

MERZİFON-SULUOVA ÇEK-AYIR HAVZASI JEOTERMAL ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Fatih Mehmet ÖZİÇLİ

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ

Ocak-2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Fatih Mehmet ÖZİÇLİ tarafından hazırlanan "Merzifon-Suluova Çek-Ayır Havzası Jeotermal Özelliklerinin Araştırılması" adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

14/01/2020

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER
Anabilim Dalı Başkanı, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ
Danışman, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Sınav Komitesi Üyeleri

Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

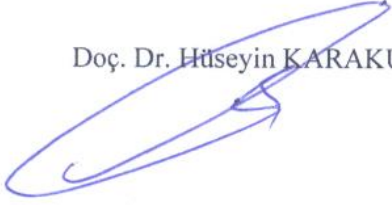
Doç. Dr. Harun AYDIN
Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi

The image shows three handwritten signatures in blue ink. The top signature is for Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER, the middle one for Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ, and the bottom one for Doç. Dr. Harun AYDIN. Each signature is written over a horizontal line.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının % 10 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ



Fatih Mehmet ÖZİÇLİ



MERZİFON-SULUOVA ÇEK-AYIR HAVZASI JEOTERMAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatih Mehmet ÖZİÇLİ

Jeoloji Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2020

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Hüseyin KARAKUŞ

ÖZET

Bu tez, KAFZ içindeki sağ yanal doğrultu atımlı faylar denetiminde gelişmiş Merzifon-Suluova çek-ayır havzasının jeotermal potansiyelini jeolojik, tektonik, jeofizik, hidrojeokimyasal, izotopik ve sondaj verileriyle ortaya koymayı hedeflemektedir.

Çalışma alanında Permo-Triyas yaşlı Tokat Metamorfitleri ofiyolitlere tektonik dokanakla bindirmektedir. Bu birimlerin üzerlerine Permian- Kretase yaş aralığında ve rezervuar kayaç niteliğindeki kireçtaşı, mermer ve kumtaşlarından oluşan birimler uyumsuz olarak gelmektedir. Geçirimli birimler üzerine uyumsuz olarak örtü niteliğinde geçirimsiz Eosen yaşlı birimler yer almaktadır. Tavşandağı Granodiyorit bütünü birimleri keserek yüzeylenmektedir. Bu birimleri, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı güncel örtü birimleri örtmektedir. Havzayı, kuzeyde Merzifon Fay Zonu, güneyde Eraslan, Sarıbuğday ve Büyükçay fayları, doğuda normal fay olan Suluova Fayı ile havzanın ortasından geçen Uzunyazı ve Çetmi Fayı sınırlamaktadır. Havza sağa ötelenirken fayların eğim atımlarıyla da derinleşmektedir. Jeofizik araştırmalar kapsamında yapılan havadan gravite ve manyetik ve rezistivite çalışmaları granodiyorit sokulumun sınırları ile birlikte değerlendirilerek jeotermal sondajlar yapılmıştır. Bu kapsamda açılan AMO-2015/8, AMÇ-2016/3 ve ASK-2016/11 sondajlarının kuyu taban sıcaklıkları sırasıyla 94,05 °C, 87,65 °C, 95,5 °C olarak ölçülmüş ve sahanın ortalama jeotermal gradyanı 0,033 °C/m olarak hesaplanmıştır. Jeotermal kuyuların toplam kapasitesi 3.37 MWt'dır. Sondaj akışkanları tuzlu ve derin dolaşimli meteorik sulardır. Na/K, K-Mg, Mg düzeltmeli Na-K-Ca jeotermometreleri ile rezervuar sıcaklığı sırası ile 98-218 °C, 134 °C ve 124 °C olarak hesaplanmıştır. KAFZ içindeki çek-ayır havzalarda, örtünün kalın olduğu orta kesimlerde açılacak olan derin sondajlarla daha yüksek sıcaklıklı seviyelerin keşfi mümkündür. KAFZ sadece deprem üreten bir yapı olarak değil, ülke ekonomisine kazandırılabilen bir potansiyele kaynak olarak görülmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çek-Ayır Havza, Çevresel İzotoplar Hidrojeokimya, Jeotermal, Merzifon,

INVESTIGATION OF GEOTHERMAL PROPERTIES OF MERZIFON-SULUOVA PULL-APART BASIN

Fatih Mehmet ÖZİÇLİ

Geological Engineering, M.S. Thesis, 2020

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin KARAKUŞ

SUMMARY

This thesis aims to reveal the geothermal potential of Merzifon-Suluova pull-apart basin developed under control of the right lateral strike-slip faultz in NAFZ with geological, tectonic, geophysical, hydrochemical, isotopic and drilling data.

In the study area, Permo-Triassic aged Tokat metamorphics overlay the ophiolites with tectonic contact. Units that consist of limestone, marble and sandstones in the Permian-Cretaceous age range and which are in the nature of a reservoir rock are unconformably overlying these units. These permeable units unconformably overlain by impermeable Eocene cap-rock units. Tavşandağı granodiorite outrops by cutting all elder units. These units are overlid by Miocene, Pliocene and Quaternary aged units. The basin is bounded by Merzifon Fault Zone in the north, Eraslan, Sarıbuğday and Büyükçay faults in the south, Suluova Fault, which is the normal fault in the east, and Uzunyazı and Çetmi Faults passing through the middle of the basin. As the basin shifts to the right, it also deepens with the dip-slip of the faults. Aerial gravity and magnetic and resistivity studies conducted within the scope of geophysical surveys were evaluated together with the boundaries of the granodiorite intrusion and geothermal soundings were made. Bottom hole temperatures of the drillings of AMO-2015/8, AMÇ-2016/3 and ASK-2016/11 drilled in this context were measured as 94.05 °C, 87.65 °C, 95.5 °C respectively and the average geothermal gradient of the area was calculated as 0.033 °C/m. The total capacity of geothermal wells is 3.37 Mwt. The fluids of the drillings are saline and deep-circulating meteoric waters. Using Na/K, K-Mg and Mg-corrected Na-K-Ca geothermometers, reservoir temperature was calculated as 98-218 °C, 134 °C and 124 °C, respectively. In the pull-apart basins on the KAFZ, it is possible to discover higher temperature levels with deep boreholes to be drilled in the middle sections where the cover is thicker. The NAFZ should not only be seen as an earthquake-generating structure, but as a potential resource for the national economy.

Keywords: Environmental Isotopes, Geothermal, Hydrogeochemistry, Merzifon, Pull-Apart Basin,

TEŐEKKÜR

Tez çalıőmamda bilgi, tecrübesi ile beni yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hüseyin Karakuş' a çok teőekkür ederim.

Bu tez Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeotermal Enerji ve Kaplıca Etütleri Birimi projelerinden “Orta Karadeniz Jeotermal Enerji Aramaları Projesi” kapsamında elde edilen veriler ile gerçekleştirilmiştir. MTA Genel Müdürlüğü tüm yöneticilerine sağladıkları teknik, lojistik destek, laboratuvar imkanları ve sondajlar için ayrıca proje çalışmalarında emeği geçen bütün personele çok teőekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasında hep yanımda olan ve desteğini hiç esirgemeyen aileme, eőime ve kızlarım Damla Nur ile Zeynep Duru'ya çok teőekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE METOD	5
3. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI	9
3.1. Çalışma Alanı Yeri ve Coğrafik Durumu	9
3.2. Önceki Çalışmalar.....	11
4. GENEL JEOLojİ	15
4.1. Stratigrafi	15
4.1.1. Tokat metamorfitleleri (Pzt).....	20
4.1.2. Gelinsini formasyonu (Pg) ve Karlık üyesi (Pgk)	22
4.1.3. Karakaya formasyonu (TRk).....	23
4.1.4 Soğukçam formasyonu (Jks)	24
4.1.5. Çalarasin formasyonu (Kça).....	25
4.1.6. Çeltek formasyonu (Teç).....	26
4.1.7. Armutlu formasyonu (Tea).....	27
4.1.8. Bayat formasyonu (Teb).....	28
4.1.9. Osmanoğlu formasyonu (Teo).....	29
4.1.10. Peynirçayı volkanitleri (Tep).....	29
4.1.11. Tavşan dağı granodiyoriti (Tetg).....	30
4.1.12. Yedikır formasyonu (Tmply)	31
4.1.13. Değim formasyonu (PIQd).....	32
4.1.14. Yamaç molozu (Qym).....	33
4.1.15. Alüvyon yelpazesi (Qay).....	33
4.1.16. Alüvyon (Qal)	34
4.2. Yapısal Jeoloji.....	34
5. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR.....	39

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

5.1. Düşey Elektrik Sondajı (DES) ve SP Çalışmaları.....	40
5.1.1. AMO-2015/8 sondajına ait DES ve SP ölçülerinin yorumlanması	40
5.1.2. AMÇ-2016/3 sondajına ait DES ölçülerinin yorumlanması	45
5.1.3. ASK-2016/11 sondajına ait DES ve SP ölçülerinin yorumlanması	52
6. SONDAJ ÇALIŞMALARI	55
6.1. AMO-2015/8 Jeotermal Sondajı	55
6.1.1. Kuyu litolojisi.....	55
6.1.2. Kuyu çamur özellikleri.....	55
6.1.3. Kuyu içi jeofizik log ölçümleri	59
6.1.4. Kuyu yıkama, geliştirme, üretim ve test çalışmaları	59
6.2. AMÇ-2016/3 Jeotermal Sondajı	66
6.2.1. Kuyu litolojisi.....	66
6.2.2. Kuyu çamur özellikleri.....	67
6.2.3. Kuyu içi jeofizik log ölçümleri ve kuyu teçhizi	71
6.2.4. Kuyu yıkama, geliştirme, üretim ve test çalışmaları	72
6.3. ASK-2016/11 Jeotermal Sondajı	82
6.3.1. Kuyu litolojisi.....	83
6.3.2. Kuyu çamur özellikleri.....	83
6.3.3. Kuyu içi jeofizik log ölçümleri	86
6.3.4. Kuyu yıkama, geliştirme, üretim ve test çalışmaları	87
ASK-2016/11 no.lu jeotermal kuyusu birinci asitleme işlemi	90
7. HİDROJEOKİMYA.....	93
7.1. Fiziksel Parametreler	93
7.2. Suların Kimyasal Sınıflandırılması.....	93
7.2.1. Su tipleri	93
7.2.2. Suların kökeni	95
7.2.3. Suların mineral doyumlukları.....	100
7.2.4. Jeotermometre hesapları.....	102
8. İZOTOP HİDROLOJİSİ	108
8.1. Giriş	108
8.2. Oksijen18-Döteryum İlişkisi.....	109
8.3. Tritiyum İçeriği	112

İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa**

9. HAVZANIN GELİŞİMİ VE JEOTERMAL MODELİ	115
10. SONUÇ VE ÖNERİLER	124
KAYNAKLAR DİZİNİ	128
ÖZGEÇMİŞ	



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Schlumberger elektrot dizilimi.....	5
2.2. MR-6000-2 kule tipi sondajlı makinası.....	7
3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	10
4.1. Çalışma alanı genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti	17
4.2. Çalışma alanı jeoloji haritası	18
4.3. Jeoloji haritası lejandı.	19
4.4. Tokat Metamorfiklerine ait bir görünüm.	21
4.5. Tokat Metamorfikleri mermer üyesine ait bir görünüm (Gelinsini köyü 4 km kuzeyi).....	21
4.6. Gelinsini Formasyonu Karlık üyesi kireçtaşlarından bir görünüm (Gelinsini köyü, kuzeye bakış).	22
4.7. Karakaya Formasyonu'ndan bir görünüm (Keçiköy).	23
4.8. Soğukçam Formasyonu'na ait kireçtaşlarından bir görünüm (Keçiköy doğusu, batıya bakış).....	24
4.9. Çalarasın Formasyonu'na ait kumtaşlarından bir görünüm Koçköy güneydoğusu, batıya bakış).....	25
4.10. Çeltek Formasyonu'ndan bir görünüm (Çeltek köyü kuzeydoğusu, batıya bakış).	26
4.11. Armutlu Formasyonu kumtaşlarından bir görünüm (Çeltek köyü, kuzeydoğuya bakış). ...	27
4.12. Bayat Formasyonu'na ait volkanitlerden bir görünüm (Bayat köyü).....	28
4.13. Peynirçayı Formasyonu'ndan bir görünüm (İnalanı köyü).	29
4.14. Tavşandağı granodiyoritinden bir görünüm (Derealan köyü).	31
4.15. Yedikır Formasyonuna ait bir görünüm (Çayüstü köyü batısı).....	32
4.16. Değim Formasyonu'na ait bir görünüm (Şeyhkoyun köyü, batıya bakış).	33
4.17. Alüvyon yelpazesi çökellerinden bir görünüm (Yakacık köyü, güneydoğusu, kuzeybatıya bakış).....	34
4.18. D-B doğrultulu eğim atımlı Merzifon Fay Zonu'ndan bir görünüm (Çiftçioğlu köyü güneyi, kuzeybatıya bakış).	36
4.19. Merzifon çek-ayır havzasını oluşturan faylar ve neotektonik haritası (Rojay ve Koçyiğit, 2010).	36
4.20. KD-GB sağ yönlü doğrultulu atımlı faydan bir görünüm (Çavundur köyü kuzeyi).	37
4.21. KB-GD doğrultulu eğim atımlı normal faydan bir görünüm (Hırka köyü 2 km batısı, batıya bakış).....	38

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Jeofizik DES noktaları lokasyon haritası.	39
5.2. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajından geçen 1 nolu profile ait görünür eş özdirenç kesiti.....	40
5.3. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajından geçen 1 nolu profile ait elektrik yapı kesiti.	41
5.4. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 250 m görünür eş özdirenç seviye haritası.	42
5.5. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 500 m görünür eş özdirenç seviye haritası.	42
5.6. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 750 m görünür eş özdirenç seviye haritası.....	43
5.7. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 1.000 m görünür eş özdirenç seviye haritası.	43
5.8. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajından geçen Doğal Potansiyel (SP) anomali kesiti.	44
5.9. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajının olduğu noktanın DES eğrisi.....	45
5.10. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajından geçen 2 nolu profile ait görünür eş özdirenç kesiti.	46
5.11. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajından geçen 2 nolu profiline ait jeoelektrik yapı kesiti.....	46
5.12. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı güneyinden geçen profile ait görünür eş özdirenç kesiti.....	47
5.13. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı güneyinden geçen profile ait jeoelektrik yapı kesiti.....	47
5.14. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresine ait taban topografya haritası.	48
5.15. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 250 m görünür eş özdirenç seviye haritası.	49
5.16. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 500 m görünür eş özdirenç seviye haritası.	49
5.17. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 750 m görünür eş özdirenç seviye haritası.	50
5.18. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 1.000 m görünür eş özdirenç seviye haritası.	50
5.19. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajına ait O04 DES ölçüsüne ait DES eğrisi.....	51

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.20. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajından geçen Doğal Potansiyel (SP) anomali kesiti....	52
5.21. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajından geçen 3 nolu profile ait görünür eş öz direnç kesiti.....	53
5.22. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajından geçen 3 nolu profile ait jeoelektrik yapı kesiti.....	53
5.23. ASK-2016/11 sondajına ait K46 DES eğrisi.....	54
6.1. AMO-2015/8 jeotermal sondajına ait kuyu logu.....	58
6.2. AMO-2015/8 jeotermal kuyusuna ait statik sıcaklık ve statik basınç ölçülerine ait değerlerin derinliğe göre değişim grafiği.....	61
6.3. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda alınan water loss sıcaklık değerlerinin derinliğe göre değişim grafiği.....	63
6.4. AMO-2015/8 jeotermal kuyusu üretim zonundan alınan basınç ve enjeksiyon debisinin zamana göre değişim grafiği.....	64
6.5. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda dinamik sıcaklık ve dinamik basınç değerlerinin derinliğe göre değişim grafiği.....	65
6.6. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda build up basınç testinin zamana göre değişim grafiği.....	66
6.7. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ait kuyu logu.....	70
6.8. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı statik sıcaklık ve statik basınç ölçülerine ait grafik.....	73
6.9. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı Water-loss-1 ve Warm-up-1 grafiği.....	74
6.10. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı ve üretim çalışmalarından bir görünüm.....	76
6.11. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı dinamik sıcaklık ve basınç ölçüleri.....	78
6.12. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ait basınç yükselimi (build-up) testi grafiği.....	79
6.13. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı water loss-2 ve warm up-2 testlerine ait grafik.....	80
6.14. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına tüm sıcaklık eğrilerini gösterir grafik.....	81
6.15. ASK-2016/11 jeotermal sondajına ait kuyu logu.....	85
6.16. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajı enjektivite grafiği.....	88
6.17. ASK-2016/11 jeotermal kuyusunda alınan water loss sıcaklık değerlerinin derinliğe göre değişim grafiği.....	89
6.18. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajı water-loss-2 grafiği.....	91
6.19. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajı 2. Asit Sonrası enjeksiyon grafiği.....	92
7.1. Çalışma alanında örneklenen sulara ait Piper (1944) diyagramı.....	96

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.2. Çalışma alanında örneklenen yüzey suları ve jeotermal sondajlara ait yarı logaritmik Schoeller (1967) diyagramı.	98
7.3. Çalışma alanında örneklenen yüzey sularına uymayan ve jeotermal sondajlara ait yarı logaritmik Schoeller (1967) diyagramı.	99
7.4. Çalışma alanındaki örneklene sulara ait doygunluk analizi.	100
7.5. Çalışma alanındaki jeotermal kuyuların sularına ait (Langelier-Ludwing, 1942) kalsiyum denge diyagramı.	101
7.6. Örneklenen numunelere ait Giggenbach (1988) Na-K-Mg üçgen diyagramı.	106
8.1. Çalışma alanında örneklenen su kaynaklarına ait oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) ve döteryum (δD) grafiği.	111
8.2. Çalışma alanındaki suların EC- ^3H grafiği.	113
8.3. Çalışma alanındaki suların Cl- ^3H grafiği.	114
9.1. 1/100.000 ölçekli G 34-G 35 Rejyonel Gravite Bouguer Anomali Haritası.	116
9.2. 1/100.000 ölçekli G 34-G 35 Havadan Rejyonel Manyetik (Total Alan) Anomali Haritası.	117
9.3. Merzifon-Suluova çek-ayır havzasında yapılan jeotermal sondajlar.	118
9.4. AMO-2015/8 sondajında 2.198-2.200 m'ler arasındaki karot.	119
9.5. ASK-2016/11 jeotermal sondajında 2.198-2.200 m'ler haki yeşil metakırıntılılar ile şeffaf-süt beyaz kalkşist seviyelerinin ardalanması karşılık gelen seviyeler, b) a'nın yakın görünümü ve c) bol kırık çatlaklı çatlakları kalsit dolgululu olan seviyeleri.	120
9.6. AMÇ-2016/3 sondajında 2.198-2.200 m'ler arasındaki karot.	121
9.7. Merzifon Suluova çek-ayır havzasının 3 Boyutlu Kavramsal Modeli.	122

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.1. AMO-2015/8 jeotermal sondajına ait bazı özet bilgiler.....	56
6.2. AMO-2015/8 jeotermal sondajı çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.	57
6.3. AMO-2015/8 jeotermal sondajı ait çamur kaçak zonları ve miktarları.....	57
6.4. AMO-2015/8 jeotermal kuyusu teçhiz bilgileri.	59
6.5. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda okunan water loss sıcaklık değerlerinin derinliğe göre değişim değerleri.	62
6.6. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda build-up basınç testinin zamana göre okunan değerleri.....	65
6.7. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ait bazı özet bilgiler.	67
6.8. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.....	68
6.9. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı kısmi kaçak zon ve miktarları.	69
6.10. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında kuyu taban derinliği 2.200 m iken 92,5 saat beklemeli olarak alınan termik-2 log ölçüsüne ait değerler.	71
6.11. AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu teçhiz bilgileri	72
6.12. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı Waterloss-1 ve warmup-1 değerleri.	74
6.13. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı dinamik sıcaklık ve dinamik basınç ölçülerine ait değerler.....	77
6.14. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı Build-up (basınç yükselim) testi değerleri.	78
6.15. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı water loss-2 ve warm up-2 testlerine ait değerler	80
6.16. ASK-2016/11 jeotermal sondajına ait bazı özet bilgiler.	82
6.17. ASK-2016/11 jeotermal sondajı çamur kaçak miktarları.....	83
6.18. ASK-2016/11 jeotermal sondajı çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.....	84
6.19. ASK-2016/11 ASK-2016/11 jeotermal sondajında 92,5 saat beklemeli olarak alınan termik-2 log ölçüsüne ait değerler.....	86
6.20. ASK-2016/11 jeotermal kuyusu teçhiz bilgileri.....	87
6.21 ASK-2016/11 jeotermal kuyusunda okunan water loss sıcaklık değerlerinin derinliğe göre değişim değerleri.	89
6.22 ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajı dinamik sıcaklık ve dinamik basınç değerleri.	90
7.1. Örneklenen sulara ait kimyasal analiz sonuçları.	94
7.2. Örneklenen suların yüzde meq/l cinsinden analiz değerleri ve su tipleri.....	95
7.3. Jeotermal kuyular ve kısmen denge durumunda olan kaynaklara ait derişim değerleri.....	102
7.4. Katyon jeotermometre eşitlikleri.....	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge

Sayfa

7.5. Katyon jeotermometreleri ile muhtemel hesaplanan rezervuar sıcaklıkları (°C).	104
7.6. Silis jeotermometre eşitlikleri (S=ppm olarak SiO ₂ derişimidir).	107
8.1. Çalışma alanında örneklenen izotop analiz değerleri ve bazı kimyasal değerler.	108
8.2. Çalışma alanında Trityum içeriği beslenme yaşı tablosu (Clark ve Fritz, 1997).	112



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
°C/m	M’de Santigrad derece
kg/m ²	M kareye düşen kilogram
hp	Beygir gücü
Kcal/kg	Kilogramda kilokalori
mV	Milivolt
l/s	litre/saniye
"	İnç
ml	Mililitre
µs/cm	Mikrosiemens/santim.
δD	Döteryum
δ ¹⁸ O	Oksijen 18
³ H	Trityum
ppt	Binde bir
psi	İnç kareye pound cinsinden uygulanan kuvvet
ppm	Milyonda bir
TU	Trityum unit
Mwt	Megavattermal
mg/l	miligram/litre
ohm.m	Ohm.m
mV	Milivolt
t/sa/bar	Ton/Saat/Bar
whp	Kuyu Başı Basıncı
kvA	Kilovoltamper
meq/l	milieküvalans/litre

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
AMO-2015/8	Amasya Merzifon Ortaova-2015/8
AMÇ-2016/3	Amasya Merzifon Çobanören-2016/3
ASK-2016/11	Amasya Suluova-Kazanlı-2016/11
M.Ö	Milattan Önce

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
EC	Elektriksel İletkenlik
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
TAKK	Teknik Araştırma Kalite Kontrol
VSMOW	Vienna Standard Mean Ocean Water
DES	Düşey Elektrik Sondaj
DR	Derin Özdirenç
DMSD	Dünya Meteorik Su Doğrusu
MMSD	Marmara Meteorik Su Doğrusu
AMSD	Akdeniz Meteorik Su Doğrusu
HCl	Hidroklorik asit
TDS	Toplam Çözünmüş Katı Madde
SP	Doğal Potansiyel
GPS	Global Positioning System
UTM	Universal Transverse Mercator
ED50	European Datum 1950
DP	Drill pipe
I	Langelier İndeksi
MT	Manyetotellürik
IAH	Uluslararası Hidrojeologlar Birliği
pH	Hidrojenin Gücü
PI	Üretim Endeksi
Log	Logaritma
U	Uranyum
Th	Toryum
K	Potasyum

1. GİRİŞ

Alp-Himalaya kuşağında yer alan Türkiye, aktif tektonik ve genç volkanik etkinlikler nedeniyle jeotermal enerji açısından oldukça zengin bir konuma sahiptir. Özellikle Batı Anadolu'da gerilmeli tektonik rejimine bağlı gelişen horst-graben sistemlerinde yüksek sıcaklığa sahip jeotermal alanlar, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da volkanik ve tektonik faaliyetlere bağlı gelişen jeotermal sahalar, İç Anadolu'da da volkanizma ve magmatizmaya bağlı gelişen jeotermal sahalar bulunmaktadır. Bu sahalarda, elektrik santrallerden elektrik üretimi, şehir ısıtmacılığı, seracılık faaliyetleri ve termal turizm jeotermal enerjinin kullanım alanlarıdır. Ülkemizin kuzeyinden, neotektonik dönemde hareketine başlayan yaklaşık 1.100 km karada, 500 km denizde toplam 1.600 km uzunluğundaki sağ yanal doğrultu atımlı transform Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) geçmektedir. KAFZ' na bağlı gelişen çek-ayır havzalarda rezervuar sıcaklıkları <100 °C olan çok sayıda jeotermal alan tespit edilmiş bulunmaktadır.

Amasya ili Merzifon ilçesi Ankara-Samsun karayolu üzerinde Anadolu'dan Karadeniz'e açılan önemli güzergah üzerinde bulunmaktadır. Merzifon Amasya ilinin en büyük ilçesidir. Merzifon'nun geniş ovası ve verimli toprakları bulunmaktadır. Bu ovada sivil havaalanının yanında askeri bir havaalanı da bulunmaktadır. Merzifon-Suluova çek-ayır havzalarının kuzeyinde 53 °C'lik Havza jeotermal sahası, batısında 42 °C'lik Hamamözü jeotermal sahası, güneyinde 37,8 °C'lik Amasya-Gözlek sahası ile 40,1 °C'lik Amasya-Terziköy sahası ve kuzeydoğusunda 38 °C'lik Ladik sahaları Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü (MTA) tarafından önceki yıllarda keşfedilmiş ve Hamamözü, Havza, Gözlek ve Terziköy sahalarında jeotermal sondajları yapılmış sahalardır (Akkuş vd., 2005). KAFZ'nun yaklaşık 30 km. güneyinde bulunan Merzifon çek-ayır havzası, KAFZ 'na bağlı olarak gelişen aktif kenar fayların etkisiyle hem ötelenmeye hem de fayların eğim atımları sayesinde derinleşmeye devam etmektedir. Çevresinde jeotermal sahaların varlığı, örtü niteliğindeki kalın çökelin bulunması, aktif kenar fayları ve ortasından geçen Uzunyazı aktif fayının bulunması yanında Tavşandağı Granodiyoritinin ısıtıcı kütle olarak düşünülmesinden dolayı Merzifon çek-ayır havzasının jeotermal potansiyelinin araştırılmasına gereksinim duyulmuştur. Havza bu özellikleri nedeniyle jeoloji, yapısal jeoloji, jeofizik, hidrojeokimya, izotop, mineraloji petrografi analiz çalışmaları ışığında araştırma sondajlarının yapılması gibi farklı disiplinler içeren araştırmalara konu olmuştur.

Sunulan bu yüksek lisans tezi, Amasya Merzifon-Suluova çek-ayır havzasındaki jeotermal sahaların keşfi için yapılan jeolojik, jeofizik, tektonik, hidrojeokimyasal, izotop kimyası

ve sondaj çalışmalarının sonuçları ile havzanın oluşumu ve kavramsal modelinin oluşturulmasını konu almaktadır.

Tezin Amacı

Amasya ili Merzifon-Suluova çek-ayır havzasında jeoloji, jeofizik, yapısal jeoloji, hidrojeokimya, izotop ve mineraloji-petrografi analiz çalışmaları ışığında araştırma sondajlarının yapılarak havzanın jeotermal potansiyelinin ortaya koyulması ve kavramsal hidrotermal modelinin çıkarılması amaçlanmıştır.

Sunulan tez, belirtilen amaç doğrultusunda 2015-2017 yılları arasında gerçekleştirilen literatür çalışmaları, jeoloji, jeofizik, yapısal jeoloji ve sondaj çalışmalarından oluşan saha çalışmaları, hidrojeokimya, izotop ve mineraloji petrografi analizlerinden oluşan laboratuvar çalışmaları ile büro çalışmaları olmak üzere 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

a. Literatür Çalışması

Çalışma sahasını içerisine alan daha önce gerçekleştirilmiş jeolojik, tektonik, jeofizik ve morfotektonik amaçlı çalışmalardan yararlanılarak, Amasya-Merzifon-Suluova çek-ayır havzasındaki saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları verileri birlikte değerlendirilmiş ve jeoloji haritası revize edilmiştir.

b. Saha Çalışmaları

Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası tektonik unsurlarıyla birlikte düzenlenmiştir. İnceleme alanında bulunan 362 adet soğuk ve sıcak kaynaklar, keson kuyulardan yerinde elektriksel iletkenlik, sıcaklık ve tuzluluk ölçümü yapılmıştır. 11 adet lokasyondan mineralojik-petrografik analiz için örnek alınmıştır.

Jeofizik etüt çalışmaları kapsamında toplam 393 adet lokasyonda düşey elektrik sondaj (DES) ölçüsü alınmıştır. Önceki yıllarda 1/100.000 ölçekli Rejyonel Gravite Bougeur Anomali haritaları (G-34, G-35) ile Havadan Rejyonel Manyetik (Total Alan) Anomali Haritaları (G-34, G-35) MTA Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı tarafından yapılmıştır. Merzifon-Suluova çek-ayır havzalarının yaklaşık çökel kalınlığı ile havzayı oluşturan temel kayaçların manyetik davranışları bu haritalardan yararlanılarak değerlendirilmiştir. Uzunluğu 3650 m olan 3 profil üzerinde doğal potansiyel (SP) çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışmaların sonucunda en uygun noktalarda AMO-2015/8, AMÇ-2016/3 ve ASK-2017/11 no.lu 2200 m derinliğinde üç adet jeotermal araştırma sondajları yapılmıştır. Yapılan

sondajlarda kuyu litolojisi takibi, kuyu çamur giriş çıkış sıcaklıkları, çamurun viskozite ve ağırlıkları, çamur kaçak seviyeleri, kuyu içi jeofizik ölçümleri, kuyu teçhizi, kuyu üretim çalışmaları (kompresörlü üretim, artezyenik üretim ve asitleme), kuyu test çalışmaları yapılmıştır (Öziçli vd., 2019, 2020).

c. Laboratuvar Çalışması

Saha jeoloji çalışmaları kapsamında 11 adet el örneğinden mineralojik-petrografik analiz yaptırılmıştır. Sahada 30 adet noktadan su numunesi alınmış ve majör anyon-kasyon analizleri yaptırılmıştır. Ayrıca 56 noktada döteryum (^2H), Oksijen-18 (^{18}O) ve Tritiyum (^3H) izotop analizleri yaptırılmıştır. Sondaj çalışması sonucu üretilen akışkandan hem kimyasal hem de izotop analizleri yapılmıştır. Kuyularda tabandan karot alınarak mineralojik petrografik analizleri yaptırılmıştır.

d. Büro Çalışması

Çalışma alanından alınan bütün saha, laboratuvar, sondaj verileri literatürden taranan verilerle karşılaştırılmış ve Merzifon-Suluova çek-ayır havzasında mostra veren formasyonlarla sondajda kesilen birimlerin korelasyonunun yapılması, sahanın jeotermal potansiyeli, sahanın jeotermal gradyanı, jeotermal akışkan üretim seviyeleri, üretilen akışkanın kimyasal ve izotopik özellikleri incelenerek su-kayaç etkileşim süreçleri, kimyasal jeotermometreler yardımı ile rezervuar koşullarındaki suların sıcaklıklarının tahmini, beslenme yükseklikleri ve sahanın jeolojik, jeofizik ile sondaj verilerinin bütünüyle değerlendirilmesiyle sahanın kavramsal modeli ortaya koyulmuştur.

Sunulan tez çalışması 10 bölümden oluşmaktadır. Bunlar sırası ile;

- I. Giriş bölümü, çalışmanın amaç ve kapsamını,
- II. Materyal ve Metod bölümü, çalışma kapsamında uygulanan yöntemleri,
- III. Bölüm, çalışma alanının coğrafik özelliklerini ve literatür derlemesini,
- IV. Jeoloji bölümü inceleme alanının jeolojik ve tektonik ana hatları ve stratigrafik dikme kesiti,
- V. Jeofizik bölümü, çalışma alanında uygulanan jeofizik yöntemlerden düşey elektrik sondajı verilerinden görünür eş özdirenç seviye kesitleri ile elektrik yapı kesitlerinin yorumlanması yapılmıştır.

1/100.000 ölçekli Rejyonel Gravite Bougeur Anomali haritaları (G-34, G-35) ile Havadan Rejyonel Manyetik (Total Alan) Anomali Haritaları (G-34, G-35) MTA Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı kapsamında Merzifon-Suluova çek-ayır havzalarının yaklaşık çökel kalınlığı ile havzayı oluşturan temel kayaçların manyetik davranışlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

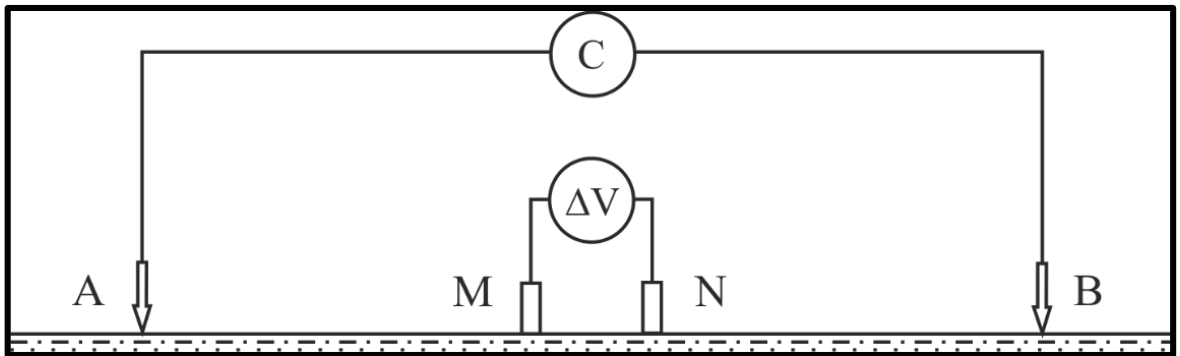
Doğal potansiyel (SP) verilerinden ise, yer altında oluşan elektrik akımlarının doğal potansiyel alanda meydana getirdiği değişimlerinin ölçülmesi ile jeotermal anomaliyle ilişkili aktif zonların belirlenmesinde faydalanılmıştır.

- VI. Sondaj çalışması, litolojisi, çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları, çamur kaçakları, üretim zonlarının belirlenmesi,
- VII. Hidrojeokimya bölümü, kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve rezervuar sıcaklıkları tahmin yöntemlerini,
- VIII. İzotop Hidrolojisi, duraylı izotop ve trityum analiz sonuçlarını,
- IX. Havzanın Gelişimi ve Jeotermal Modeli bölümünde, havzanın geçmişten günümüze şekillenmesi, neotektonik dönem sonrası açılmaya başlamasıyla oluşan çek-ayır havzanın jeotermal sistemin gelişimi, Merzifon-Suluova çek-ayır havzasında yapılan derin jeotermal sondajlara göre jeolojik modelini,
- X. Sonuçlar ve Öneriler bölümlerini kapsamaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

Amasya Merzifon-Suluova çek-ayır havzası ve çevresinde 9 adet 1/25.000 ölçekli yaklaşık 1300 km² alanın jeoloji haritası güncellenmiştir. Merzifon-Suluova çek-ayır havzası KAFZ'na bağlı geliştiği için doğu-batı doğrultulu kenar fay zonları ve bunları kesen kuzey güney kırık hatları ve tabaka eğim ölçüleri BRUNTON marka pusula ile ölçülerek haritalanmıştır. Bu hatlar boyunca çıkan kaynaklar ile havzada açılmış olan keson kuyuların takibi yapılarak yerinde ölçümler YSI 556 model multiparametre ölçer ile yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında haritada yer bulma, jeolojik sınırın konumu, fayın konumu, kuyu veya kaynakların konumunu GARMIN marka konum-ölçer (GPS) ile koordinatları UTM projeksiyonu ve ED 50 Datum tabanlı ölçülmüştür. Çalışmalar sırasında sığ (keson) ve derin kuyu, kaynak ve jeotermal sondajdan alınan akışkan örneklerinin majör iyon (anyon ve katyon) analizleri, MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi laboratuvarlarında, çevresel izotop (²H, ¹⁸O) ile trityum (³H) izotop analizleri DSİ Teknik Araştırma Kalite ve Kontrol Dairesi (TAKK) İzotop Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Kayaç örneklerinin mineralojik-petrografik analizleri ise MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında tektonik hatları dik kesecek şekilde profiller oluşturularak, jeoelektrik yöntemlerden jeofizik düşey elektrik sondajı (DES) uygulanmıştır. Özdirenç ölçüleri MTA yapımı DR (derin özdirenç) ekipmanı ile alınmıştır. Bu yöntemle yapılan ölçümler, Schlumberger elektrot dizilimi ile yapılmıştır. Profiller üzerindeki DES noktaları arasındaki mesafeler 120-500 m arasında değişmektedir. DES çalışmalarında araştırma derinliği (AB/2), arazideki koşulların izin verdiği ölçüde ve gerektiği kadar (1.500-2.250 m) olmuştur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Schlumberger elektrot dizilimi.

Bu yöntemle, yer altındaki yapıların rezistivite değişimleri, düşük öz dirençli seviyeleri, jeo elektrik yapı kesitleri, görünür eş öz direnç kesitleri, görünür eş öz direnç seviye haritalarının çıkartılması ve jeotermal açıdan anomali olacak noktaların belirlenmesi jeolojik ve hidrojeolojik verileri de örtüştürerek gerçekleştirilmiştir.

Doğal Potansiyel (SP) yöntemi yer içinde doğal olarak oluşan akımların meydana getirdiği bir potansiyeldir. SP çalışmasında, iki nokta arasındaki doğal potansiyel farkların türev değeri olarak ölçülmüştür. Ölçü alma sistemi olarak kayma düzeneği kullanılmış ve kaydırma aralığı 25 m. olarak tutulmuştur. SP oluşumunun nedenlerini çözelti yoğunluğu ayrılığı, sıcaklık ayrılığı, basınç ayrılığı, süzülmeden ya da akmadan kaynaklanan gerilim olarak dört ana grupta toplayabiliriz. Kırık hatlar boyunca yüzeye çıkan jeotermal akışkanlar, sıcak bölgeyle soğuk bölgeyi birbirinden ayırırlar. Sıcak yönde negatif (-) SP, soğuk yönde pozitif (+) SP değerleri oluşur.

Sondaj çalışmalarında MR-6000-2 kule tipi makina kullanılmıştır (Şekil 2.2). Bu sondaj makinasına ait bilgiler şu şekildedir: Drawworks: Drillmec 18" X 38" (Çap ve genişlik), Swivel: Drillmec 136 ton, Rotary: American Blok 27,5", Travelling Block: American Blok 175 ton, motor sayısı: 1 adet C-18 Caterpillar, toplam motor gücü: 600 hp, sondaj halatı çapı (mm): 1 1/8" (8 donanım), delme kapasitesi: 2200 m. (4 1/2 " tij ile), kule yüksekliği: 37,6 m (yerden itibaren), kule balkon yüksekliği: 16,7 m (Platformdan), çamur pompası özellikleri: 2 adet Drillmec 9T-800 Triplex (tek etkili), maksimum basınç: 5000 psi, maksimum debi: 600 GPM, liner boyu: 9", liner çapı: 4 1/2" - 7", kuledeki mevcut linerler: 7", 6 1/2", 6", 5 1/2", 4 1/2", motor gücü: 800 hp Caterpillar C27, jeneratör: 1 adet 500 kVA Aksa jeneratördür.



Şekil 2.2. MR-6000-2 kule tipi sondajlı makinası.

Sahada yapılan sondajdan sonra kuyu test çalışmaları yapılmıştır. Amerada test vinci kullanılarak yapılan ölçüler Kuster K10 Geothermal PT Tool ile alınmış olup, istasyon noktalarında 1 dakikalık beklemler algılama zamanı için yeterli gelmektedir. Sistemde 1 sn aralıklarla veri alacak şekilde programlama yapılmıştır. Tüm testler boyunca toplamda yaklaşık 20 saatlik bir pil kullanımı gerçekleşmiştir. Kuyu testlerinde ilk statik sıcaklık, statik basınç, dinamik sıcaklık, dinamik basınç, water-loss (su kaybı), build-up (Basınç yükselimi) testleri yapılmıştır. Bu testlerle kuyu taban sıcaklığı, kuyu başı basıncı, kuyuda üretim yapabilecek

zonların bulunması gibi sonuçlar elde edilir. Kuyularda üretim seviyelerini vakumlamak için 30 bar kapasiteli Atlas Copco XRVS-566 kompresör kullanılmıştır. Jeotermal kuyularda sondaj ilerlemesi bittikten sonra üretim seviyelerini belirlemek ve kuyu teçhiz seviyelerinin belirlenebilmesi için kuyu içi jeofizik log ölçümleri yapılmıştır. Termik, GammaRay-Nötron, elektrik, caliper, density logları alınmış ve yorumlanmıştır. Çalışma alanından alınan su örnekleri ve jeotermal kuyulardan alınan su örneklerinden kimyasal ve izotop analizleri yaptırılmıştır. Kuyulardaki suların tipleri, kökenleri, beslenme yükseklikleri, su kayaç etkileşim süreçleri ile jeotermometreler yardımı ile rezervuar sıcaklığı tahmin edilmiştir. Kuyulardan alınan karotların mineralojik-petrografik analizlerinden stratigrafik korelasyon yapılmış ve kuyu logu çıkartılmıştır. Çalışma alanında yapılan bütün jeoloji, yapısal jeoloji, jeofizik, hidrojeokimya, izotop, sondaj, kuyu testlerinden elde edilen veriler ışığında havzanın jeotermal potansiyeli ve kavramsal modeli ortaya konulmuştur.

3. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

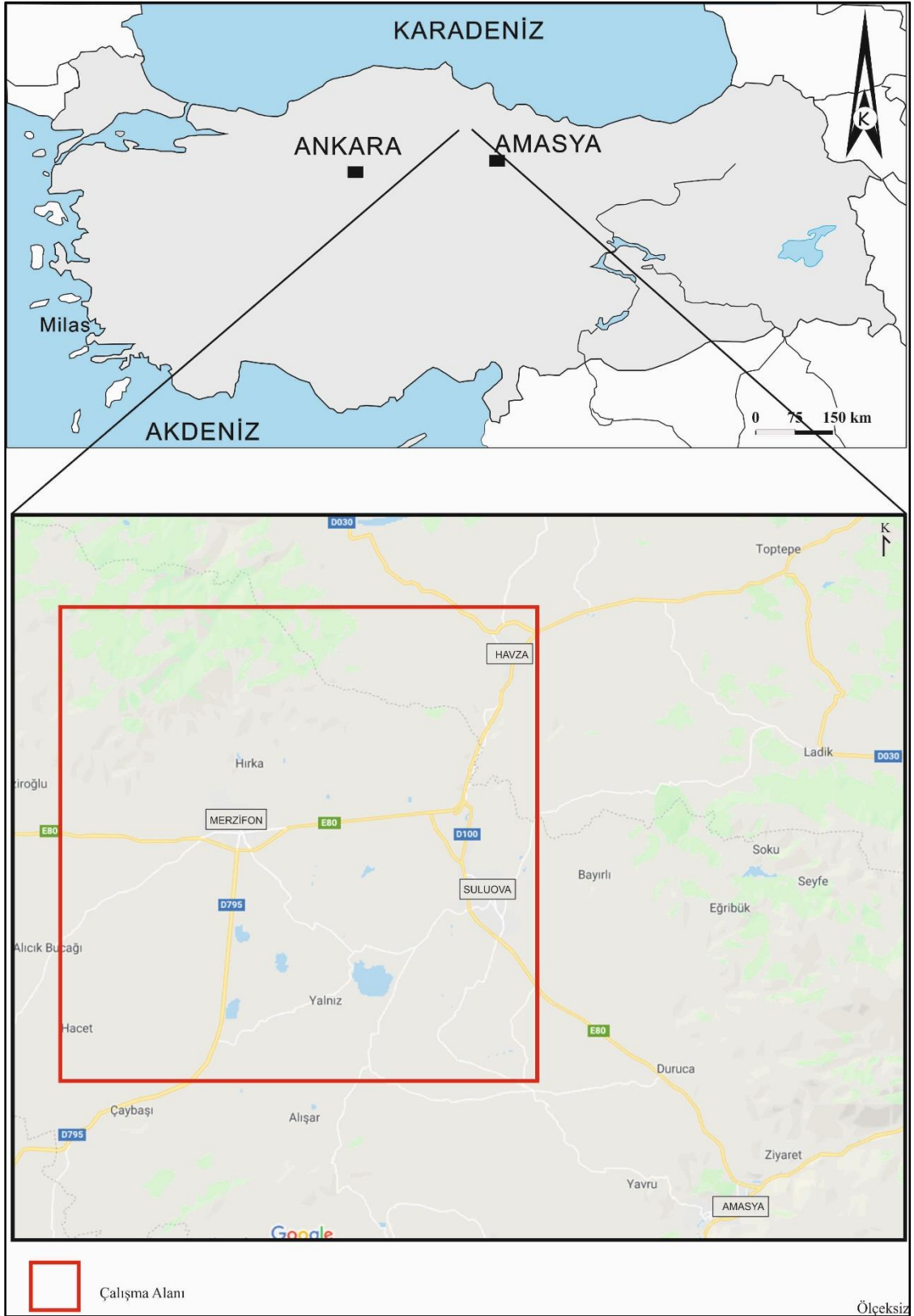
3.1. Çalışma Alanı Yeri ve Coğrafi Durumu

Çalışma alanı, Amasya il merkezinin kuzeybatısındaki Merzifon, Suluova ve Havza ilçelerini içine alan çek-ayır havzasında yer almaktadır. Merzifon, Anadolu'yu Karadeniz'e bağlayan Çorum-Havza-Samsun güzergahında bulunmaktadır. Merzifon ilçesi Amasya il merkezine 46 km mesafede bulunmaktadır. Çalışma alanı 9 adet G-34b₁, G-34b₂, G-34b₃, G-34b₄, G-35a₁, G-35a₂, G-35a₃, G-35a₄, G-35d₂ 1/25.000 ölçekli yaklaşık 1300 km² alanı kapsamaktadır (Şekil 3.1).

Merzifon, Orta Karadeniz Bölümünün iç kesiminde Karadeniz ve İç Anadolu Bölgelerinin ikliminden etkisi altındadır. Yazları kurak ve yağışsız, kış ve baharları yağışlıdır. Yıllık ortalama hava sıcaklığı 13,8 °C ve yıllık yağış miktarı 460,8 mm'dir (<https://www.mgm.gov.tr/>, 2020). Ayrıca çalışma sahasında, Amasya Merzifon sivil ve askeri amaçlı havalimanı bulunup Merzifon'a 5 km, Havza'ya 28 km, Amasya'ya 47 km ve Çorum'a 66 km uzaklıktadır.

Çalışma alanı içerisinde ve çevresinde, kömür oluşumları Suluova, Merzifon ilçelerinde yer alan Çeltek ve Yeni Çeltek linyit sahaları ve Gümüşhacıköy' de gümüşlü kurşun-çinko cevherleşmesi bulunmaktadır (<https://www.mta.gov.tr/>, 2018).

Merzifon ovasındaki tarımsal faaliyetlerden kuru soğan, şekerpancarı, nohut, tohum haşhaş, fiğ, silajlık mısır, kiraz, şeftali, elma ve ceviz üretimi ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır (<https://amasya.tarimorman.gov.tr/>, 2019).



Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

3.2. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanında daha önce jeolojik, jeofizik, tektonik, morfolotektonik, hidrojeolojik, jeotermal amaçlı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibidir.

Genç vd. (1991) “Merzifon (Amasya) Dolayının Jeolojisi” başlıklı MTA raporunda, sahanın genel stratigrafisi, sahadaki birimlerin jeolojik özellikleri, yaşları, birimlerin birbirleriyle olan dokanak ilişkileri, çökelme ortamları ve yüzlek verdikleri alanlar ile sahanın paleocoğrafik evrim ve tektonik özellikleri hakkında bilgi vermektedirler.

Öktü vd. (1993) “Türkiye Termal ve Mineralli Sular Envanteri Amasya (05)” başlıklı MTA raporunda Amasya çevresinde bulunan sıcak sular hakkında bilgi vermektedirler.

Rojay (1993) “Tectonostratigraphy and Neotectonic Characteristics of The Southern Margin of Merzifon-Suluova Basin” başlıklı doktora tezinde, Merzifon ve Suluova havzalarının jeoloji ve neotektonik evrimi ve alanların genel stratigrafisi hakkında bilgi vermektedir.

Dirik (1994) “Kuzey Anadolu Transform Fay Zonunun Beşpınar-Havza kesimindeki Neotektonik Özellikleri” başlıklı makalesinde, Kuzey Anadolu Transform Fay Zonun’un sağ yanal doğrultu atımlı olduğu ve bu ortamlarda sıkışma-genişleme türü yapıların geliştiğini belirtmiştir.

Ölmez ve Sarp (1999) “Amasya-Terziköy Kaplıcası-Hidrojeoloji Etüdü” başlıklı MTA raporunda, Merzifon Ovası’nın güneyinde yer alan Terziköy kaplıcası ve civarında, jeotermal kaynaklara ait kimyasal analiz sonuçlarını değerlendirmiş ve sahada radon, toron toprak gazı ölçümleri yaparak, jeotermal akışkanın kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu fay sisteminden çıktığını belirtmişlerdir.

Özgür ve Özkan (2001) “Amasya-Terziköy T-2 Jeotermal Sondajı Kuyu Bitirme Raporu” başlıklı raporlarında, 325 metre derinliğe sahip olan jeotermal sondajın 40,1 °C sıcaklık ve 32 l/sn. artezyen debisinin olduğu ve kuyu içi log ölçümlerinde 280 metrede 40,4 °C sıcaklık ölçüldüğü hakkında bilgi vermektedirler.

Arıgün (2002) “Çorum-Mecitözü Doğusu ile Amasya-Doğantepe Arasındaki Karstik Kaynakların ve Beke Kaplıcasının Hidrojeoloji İncelemesi” başlıklı doktora tezinde, Merzifon Havzası’nın güneyinde bulunan Beke kaplıcalarına ait kaynak sularının kimyasal analiz ve çevresel izotop analiz sonuçlarını kullanarak yaptığı değerlendirmeler ile jeotermometre hesaplarına göre rezervuar sıcaklığının 67,24 °C ve bu suların derin dolaşimli ve meteorik kökenli olduğunu ortaya koymuştur.

Herece ve Akay (2003) “Kuzey Anadolu Fayı (KAF) Atlası” başlıklı eserlerinde Kuzey Anadolu Fayı’nın diri bir fay hattı olduğunu ifade etmişler, ikinci derece diğer fayların yerleri ve 15-30 km’lik bir zonun jeolojisi hakkında bilgi vermişlerdir.

Akkuş ve diğerleri (2005) “Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri” başlıklı envantere Amasya ilinde bulunan jeotermal kaynak ve sondajlara ait suların kimyasal analizleri ve suların tipleri ve sondajların logları hakkında bilgi vermektedir.

Ateş vd. (2006) “Amasya İli ve İl-ilçe merkezleri) Kentsel Gelişme Alanlarının Yerbilim Verileri” başlıklı çalışmalarında, Merzifon, Suluova, Gümüşhacıköy ilçelerinin jeolojisi, stratigrafisi, hidrojeolojik özellikleri ve bu ilçelerdeki sıcak su kaynaklarının, kömürlerin ve metalik madenlerin nerelerde çıkarıldığı ve bu madenler hakkında teknik bilgiler vermektedirler.

Özkan ve Kahraman (2006) “Amasya İli Jeotermal Kaynakları Değerlendirme Raporu” başlıklı raporlarında, Amasya ilinde bulunan jeotermal kaynak ve kuyularının koordinatları, sıcaklıkları, debileri ve bu kaynak ve kuyuların koruma alanları hakkında bilgiler vermektedirler.

Azıtepe ve Purtul (2008) “Amasya-Hamamözü H-2 Sıcak Su Sondajı Kuyu Bitirme Raporu” başlıklı raporlarında, 597 metre yapılan jeotermal sondajın 42 °C sıcaklık ve 18 l/sn. artezyen debisinin olduğu ve kuyununun 288 metrede temel birimlere ait Jura kireçtaşlarına girdiği hakkında bilgiler vermektedirler.

Ersoy ve Ersoy (2008) “Stuyfzand Hidrojeokimyasal Modelleme Sistemi: Gümüşhacıköy (Amasya) Akifer Örneği“ başlıklı makalelerinde, Merzifon-Gümüşhacıköy havzalarındaki DSİ’ye ait olan sondaj sularındaki analizlere göre akiferin NaHCO_3 su tipinden MgHCO_3 su tipine doğru devam ettiğini; daha sonra yapılan sondajlarla da CaHCO_3 su tipinden CaHCO_3 su tipine gittiğini göstermişler, bu havzada yıkanma işleminin batıdan doğuya olduğunu, ayrıca yeraltı suyunun CaHCO_3 su tipine doğru değiştiğini göstermişlerdir.

Erturaç (2009) “Amasya ve Çevresinin Morfotektonik Evrimi” başlıklı doktora tezinde, Suluova havzasının Neojen stratigrafisi, havza öncesinde oluşan tektonik birlikteliklerin konumları ve birbirleriyle olan ilişkileri, havzanın KAFZ’na bağlı olarak neotektonik dönemde açılması ve oluşması, Suluova, Merzifon çek ayır havzasını oluşturan ana fay sistemlerinin mekanizmaları ve hareket yönleri hakkında bilgi vermektedir.

Erturaç ve Tüysüz (2010) “Amasya ve Çevresinin Depremselliği ve Deterministik Deprem Tehlike Analizi” başlıklı makalelerinde, bölgede yakın dönemde büyük bir deprem beklenmediği hakkında bilgi vermektedirler.

Rojay ve Koçyiğit (2010) “An Active Composite Pull-apart Basin Within the Central Part of the North Anatolian Fault System: the Merzifon-Suluova Basin, Turkey” başlıklı makalelerinde, Merzifon ve Suluova havzalarını oluşturan havza fayları ve neotektonik fayların evrimi ile Miyosen ve Pliyokuvaterner havzalarının açısız olarak uyumsuz oldukları hakkında bilgi vermektedirler.

MTA (2013a) tarafından yayınlanan “Türkiye Jeoloji Haritaları, 1/100.000 Ölçekli Çorum G-34 Paftası” başlıklı çalışmada, bölgenin stratigrafisi, jeolojisi, tektoniği ortaya konmuştur.

MTA (2013b) tarafından yayınlanan “Türkiye Jeoloji Haritaları, 1/100.000 Ölçekli Çorum G-35 Paftası” başlıklı çalışmada, bölgenin stratigrafisi, jeolojisi, tektoniği ortaya konmuştur.

Öziçli vd. (2018) “Amasya-Merzifon-Osmanoğlu ARA.05.00.2014.Jeo.3, Amasya-Merzifon-Aksungur ARA.05.00.2014.Jeo.4, Amasya-Merzifon-Uzunyazı ARA.05.00.2015.Jeo.2, Amasya-Suluova-Kerimoğlu ARA.05.00.2015.Jeo.3, Amasya-Suluova-Kurnaz ARA.05.00.2015.Jeo.4, Amasya-Gümüşhacıköy-Güblüce ARA.05.00.2015.Jeo.5, Amasya-Merzifon-Karatepe ARA.05.00.2015.Jeo.6 ve Amasya-Merzifon-Sarıköy ARA.05.00.2015.Jeo.7 Jeotermal Kaynak Arama Ruhsat Sahalarına Ait Jeotermal Etüt (Jeoloji-Jeofizik) Raporu” başlıklı çalışmalarında, AMO-2015/8 jeotermal sondajının içinde yer aldığı AR.05.00.2015.JEO.2 Amasya-Merzifon-Uzunyazı jeotermal kaynak arama ruhsat sahası ve diğer 7 adet ruhsat sahasına yönelik olarak gerçekleştirilen etüt çalışması sonucunda, Merzifon çek-ayır havzası ve Suluova havzasının jeolojik, hidrojeolojik, jeofiziksel özellikleri ve havzaların jeotermal potansiyeli hakkında bilgi vermiş ve çalışılan 8 ruhsatın 5 tanesinde (Amasya-Merzifon-Uzunyazı ARA.05.00.2015.JEO.2, Amasya-Merzifon-Osmanoğlu ARA.05.00.2014.JEO.3, Amasya-Suluova-Kerimoğlu ARA.05.00.2015.JEO.3, Amasya-Merzifon-Sarıköy ARA.05.00.2015.JEO.7 ve Amasya-Suluova-Kurnaz ARA.05.00.2015.JEO.4) toplam 10 adet sondaj önermişlerdir.

Öziçli vd. (2019a) “Amasya-Merzifon-Uzunyazı AMO-2015/8 jeotermal sondajı kuyu bitirme raporu” başlıklı çalışmalarında Merzifon çek-ayır havzasının ortasında yapılan 2.200 metre derinliğindeki sondajın karotları, litolojik istif, jeotermal kuyunun üretim değerleri ile yapılan testler sonrasındaki kuyu Parametreleri hakkında bilgi vermektedir.

Öziçli vd. (2019b) “Amasya-Merzifon-Osmanoğlu AR:05.00.2014.JEO.3 Jeotermal Kaynak Arama Ruhsat Sahası’na Ait AMÇ-2016/3 Jeotermal Sondajı Kuyu Bitirme Raporu”

başlıklı MTA raporunda havzanın jeotermal potansiyeli, havzada kesilecek birimlerin kalınlığı ve derinlikleri ve sahanın jeotermal gradyanı hakkında bilgi vermektedir.

Öziçli vd. (2020) “Amasya-Suluova-Kerimoğlu ASK-2016/11 Jeotermal Sondajı Kuyu Bitirme Raporu” başlıklı MTA raporunda havzanın jeotermal potansiyeli, havzada kesilecek birimlerin kalınlığı ve derinlikleri ve sahanın jeotermal gradyanı ve Merzifon ile Suluova havzaları arasında kalan alanda bir temel yükselimi olduğunu hakkında bilgi vermektedir.



4. GENEL JEOLJİ

4.1. Stratigrafi

Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay'ının güneyinde yer almakta olup, İzmir-Ankara-Erzincan Zonu ve Sakarya Zonu kayaçları, tektonik olarak bir araya gelmektedir. Bu birlikteliklerin üzerine örtü kayaçları örtmektedir. Çalışma alanında yüzlek veren birimlerin stratigrafik dikme kesiti Şekil 4.1'de jeoloji haritası ise Şekil 4.2'de ve jeoloji haritasının lejantında Şekil 4.3'de verilmektedir.

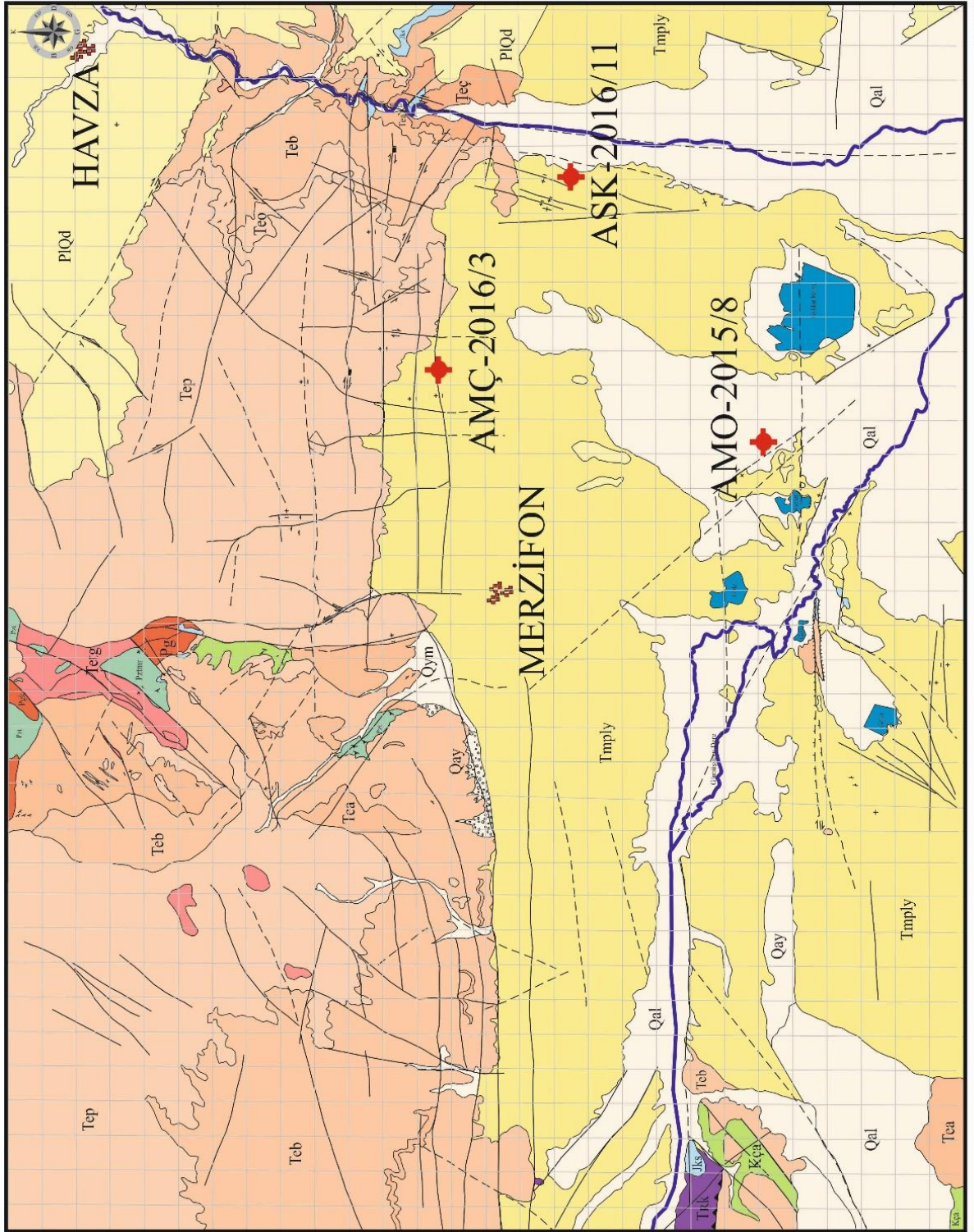
Stratigrafik olarak; çalışma alanında yüzlek vermemesine rağmen yapısal olarak altta yer alan Mesozoyik yaşlı Ofiyolit'in yerleşim yaşı Üst Kretase olup, bu birim, üst kesimlerinde çörtlü kireçtaşı, spilitik bazalt, radyolarit ve çamurtaşı, alt kesimlerinde ise serpantin, peridotit, gabro ve bunları kesen diyabaz dayklarından oluşmaktadır.

Çalışma alanında yüzeyleyen en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı, Sakarya Kıtası'na ait şist, fillat, kalkışist, metavolkanit ve mermerlerden oluşan Tokat Metamorfitleti'dir. Tokat Metamorfitleti, ofiyolitlerin üzerine tektonik dokanakla yerleşmektedir. Tokat Metamorfitleti'nin üzerine uyumsuz olarak Erken-Geç Permiyen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve kiltaşından oluşan Gelinsini Formasyonu ve kristalize kireçtaşı ve resifal kireçtaşlarından oluşan Karlık Üyesi gelmektedir.

Gelinsini Formasyonu'nun üzerine uyumsuz olarak Geç Triyas yaşlı çakıltaşı, arkozik kumtaşı, çamurtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ve volkanitlerden oluşan Karakaya Formasyonu gelmektedir. Karakaya Formasyonu'nun üzerine uyumsuz olarak mikritik kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, siltaşı ve çamurtaşından oluşan Soğukçam Formasyonu gelmektedir. Bu tektonik birlikteliklerin üzerine açısız uyumsuz olarak kumtaşı, siltaşı, çakıltaşı, mikritik kireçtaşı, çamurtaşı, volkanit ve kireçtaşı olistolitlerinden oluşan Geç Santoniyen-Maastrichtiyen yaşlı Çalarasın Formasyonu gelmektedir. Senozoyik öncesi bu birimlerin üzerinde, uyumsuz olarak kumtaşı ara katmanlı marn, siltaşı, çakıltaşı ve alt kısımlarda kömür seviyelerinden oluşan Alt Eosen-Lütesiyen yaşlı Çeltek Formasyonu gelmektedir. Bu birim üzerine uyumlu olarak sırası ile konglomera, kumtaşı, siltaşı, marn, kireçtaşı, alt seviyeleri bitümlü şeyl ara seviyeli Lütesiyen yaşlı Armutlu Formasyonu, alt seviyeleri volkanik malzemedan türemiş konglomera, kumtaşı, çamurtaşı üst seviyeleri andezit, bazaltik andezit, trakit, trakiandezit, ojitandezit ve biyotitandezitlerden oluşan Lütesiyen yaşlı Bayat Formasyonu, çamurtaşı, kumtaşı ve üst kısımlarında fosilli kireçtaşlarından oluşan Lütesiyen yaşlı Osmanoğlu Formasyonu gelmektedir.

Bu istif üzerine aglomera, tuf, lav, volkanik kumtaşı, kumtaşı, marn, kumlu kireçtaşı ardalanmasından oluşan Kuzuluk Formasyonu gelmektedir. Kuzuluk Formasyonu üzerine andezit, ojit andezit, trakit, bazalt, hornblend andezit, biyotit andezit, trakiandezit ve dasitten oluşan Lütésiyen sonrası, Eosen yaşlı Peynirçayı Volkanitleri gelmektedir. Lütésiyen sonrası yaşlı, porfirik dokulu Tavşandağı Granodiyoriti bütün bu birimleri keserek yüzeylemektedir.





Şekil 4.2. Çalışma alanı jeoloji haritası (Öziçli vd., 2018'den alınmıştır).

Qal	Altıyön: tuturulmamış blok, çakıl, kum, silt, çamur.		Sol yönlü doğrultu atımlı fay
Qay	Altıyön yelpazesi; tuturulmamış, kötlü boylamalı çakıl, kum.		Sağ yönlü doğrultu atımlı fay
Qym	Yamaç, Moloz; tuturulmamış tane destekli, çakıl ve blok.		Normal fay
PIQd	Değirm Formasyonu; gevşek tuturulmuş çakıllaş, çamurtaşı, kumtaşı.		Muhtemel normal fay
Temply	Yedikır Formasyonu; çakıllaş, kumtaşı, kılıtaş, silttaşı, çamurtaşı, mam, ara seviyelerde jips.		Karakter belirlenememiş fay
Teğsh	Tavaşandağı Granitoidi; skarn, hornfels, kontak metamorfik zon.		Muhtemel ters fay
Terg	Tavaşandağı Granitoidi; porfirik dokulu granodiyorit.		Eğim atımlı, sağ yönlü doğrultu atımlı fay
Tep	Peynirçayı Formasyonu; andezit, oji andezit, trakit, bazalt, hornblend andezit, biyotit andezit, trakiandezit, dasit. Aglomera, tüf, volkanik elmalı kumtaşı içerikli.		Bindirme
Teo	Osmanoğlu Formasyonu; çamurtaşı, kumtaşı, üst kısımları kırık çatlaklı, fosilli kireçtaşı.		Ters fay
Teb	Bayat Formasyonu; alt seviyeleri volkanik malzemenen türemiş konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, üst seviyeleri andezit, bazaltik andezit, trakit, trakiandezit, ojiandezit, biyotitandezit.		Muhtemel ters fay
Tca	Armutlu Formasyonu; konglomera, kumtaşı, silttaşı, mam, kireçtaşı. Alt seviyeleri bitümlü şeyl ara seviyeli.		Sağ yönlü doğrultu atımlı muhtemel ters fay
Teç	Çelekk Formasyonu; kumtaşı ara katmanlı mam, silttaşı, çakıllaş, alt kısımları ince, orta, kalın tabakalı kömür seviyeli ve bitki fosilli türbiditik seri.		Tabaka doğrultu ve eğim yönü
Kıca	Çalarasın Formasyonu; kumtaşı, silttaşı, çakıllaş, mikritik kireçtaşı, volkanit, çamurtaşı ve kireçtaşı oluştötiler.		Şistozite doğrultu ve eğim yönü
Jks	Soğukçam Formasyonu; bol kırıklı ve çatlaklı pelajik kireçtaşları. Alt seviyeleri mam, killi kireçtaşı, silttaşı ardalanmalı, orta seviyeleri türbiditik ve breşik kireçtaşı ve çamurtaşı ardalanmalı, üst kısımları çörtlü, mikritik kireçtaşı.		Akarsu
Pbk	Karakaya Formasyonu; arkozik kumtaşı, çamurtaşı, çakıllaş, volkanit, kumlu kireçtaşı, Karbonifer ve Permian yaşlı olistolitler.		Baraj/Gölet
Psa	Gelinsini Formasyonu; altta çakıllaş, üstte doğru kumtaşı, kılıtaş.		Jeotermal sondaj
Ppg	Karılık Üyesi; masif, kırıklı, çatlaklı kristalize kireçtaşı ve resifal kireçtaşları.		
PZl	Tokat Metamorfittleri; şist, fillit, kalkışt, metavolkanit, mermer.		
Pz	Mermer Üyesi; beyaz, beyazımsı gri renkli kalkışt ara seviyeli iri kristalli mermer, kalkışt.		

Şekil 4.3. Jeoloji haritası lejandı.

Eosen yaşı bu birimleri, uyumsuz olarak, çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, silttaşı, çamurtaşı, marn ve ara seviyelerinde jips bulunan Merzifon çek-ayır havzasını dolduran Üst Miyosen-Pliyosen yaşı Yedikır Formasyonu örtmektedir. Bu birimlerin üzerine, uyumsuz olarak, gevşek tutturulmuş çakıltaşı, çamurtaşı ve kumtaşından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşı Değim Formasyonu gelmektedir. Bunların üzerinede uyumsuz olarak, Kuvaterner yaşı, tutturulmamış, tane destekli, çakıl ve bloklardan oluşan yamaç molozu; tutturulmamış, kötü boylanmalı çakıl ve kumdan oluşan alüvyon yelpazesi ve tutturulmamış çakıl, kum, silt ve çamurdan oluşan alüvyon gelmektedir (MTA, 2013a; MTA, 2013b).

4.1.1. Tokat metamorfileri (Pzt)

Tokat Metamorfileri, killi, kumlu, karbonatlı ve volkanik kayaların bölgesel metamorfizma geçirmesi ile oluşmuştur. Birim, serizit-klorit-kuarsşist, muskovit-kuarsşist, serizit-kloritşist, fillit, kalkşist, mermer ve metavolkanit kayalarla temsil edilir. İçinde az miktarda dilimler halinde metaçört, metagabro ve serpantin içeren birim, genellikle yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Çalışma sahasının kuzeybatısında Tavşandağı, Gelinsini ve Yakacık köyleri kuzeyinde yüzelemektedir. Birim Özcan ve Aksay (1996) tarafından adlandırılmıştır (Şekil 4.4).

Tokat Metamorfileri içerisinde ayrıtlanan mermer üyesi (pztmr), beyaz, beyazımsı gri renkli, iri kristalli, kırık çatlaklı ve kalkşist ara seviyeli (Şekil 4.5). Tavşandağı granodiyoritinin etkilediği skarn zonlarında bakır cevherleşmeleri izlenmektedir. Tokat Metamorfilerinin üzerinde yer yer keskin, yer yerde geçişli bir dokanakla Triyas yaşı Devecidağ karışığı yer almaktadır (Özcan vd., 1980). Birimine ait jeolojik veriler ışığında Paleozoyik yaştadır. Birim içerisindeki bazı volkanitler, jeokimyasal olarak plaka içi özelliği gösterir (Çapan ve Floyd, 1985).



Şekil 4.4. Tokat Metamorfiklerine ait bir görünüm.



Şekil 4.5. Tokat Metamorfikleri mermer üyesine ait bir görünüm (Gelinsini köyü 4 km kuzeyi).

4.1.2. Gelinsini formasyonu (Pg) ve Karlık üyesi (Pgk)

Gelinsini Formasyonu, altta çakıltaşlarıyla başlayıp, üste doğru kumtaşı, kilitaşı ardışımı ile temsil edilmektedir. Kırıntılı ve karbonatlardan oluşan birim, Genç vd. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Birim ruhsat sahalarının kuzeyinde Çamlık Tepe, Çukurtuzla Tepe ve Gelinsini köyü dolayında yüzeylemektedir.

Karlık üyesi (Pgk); kristalize kireçtaşı ve resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Gelinsini Formasyonu'nun üst kısımlarında bulunmaktadır. Birim, beyaz, beyazımsı gri renkli, orta ve kalın katmanlı, masif, sert, kırıklı ve çatlaklı olup, kırıklar kalsit dolguludur. İri kristalli, kırık çatlaklı yapıdadır Yapılan paleontolojik veriler ışığında birimin yaşı Erken-Geç Permiyen'dir. Birim yüksek enerjili ve sığ sulara çökelmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Gelinsini Formasyonu Karlık üyesi kireçtaşlarından bir görünüm (Gelinsini köyü, kuzeye bakış).

4.1.3. Karakaya formasyonu (TRk)

Karakaya Formasyonu, Karbonifer ve Permiyen yaşlı kırıntılı ve karbonat blokları içeren arkozik kumtaşı, çakıltası, çamurtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ve volkanik kayalardan oluşmaktadır. Altta kırıntılarla başlayan birim karbonat içeriğinin artmasıyla üste doğru kumlu kireçtaşı, kireçtaşına geçmektedir. Sakarya Kıtasındaki Jura öncesi bloklu seriler, ilk kez Bingöl vd. (1973) tarafından Biga Yarımadası'nda Karakaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim çalışma alanının batısında Keçiköy dolayında yüzeylenmektedir. Yapılan paleontolojik veriler ışığında birimin yaşı Geç Triyas'tır. Birim kırıntı ve karbonatların çökeldiği bunun yanı sıra volkanizmanında etkin olduğu, havza kenarlarından bloklarında çökelime eşlik ettiği bir havzada çökelmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Karakaya Formasyonu'ndan bir görünüm (Keçiköy).

4.1.4 Soğukçam formasyonu (Jks)

Soğukçam Formasyonu, mikritik kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, killi kireçtaşı ve marndan oluşmaktadır. Birim gri, beyaz renkli, orta, kalın tabakalı, bol kırık ve çatlaklı yer yer kristalize ve dolomitik biyomikritik kireçtaşıdır. Birimin alt kesimleri marn, silttaşı ve killi kireçtaşı araldanmasından, orta kesimleri daha çok türbiditik ve breşik kireçtaşları ve çamurtaşı, üst kesimleri ise çört nodül ve ara seviyeli mikritik kireçtaşından oluşmaktadır (Şekil 4.8). Birimin üst kesimlerinden yapılan ince kesit numunesine göre kayacın bileşenleri karbonat grubu mineraller (kalsit), fosil kavrıkları, intraklastlardan oluşmuştur. Kayaçtaki kırık çatlaklar karbonat dolgulu ve birbirini keser durumdadır. İlk olarak Altınlı (1973) tarafından Soğukçam Kireçtaşı olarak tanımlanan birim, MTA (2002) tarafından Soğukçam Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim çalışma sahasının batısında Keçiköy'ün doğusunda, Gelinsini köyü güney ve güneybatısında, Karlık Tepe kuzeyinde, Çeltek ve Armutlu köyleri civarında, Çayırözü köyü güney-güneybatısında, Akören köyü kuzeyinde ve Saygılı köyü güney-güneydoğusunda yüzeylemektedir. Yapılan paleontolojik tanımlamalar ışığında birimin yaşı Kalloviyen-Apsiyen'dir (Altın vd., 1991). Birim, platform ortası çökelimini yansıtmaktadır.



Şekil 4.8. Soğukçam Formasyonu'na ait kireçtaşlarından bir görünüm (Keçiköy doğusu, batıya bakış).

4.1.5. Çalarasın formasyonu (Kça)

Çalarasın Formasyonu, başlıca kumtaşı, silttaşı, çakıltası, mikritik kireçtaşı, volkanit, çamurtaşı ve kireçtaşı olistolitlerinden oluşmaktadır. Birim, gri renkli sert kumtaşı ve ara seviyelerde çamurtaşı laminalarından oluşmaktadır. Birimden alınan mineralojik petrografik analiz sonucuna göre masif, ince taneli, kırıntılı dokulu, ana bileşenlerinin kuvars, alkali feldispat (ortoklaz), plajiyoklaz ile tali bileşenler biyotit, klorit, karbonat taneleri (kalsit) glokonit ve opak minerallerden oluşan az derecede alterasyona sahip kumtaşından oluşmaktadır. Birim, Koçköy kuzeybatısında, Diphacı köyü ve çevresinde, İnalanı köyü kuzeydoğusunda ve Uzunoba köyü güneyinde yüzlek vermektedir. Birim Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından adlandırılmıştır. Yapılan paleontolojik tanımlamalar ışığında birimin yaşı Geç Santoniyen-Maastrichtiyen olarak değerlendirilmiştir. Birim olistostromal blok getirimiyle birlikte kıta şevine yakın derin deniz ortamda çökelmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Çalarasın Formasyonu'na ait kumtaşlarından bir görünüm Koçköy güneydoğusu, batıya bakış).

4.1.6. Çeltek formasyonu (Teç)

Çeltek Formasyonu, kumtaşı ara katmanlı, küresel ayrışmalı marn, silttaşı, çakıltaşı ve altı kısımları ince-orta-kalın tabakalı kömür seviyelerinden oluşmaktadır. Birim, Armutlu köyü, Cebeci Mahallesi ve Çeltek Madeni Mahallesi civarında ve Yağbasan Mahallesi batısında yüzlek vermektedir. Birimin içerisinden Çeltek köyünde yüksek kalorifik değerli kömür işletilmektedir Birim Blumenthal (1937) tarafından adlandırılmıştır. Yapılan paleontolojik tanımlamalar ışığında birimin yaşı Lütesiyen olarak değerlendirilmiştir. Birim, sığ denizel delta ortamında çökelmiştir. Eosen döneminde birimin alt kesimleri transgresif deniz ortamını yansıtmaktayken, üste doğru tane boyunun büyümesiyle regresif bir ortamı göstermektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Çeltek Formasyonu'ndan bir görünüm (Çeltek köyü kuzeydoğusu, batıya bakış).

4.1.7. Armutlu formasyonu (Tea)

Armutlu Formasyonu, konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn, kireçtaşı ve alt seviyeleri bitümlü şeyl ara seviyelerinden oluşmaktadır. Birim çalışma sahasında boz-kahve-sarı renkli, kalın orta tabakalı kumtaşı ara seviyeli silttaşı, kiltası, çok az bitümlü şeyl seviyelerden oluşmaktadır. Birim, Armutlu, Çeltek, Paşapınarı, Gelincik, Derealan, İnalanı, Çiftçiöğlü, Yakacık, Uzunyazı ve Diphacı köyleri ile Telliöğlü, Büklüce, Küçük Belvar ve Becenoğlu mahalleleri civarında yüzlek vermektedir. Birim Genç vd. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Yapılan paleontolojik tanımlamalar ışığında birimin yaşı Lütésiyen olarak değerlendirilmiştir. Birim, yüksek enerjili akarsuların beslediği sığ denizel ve delta ortamında çökelmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Armutlu Formasyonu kumtaşlarından bir görünüm (Çeltek köyü, kuzeydoğuya bakış).

4.1.8. Bayat formasyonu (Teb)

Bayat Formasyonunun alt seviyeleri volkanik malzemedен türemiş konglomera, kumtaşı, çamurtaşından oluşmaktadır. Birimin üst seviyelerine doğru volkanik katkı artmaktadır. Andezit, bazaltik, andezit, trakit, trakiandezit, biyotitandezit, ojitandezitlerden oluşmaktadır. Birim içinden alınan mineralojik petrografik numunenin analizine göre makroskobik olarak masif, orta taneli mikroskobik olarak hipokristalin porfirik dokulu, ana bileşenleri plajiyoklaz, hornblend, biyotit, killeşme, kloritleşme ve epidotlaşmaya sahip olan andezittir. Birim, Bayat, Paşapınarı, Gelincik, Karamağara, İnalanı, Derealan, Akören, Kızıroğlu, Sarayözü, Uzunyazı köyleri çevresinde ve Koçköy kuzeyinde, ayrıca Akören ve Dereköy'ün kuzeyinde yüzlek vermektedir. Bayat Formasyonu Genç vd. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Yapılan paleontolojik tanımlamalar ışığında birimin yaşı Lütésiyen olarak değerlendirilmiştir. Birim, yüksek enerjili akarsuların havzayı beslediği ve volkanik aktivitenin olduğu sığ denizel-karasal bir ortamda çökelmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Bayat Formasyonu'na ait volkanitlerden bir görünüm (Bayat köyü).

4.1.9. Osmanoğlu formasyonu (Teo)

Osmanoğlu Formasyonu, çamurtaşı, kumtaşı ve üst seviyeleri bol kırık çatlaklı, fosilli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim, Ağırdirhasan, Osmanoğlu, Kayadüzü köyleri ve çevresinde yüzlek vermektedir. Birim Genç vd. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Yapılan paleontolojik tanımlamalar ışığında birimin yaşı Lütésiyen olarak değerlendirilmiştir. Birim, volkanit faaliyetlerin duraksadığı bir zamanda, gölsel bir ortamda ve deniz platformunun sığ kısımlarında çökelmiştir.

4.1.10. Peynirçayı volkanitleri (Tep)

Peynirçayı volkanitleri, andezit, ojit andezit, hornblend andezit, biyotit andezit, trakiandezit, trakit, dasit ve bazaltdan oluşmaktadır. Birim içinde aglomera-tüf ve volkanik elemanlı kumtaşları da bulunmaktadır. Yapılan kalitatif mineralojik-petrografik analiz sonucuna göre makroskobik olarak porfirik dokulu, ince taneli, mikroskobik olarak porfirik dokulu, bişenleri feldispat grubu mineraller (plajiyoklas), amfibol grubu mineral, kuvars, biyotit, piroksen grubu mineral, karbonat grubu mineral ve opak minerallerden oluşmuş ileri derece altere volkanik kayadır. Çalışma alanında birim Obruk ve Osmanoğlu köyleri arasında kalan geniş bir alanda yüzlek vermektedir. Birim Genç vd. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Birimin yaşı stratigrafik olarak Lütésiyen sonrası olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Peynirçayı Formasyonu'ndan bir görünüm (İnalani köyü).

4.1.11. Tavşan dağı granodiyoriti (Tetg)

Tavşandağı Granodiyoriti, genellikle boz, bej, açık gri, açık pembe renkli, bol kuvarslı ve mikalıdır. Birim içinde az ilmenit, magnetit ve pirit gibi opak mineraller bulunmaktadır. Porfirik doku gösteren bu granodiyorit sokulum yaptığı ve kestiği birimleri kontak metamorfik bir zon (Tetgsh) oluşturmaktadır. Yapılan kalitatif mineralojik-petrografik analizine göre makroskobik olarak masif dokulu, ince taneli, mikroskobik olarak porfirik dokulu, bileşenleri feldispat grubu mineral, amfibol grubu mineral, klorit, karbonat grubu minerallerinden oluşan düşük derece altere lamprofir. Hidrotermal alterasyon süreçleriyle birlikte yan kayaçta bakır, kurşun, demir, molibden cevherli minerallerini bırakmıştır. Özellikle Paleozoyik yaşlı mermerlerin kontak zonlarında malahit ve azuritleşmeler görülmüştür. Birimin altere olmuş bir kısmından yapılan kalitatif mineralojik-petrografik analize göre makroskobik olarak yeşilimsi gri, porfirik dokulu, küçük orta taneli mikroskobik olarak holokristalen-porfirik dokulu, plajiyoklaz, mafik mineral psödomorfları, kuvars mineralleri, tali bileşenler olarak apatit mineralleri, sfen mineralleri ve zirkon mineralleri mevcuttur. Dokusu ve kalıntı mineralojik bileşimi itibariyle kayacın diyorit bileşimli bir altere damar kayacı diyoritporfir gelmiştir. Aynı birimin yaklaşık 2 km batısında altan sokulum olarak kafalar halinde çıkmış birimden alınan petrografik analize göre; holokristalin, ana bileşen olarak plajiyoklaz, mafik mineraller, çok az kuvars mineraline sahip, tali bileşen olarak opak mineraller ve apatit mineralleri bulunduran porfirik dokulu, küçük-orta tane büyüklüğüne sahip, orta derecede altere sub volkanik bir kayaç olarak tanımlanmıştır. Birim çalışma alanında Merzifon kuzeyinde Karlık Tepe kuzeyinde, Gelinsini köyü kuzeydoğusunda, Çukurtuzla Tepe doğusunda ve ayrıca Akören, Büyük Yayla arasında kalan alanda yüzlek vermektedir. Granodiyorit karakterindeki birim Genç vd. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Eosen birimlerini kestiği için Genç vd. (1991) Granodiyoritin yaşını Lütesiye sonrası olarak belirtmişlerdir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Tavşandağı granodiyoritinden bir görünüm (Derealan köyü).

4.1.12. Yedikır formasyonu (Tmply)

Yedikır Formasyonu, çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, siltaşı, çamurtaşı, marn ve ara seviyelerde jipsten oluşmaktadır. Kumtaşları yer yer çapraz tabakalı ve marnlar plaket şeklindedir. Çalışma alanında çok geniş bir alan kaplayan birim, Merzifon ilçesi, Suluova ilçesi, Yolüstü, Sazlıca, Kireymir, Eslemez, Salucu, Yolpınar köyleri çevresinde, Merzifon Fay Zonu ile Eraslan Fay Zonu arasında gelişen çek-ayır havzada yüzeylemektedir. Birim Gümüşsu (1980) tarafından Yedikır Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Yapılan paleontolojik tanımlamalar ışığında birimin yaşı Geç Miyosen-Erken Pliyosen olarak değerlendirilmiştir Genç vd. (1991). Birim genellikle tatlı su ve sığ göl ortamında çökelmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Yedikır Formasyonuna ait bir görünüm (Çayüstü köyü batısı).

4.1.13. Değim formasyonu (PIQd)

Değim Formasyonu, gri bej renkli çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşından oluşmaktadır. Çakıllar kötü boylanmalı matriks destekli gevşek tutturulmuştur. Çakıllar mermer, volkanit, ofiyolit, jipslerden oluşmaktadır. Kumtaşları yer yer çapraz tabakalı ve marnlar plaket şeklindedir. Çalışma alanında Yolüstü köyü doğusunda ve Yolüstü-Kapancı köyleri arasında küçük alanda, Havza ilçesi ve doğusu ile Havza ve Suluova ilçeleri arasında, Suluova ilçesi doğusunda, Dereköy, Akören ve Yolpınar köyleri çevresinde geniş alanlarda ve ayrıca Küpeli köyü ve Göçmen Mahallesi çevresinde yüzeylemektedir. Birim Birgili vd. (1975) tarafından adlandırılmıştır. Birim, stratigrafik dizilime göre Geç Pliyosen-Pleyistosen yaşındadır (Karadenizli vd., 2004). Birim, alüvyon yelpazesi ortamında çökelmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Değim Formasyonu'na ait bir görünüm (Şeyhkoyun köyü, batıya bakış).

4.1.14. Yamaç molozu (Qym)

Yamaç molozu, yüksek engebelerin eteklerinde, ana fay zonlarının önlerinde oluşan, malzemesi bu topoğrafyayı oluşturan birimlerden türemiş, iyi tutturulmamış, köşeli, tane destekli çakıl ve bloklardan oluşmaktadır. Birim Karamağara ve Yakacık köyleri güneyinde yüzlek vermektedir.

4.1.15. Alüvyon yelpazesi (Qay)

Akarsuların biriktirdiği tutturulmamış, kötü boylanmış çakıl, kum çökellerinden oluşmaktadır. Birim, Yakacık köyü güneydoğusunda akarsular tarafından getirilmiş ve yığılmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Alüvyon yelpazesi çökellerinden bir görünüm (Yakacık köyü, güneydoğusu, kuzeybatıya bakış).

4.1.16. Alüvyon (Qal)

Birim çalışma alanında akarsu yataklarında ve taşkın ovası çökelleriyle temsil edilen blok, çakıl, kum, silt, çamur birikintilerinden oluşmaktadır. Birim çalışma alanının güneyinde geniş alanlarda çökelmiş ve çökme hala devam etmektedir.

4.2. Yapısal Jeoloji

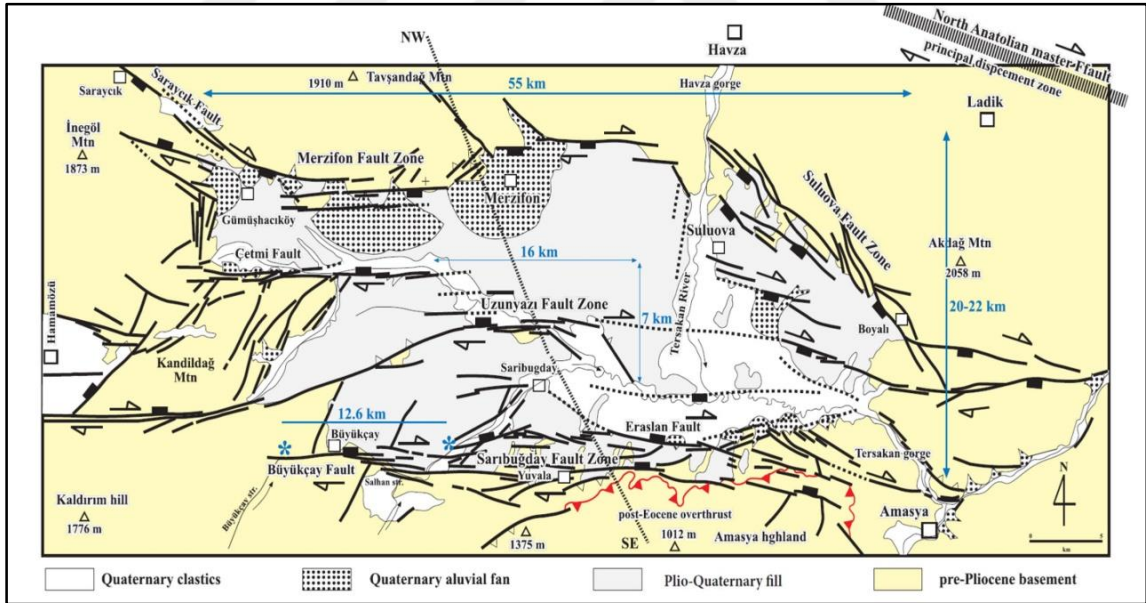
İnceleme alanı, Sakarya Kıtası ile İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusu'nun kayaçlarını içine alan ve güneyde bulunan Neotetis'e ait okyanusal litosferin Kretase boyunca Sakarya Kıtası'nın altında tüketildiği bir alanda bulunmaktadır (Şengör ve Yılmaz 1981). Sakarya Kıtasının temelini Permo-Triyas yaşlı Tokat Metamorfileri, Permian yaşlı Gelinsini Formasyonu ve Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu oluşturmaktadır. Alt Karbonifer'de Sakarya Kıtası'nda oluşan Hersiniyen Orojenezi sonrasında transgresyonla Permian'de kırıntı ve karbonatlardan oluşan Gelinsini Formasyonu çökelmiştir. Triyas'taki gerilme kuvvetlerinin

artmasıyla havza derinleşmiş, kırıntı, karbonat, volkanit ile Paleozoyik ve Permien yaşlı olistolitlerden oluşan Karakaya Formasyonu oluşmuştur. Orta-Üst Triyas'ta neritik karbonatların gelmesiyle Triyas havzası kapanmıştır. Liyas'taki transgresyonla Orta Jura-Alt Kretase yaşlı (Soğukçam Formasyonu) şelf, yamaç ve pelajik kireçtaşları çökelmiştir. Bunların yanısıra güneydeki okyanus Kretase boyunca tüketilmiş olup, yığışım prizması ve melanjlar oluşmuştur (Hakyemez vd., 1986). Turoniyen sonrası sıkışmanın devam etmesiyle kalkalkelen nitelikteki ada-yayı volkanizması ve yay önü/ardı çökelleri oluşmuştur. Melanjlaşma ve ada yayı volkanizması Üst Kretase'deki dalma batmanın iki göstergesidir. Yığışımın üzerine neritik karbonatlar çökeldikten sonra Paleosen'deki fliş çökeliği devam etmiştir. Daha sonra volkanizmanın devam etmesi, yelpaze deltası çökelleriyle birlikte derin denizel ortam kapanmaya başlamıştır. Bölgede Paleosen ve Alt Eosen döneminde biriken sıkışma ile birlikte ofiyolitler Lütasiyen öncesi temel üzerine retroşariye olmuştur (Yılmaz ve Tüysüz, 1984). Bu olay Kırşehir Masifi ile Sakarya Kıtası'nın kıta kıta çarpışmasını göstermekte ve İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusu'nun kapanmasına işaret eder. Lütasiyen'de sığ denizel birimlerden sonra Üst Eosen-Oligosen'de sıkışmanın iyice artmasıyla asidik magma sokulumuyla (Tavşandağı Granodiyoriti) havza yükselmiştir. Üst Miyosen-Pliyosen'de karasalların üzerine gölsel jipsli seviyeler ve güncel çökeller gelmiştir.

Çalışma alanındaki havzaların stratigrafik korelasyonu neotektonik dönem içerisinde iki belirgin aşamadan oluşmaktadır. Geç Miyosen ile Erken Pliyosen dönemlerinde başlamış ve Erken-Orta Pleyistosen'e kadar sürmüş olup bu dönemde açılmalı rejim kontrolünde depolanmalı alanlar gelişmiştir. Erken neotektonik dönem olarak adlandırılan bu dönem içerisinde gelişen havzalar ve faylar Erken-Orta Pleyistosen'den itibaren gençleşerek sağ yanal yönlü doğrultu atımlı faylara dönüşmüştür. Geç neotektonik dönem olarak adlandırılan bu dönem ve halen süregelen bu dönem içerisinde Merzifon, Suluova çek-ayır havzaları oluşmuştur (Erturaç, 2009). Faylar bölgenin yapısal karakterini belirleyen önemli unsurlardan biridir. Yapılan incelemelerde bölgenin aktif fayların etkisinde olduğu görülmüştür. Kuzey Anadolu Fayı, çalışma alanının yaklaşık 30-40 km kuzeyinden geçmektedir. Çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisiyle şekillenmiştir. Merzifon çek-ayır havzasının kuzey kanadını sağ yanal eğim atımlı Merzifon Fay Zonu (Şekil 4.18), güney kanadını Eraslan, Sarıbuğday ve Büyükçay sağ yanal eğim atımlı fayları, doğu tarafını normal fay olan Suluova Fay Zonu ile havzanın ortasından geçen sağ yanal eğim atımlı Uzunyazı Fayı ve sağ yanal eğim atımlı Çetmi Fayından oluşmaktadır. Bu faylar aktiftir ve havzanın derinleşmesiyle birlikte sağa ötelenmesi devam etmektedir (Şekil 4.19).



Şekil 4.18. D-B doğrultulu eğim atımlı Merzifon Fay Zonu'ndan bir görünüm (Çiftçiöğlü köyü güneyi, kuzeybatıya bakış).



Şekil 4.19. Merzifon çek-ayır havzasını oluşturan faylar ve neotektonik haritası (Rojay ve Koçyiğit, 2010).

Yapılan jeolojik etüt çalışmalarına göre KKD-GGB, KD-GB, DKD-BGB, D-B, BKB-DGD, KB-GD ve KKB-GGD olmak üzere yedi ana fay grubuna ayrılmıştır. Yapılan bu çalışmalara göre bu fayların bir kısmının neotektonik dönem öncesinde ortaya çıktığı fakat rejimin değişmesi ile bir kısmının karakter değiştirerek tekrardan çalışmaya devam ettiği

anlaşmıştır. Çalışma alanı, doğrultu atımlı normal bileşenli tektonik rejim alanı içerisinde yer almaktadır.

Yapılan arazi gözlemlerine göre: (1) KKD-GGB doğrultulu faylar, baskın olarak muhtemelen sol yanal doğrultu atımlı, genellikle az eğim atım bileşenli dike yakın faylardan, (2) KD doğrultulu faylar zaman zaman verev atım bileşenli zaman zaman ise baskın doğrultu atım bileşenli, genellikle dike yakın faylardan, (3) DKD-BGB doğrultulu faylar, baskın olarak sağ yanal doğrultu atımlı, az eğim atım bileşenli, genellikle 80° 'den daha dik faylardan, (4) D-B doğrultulu faylar, baskın olarak sağ yanal doğrultu atımlı, az eğim atım bileşenli, genellikle dike yakın faylardan, (5) BKB-DGD doğrultulu faylar, baskın olarak sağ yanal doğrultu atımlı, az eğim atım bileşenli, genellikle dike yakın faylardan, (6) KB-GD doğrultulu faylar baskın olarak sağ yanal doğrultu atımlı, dikkate değer eğim atım bileşenli, genellikle dike yakın faylardan, (7) KKB-GGD doğrultulu faylar ise baskın olarak sağ yanal doğrultu atımlı, az eğim atım bileşenli, genellikle dike yakın faylardan oluşmaktadır (Şekil 4.20 ve Şekil 4.21).



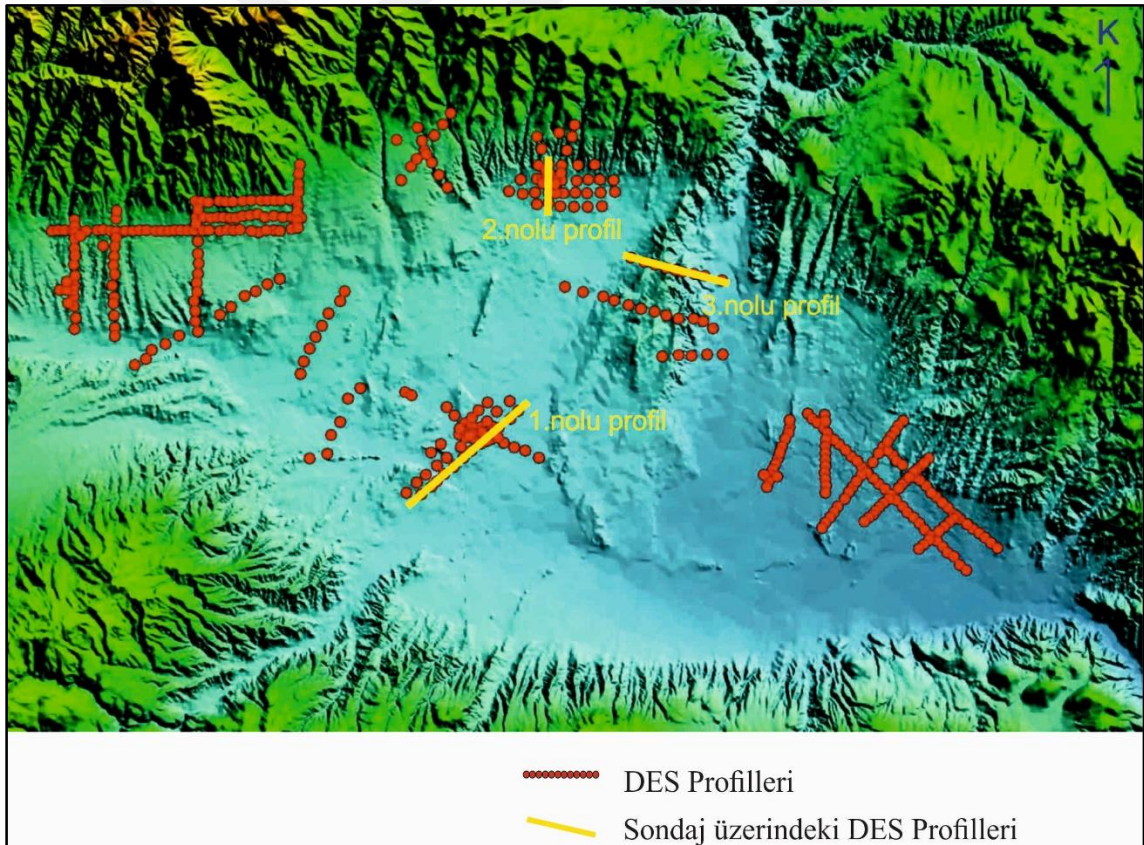
Şekil 4.20. KD-GB sağ yönlü doğrultulu atımlı faydan bir görünüm (Çavundur köyü kuzeyi).



Şekil 4.21. KB-GD doğrultulu eğim atımlı normal faydan bir görünüm (Hırka köyü 2 km batısı, batıya bakış).

5. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Jeofizik çalışmalarında, çalışmanın gerçekleştirildiği Merzifon çek-ayır havzasında, yer altı tektonik yapısının ortaya çıkarılması, muhtemel jeotermal alanların yaklaşık sınırlarının belirlenmesi, jeotermal akışkanın jeolojik yapıyla olan ilişkisinin aydınlatılarak, jeotermal sistemin açıklanması ve sahaların jeolojik verileriyle karşılaştırarak en uygun sondaj lokasyonlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma sahasında elde edilen jeofizik (DES, SP) veriler kullanılarak, bir boyutlu görünür eş öz direnç kesitleri, jeoelektrik yapı kesitleri, görünür eş öz direnç seviye haritaları, taban topografya haritaları ve SP grafikleri elde edilmiştir. Çalışma sahasında 393 adet lokasyonda düşey elektrik sondajı (DES) ve doğal potansiyel (SP) yöntemleri uygulanmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Jeofizik DES noktaları lokasyon haritası.

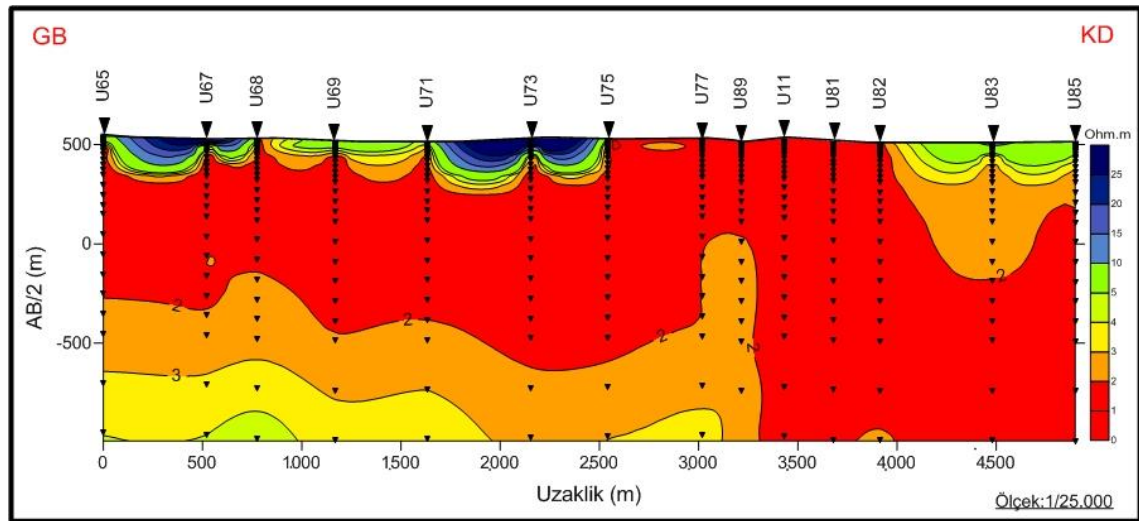
Çalışma alanını içerisine alan, 1/100.000 ölçekli Rejyonel Gravite Bougeur Anomali haritaları (G-34, G-35) ile Havadan Rejyonel Manyetik (Total Alan) Anomali Haritaları (G-34, G-35)'da Merzifon-Suluova çek-ayır havzalarının yaklaşık çökel kalınlığı ile havzayı oluşturan temel kayaların manyetik davranışlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu veriler birlikte

değerlendirilip, yorumlandığında sahada uygun olabilecek noktalarda jeotermal sondajlar planlanarak yapılmıştır.

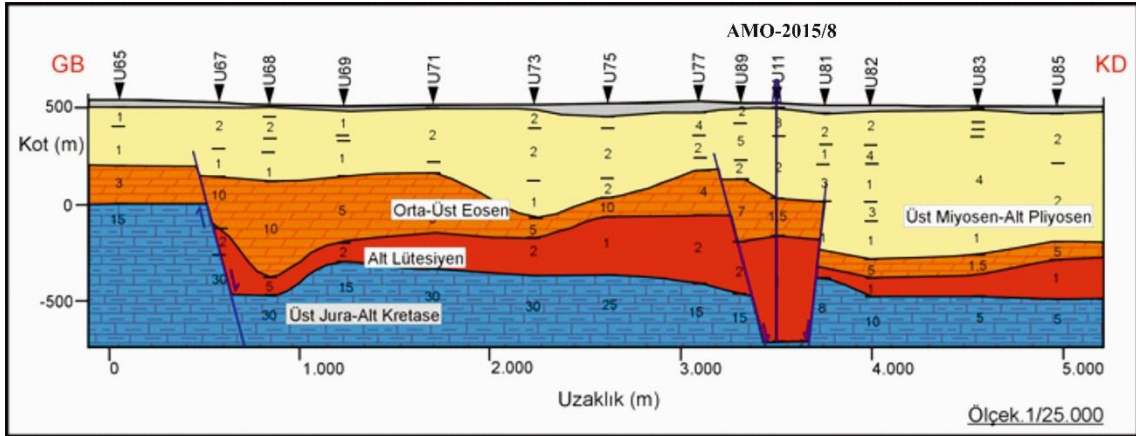
5.1. Düşey Elektrik Sondajı (DES) ve SP Çalışmaları

5.1.1. AMO-2015/8 sondajına ait DES ve SP ölçülerinin yorumlanması

Çalışma alanında, AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajında üzerinde bulunduğu profile görünür öz direnç ve jeoelektrik yapı kesitleri oluşturulmuştur (Şekil 5.2, Şekil 5.3). Görünür öz direnç ve jeoelektrik yapı kesitleri hem yatay, hem de düşey yöndeki öz direnç değişimini göstermektedir. Görünür eş öz direnç kesiti, güneydoğuda U65 DES noktasından başlayarak kuzeydoğuda U85 DES noktasında sonlandırılan profil üzerinde 13 adet DES noktasından oluşmaktadır. Kesite göre U77 ve U11 DES noktaları arasından geçen kırık hattı jeotermal anlamda önemlidir. Bu kırık hat kesitte, jeoelektrik temel giriş derinliğini 950 m'den 1.250 m'ye kadar düşürmektedir. Ayrıca, U65-U77 DES noktaları arasında jeoelektrik temeli ifade eden görünür eş öz direnç konturları 2-4 ohm.m olarak kesite yansımıştır. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajının bulunduğu noktaya en yakın olan U11 DES noktasında yaklaşık jeoelektrik temel giriş derinliği 1000 ile 1250 m civarında görünmektedir. Bu alanın güneyinde bulunan Uzunyazı Fayı, mevcut örtü kalınlığının bulunması ve kuzeydoğuda bulunan Tavşandağı granodiyoritinin ısıtıcı olmasından dolayı jeotermal bir sondaj uygun görülmüş ve sondaj gerçekleştirilmiştir.

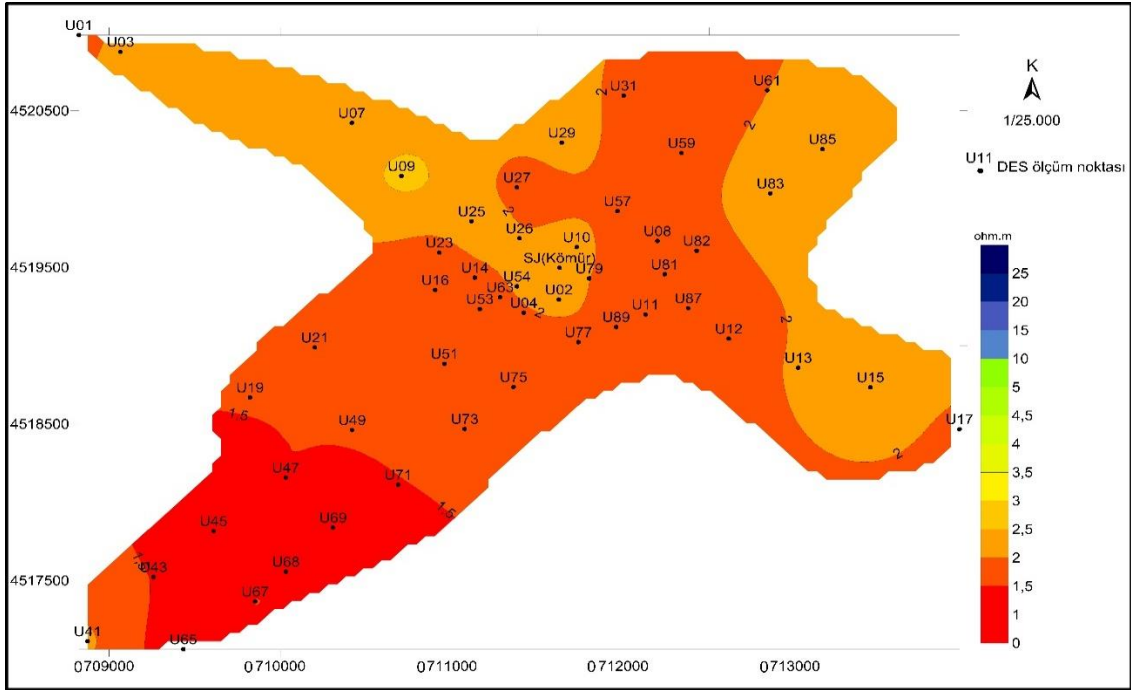


Şekil 5.2. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajından geçen 1 nolu profile ait görünür eş öz direnç kesiti.

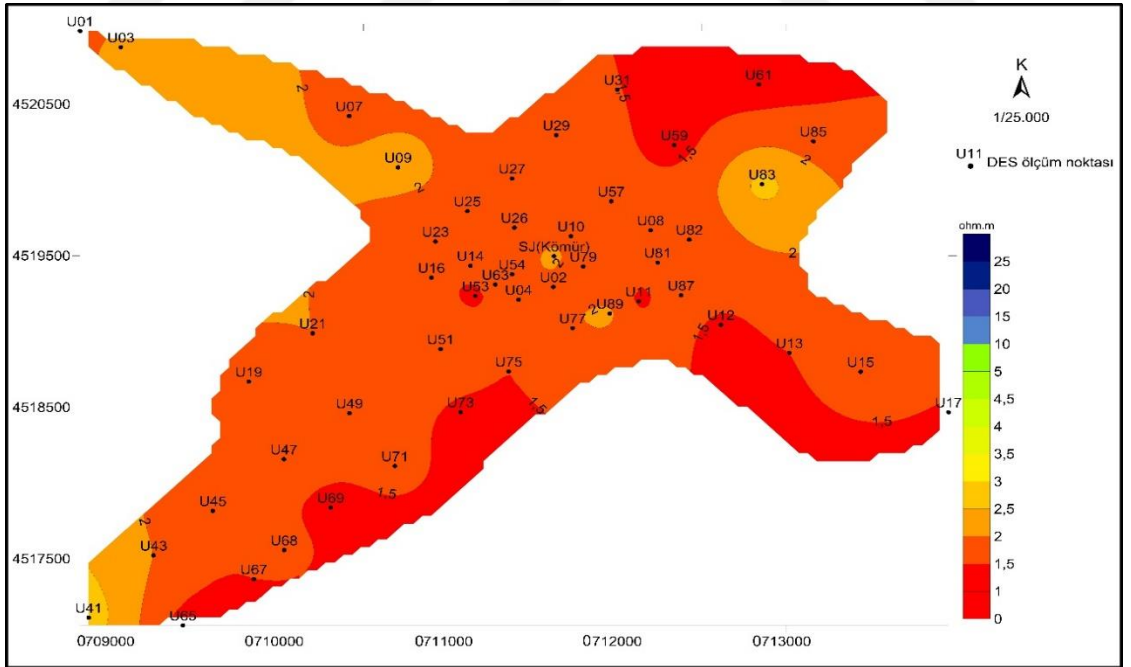


Şekil 5.3. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajından geçen 1 nolu profile ait elektrik yapı kesiti.

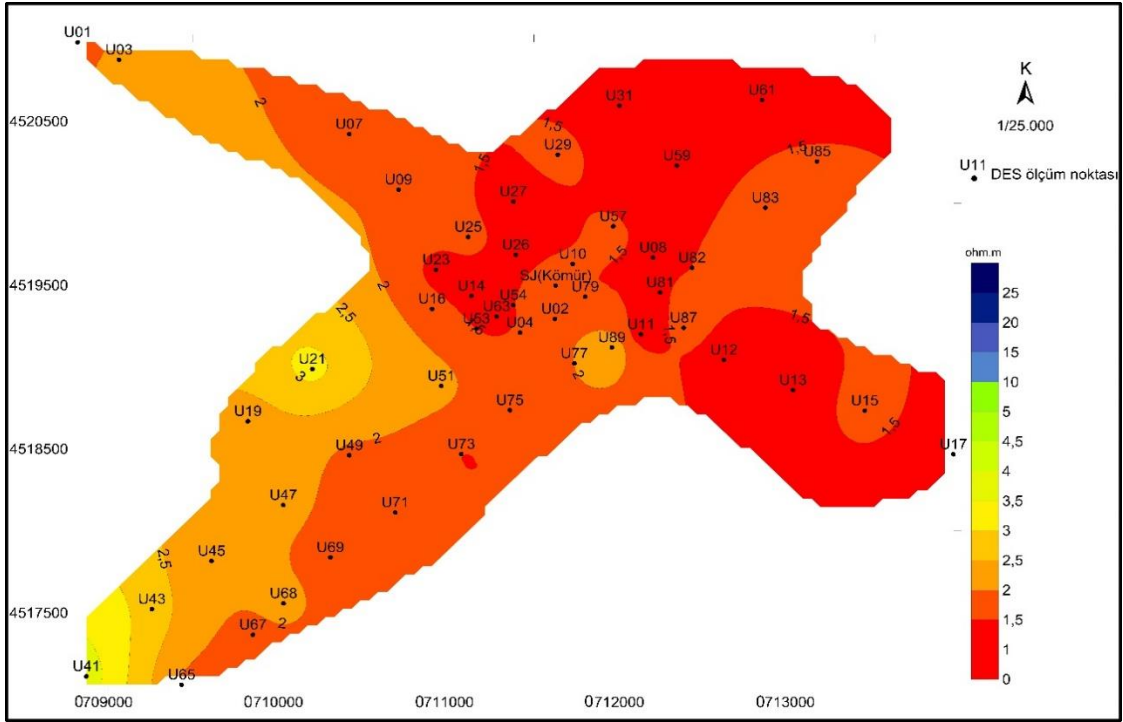
Çalışma alanında 4 ayrı derinlik (250 m, 500 m, 750 m, 1.000 m) için görünür eş özdirenç seviye haritası hazırlanmıştır (Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7). Çalışma alanında, 250 m görünür eş özdirenç seviye haritasında sahanın güneybatısındaki 1,5 ohm.m'luk görünür eş özdirenç konturu saha derinleştikçe kuzeydoğuya doğru kaymaktadır. 500 m görünür eş özdirenç seviye haritasında ise sahanın güneybatısı temele ait görünür eş özdirenç konturlarının etkisi altında, yüksek özdirenç değerleri görülmektedir. Alanın kuzeydoğusu ise artan sedimanter kalınlığına ve tuzluluğa bağlı olarak düşük özdirençli bir yapı göstermektedir. Alanda, 1.000 m görünür eş özdirenç seviye haritasında, yaklaşık kuzeybatı güneydoğu doğrultulu görünür eş özdirenç konturları U11, U13, U79, U54 ve U23 DES noktaları boyunca uzanan tektonik bir hattın belirtisidir. Bu ölçülerden yapılan değerlendirmeler sonucunda Eosen birimlerine giriş derinliği yaklaşık 1.250 m olarak tespit edilmiştir. Bu noktada, 1.750 m açılım sonrası Eosen yaşlı birimlerden çıkış görülememiştir. Sahada özdirenç düşümü dikkate alındığında ise U08 DES noktası jeotermal açıdan önemlidir. U08 DES noktasında $AB/2= 1.000$ m için 1,1 ohm.m görünür özdirenç değeri okunmuştur. Bu DES noktasında 1.000 m'den sonra Eosen yaşlı birimlere girileceği düşünülmüştür. 1.500 m'den sonra ise potansiyel oluşumu sağlanamamıştır.



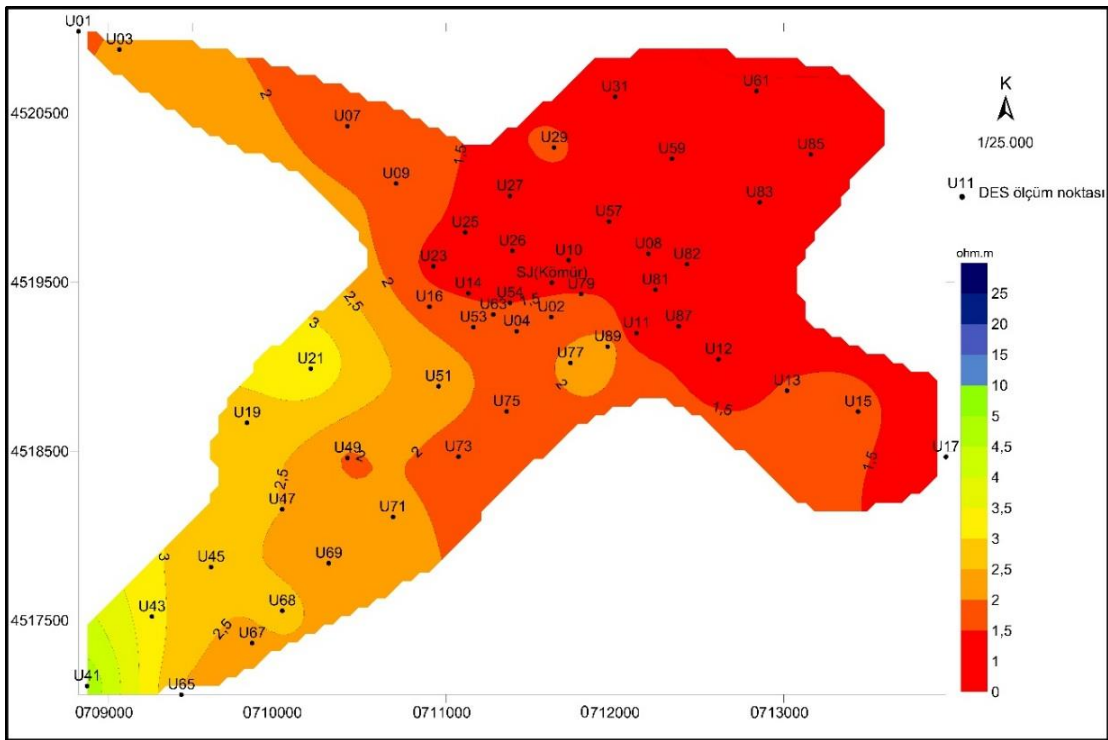
Şekil 5.4. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 250 m görünür eş özdirenç seviye haritası.



Şekil 5.5. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 500 m görünür eş özdirenç seviye haritası.

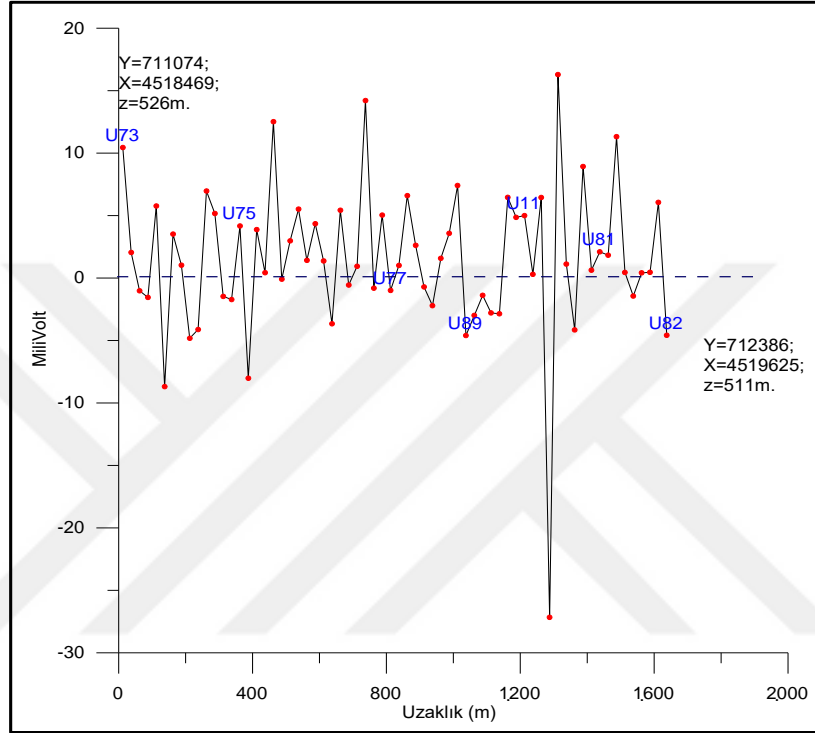


Şekil 5.6. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 750 m görünür eş öz direnç seviye haritası.



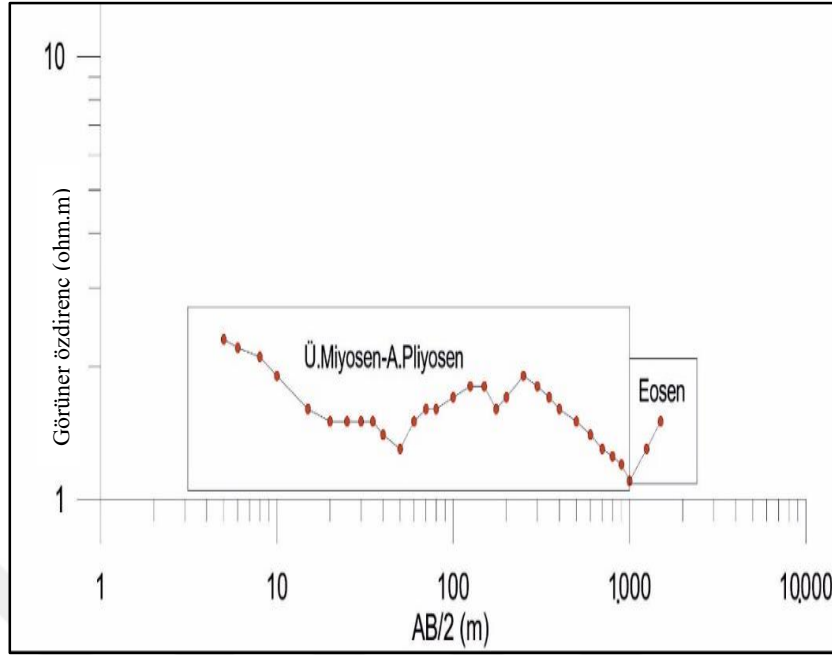
Şekil 5.7. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 1.000 m görünür eş öz direnç seviye haritası.

Çalışma sahasında, aynı profil üzerinde, U73 DES noktasından başlayarak GB-KD doğrultusu boyunca 25 m aralıklarla 1700 m SP (Doğal Potansiyel) ölçüsü alınmıştır. Alınan ölçüde maksimum gerilim U11-U81 DES noktaları arasında +16, -27 milivolt (mv) olarak yakalanmıştır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajından geçen Doğal Potansiyel (SP) anomali kesiti.

AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajının olduğu noktada alınan ölçüye ait DES eğrisinde, jeotermal anomali görülmektedir. Bu eğride, yaklaşık 1.000 m'den itibaren düşük rezistiviteli seviyeden yukarı yönlü bir dönüş izlenmektedir (Şekil 5.9). Bu noktada Eosen yaşlı birimlerin olabileceği düşünülmekte ve daha derinde ana rezervuarın yakalanması amacıyla bir adet derin 2.000±200 m jeotermal sondaj gerçekleştirilmiştir.

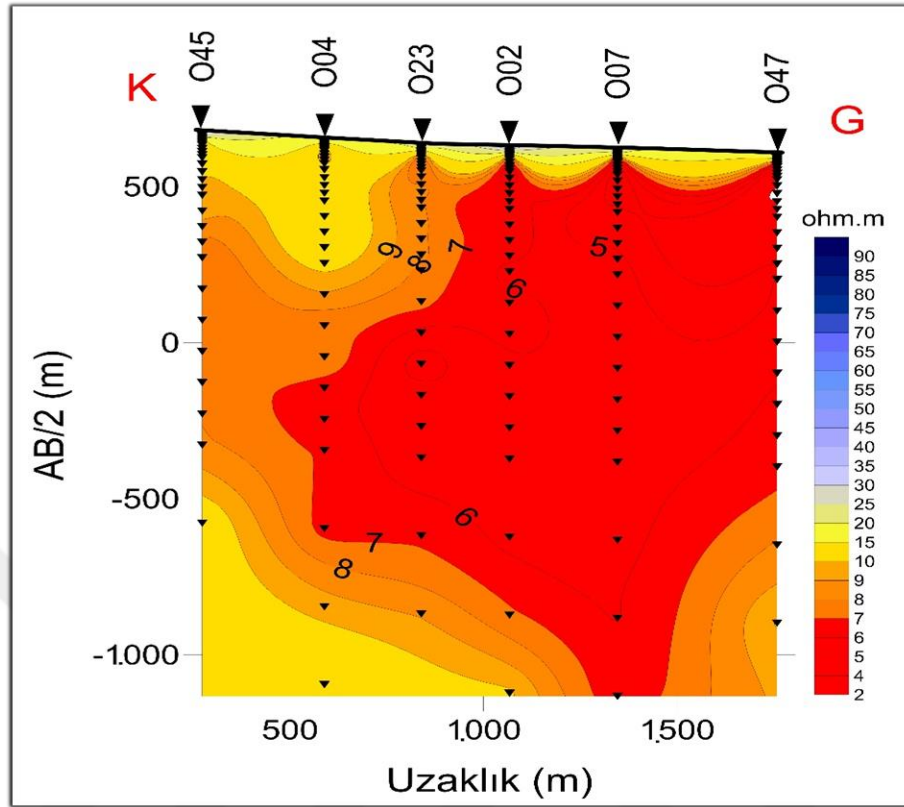


Şekil 5.9. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajının olduğu noktanın DES eğrisi.

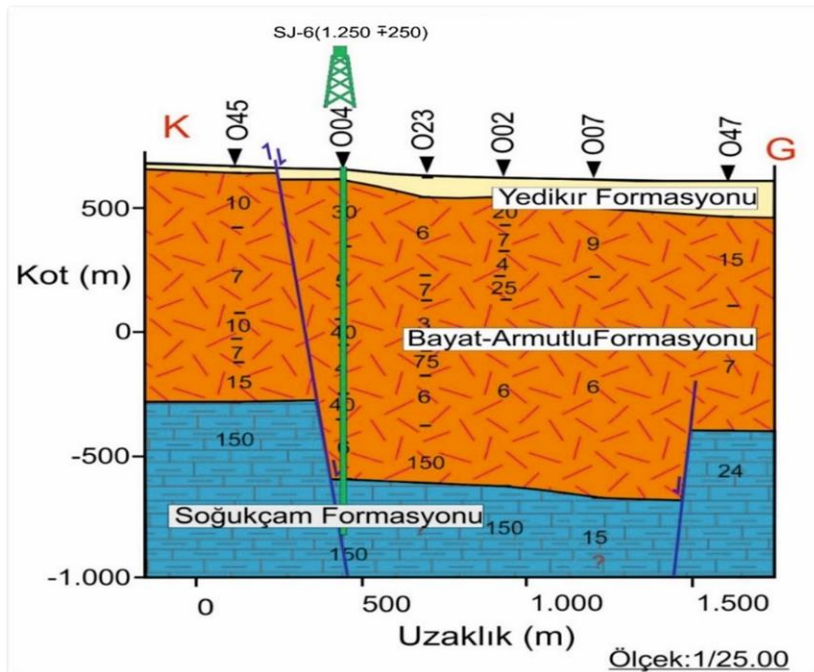
5.1.2. AMÇ-2016/3 sondajına ait DES ölçülerinin yorumlanması

AMÇ-2016/3 sondajının çevresinde yer alan kuzey-güney ve doğu-batı profil doğrultuları boyunca DES hatları oluşturulmuştur. Kuzey güney profili, O45 DES noktasından başlatılarak güneyde O47 DES noktasında sonlandırılarak yaklaşık 2.000 m uzunluğunda ve 6 adet DES noktadan oluşmaktadır (Şekil 5.10; Şekil 5.11). Doğu-batı profili ise O19 DES noktasından başlayarak doğuda O33 DES noktasında sonlandırılmıştır (Şekil 5.12; Şekil 5.13).

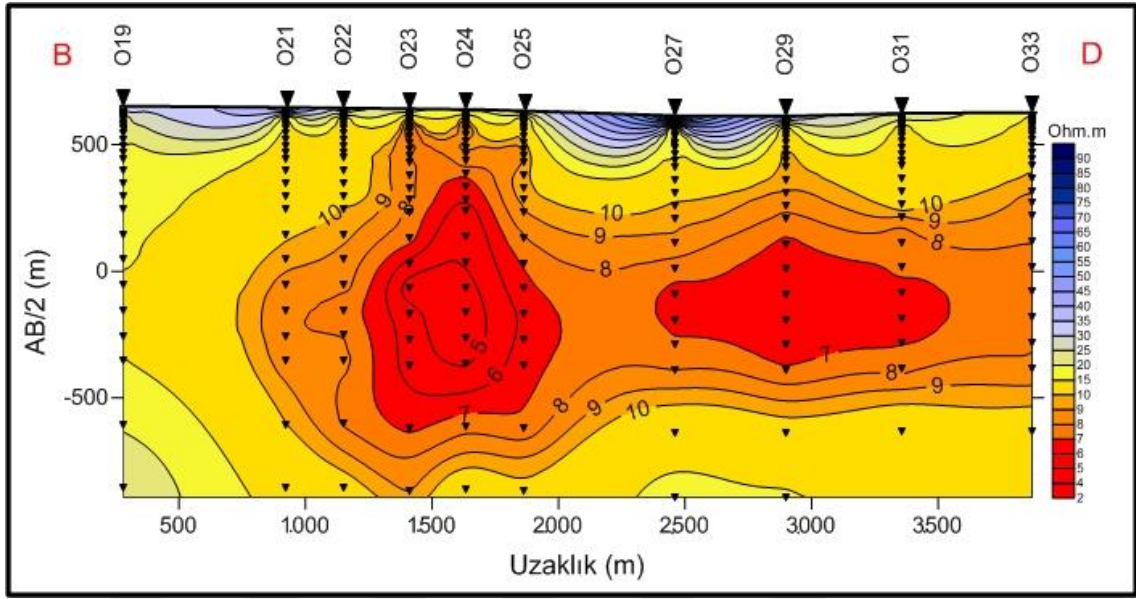
Kuzey-güney profilde O45 ile O04 DES noktaları arasındaki tektonik hattın profilin güneyine doğru bir düşük öz direnç oluşturmaktadır. Jeoelektrik yapı kesite görede fayın temel birimleri düşürerek derinleştirdiği görülmüştür. Ayrıca doğu-batı profilinde O23-O25 DES noktaları arasının faylı olduğu görülmüştür. Bu fay boyunca görünür eşöz direnç değerleri 5 ohm.m'ye kadar düşüm göstermiştir. Doğu-batı yönlü jeoelektrik yapı kesitine göre ise jeoelektrik temel birimlerin yaklaşık giriş derinliği yansıtılmıştır.



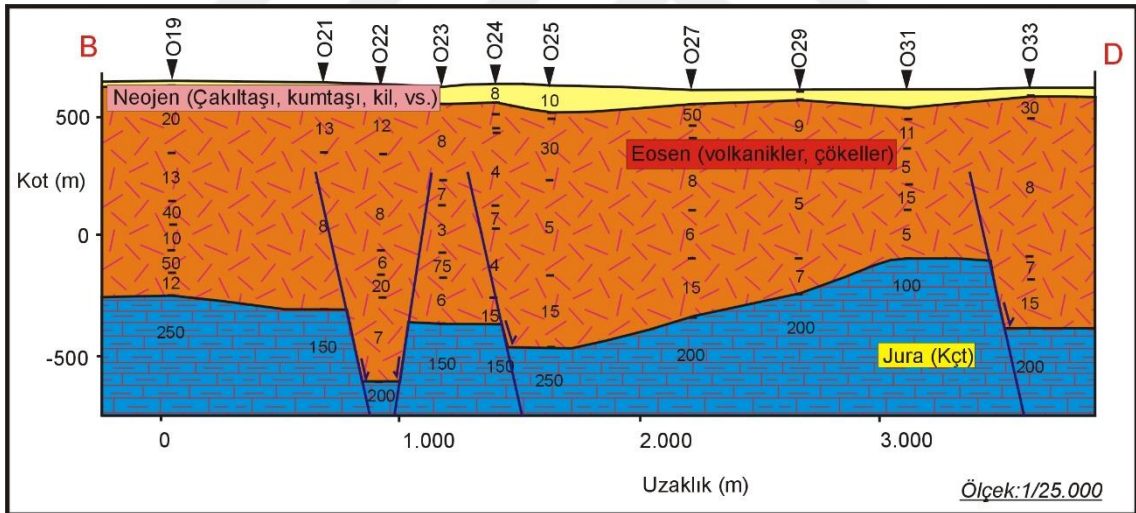
Şekil 5.10. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajından geçen 2 nolu profile ait görünür eş öz direnç kesiti.



Şekil 5.11. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajından geçen 2 nolu profile ait jeoelektrik yapı kesiti.



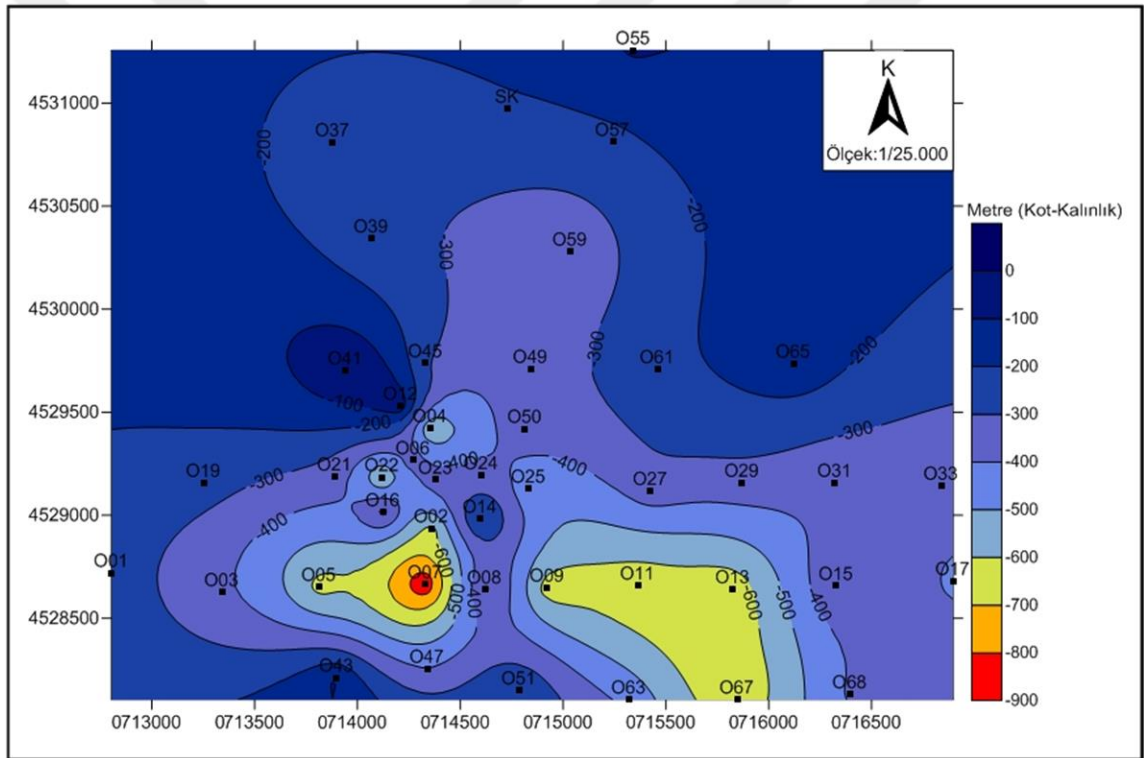
Şekil 5.12. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı güneyinden geçen profile ait görünür eş öz direnç kesiti.



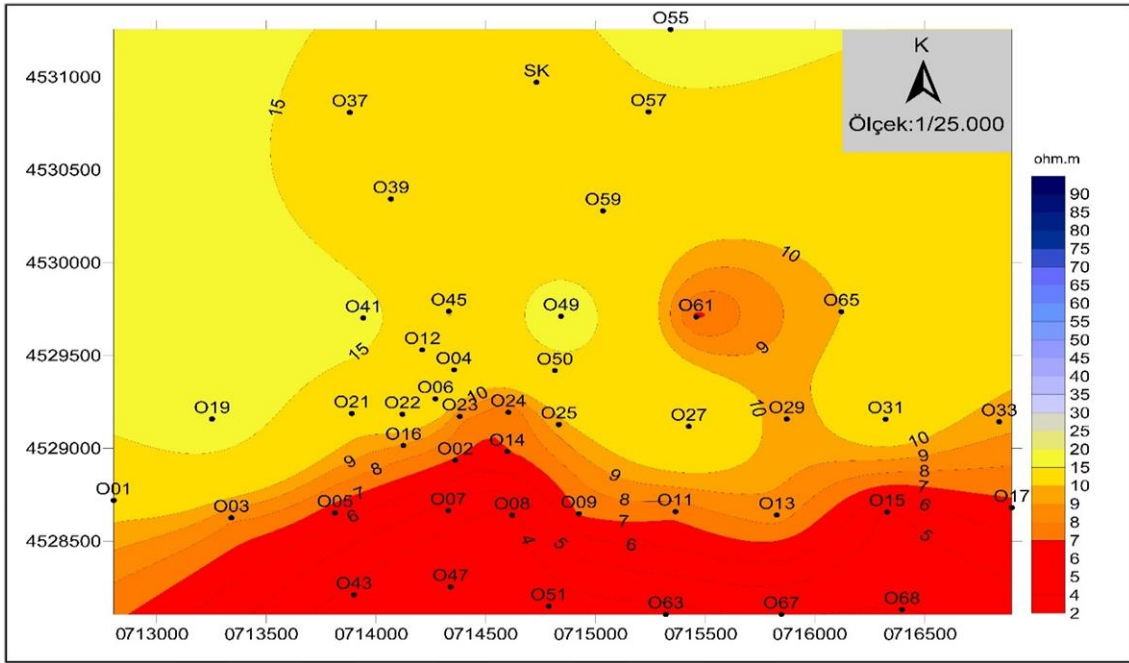
Şekil 5.13. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı güneyinden geçen profile ait jeoelektrik yapı kesiti.

Profil boyunca termal etki gösteren DES eğrisi aşağıda verilmiştir. Sahada taban topografya haritası DES noktalarının kotu ile temel giriş derinliğinin farkı alınarak oluşturulmuştur. Taban topografya haritası, tektonik hatların ortaya konulması ve jeotermal rezervuar olarak düşünülen Orta Jura-Alt Kretase yaşlı Soğukçam Formasyonu'na ait kireçtaşlarına giriş derinliği hakkında fikir vermektedir (Şekil 5.14).

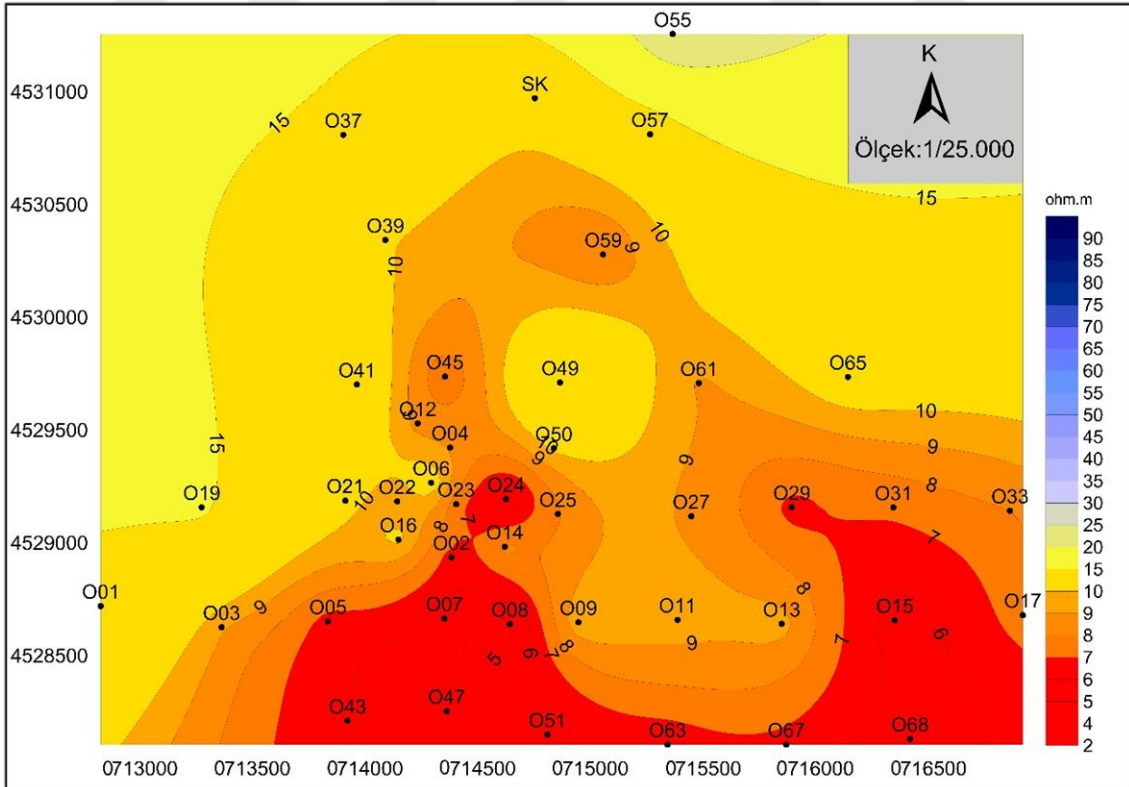
Çalışma alanı ve çevresinde dört ayrı seviye için görünür eş özdirenç seviye haritaları oluşturulmuştur. Sahada, 250 m görünür eş özdirenç seviye haritası yüzeysel bilgi içermekte olup örtü birimlerinin dağılımını ve yaklaşık D-B doğrultusu boyunca uzanan tektonik ana hattı ortaya koymaktadır (Şekil 5.15). Sahada, derin yapılara ait 500 m, 750 m ve 1.000 m görünür eş özdirenç seviye haritalarında ise kuzey-güney doğrultusu boyunca uzanan tektonik hat ve bu hat boyunca oluşan özdirenç düşümlerinin termal akışkanla ilişkilidir (Şekil 5.16, Şekil 5.17 ve Şekil 5.18). Taban topografya haritası, O08-O09 DES noktaları arasında bir yükselimi ve O23 ve O07 DES noktalarında ise fayın düşen bloğu içerisindeki akışkan hareketine bağlı özdirenç düşümünü gösterir niteliktedir.



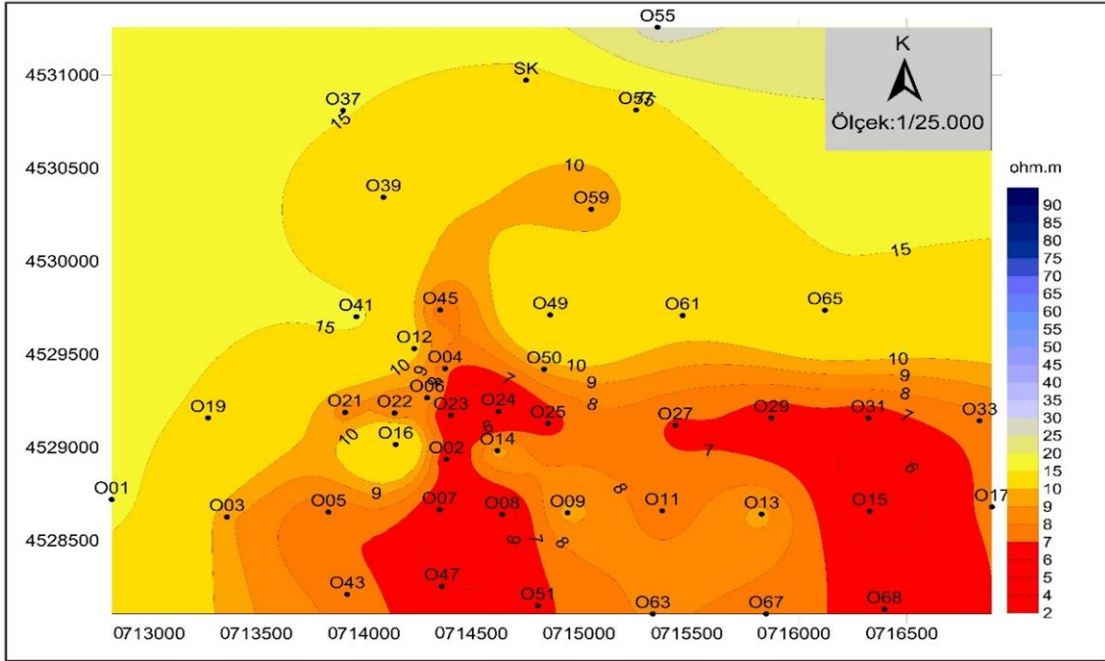
Şekil 5.14. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresine ait taban topografya haritası.



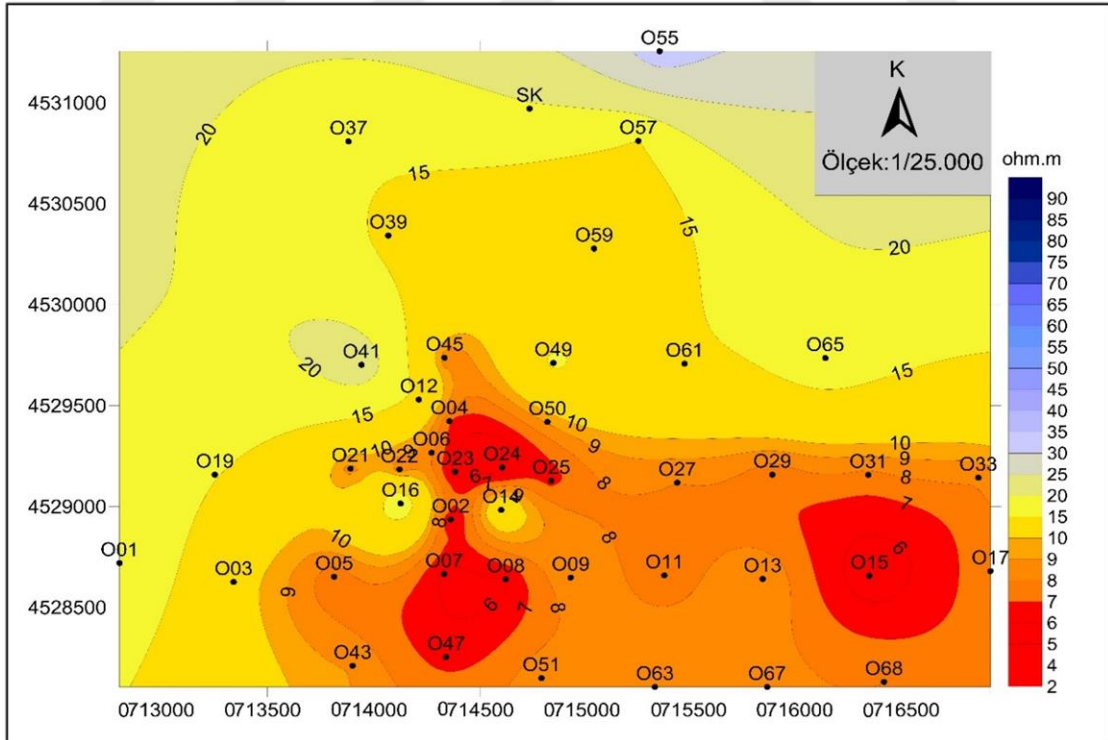
Şekil 5.15. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 250 m görünür eş özdirenç seviye haritası.



Şekil 5.16. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 500 m görünür eş özdirenç seviye haritası.

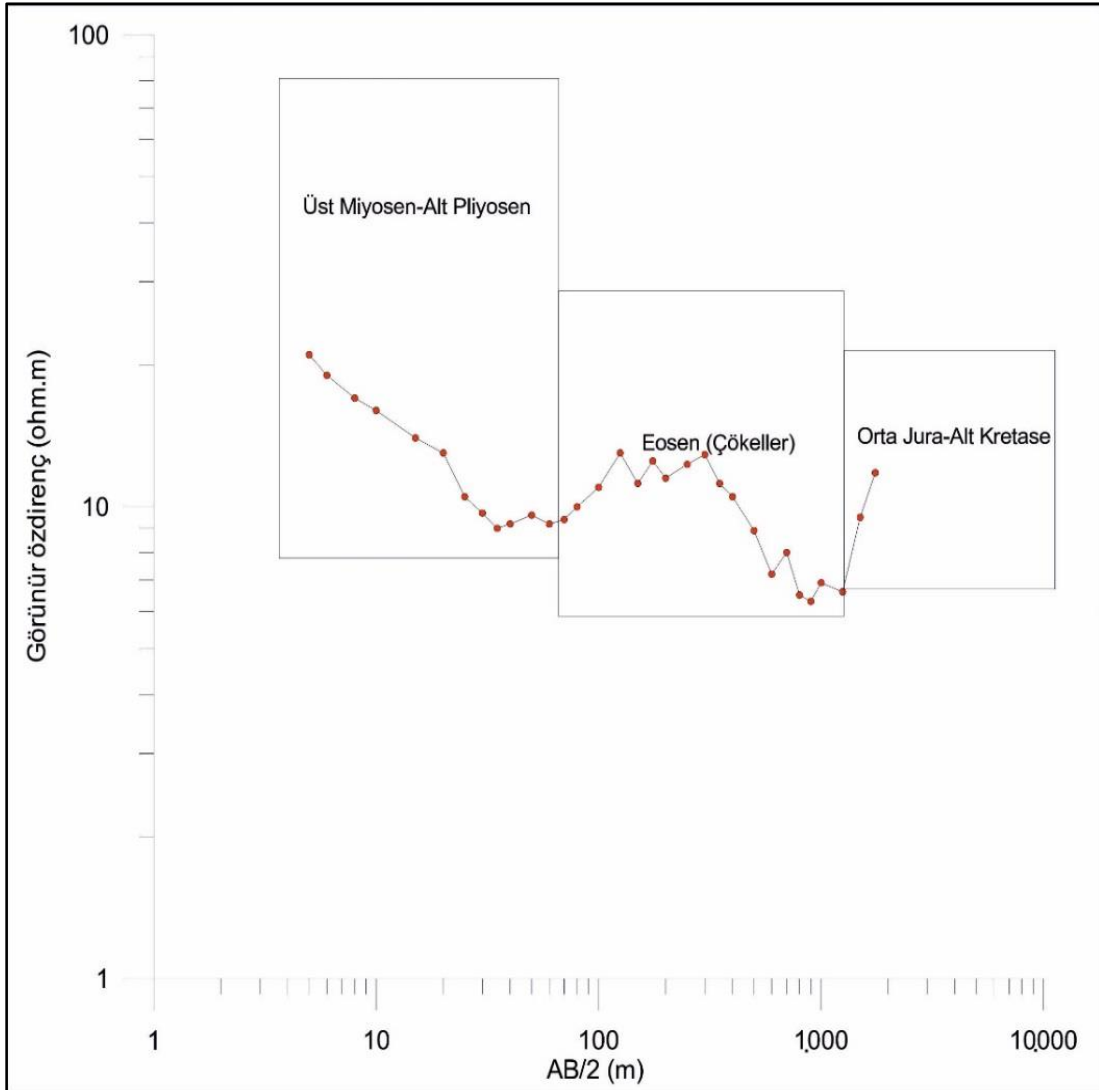


Şekil 5.17 AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 750 m görünür eş özdirenç seviye haritası.



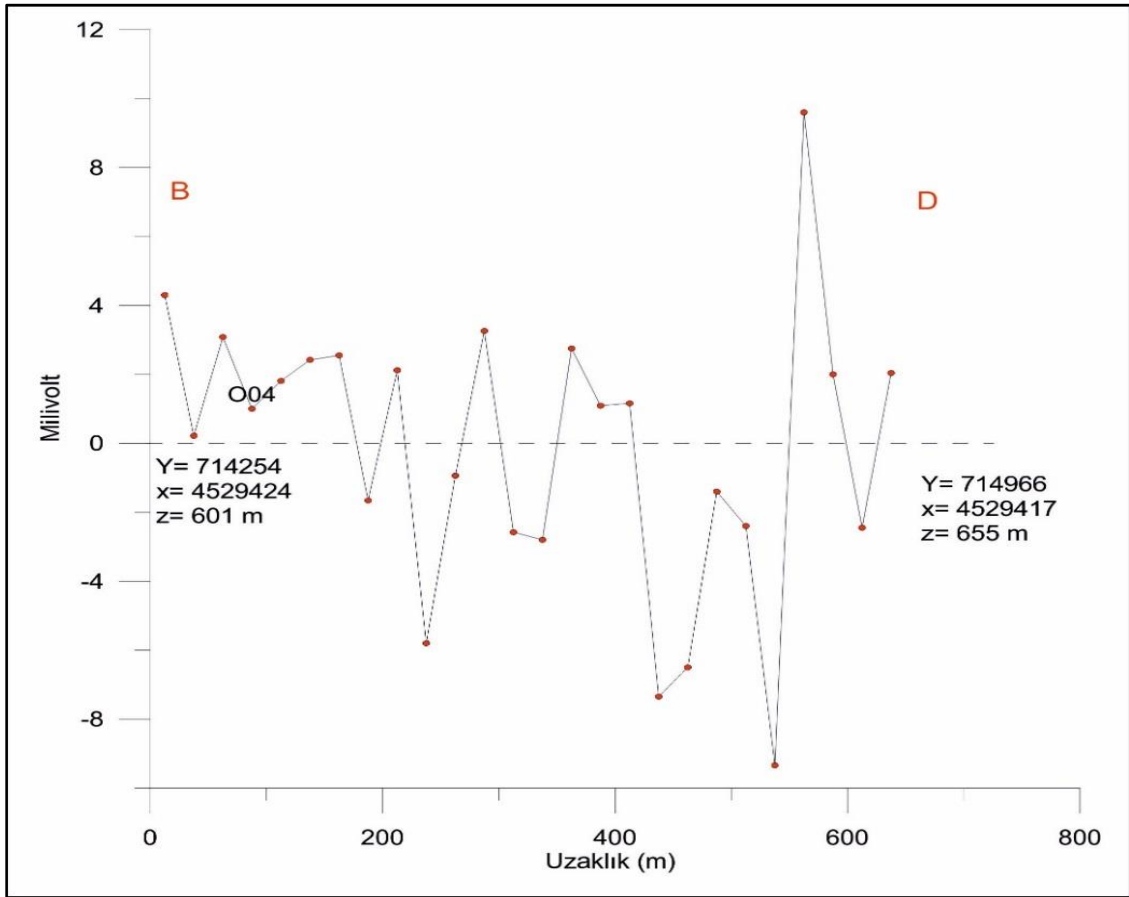
Şekil 5.18. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı ve çevresindeki alanın 1.000 m görünür eş özdirenç seviye haritası.

AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajının bulunduğu O04 DES noktası, taban topografya haritasına göre yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu fay ile doğu-batı doğrultulu Merzifon Fay Zonu'na ait fayın kesim noktasında bulunmaktadır. O04 DES noktasına ait eğriye göre yaklaşık 1.250 m civarında jeoelektrik temele giriş derinliğini göstermektedir (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajına ait O04 DES ölçüsüne ait DES eğrisi.

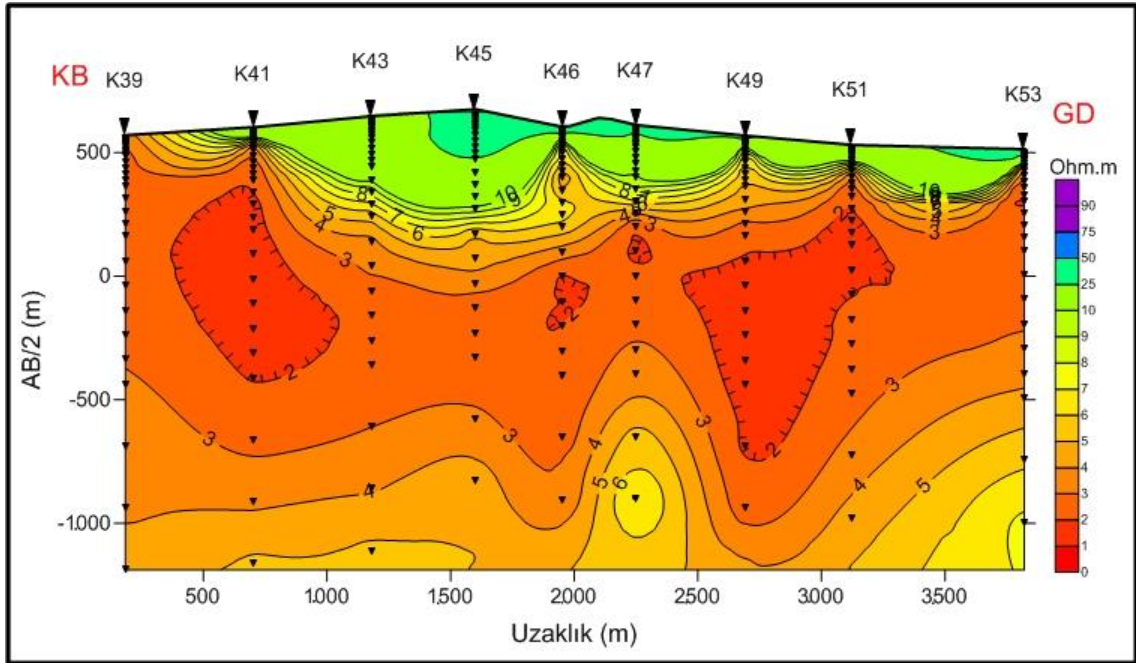
Sahada 4529424 koordinatı hattı boyunca doğu-batı doğrultulu, 25 m aralıklarla, O04 DES noktasından geçen 650 m uzunluğunda doğal potansiyel çalışması yapılmıştır ve 714866 boylamında maksimum etki alınmıştır. Yapılan değerlendirmeler ile O04 DES noktasına 2.000±200 m derinliğinde jeotermal sondaj yapılmıştır.



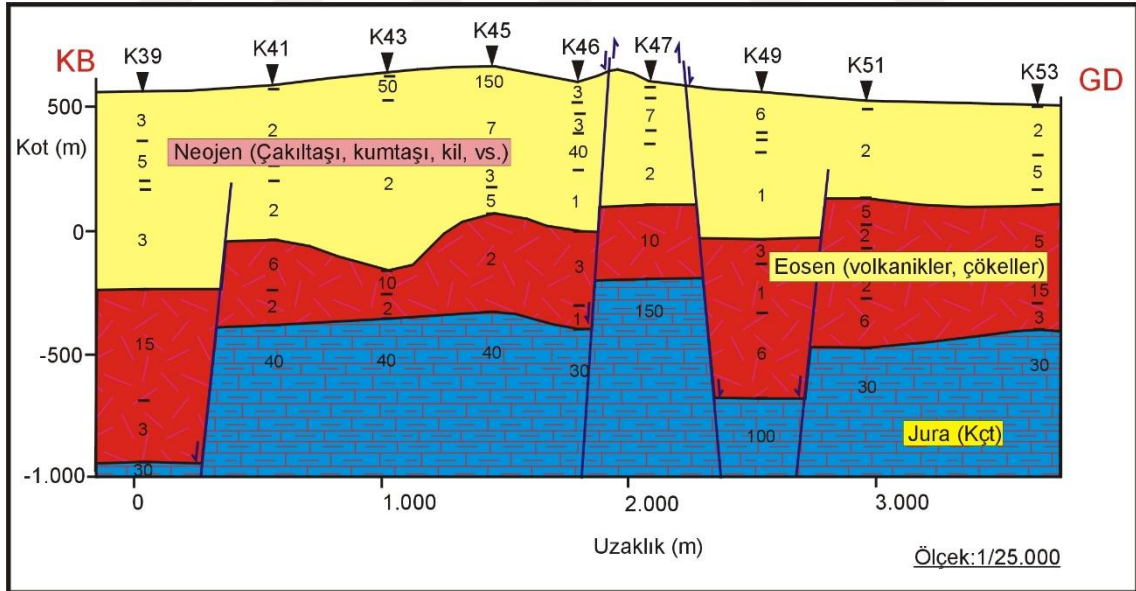
Şekil 5.20. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajından geçen Doğal Potansiyel (SP) anomali kesiti.

5.1.3. ASK-2016/11 sondajına ait DES ve SP ölçülerinin yorumlanması

ASK-2016/11 jeotermal sondajının da bulunduğu K46 DES noktası Profil kuzeybatıgüneydoğu doğrultusu boyunca 9 adet DES noktasından oluşmaktadır. K46 DES noktasında düşük öz dirençli bir kapanım ve jeoelektrik temelin fayla düştüğü alan görülmektedir. Bu noktada termal etki görülmektedir (Şekil 5.21 ve Şekil 5.22).

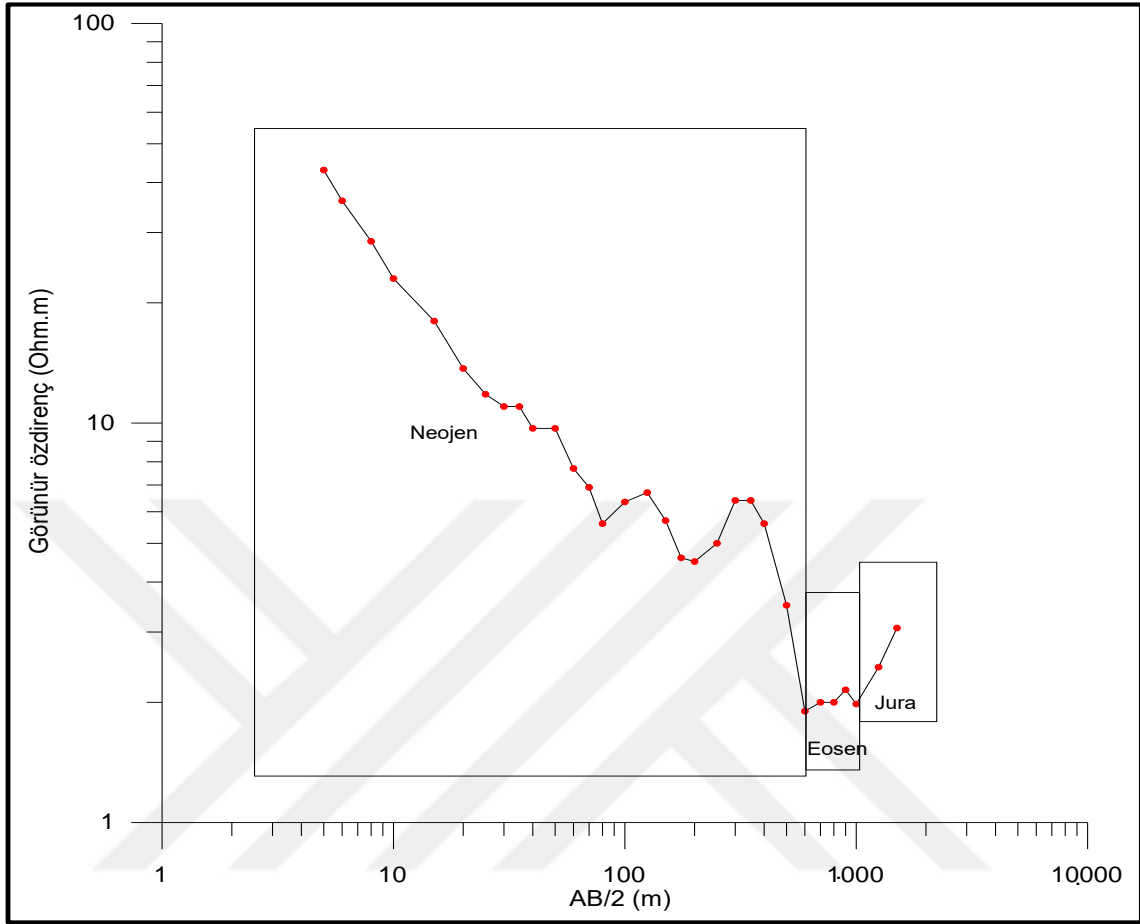


Şekil 5.21 ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajından geçen 3 nolu profile ait görünür eş özdirenç kesiti.



Şekil 5.22. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajından geçen 3 nolu profile ait jeoelektrik yapı kesiti.

ASK-2016/11 jeotermal sondajına ait K46 DES eğrisine göre, 1.000 m seviyelerde rezistivite en düşük seviyeden yükselme eğilimine girmiştir. Bu noktada jeotermal bir etkiden bahsedilebilir (Şekil 5.23).



Şekil 5.23. ASK-2016/11 sondajına ait K46 DES eğrisi.

6. SONDAJ ÇALIŞMALARI

Merzifon-Suluova çek-ayır havzalarında jeotermal enerji aramaya yönelik üç adet sondaj MTA Orta Karadeniz Jeotermal Enerji Aramaları projesi kapsamında yapılmıştır (Öziçli vd, 2018). Bu sondajlarda; Amasya-Merzifon-Ortaova-2015/8 (AMO-2015/8), Amasya-Merzifon-Çobanören-2016/3 (AMÇ-2016/3) ve Amasya-Suluova-Kazanlı-2016/11 (ASK-2016/11) kısaltmaları kullanılmıştır. Bu bölümde, jeotermal sondajlara ait kuyu logları, kuyulara ait çamur giriş çıkış sıcaklıkları, çamur kaçakları, kuyu içi jeofizik logları, kuyu teçhizleri, kuyu testleri, ve kuyu üretim çalışmaları hakkında bilgiler verilmektedir.

6.1. AMO-2015/8 Jeotermal Sondajı

6.1.1. Kuyu litolojisi

Taban derinliği 2200 m olan AMO-2015/8 jeotermal araştırma sondajında, 0,-8 m'ler Alüvyon, 8-20m'ler arasında Değim Formasyonu (PIQd), 20-688 m'ler arasında Yedikır Formasyonu (Tmply), 688-1.430 m'ler arasında Osmanoğlu Formasyonu (Teo), 1.430-1.762 m'ler arasında Bayat Formasyonu (Teb), 1.762-2.25m'ler arasında Tavşandağı Granitoidi (Tetg), 1.762-1.770 m'ler arasında Skarn zonu, 2.022-2.032 m'ler arasında Anklav, 2.120-2.125 m'ler arasında Skarn zonu ve 2.125-2.200 m'ler arasında Armutlu Formasyonu'na (Tea) ait birimler kesilmiştir. AMO-2015/8 jeotermal araştırma sondajına ait derinlik, koordinat, teçhiz, kuyu üretim ve test sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 6.1' de verilmiştir. AMO-2015/8 jeotermal sondajına ait kuyu logu Şekil 6.1 de verilmiştir.

6.1.2. Kuyu çamur özellikleri

AMO-2015/8 jeotermal sondajında ilerleme esnasında sıcaklık artışını gözlemlemek amacıyla çamur giriş-çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. İlerleme sırasında çamurun özelliklerini korumak amacıyla çamura müdahaleler yapılmıştır (yeni çamur yapılması, çamur eksilmelerine karşı çamur ilave edilmesi, çamur ıslahı ve çamura su ilave edilmesi vb.) yapılmıştır. Özellikle killi seviyelerin kesilmesi esnasında viskozitenin yükselmesine bağlı olarak çamura su, Na lignosülfanat ve çeşitli polimerler katılarak çamur dengede tutulmaya çalışılmıştır. Kırıntılı malzemenin artışına bağlı olarak çamurda ağırlaşmalar olmuştur. Çamurun bozulmasını ve olası takım sıkışmalarını önlemek için desilter çalıştırılarak kırıntılı malzemenin bir kısmı çamurdan uzaklaştırılmış, çamur bozulduğunda da yeni çamur yapılmıştır.

Çizelge 6.1. AMO-2015/8 jeotermal sondajına ait bazı özet bilgiler.

Kuyu Adı	AMO-2015/8			
Kuyu Yeri	Amasya-Merzifon-Ortaova köyü			
İlerleme Başlangıç Tarihi	25.11.2015			
İlerleme Bitiş Tarihi	19.02.2016			
Kule Tipi	MR-6000/2			
Pafta Adı	Çorum G35-a4			
Koordinatlar	X (yukarı) : 4519675 Y (sağa) : 0712200 Z (kot) : 518.00 m			
Kuyu Derinliği	2.200 m			
Kuyu Çapı ve Teçhiz Durumu	Derinlik (m)	Kuyu Çapı	Boru Çapı	Teçhiz Tipi
	00-100	26"	-	İlerleme
	00-96	-	20"	Kaynaklı kapalı (6 mm)
	100-686	17 ^{1/2} "	-	İlerleme
	00-678,81	-	13 ^{3/8} "	Kaynaklı kapalı (9,65 mm) K-55
	686-1.212	12 ^{1/4} "	-	İlerleme
	00-1.187,16	-	9 ^{5/8} "	Kaynaklı kapalı (9,1 mm) K-55
	1.212-2.198	8 ^{1/2} "	-	İlerleme
	2.198-2.200	6 ^{1/8} "	-	Karotlu ilerleme
	1.167,70-1.224,90	-	-	Kaynaklı kapalı (6 mm) K-55
	1.224,90-1.258,86	-	-	Kaynaklı filtreli (6 mm) K-55
	1.258,86-1.394,40	-	-	Kaynaklı kapalı (6 mm) K-55
	1.394,40-1.417,31	-	-	Kaynaklı filtreli (6 mm) K-55
	1.417,31-1.493,95	-	-	Kaynaklı kapalı (6 mm) K-55
	1.493,95-2.189,00	-	-	Kaynaklı filtreli (6 mm) K-55
2.189-2.200	-	-	Kaynaklı kapalı (6 mm) K-55	
Kuyu Başı Donanımı	13 ^{3/8} " casing üzerine 1 adet 2" spool adaptör ve 1 adet 10" ASA-300 master vana monte edilmiş, kör flanş kaynatılmıştır.			
Sonuç	Artezyen üretim debisi = 8,0 l/s Kompresörle üretilen akışkanın üretim debisi = 14,0 l/s Savakta artezyen dinamik sıcaklık = 69,0 °C Kuyu içi maksimum statik sıcaklık = 94,05 °C (2.175 m'de) Maksimum statik basınç = 221,95 bar (2.175 m'de) Enjeksiyon endeksi = 1,38 t/sa/bar Üretim endeksi = 3,12 t/sa/bar			

AMO-2015/8 jeotermal sondajında; en yüksek çamur çıkış sıcaklığı 2.154 m'de 59,4°C olarak ölçülmüştür. Sondaj takibi sırasında ölçülen çamur sıcaklıklarına (giriş, çıkış) ait değerler Çizelge 6.2' de verilmektedir.

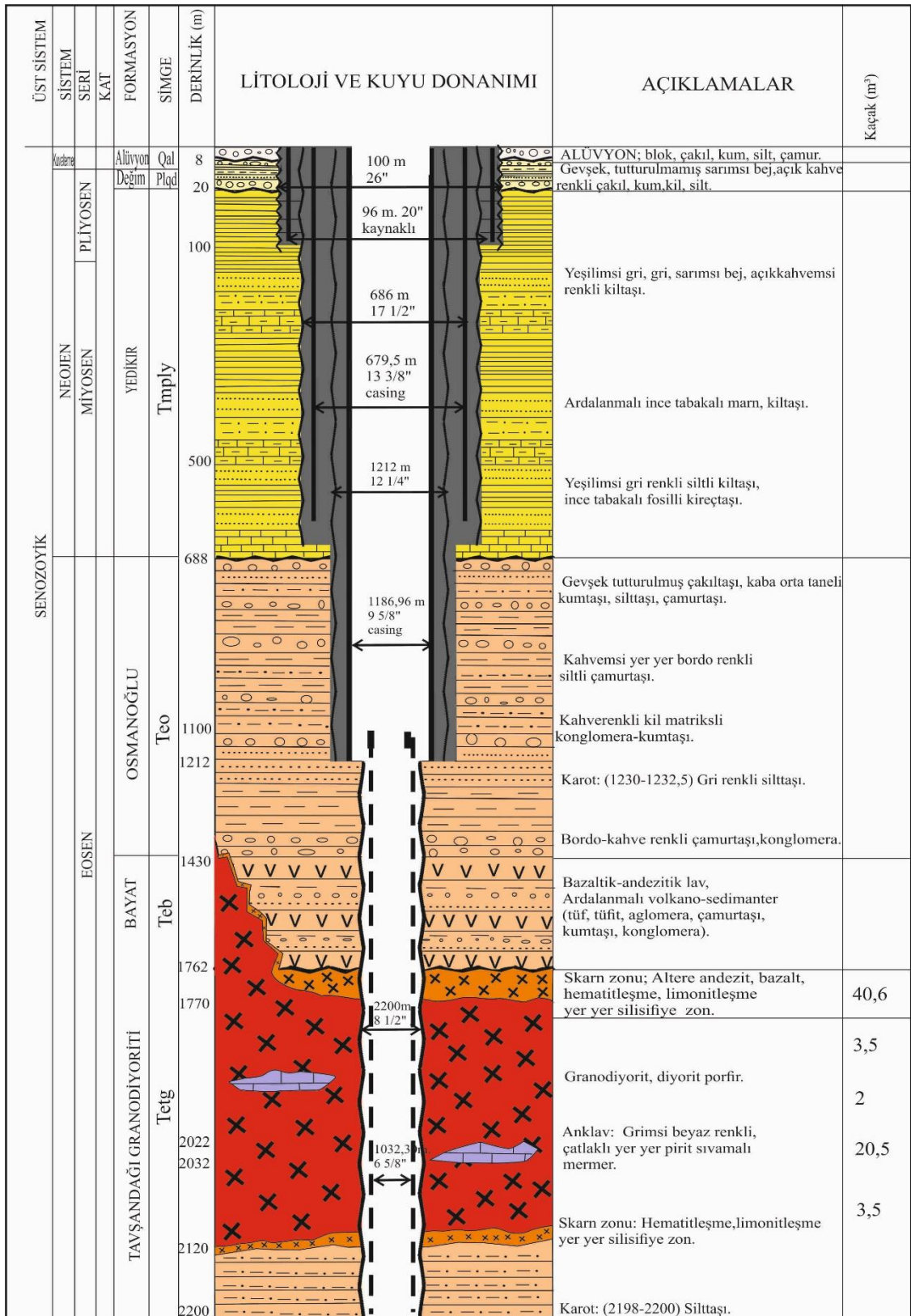
AMO-2015/8 jeotermal sondajında ilerleme sırasında 1.550-2.100 m'ler arası toplam 70,1 m³ kısmi çamur kaçacağı ölçülmüş olup, izlenen kısmi kaçak zonları ve miktarları aşağıdaki Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. AMO-2015/8 jeotermal sondajı çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Çamur Giriş Sıcaklığı (°C)	Çamur Çıkış Sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Çamur Giriş Sıcaklığı (°C)	Çamur Çıkış Sıcaklığı (°C)
8	11,6	11,7	1.150	38,2	39,1
50	19	19,4	1.200	44,3	45,7
100	16,2	17,1	1.250	33,8	35,2
150	19,6	20,1	1.300	38,2	40,3
200	23,7	24,5	1.360	42,8	45,1
250	-	23,5	1.420	38,9	40,4
310	19,3	19,7	1.450	33,2	37,2
350	19,3	20,2	1.500	37,8	41,2
400	22,9	25,2	1.550	43,9	45,5
450	25	25,5	1.600	36,7	38,8
510	27	27,2	1.660	45,2	46,6
550	28	28,8	1.700	38,8	42,5
600	26	27	1.750	49,6	51
650	33	33,4	1.820	46,4	48,4
700	-	30,7	1.860	50,7	51,9
750	22	23,3	1.900	50,1	51,8
810	27	27,6	1.950	48,7	50,6
850	31	30,9	2.000	52,7	54,1
900	29,1	30,2	2.050	48,3	49,1
950	30,3	31,6	2.100	54,3	55,8
1.000	30,5	31,5	2.154	-	59,4
1.050	35,2	35,9	2.190	55,1	57,4
1.110	34,3	35,6	2.200	53,6	56,1

Çizelge 6.3. AMO-2015/8 jeotermal sondajı ait çamur kaçak zonları ve miktarları.

Kaçaklı seviyeler (m)	Kaçak miktarı (m ³)	Açıklama
1.550 - 1.765	40,6	Aralıklarla kısmi
1.834	3,5	Kısmi
1.914	2,0	Kısmi
1.950- 2.070	20,5	Aralıklarla kısmi
2.110	3,5	Kısmi
TOPLAM	70,1	Kısmi



Şekil 6.1. AMO-2015/8 jeotermal sondajına ait kuyu logu.

6.1.3. Kuyu içi jeofizik log ölçümleri

AMO-2015/8 jeotermal sondajında, kuyu 2.200 m’de tamamlandıktan sonra jeotermal rezervuar Parametrelerinin belirlenmesi ve teçhiz planı yapılması için termik1, termik 2, termik 3, gamma ray (GR), neutron, rezistivite ve caliper log ölçümleri alınmıştır.

Termik-1 ölçüsü çamur sirkülasyonunun kesilmesinden 24 saat sonra alınmıştır. Kuyuda statik çamur seviyesi 4,0 m ve 1.875 m’de kuyu sıcaklığı 76,5 °C olarak ölçülmüştür. Termik-2 ölçüsü çamur sirkülasyonunun kesilmesinden 29 saat sonra alınmıştır. Kuyuda statik çamur seviyesi 6,0 m ve 2.200 m’de kuyu sıcaklığı 87,65 °C olarak ölçülmüştür. Sıcaklık 5 dakika bekleme ile 89,0 °C, 10 dakika bekleme ile 89,7 °C ve 15 dakika bekleme ile 90,1 °C’ye yükselmiştir. Termik-3 ölçüsü ise çamur sirkülasyonunun kesilmesinden 51 saat sonra alınmıştır. Kuyuda statik çamur seviyesi 12 m ve 2.200 m’de kuyu sıcaklığı 89,94 °C olarak ölçülmüştür. Sıcaklık 5 dakika bekleme ile 90,7 °C, 10 dakika bekleme ile 91,2 °C ve 15 dakika bekleme ile 91,4 °C’ye yükselmiştir. Rezistivite, gamma ray, neutron ve caliper logları birlikte değerlendirildiğinde, kuyuya 1.248-1.255 m, 1.374-1.376 m, 1.395-1.405 m, 1.590- 1.595 m, 1.639-1.641 m, 1.754-1.756 m, 1.790-1.791 m, 1.810,5-1.811,5 m, 1.832,-1.833,5 m, 1.923-1.924 m, 1.980-1.981,5 m, 2.001- 2.002 m ve 2.016- 2.017 m’ler arasında akışkan girişi olabileceği düşünüldükten sonra kuyu teçhizi yapılmıştır (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4. AMO-2015/8 jeotermal kuyusu teçhiz bilgileri.

Kuyu Çapı	Nerden	Nereye	Boru Çapı	Tasarım
26"	0	96	20"	Kaynaklı kapalı (6 mm)
17 ^{1/2} "	0	678,81	13 ^{3/8} "	Casing kapalı (9,65 mm) K-55
12 ^{1/4} "	0	1.187,16	9 ^{5/8} "	Casing kapalı (9,1 mm) K-55
8 ^{1/2} "	1.167,7	1.224,9	6 ^{5/8} "	Casing Kapalı
	1.224,9	1.258,86	6 ^{5/8} "	Casing Filtreli
	1.258,86	1.394,4	6 ^{5/8} "	Casing Kapalı
	1.394,4	1.417,31	6 ^{5/8} "	Casing Filtreli
	1.417,31	1.493,95	6 ^{5/8} "	Casing Kapalı
	1.493,95	2.189	6 ^{5/8} "	Casing Filtreli
	2.189	2.200	6 ^{5/8} "	Casing Kapalı

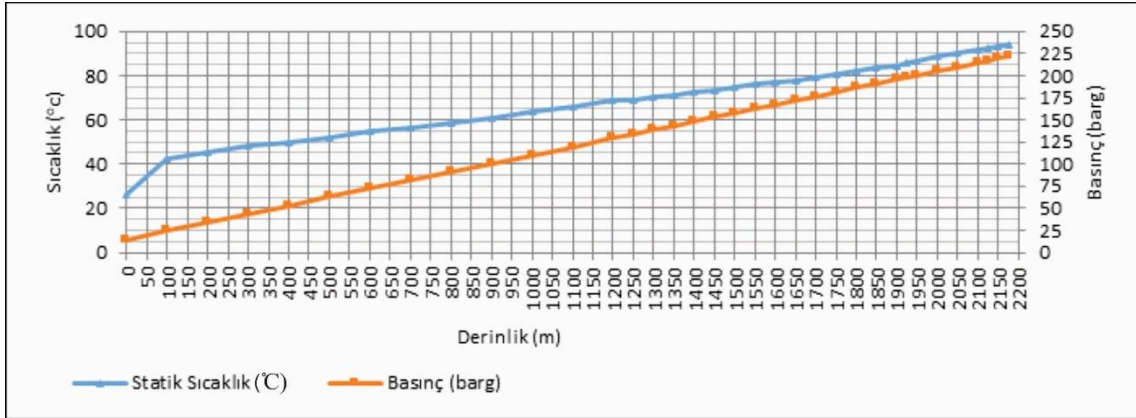
6.1.4. Kuyu yıkama, geliştirme, üretim ve test çalışmaları

AMO-2015/8 jeotermal sondaj kuyusunda teçhiz yapıldıktan sonra kuyu yıkama, geliştirme, üretim ve test çalışmaları yapılmıştır. Kuyu içindeki çamur dışarı atılarak takıma yıkama jeti bağlanmış ve kuyu içi tabandan itibaren yıkanmıştır. Kuyuya 2.186,78 m’den 700 stroke, 2.012 m’den 2.600 stroke ve daha sonra aynı m’den 4.400 stroke olmak üzere toplamda

7.700 stroke su basılarak kuyu yıkanmıştır. Kuyu artezyen akışa geçmiştir. Sıcaklık 19,7 °C ve debi yaklaşık 5 l/s olarak ölçülmüştür. Gece preventer açık bırakılmış üretim sabaha kadar devam ettirilmiştir. Daha sonra preventer kapatılmış ve kuyubaşı basıncı 18 bar ölçülmüştür. Kuyu tekrar üretime açılmış ve akışkan 53 °C ve debi 10 l/s ölçülmüştür. Kuyu yıkama işlemini tekrarlanarak 2.200 m'den 5.250 stroke, 1.750 m'den 2.000 stroke, 1.500 m'den 2.500 stroke olmak üzere toplamda 9.750 stroke su basılarak kuyu yıkama işlemi bitirilmiştir. Akışkanın sıcaklığı 59,5 °C ve debi 6 l/s ölçülmüştür. Gece preventer kapatılmış sabah kuyubaşı basıncı manom'den 257 psi ölçülmüştür. Kuyuda kompresörlü üretim için 3,5 tijler 227 metreye kadar inilmiştir. Kuyuda 120 dakika kompresör yapıldıktan sonra sıcaklık 48,5 °C'den 61,0 °C'ye çıkmış ve 9-10 l/. kompresör debisi ölçülmüştür. Daha sonra 90 dakika kompresör yapılmış ve kuyu kendi haline bırakılmış, sıcaklık 63,6 °C ve artezyen debisi 6 l/s ölçülmüştür. Aynı seviyeden 120 dakika yapılan kompresör sonucunda sıcaklık 56,7 °C'den 62,3 °C'ye çıkmış ve debi 11 l/s ölçülmüştür. Daha sonra kuyu bir süre dinlenmeye bırakıldıktan sonra sıcaklık 66,6 °C ve artezyen debisi ise 7 l/s olarak ölçülmüştür. Ardından aralıklarla 90 dakika daha kompresör yapıldıktan sonra akışkanın sıcaklığı 67,5 °C ölçülmüştür. Daha sonra kompresörle yapılan üretimin ardından sıcaklık 69,0 °C ve artezyen debisi 8 l/s olarak ölçülmüştür. Kuyuda, 10 saat kompresörlü ve 19 saat artezyen üretim yapılarak toplamda 1.000 ton akışkan üretimi yapılmıştır. Kuyuda statik sıcaklık ve statik basınç ölçüleri alınmış, water loss ve çok debili enjeksiyon, testleri yapılmış ve kuyu üretime açılmıştır. Daha sonra dinamik sıcaklık ve dinamik basınç ölçüleri alınıp build up testi yapılmıştır. Build up testinden sonra kuyu tekrar kompresörlü üretime alınmıştır.

AMO-2015/8 jeotermal sondajı statik sıcaklık ve statik basınç ölçüleri

Kuyuda dijital element kullanılarak her istasyon noktasında 1 dakikalık bekleme yapılmak suretiyle 2.175 m'ye kadar statik sıcaklık ve basınç ölçüleri alınmış ve derinliğe göre değişim grafikleri çizdirilmiştir (Şekil 6.2). Kuyuda statik sıcaklık 2.175 m'de en yüksek 94,05 °C olarak ölçülmüştür.



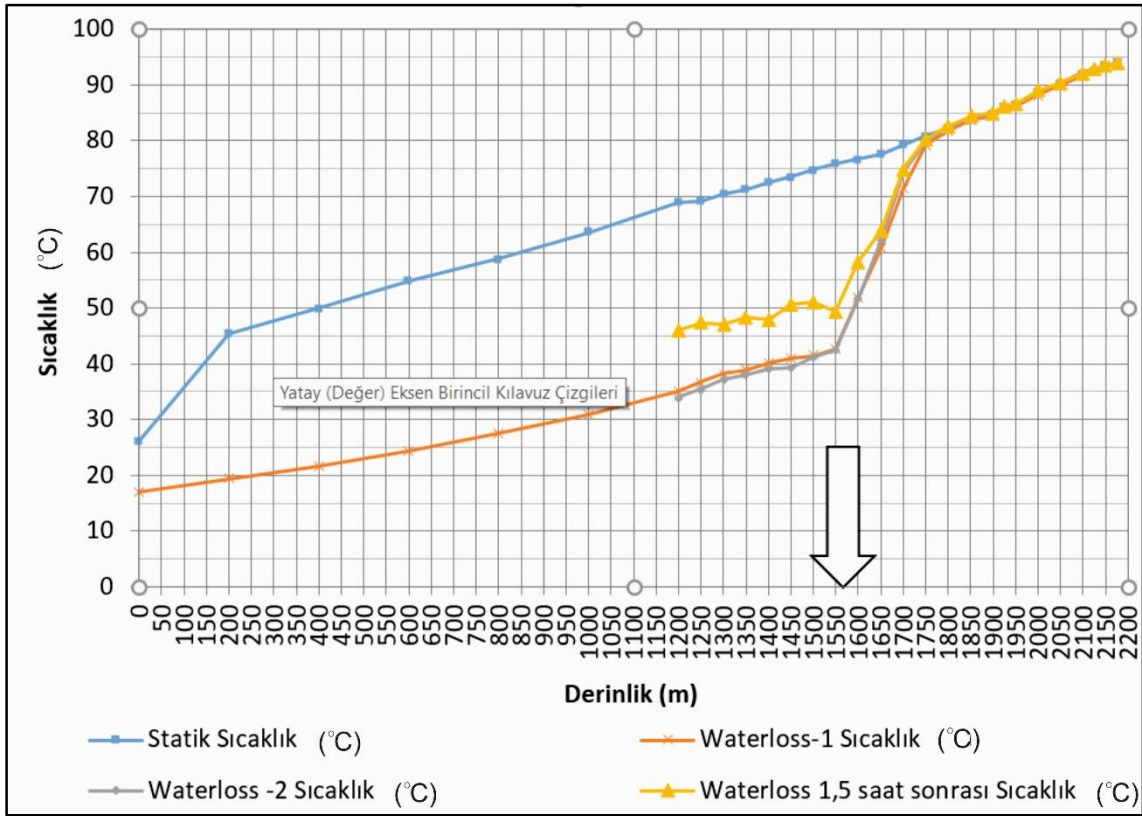
Şekil 6.2. AMO-2015/8 jeotermal kuyusuna ait statik sıcaklık ve statik basınç ölçülerine ait değerlerin derinliğe göre değişim grafiği.

AMO-2015/8 jeotermal sondajı water loss testi

Kuyuda, sondaj makinesinin tanklarında bulunan 70 ton, rezerv su tanklarında bulunan 60 ton ve rezerv havuzunda bulunan 30 ton su ile kuyu testlerine başlanmıştır. Sıcaklığı 16 °C olan su, 2 saat boyunca 10 l/s debi ile basılarak kuyu soğutulmuş ve ardından su basmaya devam edilirken tabana kadar sıcaklık ölçüsü alınmıştır. Kuyuya test boyunca toplam 135 ton soğuk su basılmıştır. Kuyudan alınan statik sıcaklık grafiğinde göre 1.550-1.600 m'ler arasında su kaybı olduğu ve daha derinlerde soğuma gerçekleşmediği için geçirgen bir zon olmadığı gözlenmiştir. Daha sonraki enjeksiyon testleri sırasında yüksek debilerde basınç düşümü yaşanması üzerine geçirgen zonların kontrolü için waterloss testi tekrar edilip warm-up ölçüsü alınmıştır. Sıcaklık profiline göre 1.550-1.600 m'ler arasındaki geçirgen zonun değişmediği görülmüştür (Çizelge 6.5, Şekil 6.3).

Çizelge 6.5. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda okunan water loss sıcaklık değerlerinin derinliğe göre değişim değerleri.

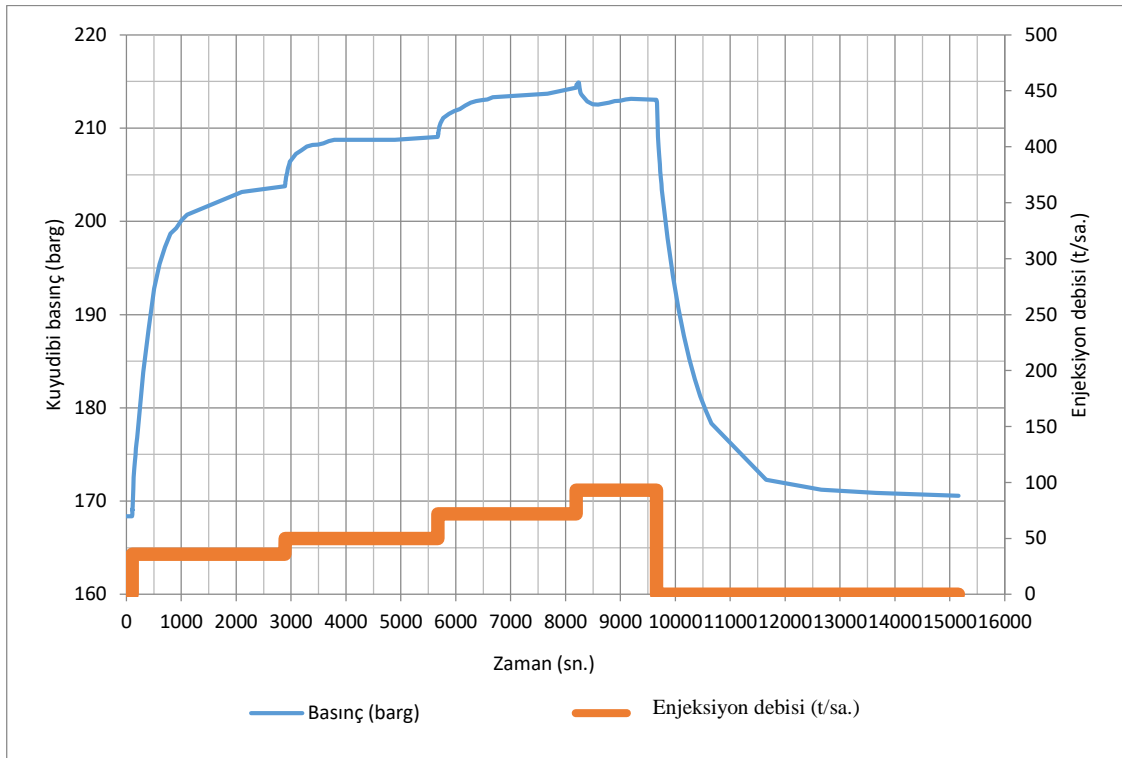
Derinlik (m)	Water loss-1 Sıcaklık (°C)	Water loss -2 Sıcaklık (°C)	Water loss'dan 1,5 saat sonra ısınma (°C)
0	16,99	-	-
200	19,38	-	-
400	21,67	-	-
600	24,43	-	-
800	27,59	-	-
1.000	30,86	-	-
1.200	35,15	34,04	46
1.250	36,70	35,50	47,39
1.300	38,15	37,11	47,18
1.350	38,98	38,06	48,31
1.400	40,10	39,08	47,96
1.450	41,05	39,39	50,71
1.500	41,44	41,26	51,13
1.550	42,77	42,41	49,44
1.600	51,76	51,48	58,15
1.650	60,72	62,14	63,96
1.700	71,58	74,40	74,98
1.750	79,24	79,86	80,29
1.800	81,72	82,34	82,62
1.850	83,68	84,12	84,37
1.900	84,53	85,03	85,06
1.925	85,86	86,22	86,18
1.950	86,23	86,58	86,67
2.000	88,23	88,84	89,04
2.050	89,97	90,38	90,36
2.100	91,70	92,25	92,12
2.125	92,47	92,87	92,79
2.150	93,43	93,67	93,61
2.175	93,98	94,09	94,05



Şekil 6.3. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda alınan water loss sıcaklık değerlerinin derinliğe göre değişim grafiği.

AMO-2015/8 jeotermal sondajı çok debili enjeksiyon testi

Kuyuda üretim zonu olarak belirlenen 1.550-1.600 m'ler seviyesi göz önüne alınarak 1.600 m'ye ölçü elementi indirilip beklendikten sonra kuyuya kademeli olarak 36, 50, 72 ve 93 t/sa debilerle toplamda 155 ton soğuk su basılarak enjeksiyon testi gerçekleştirilmiştir. Son debi basımı başladığında kuyubaşı basıncı artması gerekirken 2 barlık düşüm gözlenmiştir. Ertesi gün test tamamlandıktan sonra çift pompa ile yüksek debide (170 t/sa) enjeksiyon yapılmıştır. Kuyubaşı basıncı well head pressure (whp) 66 barg olarak ölçülmüştür. Testler sırasında toplamda 145 ton su basılmıştır. Bu testin hemen ardından water loss testi tekrarlanmış ve geçirgen zonda bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Yapılan çok debili enjeksiyon testinin sonucunda enjektivite endeksi $I.I = 1,38 \text{ t/sa/bar}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 6.4).

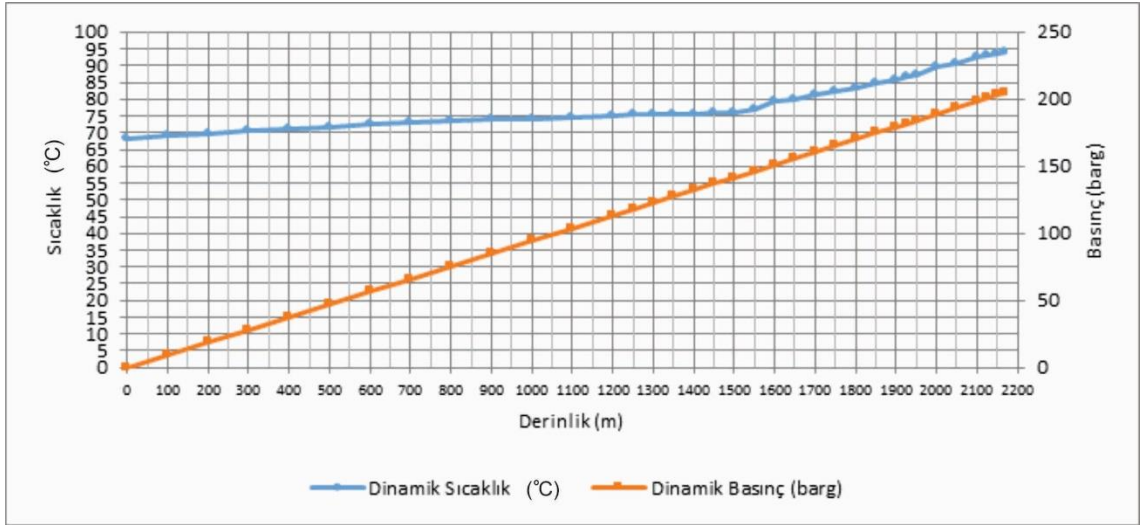


Şekil 6.4. AMO-2015/8 jeotermal kuyusu üretim zonundan alınan basınç ve enjeksiyon debisinin zamana göre değişim grafiği.

AMO-2015/8 jeotermal sondajı dinamik sıcaklık ve dinamik basınç ölçüleri ile build up testi

Kuyuda enjeksiyon testleri sonrasında 24 saatlik üretimin ardından dinamik ölçüler alınmıştır. Sıcaklık profilinde 1.550-1.600 m'den yüzeye doğru ısı akışı görülmektedir. Üretim zonu olarak belirlenebilen bu derinlikteki dinamik sıcaklık 77-79 °C arasındadır (Şekil 6.5).

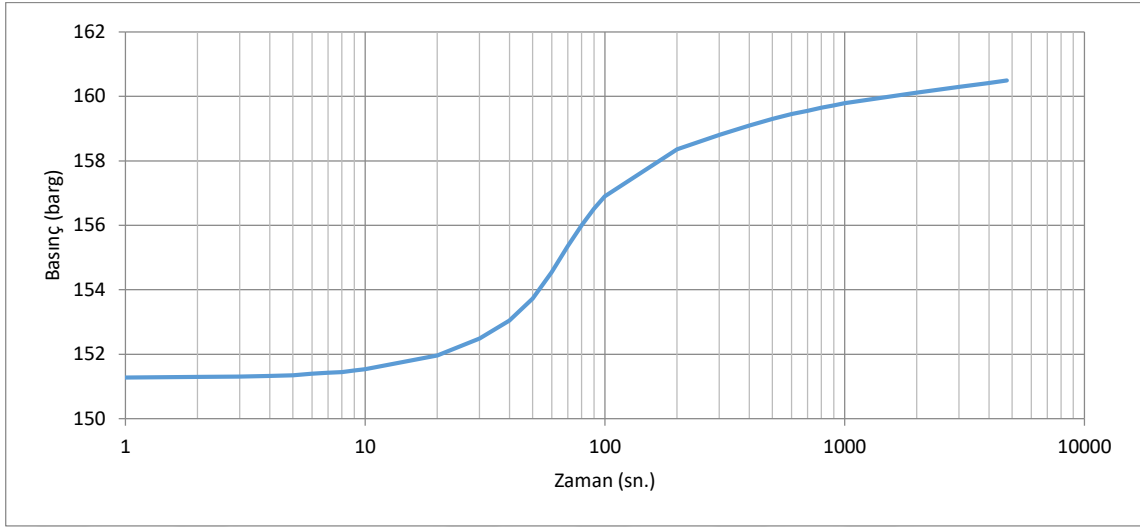
Kuyuda build-up testi için element 1.600 m'ye çekilmiş ve beklemenin ardından yatay üretim vanası hızlıca kapatılmıştır. Oluşan build up eğrisinden üretim endeksi $P.I.= 3,12 \text{ t/sa/bar}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 6.6, Şekil 6.6).



Şekil 6.5. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda dinamik sıcaklık ve dinamik basınç değerlerinin derinliğe göre değişim grafiği.

Çizelge 6.6. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda build-up basınç testinin zamana göre okunan değerleri.

Zaman (sn.)	Buildup Basınç	Zaman (sn.)	Buildup Basınç
1	151,2	80	156,0
2	151,3	90	156,5
3	151,3	100	156,9
4	151,3	200	158,3
5	151,3	300	158,8
6	151,4	400	159,0
7	151,4	500	159,3
8	151,4	600	159,4
9	151,5	700	159,5
10	151,5	800	159,6
20	151,9	900	159,7
30	152,5	1.000	159,7
40	153,0	2.000	160,1
50	153,7	3.000	160,2
60	154,5	4.000	160,4
70	155,3	4.750	160,5



Şekil 6.6. AMO-2015/8 jeotermal kuyusunda build up basınç testinin zamana göre değişim grafiği.

AMO-2015/8 jeotermal sondajı üretim testi

Kuyuda testler öncesi kuyu temizliği ve geliştirilmesi adına 13 saat kompresör ve 19 saat artezyenik olmak üzere toplamda 1.000 ton akışkan üretimi yapılmış ve kuyu temizlenmiştir. Kuyu testleri sırasında ve sonrasında 60 saat artezyenik ve 16 saat kompresörle olmak üzere 2.500 ton akışkan üretimi yapılmıştır. Kuyuda artezyenik olarak 8 l/sn. ile 220 metreden yapılan kompresörle 14 l/sn. debi ölçümü yapılmıştır. Kuyubaşı üretim sıcaklığı 69 °C ölçülmüştür. Kuyuda ölçülen en yüksek sıcaklık 94,26 °C (2.170 m'deki dinamik sıcaklık), maksimum statik sıcaklık 94,05 °C (2.175 m'de), üretim zonundaki ortalama sıcaklığı ise 78 °C'dir. Kuyunun enjeksiyon endeksi 1,38 t/sa./bar, üretim endeksi ise 3,12 t/sa./bar olarak hesaplanmıştır. Kuyuda statik halde 15 bar seviyelerine yükselen kuyubaşı basıncı, üretim sırasında sıfırlanmaktadır.

6.2. AMÇ-2016/3 Jeotermal Sondajı

6.2.1. Kuyu litolojisi

Taban derinliği 2200 m olan AMO-2015/8 jeotermal araştırma sondajında, 0-2 m'ler toprak örtü, 2-60 m'ler arasında Yedikır Formasyonu (Tmply), 60-320 m'ler arasında Peynirçayı Volkanitleri (Tep), 320-542 m'ler arasında Osmanoğlu Formasyonu (Teo), 542-800 m'ler arasında Bayat Formasyonu (Teb), 800-1.060 m'ler arasında Çeltek Formasyonu (Teç), 1.060-1.520 m'ler arasında Çalarasın Formasyonu, 1520-2.200 m'ler arasında ofiyolite (Mof) ait birimler kesilmiştir. AMÇ-2016/3 jeotermal araştırma sondajına ait derinlik, koordinat, teçhiz,

kuyu üretim ve test sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 6.7' de, AMÇ-2016/3 jeotermal araştırma sondajına ait kuyu logu ise Şekil 6.7' de verilmektedir.

Çizelge 6.7. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ait bazı özet bilgiler.

Kuyu Adı	AMÇ-2016/3			
Kuyu Yeri	Amasya-Merzifon-Çobanören			
İlerleme Başlangıç Tarihi	09.08.2016			
İlerleme Bitiş Tarihi	06.11.2016			
Kule Tipi	MR-6000/2			
Pafta Adı	Çorum G35-a1			
Koordinatlar	X (yukarı) : 4529383 Y (sağa) : 0714365			
Kuyu Derinliği	2.200,00 m.			
Kuyu Çapı ve Teçhiz Durumu		Kuyu	Boru	
	0-505	17 1/2"	-	İlerleme
	0-500,36	-	13 ^{3/8} "	Casing kapalı (9,65 mm) K-55
	505-1.093,5	12 1/4"	-	İlerleme
	0-1.085,78	-9	9 5/8"	Casing kapalı (9,65 mm) K-55
	1.093,5-2.198	8 1/2"	-	İlerleme
	2.198-2.200	6 1/8"	-	Karotlu ilerleme
	2.198-2.200	8 1/2"	-	Tarama
	1.062,75-2.200	-	6 5/8"	Liner Casing kapalı ve filtreli
	1.062,75-1.085,32	-	6 5/8"	Casing kapalı (6 mm) K-55
	1.085,32-1.357,94	-	6 5/8"	Casing filtreli (6 mm) K-55
	1.357,94-1.402,69	-	6 5/8"	Casing kapalı (6 mm) K-55
	1.402,69-2.187,64	-	6 5/8"	Casing filtreli (6 mm) K-55
	2.187,64-2.200	-	6 5/8"	Casing kapalı (6 mm) K-55
Kuyu Başı Donanımı	13 ^{3/8} " casing üzerine 1 adet 2" spool adaptör ve 1 adet 10" ASA-300 master vana monte edilmiş, kör flanş kaynatılmıştır.			
Sonuç	Artezyenik üretim debisi		= 2,0 l/s	
	Kompresörle üretilen akışkanın üretim debisi		= 5,3 l/s	
	Savakta artezyenik üretim sıcaklığı		= 53,0 °C	
	Kompresörle üretilen akışkanın üretim sıcaklığı		= 56,0 °C	

6.2.2. Kuyu çamur özellikleri

Amasya-Merzifon-Ortaova AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında ilerleme esnasında sıcaklık artışını gözlemlemek amacıyla çamur giriş-çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında en yüksek çamur çıkış sıcaklığı 2.176 m'de 53,7 °C olarak

ölçülmüştür. Sondaj takibi sırasında ölçülen çamur sıcaklıklarına (giriş, çıkış) ait değerler Çizelge 6.8’de verilmiştir.

Çizelge 6.8. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Çamur Giriş Sıcaklığı (°C)	Çamur Çıkış Sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Çamur Giriş Sıcaklığı (°C)	Çamur Çıkış Sıcaklığı (°C)
32	28,1	28,3	1.150	37,3	39
46	28,1	28,3	1.200	43,3	44,4
102	26,3	26,7	1.258	44,2	45,6
152	27,5	27,7	1.300	49,2	49,7
200	32,4	32,6	1.350	46,4	48,2
250	34	34,6	1.408	45,9	47,2
300	36,9	37,4	1.466	47,2	49,7
350	33,2	33,7	1.504	49,2	51
400	32,3	33,3	1.550	50	51,5
450	36,1	36,6	1.610	48,9	50,3
500	48,3	49,5	1.674	45,6	48,2
550	37	38,2	1.700	45	47,4
600	41,9	43,7	1.750	50	51,6
650	42	43,1	1.802	47,2	49,2
714	44,1	45,3	1.854	46,4	48,3
750	44,8	45,8	1.904	50,4	52,2
800	47,2	48,3	1.952	50,8	52,8
850	47,2	47,9	2.000	49,5	52
900	49,7	50,7	2.042	49,7	51,4
950	47,4	48,2	2.098	49	50,6
1.000	47,9	48,8	2.150	46,4	49,7
1.054	47,5	48,2	2.176	52	53,7
1.094	42,2	43	2.194	48,4	50,3

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında ilerleme sırasında 630-2.114 m’ler arası toplam 76,2 m³ kısmi çamur kaçağı ölçülmüş olup, izlenen kısmi kaçak zonları ve miktarları Çizelge 6.9’da verilmiştir.

Çizelge 6.9. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı kısmi kaçak zon ve miktarları.

KAÇAK ZONU (m)	KAÇAK MİKTARI (m ³)	AÇIKLAMA
630-636	5	Kısmi
696-714	4	Kısmi
724-754	4	Kısmi
812-820	3	Kısmi
860-872	1,5	Kısmi
912-913	1,5	Kısmi
918-924	1,5	Kısmi
1.030-1.032	1,5	Kısmi
1.088-1.089	0,5	Kısmi
1.136-1.168	10	Kısmi
1.334-1.348	2	Kısmi
1.416-1.418	2	Kısmi
1.552-1.558	3,5	Kısmi
1.572-1.595	2	Kısmi
1.614-1.622	5,8	Kısmi
1.708-1.726	3	Kısmi
1.728-1.730	1	Kısmi
1.750-1.774	2	Kısmi
1.826-1.832	2	Kısmi
1.856-1.868	1,5	Kısmi
1.886-1.900	6	Kısmi
1.904-1.910	3	Kısmi
1.924-1.930	1,5	Kısmi
1.945-1.952	1,4	Kısmi
1.962-1.976	2	Kısmi
1.994-2.006	1	Kısmi
2.030-2.031	1	Kısmi
2.100-2.114	3	Kısmi
TOPLAM	76,2	Kısmi

6.2.3. Kuyu içi jeofizik log ölçümleri ve kuyu teçhizi

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında kuyu taban derinliği 1.095,5 m ve 2.200 m iken kuyu içi jeofizik log ölçümleri alınmıştır.

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında kuyu taban derinliği 2.200 metrede iken kuyuda jeotermal anlamda değerlendirme ve teçhiz planı yapılması için iki kez termik (termik-1, termik-2) ve elektrik log ölçümleri alınmıştır. Çamur sirkülasyonunun kesilmesinden 8,5 saat sonra ilk termik ölçü (termik-1) alınmıştır. Statik su seviyesi 2 metre ve en yüksek sıcaklık 82,46 °C olarak ölçülmüştür. Çamur sirkülasyonunun kesilmesinden 37,5 saat sonra ikinci termik ölçü (termik-2) alınmıştır. Bu ölçü sonrasında statik su seviyesi 8 m ve beklemesiz sıcaklık 86,38 °C olarak ölçülmüştür. Sıcaklık 5 dakika bekleme ile 87,05 °C, 10 dakika bekleme ile 87,39 °C ve 15 dakika bekleme ile 87,62 °C olarak ölçülmüştür (Çizelge 6.10).

Çizelge 6.10. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında kuyu taban derinliği 2.200 m iken 92,5 saat beklemeli olarak alınan termik-2 log ölçüsüne ait değerler.

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)
5	2	900	56,56	1800	74,8
50	34,0687	950	57,66	1850	75,82
100	36,8577	1000	58,55	1900	77,26
150	38,453	1050	59,28	1950	78,66
200	41,78	1100	60,8	2000	80,35
250	42,2	1150	61,84	2050	81,67
300	43,47	1200	62,4	2100	84,16
350	44,36	1250	63,05	2150	85,49
400	45,06	1300	64,17	2195	87,38
450	47	1350	65,18		
500	48,19	1400	66,1		
550	49,39	1450	67,18		
600	50,55	1500	68,12		
650	51,33	1550	69,28		
700	52,41	1600	70,21		
750	53,9	1650	71,35		
800	54,73	1700	73,07		
850	55,78	1750	74,19		

5 dk beklemeli: 87,05 °C
10 dk beklemeli: 87,39 °C
15 dk beklemeli: 87,62 °C

AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu 2.200 m derinlikte tamamlanmıştır. Kuyuda, 505 m'ye kadar 17 1/2" matkap ile ilerlenerek 500,36 metreye 13^{3/8}" K55 casing muhafaza boruları inilmiş ve boru arkası başarılı bir şekilde çimentolanmıştır. Daha sonra 12 1/4" matkapla 1.093,5 m'ye kadar ilerlenerek 1.085,78 metreye 9^{5/8}" K55 casing muhafaza boruları inilmiş ve boru arkası başarılı bir şekilde çimentolanmıştır. Bu operasyon sonrasında kuyuda 8 1/2" matkapla 2.200 m'ye kadar ilerlenerek kuyu tamamlanmıştır. Sonrasında ise kuyuya 1.062,75- 1.085,32 m'ler arası kapalı, 1.085,32-1.357,94 m'ler arası filtrelili, 1.357,94-1.402,69 m'ler arası kapalı, 1.402,69-2.187,64 m'ler arası filtrelili ve 2.187,64-2.200,00 m'ler arası kapalı olmak üzere 6^{5/8}" çapta liner borular indirilerek kuyu teçhizi tamamlanmıştır (Çizelge 6.11).

Çizelge 6.11. AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu teçhiz bilgileri

Kuyu Çapı	Nerden	Nereye	Boru Çapı	Tasarım
17 ^{1/2} "	0	505	13 ^{3/8} "	Casing kapalı (9,65 mm) K-55
12 ^{1/4} "	0	1.093,5	9 ^{5/8} "	Casing kapalı (9,1 mm) K-55
8 ^{1/2} "	1.062,75	1.085,32	6 ^{5/8} "	Casing Kapalı
	1.085,32	1.357,94	6 ^{5/8} "	Casing Filtrelili
	1.357,94	1.402,69	6 ^{5/8} "	Casing Kapalı
	1.402,69	2.187,64	6 ^{5/8} "	Casing Filtrelili
	2.187,64	2.200	6 ^{5/8} "	Casing Kapalı

6.2.4. Kuyu yıkama, geliştirme, üretim ve test çalışmaları

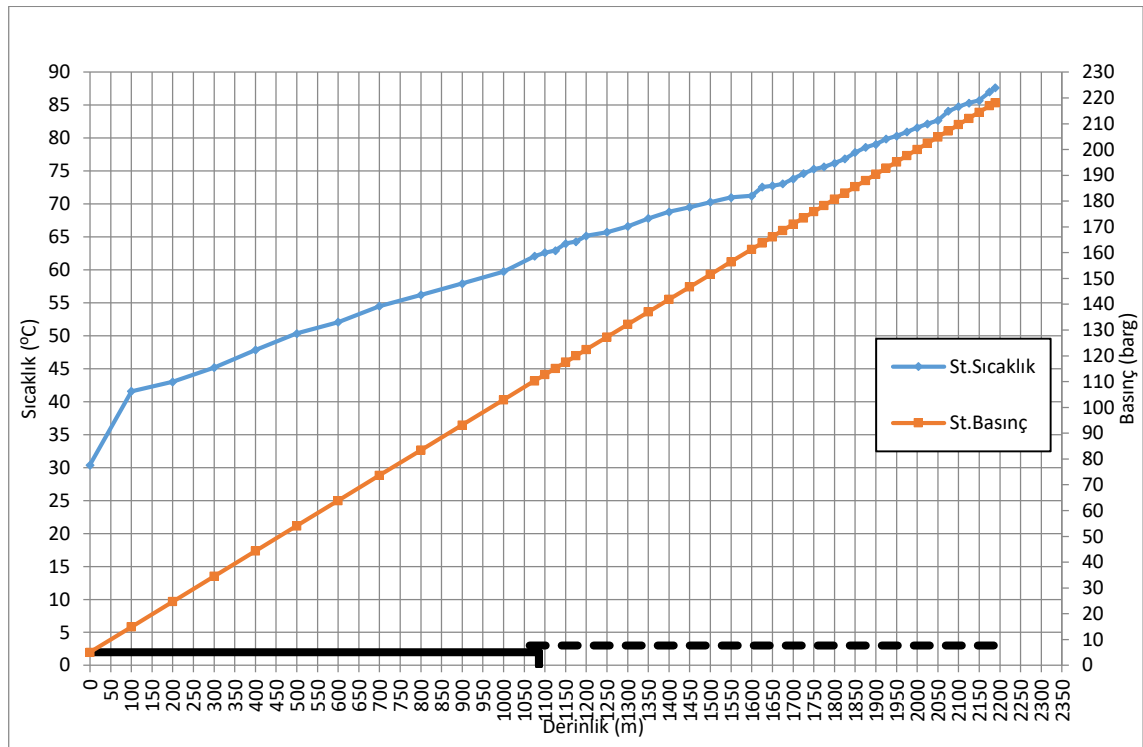
AMÇ-2016/3 jeotermal sondaj kuyusunda teçhiz yapıldıktan sonra kuyu yıkama, geliştirme, üretim ve test çalışmaları yapılmıştır. Kuyu yıkama sonrası kuyubaşı donanımları ana vana, spool vana ve yatay üretim vanaları açık halde iken artezyen üretim sağlanmıştır. Kuyuda 13 saat üretim yapılmış ve Q: 1,8 l/s debi ve T: 46 °C sıcaklığa sahip akışkan elde edilmiştir. Kuyuda farklı seviyelerden toplam 6,5 saat kompresörlü üretim yapılmıştır. Ölçülen en yüksek sıcaklık 56 °C ve debi 2 l/s'dir.

Kuyuda statik sıcaklık ve statik basınç ölçüleri alınmış, water loss, warm-up testleri yapılmıştır. Kuyu asitleme operasyonları yapıldıktan sonra dinamik sıcaklık ve dinamik basınç ölçüleri alınıp build up testi yapılmıştır. Build up testinden sonra kuyu tekrar kompresörlü üretime alınmıştır.

AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu statik sıcaklık ve statik basınç ölçüleri

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında kompresörlü üretim çalışmalarından sonra statik sıcaklık ve statik basınç ölçüleri alınmıştır. Statik sıcaklık 2.189 metrede 87,65 °C, statik basınç ise 2.189 metrede 218,13 bar olarak ölçülmüştür.

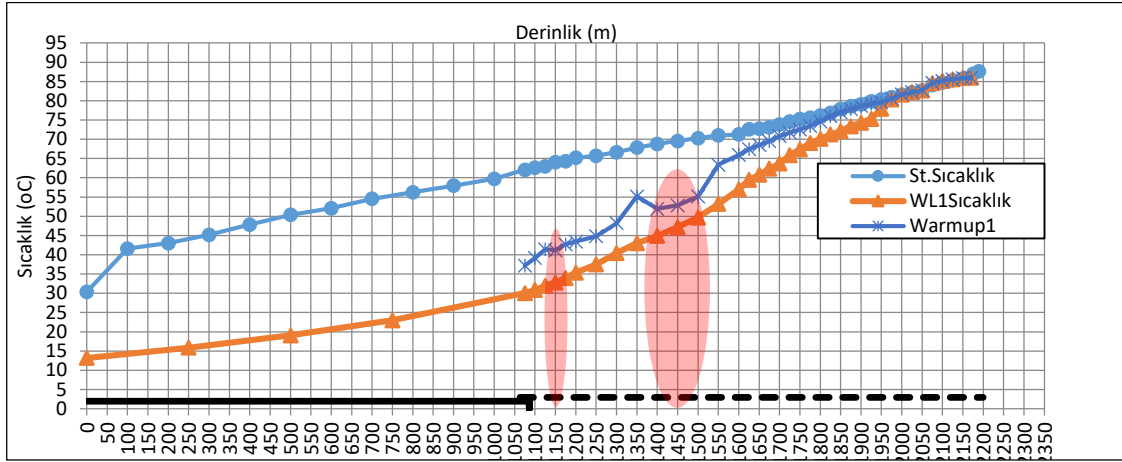
Kuyuda rezervuar olabilecek bölgeler sıcaklık değerlerine göre 1.100-1.200 ile 1.550-1.575 metreler arasındaki bölgelerdir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı statik sıcaklık ve statik basınç ölçülerine ait grafik.

AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu water loss-1 ve warm up-1 testi

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında water-loss testini (waterloss-1) yapabilmek için yaklaşık 70 bar basıncında toplam 220 ton su basılmış ve test işlemlerine başlanmıştır. Kuyuda waterloss-1 ve warmup-1 ölçüleri alınmıştır. Bu ölçülere göre 1.150 metre ile 1.450 metrelerde geçirgenlik ve soğuma yüksektir (Şekil 6.9) (Çizelge 6.12).



Şekil 6.9. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondajı Water-loss-1 ve Warm-up-1 grafiği.

Çizelge 6.12. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı Waterloss-1 ve warmup-1 değerleri.

Derinlik (m)	Waterloss-1 (°C)	Warm-Up-1 (°C)	Derinlik (m)	Waterloss-1 (°C)	Warm-Up-1 (°C)
0	13,2		1700	63,67	70,81
250	15,85		1725	65,87	71,75
500	19,08		1750	67,32	72,53
750	22,98		1775	69,01	73,4
1075	30,04	37,19	1800	70,08	74,59
1100	30,85	39,17	1825	71,23	75,96
1125	31,94	41,44	1850	72,11	77,01
1150	32,81	41,19	1875	73,34	77,82
1175	33,96	42,69	1900	74,26	78,62
1200	35,35	43,45	1925	75,26	79,24
1250	37,5	44,8	1950	77,92	79,61
1300	40,45	48,21	1975	80,31	80,54
1350	43,02	55,15	2000	81,54	81,63
1400	44,88	51,9	2025	82,25	82,22
1450	47,15	52,81	2050	82,67	82,69
1500	49,67	55,1	2075	84,58	84,62
1550	53,19	63,39	2100	85,12	85,16
1600	56,95	65,91	2125	85,55	85,56
1625	59,43	67,4	2150	85,85	85,86
1650	60,76	68,5	2170	85,96	86,01
1675	62,35	69,5			

AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu birinci asitleme işlemi

AMÇ-2016/3 jeotermal sondaj kuyusunda, 1.513 metreye kadar indirilen drill pipe (DP) ile 15.700 kg HCl asit ve 300 kg korozyon inhibitörü çimentolama ünitesiyle basılmaya başlanmıştır. Asidin yarısı kuyuya basılır iken (Dp'lerin iç hacmi dolana kadar) yatay üretim vanası açık halde tutulmuş, kuyubaşı donanımlarına basıncın etkilemesi engellenmiştir. Asidin

diğer yarısı basılacağı zaman, formasyonlara enjeksiyonun gerçekleşmesi için yatay üretim vanası kapatılarak asitleme operasyonuna devam edilmiştir. Asitleme operasyonu sırasında kuyubaşı basıncı 210 psi, basım debisi 5 litre/saniye olarak gerçekleşmiştir. Asitleme işlemi bir saat sürmüştür. Daha sonra asit tanklarına su doldurularak, çimentolama ünitesiyle Dp'lerin içinden 90 dakika boyunca 27.000 litre su basılmıştır. Kuyuda iki farklı seviyede geçirgen zon olması nedeniyle, 1.450 m'deki zona basılan asidin 1.150 m'deki zonu sızma olasılığı nedeniyle, ikincil öteleme 20 dakika sonra spool hattından yapılmaya başlanmıştır. Çamur pompasıyla spool hattından yapılan ötelemede kuyubaşı basıncı 650 psi, basım debisi 14 l/s olarak gerçekleşmiştir. Öteleme 14 dakika basılma 10 dakika bekleme şeklinde yapılmıştır. Bu esnada da 23.000 litre su basılmıştır. Su basma işlemi sırasındaki kuyubaşı basınçlarına göre waterloss-1 testine göre kıyaslama yapıldığında, asitleme operasyonundaki enjektivite endeksinin dört kat geliştiği gözlenmiştir. Asitleme operasyonundan sekiz saat sonra yapılan kontrollerde, yatay üretim vanası iki saat açılarak artezyenik üretim debisi ölçülmüş, sonra yatay üretim vanası tekrar kapatılmıştır. Bu ölçümlerdeki artezyenik üretim debisi 3 l/s olarak hesaplanmıştır. Asitleme operasyonunda kullanılan Dp'ler 1.513 metrede bekler iken yatay üretim vanası açılarak kuyunun üretim yapması sağlanmıştır. Bir saat sonra yapılan kontrollerde savaktan yapılan üretimin 3 l/s olduğu hesaplanmıştır. Daha sonra yatay üretim vanası kapatılarak Dp'lerin üzerine bağlanan hortumlar çimentolama ünitesinden sökülerek savağa bağlanmıştır. Yatay üretim vanası, 4-1/2 Dp anülüs ve spool hattı kapalı iken Dp'ler üzerine bağlanan hortum ucu açık halde beklemeye başlanmıştır. Kuyubaşı basıncı 61 psi olunca hortum içinden (Dp'ler içinden) üretim yapılmaya başlanmıştır. Böylece bu üretim doğrudan 1.513 metredeki tijlerin içinden gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 1,5 saat süren hortum içinden üretim, yapıldıktan sonra tekrar yatay üretim vanası açılmıştır. Yapılan kontrollerde savaktan yapılan üretimin 5 l/s olduğu hesaplanmıştır. Daha sonra kompresörlü üretim yapmak için tijler 271 metreye çekilmiştir. Yapılan kontrollerde savaktan yapılan üretimin 10 litre/saniye olarak başlayıp ve 5 l/s sabitlemesi üzerine kompresörlü üretim durdurulmuştur. Yatay üretim hattı üzerine monte edilen maksimum termometre ile kuyubaşındaki akışkan sıcaklığı 57 °C, dijital termometre ile savaktaki akışkanın sıcaklığı da 53,4 °C olarak ölçülmüştür.

AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu ikinci asitleme işlemi

AMÇ-2016/3 jeotermal sondaj kuyusunda yapılan waterloss-1 testinden elde edilen verilere göre 1.450 metredeki geçirgen zonu asitlenmesinden sonra 1.150 metredeki diğer geçirgen zonu da asitlenmesine karar verilmiştir. Kuyuda, 1.130 m'ye indirilen tijler ile 15.700 kg HCl asit ve 300 kg korozyon inhibitörü çimentolama ünitesiyle kuyuya basılmıştır. Asitleme operasyonu sırasında kuyubaşı basıncı 140 psi, basım debisi 5 l/s olarak gerçekleşmiştir. Operasyondan sonra asit tanklarına su doldurularak, çimentolama ünitesiyle önce 20.000 litre

daha sonra çamur pompasıyla 20.000 litre olacak şekilde toplam 40.000 litre öteleme suyu basılmıştır. Çamur pompasıyla tijlerin içinden 8,5 l/s debide yapılan ötelemede kuyubaşı basıncı maksimum 188 psi değerine ulaşmıştır. Kuyu artezyenik üretime açılmıştır. Bu üretim sırasında 3,8 l/s artezyen debisi ve 35 °C sıcaklık ölçülmüştür. Kuyudan gelen akışkanın pH değerinin 1 olarak ölçülmesi sonucu kuyu kapatılmış ve spool hattından çamur pompası ile bu akışkan tekrar kuyu içine ötelenmiştir. Asidik karakterli bu akışkan 18,5 l/s debi ile 65.000 litre su kullanılarak formasyona geri basılmıştır. Kompresörlü üretim yapabilmek için takım 250 metreye çekilmiştir. Saat 16.00 ile 23.00 arasında kuyu kompresörle üretime alınmıştır. Kompresör durdurulmadan alınan son ölçülerde kuyubaşı sıcaklığı 53 °C, üretim debisi 3 litre/saniye, pH değeri ise 6 olarak ölçülmüştür. Kuyu 5 saat sonra saat artezyen üretime geçtiği gözlenmiştir. Bu üretim sırasında artezyen debisi 2 l/s, sıcaklık 47 °C, pH değeri ise 6 olarak ölçülmüştür. Saat 09.50'de artezyen üretimden kompresörlü üretime geçilmiştir. Kompresörlü üretim sırasında debi 5 l/s ve sıcaklık 56 °C, pH değeri ise 7 olarak ölçüldükten sonra kompresörlü üretim durdurulmuştur. Dinamik sıcaklık ve basınç ölçülerinin yapılabilmesi için takım çekilerek kuyunun ısınması beklenmiştir (Şekil 6.10).



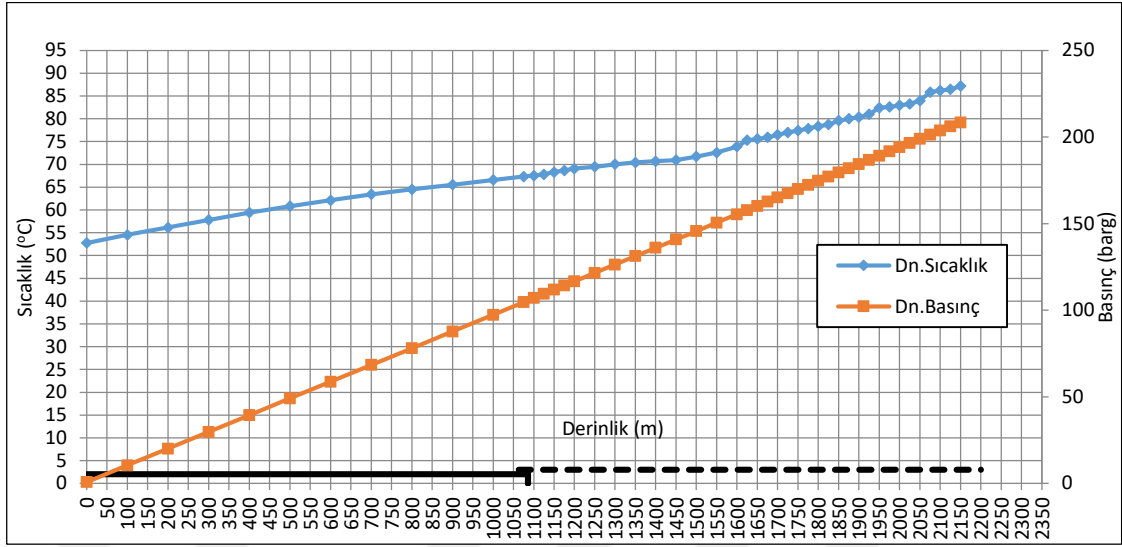
Şekil 6.10. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı ve üretim çalışmalarından bir görünüm.

AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu dinamik sıcaklık, basınç ölçüleri ve build-up testi.

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında dinamik sıcaklık ve statik basınç ölçüleri alınmış, build up testi yapılmıştır. Elde edilen verilere göre maksimum kuyu dibi sıcaklığı 2.150 m’de 87,14 °C, üretim yapılan 1.450 m’de ise 70,94 °C olarak ölçülmüştür (Çizelge 6.13). Dinamik sıcaklık eğrilerinden 1.150 ile 1.200 m’deki üretimin az olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.11). Kuyuda, ölçü aleti rezervuar seviyesi olan 1.450 m’ye çekilmiştir. Saniyede 2 litre üretim yapan kuyunun yatay üretim vanası kapatılarak build-up (basınç yükselimi) testi yapılmış ve basınç değerleri kullanılarak basınç yükselimi test grafiği çizilmiştir (Çizelge 6.14, Şekil 6.12). Produktivite endeksi (PI)= 4,16 t/sa/bar olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6.13. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı dinamik sıcaklık ve dinamik basınç ölçülerine ait değerler.

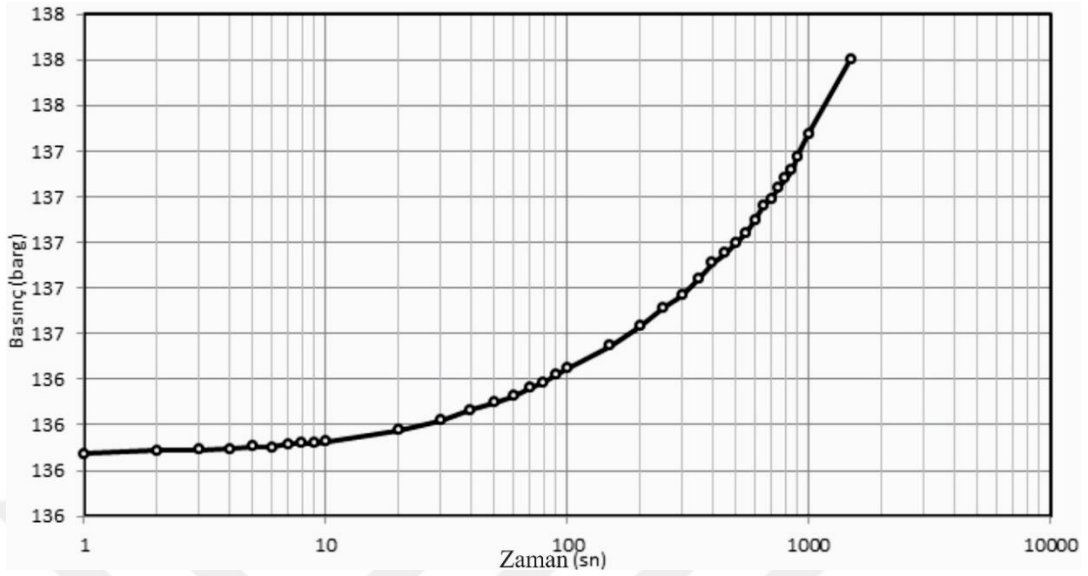
Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Basınç(barg)	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Basınç(barg)
0	52,75	0,77	1.600	73,88	155,36
100	54,54	10,4	1.625	75,29	157,77
200	56,14	20,03	1.650	75,57	160,2
300	57,8	29,69	1.675	75,92	162,67
400	59,41	39,37	1.700	76,5	165,06
500	60,82	49,05	1.725	77,01	167,48
600	62,14	58,69	1.750	77,41	169,87
700	63,41	68,38	1.775	77,85	172,31
800	64,51	78,04	1.800	78,34	174,69
900	65,54	87,7	1.825	78,75	177,1
1.000	66,57	97,36	1.850	79,57	179,54
1.075	67,33	104,61	1.875	80	181,99
1.100	67,55	107,03	1.900	80,35	184,37
1.125	67,8	109,44	1.925	80,97	186,8
1.150	68,3	111,84	1.950	82,44	189,19
1.175	68,67	114,26	1.975	82,6	191,64
1.200	69,07	116,67	2.000	82,95	194,09
1.250	69,48	121,49	2.025	83,26	196,48
1.300	70,02	126,33	2.050	83,98	198,92
1.350	70,42	131,2	2.075	85,84	201,34
1.400	70,71	136,01	2.100	86,21	203,76
1.450	70,94	140,85	2.125	86,47	206,19
1.500	71,7	145,66	2.150	87,14	208,26
1.550	72,59	150,52			



Şekil 6.11. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı dinamik sıcaklık ve basınç ölçüleri.

Çizelge 6.14. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı Build-up (basınç yükselim) testi değerleri.

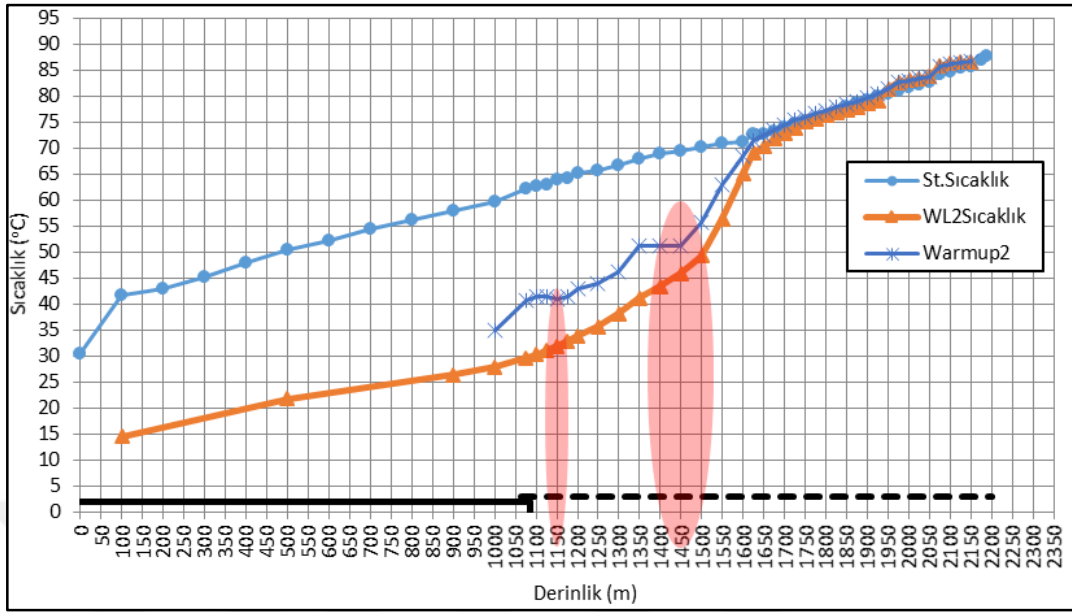
Zaman (sn.)	Basınç (barg)	Zaman (sn.)	Basınç (barg)
1	136,07	150	136,55
2	136,09	200	136,63
3	136,09	250	136,72
4	136,09	300	136,77
5	136,1	350	136,84
6	136,1	400	136,91
7	136,12	450	136,95
8	136,12	500	137
9	136,12	550	137,04
10	136,13	600	137,1
20	136,18	650	137,16
30	136,22	700	137,19
40	136,27	750	137,24
50	136,3	800	137,28
60	136,33	850	137,31
70	136,36	900	137,38
80	136,39	1.000	137,47
90	136,42	1.500	137,8
100	136,45		



Şekil 6.12. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ait basınç yükselim (build-up) testi grafiği.

AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu water loss-2 ve warm up-2 testleri

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında, asitleme sonrası waterloss-2 testini tekrar etmek için kuyuya 8 l/s debi ile soğuk su basılarak kuyu içini soğutma işlemi uygulanmıştır. Kuyuya su basılması devam ederken kuyu içi sıcaklık ölçüleri alınmıştır. Waterloss-2 testi boyunca kuyuya toplam 120 ton soğuk su basılmıştır. Asitleme öncesi yapılan waterloss-1 testinde su basılırken 8 l/s debide 80 barg kuyubaşı basıncı gözlenirken, asitleme sonrası yapılan waterloss-2 testi işlemi sırasında 8 l/s debide 20 barg kuyubaşı basıncı gözlenmiştir. Asitleme işlemi geçirgenliği arttırmada olumlu katkı yapmıştır. Kuyuda enjektivite endeksinin 0,36 t/sa/bar değerinden 1,45 t/sa/bar değerine yükselmiştir. Kuyuda water loss-2 ve warm up-2 testlerine göre asitleme öncesi tespit edilen kaçak zonları aynı geçirgenlik oranlarını korumuştur (Şekil 6.13, Çizelge 6.15).



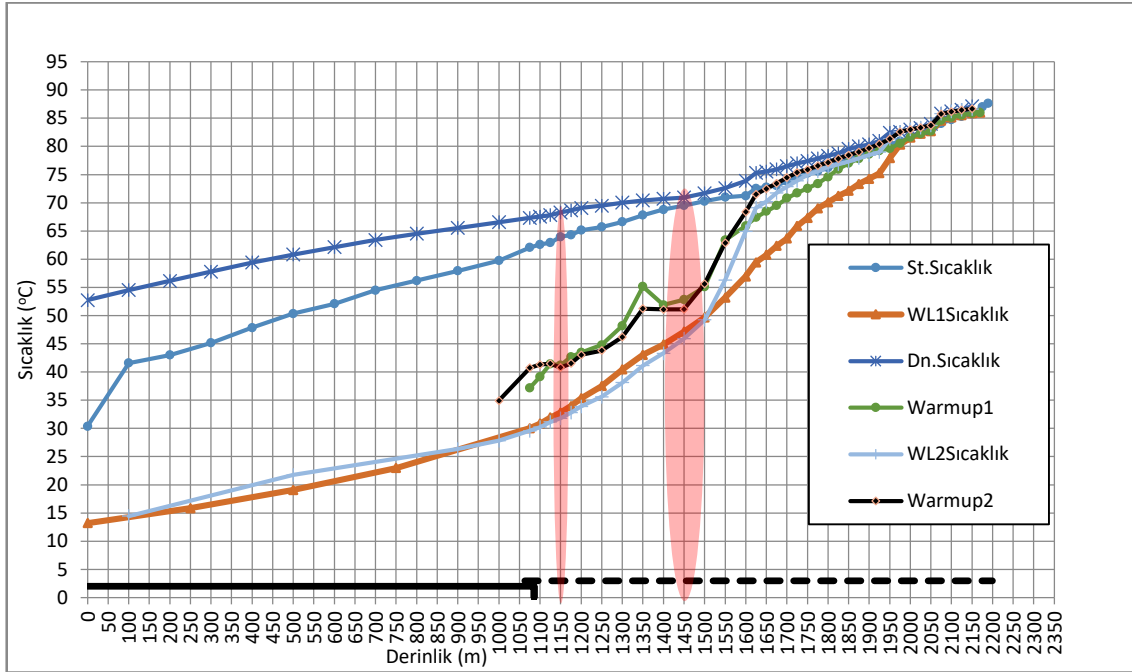
Şekil 6.13. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı water loss-2 ve warm up-2 testlerine ait grafik.

Çizelge 6.15. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı water loss-2 ve warm up-2 testlerine ait değerler

Derinlik (m)	Water Loss-2 (°C)	Warm Up-2 (°C)	Derinlik (m)	Water Loss-2 (°C)	Warm Up-2 (°C)
1.000	27,82	34,93	1.650	70,24	72,49
1.075	29,58	40,74	1.675	71,76	73,46
1.100	30,23	41,34	1.700	72,86	74,46
1.125	31,15	41,47	1.725	73,92	75,38
1.150	31,81	40,79	1.750	74,96	75,87
1.175	32,79	41,53	1.775	75,59	76,59
1.200	33,89	43,03	1.800	76,35	77,14
1.250	35,61	43,8	1.825	76,82	77,81
1.300	38,12	46,21	1.850	77,33	78,45
1.350	41,14	51,25	1.875	77,92	79,03
1.400	43,3	51,08	1.900	78,46	79,69
1.450	45,89	51,12	1.925	79	80,41
1.500	49,24	55,63	1.950	81,32	81,33
1.550	56,31	62,9	1.975	82,59	82,58
1.600	64,95	68,38	2.000	83,02	82,99
1.625	69,12	71,51			

AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu son üretim değerleri

AMÇ-2016/3 kuyusunda asitleme öncesi yaklaşık 800 ton, asitleme sonrası da 900 ton akışkan deşarj edilmiştir. Kuyuda alınan bütün sıcaklık değerleri Şekil 6.14'de gösterilmiştir. Bu grafiğe göre asitleme öncesi ve sonrasındaki üretim seviyeleri değişmemiştir. Bu seviyeler 1.150 ve 1.450 m'dir.



Şekil 6.14. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına tüm sıcaklık eğrilerini gösterir grafik.

Kuyuda, asitleme, kompresörlü üretim, artezyen üretim ve kuyu testleri sonucunda akışkanın kompresörlü üretim debisi 5,3 l/s ve sıcaklığı 56 °C ölçülmüştür. Kuyuda akışkanın artezyenik üretim debisi 2 l/s ve sıcaklığı 53 °C ölçülmüştür. Kuyu tabanında amerada ile ölçülen en yüksek statik sıcaklık 87,65 °C'dir. Kuyunun enjeksiyon endeksi 1,4 t/sa/bar ve üretim endeksi ise 4,16 t/sa/bar olarak ölçülmüştür. Akışkanın asitleme öncesi elektriksel iletkenliği 5.109 μ S/cm, tuzluluğu 1,79 ppt, TDS değeri 2.374 mg/l ve pH değeri ise 7,13 olarak ölçülmüştür. Kuyuda statik sıcaklık 2.175,00 metrede en yüksek 94,05 °C olarak ölçülmüştür.

ASK-2016/11 jeotermal araştırma sondajına ait derinlik, koordinat, teçhiz, kuyu üretim ve test sonuçlarına ait bilgiler Çizelge 6.16' da verilmiştir.

6.3. ASK-2016/11 Jeotermal Sondajı

Çizelge 6.16. ASK-2016/11 jeotermal sondajına ait bazı özet bilgiler.

Kuyu Adı	ASK-2016/11			
Kuyu Yeri	Amasya-Suluova-Kazanlı			
İlerleme Başlangıç	20.12.2016			
İlerleme Bitiş Tarihi	16.03.2017			
Kule Tipi	MR-6000/2			
Pafta Adı	Çorum G35-a4			
Koordinatlar	X (yukarı) : 4525586 Y (sağa) : 0719836 Z (kot) : 570 m			
Kuyu Derinliği	2.200,00 m			
Kuyu Çapı ve Teçhiz Durumu	Derinlik (m)	Kuyu Çapı	Boru Çapı	Teçhiz Tipi
	0-673,7	17 ^{1/2} "	-	İlerleme
	0-665,77	-	13 ^{3/8} "	K-55 casing
	665,77-1.237	12 ^{1/4} "	-	İlerleme
	0-1.237	-	9 ^{5/8} "	K-55 casing
	1.237-2.200	8 ^{1/2} "	-	İlerleme
	2.198-2.200	4"	-	Karotlu ilerleme
	1.206,12-1.228,82	-	6 ^{5/8} "	K-55 kapalı casing
	1.228,82-2.188,92	-	6 ^{5/8} "	K-55 filtreli casing
	2.188,92-2.200	-	6 ^{5/8} "	K-55 kapalı casing
Kuyu Başı Donanımı	13 ^{3/8} " casing üzerine 1 adet 2" spool adaptör ve 1 adet 10" ASA-300 master vana monte edilmiş, kör flanş kaynatılmıştır.			
Sonuç	Kompresörle üretilen akışkan debisi = 1,32 l/s Kompresörle üretilen akışkan sıcaklığı = 43,8 °C Kuyu içi maksimum statik sıcaklık = 95,5 °C Maksimum statik basınç = 208,239 bar Enjeksiyon endeksi = 7,01 t/sa/bar			

6.3.1. Kuyu litolojisi

Taban derinliği 2200 m olan ASK-2016/11 jeotermal araştırma sondajında, 0-2 m'ler toprak örtü, 2-250 m'ler arasında Yedikır Formasyonu (Tmply), 250-705 m'ler arasında Osmanoğlu Formasyonu (Teo), 705-1050 m'ler arasında Bayat Formasyonu (Teb), 1.050-1.238 m'ler arasında Çeltek Formasyonu (Teç), 1.238-1.768 m'ler arasında Çalarasın Formasyonu (Kça), 1768-2.200 m'ler arasında Tokat Metamotfitleri (Pzt) ait birimler kesilmiştir. ASK-2016/11 jeotermal araştırma sondajına ait kuyu logu Şekil 6.15' de verilmiştir.

6.3.2. Kuyu çamur özellikleri

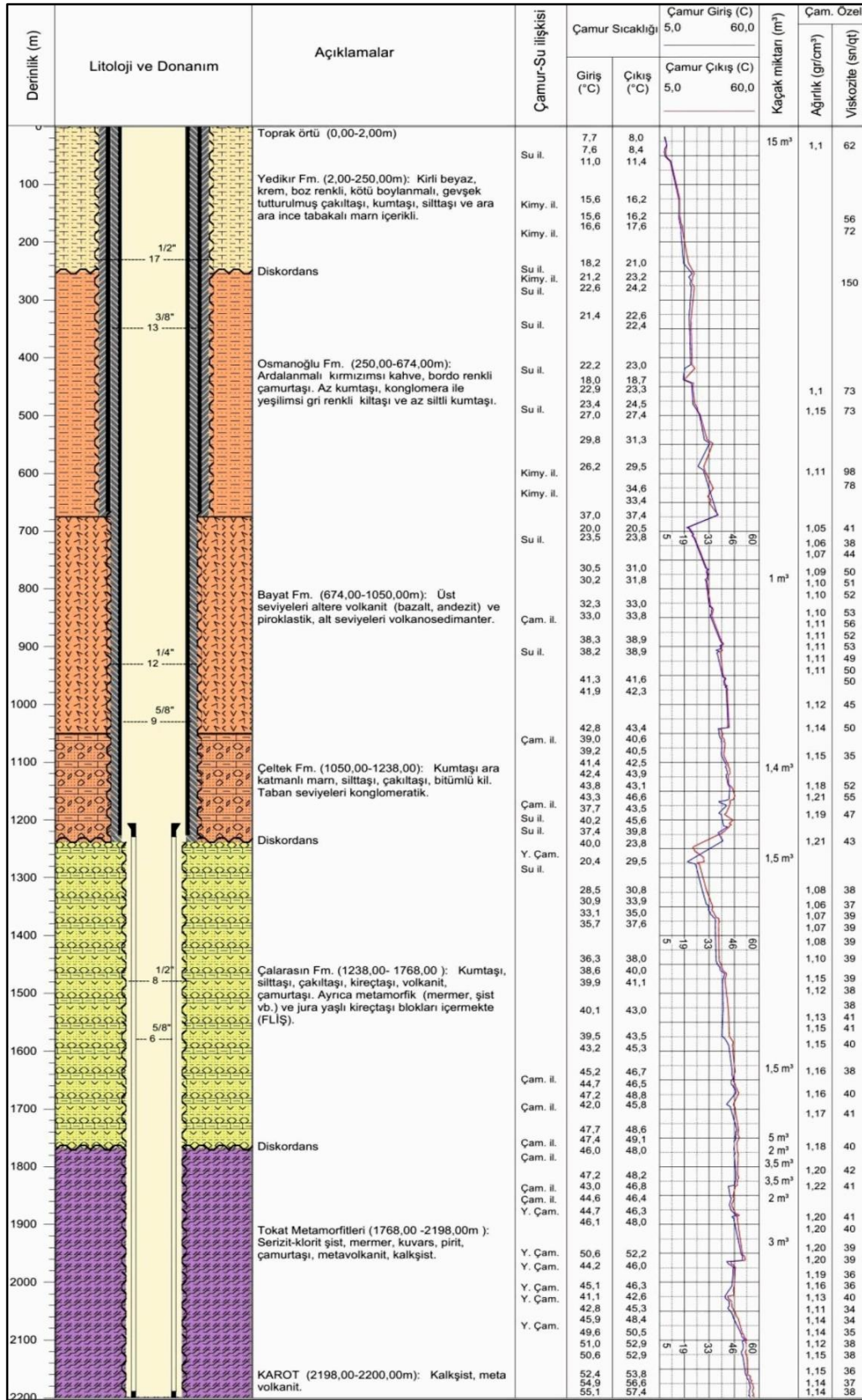
Amasya-Merzifon-Kazanlı ASK-2016/11 jeotermal sondajında ilerleme esnasında sıcaklık artışını gözlemlemek amacıyla çamur giriş-çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. ASK-2016/11 jeotermal sondajında en yüksek çamur çıkış sıcaklığı 2.182 m'de 56,9 °C olarak ölçülmüştür. ASK-2016/11 jeotermal sondajında ilerleme sırasında 20-1.948 m'ler arası toplam 39,4 m³ kısmi çamur kaçağı ölçülmüş olup, izlenen kısmi kaçak zonları ve miktarları Çizelge 6.17'de verilmiştir. Sondaj takibi sırasında ölçülen çamur sıcaklıklarına (giriş, çıkış) ait değerler ise Çizelge 6.18'de verilmiştir.

Çizelge 6.17. ASK-2016/11 jeotermal sondajı çamur kaçak miktarları.

KAÇAK ZONU (m)	KAÇAK MİKTARI	AÇIKLAMA
20-32	15	Kısmi
782-783	1	Kısmi
1.102-1.114	1,4	Kısmi
1.262-1.272	1,5	Kısmi
1.622-1.640	1,5	Kısmi
1.736-1.762	5	Kısmi
1.770-1.834	9	Kısmi
1.852-1.856	2	Kısmi
1.920-1.948	3	Kısmi
TOPLAM	39,4	Kısmi

Çizelge 6.18. ASK-2016/11 jeotermal sondajı çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Çamur Giriş Sıcaklığı (°C)	Çamur Çıkış Sıcaklığı (°C)	Derinlik (m)	Çamur Giriş Sıcaklığı (°C)	Çamur Çıkış Sıcaklığı (°C)
18	7,7	8	1.164	43,3	45,9
50	8,2	8,5	1.200	-	45,6
62	13,5	13,9	1.248	8,5	23,4
154	15,6	16,2	1.320	28,5	30,8
200	23,7	24,5	1.350	32,1	34,3
254	23	24,2	1.378	35,7	37,6
326	21,4	22,6	1.450	37,2	39,3
412	22,2	23	1.528	40,1	43
438	18	18,7	1.574	39,5	43,5
450	22,9	23,3	1.590	43,2	45,3
498	27	27,4	1.650	44,8	46,2
550	32,4	35,9	1.696	44	46,5
600	31,5	32	1.750	47,4	49,1
650	-	32,4	1.814	47,2	48,2
700	22,1	22,7	1.852	44	45,6
764	30,5	31	1.892	46,1	48
808	-	33,2	1.950	50	50,7
846	33	33,8	2.006	45,1	46,3
900	38,7	39,1	2.050	44,2	46,4
952	39,9	40,2	2.100	52,2	53
1.040	42,8	43,4	2.158	52,4	53,8
1.050	38	39,8	2.182	55,1	56,9
1.102	41,4	42,5	2.192	54,7	56,8



Şekil 6.15. ASK-2016/11jeotermal sondajına ait kuyu logu.

6.3.3. Kuyu içi jeofizik log ölçümleri

ASK-2016/11 jeotermal sondajında kuyu taban derinliği 2.200 m iken kuyu içi jeofizik log ölçümleri alınmıştır. Bu ölçümler termik-1, termik-2 ve gamma ray-nötron log ölçüleridir.

Çamur sirkülasyonunun kesilmesinden 49 saat sonra ilk termik ölçüsü (termik-1) alınmıştır. Statik su seviyesi 40 m ve bekleme sıcaklığı 2.195,0 m derinlikte 92,0 °C olarak ölçülmüştür. Sıcaklık 5 dakika bekleme ile 92,1 °C, 10 dakika bekleme ile 92,3 °C ve 15 dakika bekleme ile 92,5 °C'ye yükselmiştir. Çamur sirkülasyonunun kesilmesinden 92,5 saat sonra ikinci termik ölçüsü (termik-2) alınmıştır. Bu ölçü sonrasında statik su seviyesi 32 m ve bekleme sıcaklığı 2.195 m derinlikte 95,5 °C olarak ölçülmüştür. Sıcaklık 5 dakika bekleme ile 95,3 °C, 10 dakika bekleme ile 95,3 °C ve 15 dakika bekleme ile 95,5 °C olarak ölçülmüştür (Çizelge 6.19).

Kuyu içi jeofizik ölçülerinin sonucunda kuyu teçhiz edilmiş ve kuyu üretim çalışmaları yapılmıştır (Çizelge 6.20).

Çizelge 6.19. ASK-2016/11 ASK-2016/11 jeotermal sondajında 92,5 saat beklemeli olarak alınan termik-2 log ölçüsüne ait değerler.

Derinlik	Sıcaklık (°C)	Derinlik	Sıcaklık (°C)
5	15,84	1295	70,79
100	39,04	1345	71,97
150	40,72	1395	73,66
200	42,02	1445	74,92
250	43,86	1495	75,71
300	45,31	1545	77,47
350	46,42	1595	78,36
400	47,3	1645	79,56
450	48,79	1695	80,45
500	49,7	1745	81,81
550	51,4	1795	82,64
600	52,23	1845	83,64
650	54,32	1895	84,92
700	55,36	1945	86,49
750	56,94	1995	87,49
800	58,23	2045	90,22
850	59,62	2095	92,36
900	60,99	2145	93,71
950	62,32	2195	95,5
1000	63,62	5 dk bek.: 95,3 °C 10 dk bek.: 95,3 °C 15 dk bek.: 95,5 °C	
1050	64,94		
1100	65,82		
1150	67,01		
1245	69,42		

Çizelge 6.20. ASK-2016/11 jeotermal kuyusu teçhiz bilgileri.

Kuyu Çapı	Nerden	Nereye	Boru Çapı	Tasarım
17 ^{1/2} "	0	673,7	13 ^{3/8} "	Casing kapalı (9,65 mm) K-55
12 ^{1/4} "	0	1.225,5	9 ^{5/8} "	Casing kapalı (9,1 mm) K-55
8 ^{1/2} "	1.206,12	1.228,82	6 ^{5/8} "	Casing Kapalı
	1.228,82	2.188,92	6 ^{5/8} "	Casing Filtreli
	2.188,92	2.200	6 ^{5/8} "	Casing Kapalı

6.3.4. Kuyu yıkama, geliştirme, üretim ve test çalışmaları

ASK-2016/11 jeotermal sondaj kuyusunda teçhiz yapıldıktan sonra kuyu yıkama, geliştirme, üretim ve test çalışmaları yapılmıştır. Kuyu içindeki çamur dışarı atılarak takıma yıkama jeti bağlanmış ve kuyu içi tabandan itibaren yıkanmıştır. Yıkama sonrası kuyubaşı donanımları ana vana, spool vana ve yatay üretim vanaları açık halde beklerken herhangi bir artezyen üretim gözlenmemiştir. Kuyu yıkanmasından sonra test çalışmaları kompresörlü üretimi yapılmıştır. Yaklaşık 35 saat süren kompresörlü üretim çalışmalarından sonra statik sıcaklık, statik basınç, water-loss ve enjektivite testleri yapılmıştır. Toplam kompresörlü üretim çalışmaları 35 saat sürmüştür. Bu süre zarfında tahmini 300 ton akışkan deşarj edilmiştir. Debi ölçümleri savakla yapılmıştır. Üretim sıcaklığı 43,8 üretim debisi 1,3 l/s olarak tespit edilmiştir.

ASK-2016/11 jeotermal sondajı statik sıcaklık ve statik basınç ölçüleri

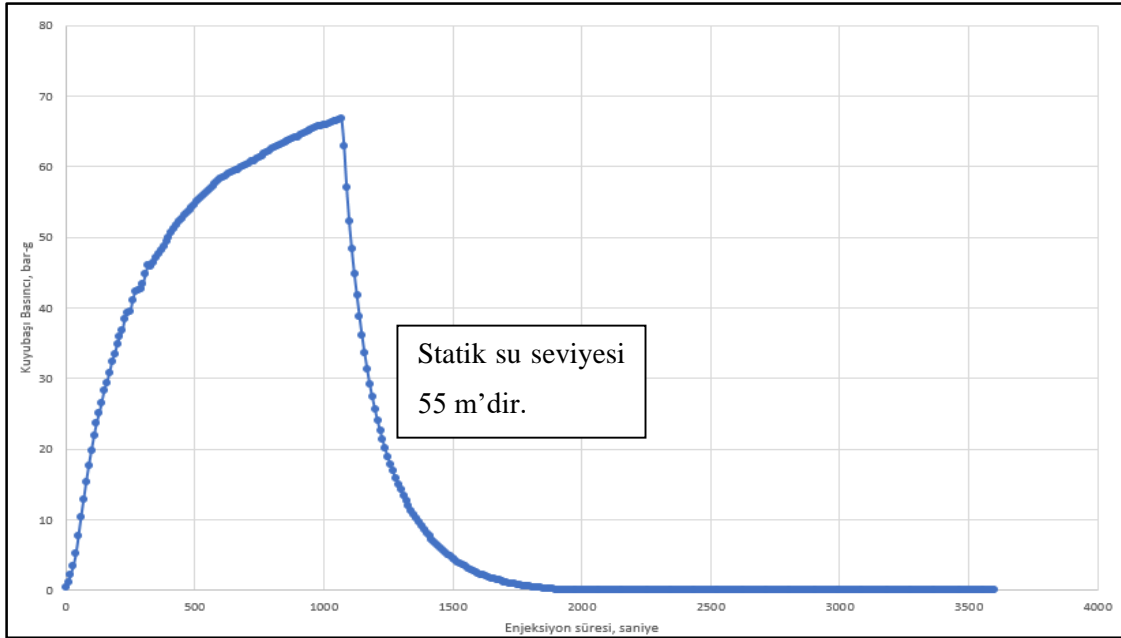
ASK-2016/11 jeotermal kuyusunda, statik sıcaklık ve statik basınç ölçüleri 100 m'den başlayarak 9-5/8" float shoe seviyesine (1.200 m) kadar yüzer m aralıklarla, float shoe seviyesinden kuyu tabanına kadar ise 50 m aralıklarla alınmıştır. Ölçüm sırasındaki atmosfer basıncı 0,951 bar, hava sıcaklığı ise 15,973 °C olarak ölçülmüştür. Kuyu tabanında dolgu olduğu için statik ölçüler 2.150 m'de tamamlanmıştır.

Kuyuda statik basınç grafiğinin derinlik eksenine kesildiği nokta statik su seviyesini göstermektedir. Bu nedenle kuyudaki statik su seviyesi grafik üzerinden 55 m olarak hesaplanmıştır. Kuyuda rezervuar olabilecek bölgeler 1.550-1.600 ile 1.650-1.700 m'ler arasındaki bölgelerdir.

ASK-2016/11 jeotermal sondajı water-loss-1 ölçüsü

ASK-2016/11 jeotermal sondajına spool vanadan enjeksiyon yapılmıştır. Yapılan enjeksiyonla, kuyu başı basıncı 67 bar olana kadar 18 dakikada yalnızca 8500 litre su basılabilmektedir. Buna göre su basım debisi 8,0 l/s olarak gerçekleşmiştir. Kuyunun enjektivite

endeksi 0,12 l/s/bar olarak hesaplanmıştır. Dijital manomyle kaydedilen enjektivite grafiği Şekil 6.16' da verilmiştir.

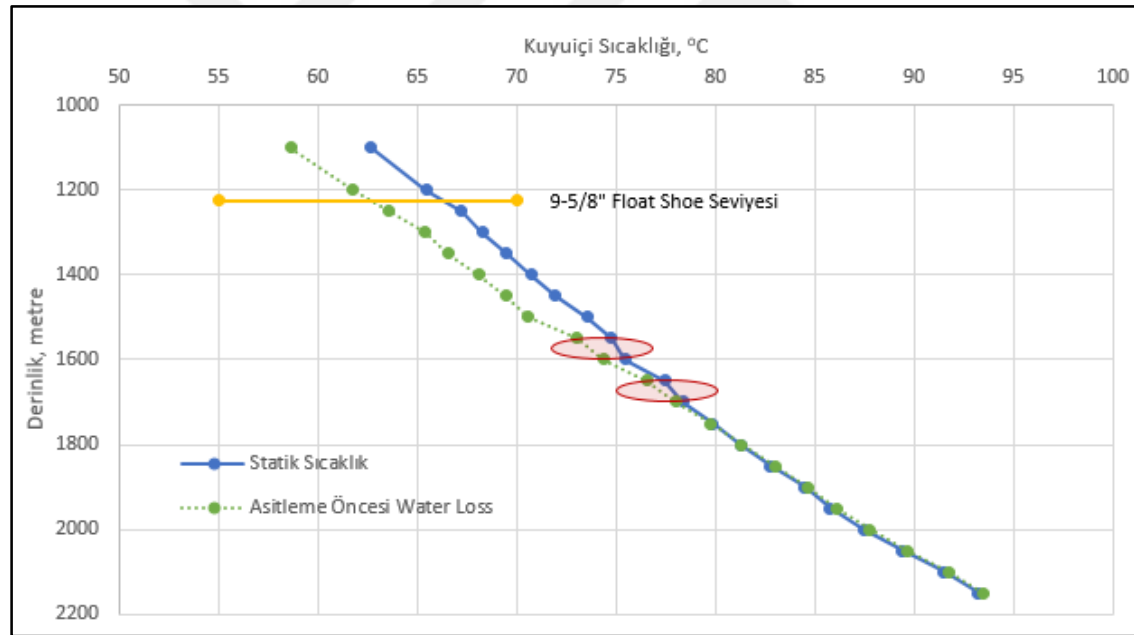


Şekil 6.16. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajı enjektivite grafiği.

Kuyuda statik ölçülerin alınmasından sonra water-loss testi yapmak için kuyuya su basılmıştır. İlk su basımında optimum debi olan 5,0 l/s olarak seçilmiştir. Kuyu başındaki donanımların nominal basınç değerinin 50 bar olması ve enjeksiyonun saatlerce sürecek olması nedeniyle, görülmesi istenen basınç aralığı minimum 20 bar, maksimum 45 bar olarak belirlenmiştir. Su basmaya başladıktan 15 dakika sonra kuyubaşı basıncı 45 bar olunca su basma işlemi durdurulmuştur. Kuyubaşı basıncı 20 bar olana kadar düşmesi beklendikten sonra tekrar su basılmaya başlanmıştır. Bu şekilde 63 kez su basılmıştır. Su basma süresi 18 saat içinde sadece 2 saattir. Bu iki saat içinde basılan su miktarı 36 ton olarak hesaplanmıştır. Daha sonra water-loss testine başlanmıştır. Water-loss testi float shoe seviyesinden kuyu tabanına kadar 50 m aralıklarla alınmıştır. Ölçüm sırasındaki hava sıcaklığı 11,862 °C'dir. Kuyu içi sıcaklığının düşük olması nedeniyle yine de testten istenen sonuç alınmıştır. Water-loss grafiğinden rezervuar olabilecek bölgeler, statik sıcaklık grafiğinden elde edilen verilerle uyuşmakta olup, 1.550-1.600 ile 1.650-1.700 m'ler arasındaki alanlardır (Çizelge 6.21) (Şekil 6.17).

Çizelge 6.21. ASK-2016/11 jeotermal kuyusunda okunan water loss sıcaklık değerlerinin derinliğe göre değişim değerleri.

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)
1100	58,622	1700	78,002
1200	61,747	1750	79,757
1250	63,599	1800	81,317
1300	65,404	1850	82,976
1350	66,521	1900	84,636
1400	68,076	1950	86,102
1450	69,438	2000	87,764
1500	70,605	2050	89,623
1550	73,037	2100	91,728
1600	74,351	2150	93,443
1650	76,541		



Şekil 6.17. ASK-2016/11 jeotermal kuyusunda alınan water loss sıcaklık değerlerinin derinliğe göre değişim grafiği.

Dinamik sıcaklık ve basınç ölçüleri

ASK-2016/11 jeotermal sondajında water-loss testi yapıldıktan sonra, kuyunun ısınması için, kompresörlü üretim çalışmalarında 50 ton akışkan deşarj edilip kuyubaşı donanımları dinamik ölçülere hazır hale getirilmiştir. Kuyuda dinamik ölçüler 200 m'den başlayarak kuyu tabanına kadar 100 m aralıklarla, rezervuar olabilecek seviyelerde ise 50 m aralıklarla alınmıştır.

Ölçüm sırasındaki atmosfer basıncı 0,941 bar, hava sıcaklığı ise 10,456 °C olarak ölçülmüştür. Dinamik sıcaklık ve dinamik basınç ölçü değerleri Çizelge 6.22’de verilmiştir.

Çizelge 6.22. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajı dinamik sıcaklık ve dinamik basınç değerleri.

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Derinlik (m)	Basınç (bar-g)
200	39,027	200	10,041
300	43,026	300	19,710
400	46,461	400	29,528
500	49,756	500	39,494
600	53,024	600	49,312
700	55,976	700	59,205
800	58,622	800	69,023
900	61,162	900	78,986
1000	63,307	1000	88,949
1100	65,692	1100	98,836
1200	67,882	1200	108,799
1300	70,262	1300	118,535
1400	72,404	1400	128,498
1500	74,253	1500	138,385
1550	75,568	1550	143,213
1600	76,541	1600	148,343
1650	78,002	1650	153,246
1700	78,977	1700	158,225
1800	81,805	1800	168,031
1900	84,881	1900	177,876
2000	87,666	2000	188,173
2100	91,483	2100	198,507
2145	93,394	2145	203,222

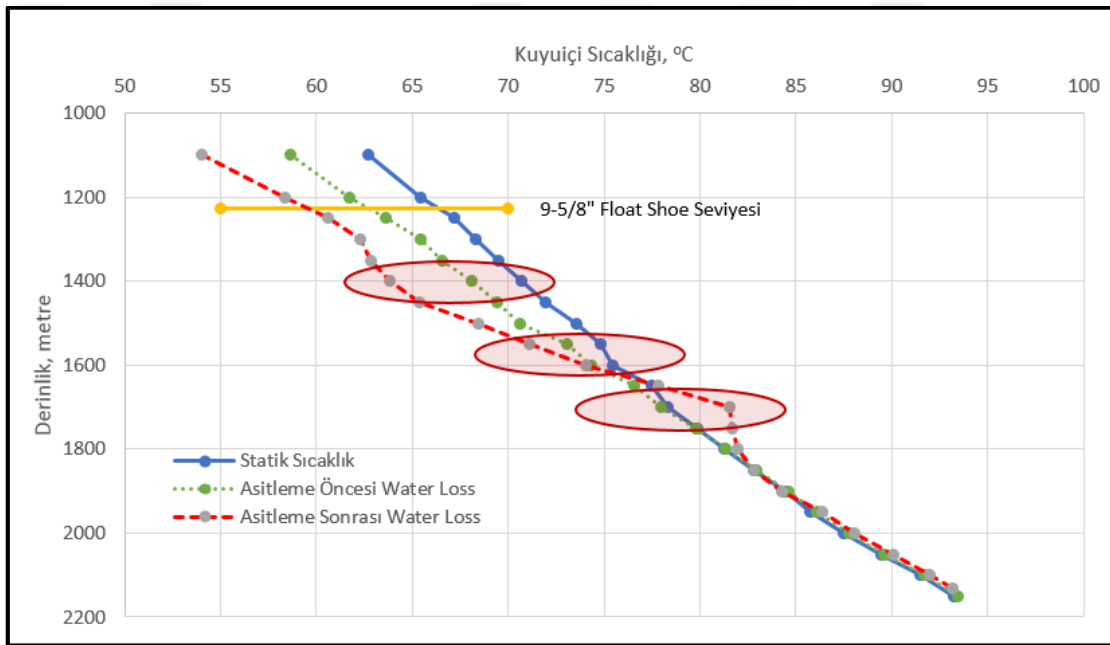
ASK-2016/11 no.lu jeotermal kuyusu birinci asitleme işlemi

Kuyunun su alım kapasitesinin ve üretimin az olması, rezervuar olabilecek yerlerden 1.550-1.600 m’ler arasındaki bölgelerin çok yoğun kalsit dolgulu içermesi, 1.650-1.700 m’ler arasındaki bölgeninde metamorfik geçiş dokanağı olduğundan dolayı asitleme işleminin yapılmasına karar verilmiştir. Asitleme operasyonu için 16.900 kg asit (%32) ve 300 kg korozyon inhibitörü kuyuya basılmıştır ve arkasından 2.000 litre su basılmıştır. Asit ötelenmesi için 6.000 litre su basılmıştır. Kuyuda asitlemeden 21 saat ve öteleme bitirildikten 11 saat sonra kuyubaşı basıncı 11.406 barg iken ana vana ve yatay üretim vanası açılmıştır. Kuyu başında biriken gazlar dışarı atılınca herhangi bir sıvı gelişi gözlenmemiştir. Bu nedenle ana vana ve yatay üretim vanası

tekrar kapatılarak su basılmaya başlanmıştır. Asitleme işleminden 24 saat sonra kontrol amaçlı olarak Water-Loss-2 testi tekrar edilmiştir.

ASK-2016/11 no.lu jeotermal kuyusu water-loss-2 testi

Asitleme işleminden 24 saat sonra water-loss testi tekrar edilmiştir. Kuyuya toplam 31 ton su basılarak test tamamlanmıştır. Test bitiminde kuyubaşı vanaları açılmıştır. Water-Loss testi float shoe seviyesinden kuyu tabanına kadar 50 m aralıklarla alınmıştır. Kuyuda ikinci water-loss testinde, basılan asidin 1.650-1.750 m'ler arasındaki bölgelere daha fazla gittiği ve tepkimeye girdiği görülmüştür (Şekil 6.18).



Şekil 6.18. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajı water-loss-2 grafiği.

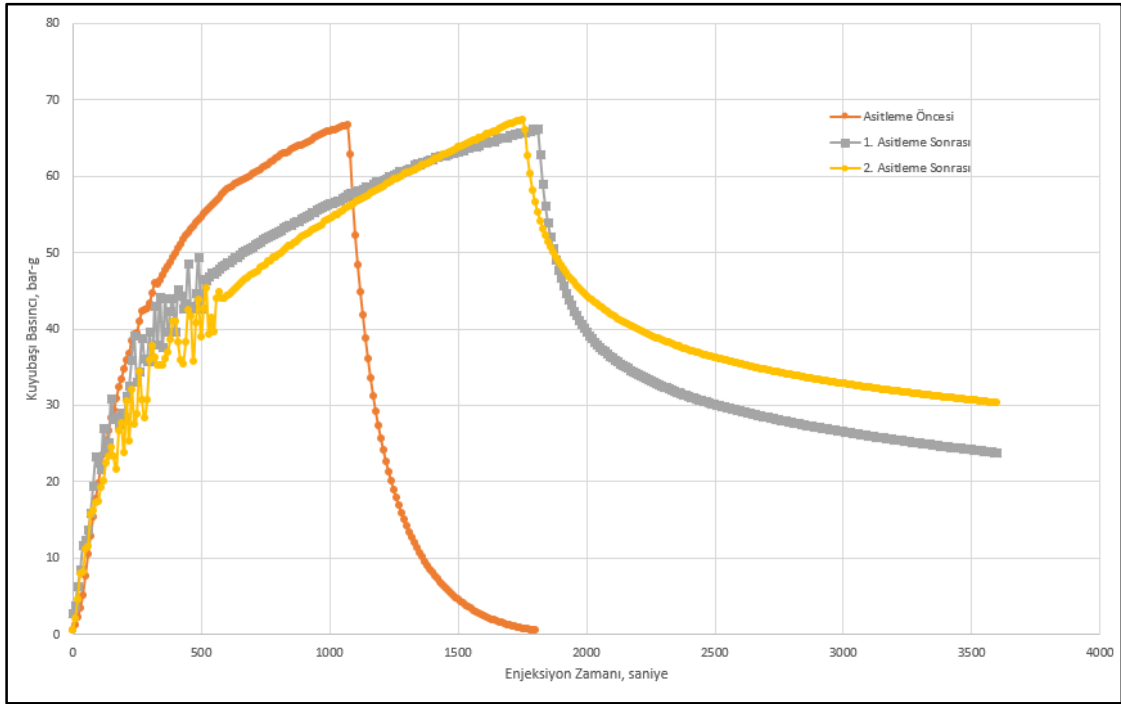
ASK-2016/11 jeotermal kuyusu 1. üretim testleri

Kuyuda toplam 35 kez yapılan kompresörlü üretim çalışmaları 20 saat sürmüştür. Bu süre zarfında 150 ton akışkan deşarj edilmiş ve 1,3 l/s akışkan olarak üretilmiştir. Daha sonra kuyuda ikinci asitleme işlemi yapılmıştır.

ASK-2016/11 no.lu jeotermal kuyusu 2. asitleme işlemi

Kuyuya İkinci asitleme operasyonu için 19.900 kg asit (%32 HCl) ve 300 kg korozyon inhibitörü kullanılmıştır. Pompa ünitesindeki 2.000 litre suyla tankın ve pompanın temizliği yapılarak asidin peşinden kuyuya basılmıştır. Kuyuya 4.600 litre su ile ötelenmiştir. Kuyuda 3

saatlik beklemenin ardından spool vanası açılarak kuyunun kontrolü yapıldı. Daha sonra 30 dakika süreyle 13.600 litre su basılarak enjeksiyon debisi 7,8 l/s olarak ölçüldü. Enjektivite endeksi 0,12 l/s/bar olarak hesaplandı. Asitleme sonrasındaki enjektivite asitleme öncesine göre atmıştır (Şekil 6.19).



Şekil 6.19. ASK-2016/11 no.lu jeotermal sondajı 2. Asit Sonrası enjeksiyon grafiği.

ASK-2016/11 no.lu jeotermal kuyusu 2. üretim testleri

Kuyuda asitlemelerden sonra kompresörlü üretim çalışmalarına başlanmıştır. Kuyudan 200 ton akışkan deşarj edilmiştir. Kuyuda akışkan üretim sıcaklığı 43,8 °C ve debisi 1,32 l/s olarak hesaplanmıştır.

7. HİDROJEOKİMYA

7.1. Fiziksel Parametreler

Merzifon-Suluova çek-ayır havzasında boşalım sağlayan 27 adet yüzeysuyu ve yeraltısuyu (Kuyu ve kaynak) örnekleme noktası ile 3 adet jeotermal sondaj kuyusundan (AMO-2015/8, AMÇ-2016/3, ASK-2016/11) olmak üzere toplam 50 su noktasında yerinde sıcaklık, tuzluluk, EC ve pH ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 7.1). Bununla birlikte söz konusu örnekleme noktalarında majör iyon analizleri için su örnekleri alınmış ve kimyasal analizler MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarında yapılmıştır.

Örnekleme yapılan numunelerin sıcaklıkları 11,1 °C - 29,4 °C arasında, Elektriksel iltkenlikleri (EC 25 °C) ise 54-2970 µS/cm. arasında değişmektedir. Çalışma alanında açılan AMO-2015/8 nolu jeotermal kuyunun kuyu başı sıcaklığı 69 °C, EC'si 4594 µS/cm. tuzluluğu 2,3 ppt ölçülürken, AMÇ-2016/3 ve ASK-2016/11 nolu kuyularda söz konusu parametreler sırası ile 56 °C, 5109 µS/cm ve 1,79 ppt ile 43,8 °C, 5690 µS/cm. ve 2,16 ppt olarak ölçülmüştür. Açılan jeotermal kuyuların (EC 25 °C)'leri dikkate alındığında su-kayaç etkileşiminin iyi geliştiği ve sondajlardaki yüksek SO₄ ve Cl iyonlarının Yedikır Formasyonu içerisinde bulunan evaporitli seviyelerin çözünmesi ile yeraltı sularına katılması sonucunda gelişmiştir.

7.2. Suların Kimyasal Sınıflandırılması

7.2.1. Su tipleri

Çalışma alanında örneklenen suda çözünen anyon ve katyonların meq/l değerleri % 'leri hesaplanarak %20'yi geçenler sırasıyla katyonlar önce olmak üzere yazılarak su tipleri belirlenmektedir (IAH, 1979). Çalışma sahasındaki su kaynakları ve jeotermal sulara ait su tipleri, anyon ve katyon sıraları ile mineral derişim yüzdeleri Çizelge 7.2'de gösterilmiştir.

Çalışma alanında örneklenen numunelerden 16 tanesi CaHCO₃, 4 tanesi Na+K HCO₃, 3 tanesi Mg HCO₃, 1 tanesi Mg HCO₃, 2 tanesinde Na+K SO₄ lı sulardır. Jeotermal sondajlara ait akışkanlardan alınan AMO-2015/8 numunesi NaCl, ASK-2016/11 ile AMÇ-2016/3 numuneleri NaSO₄ 'lı sular grubundadır.

Çizelge 7.1. Örneklenen sulara ait kimyasal analiz sonuçları.

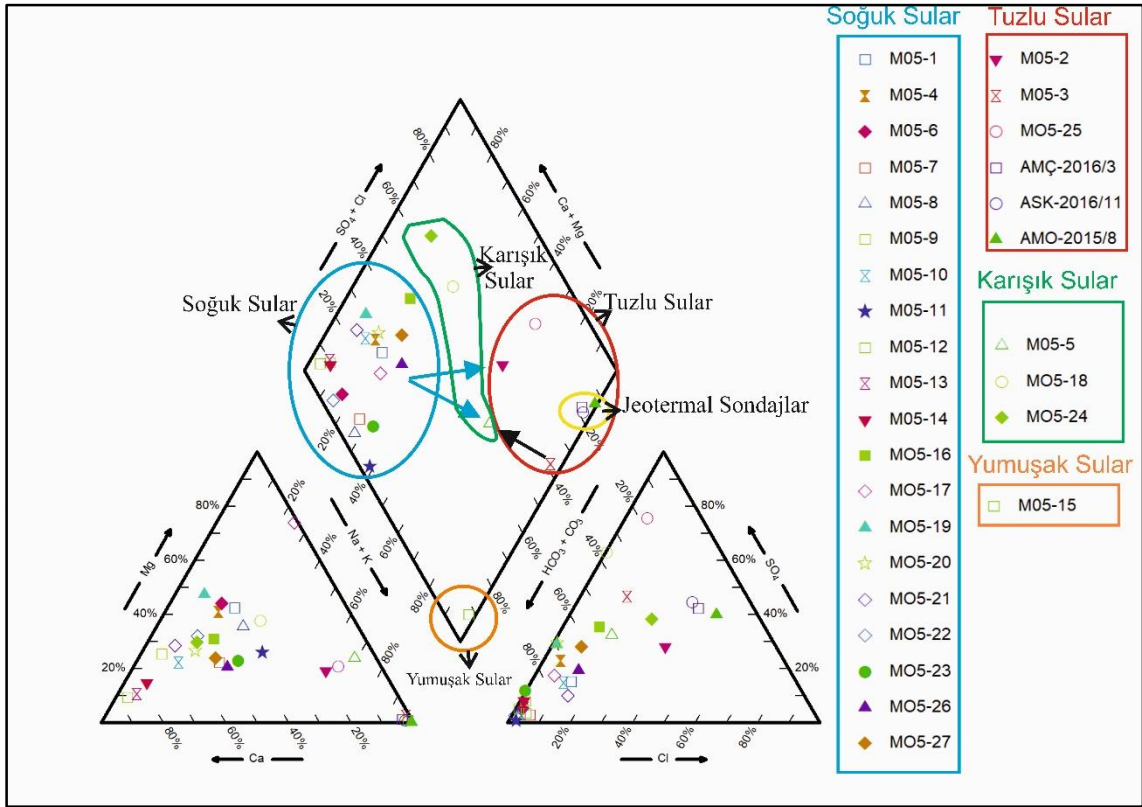
	T	pH	EC (25 °C)	K	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SiO ₂
	(°C)		(mS/cm)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
M05-1	16,4	7,5	981	1	57,8	83,9	59,8	484	<10	75,2	48,3	93,2	22,3
M05-2	18,2	7,5	2950	8,94	465	120	75,2	496	<10	290	283	703	23,1
M05-3	20,6	9,3	1422	0,05	328	3,21	4,38	239	82,3	343	82,7	9,9	28,7
M05-4	17,1	7,35	1012	5,23	47,2	107	63,3	598	<10	141	26,2	28,1	26,1
M05-5	19,7	7,8	2970	15,6	569	50,2	105	1124	<10	552	220	71,1	41,7
M05-6	21,9	7,6	723	1,58	32,6	68,3	46,5	514	<10	22,4	7,36	20,1	29,7
M05-7	20,9	7,4	317	3,62	20,9	38	10	221	<10	4,95	7,74	6,06	82
M05-8	16,6	7,3	252	3,42	17,1	21,8	12,8	191	<10	2,96	2,74	4,1	77,7
M05-9	20,6	7,3	575	1,35	11,2	98,4	22,2	389	<10	24,7	4,35	22,7	25,5
M05-10	21,9	7,3	930	7,26	32,8	150	31,3	472	<10	66,4	35,6	80,2	50,9
M05-11	18,6	7,6	600	3	63,6	51,8	22,9	423	<10	25,4	6,23	0,8	31,7
M05-12	11,1	7,6	412	<1	4,79	89,4	5,79	295	<10	12	2,34	7,01	18
M05-13	29,4	7,5	357	1,49	5,75	74,9	5,72	246	<10	18,9	1,3	0,9	29,3
M05-14	12,7	7,6	320	<1	6,76	61,2	7	239	<10	15,8	2,11	2,22	15,2
M05-15	18,8	8,3	1698	2,89	373	4,25	1,44	933	47	28,3	27,4	0,09	41,6
M05-16	12,7	7	1200	22,3	63,2	154	59,4	438	<10	204	50,7	110	28,7
M05-17	17,9	6,5	385	1,22	31,2	46,7	11,9	210	<10	36,4	10,1	13,4	24,6
M05-18	18,7	7	1496	2,09	158	128	97,4	461	<10	582	4,29	6,22	10,4
M05-19	16,1	6,5	698	1,23	19,5	79,8	52,8	385	<10	115	4,44	16,7	21,6
M05-20	12,9	6	280	2,07	12,1	38,4	10,9	146	<10	43,8	1,64	0	31,9
M05-21	11,7	6,5	1162	16,4	23,6	188	52,2	607	<10	48,3	54,1	100	22,7
M05-22	18	6,8	278	<1	12,6	38,6	14,1	226	<10	4,69	1,74	0,1	38,9
M05-23	11,5	6	54	1,72	3,65	5,58	1,72	37,5	<10	2,25	<1	0,8	49,2
M05-24	15,8	7	1754	1,65	82,4	247	81,6	425	<10	336	177	177	23,1
M05-25	15,6	8	0,25	2,93	664	121	111	469	<10	1530	110	10,8	13,3
M05-26	17,7	7,5	847	1,24	75,9	108	27,4	423	<10	85,2	44	36,4	20,1
M05-27	13,4	7	1035	4,71	74,1	138	38,9	462	<10	144	38,1	81,2	21,1
AMO-2015/8	69	8,9	4594	36,8	1047	4,67	<1	106	198	753	658	0	54,8
AMC-2016/3	56	7,6	2109	8,7	1246	33,1	8,26	677	<10	1229	864	0	32,7
ASK-2016/11	43,8	8	5690	15,5	1493	29,6	4,96	783	<10	1464	908	0	22,5

Çizelge 7.2. Örneklenen suların yüzde meq/l cinsinden analiz değerleri ve su tipleri.

Örnek	% meq						Katyon Sırası	Anyon Sırası	Su Tipi (IAH)
	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃ +CO ₃			
M05-1	21,81	35,94	42,25	12,55	14,42	73,04	Mg>Ca>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	MgHCO ₃
M05-2	62,69	18,35	18,96	36,04	27,26	36,70	Na+K>Mg>Ca	HCO ₃ >Cl>SO ₄	NaHCO ₃
M05-3	96,48	1,08	2,44	14,46	44,26	41,28	Na+K>Mg>Ca	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	NaSO ₄
M05-4	17,17	41,93	40,90	5,48	21,78	72,73	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-5	69,29	6,90	23,81	17,18	31,82	51,00	Na+K>Mg>Ca	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	NaHCO ₃
M05-6	16,78	39,21	44,02	2,28	5,13	92,59	Mg>Ca>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	MgHCO ₃
M05-7	26,92	50,96	22,12	5,54	2,61	91,85	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	CaHCO ₃
M05-8	27,97	36,60	35,44	2,36	1,88	95,75	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	CaHCO ₃
M05-9	7,19	67,64	25,17	1,75	7,33	90,92	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-10	13,81	64,12	22,06	9,92	13,66	76,42	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-11	38,88	35,35	25,77	2,30	6,92	90,77	Na+K>Ca>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	NaHCO ₃
M05-12	4,52	86,26	9,21	1,28	4,85	93,87	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-13	6,41	83,12	10,47	0,82	8,82	90,36	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-14	8,09	77,32	14,58	1,38	7,64	90,98	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-15	98,01	1,28	0,71	4,24	3,23	92,52	Na+K>Ca>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	NaHCO ₃
M05-16	20,89	48,35	30,76	11,12	33,04	55,84	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-17	29,55	49,60	20,84	6,35	16,90	76,75	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-18	32,47	29,95	37,58	0,61	61,22	38,17	Mg>Na+K>Ca	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	MgSO ₄
M05-19	9,56	43,25	47,19	1,42	27,12	71,47	Mg>Ca>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	MgHCO ₃
M05-20	17,08	56,48	26,44	1,38	27,21	71,41	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-21	9,56	62,03	28,40	12,23	8,06	79,71	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	CaHCO ₃
M05-22	15,67	52,63	31,70	1,27	2,54	96,19	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-23	32,56	44,71	22,73	4,09	6,79	89,12	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-24	16,00	54,38	29,62	26,34	36,91	36,75	Ca>Mg>Na+K	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	CaSO ₄
M05-25	65,62	13,68	20,70	7,28	74,70	18,03	Na+K>Mg>Ca	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	NaSO ₄
M05-26	30,37	49,09	20,54	12,48	17,83	69,69	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
M05-27	24,90	51,27	23,83	9,23	25,75	65,02	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	CaHCO ₃
AMO-2015/8	99,33	0,50	0,18	43,60	36,82	19,58	Na+K>Ca>Mg	Cl>SO ₄ >HCO ₃	NaCl
AMC-2016/3	95,89	2,91	1,20	39,92	41,91	18,17	Na+K>Ca>Mg	SO ₄ >Cl>HCO ₃	NaSO ₄
ASK-2016/11	97,20	2,20	0,61	37,16	44,22	18,62	Na+K>Ca>Mg	SO ₄ >Cl>HCO ₃	NaSO ₄

7.2.2. Suların kökeni

Çalışma sahasından alınan numunelerin majör anyon ve katyonları (% meq/l) kullanılarak suların sınıflandırılması yapılarak, bölgedeki suları gruplandırmak ve suların hidrojeokimyasal açıdan benzerliklerini ve farklılıklarını görmek için Piper (1944) diyagramı çizilmiştir (Şekil 7.1)



Şekil 7.1. Çalışma alanında örneklenen sulara ait Piper (1944) diyagramı.

Piper diyagramına göre örneklenen sulardan bir kısmı mavi grupla gösterilmiştir (M05-1, M05-4, M05-6, M05-7, M05-8, M05-9, M05-10, M05-11, M05-12, M05-13, M05-14, M05-16, M05-17, M05-19, M05-20, M05-21, M05-22, M05-23, M05-26, M05-27). Bu grup ($Ca^{2+} + Mg^{2+} > Na^{+} + K^{+}$) karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Sularda zayıf asitler, kuvvetli asitlerden fazla olan ($HCO_3^{-} + CO_3^{2-} > Cl + SO_4^{2-}$) sulardır. Ayrıca karbonat sertliği %50'den fazla olup $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lü sulardır.

Çalışma sahasında örneklenen sulardan bir kısmı yeşil grupla gösterilmiştir (M05-5, M05-18, M05-24). Bu alandaki sularda hiçbir iyonu %50'yi geçmeyen karışık sulardır.

Çalışma sahasında örneklenen sulardan bir tanesi turuncu grupla gösterilmiştir (M05-15). Bu alandaki sularda karbonat alkaliliği, karbonat olmayan alkalilikten büyük ve doğada az rastlanan aşırı yumuşak sulardır.

Çalışma sahasında örneklenen sulardan bazıları ve yapılan jeotermal sondajlara ait örnekler kırmızı grupla gösterilmiştir (M05-2, M05-3, M05-25, AMO-2015/8, AMÇ-2016/3, ASK-2016/11). Sarı alan içerisinde jeotermal sondajlar bulunmaktadır. Bu sularda tuzlu ve sodalı sulardır ($Ca^{2+} + Mg^{2+} < Na^{+} + K^{+}$), kuvvetli asitler zayıf asitlerden fazla olup, $Cl + SO_4^{2-} > HCO_3^{-}$

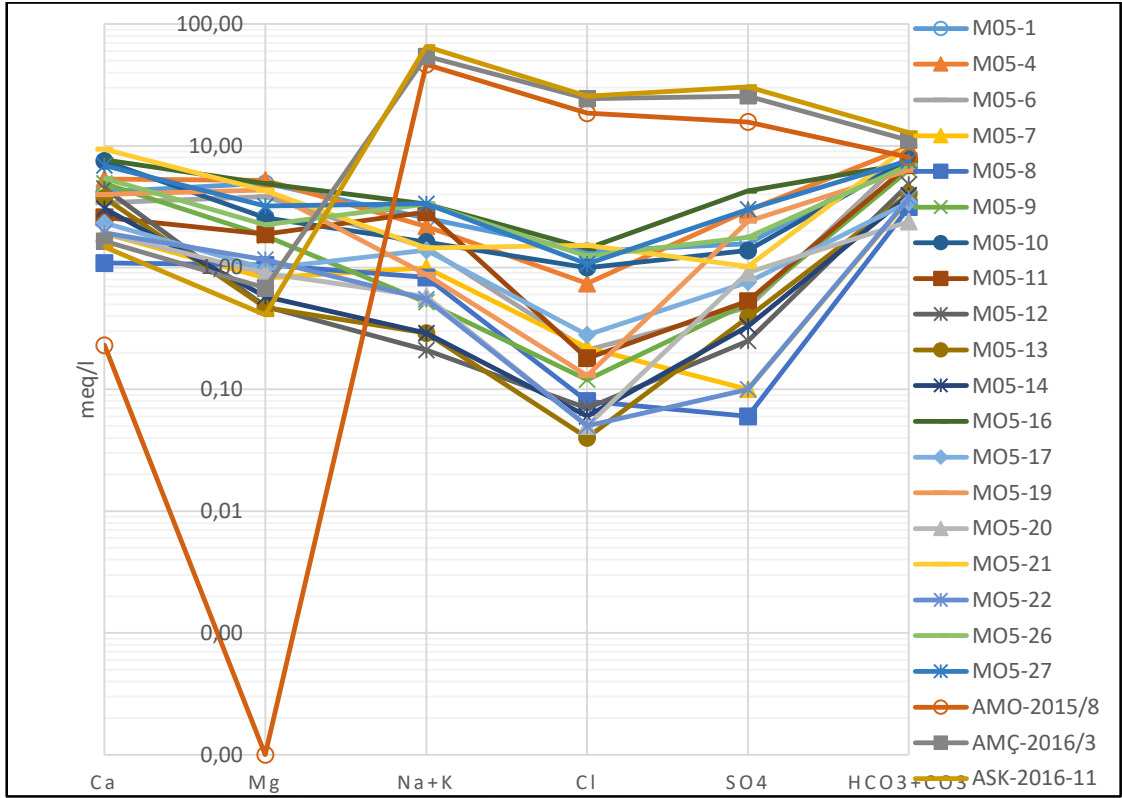
$^{-} + CO_3^{-2}$ 'tir. Sularda karbonatlı olmayan alkaliler %50'den fazladır ve karbonatlı alkalilerden büyüktür. Bunlar NaCl, Na_2SO_4 ve KCl'lü sulardır. Deniz ve çok acı sular bu alanda bulunur Piper (1944).

Çalışma sahasındaki jeotermal sondajlar $NaSO_4$ ve NaCl olan hidrokimyasal fasiyesindedir. Bu sular piper diyagramındaki eşkenar dörtgenin sağ köşesinde bulunmaktadır. Soğuk sular ise Piper diyagramındaki eşkenar dörtgenin sol köşesinde kümelenmiş durumdadır. Bu iki su grubu arasında eşkenar dörtgenin ortasında bulunan termal, tatlısu olmak üzere iki bileşenli bir karışım sürecini yansıtmaktadır. M05-2 ve kaynağı, soğuk suların yüzeyde bulunan evaporitlerle karışarak ve yüzeye çıkmış suları yansıtmaktadır. M05-25 kaynağı ise Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonları bakımından zenginleşmiş durumdadır. Bu su karbonat minerallerine başlangıçta doymun durumda iken CO_2 ilavesi sonucunda karbonat minerallerini çözerek bünyesine alması şeklinde açıklanabilir. M05-3 kaynağı ise jeotermal sondajlara nazaran anyon üçgeninden bakılacak olursa Cl ve SO_4 derişimlerinde azalma ve HCO_3 derişiminde artma dolayısıyla yüzey suları ile karışımı göstermektedir.

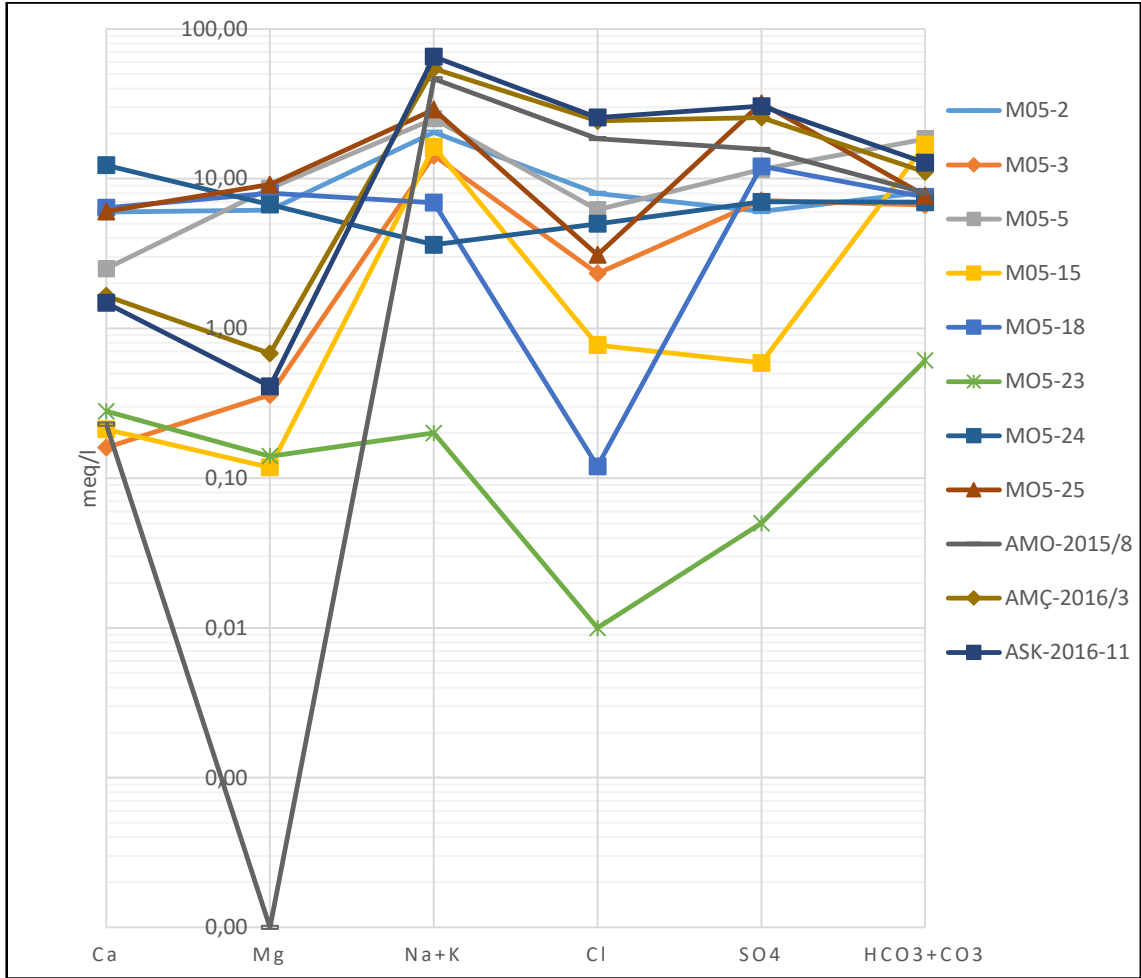
Çalışma alanındaki örneklerin kökensele olarak karşılaştırılması ve vahadaki analizi yapılan kuyulara ait suların birbirleriyle olan kökensele ilişkilerinin belirlenmesi, suların hangi litolojik birimlerden geçtiği, beslenme alanlarının belirlenmesi için yarı logaritmik Schoeller (1967) diyagramı çizilmiştir (Şekil 7.2 ve Şekil 7.3).

Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre örneklenen sulardan M05-1, M05-4, M05-6, M05-7, M05-8, M05-9, M05-10, M05-11, M05-12, M05-13, M05-14, M05-17, M05-19, M05-20, M05-21, M05-22, M05-26, M05-27 nolu örneklerin geneli aynı akım yolunu izlemektedir. Jeotermal sondajlara ait akım yolu ise bu sulara göre farklılık sunmaktadır (Şekil 7.2).

Yüzey sularının trendine uymayan sulardan M05-2, M05-3, M05-5, M05-15, M05-18, M05-23, M05-24, M05-25 ile jeotermal sulara ait yarı logaritmik Schoeller (1967) diyagramı çizdirilmiş ve sondaj sularına göre benzerlikleri veya farklılıkları gösterilmiştir (Şekil 7.3).



Şekil 7.2. Çalışma alanında örneklenen yüzey suları ve jeotermal sondajlara ait yarı logaritmik Schoeller (1967) diyagramı.



Şekil 7.3. Çalışma alanında örneklenen yüzey sularına uymayan ve jeotermal sondajlara ait yarı logaritmik Schoeller (1967) diyagramı.

Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre üç sondajında akım yolu paralellik göstermektedir. Bu durum sondajlardan elde edilen akışkanların kökenlerinin benzer olduğu, aynı litolojik birimlerle temasta olduğu, yeraltında izledikleri yolların aynı olduğu ve beslenme alanlarının benzer olduğunu göstermektedir. AMO-2015/8 nolu kuyuya ait örnekte Mg değeri sıfıra çok yakındır. Diğer kuyulara göre AMO-2015/8 nolu kuyusunda yüzey sularının etkisinin daha az olduğu düşünülmektedir. Sulardaki Mg derişiminin kaynağı dolomitin ($MgCO_3$) çözülmesi ve ultrabazik kayalarındaki ferromagnezyumca zengin minerallerden sağlanmaktadır. Yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkanlarda Mg derişimi düşüktür. Bunun sebebi ise kısmi karbondioksit basıncının azalması ile karbonat minerallerinin çözünürlüğündeki hızlı azalmadan kaynaklanmaktadır.

7.2.3. Suların mineral doygunlukları

Çalışma alanında örneklenen sulara ait mineral doygunluk analiz diyagramı yapılmıştır (Şekil 7.4). Bu diyagrama göre anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit ve jipse göre doygunlukları değerlendirilmiştir.

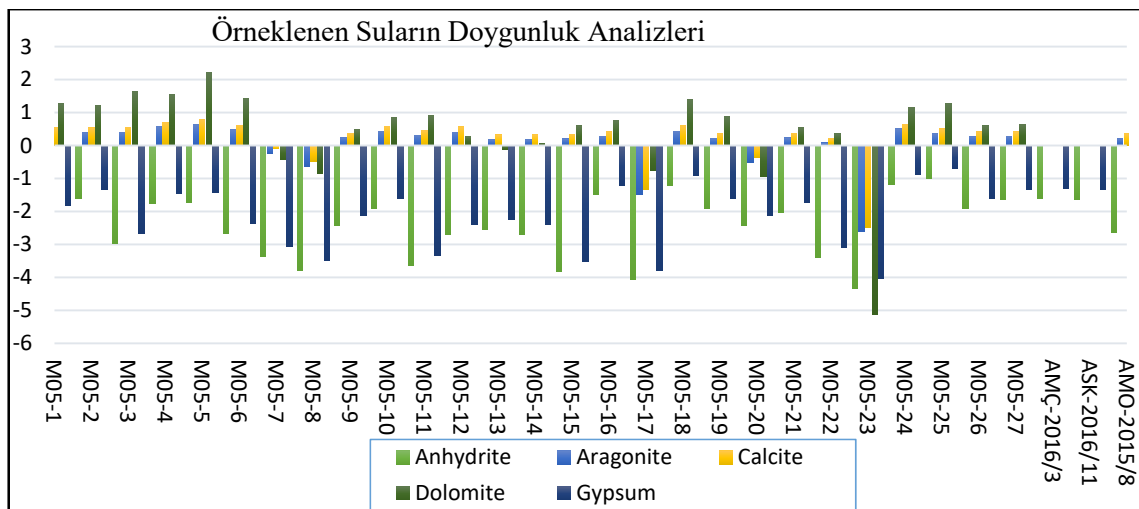
M05-2 M05-3, M05-4, M05-5, M05-6, M05-9, M05-10, M05-11, M05-12, M05-13, M05-14, M05-15, M05-16, M05-18, M05-19, M05-21, M05-22, M05-24, M05-25, M05-26, M05-27 nolu örnekler aragonit, kalsit ve dolomite doygun (çöktürücü), jips ile anhidrite doygun değildir (çözündürücü).

M05-7 M05-8, M05-17, M05-20, M05-23 nolu örnekler anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit ve jipse doygun değildir (çözündürücü). AMÇ-2016/3 ve ASK-2016/11 ait sular aragonit, kalsit ve dolomite açısından dengededir.

AMÇ-2016/3 ile ASK-2016/11 jeotermal sondajlarına ait sular jips ve anhidrite doygun değildir (çözündürücü), aragonit, kalsit ve dolomitte dengededir.

AMO-2015/8 ait jeotermal sondajına ait su aragonit ve kalsite doygun (çökeltici), dolomit ve jipsle dengededir, anhidrite ise doygun değildir (çözündürücü). AMO-2015/8 sondajına ait suda silisli ve karbonatlı kabuklaşma beklenir.

M05-1 anhidrit ve aragonitle dengede, kalsit ve dolomite doygun (çöktürücü) ve jipse doygun değildir (çözündürücü).



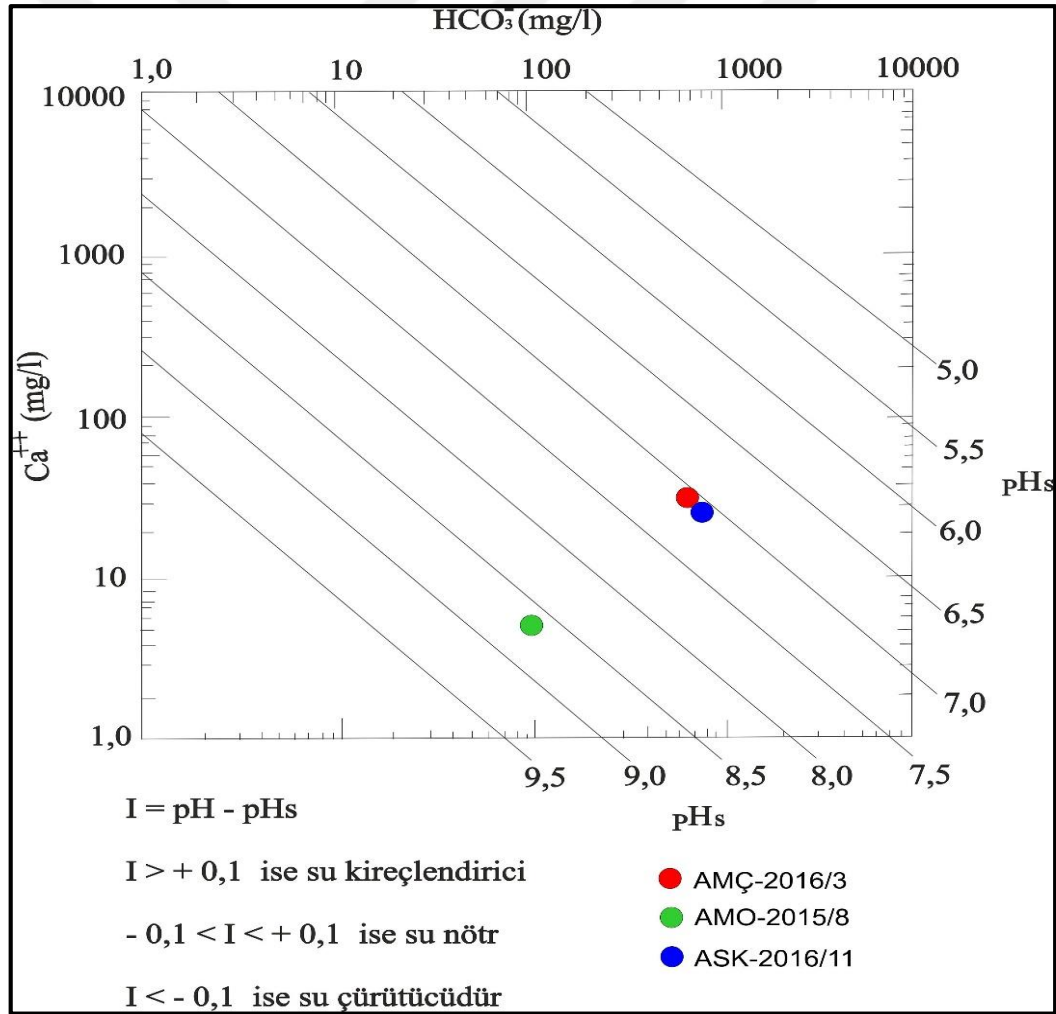
Şekil 7.4. Çalışma alanındaki örneklene sulara ait doygunluk analizi.

Jeotermal kuyulara ait sulara kabuklaşma ve korozyon problemini değerlendirebilmek için Langelier-Ludwing (1942) kalsiyum denge diyagramı yapılmış ve bu diyagram üzerinde suların pH'ı ve suyun doygunluk pH'ı (pH_s) arasındaki farka göre Langelier İndeksi (I) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre kuyulara ait sular kireçlendirici özellikte çıkmıştır. Bundan dolayı kuyuların üretiminden sonra kabuklaşma problemleriyle karşılaşılabilir (Şekil 7.5).

AMÇ-2016/3; I: 7.6- 7.1= 0.5>0.1 olduğundan su kireçlendirici,

AMO-2015/8; I: .9- 8.75= 0.15>0.1 olduğundan su kireçlendirici,

ASK-2016/11; I: 8- 7.1= 0.9>0.1 olduğundan su kireçlendiricidir.



Şekil 7.5. Çalışma alanındaki jeotermal kuyuların sularına ait (Langelier-Ludwing, 1942) kalsiyum denge diyagramı.

7.2.4. Jeotermometre hesapları

Jeotermal enerji çalışmalarında yüzey kaynak sularının kimyasal bileşimleri ile yeraltındaki akiferin akışkan sıcaklığının tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Jeotermal akışkanlar yer altından yüzeye çıkarken farklı süreçlere uğrayarak yüzey veya farklı üst akifer sularıyla değişik oranlarda karışarak soğumuş olarak yüzeye gelmektedirler. Na-K-Mg üçlü-denge yöntemiyle kimyasal jeotermometre uygunlukları değerlendirilmiştir (Şekil 7.6). Bu diyagramda, su-kayaç ilişkisinin dengede olmadığı olgun olmayan sular kısmı, kısmen dengede olduğu karışmış sular ve tam dengede olduğu sular kısmı olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır Giggenbach (1988).

Diyagrama konulan sulardan M05-5 ve M05-23 nolu sular kısmen denge durumunda olan sular alanında kalmaktadır. Çalışma alanında alınan diğer sular ise olgun olmayan sular kısmında yer almaktadır. Sahada yapılmış olan jeotermal sondaj suları (AMO-2015/8, AMÇ-2016/3, ASK-2016/11) diyagrama konulduğunda ise kısmen denge durumundaki sular kısmında olup olgun sular çizgisine yakın bir alanda yer almaktadırlar.

Bu çalışma kapsamında numunelere kimyasal jeotermometrelerden katyon jeotermometresi uygulanmıştır. Bu numunelere ait T ($^{\circ}$ C), Na (mg/lt), K (mg/lt), Mg (mg/lt), Ca (mg/lt), Log(Na/K) değerleri Çizelge 7.3'de verilmiştir.

Çizelge 7.3. Jeotermal kuyular ve kısmen denge durumunda olan kaynaklara ait derişim değerleri.

Numune Adı	T ($^{\circ}$ C)	Na (mg/lt)	K (mg/lt)	Mg (mg/lt)	Ca (mg/lt)	Log(Na/K)
AMO-2015/8	69	1047	36,8	1	4,67	1,45
AMÇ-2016/3	56	1246	8,7	8,26	33,1	2,16
ASK-2016/11	43,8	1493	15,5	4,96	29,6	1,98
M05-5	19,7	569	15,6	105	50,2	1,56
M05-23	11,5	3,65	1,72	1,72	5,58	0,33

Çalışma sahasında alınan örnekler için katyon jeotermometrelerinden Na-K, Na-K-Ca, Na-K-Ca (Mg düzeltmesi) ve K-Mg katyon jeotermometre eşitlikleri kullanılmıştır (Çizelge 7.4). Bu eşitliklerden elde edilen muhtemel rezervuar sıcaklıklarında Çizelge 7.5'de verilmiştir.

Çizelge 7.4. Katyon jeotermometre eşitlikleri.

No	Jeotermometre	Jeotermometre Eşitliği (T= °C)	Sıcaklık Aralığı (°C)	Referans
1	Na – K	$t^{\circ}\text{C} = 856 / (0.857 + \log (\text{Na}/\text{K})) - 273.15$	81-98	Truesdell (1976)
2	Na – K	$t^{\circ}\text{C} = (833 / (0.780 + \log (\text{Na}/\text{K}))) - 273.15$	83-100	Tonani (1980)
3	Na – K	$t^{\circ}\text{C} = (933 / (0.993 + \log (\text{Na}/\text{K}))) - 273.15$	92 -108	Arnórsson vd., (1983)
4	Na – K	$t^{\circ}\text{C} = (1319 / (1.699 + \log (\text{Na}/\text{K}))) - 273.15$	69-146	Arnórsson vd., (1983)
5	Na – K	$t^{\circ}\text{C} = (1217 / (1.483 + \log (\text{Na}/\text{K}))) - 273.15$	61-142	Fournier (1979)
6	Na – K	$t^{\circ}\text{C} = (1178 / (1.470 + \log (\text{Na}/\text{K}))) - 273.15$	68-130	Nieva ve Nieva
7	Na – K	$t^{\circ}\text{C} = (1390 / (1.750 + \log (\text{Na}/\text{K}))) - 273.15$	82-161	Giggenbach (1988)
8	Na - K	$t^{\circ}\text{C} = 733.6 - 770.551Y + 378.189Y^2 - 95.753Y^3 + 9.544Y^4$ Y= log([Na]/[K])	76-218	D'amore ve Arnórsson (2000)
9	Na - K - Ca	$t^{\circ}\text{C} = 1647 / (\log (\text{Na}/\text{K}) + b[\log (\sqrt{\text{Ca}/\text{Na}} + 2.06) + 2.47]) - 273.15$ $t^{\circ}\text{C} > 100^{\circ}\text{C}$ ise $\beta = 1/3$, $t^{\circ}\text{C} < 100^{\circ}\text{C}$ ise $\beta = 4/3$, $t^{\circ}\text{C} < 100^{\circ}\text{C}$ ve $[\log (\sqrt{\text{Ca}/\text{Na}} + 2.06) < 0$ ise $\beta = 1/3$	90-171	Fournier ve Truesdell (1973)

Çizelge 7.4. (devam) Katyon jeotermometre eşitlikleri.

No	Jeotermometre	Jeotermometre Eşitliği (T= °C)	Sıcaklık Aralığı (°C)	Referans
10	Na-K-Ca-Mg (Mg düzeltmesi)	$T = T_{Na-K-Ca} - \Delta t_{Mg} \text{ } ^\circ\text{C}$ $R = (Mg / Mg + 0.61Ca + 0.31K) \times 100$ Eğer $1.5 < R < 5$ ise $\Delta t_{Mg} \text{ } ^\circ\text{C} = -1.03 + 59.971 \log R + 145.05$ $(\log R)^2 - 36711 (\log R)^2 / T - 1.67 \times 107$ $\log R / T^2$ Eğer $5 < R < 50$ ise $\Delta t_{Mg} \text{ } ^\circ\text{C} = 10.66 - 4.7415 \log R + 325.87(\log R)^2 - 1.032 \times 10^5 (\log R)^2 / T - 1.968 \times 10^7 (\log R)^3 / T^2$ Not: Eğer $\Delta t_{Mg} < 0$ veya $\Delta t_{MG} < 1.5$ Mg düzeltmesi uygulanmaz Eğer $\Delta t_{Mg} > 50$ ise T= ölçülen kaynak sıcaklığıdır. T =Na-K-Ca jeotermometre sıcaklığı (Kelvin).	49-124	Fournier ve Potter (1979)
11	K – Mg	$t^\circ\text{C} = (4410 / (13,95 - \log(K^2/Mg))) - 273.15$	50-134	Giggenbach (1988)

Çizelge 7.5. Katyon jeotermometreleri ile muhtemel hesaplanan rezervuar sıcaklıkları (°C).

Numune Adı	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11
									$\beta=1/3$	$\beta=4/3$		
AMO-2015/8	98	100	108	146	142	130	161	218	171		$\Delta t_{Mg}: 46,874$ T:124	134
AMÇ-2016/3	*	*	*	69	61	*	82	76	90		$\Delta t_{Mg} > 50$ T: 56	66
ASK-2016/11	*	*	*	85	78	68	100	94	116		$\Delta t_{Mg} > 50$ T: 49	86
M05-5	81	83	92	132	127	116	146	145		118	R>50 T:118	50
* Boşalım sıcaklığından düşük												

Na-K jeotermometreleri

Yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerde sodyum ve potasyum değişimleri alkali feldispatlar ile sulu çözeltiler arasındaki ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + \text{K}^+ \leftrightarrow \text{KAlSi}_3\text{O}_8 + \text{Na}^+$ (albit)) iyon değişimiyle olmaktadır. İyon değişimleri 300 °C'den düşük sıcaklıklarda yavaş olduğundan, Na/K jeotermometreleri daha uzun süreli yeraltı geçişi temsil eden jeotermal sistemlerde uygulanması uygundur. Buna göre ASK-2016/11 sondajında Na/K jeotermometreleri 68-100 °C arasında sıcaklıklar üretmiştir. ASK-2016/11 sondajı kuyu taban sıcaklığı olan 95,5 °C değerler arasındadır. AMÇ-2016/3 sondajında Na/K jeotermometreleri 61-82 °C aralığında sıcaklıklar üretmiştir. AMÇ-2016/3 sondajı kuyu taban sıcaklığı 87,5 °C' nin altında değerler üretmiştir. AMO-2015/8 sondajında Na/K jeotermometreleri 98-218 °C aralığında değerler üretmiştir. AMO-2015/8 sondajında kuyu taban sıcaklığı 94,05 °C' nin üzerinde değerler üretmiştir. M05-5 kaynağında ise Na/K jeotermometreleri 81-146 °C aralığında değerler üretmiştir.

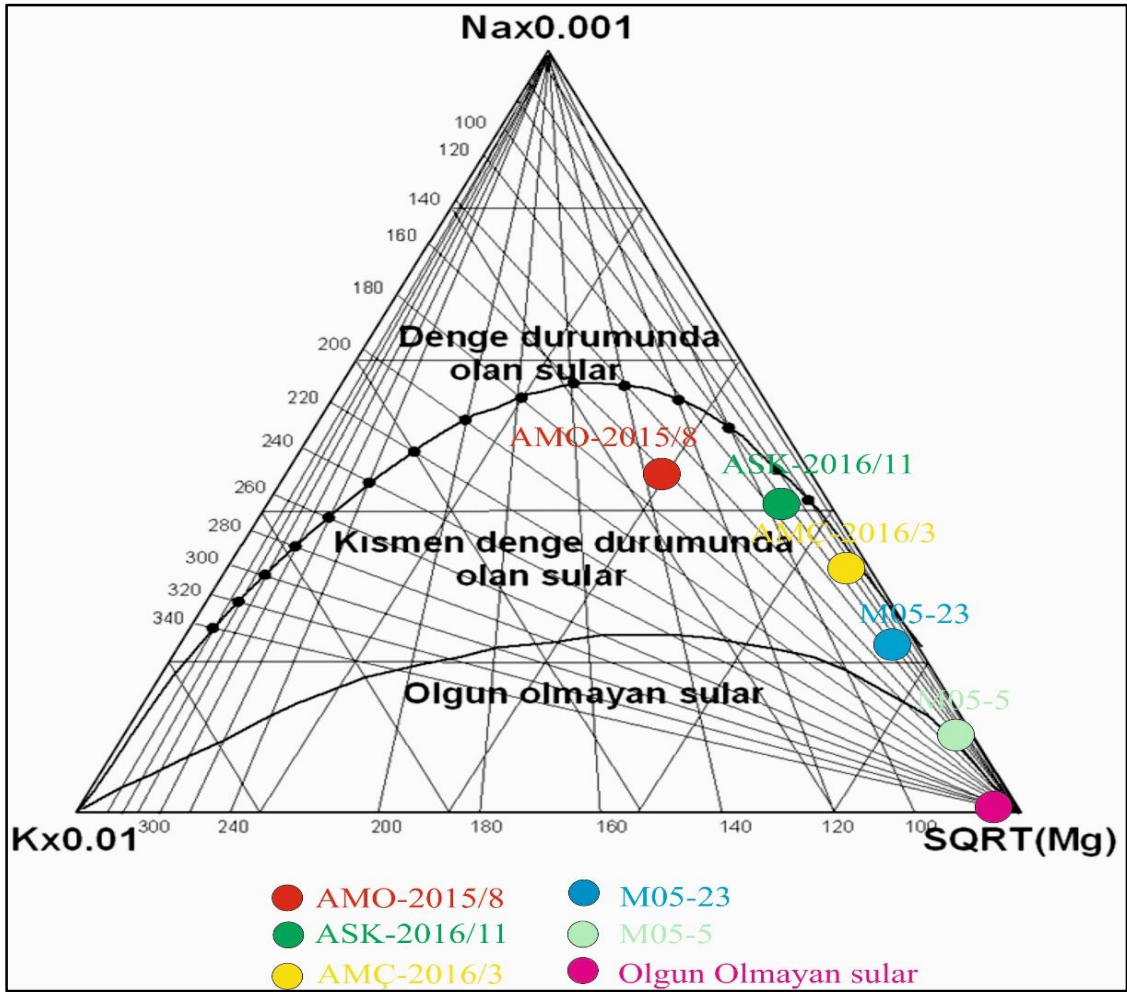
K-Mg jeotermometresi

K ve Mg arasındaki katyon takas tepkimesinin sıcaklık değişimine hızlı tepki vermesi iyon derişimlerinin jeotermometre olarak kullanımını uygun kılmaktadır. K-Mg ve Na-K katyon takas tepkimeleri sıcak suyun yükselirken etkilendiği fiziksel süreçlerin ayırılanmasını sağlamaktadır (Giggenbach, 1988).

Çizelge 7.4'de 11 no'lu eşitlikte verilen K-Mg jeotermometre eşitliği ile hesaplanan rezervuar sıcaklıklarına göre 50-134 °C üretmiştir. AMO-2015/8 sondajının örneği 134 °C üretmiştir. AMO-2015/8 sondajında kuyu taban sıcaklığı 94,05 °C' nin üzerinde değer üretmiştir. Bu sıcaklık makul olabilecek bir sıcaklıktır. AMÇ-2016/3 sondajının örneği 66 °C üretmiştir. Bu sıcaklık kuyu taban (87,5°C) sıcaklığınının altında bir değerdir. ASK-2016/11 sondajının örneği 86 °C üretmiştir. Bu sıcaklık kuyu taban (95,5°C) sıcaklığınının altında bir değerdir. M05-5 örneği ise 50 °C değer üretmiştir. Bu değerler mevcut kuyu taban sıcaklıklarının çok altında değerlerdir. Bundan dolayı makul değildir.

Na-K-Ca jeotermometresi

Na-K katyon jeotermometrelerinde yüksek Ca iyonu içeriği olan düşük sıcaklıklı sistemlerde çok yüksek sonuçlar vermiştir. Silikat mineralleriyle olan iyon değişimi reaksiyonlarında Ca, Na, ve K mineralleri birbirleriyle yarışır haldedir (Nicholson 1993). Bunun üzerinden gelmek için Fournier ve Truesdell (1973) tarafından geliştirilen bu jeotermometre eşitliği Çizelge 7.4'deki 9 no'lu eşitliktir.



Şekil 7.6. Örneklenen numunelere ait Giggenbach (1988) Na-K-Mg üçgen diyagramı.

Buna göre ASK-2016/11 sondajında Na-K-Ca jeotermometresi 116 °C türetmiş ve kuyu taban sıcaklığı 95,5 °C'ye nispeten yakındır. AMÇ-2016/3 sondajında Na-K-Ca jeotermometresi 90 °C türetmiş ve kuyu taban sıcaklığı 87,5 °C nin çok yakın bir sıcaklık değeridir. AMO-2015/8 sondajında Na-K-Ca jeotermometresi 171 °C türetmiş ve kuyu taban sıcaklığı 94,05 °C' nin çok üzerindedir. M05-5 örneğinin Na-K-Ca jeotermometresi 118 °C türetmiştir. Bu sıcaklıkta muhtemel rezervuar sıcaklığı için uygun olabilecek sıcaklıktır.

Na-K-Ca jeotermometrelerinde, jeotermal akışkanların yukarıya doğru çıkması sırasında yüksek Mg değeri elde etmesiyle jeotermometre hesabında hatalı sonuçlara neden olmaktadır. Bunun için Fournier ve Potter (1979) tarafından Na-K-Ca jeotermometresinin türettiği sıcaklık değerine Mg düzeltilmesi ile yeniden sıcaklık tahmini Çizelge 7.4'de 10 no'lu eşitlikle yapılmıştır. Buna eşitliğe göre AMÇ-2016/3 sondajında Na-K-Ca jeotermometresi Mg düzeltilmesi 56 °C türetmiş ve kuyu taban sıcaklığı 87,5 °C nin altında kalmıştır. AMO-2015/8 sondajında Na-K-Ca

jeotermometresi Mg düzeltmesi 124 °C türetmiş ve kuyu taban sıcaklığı 94,05 °C' nin üzerinde ve makul bir sıcaklık değeridir. ASK-2016/11 sondajında Na-K-Ca jeotermometresi Mg düzeltmesi 49 °C türetmiş ve kuyu taban sıcaklığı 95,5 °C nin çok altında kalmıştır. M05-5 örneğinin Na-K-Ca jeotermometresi Mg düzeltmesi 118 °C türetmiş ve makul bir rezervuar sıcaklığıdır.

SiO₂ jeotermometreleri

Çalışma alanında katyon jeotermometrelerin yanısıra silis jeotermometreleri muhtemel rezervuar sıcaklığının tahmini için kullanılmıştır (Çizelge 7.6). Kuvars jeotermometrelerine göre en yüksek 106 °C ve kalsedon jeotermometrelerine göre en yüksek 78 °C rezervuar sıcaklığı türetilmiştir. Ayrıca α-kristobalit, β-kristobalit, amorf silis jeotermometreleride uygulanmış fakat makul sonuçlar elde edilememiştir. Bunun sebebi örnekleme sırasında yapılan hatalardan dolayı polimerleşme nedeniyle silis değerlerinin düşük çıkmasıdır. 120-180 °C'den daha düşük koşullarda sudaki silis çözünürlüğünün kuvars yerine kalsedon tarafından denetlenmektedir (Fournier, 1991; D'Amore ve Arnórsson, 2000). Kalsedon jeotermometreleri kuyu taban sıcaklığından daha düşük değerler ürettiği için silis jeotermometre sonuçları güvenilir değildir.

Çizelge 7.6. Silis jeotermometre eşitlikleri (S=ppm olarak SiO₂ derişimidir).

No	Jeotermometre	Jeotermometre Eşitliği	Sıcaklık Aralığı	Referans
1	Kuvars	$t^{\circ}\text{C} = -42.2 + 0.28832S - 3.6686 \times 10^{-4} S^2 + 3.1665 \times 10^{-7} S^3 + 77.034 \log S$	68-106	Fournier ve Potter (1982)
2	Kuvars (buhar kaybı yok)	$t^{\circ}\text{C} = (1309 / (5.19 - \log S)) - 273.15$	68-106	Fournier (1977)
3	Kuvars (100°C'de Maks. buhar kaybı)	$t^{\circ}\text{C} = (1522 / (5.75 - \log S)) - 273.15$	73-106	Fournier (1977)
4	Kuvars	$t^{\circ}\text{C} = -55.3 + 0.36559S - 5.3954 \times 10^{-4} S^2 + 5.5132 \times 10^{-7} S^3 + 74.360 \log S$	53-93	D'amore ve Arnórsson (2000)
5	Kalsedon (buhar kaybı yok)	$t^{\circ}\text{C} = (1032 / (4.69 - \log S)) - 273.15$	36-77	Fournier (1977)
6	Kalsedon (buhar kaybı yok)	$t^{\circ}\text{C} = (1112 / (4.91 - \log S)) - 273.15$	39-78	Arnórsson vd., (1983)
7	α-kristobalit	$t^{\circ}\text{C} = (1000 / (4.78 - \log S)) - 273.15$	19-56	Fournier (1977)
8	β-kristobalit	$t^{\circ}\text{C} = (781 / (4.51 - \log S)) - 273.15$	0-9	Fournier (1991)
9	Amorf silis	$t^{\circ}\text{C} = (731 / (4.52 - \log S)) - 273.15$	0	Fournier (1977)
10	Amorf silis	$t^{\circ}\text{C} = -121.6 + 0.2694S - 1.8101 \times 10^{-4} S^2 + 7.5221 \times 10^{-8} S^3 + 55.114 \log S$	0	D'amore ve Arnórsson (2000)

8. İZOTOP HİDROLOJİSİ

8.1. Giriş

Çalışma alanında hidrodinamik yapının ortaya konması amacıyla 56 lokasyonda izotop (trityum (TU), oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$), döteryum (δD)) analizleri için örnekler alınmıştır (Çizelge 8.1). Ayrıca sahada yapılan sondajlardanda izotop analizleri için numune alınmış ve analizler DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı İzotop Laboratuvarları'nda yaptırılmıştır.

Çizelge 8.1. Çalışma alanında örneklenen izotop analiz değerleri ve bazı kimyasal değerler.

Örnek Adı	^3H (TU)	Belirsizlik (\pm)	$\delta^{18}\text{O}$ ‰VSMOW	Belirsizlik (\pm)	δD ‰VSMOW	Belirsizlik (\pm)	Kot (m)	EC ($\mu\text{S/cm}$)	SiO_2 (mg/l)	Cl (mg/l)
M1	0,38	0,64	-9,42	0,20	-72,35	0,80	650	863	15,3	41,7
M2	1,68	0,68	-9,55	0,20	-74,03	0,30	680	2,950	23,1	283
M3	0,27	0,64	-13,84	0,40	-99,11	0,70	566	1,422	28,7	82,7
M4	2,43	0,70	-10,78	0,20	-73,75	0,20	558	920	21,8	68
M5	2,11	0,68	-10,65	0,20	-74,58	0,60	600	976	37,9	44,2
M6	0,46	0,62	-12,34	0,40	-85,89	0,20	574	2,970	41,7	220
M7	4,26	0,78	-10,43	0,30	-71,65	0,20	809	1,698	41,6	27,4
M8	0,17	0,60	-11,91	0,60	-82,19	0,80	929	578	34,9	6,46
M9	0	0,60	-11,99	0,30	-80,47	0,40	948	126	85,2	2
M10	0,07	0,61	-11,49	0,70	-75,75	0,70	1,030	252	77,7	2,74
M11	4,99	0,80	-12,29	0,60	-79,98	0,90	1,301	412	18	2,34
M12	4,15	0,76	-11,86	0,30	-78,3	0,40	1,193	357	29,3	1,3
M13	1,38	0,62	-12,16	0,60	-79,66	0,20	1,579	275	21,8	1,26
M14	3,36	0,76	-9,93	0,17	-69,75	0,61	986	637	18,7	4,8
M15	5,53	0,96	-9,71	0,18	-68,49	0,6	812	1,360	24,8	85
M16	4,91	0,88	-8,82	0,26	-66,58	0,65	732	492	20,5	4,32
M17	3,12	0,72	-9,46	0,17	-68,12	0,6	675	609	20,1	15,3
M18	3,58	0,74	-10,56	0,17	-74,36	0,6	674	715	21,3	10,2
M19	4,89	0,86	-9,64	0,17	-68,13	0,62	821	693	21,8	7,33
M20	6,11	0,98	-9,6	0,17	-65,97	0,6	792	505	16,9	3,11
M21	5,24	0,90	-9,22	0,09	-67,58	0,84	827	931	15,8	54,1
M22	1,07	0,62	-10,6	0,09	-72,1	0,83	696	420	25,5	10,9
M23	1,8	0,64	-9,65	0,09	-68,67	0,83	739	1,200	28,7	50,7
M24	5,81	0,96	-9,41	0,09	-66,93	0,83	800	495	28,7	4,26
M25	0,06	0,58	-10,7	0,08	-73,52	0,83	659	385	24,6	10,1
M26	6,01	1	-9,93	0,08	-70,54	0,83	804	1,496	10,4	4,29
M27	4,42	0,84	-11,53	0,12	-78,77	0,66	1,009	538	17,9	3,28
M28	4,02	0,82	-12,36	0,13	-82,58	0,66	1,699	133	15,4	0
M29	4,88	0,88	-11,61	0,12	-75,92	0,66	1,561	238	19,2	1,51
M30	3,1	0,72	-9,75	0,12	-68,91	0,66	849	756	16,4	10,8
M31	4,15	0,80	-10,94	0,12	-76,25	0,66	1,016	692	18,7	8,31
M32	0,64	0,60	-10,18	0,12	-71,78	0,66	709	490	23,8	7,88
M33	5,44	0,86	-11,52	0,07	-74,63	1,57	1,619	68	15,7	0
M34	4,13	0,80	-12,6	0,07	-84,96	1,57	1,667	151	20,1	1,19

Çizelge 8.1. (devam) Çalışma alanında örneklenen izotop analiz değerleri ve bazı kimyasal değerler.

Örnek Adı	³ H (TU)	Belirsizlik (±)	δ ¹⁸ O ‰VSMOW	Belirsizlik (±)	δD ‰VSMOW	Belirsizlik (±)	Kot (m)	EC (µS/cm)	SiO ₂ (mg/l)	Cl (mg/l)
M35	3,46	0,74	-11,16	0,07	-76,68	1,57	1,303	1,162	22,7	54,1
M36	2,8	0,70	-11,75	0,07	-78,87	1,57	1,444	131	76,6	1,62
M37	5,66	0,90	-11,48	0,07	-74,32	1,57	1,435	52	33,8	1,06
M38	2,63	0,68	-11,29	0,07	-74,19	1,57	1,531	144	54,6	2,19
M39	2,79	0,70	-11,29	0,07	-77,08	1,57	1,382	434	33,6	6,75
M40	2,54	0,68	-12,04	0,07	-81,11	1,57	1,569	266	40,9	2,3
M41	0,56	0,58	-10,75	0,17	-75,85	0,57	1,093	322	79,2	3,43
M42	3,41	0,72	-10,28	0,16	-72,01	0,57	1,100	787	37,7	28,9
M43	5,11	0,84	-9,41	0,16	-63,91	0,57	1,165	244	40	2,89
M44	2,1	0,66	-12,37	0,17	-84,25	0,57	1,490	110	58	1,26
M45	4,95	0,84	-11	0,17	-72,54	0,57	1,750	53,6	49,2	0
M46	6,11	0,92	-10,25	0,16	-72,17	0,57	965	616	27,6	7,66
M47	5,22	0,84	-8,66	0,16	-60,53	0,57	444	1,020	21,3	48,6
M48	4,52	0,80	-11,87	0,16	-80,93	0,58	909	417	37,9	1,72
M49	2,11	0,66	-11,24	0,14	-77,87	0,85	665	526	14,1	6,72
M50	3,97	0,74	-9,41	0,14	-66,41	0,86	744	937	13,2	15,4
M51	3,87	0,74	-10,39	0,14	-71,06	0,85	501	1,175	19,6	32,7
M52	3,03	0,68	-9,83	0,14	-69,23	0,86	468	847	20,1	44
M53	3,53	0,70	-10,08	0,14	-70,86	0,85	817	715	13,1	10,3
M54	4,12	0,70	-10,95	0,14	-73,27	0,85	426	627	17,3	7,72
M55	4,6	0,74	-9,73	0,14	67,4	0,85	477	1,410	21,1	48,4
M56	4,95	0,70	-8,3	0,14	58,46	0,86	451	1,035	21,1	38,1
AMO-2015/8	0	0,68	-1,25	0,17	-51,42	1,06	518	4594	54,8	658
AMÇ-2016/3	0	0,54	-7,63	0,19	-64,07	1,01	651	5109	32,7	864
ASK-2016/11	0,29	0,94	-4,22	0,11	-56,82	0,85	570	5690	22,5	908

İzotop teknikleri kullanılarak yüzey ve yeraltı, suların kökeni ve yaşları, beslenme alanı yükseklikleri, yeraltındaki dolaşım süresi, farklı sularla karışım oranları, buhar kaybı, buharlaşma, su-kayaç etkileşim (¹⁸O-zenginleşmesinin) vb. süreçler hakkında bilgiler edinilmektedir. Bu bilgileri elde etmek için suyun molekül yapısına giren karalı izotop olan ¹⁸O ve ³H (döteryum) ile radyoaktif izotop olan ³H (trityum) kullanılmaktadır.

8.2. Oksijen18-Döteryum İlişkisi

Bir elementin farklı nötron sayısı bulunduran atomları o elementin izotopudur. Elementlere ait duraylı ve duraysız izotoplar bulunmaktadır. Duraylı (kararlı) izotoplar fiziko-kimyasal süreçlerle oranları değişse de zaman içinde değişmeyen radyoaktif özelliği olmayan izotoplardır (δ¹⁸O, δD). Oksijen ve hidrojenin karalı izotoplarının kendi arasındaki oranlarının değişimleri, hidrolojik çalışmalarda izleyici olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Suyun hidrolojik çevrimde buharlaşması ile hafif izotopların buhar fazında zenginleşirken, kalan sıvıda

ise oksijen ve hidrojenin ağır izotopları zenginleşmektedir. Böylece sıvı fazda yer alan $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop oranları kullanılarak, kendi içerisinde doğrusal bir ilişki sunan ($\delta\text{D} = 8 \delta^{18}\text{O} + \text{dy}$) denklemi elde edilmektedir. Bu denklemde “dy” değeri döteryum fazlasını ifade etmekte olup bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Söz konusu farklılık denize ve okyanusa olan uzaklığa, beslenme öncesi buharlaşma oranına, yüksekliğe, enleme vb. gibi faktörlere göre değişmektedir. Döteryum fazlası deniz suyunun buharlaşma miktarını göstermektedir. Çevresel izotop analiz sonuçları, genellikle $\delta\text{D} = 8(\delta^{18}\text{O}) + 10$ formülü ile ifade edilen (Craig, 1961) Dünya Meteorik Su Doğrusu (DMSD) ile birlikte değerlendirilmektedir. DMSD’na ek olarak inceleme alanı sularının çevresel izotop analiz sonuçları Marmara Meteorik Su Doğrusu (MMSD) $\delta\text{D} = 8(\delta^{18}\text{O}) + 18$ (Eisenlohr, 1997) ile birlikte değerlendirilmiştir (Şekil 8.1).

Jeotermal akışkanlardan örneklenen su numunelerinde yeraltındaki su kayaç etkileşimi süreçlerinin yüksek sıcaklığa bağlı olarak kayaçların bünyesinden $\delta^{18}\text{O}$ izotopunun akışkana geçmesi ile pozitif değerlere doğru giderek ^{18}O izotopu bakımından zenginleşmesine olmaktadır. Böylece $\delta^{18}\text{O}$ ve δD arasındaki doğrusal $\delta\text{D} = 8(\delta^{18}\text{O}) + 10$ denklemi olan Dünya Meteorik Su Doğrusundan pozitif yöne doğru sığrama yapmakta ve buna jeotermal sapma adı verilmektedir. Jeotermal suların meteorik sular tarafından beslendiği fakat sıcaklığın artması, derin dolaşım, uzun süreli su-kayaç etkileşimi ve sonucunda $\delta^{18}\text{O}$ ’in pozitif yönde artmasına sebep olmaktadır. Hidrojen ise kayaçların ana bileşenlerinden biri olmadığından kayaç-akışkan etkileşimi jeotermal suların ^2H değerleri üzerinde bir değişikliğe neden olmamaktadır (Karakuş 2010).

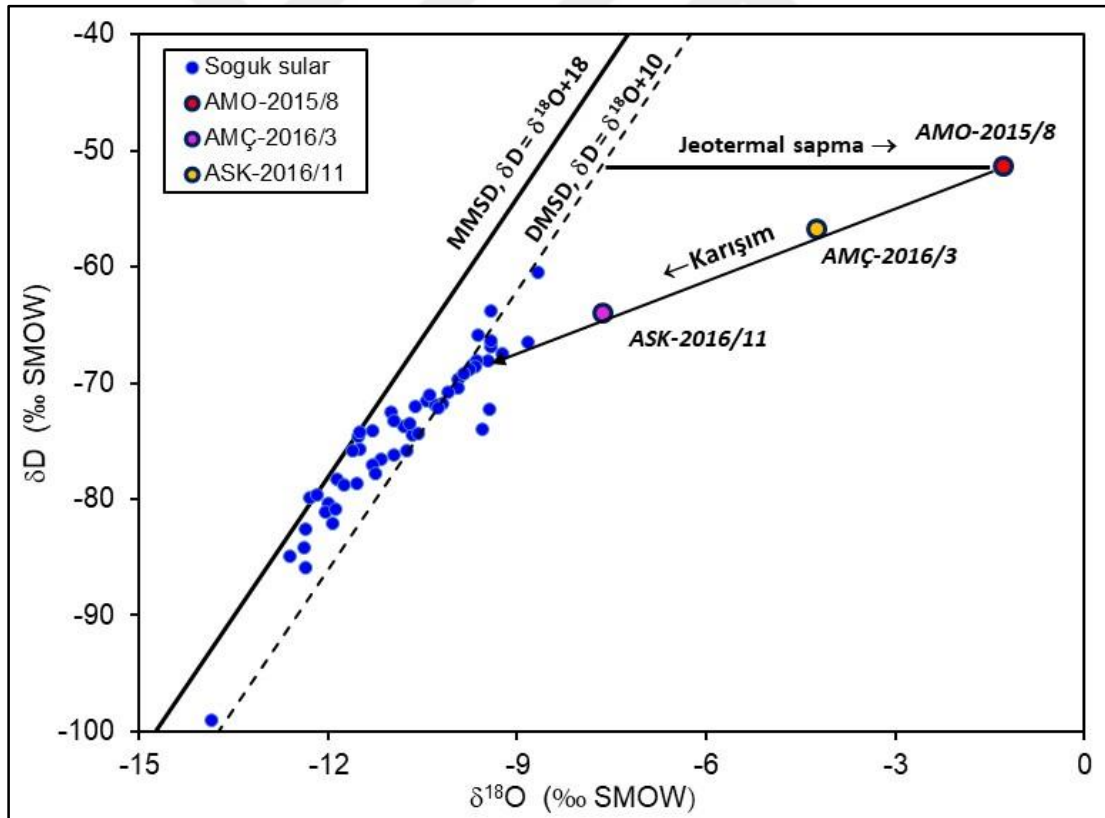
Çalışma alanından örneklenen sular genel itibari ile Marmara Meteorik Su Doğrusu ile Dünya Meteorik Su Doğrusu arasında yer almaktadır (Şekil 8.1). Bazı örnekler ise bu meteorik su doğruların hafif açılı ile sapan buharlaşma etkisi altında olan sulardır. Bu suların sapsması buharlaşma eğrisini oluşturur.

Çalışma alanında yapılan derin jeotermal sondajlardan örneklenen sular bu grafikte işaretlendiğinde jeotermal sapmanın oldukça belirgin olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle AMO-2015/8 noktasının ^{18}O içeriğinin yaklaşık % 7’lik bir zenginleşme ile meteorik su doğrusundan sapsmış olması, bu alandaki suların su-kayaç etkileşim sürecinden oldukça etkilenmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Oksijen-18 zenginleşmesi (jeotermal sapma) rezervuar kayaç mineralojisi, sıcaklık ve etkileşim sürecine bağlıdır. En yüksek jeotermal sapma genelde ^{18}O bakımından zengin karbonatlı rezervuarlarda gözlenmektedir (Truesdell and Hulston, 1980). Feldispat, mika ve kuvars gibi minerallerden oluşan silikatlı kayaçlarda belirgin bir oksijen-18 izotop zenginleşmesi $250\text{ }^\circ\text{C}$ ’nin üzerindeki rezervuar sıcaklıklarını gerektirmektedir (D’Amore ve Panichi, 1987).

Bölgedeki derin kuyuların rezervuarların karbonatlara göre çözünürlükleri düşük ve ^{18}O bakımından görece daha fakir olması olan magmatik-volkanik kayalar içinde gelişmiş olması, örneklenen termal suların yüksek sıcaklık koşullarına maruz kalmış olabileceğini düşündürmektedir. Bölgede açılmış kuyu tabanlarında ölçülmüş 87,2-95,5 °C arasındaki sıcaklıklar silikatlı kayalarda ^{18}O zenginleşmesi için gerekli koşullardan oldukça uzak olması nedeniyle bölgedeki rezervuar zamanla soğumuş olduğu sonucuna varmak mümkündür. Bu gözlemlere göre bölgedeki jeotermal sondajlara ait sular, meteorik kökenli yüzeydeki evaporitlerden geçerek kimyasını kazanmış derin dolaşım sularıdır.

Jeotermal sular kendi aralarında belgin bir dizilim sunmaktadır. AMÇ-2016/3 ile ASK-2016/11 kuyu suları en yüksek jeotermal sapmanın gözlemlendiği AMO-2015/8 kuyusu ile bölgedeki meteorik sular arasında bir karışım doğru üzerinde yer almaktadır. Bu dizilime termal sulara farklı oranlardaki meteorik su karışımının neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 8.1. Çalışma alanında örneklenen su kaynaklarına ait oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) ve döteryum (δD) grafiği.

8.3. Trityum İçeriği

Trityum (^3H), hidrojenin radyoaktif bir izotopudur. Yarı ömrü 12,32 yıl olan trityum, suyun yapısında bulunan hidrojenden dolayı hidrolojik çevrimde en çok kullanılan izotoplardandır. 1950'li yıllarda termonükleer denemeler sonucunda atmosferdeki trityum içeriği artmıştır. Trityum üretimi 1963 yılında 1.000 Trityum Birimi (TU) düzeyine ulaşmış ve 1963 yılından günümüze kadar doğal yarılanma yoluyla azalmıştır. Trityum izotopunun sürekli bozunması ile belirli bir bölgede yeraltısuyunu besleyen yağışın trityum içeriğinin bilinmesi halinde yeraltısuyunun ağırlıklı ortalama yaşının belirlenmek veya farklı yer altı sularının karışımına bir yaklaşımda bulunmak mümkündür (Tezcan, 1992). 1952 yılında sonra nükleer patlama denemeleri neticesinde atmosfere karışan H^3 izotopunun yağmur sularına ve buradan da yer altı sularına karışmış ve bu suların ^3H içeriğine göre dolaşım süreci hakkında bilgi vermektedir (Clark ve Fritz, 1997) (Çizelge 8.2).

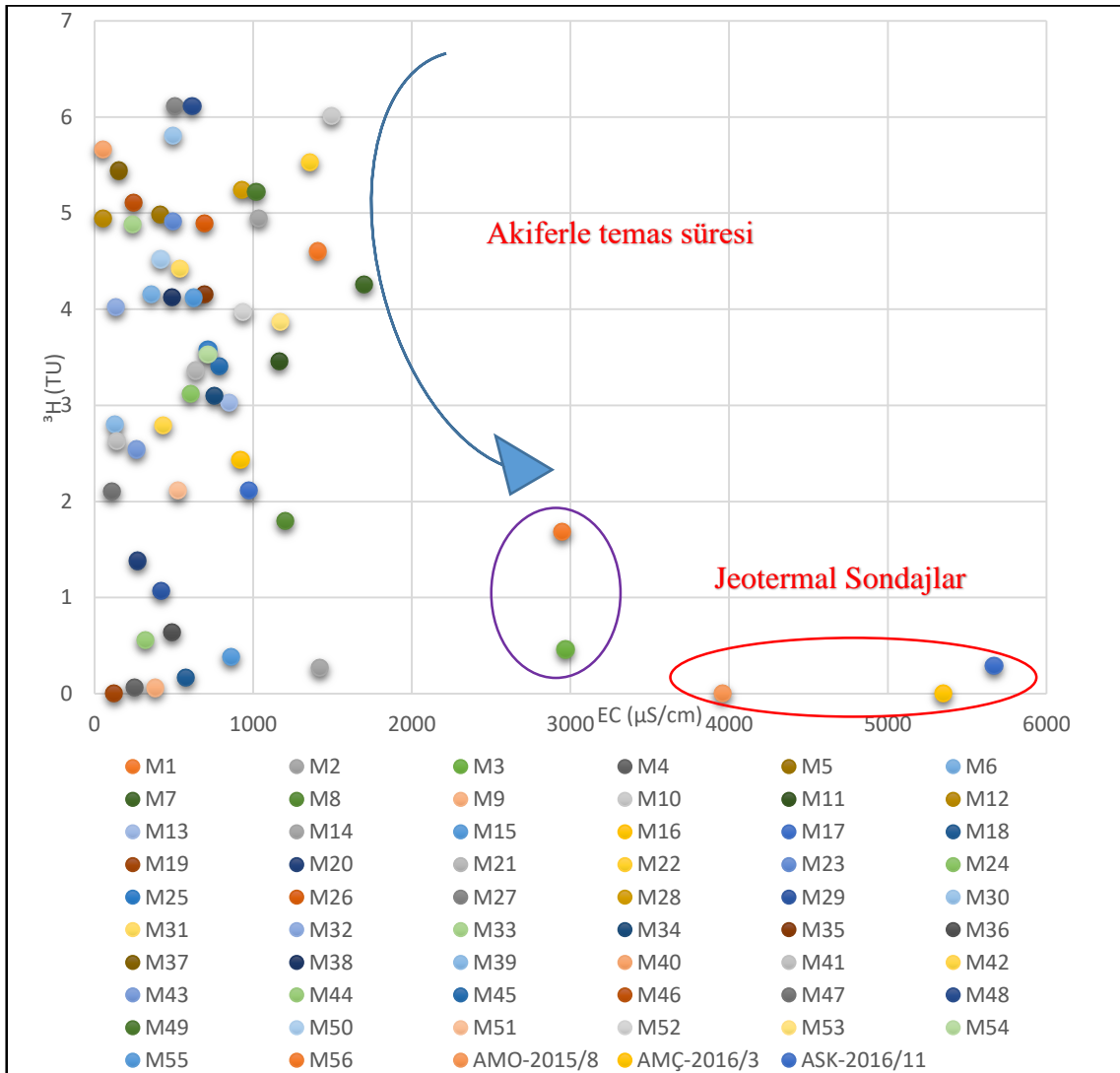
Çizelge 8.2. Çalışma alanında Trityum içeriği beslenme yaşı tablosu (Clark ve Fritz, 1997).

TRİTYUM İÇERİĞİ (TU)	BESLENME YAŞI
<0,8	1952 öncesi beslenme (submodern)
0,8-4,0	Submodern-Genç
5-15	Modern (5-10 yıl)
15-30	Bomba etkisi
>30	1960-1970'ler arası beslenme
>50	1960'ların beslemesi

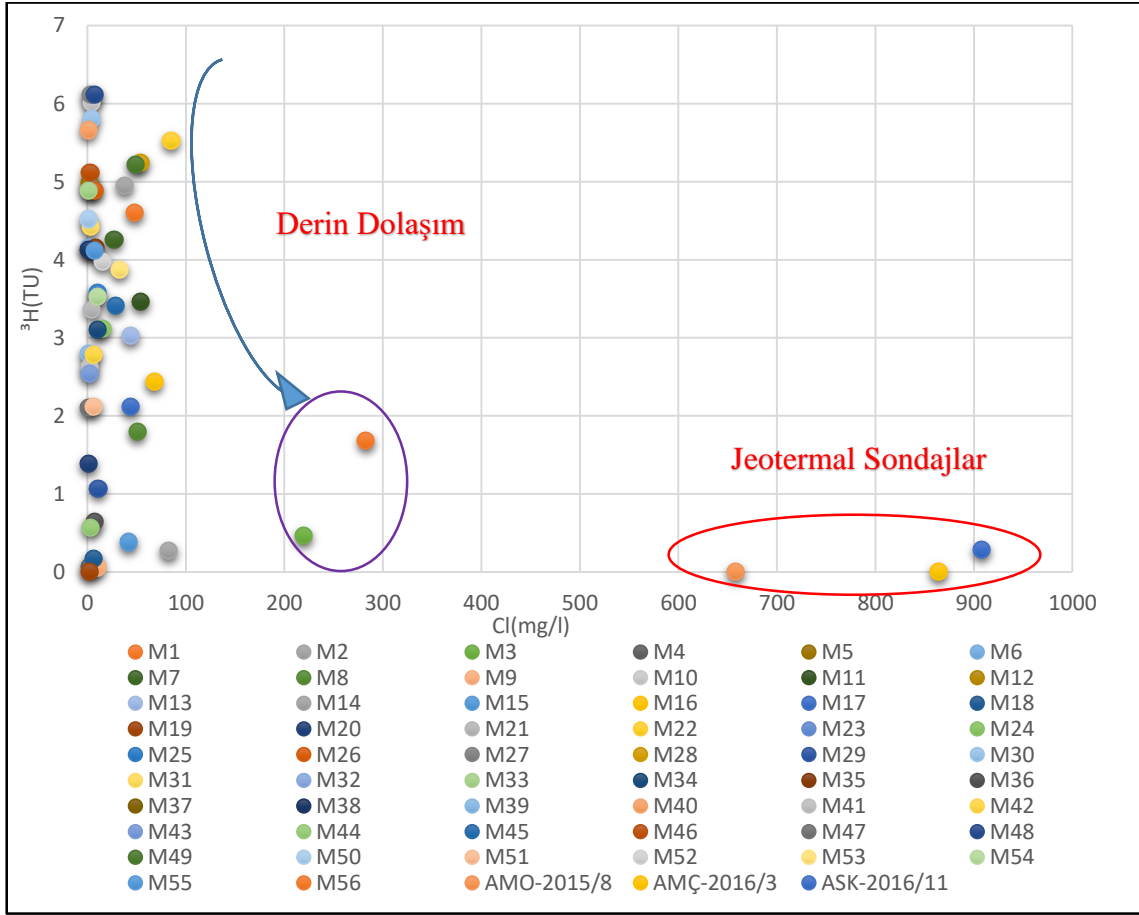
Çalışma sahasından alınan örnekler trityum içerikleri 0 TU ile 6.11 TU arasında değişmektedir (Çizelge 8.1).

Bu havzadaki, M1, M3, M6, M8, M9, M10, M25, M41 no.lu örnekler ile sondajlara ait örnekler (AMO-2015/8, AMÇ-2016/3 ve ASK-2016/11) <0,8 TU olup 1952 öncesi beslenme (submodern), güncel yağışlardan uzak, uzun akifer geçiş süreli sular sınıfındadır. Diğer örnekler ise submodern-genç ve modern sular arasında yer almaktadır.

Çalışma alanındaki suların akiferle temas süreleri hakkında yorum yapabilmek için EC- ^3H (Şekil 8.2) ve Cl- ^3H (Şekil 8.3) grafikleri oluşturulmuştur. Her iki grafikde M1 ve M3 no.lu örnekler diğer örneklere göre daha fazla yeraltı geçiş süresine sahip derin dolaşım sular olduğu görülür. Sondajlara görede daha sığ dolaşımı temsil etmektedirler.



Şekil 8.2. Çalışma alanındaki suların EC-³H grafiği.



Şekil 8.3. Çalışma alanındaki suların Cl- ^3H grafiği.

9. HAVZANIN GELİŞİMİ VE JEOTERMAL MODELİ

Çalışma alanında, Karakaya Okyanusu Permiyen karbonat platformunun riftleşmesi ile açılmış ve Triyas sonunda kapanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Ayrıca Liyas döneminde açılan ve Kretase döneminde geniş bir okyanus havzasının olduğu düşünülmektedir (Yılmaz, 1997). Geç Kretase'de Tetis Okyanusu kuzeyde bulunan Sakarya Kıtası'nın altına dalıp tüketilmeye başlamış ve güneyde yığışım prizması gelişmiştir. Bölgede Geç İpresiyen'de gelişimine başlayan yeni bir havzada karasal kömürlü Çeltek formasyonu çökelmiştir. Çeltek Formasyonu'nu oluşturan kömürlü çökel kayalar, Armutlu Formasyonu'ndan önce gelişmiş akarsu ve göl ortamında gelişmiştir (Atalay, 2001). Lütésiyen başlarında okyanusal dilimin kopmasıyla çarpışma kuşağı boyunca karasal volkanik aktivite ile birlikte sığ denizel birimlerden sonra Üst Eosen-Oligosen'de sıkışmanın iyice artmasıyla asidik mağma sokulumuyla (Tavşandağı granitoyidi) havza yükselmiştir. Erken-Orta Miyosen'de karasal havzalar gelişmiş ve bu havzalar gösel jipsli seviyelerden oluşmuştur. Erken Pliyosen'den itibaren KAFZ etkisinde neotektonik havzalar (Merzifon-Suluova çek-ayır) oluşmuştur. Kuvaterner'de güncel akarsu çökelleri, yamaç molozları ve alüvyal yelpaze ürünleri havzaya gelmiştir.

Neotektonik dönemde Merzifon-Suluova çek-ayır havzası, Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisiyle şekillenmiş havzalardır. Merzifon çek-ayır havzasının kuzey kanadını sağ yanal eğim atımlı Merzifon Fay Zonu, güney kanadını Eraslan, Sarıbuğday ve Büyükçay sağ yanal eğim atımlı fayları, doğu tarafını normal fay olan Suluova Fay zonu ile havzanın ortasından geçen sağ yanal eğim atımlı Uzunyazı Fayı ve sağ yanal eğim atımlı Çetmi Faylarından oluşmaktadır. Bu faylar aktiftir ve havzanın derinleşmesiyle birlikte sağa ötelenmesi devam etmektedir. Neotektonik dönemden sonra bu havzalar dike yakın kenar faylarıyla ani derinleşmiş ve havzanın içerisi güncel malzeme ile dolmuştur.

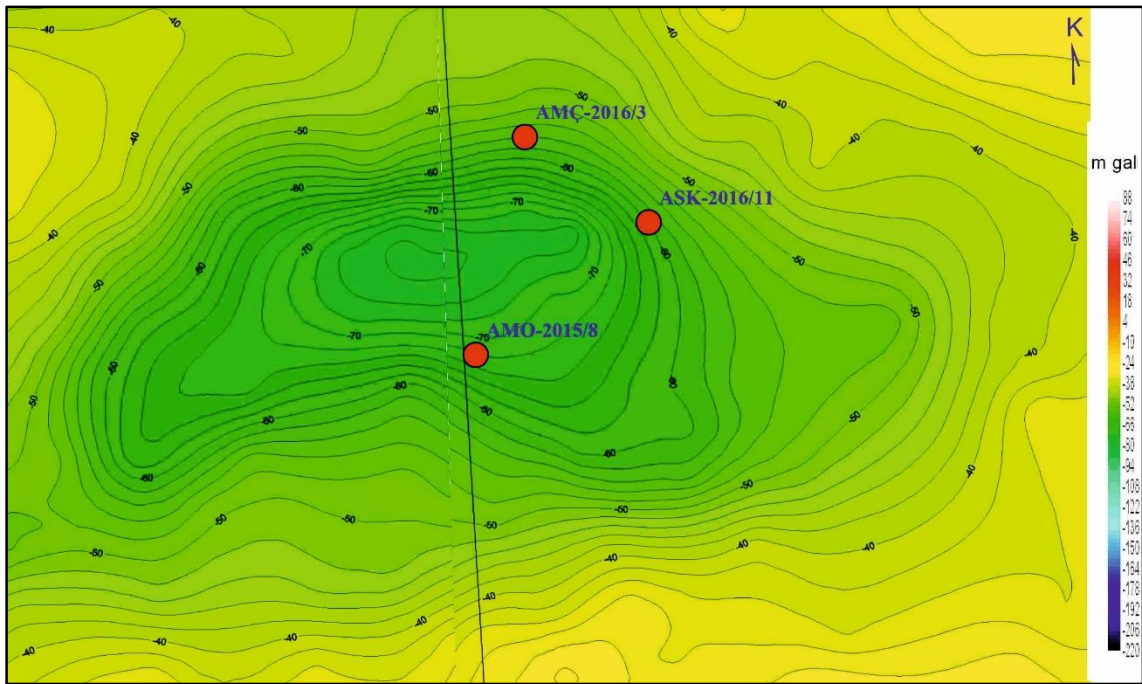
Merzifon-Suluova havzası, birbirinden açılı uyumsuzluk ile ayrılan iki havza dolgusu içerir. Merzifon-Suluova üzerlemiş birleşik çek-ayır havzasıdır. Merzifon-Suluova havzası, KAFZ'nun orta kesimindeki yayın güney iç kesiminde yer alır. Merzifon-Suluova havzası yaklaşık 55 km uzunluğunda, 22 km genişliğinde ve D-B-gidişli bir çöküntü alanından oluşmaktadır (Rojay ve Koçyiğit, 2010).

Merzifon-Suluova çek-ayır havzasının kuzeyinde 53 °C'lik Havza jeotermal sahası, batısında 42 °C'lik Hamamözü jeotermal sahası, güneyinde 37,8 °C'lik Amasya-Gözlek sahası ile 40,1 °C'lik Amasya-Terziköy sahası ve kuzeydoğusunda 38 °C'lik Ladik sahaları

bulunmaktadır. Merzifon-Suluova çek-ayır havzasının çevresindeki jeotermal sahaların bulunması, Merzifon havzasını potansiyel jeotermal bir alan haline getirmektedir.

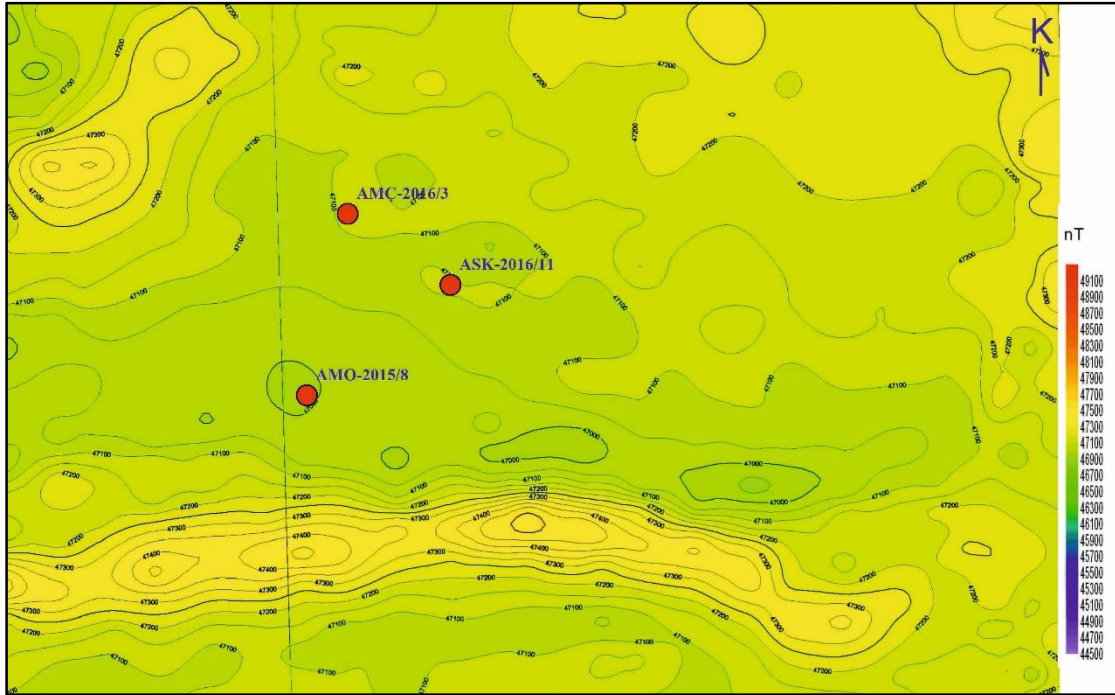
Jeotermal sistemlerde, akışkanın depolanabileceği ve geçirimli bir rezervuar kayacın olması, bu rezervuar kayaca ısı transferi sağlayabilecek ısıtıcının olması (magmatik sokulumlar, volkanik aktivite, tektonizmaya bağlı ısınmalar, yüksek radyoaktiveye sahip granotoid, gnays ve riyolitik kayalarda mevcut olan (U, Th, K) bozunmaları ile açığa çıkan radyojenik ısınmanın olması, ısının yeraltında korunabilmesi ve basınçlı bir sistemin olması için örtü kayaçlarının bu rezervuar üzerinde birikmesi, yüksek kotlardan sisteme meteorik kökenli suların besleniminin olması, sistemdeki akışkanı yüzeye taşıyabilecek fay, kırık, çatlak, eklem, karstlaşma ve kabuk incilmesi gibi fiziksel ve kimyasal faktörlerin olması gerekmektedir. Merzifon-Suluova çek-ayır havzası sağ yanal atımlı kenar faylarıyla ötelenmekte ve bu fayların verrev atımları ile derinleşerek havzaya sedimentasyon sağlanmaktadır.

Çalışma alanındaki 1/100.000 ölçekli Rejyonel Gravite Bouguer Anomali haritalarına göre Merzifon çek-ayır havzasının kenar sınırları ve çökel kalınlığı hakkında bilgi vermektedir. AMO-2015/8 sondajı 2.200 m derinlikte Eosen birimlerine ait silttaşlarında kalmıştır. Sondajın kuzeyine doğru örtü kalınlığı artmakta ve havza derinleşmektedir (Şekil 9.1).



Şekil 9.1. 1/100.000 ölçekli G 34-G 35 Rejyonel Gravite Bouguer Anomali Haritası.

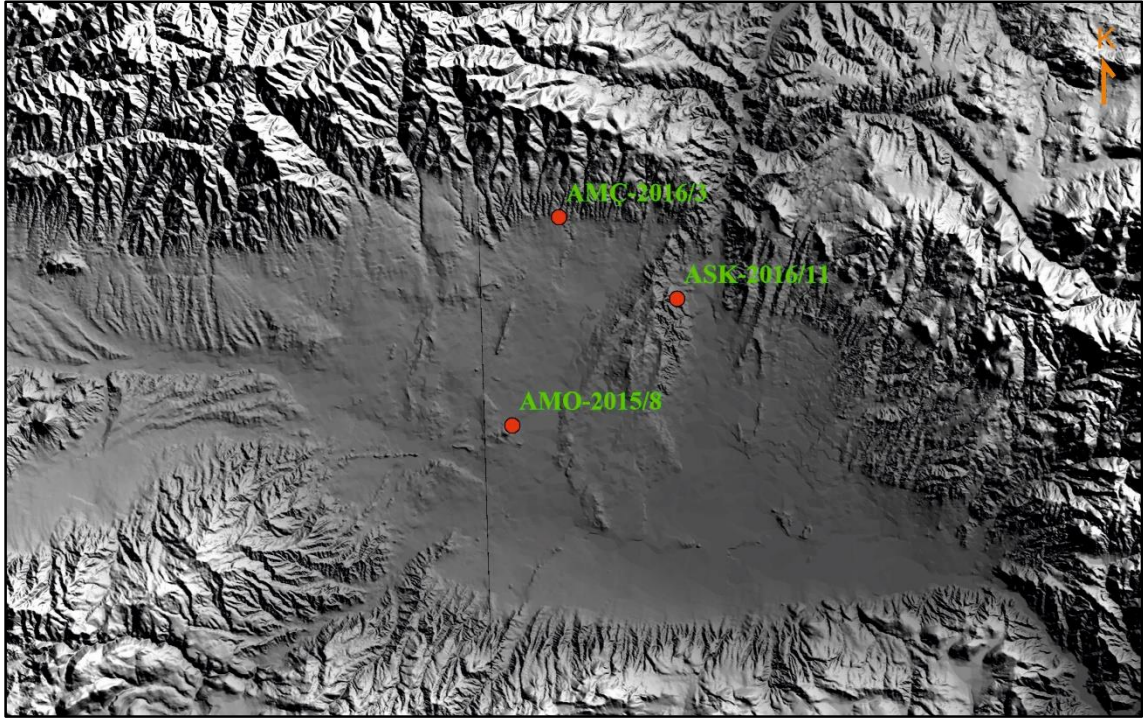
Havadan Rejyonel Manyetik (Total Alan) Anomali Haritalarına göre Merzifon çek-ayır havzasının kuzeyinde ve güneyindeki temel kayaçlar ile kuzeydoğuda bulunan Tavşandağı granodiyoritinin muhtemel sınırları hakkında bilgi vermektedir (Şekil 9.2).



Şekil 9.2. 1/100.000 ölçekli G 34-G 35 Havadan Rejyonel Manyetik (Total Alan) Anomali Haritası.

KAFZ boyunca sıralanan jeotermal sistemler, aktif tektonizmaya bağlı gelişen derin dolaşimli yeraltısuyu etkisiyle oluşmuşlardır (Karakuş 2010). Kuzey Anadolu'da kimyasal jeotermometreler ile ortalama rezervuar sıcaklıkları 110 °C olarak hesaplanmıştır (Mutlu ve Güleç, 1998). Ayrıca havzanın kuzeybatısındaki Tavşandağı granodiyoriti Üst Eosen-Oligosen yaşlı olup jeotermal ısı kaynağı olduğu düşünülmektedir. Havzada, 1951-1972 yılları arasında kapsayan 37 sondaj örneği ile 2003-2004 yıllarını kapsayan 49 sondaj suyu örneği değerlendirilerek Stuyfzand Hidrojeokimyasal Modelleme Sistemi çalışması yapılmıştır. Yapılan analizlere göre akiferin NaHCO_3^+ su tipinden MgHCO_3^+ su tipine doğru devam ettiğini; daha sonra yapılan sondajlarla da CaHCO_3 su tipinden CaHCO_3^+ su tipine gittiği gösterilmiştir. Buna göre havzada beslenme akım yönü batıdan doğuya olduğu gösterilmiştir (Ersoy ve Ersoy, 2008). Merzifon çek-ayır havzasında beslenme kuzeybatıdaki Tavşandağı ve batıdaki İnegöl Dağı'ndan yüksek kotlarından olmakta ve süzülen bu sular derin yeraltı dolaşımı sonucunda ısınarak yukarı doğru çıkmaktadırlar.

Merzifon-Suluova çek-ayır havzasında jeotermal potansiyeli ortaya çıkarabilmek için derin jeotermal sondajlar yapılmıştır. Bu sondajdan elde edilen jeolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal, izotop hidrolojisi, tektonik, jeofizik, kuyu test verileri ile kavramsal model oluşturulmuştur (Öziçli vd., 2018).



Şekil 9.3. Merzifon-Suluova çek-ayır havzasında yapılan jeotermal sondajlar.

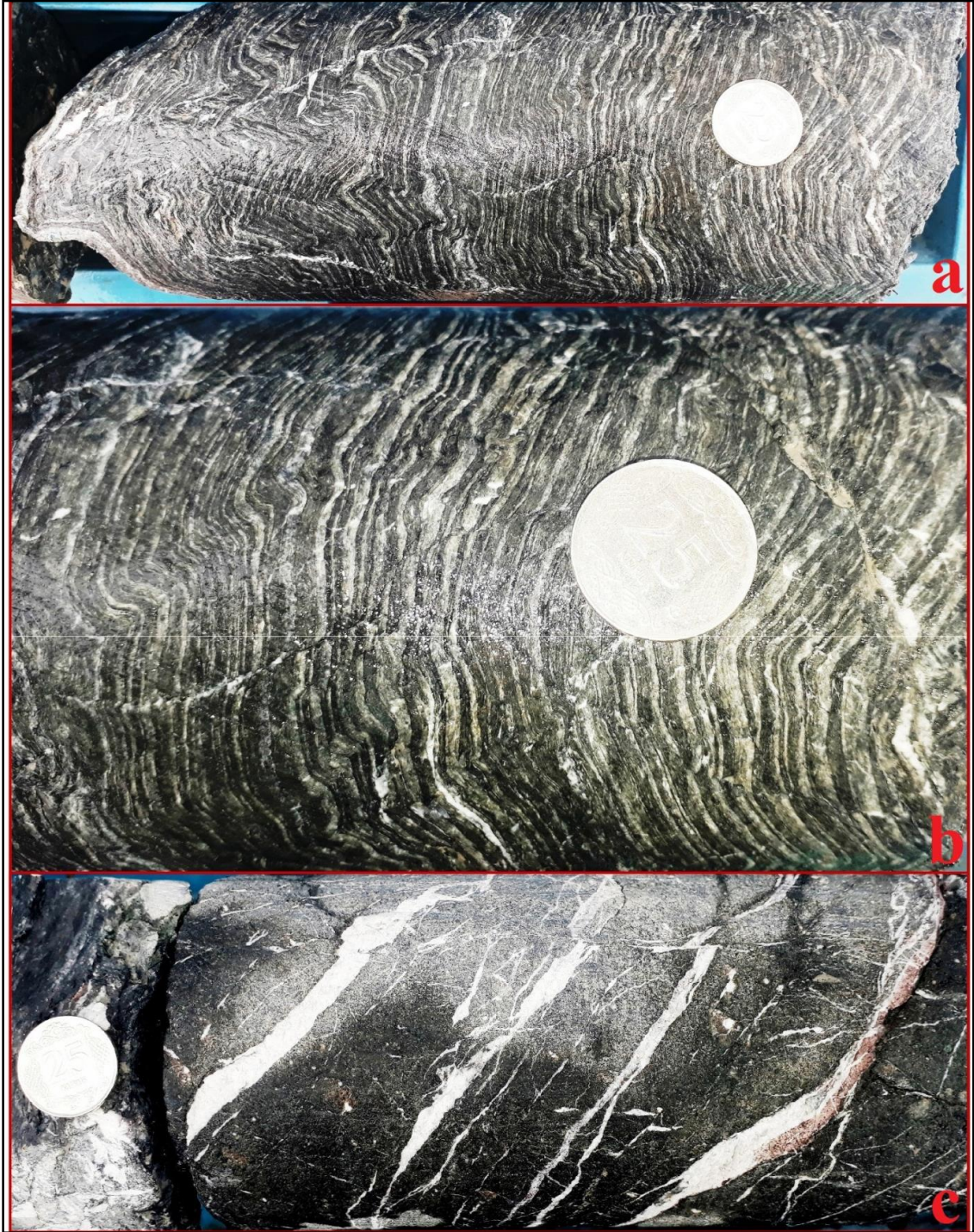
AMO-2015/8 sondajının hemen güneyinden Uzunyazı Fayı geçmekte ve havzanın ortasında çökel kalınlığının arttığı bir alanda bulunmaktadır (Şekil 9.3). Kuyuda üretim seviyeleri 1.550-1.600 m'ler arasında Eosen yaşlı volkanitlerin içerisinde granodiyorit sokulum yaptığı kenar zondaki hematitleşmiş, limonitleşmiş ve silisleşmiş zondan yapılmaktadır. Kuyu tabanından karot alınmıştır. 2.200 m'den alınan karota göre Eosen birimlerine ait silttaşlarında kalmıştır (Şekil 9.4).

AMÇ-2016/3 sondajı, Merzifon Fay zonu üzerinde çek-ayır havzanın kuzey kanadı üzerinde yer almaktadır (Şekil 9.3). Kuyu testlerine göre 1.150 m ile 1.450 m'lerde iki zonda kuyu üretim seviyeleri belirlenmiştir. Kuyu 1.150 m'deki zonda Çalarasın Formasyonu içerisindeki kireçtaşlarından, 1.450 metredeki zonda ise Çalarasın Formasyonu ile ofiyolit arasındaki tektonik dokanakta üretim sağlamıştır. Kuyu tabanından karot alınmıştır. 2.200 m'den alınan karota göre ofiyolitlere ait altere piroklastik kayalara aittir (Şekil 9.6).



Şekil 9.4. AMO-2015/8 sondajında 2.198-2.200 m'ler arasındaki karot.

ASK-2016/11 sondajı, Merzifon havzası ile Suluova arasındaki yükseltinin üzerinde, Suluova havzasına bakan kesimde yer almaktadır (Şekil 9.3). Kuyu testlerine göre 1.550-1.600 m ile 1.650-1.700 m'lerde iki zonda kuyu üretim seviyeleri belirlenmiştir. Kuyu 1.550-1.600 m olan zonda Çalarasın Formasyonu içerisindeki kumtaşı, kireçtaşı, çakıltası seviyelerinden, 1.650-1.700 m olan zonda ise Çalarasın Formasyonu ile Tokat metamorfitlelerine ait şistlerin dokanağından üretim sağlanmıştır. Havzanın bu alanında temel yükselimi bulunmaktadır. Kuyu tabanından karot alınmıştır. 2.200 m'den alınan karota göre Tokat metamorfitlelerine ait şistlerdir (Şekil 9.5).



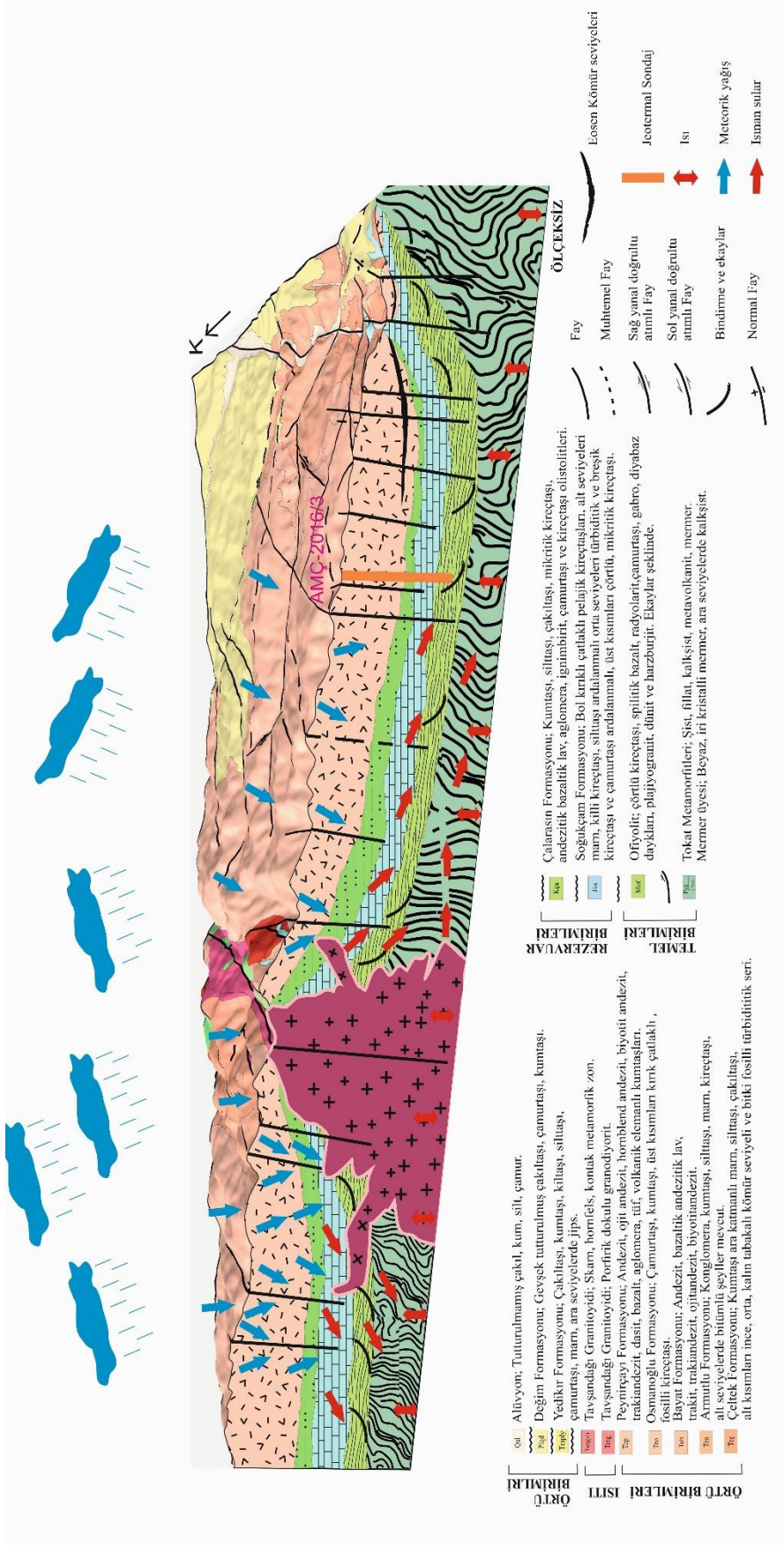
Şekil 9.5. ASK-2016/11 jeotermal sondajında 2.198-2.200 m'ler haki yeşil metakırıntılılar ile şeffaf-süt beyaz kalkşist seviyelerinin ardalanmasına karşılık gelen seviyeler, b) a'nın yakın görünümü ve c) bol kırık çatlaklı çatlakları kalsit dolgulu olan seviyeleri (Not: 25 kuruşun çapı 215 mm'dir).



Şekil 9.6. AMÇ-2016/3 sondajında 2.198-2.200 m'ler arasındaki karot.

AMO-2015/8, AMÇ-2016/3 ve ASK-2016/11 jeotermal sondajlarının kuyu tabanları 2.200 m'de sırasıyla 94,05 °C, 87,65 °C, 95,5 °C olarak ölçülmüştür. Bu sondajlara göre yapılan ortalama gradyan 0,033 °C/m olarak hesaplanmıştır. Bu gradyana göre, Merzifon-Suluova çek-ayır havzasında 4.000 m derinlikte kuyu taban sıcaklığı 150 °C olacağı düşünülmektedir. Kuyu başı üretiminin 100 °C ve üzeri olmasıyla elektrik enerjisi üretebilecektir. Bu kuyular için kapasite Satman (2007) tarafından önerilen denklem [$Kapasite = W_{max} \times \Delta T \times 0.004184$] ile hesaplanabilmektedir. Burada kapasite (MW_t) termal gücü, W_{max} maksimum akış debisini, ΔT giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkı ve 0.004184 Joule kat sayısını temsil etmektedir. Yapılan jeotermal kuyuların toplam kapasitesi 3.37 MWt olarak hesaplanmıştır.

Merzifon-Suluova çek-ayır havzasında yapılan jeotermal sondajlar ve jeoloji, jeofizik, su kimyası, izotop verileri değerlendirilerek sahanın jeotermal kavramsal modeli oluşturulmuştur (Şekil 9.7).



Şekil 9.7.. Merzifon Suluova çök-ayır havzasının 3 Boyutlu Kavramsal Modeli.

Havzanın kuzey kenarındaki Merzifon Fay zonu üzerinde AMÇ-2016/3 sondajı ısıtıcı ve örtü birimleri açısından hedefine ulaşmış fakat rezervuar niteliğindeki birimlere ve beslenme açısından verimli olabilecek seviyeler elde edilememiştir. Sondajın kuyu logu sahanın istifini belirleme açısından önemli sonuçlar vermiştir. Sahada mostrada görülemeyen birimlerin stratigrafik konumlarını yaklaşık derinliklerini ve kalınlıkları hakkında bilgi vermektedir. Sahada yapılan ASK-2016/11 sondajında, Merzifon-Suluova havzaları arasındaki Tokat metamorfiklerinin yükselimi ortaya çıkarılmıştır. Jeotermal sondaja ait diğer parametrelerde model oluşturmaya ve havzanın gelişimi hakkında bilgi vermiştir. Merzifon-Suluova çek-ayır havzasının nistepen derin kısmında, havzanın ortasından geçen aktif Uzunyazı Fayının hemen kuzeyinde bulunan AMO-2015/8 sondajında, kuyu tabanı Eosen birimlerinde kalmıştır. Kuyu, kuzeyde bulunan Tavşandağı granodiyoritinin sokulum yaptığı kontak zonundan üretim sağlanmıştır. Kuyuda taban sıcaklığının 100 °C'ye yaklaşması derin planlanacak sondajlardan üretim sağlanması halinde elektrik üretimi amaçlı kullanılabileceğini düşündürmüştür.

Ülkemizin kuzeyini boylu boyunca kateden KAFZ tarih boyunca yıkıcı depremler üretmiş, insan kaybı ve maddi zararlar açmıştır. Halen KAFZ'nu üzerinde olması beklenen olası depremlerden bashedilmektedir. KAFZ' nu sadece deprem üreten bir fay değil, jeotermal açıdanda değerlendirilerek jeotermal potansiyeli, derin sondajlarla karada yaklaşık 1.100 km uzunlukta olan ve üzerinde gelişen çek-ayır havzalarda, geleneksel jeotermal yöntemlerle veya geliştirilmiş jeotermal sistem çalışmalarıyla (EGS) gün yüzüne çıkarılmalıdır. Bu sayede ülkemizin enerji ihtiyacına katkıda sağlanabilecektir.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tez çalışmasıyla Merzifon Suluova çek-ayır havzasının jeotermal olanaklarının araştırılması için yapılan jeoloji, tektonik, hidrojeokimya, izotop kimyası ve sondaj verilerinin incelenip değerlendirilmesinin sonuçları özetlenmiştir.

Havzada, yapılan sondajlardan elde edilen stratigrafik birimler yüzeyden itibaren Kuvaterner, Pliyosen, Üst Miyosen-Pliyosen, Eosen, Kretase flişi, ofiyolit ve Paleozoyik yaşlı Tokat metamorfitleleridir.

Çalışma sahasında elde edilen jeofizik (DES, SP) veriler kullanılarak, bir boyutlu görünür eş özdirenç kesitleri, jeoelektrik yapı kesitleri, görünür eş özdirenç seviye haritaları, taban topografya haritaları ve SP grafikleri elde edilmiştir. 1/100.000 ölçekli Rejyonel Gravite Bouguer Anomali haritaları ile Havadan Rejyonel Manyetik (Total Alan) Anomali Haritaları çek-ayır havzanın orta kesimlerinin çökel kalınlığı yüksektir. Havzanın kuzeyinde ve güneyinde manyetik olarak yüksek alanlar tespit edilmiş ve kuzeybatıdaki alanda Tavşandağı granodiyorit sokulumunun sınırları tespit edilmiştir. AMO-2015/8 no.lu jeotermal sondajının bulunduğu noktada yaklaşık jeoelektrik temel giriş derinliği 1.000 ile 1.250 civarında tespit edilmiştir. SP ölçüsü maksimum gerilim bu noktada +16, -27 milivolt arasında ölçülmüştür. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ait jeoelektrik yapı kesitine göre fayın temel birimleri düşürerek derinleştirdiği görülmüştür. Fay boyunca görünür eşözdirenç değerleri 5 ohm. m'ye kadar düşmüştür. Yaklaşık 1.250 m civarında jeoelektrik temele giriş derinliği ölçülmüştür. ASK-2016/11 jeotermal sondajında 1.000 mli seviyelerde rezistivite en düşük seviyeden sonra yükselme eğilimindedir.

Sondajların jeoloji logları, kuyulara ait çamur giriş çıkış sıcaklıkları, çamur kaçakları, kuyu içi jeofizik logları, kuyu teçhizleri, kuyu testleri, kuyu üretim çalışmaları verilmektedir. AMO-2015/8 sondajı artezyen olarak 8 l/s ile 220 m'den yapılan kompresörle 14 l/s akışkan elde edilmiştir. Kuyubaşı üretim sıcaklığı 69 °C ölçülmüştür. Kuyuda ölçülen en yüksek sıcaklık 94,26 °C (2.170 m'deki dinamik sıcaklık), maksimum statik sıcaklık 94,05 °C (2.175 m'de), kuyunun enjeksiyon endeksi 1,38 t/sa/bar üretim endeksi ise 3,12 t/sa/bar olarak hesaplanmıştır. Kuyunun üretim zonları 1.550-1.600 m'ler arasındadır. AMÇ-2016/3 sondajında asitleme, kompresörlü üretim, artezyenik üretim ve kuyu testleri sonucunda akışkanın kompresörlü üretim debisi 5,3 l/s ve sıcaklığı 56 °C elde edilmiştir. Kuyuda akışkanın artezyenik üretim debisi 2 l/s ve sıcaklığı 53 °C ölçülmüştür. Kuyu tabanında amerada ile ölçülen en yüksek statik sıcaklık 87,65 °C'dir. Kuyunun enjeksiyon endeksi 1,4 t/sa/bar ve üretim endeksi ise 4,16 t/sa/bar olarak ölçülmüştür. Akışkanın asitleme öncesi elektriksel iletkenliği 5.109 µS/cm,

tuzluluğu 1,79 ppt, TDS değeri 2.374 mg/l ve pH değeri ise 7,13 olarak ölçülmüştür. Kuyuda statik sıcaklık 2.175,00 m’de en yüksek 94,05 °C olarak ölçülmüştür. Kuyu 1.150 ve 1.450 m’den üretim sağlamaktadır. ASK-2016/11 jeotermal kuyuda asitlemelerden sonra kompresörlü üretim çalışmalarına göre akışkan üretim sıcaklığı 43,8 °C ve debisi 1,32 l/s olarak hesaplanmıştır. Water-loss’a göre rezervuar olabilecek bölgeler 1.550-1.600 ile 1.650-1.700 m’ler arasındaki alanlardır.

Sahada örnekleme yapılan numunelerin sıcaklıkları 11,1 °C - 29,4 °C arasında, Elektriksel iltkenlikleri (EC 25 °C) ise 54-2970 µS/cm. arasında değişmektedir.

Çalışma alanında örneklenen numunelerden 16 tanesi CaHCO₃, 4 tanesi Na+K HCO₃, 3 tanesi Mg HCO₃, 1 tanesi Mg SO₄, 2 tanesinde Na+K SO₄ lı sulardır. Jeotermal sondajlara ait akışkanlardan alınan AMO-2015/8 numunesi Na+K Cl SO₄ ‘lı mineralli sıcak sular, ASK-2016/11 ile AMÇ-2016/3 numuneleri ise Na+K SO₄ Cl’lu mineralli sulardır. Piper diyagramında soğuk sular eşkenar dörtgenin sol tarafında, jeotermal sular ve tuzlu ve acı sular eşkenar dörtgenin sağ tarafında yer almaktadır. İki su grubunu nun arasında termal, tuzlu ve soğuk suların karışımlarına ait sular bulunmaktadır. Yarı logaritmik Schoeller diyagramında derin jeotermal sondajların akım yolu paralellik göstermektedir. Bu durum sondajlardan elde edilen akışkanların kökenlerinin benzer olduğu, aynı litolojik birimlerle temasta olduğu, yeraltında izledikleri yolların aynı olduğu ve beslenme alanlarının benzer olduğunu göstermektedir. Mineral doygunluğuna göre AMÇ-2016/3 ile ASK-2016/11 jeotermal sondajlarına ait sular jips ve anhidrite doygun değildir (çözündürücü), aragonit, kalsit, dolomit dengededir. AMO-2015/8 ait jeotermal sondajına ait su aragonit ve kalsite doygun (çökeltici), dolomit ve jipsle dengededir, anhidrite ise doygun değildir (çözündürücü). AMO-2015/8 sondajına ait suda silisli ve karbonatlı kabuklaşma beklenebilir. Jeotermal kuyulara ait sular da kabuklaşma ve korozyon problemini değerlendirebilmek için Langelier-Ludwing kalsiyum denge diyagramı göre jeotermal kuyulara ait sular kireçlendiricidir. Çalışma sahasından alınan suların kimyasal jeotermometre kullanımına uygunlukları Giggenbach (1988) tarafından Na-K-Mg üçlü-denge yöntemi ile değerlendirilmiştir. Buna göre sahadan alınan M05-5, M05-23 ve jeotermal sondajlara ait örnekler kısmen denge durumunda olan sular tarafında yer alırken, diğer örneklerin olgunlaşmamış sular bölgesinde yer almaktadır. Muhtemel rezervuar sıcaklığı tahmini için Na/K jeotermometreleri AMO-2015/8 sondajı 98-218 °C aralığında değerler üretmiştir. K-Mg jeotermometresine göre 134 °C türetmiştir. Na-K-Ca jeotermometresine göre ise 171 °C türetmiştir. Na-K-Ca jeotermometresinin Mg düzeltmeli hesabına göre 124 °C türetmiş ve kuyu taban sıcaklığı olan 94,05 °C’ nin üzerinde ve makul bir sıcaklık değeri elde edilmiştir. Silis jeotermometreleri uygulanmış olsada örnekleme sırasında yapılan hatalardan dolayı silis değerleri düşük çıkmıştır. Rezervuar sıcaklığı 120-

180°C'den daha düşük koşullarda silis çözünürlüğünün kuvars yerine kalsedon denetlendiği için kalsedon jeotermometreleri kuyu taban sıcaklığından daha düşük değerler türetmiş ve güvenilir değildir.

Sahadaki suların ve jeotermal sondajların $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiği incelendiğinde jeotermal sondajlara ait suların su-kayaç etkileşim süreçleri oldukça belirgindir. Özellikle AMO-2015/8 noktasının ^{18}O içeriğinin yaklaşık % 7'lik bir zenginleşme ile meteorik su doğrusundan sapsmış durumdadır. Diğer iki sondajların sularıda dünya meteorik su doğrusundan sapsmış ve aynı doğru üzerinde belirgin bir dizilim sunmuştur. AMÇ-2016/3 ile ASK-2016/11 kuyu suları en yüksek jeotermal sapmanın gözlemlendiği AMO-2015/8 kuyusu ile bölgedeki meteorik sular arasında bir karışım doğru üzerinde yer almaktadır. Bu dizilime termal sulara farklı oranlardaki meteorik su karışımının etkisindedir. Bölgedeki derin kuyuların rezervuarların karbonatlara göre çözünürlükleri düşük ve ^{18}O bakımından görece daha fakir olması, magmatik-vulkanik kayalar içinde gelişmiş olmasından dolayı yüksek sıcaklık koşullarını yansıtmaktadır. Bölgede açılmış kuyu tabanlarında ölçülmüş 87.2-95.5 °C arasındaki sıcaklıklar silikatlı kayalarda ^{18}O zenginleşmesi için gerekli koşullardan oldukça uzak olması rezervuarın zamanla soğuduğunu göstermektedir. Bu varsayım ve gözlemlere göre bölgedeki jeotermal sondajlara ait sular, meteorik kökenli olan suların yüzeydeki evaporitli seviyelerden süzülen derin dolaşım sularıdır. Çalışma sahasındaki örneklerin trityum içerikleri 0 TU ile 6.11 TU arasındadır. Sondajlara ait suların TU <0,8 olup 1952 öncesi beslenme (submodern), güncel yağışlardan uzak, uzun akifer geçiş süreli sular sınıfındadır. Örneklerin çoğu submodern-geç ve modern sular arasında yer almaktadır. Çalışma alanında M2 no.lu numune diğer örneklerle göre derin dolaşımda ve yüksek kotlardan beslenmektedir. Çalışma alanındaki suların akiferle temas süreleri için $\text{EC-}^3\text{H}$ ve $\text{Cl-}^3\text{H}$ grafikleri yorumlanmış M1 ve M3 no.lu örnekler diğer örneklerle göre daha fazla yeraltı geçiş süresine sahip derin dolaşım sular olduğu görülür. Sondajlara göre daha sık dolaşımı temsil etmektedirler.

Çalışma alanında, neotektonik dönem öncesinde Karakaya Okyanusu, Tetis Okyanusunun kapanmaları ile birlikte Sakarya Kıtası'nın altına dalıp tüketildikten sonra güneyde yığışım prizması gelişmiştir. Lütesiyen başlarında okyanusal dilimin kopmasıyla çarpışma kuşağı boyunca karasal volkanik aktivite ile birlikte sık denizel birimlerden sonra Üst Eosen-Oligosen'de sıkışmanın iyice artmasıyla asidik magma sokulumuyla jeotermal ısıtıcı olduğu düşünülen Tavşandağı granodiyoriti sokulumuyla havza yükselmiştir. Bölgede Geç İpresiyen'de gelişimine başlayan yeni bir havzada karasal kömürlü Çeltekk formasyonu çökelmiştir. Eosen, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner dönemlerinde volkanik ve sedimanter çökellerin getirimiyle havza dolmuş ve jeotermal örtü oluşmuştur. Erken Pliyosen'den itibaren KAFZ etkisinde neotektonik

Merzifon-Suluova çek-ayır havzası oluşmuştur. Bu havza dike yakın kenar faylarıyla ani derinleşmiş ve havzanın içerisi güncel malzeme ile dolmuştur. Merzifon-Suluova havzası, birbirinden açılı uyumsuzluk ile ayrılan iki havza dolgusu içerir. Merzifon-Suluova üzerlemiş birleşik çek-ayır havzasıdır. Bu havzanın çevresinde jeotermal havzalar bulunmaktadır. Merzifon havzasında potansiyel bir jeotermal bir alandır. Merzifon çek-ayır havzasında beslenme kuzeybatıdaki Tavşandağı ve batıdaki İnegöl Dağı'ndan yüksek kotlarından olmakta ve süzülen sular derin yeraltı dolaşımı sonucunda ısınarak yukarı doğru çıkmaktadırlar.

Merzifon Suluova çek-ayır havzasında yapılan jeotermal sondajlar ve jeoloji, jeofizik, su kimyası, izotop verileri değerlendirilerek sahanın jeotermal kavramsal modeli oluşturulmuştur. Bu modele göre havzanın kuzeybatısında ısıtıcı Tavşandağı granodiyoriti bulunmaktadır. AMÇ-2016/3 sondajı ofiyolitlere inmiş bir sondajdır. ASK-2016/11 sondajı, Merzifon havzası ile Suluova arasındaki yükseltinin üzerinde, Suluova havzasına bakan kesimde yer almaktadır. Bu sondajda 1700 m'de Tokat Metamorfitlelerine girmiştir. Havzanın bu alanında temel yükselimi bulunmaktadır. AMO-2015/8 sondajı ise Merzifon çek-ayır havzasının orta kısmında Uzunyazı Fayının hemen kuzey kısmında yer almaktadır. Bu sondaj Eosen kırıntılarında kalmıştır. Havzanın orta kesimlerinde yaklaşık 4.000 m çökel kalınlığı düşünülmektedir. Bu sondajların, 2.200 m'ye göre yapılan ortalama gradyanı 0,033 °C/m. ve jeotermal kuyuların toplam kapasitesi 3,37 MWt'dir.

KAFZ' nu sadece deprem üreten bir fay değil, jeotermal açıdanda değerlendirilerek jeotermal potansiyeli, derin sondajlarla geleneksel jeotermal yöntemlerle veya geliştirilmiş jeotermal sistem çalışmalarıyla (EGS) gün yüzüne çıkarılmalıdır. Bu sayede ülkemizin enerji ihtiyacına katkıda sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akkuş, İ., Akıllı H., Ceyhan S., Dilemre A., Tekin Z. (2005). Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü, Envanter serisi No: 201, Ankara, 849s.
- Altınler, D., Koçyiğit A., Farinacci A., Nicosia U., Conti M.A. (1991). Jurassic-Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of southern part of north-western Anatolia. *Geologica Romana*, 27, 13-80.
- Altınlı, İ.E. (1973). Bilecik Jurasığı. Cumhuriyetin 50 nci Yılı Yerbilimleri Kongresi, 1973, Ankara, 103s.
- Arıgün, Z. (2002). Çorum-Mecitözü Doğusu ile Amasya-Doğantepe arasındaki karstik kaynakların ve Beke Kaplıcası'nın hidrojeoloji incelemesi, Yayınlanmamış Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E., Svavarsson, H. (1983). The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47, 567-577.
- Ateş, Ş., Üstün A. B., Özerk, O. C., Çiçek, İ., Osmañcelebioğlu R., Erkal, T. ve Gülmez, K. (2006). Amasya İli ve (İl-İlçe Merkezleri) Kentsel Gelişme Alanlarının Yerbilim Verileri. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 10893, Ankara, 190s.
- Azıtepe, M.A., Purtul, E. (2008). Amasya-Hamamözü H-2 Sıcak Su Sondajı Kuyu Bitirme Raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11062, Ankara, 36s.
- Back, W. (1966). Hydrochemical facies and ground-water flow patterns in northern part of Atlantic Coastal Plain. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 498-A, 42s.
- Blumenthal, M.M. (1937). Amasya Vilayetine Tabi Çeltik'teki Linyitli Arazinin Jeolojik Teşekkülü Hakkında Rapor. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No: 157, Ankara, 7s.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. (1973). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonu'nun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, 17-19 Aralık 1973, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 70-76.
- Birgili, Ş., Yoldaş, R. ve Ünal, G. (1975). Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 5621, Ankara, 138s.
- Clark, I., Fritz, P. (1997). *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Boca Raton: Lewis Publication, 328s.
- Craig, H. (1961). Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133, 1702-1703.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çapan, U.Z., Floyd, P.A. (1985). Geochemical and petrographic features of metabasalts within units of Ankara melange, Turkey. *Ofioliti*, 10, 3-18.
- D'Amore, F., Panichi, C. (1987). Geochemistry in geothermal exploration. In M. Economides and P. Ungemach (Eds.), *Applied Geothermics*. New York, Wiley&Sons, s. 69-89.
- D'Amore, F., Arnórsson, S. (2000). Geothermometry. In S. Arnórsson (Ed.), *Isotopic and Chemical Techniques in Geothermal Exploration, Development and Use*. Vienna, IAEA, s.152-199.
- Dirik, K. (1994). Kuzey Anadolu Transform Fay Zonunun Beşpınar-Havza kesimindeki neotektonik özellikleri. *MTA Dergisi*, 116, 37-50.
- Eisenlohr, T. (1997). The thermal springs of the Armutlu Peninsula (NW Turkey) and their relationship to geology and tectonic. In C. Schindler and M. Pfister (Eds.), *Active Tectonics of Northwestern Anatolia-The Marmara Poly-project*. ETH-Zürich, s.197-228.
- Ersoy, A.F., Ersoy, H. (2008). Stuyfzand Hidrojeokimyasal Modelleme Sistemi: Gümüşhacıköy (Amasya) Akiferi Örneği. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 32(1), 37-51.
- Erturaç, M. K. (2009). Amasya ve çevresinin morfolotektonik evrimi, Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erturaç, M. K., Tüysüz O. (2010). Amasya ve çevresinin depremselliği ve deterministik deprem tehlike analizi. İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 12s.
- Fournier, R.O., Truesdell, A.H. (1973). An empirical Na-KCa geothermometer for natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37(5), 1255-1275.
- Fournier, R.O. (1977). Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics*, 5, 41-50.
- Fournier, R.O. (1979). A revised equation for the Na-K geothermometer. *Geothermal Resources Council Transactions*, 3, 221-224.
- Fournier, R.O., Potter R. W.II. (1979). Magnesium correction to Na-K-Ca geothermometer. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43, 1543-1550.
- Fournier, R.O., Potter, R.W. (1982). A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. *Geothermal Resources Council Bulletin*, 11-10, 3-12.
- Fournier, R.O. (1991). Water geothermometers applied to geothermal energy. In F. D'Amore (Ed.), *Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development*, Rome, UNITAR/UNDP, s. 37-69.
- Gat, J.R., Carmi, I. (1970). Evolution of the isotopic composition of atmospheric waters in the Mediterranean Sea area. *Journal of Geophysical Research*, 75, 3039-3048.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Genç, Ş., Kurt, Z., Küçümen, Ö., Cevher, F., Saraç, G., Acar, Ş., Bilgi, C., Şenay, M., Poyraz, N. (1991). Merzifon (Amasya) dolayının jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 9529, Ankara, 47s.

Giggenbach, W. F. (1988). Geothermal solute equilibria, derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 2749-2765.

Gümüşsu, M. (1980). Amasya ili Merzifon-Suluova ilçeleri kömür jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 7063, Ankara, 51s.

Hakyemez, Y., Barkut, M.Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağer, Z., Sözeri, B. (1986). Yapraklı-Ilgaz-Çandır dolayının jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No:7966, Ankara, 281s.

Herece, E., Akay E. (2003). Kuzey Anadolu Fayı (KAF) Atlası. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara, 61s.

IAH (1979), Map of Mineral and Thermal Water of Europe Scale: 1:500000, International Association of Hydrogeologists (IAH), United Kingdom.

Karadenizli, L., Saraç, G., Şen, Ş., Seyitoğlu, G., Antonie, O., Kazancı, N., Varol, B., Alççek, C., Gül, A., Ertan, H., Esat, K., Özcan, F., Savaşçı, D., Antonie, A., Filoreau, X., Hervet, S., Bouvrain, G., De Bonis, L., Hakyemez, Y. (2004). Oligo-Miocene Mammalian biostratigraphy and depositional evolution of the western and southern parts of Çankırı-Çorum basin, Central Anatolia. Tübitak Project No: 101Y108, Ankara.

Karakuş, H. (2010). Büyük Menderes Grabenindeki Jeotermal Sistemlerin Jeokimyasal ve İzotop Teknikleri ile İncelenmesi, Yayınlanmamış Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ketin, İ. (1976). San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 149-154.

Langelier, W., Ludwing, H.M. (1942). Graphical methods for indicating the mineral character of natural waters. *Journal of the American Water Works Association*, 34(3), 335-352.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (2018). (<http://www.mta.gov.tr>).

MTA (2002). 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Bolu H29 paftası No: 42. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

MTA (2013a). Türkiye jeoloji haritaları 1/100.000 ölçekli Çorum G-34 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

MTA (2013b). Türkiye jeoloji haritaları 1/100.000 ölçekli Çorum G-35 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Nicholson, K. (1993). *Geothermal Fluids: Chemistry and Exploration Techniques*. Germany: Springer-Verlag, 253s.

Nieva, D., Nieva, R. (1987). Development in geothermal energy in Mexico, twelve. A cationic composition geothermometer for prospecting of geothermal resources. *Heat Recovery Systems and CHP*, 7(3), 243-258.

Öktü, G., Dilemre A., Olgun Ş. (1993). Türkiye Termal ve Mineralli Sular Envanteri Amasya (05). MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 9589, Ankara, 10s.

Ölmez, E., Sarp, S. (1999). Amasya-Terziköy Kaplıcası hidrojeoloji etüdü. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 10251, Ankara, 11s.

Özcan, A., Aksay, A. (1996). Tokat-Turhal-Almus-Çamlıbel dolayının jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 9972, Ankara, 56s.

Özgür, R., Özkan H. (2001). Amasya-Terziköy T-2 jeotermal sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 10448, Ankara, 26s.

Öziçli, F.M., Karzaoğlu, H., Çiçek, A., Güven, A. (2018). Amasya-Merzifon-Osmanoğlu ARA.05.00.2014.JEO.3, Amasya-Merzifon-Aksungur ARA.05.00.2014.JEO.4, Amasya-Merzifon-Uzunyazı ARA.05.00.2015.JEO.2, Amasya-Suluova-Kerimoğlu ARA.05.00.2015.JEO.3, Amasya-Suluova-Kurnaz ARA.05.00.2015.JEO.4, Amasya-Gümüşhacıköy-Güblüce ARA.05.00.2015.JEO.5, Amasya-Merzifon-Karatepe ARA.05.00.2015.JEO.6 ve Amasya-Merzifon-Sarıköy ARA.05.00.2015.JEO.7 jeotermal kaynak arama ruhsat sahalarına ait jeotermal etüt (jeoloji-jeofizik) raporu. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 13766, Ankara, 378s.

Öziçli, F.M., Güven, A., Öztel, İ., Bakraç, S. (2019a). Amasya-Merzifon-Uzunyazı AMO-2015/8 jeotermal sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No:13805, Ankara, 95s.

Öziçli, F.M., Güven, A., Çiçek, A., Bakraç, S. (2019b). Amasya-Merzifon-Osmanoğlu AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara 107s.

Özkan, H., Kahraman S. (2006). Amasya ili jeotermal kaynakları değerlendirme raporu. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 10893, Ankara, 26s.

Piper, A.M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Transactions American Geophysical Union*, 25(6), 914-928.

Rojay, B. (1993). Tectonostratigraphy and neotectonic characteristics of the southern margin of Merzifon-Suluova basin (Central Pontides, Amasya), Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Rojay, B. Koçyiğit, A. (2010). An active composite pull-apart basin within the central part of the North Anatolian Fault System: The Merzifon-Suluova Basin. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 473-496.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Satman, A. (2007). Türkiye'nin Enerji Vizyonu, Jeotermal enerjiden elektrik üretimi semineri. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 25-28 Ekim 2007 İzmir, 3-18s.

Schoeller, H. (1967). Geochemistry of groundwater. An international guide for research and practice. *UNESCO*, 15, 1-18.

Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.

Taşgın, C. K., Kaya M., Türkmen İ. (2014). Biostratigraphic aspects and depositional environments of eocene deposits of northwestern Suluova (Amasya, Northern Turkey). *International Journal of Applied Science and Technology*, 4(1), 78-94.

Tezcan, L. (1992). Karst akifer sistemlerinin trityum izotopu yardımıyla matematiksel modellenmesi, Yayınlanmamış Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Tonani, F. (1980). Some remarks on the application of geochemical techniques in geothermal exploration. In A.S. Strub and P. Ungemach (Eds.), *Advances in European Geothermal Research*. Dordrecht: Springer, s. 428-443.

Truesdell, A. H. (1976). Summary of section III. Geochemical techniques in exploration. *Proceedings of Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources*, 20-29 May 1975, San Francisco, California, s. 53-79.

Truesdell, A.H., Hulston J.R. (1980). Isotopic evidence on environments of geothermal systems. In P. Fritz and J.Ch. Fontes (Eds.), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Vol. 1, *The Terrestrial Environment*. Amsterdam: Elsevier, s. 179-226.

Yılmaz, Y., Tüysüz, O. (1984). Kastamonu-Boyabat-Vezirköprü-Tosya arasındaki bölgenin jeolojisi. *MTA Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 7838, Ankara 372s.

Yılmaz, Y. (1997). Geology of Western Anatolia, Active tectonics of Northwestern Anatolia. In C. Schindler and M. Pfister (Eds.), *Active Tectonics of Northwestern Anatolia-The Marmara Poly-project*. ETH-Zürich, s.31-53.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZİÇLİ, Fatih Mehmet
Doğum tarihi ve yeri : 1980 - Kütahya
e-mail : fmoziqli@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı	2020
Lisans	Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği	2004
Lise	Kütahya Ali Güral Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004 (Ağustos-Eylül)	Orhan Mermer Maden İnş. San.Tic. Ltd. Şti İscehisar/Afyonkarahisar	Mühendis
2004-Devam ediyor	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı. Ankara	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce