçüm grafiği.

Çizelge 4.4. KİS-2016/9 jeotermal araştırma kuyusu statik basınç ölçüm değerleri.

Derinlik (m)	Basınç (bar)
300	-
600	9,141
900	38,319
1.200	67,785
1.400	86,681
1.500	96,648
1.600	105,870
1.700	115,389
1800	125,204
1.900	134,424
2.000	144,088
2.100	153,455
2.200	163,266
2.250	167,725
2.300	172,631
2.350	177,535
2.400	182,737
2.450	187,790
2.500	192,843
2.550	197,449
2.600	202,056
2.650	206,662
2.700	211,416
2.736	214,834



Şekil 4.25. KİS-2016/9 JAS statik basınç ölçüm grafiği.

4.9 Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

KİS-2016/9 jeotermal sondaj kuyusuna ait akışkandan bir adet su örneği alınarak MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında kimyasal analizi yapılmıştır. Analiz sonucu Çizelge 4.5’te verilmiştir.

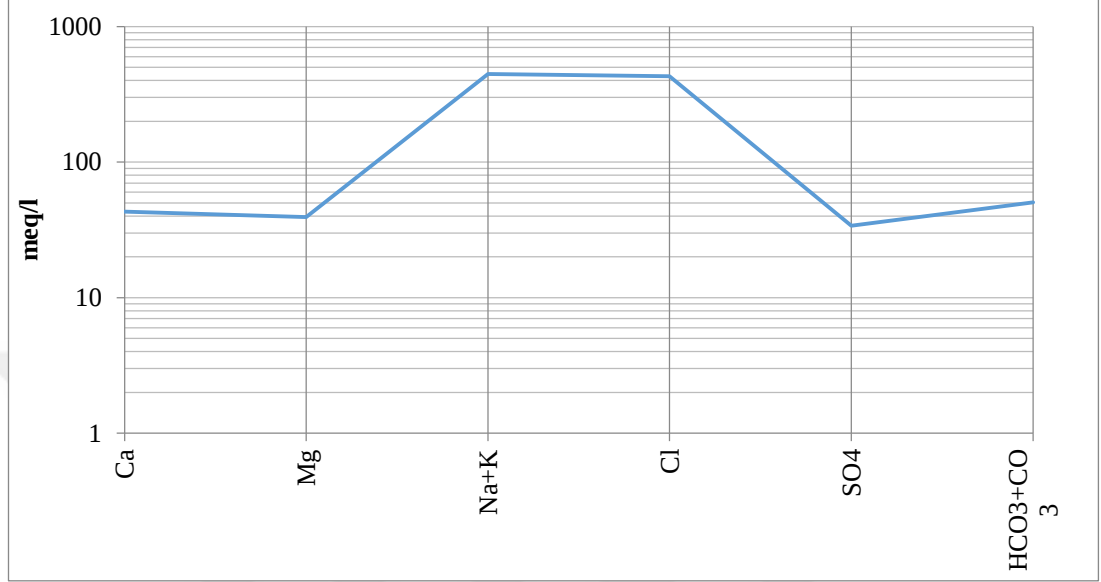
Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH, 1979) sınıflamasına göre, KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondajında üretilen su, Na, Ca, B, Fe, As, silis (H_2SiO_3), CO_2 ’li sıcak ve mineralli su sınıfına girmektedir.

Kuyuda üretilen suyun litolojiler ile olan ilişkisi ve dolaşım sisteminde geçirdiği hidrokimyasal süreçlerin belirlenmesi amacıyla sıcak su örneğinin kimyasal analiz sonucu yarı logaritmik Schoeller ve Piper diyagramları kullanılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.5. KİS-2016/9 Jeotermal araştırma sondaj suyu kimyasal analiz sonucu.

Numune No.		KİS-2016/9 (Kuyu)		
Numune Alın Yeri		Subaşı-İncesu-Kayseri		
Ruhsat No.		AR:38/2014-13		
Laboratuar No.		17-D-116840		
Analiz Tarihi		01.05.2017		
Debi-Sıcaklık-EC		18 l/sn., 45,2 °C - 38.400 µs/cm		
PAFTA		K34-d3		
		X	Y	Z (m)
		4270450	692020	1.126
		mg/l	meq/l	%meq/l
K A T Y O N L A R	K ⁺	340	8,70	1,65
	Na ⁺	10.060	437	82,78
	Ca ⁺⁺	862	43	8,15
	Mg ⁺⁺	477	39,2	7,42
	Cu	-		
	NH ₄ ⁺	-		
	Co	-		
	Cd	-		
	Zn	-		
	Ni	-		
	Mn (total)	0,82		
	Sr	27,3		
	Hg	<0,005		
	Cr	-		
	Se	<0,01		
	Mo	-		
	Pb	-		
	Fe (total)	25		
	As (total)	2		
	B (total)	63,9		
	Ba	-		
	Li ⁺	3,6		
	Al ⁺⁺⁺	-		
	TOPLAM	11.861,62	527,9	100
A N Y O N L A R	HCO ₃ ⁻	3.083	50,5	9,84
	CO ₃ ⁺⁺	<10		
	SO ₄ ⁺⁺	1.633	34	6,6084576,62
	Cl ⁻	15.241	429	83,54
	I ⁻	-		
	F ⁻	-		
	Br ⁻	-		
	NO ₂ ⁻	-		
	NO ₃ ⁻	-		
	PO ₄ (total)	-		
	OH ⁻	-		
	TOPLAM	19.957,00	513,5	100
DİĞER ELEMEN		SiO ₂	129	
TOPLAM MİNERALİZASYON		31.947,6 mg/l		
Ph (23,3 °C)		6,3		
Sp.Kond (20,0 °C)		38.400		µmho/cm
Sp.Gravite (25 °C)		-		gr/cm ³
Buh.Kalıntı (180 °C)		-		mg/l
Toplam Sertlik		230,5		A°
Geçici Sertlik		141,6		A°
Kalıcı Sertlik		88,9		A°
Suyun Sınıfı (AİH'a göre)		Sodyumlu, klorlü, mineralce zengin, sıcak su		

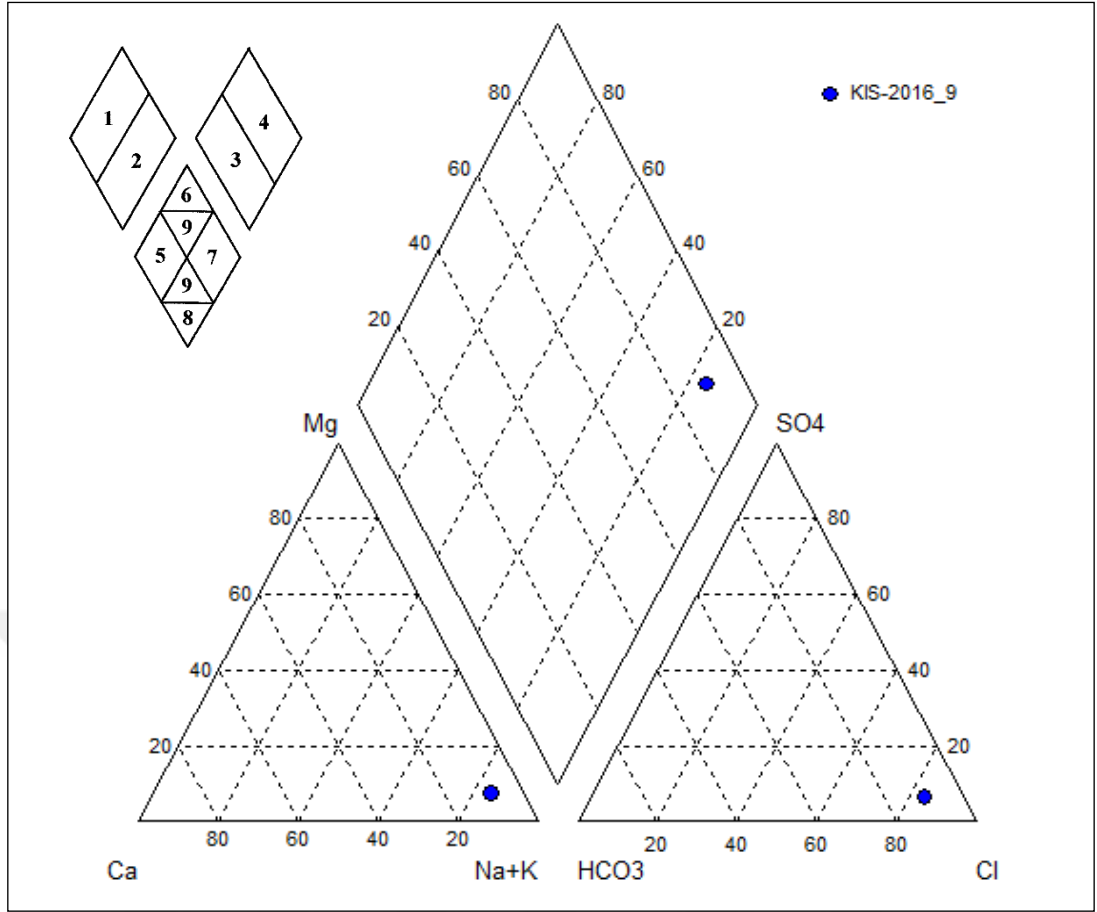
KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondajından alınan akışkanın analiz sonucuna göre anyon katyon dizilimi; katyonlarda $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ ve anyonlarda $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2}$ şeklindedir. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre, örneklenen su (KİS-2016/9) NaCl'li su sınıfına girmektedir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. KİS-2016/09 jeotermal araştırma sondajına ait suyun yarı logaritmik Schoeller (1962) diyagramı.

Piper diyagramına göre bu suda $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ ve $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2} > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}$ olup, kuvvetli asitler zayıf asitlere göre baskındır. Ayrıca karbonatlı olmayan alkaliler %50'den fazladır. Bunlar NaCl, Na_2SO_4 ve KCl'li sudur (Şekil 4.27).

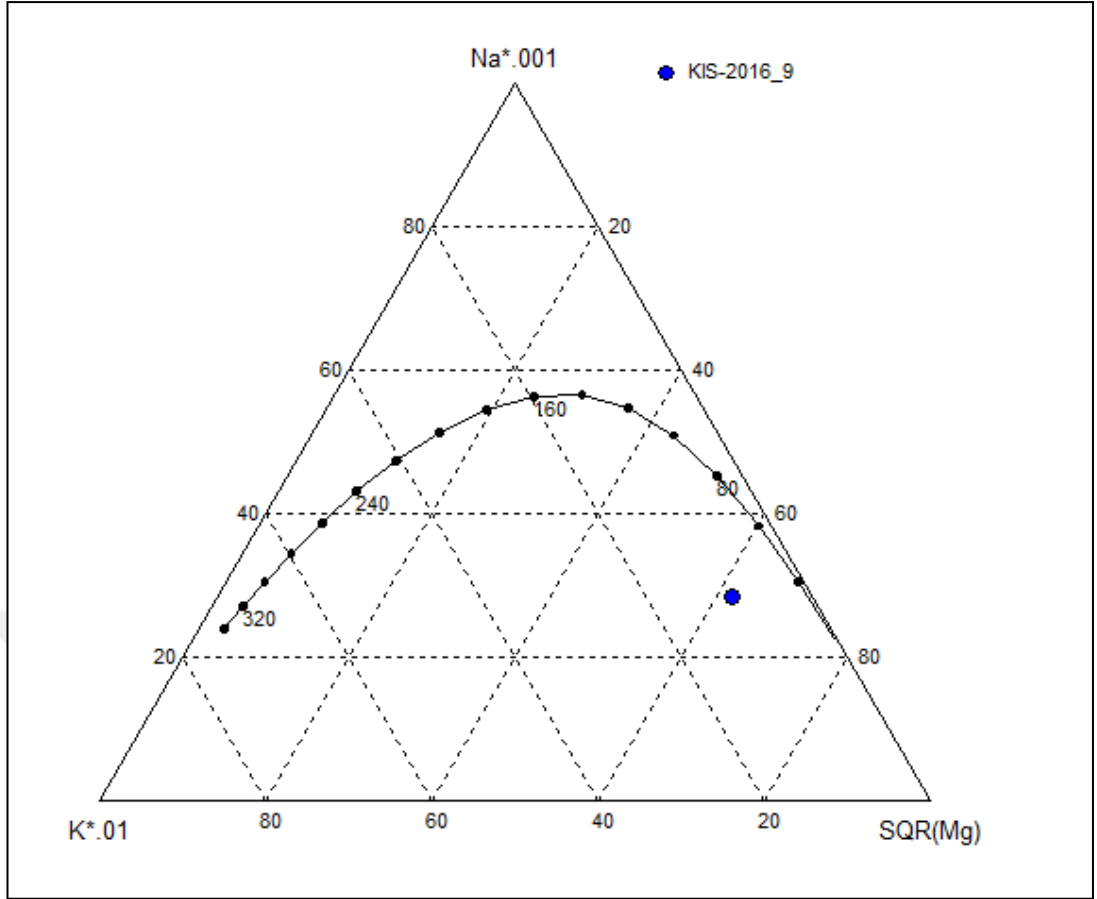
Yapılan analiz sonucunda izlenen yüksek Cl^- değeri, suyun derin dolaşım ve bölgede yer alan Yeşilhisar formasyonu içinde yer alan jipslerle etkileşimde olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 4.27. KİS-2016/09 jeotermal araştırma sondajından üretilen suya ait Piper (1944) diyagramı.

Suyun katyon jeotermometre hesaplamalarına uygunluğunu kontrol etmek için Na-K-Mg Diyagramı (Giggenbach, 1988) hazırlanmıştır (Şekil 4.28). Verilen bu diyagramda suların “Kısmen denge durumunda olan sular” alanında yer aldıklarından bu suya silika jeotermometreleri uygulanmıştır. Silika jeotermometreleri, mineral çözünürlüğüne bağlı jeotermometreler arasında en yaygın kullanılan jeotermometrelerdir. Jeotermal sistemlerdeki akışkanın geldiği akifer sıcaklığına işaret ederek, farklı silika (SiO_2) minerallerinin sıcaklığa oranla çözünürlüğüne bağlı olan ve rezervuar sıcaklıklarını tahmin etmek için silika jeotermometrelerinin kullanılmasının başlıca nedeni, yeryüzündeki çoğu kayada silika minerallerinin varlığıdır.

Yapılan silika jeotermometrelerinden kuvarsta $203\text{ }^{\circ}\text{C}$, kalsedonda ise $186\text{ }^{\circ}\text{C}$ hazne kaya sıcaklığı hesaplanmıştır. KİS-2016/9 JAS çalışmasında jeotermal gradyan ile uyumlu olmayan kuvars değerleri elde edilmiştir. Kalsedon jeotermometresi sonuçlarında ise muhtemel rezervuar derinliği göz önüne alındığında daha olası olarak kabul edilmiştir.



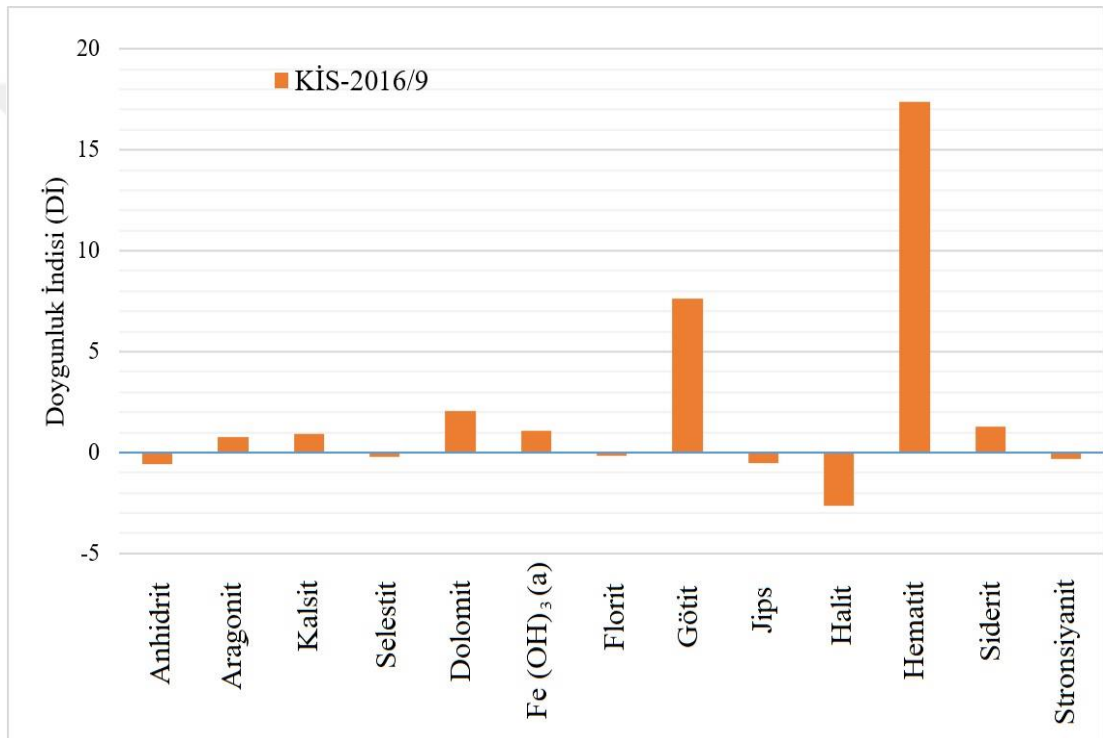
Şekil 4.28. KİS-2016/09 jeotermal araştırma sondajından üretilen suya ait üçgen diyagramı (Giggenbach, 1988).

Kalsedon jeotermometresinin kuvars jeotermometresine göre daha düşük sıcaklık vermesinin nedeni, kuvarsın kalsedona kıyasla daha yüksek sıcaklıklarda çözünmesidir. 140 °C'nin altında kalsedon, 140-180 °C arasında kalsedon ile kuvars, 180 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise sadece kuvars, çözeltideki silika çözünürlüğünü kontrol etmektedir. Sonuç olarak, inceleme alanı için hazne kaya sıcaklığının 140 ile 180 °C civarında olabileceği ifade edilebilir.

KİS-2016/9 sondajından alınan akışkanın analiz sonucuna göre anyon katyon dizilimi; katyonlarda $(Na^+ + K^+) > (Ca^{+2}) > (Mg^{+2})$ ve anyonlarda $(Cl^-) > (HCO_3^-) > (SO_4^{-2})$ şeklindedir. Anyonlarda Cl^- iyonunun, katyonlarda ise Na^+ iyonun derişimi fazladır. Bu durum, bu suyun çevre sulara göre; Yeşilhisar formasyonu içerisindeki evaporitik seviyelerle ilişkili olan derin dolaşımli bir jeotermal akışkan olduğunun göstergesidir.

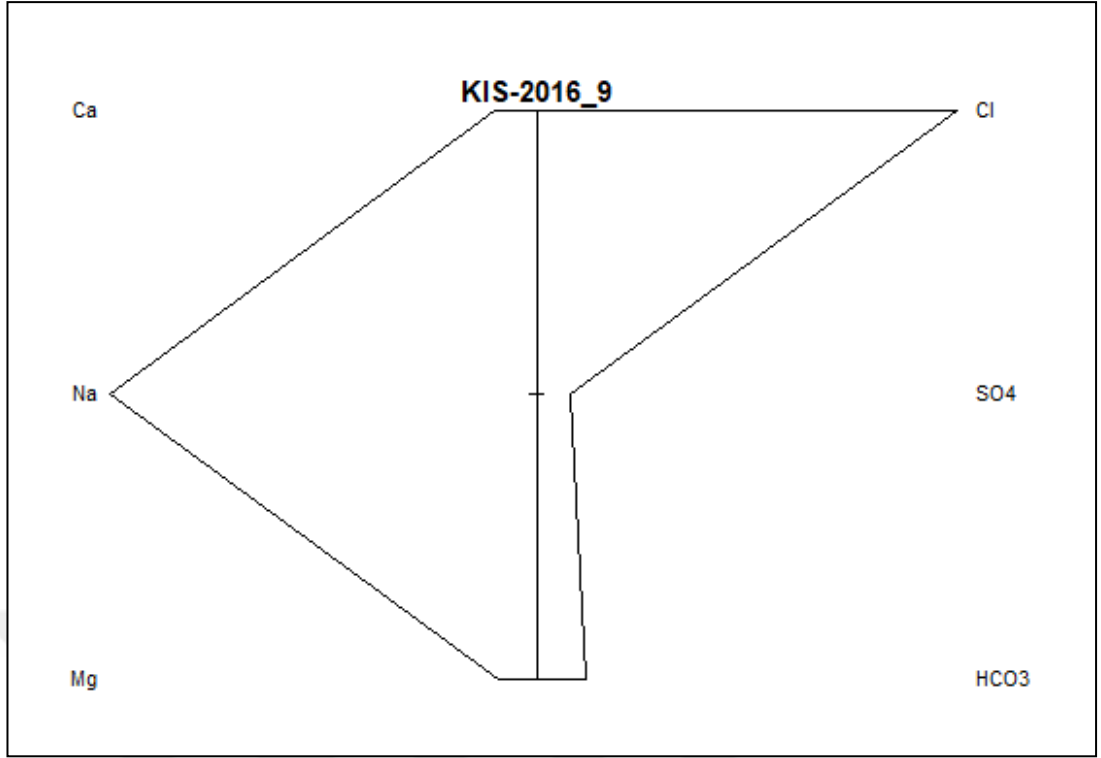
Yeraltı suyu dolaşımı sırasında, akifer sisteminde oluşan kimyasal tepkimeler, hidrojeokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme imkânı sağlamaktadır. Bu amaçla

yeraltı suyunda çeşitli minerallerin doygunluk durumlarının araştırılması gerekmektedir. Ayrıca suların anhidrit, aragonit, kalsit, kalsedon, dolomit, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, götit, jips, halit, hematit, siderit ve stronsiyonit gibi çökelme ortamlarında bulunabilecek başlıca minerallerin doygunluk durumları grafiksel olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.29). KİS-2016/09 sondajı, aragonit, kalsit, dolomit, götit, hematit ve sideritçe zengindir. Sondaj jeotermal suyunun kayalarla olan temas ve etkileşim süreleri de göz önüne alındığında, uzun süreli dolaşımı ve aragonit, kalsit ve dolomit minerallerince doygun olmaları, beslenimin CaCO_3 'ce zengin kayalardan olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.29. KİS-2016/9 JAS'da, çökelme ortamlarında bulunabilecek başlıca minerallerin doygunluk durumları.

KİS-2016/9 sondajından elde edilen su örneğinin analiz sonuçlarından yararlanılarak Stiff (1951) diyagramı çizilmiştir. Buna göre hakim iyonların Na^+ ve Cl^- olduğu görülmüştür. Buna göre bu su örneğinde en fazla oluşabilecek tuz NaCl 'dir.



Şekil 4.30. KİS-2016/09 JAS'dan üretilen suya ait Stiff diyagramı (Stiff,1951).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi'nce, Kayseri-İncesu-Subaşı'nda gerçekleştirilen KİS-2016/9 JAS ile akışkan üretimi ve ruhsat sahası jeotermal enerji olanaklarının araştırılması hedeflenmiştir.

Sondajın gerçekleştirildiği alan ve yakın civarında en alttan itibaren Alt-Orta Miyosen yaşlı Yeşilhisar formasyonunun üzerine sırasıyla Orta Miyosen yaşlı Develi volkaniti uyumsuz, Orta Miyosen yaşlı Kaletepe volkanitleri uyumlu, Orta-Üst Miyosen yaşlı Ürgüp formasyonu uyumlu, Üst Miyosen yaşlı Tekkedağ ve Derviştepe andezitik volkanitleri, Üst Miyosen yaşlı Tüllüce-tepe dasitik domu ve Çataltepe bazaltik lav akıntıları, Alt Pliyosen yaşlı Kızılıkaya ignimbiriti uyumsuz, Üst Pliyosen yaşlı İncesu ignimbiriti uyumsuz ve Kuvaterner serinin en alt seviyelerinde gözlenen Erciyes volkanitlerine ait andezitik ve bazaltik lav akıntıları gelmiş; istif, Kuvaterner yaşlı yamaç molozu, eski alüvyon ve alüvyonla son bulmuştur.

İnceleme alanında, KD-GB doğrultulu EFZ'nun Sultan Sazlığı Havzası içerisinde kollara ayrılmasıyla gelişen yaklaşık K-G doğrultulu Yeşilhisar Fayı ile bu fayları KB-GD ve KD-GB doğrultuda kesen küçük ölçekli makaslama fayları yapısal olarak önemlidir.

KİS-2016/9 JAS kuyusu, 2.753 metre derinlikte tamamlanmıştır. Sondajda; 0-5 m'ler arasında toprak örtü ve alüvyon, 5-30 m'ler arasında Kuvaterner yaşlı Erciyes volkanitleri, Andezitik Lav Akıntıları birimine ait gri-siyah renkli andezit, 30-210 m'ler arasında Üst Pliyosen yaşlı İncesu İgnimbiriti, 210-270 m'ler arasında Üst Pliyosen yaşlı Kızılıkaya İgnimbiriti, 270-560 m'ler arasında Üst Miyosen yaşlı Çataltepe bazaltı, 560-920 m'ler arasında Üst Miyosen yaşlı Tüllüce-tepe domu'na ait gri-pembe renkli dasit, 920-1.035 m'ler arası Üst Miyosen yaşlı Tekkedağ volkanitine ait altere andezitler, 1.035-1.345 m'ler arasında Orta-Üst Miyosen yaşlı Ürgüp formasyonuna ait volkanik ara katkılı gölsel çökeller, 1.345-2.753 m'ler arasında ise Alt-Orta Miyosen yaşlı Yeşilhisar formasyonuna ait kömür ara seviyeli kıltaşı, çakıltaşı ve kumtaşı seviyeleri kesilmiştir. Sondaj 2.750-2.753 m'ler arası da killi kumtaşı olarak tanımlanan karot alınarak tamamlanmıştır.

KİS-2016/9 JAS kuyusunda ilerleme, 519,40 m'ye kadar 17 ^{1/2}" çaplı matkapla, 519,40-1.400 m'ler arasında 12 ^{1/4}" çaplı matkapla, 1.400-2.750 m'ler arasında 8 ^{1/2}" çaplı matkapla, 2.750-2.753 m'ler arasında ise karotlu olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Üst seviyelerden düşük sıcaklıklı akışkan karışmasını önlemek ve kuyu emniyetini sağlamak amacıyla 0-511,15 m'ler arasına 13 ^{3/8}", 0-1.393,50 m'ler arasına ise 9 ^{5/8}" çaplı kapalı muhafaza boruları inilmiş ve boru arkaları çimentolanmıştır. 2.753 m'de bitirilen jeotermal araştırma sondaj kuyusu, 1.378,06-2.750 m'ler arasına 6 ^{5/8}" çaplı kapalı ve filtreli borular liner olarak inilerek teçhiz edilmiştir.

Sondajın gerçekleştirildiği jeotermal kaynak arama ruhsat sahası içinde 2015 yılında yapılan etüt çalışmalarında tespit edilen, sıcaklığı 20,9 °C olan sulama amaçlı açılmış sığ kuyu bulunmaktadır.

İnceleme alanında bulunan Yeşilhisar fay zone ve Kuvaterner volkanizmasına bağlı olarak akışkanın ısıtıldığı düşünülmektedir.

Sahada Oligosen, Miyosen yaşlı çökellerin içerisinde yer alan çakıltaşı, kumtaşı, kila, silttaşı ve çamurtaşı seviyeleri ve Pliyosen yaşlı ignimbirit ve tüfler örtü kayacı, stratigrafik seride altta yer alan Yellibel formasyonuna ait şist ve mermerlerin kırıklı, çatlaklı ve erime boşluklu seviyeleri ile Karlıgöntepe formasyonuna ait kireçtaşlarının ise rezervuarı oluşturabileceği öngörülmüştür.

KİS-2016/9 jeotermal sondaj kuyusuna ait akışkandan bir adet su örneği alınarak MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında kimyasal analizi yapılmıştır. Analiz sonucudikkate alındığında, Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) sınıflamasına göre, KİS-2016/9 jeotermal araştırma kuyusundan üretilen su sodyumlu, klorürlü, borlu, demirli, arsenikli, sıcak ve mineralli sudur.

KİS-2016/9 sondajından alınan akışkan $Na^{+}+K^{+}>Ca^{+2}>Mg^{+2}$ ve $Cl^{-}>HCO_3^{-}>SO_4^{-2}$ iyon bolluk dizilimli olup, yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre NaCl'lü su sınıfına girmektedir.

Piper diyagramına göre bu suda $Na^{+}+K^{+}>Ca^{+2}+Mg^{+2}$ ve $Cl^{-}+SO_4^{-2}>HCO_3^{-}$ olup, tuzlu ve sodalı bu sularda kuvvetli asitler zayıf asitlere göre baskındır. Ayrıca karbonatlı olmayan alkaliler %50'den fazla olan bu su NaCl, Na₂SO₄ ve KCl'lüdür.

Sudaki izlenen yüksek Cl^- değeri, akışkanın derin dolaşım ve bölgede yer alan Yeşilhisar formasyonu içinde yer alan jipslerle etkileşimde olduğuna işaret etmektedir.

KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondajında kuyu taban derinliği 1.400 m ve 2.750 m seviyelerinde, kuyuda jeotermal anlamda değerlendirme yapılabilmesi amacıyla kuyu içi jeofizik log ölçüleri alınmıştır.

Delme ve teçhiz işleminin ardından kuyu, kompresör ile üretime açılmıştır. Daha sonra sırasıyla, ilk asitleme uygulaması, kompresör ve booster ile üretim çalışmaları yapılmıştır. Üretiminde herhangi bir değişiklik gözlenmeyen ve ardından CBL, VDL ve termik logları alınan kuyuda 1.075-1.110 m'ler arasındaki 30 m'lik bir zonda perforasyon uygulanmış, akabinde kuyu kompresörle üretime alınmış ve sonrasında bir kez daha asitleme ve son olarak kompresör ile üretim çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalardan sonra kuyuda statik sıcaklık ve statik basınçlar ölçülmüştür. Buna göre 2.736 m'de 116,166 °C statik sıcaklık ve 214,834 bar statik basınç ölçülmüştür.

Yapılan tüm test ve kuyu geliştirme çalışmaları sonucunda kuyudan artezyen olarak 18 l/s kompresörle 20 l/s debi ve 45,2 °C sıcaklıkta sıcak su üretimi sağlanmıştır.

Sonuç olarak, KİS-2016/9 JAS'da üretim seviyelerinin muhafaza borusuyla kapatılarak çimentolanması işlemi sonrasında, 2.753 m derinliğe kadar gidilmiş ve üretime açılmasına rağmen kuyudan ekonomik bir akışkan üretimi elde edilememiştir. Kapatılan üretim zonlarının tekrar üretime açılabilmesi için bu seviyeler perfore edilmiş (delik açılmış) ve kuyu tekrar ekonomik ve kullanılabilir hale getirilmiştir. Bu da bize petrol, doğalgaz ve jeotermal araştırma kuyularında, gerektiğinde üretim zonlarının altındaki seviyeleri araştırabilme, olumsuz sonuç alınması durumunda ise istenilen zonların tekrar üretime açılabilmesi olanağını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Aydar, E. ve Gourgaud, A., 1998. The geology of Mount Hasan stratovolcano, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 129.
- Beekman, P. H., 1966. İncesu bölgesinin (Kayseri) jeolojik ve volkanolojik etüdü. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6880, 84, Ankara (yayımlanmamış).
- Clegg, J. D., 2007. Production operations engineering, *Petroleum Engineering Handbook*, Society of Petroleum Engineers, Texas, USA.
- Dönmez, M., Türkecan, A. ve Akçay, A. E., 2003. Kayseri-Niğde-Nevşehir yöresi Tersiyer volkanitleri. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 10575, Ankara (yayımlanmamış).
- Dönmez, M., Türkecan, A. ve Akçay, A. E., 2005. 1/100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritalar serisi Kayseri-K34 paftası: MTA yayını, Ankara.
- Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J.İ, U, T, Notsu, K. ve Fujitani, T., 1994. Erciyes Dağı (Orta Anadolu) Pliyo-Kuvaterner volkanizmasına ilişkin yeni jeokimyasal izotopik radyometrik veriler ve jeotermal enerji açısından önemi. Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum, 208-222.
- Erkan, E. N., 1978. Kayseri-Yahyalı Karamadazı ve Kovalı yöresi demir madenleri. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6609, Ankara (yayımlanmamış).
- Gatlin, C., 1960. *Drilling well completion*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.
- Giggenbach, W.F., 1988. Geothermal solute equilibria: derivation of Na-K-mg-Ca geothermometers. *Geochimica and Cosmochimica Acta* 52, 2749-2765.
- Günalay, M.E., 1976. Kayseri merkez Ambar köyü civarında bulunan maden kömürü sahası raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 3169, Ankara (yayımlanmamış).
- Güner, Y., Emre, Ö. ve Baş, H., 1984. Erciyes yanardağının jeolojisi ve jeomorfolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7570, Ankara (yayımlanmamış).
- IAH (International Association of Hydrogeologists), 1979. Map of mineral and thermal water of Europe scale: 1:500.000, United Kingdom.
- İldeş, L., Karaca, S., Kesgin, Ö. ve Bakraç, S., 2018. Kayseri-İncesu-Subaşı KİS-2016/6 jeotermal araştırma sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 13720, Ankara (yayımlanmamış).
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati di Brozolo, F. ve Villari, L., 1975. The Neogene calc-alkaline volcanic of Central Anatolia geochronological data on Kayseri-Niğde area. *Geological Magazine*, 112, 349-360.

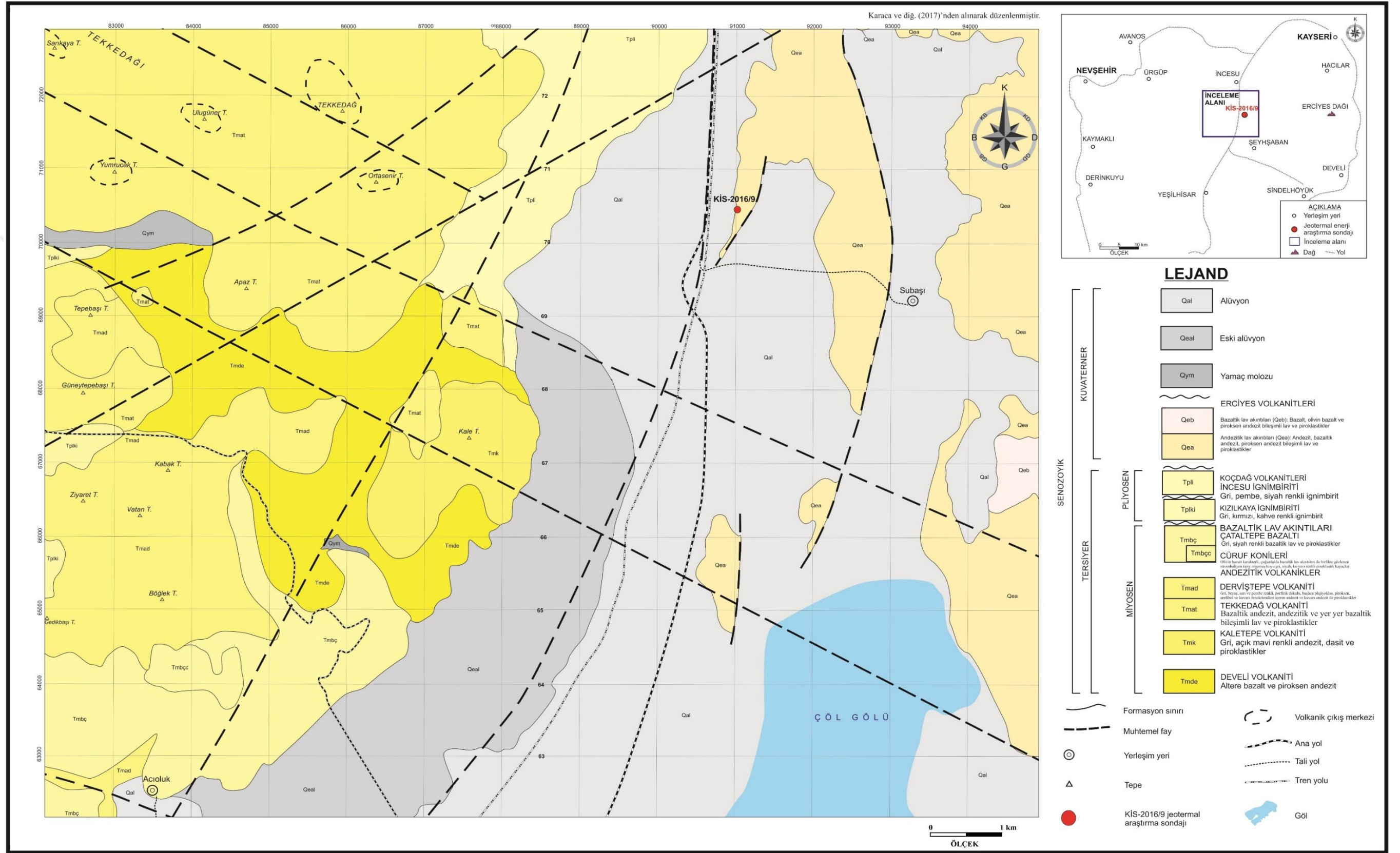
- Karaca, S., Uslu, A., Bostan, S., İldeş, L., Kocadere, B. ve Karadağlar, M., 2017. Yeşilhisar-İncesu (Kayseri) AR: 38/2014-11, AR: 38/2014-12, AR: 38/2014-13, AR: 38/2014-14, AR: 38/2014-15 ve AR: 38/2015-01 no.lu jeotermal kaynak arama ruhsat alanlarına ait jeotermal etüt (jeoloji-jeofizik) raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 13589, Ankara (yayımlanmamış).
- Kesgin, Ö., Karaca S., İldeş, L. ve Akar, A., 2019. Kayseri-İncesu-Subaşı KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara (yayımlanmamış).
- Keskin, H., Dönmez, M. ve Akçay, A. E., 2010. 1/100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Kayseri-L34 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Koralay, T., 2010. Petrographic and geochemical characteristics of upper Miocene Tekkedağ volcanics (Central Anatolia-Turkey). *Chemie der Erde*, 70, 335-351.
- Kuster, GRC and Paroscientific Companies, Product Manuals.
- Pasquare, G., 1968. Geologie of the Senozoic volcanic area of Central Anatolia. *Atti della Acad. No. delince; menorie serie VIII, IX*, 55-204.
- Pekiner, Y. 2002. Kuyu logları tekniğiyle yeraltının keşfi. *Eylül 2002*, 1, 515.
- Pekiner, Y., 2015. İleri perfore tekniği ile petrol-doğal gaz verim artırma projesi. *Pekline Enerji*, Mart 2015, 6.
- Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses: *Transactions of the America Geophysical Union*, 25, 914-923.
- Schoeller, H., 1962. *Les eaux souterraines*, 627, Mason et cie, Paris.
- Schumacher, R., Keller, J. ve Bayhan, H. 1990. Depositional characteristics of in Cappadocia, Central Anotolia-Turkey. *Proceedings of IESCA Cong. (ED Savaşın an Eronat)*, 2, 435-449.
- Seymen, İ., 1981. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması, *TJK Bülteni*, 24, 2, 7-14., Ankara.
- Stiff, H.A., 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns: *Journal of Petroleum Technology*, 3, 10, 15-17.
- Türkecan, A., Acarlar, M., Dönmez, M., Hepşen, N. ve Bilgin, R., 1998. Kayseri (Bünyan-Develi-Tomarza) yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaçların petrolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, *Derleme Rapor No: 10186*, Ankara (yayımlanmamış).
- Yalçınlar, İ. 1969. Strüktürel morfoloji. *İstanbul Üniversitesi yayını*, 878, 943, İstanbul.

EKLER

Ek A. KİS-2016/9 JAS'ın gerçekleştirildiği alan ve yakın civarına ait jeoloji haritası (1/25.000 ölçekli Kayseri K34-d3, d4 ve L34-a1, a2 paftaları).



Ek A. KİS-2016/9 JAS'ın gerçekleştirildiği alan ve yakın civarına ait jeoloji haritası (1/25.000 ölçekli Kayseri K34-d3, d4 ve L34-a1, a2 paftaları).



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Serkan KARACA

Adres : Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü

Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı

Çankaya/ANKARA

E-posta adresi : serkan.karaca@mta.gov.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Niğde Üniversitesi, 1998-2002

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, 2016-

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

MTA Genel Müdürlüğü / Jeoloji Mühendisi, 2004-Devam ediyor.