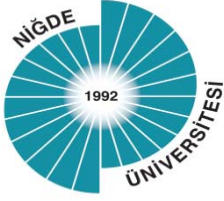


A. OĞUZ, 2011

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SANDIKLI (AFYONKARAHİSAR) JEOTERMAL ALANININ
HİDROTERMAL ALTERASYON ÖZELLİKLERİ

AHMET OĞUZ

Temmuz 2011

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SANDIKLI (AFYONKARAHİSAR) JEOTERMAL ALANININ
HİDROTERMAL ALTERASYON ÖZELLİKLERİ

AHMET OĞUZ

Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Prof. Dr. Mehmet ŞENER

Temmuz, 2011

Ahmet OĞUZ tarafından Prof. Dr. Mehmet ŞENER danışmanlığında hazırlanan “Sandıklı (Afyonkarahisar) Jeotermal Alanının Hidrotermal Alterasyon Özellikleri” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr Mehmet ŞENER/Niğde Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Taner ÜNLÜ/Ankara Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Şeref KESKİN/Niğde Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/....../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Nurettin ACIR

MÜDÜR

ÖZET

SANDIKLI (AFYONKARAHİSAR) JEOTERMAL ALANININ HİDROTERMAL ALTERASYON ÖZELLİKLERİ

OĞUZ, Ahmet

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

Prof. Dr. Mehmet ŞENER

Temmuz 2011, 72 sayfa

Çalışma alanı olan Sandıklı, Afyonkarahisar iline bağlı, Ege bölgesinin İç Batı Anadolu bölümünde, Afyonkarahisar ilinin Güneybatısında, 1/25000 ölçekli Afyon L24a1-a2 ve b1 paftaları içinde yer almakta olup, Paleozoik yaşlı şistler ile temsil edilir.

Jeotermal alanın temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı kayalar sıcak suların ana rezervuarıdır. Afyon Paleozoyik grubu olarak tanımlanan birimin metamorfize olmuş kesimi Kestel formasyonu olarak adlandırılmıştır. Paleozoyik yaşlı kayaların en üst seviyelerini Hüdai kuvarsit üyesi oluşturmaktadır.

Bölgede yapılan arama ve üretim sondajlarından AFS-14 no.lu sondaja ait kırıntı örnekleri üzerinde yapılan XRD analiz sonuçlarına göre; dolomit, kuvars, feldispat, kil mineralleri, zeolit, klorit, illit, mika birliktelikleri saptanmıştır. Bu verilerden hareketle, bölgede potasik - albitik alterasyon ve 70°C-110°C'lik bir jeotermal ve/veya hidrotermal akışkan etkilerinden söz edilebilir.

Anahtar sözcükler: jeotermal, jeotermal alan, jeotermal akışkan, metamorfize, formasyon, hidrotermal, alterasyon, hidrotermal alterasyon, şist, faz değişimi, Sandıklı

SUMMARY

HYDROTHERMAL ALTERATION FEATURES OF SANDIKLI (AFYONKARAHISAR) GEOTHERMAL FIELD

OĞUZ, Ahmet

Niğde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Professor Dr. Mehmet ŞENER

July 2011, 72 pages

Sandıklı, which is the study area of, in the province of Afyon, in the Aegean region in West Central Anatolia, Southeast of the province of Afyon, 1 / 25000 scale, Afyon L24a1-a2 and b1 in layouts is located in, is represented by schists of Paleozoic age.

Paleozoic rocks that form the basis of geothermal field, geothermal hot water main reservoir. Unit is defined as a group of metamorphosed Paleozoic section of Afyon, called Kestel formation. Paleozoic rocks in the upper levels, creates Hüdai quartzite member.

Drillings in the exploration and production drilling in the region of AFS – 14 number of XRD analysis performed on samples of crumb according to the results, dolomite, quartz, feldspar, clay minerals, zeolite, chlorite, illite, and mica were unions. Based on these results, a potassic and further zeolitic alteration has been observed in region and effects of geothermal or hydrothermal liquid at 120-150 oC may be subject matter.

Keywords: geothermal, geothermal fields, geothermal fluid, metamorphosed, formation, hydrothermal, alteration, hydrothermal alteration, schist, phase change, Sandıklı

TEŐEKKÖR

Çalışmanın baőlamasından bitimine kadar, gerek konunun seğıimi gerekse de tezin oluőturulmasında deneysel verilerin yorumlanmasında aydınlatıcı yorumları ve katkıları nedeniyle Danışman Hocam Prof. Dr. Mehmet ŞENER'e,

Numune, kaynak temini ve çeşitli bilgiler konusunda yardımcı olan Prof. Dr. İsmail Hakkı KARAMANDERESİ, Jeoloji Yüksek Mühendisi İsmail UĞURLUTİRYAKI, İbrahim UĞURLUTİRYAKI'ye,

Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Jeoloji Mühendisliğı bölümündeki tüm öğretim elemanları ve araştırma görevlilerine,

Maddi desteğinden dolayı Niğde Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimleri'ne,

Bugüne kadar bana inanan, maddi manevi yönden desteklerini eksik etmeyen, babam Aziz OĞUZ, annem Nazik OĞUZ, ablam Figen OĞUZ ve bütün aileme ve birlikte geçireceğimiz zamanlardan feragat ederek, bana destek olan arkadaşlarıma sonsuz Őükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
SUMMARY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Çalışmanın Alanının Tanıtımı	2
1.3 Ulaşım	4
1.4 Önceki Çalışmalar	4
BÖLÜM II MATERYAL VE METOD	7
2.1 Büro Çalışmaları	7
2.2 Arazi Çalışmalar.....	7
2.3 Laboratuvar Çalışmaları	7
2.3.1 XRD analizi	8
BÖLÜM III JEOLJİ	9
3.1 Stratigrafi.....	9
3.1.1 Kestel yeşil şist formasyonu	11
3.1.1.1 Kocayayla porfiroid üyesi (P)	11

BÖLÜM IV JEOTERMAL JEOLJİ	25
4.1 Jeotermal Sistem	26
4.1.1 Hazne kayaç	26
4.1.2 Isıtıcı kayaç.....	26
4.1.3 Örtü kayaç	27
4.2 Su Noktaları.....	27
4.2.1 Yüzey suyu	27
4.2.2 Sıcak su kaynakları	27
4.2.3 Sıcak su kuyuları	27
4.3 Jeokimya	31
4.3.1 Suların kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre korelasyonları	32
4.3.2 Suların ec ve sıcaklık dağılımı	34
4.3.3 Doygunluk İndisi çalışmaları	34
4.4 Çalışma Alanındaki Suların Tıbbi Jeolojik Özellikleri	36
BÖLÜM V HİDROTERMAL ALTERASYON	37
5.1 Hidrotermal Alterasyon Oluşum Mekanizması.....	38
5.2 Alterasyon Yoğunluğu (Ay).....	39
5.3 Alterasyon Derecesi (Ad)	40
5.4 Hidrotermal Alterasyon Minerallerinin Oluşum Tipleri	40
5.4.1 Doğrudan çökelim	40
5.4.2 Dönüşüm	40
5.4.3 Çözünme ve yıkanma	41
5.4.4 Fırlatma	41

5.5 Hidrotermal Alterasyon Tipleri	41
5.5.1 Propilitik alterasyon	41
5.5.2 Serisitik alterasyon	42
5.5.3 Potasik alterasyon	42
5.5.4 Albitik alterasyon	42
5.5.5 Silisifikasyon	42
5.5.6 Karbonizasyon	43
5.5.7 Alunitik alterasyon	43
5.5.8 Arjilik alterasyon	43
5.5.8.1 İleri arjilik alterasyon.....	43
5.5.8.2 Orta arjilik alterasyon	43
5.5.9 Zeolitik alterasyon	43
5.5.10 Serpantinleşme	44
5.5.11 Oksidasyon	44
5.6 Hidrotermal Alterasyon Sonucu Rezervuar Kayaçtaki Fiziksel Değişimler	44
5.6.1 Yoğunluk	44
5.6.2 Porozite ve permeabilite	44
5.6.3 Manyetik özellikler	44
5.6.4 Rezistivite	45
5.7 Hidrotermal Alterasyon Sonucu Rezervuar Kayaçtaki Kimyasal Değişimler	45
5.8 Hidrotermal Alterasyon Mineralleri ve Sıcaklık	46
5.8.1 Zeolit mineralleri	46
5.8.2 Kaolin grubu (asidik).....	46

5.8.3 Smektit-illit grubu (nötral pH)	47
5.8.4 Klorit grubu (alkali pH)	47
5.8.5 Biyotit	47
BÖLÜM VI BULGULAR VE TARTIŞMA	50
6.1 AFS – 14 no’lu Kuyuya Ait Jeotermal Sondaj Sırasındaki Bulgular.....	50
6.2 Mineralojik ve Jeokimyasal Bulgular	53
6.3 X-Ray Bulguları	56
BÖLÜM VII SONUÇ VE ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 (a) Sandıklı-Afyon ve çevresi deprem sayılarının yıllara (1900-1969) göre değişimini gösterir histogram	20
Çizelge 3.1 (b) Sandıklı-Afyon ve çevresi deprem sayılarının yıllara (1969-2002) göre değişimini gösterir histogram	20
Çizelge 3.2 Sandıklı ve çevresi (afyon) deprem sayısı – deprem büyüklüğü (m) arasındaki ilişkiyi gösterir histogram	20
Çizelge 4.1 Sıcak su kuyularının koordinatları ve kotları	28
Çizelge 4.2 Bölgede açılmış olan sıcak ve soğuk su kuyuları koordinatları ve ölçülen sıcaklıklar	28
Çizelge 4.3 Afyonkarahisar - Sandıklı jeotermal alanında yer alan örnekleme noktalarında yapılan fizikokimyasal ölçümler ve majör anyon-katyon analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.4 İnceleme alanında yer alan bazı sıcak sulara ait Schoeller diyagramı	33
Çizelge 5.1 Alterasyon derecesine örnek.....	40
Çizelge 5.2 Bir jeotermal rezervuarda hidrotermal alterasyon işlemleri sırasında ana element oksitlerin tipik davranışları.	45
Çizelge 5.3 Hidrotermal alterasyon mineralleri ve sıcaklık.	46
Çizelge 5.4 Sık rastlanan alterasyon mineralleri ve kimyasal formülleri.	47
Çizelge 6.1 AFS – 14 no.'lu kuyuya ait basınç ve sıcaklık değerleri.	52

Çizelge 6.2 AFS- 14 no.lu ve çevredeki bazı kuyulara ait jeotermal alanda yapılan fizikokimyasal ölçümler ve majör anyon-kasyon analiz sonuçları.....	53
Çizelge 6.3 Afyonkarahisar – Sandıklı jeotermal alanında yer alan bazı kuyularda 29.09.2010 tarihinde yapılan gaz ölçümlerinin sonuçları.	54
Çizelge 6.4 AFS – 14 no.’lu kuyuya ait Schoeller diyagramı	55
Çizelge 6.5 AFS–14 no.lu jeotermal kuyudan alınan örnekleri X-Ray ve makro özelliklerinin korelasyonu	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası	2
Şekil 1.2 Sandıklı çevresindeki dağları gösteren uydu görüntüsü	3
Şekil 2.1 X-Ray Difraktogrametre	8
Şekil 2.2 XRD analiz sonucundan bir örnek	8
Şekil 3.1 Sandıklı (Afyon) jeotermal alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	9
Şekil 3.2 Sandıklı ve çevresinin jeolojisi	10
Şekil 3.3 Türkiye deprem bölgeleri haritası	16
Şekil 3.4 Afyonkarahisar ili ve çevresi deprem bölgeleri haritası	17
Şekil 3.5 İnceleme alanı ve yakın civarının tektonik durumunu gösteren şekil	17
Şekil 3.6 Yayman Kükürtdağı arasının jeolojisi ve jeolojik enine kesiti.....	22
Şekil 4.1 Türkiye jeotermal kaynaklar haritası	25
Şekil 4.2 Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası	25
Şekil 4.3 Sandıklı jeotermal koruma alanı, jeolojisi ve bazı sıcak ve soğuk kuyu yerleri haritası	30
Şekil 4.4 İnceleme Alanında Yer Alan Bazı Sıcak Suların Piper Diyagramında Gösterimi	33
Şekil 4.5 Sandıklı Jeotermal Alanı Ec Dağılım Haritası	34
Şekil 4.6 Sandıklı Jeotermal Alanı Sıcaklık Dağılım Haritası	35

3.1.1.2 Koçgazi fillit üyesi (f)	11
3.1.1.3 Hüdai kuvarsit üyesi (Q)	11
3.1.2 Psidya mezozoyik grubu	12
3.1.2.1 Karatepe verrucano formasyonu (V)	12
3.1.2.2 Derealanı şist formasyonu (Ş)	12
3.1.2.3 Akdağ kireçtaşı formasyonu (Akçt)	13
3.1.3 Sandıklı neojen formasyonu	13
3.1.3.1 Soğucak tuf üyesi (tbr)	13
3.1.3.2 Kaplıca üyesi (m).....	14
3.1.3.3 Pliyosen hamamçay üyesi (Pl).....	15
3.1.4 Alüvyon zonu (al)	15
3.1.5 Holosen (H)	15
3.1.6 Traverten	15
3.2. Yapısal Jeoloji.....	16
3.2.1 Çalışma alanının sismik etkinliği ve faylar	16
3.2.1.1 Tatarlı kırığı.....	18
3.2.1.2 Kumdanlı kırığı.....	18
3.2.1.3 Sultandağı kırığı	18
3.2.2 Kıvrımlar	21
3.2.3 Bindirmeler	21
3.2.3.1 Kocakarakaya bindirmesi	21
3.2.3.2 Hüdai bindirmesi	21
3.3 Magmatik Etkinlik.....	23

Şekil 5.1 Hidrotermal alterasyon oluşum mekanizması	38
Şekil 5.2 Alterasyon şiddeti ve/veya yoğunluğu	39
Şekil 6.1 AFS – 14 no.lu kuyuya ait kuyu kütüğü	51
Şekil 6.2 AFS – 14 no.lu kuyuya ait sıcak suyun piper diyagramında gösterimi	55
Şekil 6.3 0 – 15, 15-40, 40-65 mler arasındaki numunenin X-ray Difraktogramları ...	56
Şekil 6.4 220 – 230, 230 – 235, 235 – 245 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları	57
Şekil 6.5 245–280, 280–285, 285–290 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları	58
Şekil 6.6 290–295, 295–305, 305–310 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları	59
Şekil 6.7 310–325, 325–350, 350–400 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları	60
Şekil 6.8 400–445, 445–502, 502–525 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları	61
Şekil 6.9 525–535, 535–545, 545–555 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları	62
Şekil 6.10 555–565, 565–575, 575–585 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları	63
Şekil 6.11 585-595, 595–605, 605–615 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları	64
Şekil 6.12 615-620 m’ler arasındaki numuneye ait X-Ray Difraktogramı	65

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Jeotermal akışkan aramaları, diğer jeolojik araştırmalara benzer olarak; büro çalışmaları, saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları, değerlendirme ve modelleme çalışmaları, sondaj çalışmaları, fizibilite çalışmaları ve üretim çalışmaları şeklinde gelişmektedir.

Jeotermal kaynak aramaları için yukarıda verilen çalışmalar altında birtakım özel çalışmalar da yapılmaktadır. Bu çalışmaların başında Hidrotermal Alterasyon Çalışmaları (HAS) gelmektedir. Hidrotermal alterasyon çalışmaları, yukarıda verilen çalışma aşamalarından fizibilite çalışmaları hariç, tüm aşamalarda belirleyici bir rol oynamaktadır. Buradan hareketle; Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programı kapsamında hazırlanan bu çalışmada, Sandıklı (Afyonkarahisar) jeotermal alanında gelişen hidrotermal alterasyonun dikey gelişiminin belirlenmesi ve saha hakkında yeni öngörüler getirilmesi amaçlanmıştır.

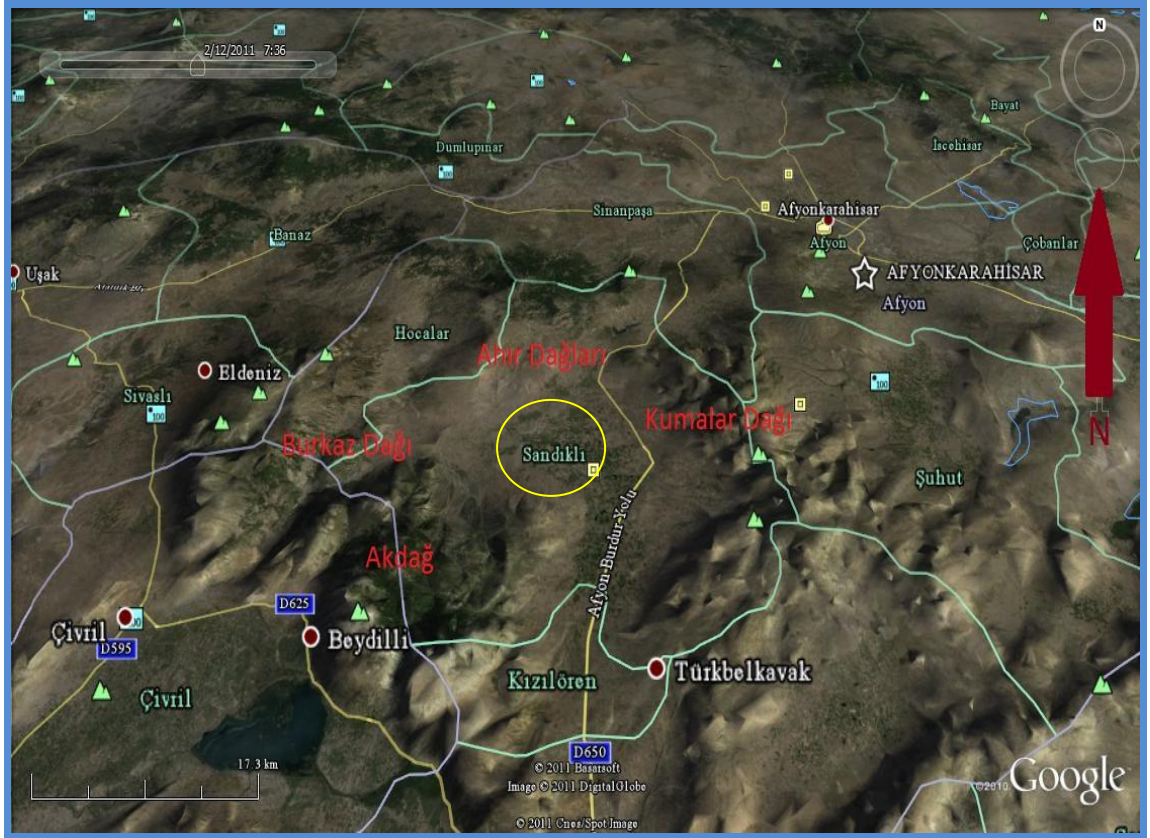
1.2 Çalışma Alanının Tanıtımı



Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası

Çalışma alanı olan Sandıklı, Afyonkarahisar iline bağlı, Ege bölgesinin İç Batı Anadolu bölümünde, Afyonkarahisar ilinin güneybatısında, Antalya-Ankara karayolu üzerinde yer alır. İlçe, doğusundaki Kumalar dağı eteğinde kurulmuştur. Sandıklı, 29° 50' - 30° 30' Doğu meridyeni ile 38° 15' - 38° 45' Kuzey paralelleri arasındaki coğrafi konumda, 1/25000 ölçekli Afyon L24a1-a2 ve b1 paftaları içinde yer alır. Yüzölçümü ise 1036 km²'dir. Topraklarını, doğuda aynı ilin Şuhut, güneyde Kızılören ve Dinar, Denizli ilinin Çivril, Uşak ilinin Sivasslı, aynı ilin Hocalar, kuzeyde ise Afyon'un Sincanlı ve merkez ilçeleri çevirir.

Sandıklı'nın dört bir yanı dağlarla çevrilidir. Kuzeyinde Ahır dağları, batısında Burkaz dağları, güneyinde Akdağ, doğusunda da Kumalar dağları bulunur (Şekil 1.2.).



Şekil 1.2 Sandıklı çevresindeki dağları gösteren uydu görüntüsü

İklim koşulları içinde doğal bitki örtüsü de yüksekliğe bağlı olarak dağılmıştır. Az bir alana yayılmış olan orman örtüsü, ilçenin sınırlarını oluşturan dağların üzerini kaplamıştır. İlçede yaklaşık olarak 23500 hektar çam, 5000 hektarda meşelik orman bulunur. İğne yapraklı ağaç türü olarak; karaçam, kızılçam, sarıçam ve akçam ile kokar

ardıç, boz ardıç, Finike ardıcı ve bodur ardıcı bulunur. Yayvan yapraklı ağaç türü olarak; palamut, meşe, kızılağaç, karaağaç, akağaç, dişbudak ve sığla ağacına rastlanmaktadır. Maki florası cinsinden kısa ağaçlara rastlanmaktadır.

Sandıklı ilçesinin sıcak ve oldukça kurak yazları, soğuk kışları ile dikkat çeken bir iklimi vardır. Bu iklimi oluşturan neden, Sandıklı'nın İç Batı Anadolu eşiğinde olmasıdır. Sandıklı, Ege ve Akdeniz'e olan uzaklığı ile karasal iklime sahiptir. Ortalama sıcaklık Ocak ayında -3, Temmuz ayında +23 derecedir.

1.3 Ulaşım

Çalışma alanında bulunan Sandıklı ilçesi, ülkemizdeki en eski yerleşim merkezlerinden birisidir. İlçe merkezinin nüfusu yaklaşık 40 bin civarlarındadır. Bölgenin çeşitli yerlerinde yapılan kazılar ve arkeolojik araştırmalar, tüfler içerisindeki mağaralar ve türbeler bölgenin tarih ve kültürel bakımından zenginliğine işaret ederler.

Sandıklı D650 no.lu ulusal, E-24 no.lu uluslararası karayolları ve ulusal demiryolu üzerinde olması nedeniyle ulaşım bakımından oldukça önemlidir. Afyonkarahisar'ı Isparta ve Antalya'ya bağlayan karayolu Sandıklı'dan geçmektedir. Bölgedeki Hüdai Kaplıcası Sandıklı'ya 9 km'lik bir asfalt yolla bağlıdır. Sandıklı ile kaplıca arasında Belediye tarafından düzenli otobüs-minibüs seferleri yapılmaktadır. Afyon-Denizli tren yolu Sandıklı'dan geçmektedir. İlçe Afyonkarahisar'a 63 km, Ankara'ya 325 km, Antalya'ya 224 km, İstanbul'a 520 km, Eskişehir'e 239 km, İzmir'e 406 km ve Konya'ya 300 km uzaklıktadır.

1.4 Önceki Çalışmalar

Çalışma alanını içine alan bölgede detaylı çalışmalar mevcuttur. Bunlarla ilgili genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

[1] Çalışma sahası civarıyla ilgili olarak yapılan çalışma ilk niteliğinde olup bazı paleontolojik bulguları sunmaktadır.

[2] Türkiye Maden Suları ve kaplıcaları adı altında yaptığı çalışmada, Hüdai Kaplıca kaynaklarının analizlerine yer vermiş ve kaplıca tesisleri ile ilgili bilgiler sunmuştur.

[3] "Afyon Vilayetindeki Termal Kaynaklar" adlı çalışmasında Hüdai Hamamı yanında Gazlıgöl, Ömer ve Gecek ile Kızıl Kilise kaynakları hakkında bilgiler vermiştir. Hüdai kaplıcasının bulunduğu alanın tektoniğinden söz etmiş ve Hamamçayı vadisi boyunca oluşmuş sıcak su kaynaklarının iyi bir kaptaja tabi tutulması gerektiğini vurgulamıştır.

[4] Hüdai Hamamı Termal Kaynaklarına ve Kaplıcalarına dair Muvakkat rapor adı altında, bölgenin jeolojisi ve tektoniğini, sıcak suların radyoaktivite özelliklerini çalışmıştır.

[5] "Hüdai Hamamı (Sandıklı) Hakkında Jeolojik ve Hidrojeolojik Rapor" isimli çalışmasında bölgenin jeolojisi ve tektoniğini incelemiş, sıcak suların kökenine ilişkin değerlendirmeler yapmıştır. Yüksek debide su temini için derin sondajların yapılması gerektiğini vurgulayan araştırmacı, kaynak civarındaki fayların düşeye yakın bir konuma sahip oldukları ve sondaj lokasyonlarının kaynaklardan çok uzakta olması gerektiğini belirtmiştir.

[6] Afyon ili Sandıklı İlçesi güney ve güneybatısında yaklaşık 900 km²'lik bir alanda jeolojik harita alımı yapmıştır. Çalışmada; sahanın jeolojisi, tektoniği ve volkanizması ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu veriler ışığında hidrotermal sistem ve jeotermal olanaklar irdelenmiştir. Araştırmacı, yöredeki metamorfikleri "Afyon Paleozoyik Grubu Kayaçlar" olarak ayırtlamıştır. Bu grup içerisinde Permiyen öncesi yaşlı "Kestel yeşilist formasyonu" nu tanımlayan araştırmacı formasyon içerisinde ise "Kocayayla porfiroid üyesi, Koçgazi fillit üyesi ve Hüdai kuvarsit üyelerini ayırtlayarak tanımlamıştır.

[7] Sandıklı kaplıcası ile ilgili çalışmasında, yörede bulunan sıcak su kaynaklarını, kimyasal tahlil sonuçlarına göre alkali, toprak alkali-acı ve bikarbonatlı sular olarak üç gruba ayırmıştır. Tıbbi açıdan değerlendirmelerin de yapıldığı çalışmada, ileri aşamaya ulaşmayan romatizma vb. hastalıkların terapötik tedavilerinde sıcak suların çok yararlı olduğu belirtilmiştir.

[8] Afyon-Sandıklı (Hü dai) kaplıcası AFS-1 ve AFS-2 jeotermal sondajlarına ait kuyu bitirme raporunda kuyuların, teçhiz planları, litolojik tanımlamalar ve debi hakkında bilgiler sunmuşlardır.

[9] Afyon- Sandıklı Hü dai kaplıcası çevresinde yapılan jeofizik çalışmaları sonucu AFS-3 no.lu sondaj lokasyonunu önermişlerdir.

[10] Hamut ve Şengüler (2001), Afyon-Sandıklı (Hü dai) jeotermal sahası koruma alanları raporunda 1994 yılında yapılan AFS-1 ve AFS-2 sondaj verileri ile 2000 yılında yapılan AFS-3, AFS-4, AFS-5 ve AFS-6 sondaj verilerini baz alarak koruma alanlarını belirlemişlerdir.

[11] Bölgedeki temel birimler ayrıntılı olarak incelemiş ve metamorfik temelde mikaşist, kuvarsit, fillit ve mermerlerin egemen oldukları belirlenmiştir.

[12] Afyon- Sandıklı Hü dai Kaplıcası sıcak su sondajlarının (AFS-11, AFS-12, AFS-13 ve AFS-14) lokasyonlarını belirleyerek gerçekleşmesini sağlamıştır.

[13] Afyon- Sandıklı hü dai kaplıcası çevresinde yapılan çalışmalar sonucu AFS-14 no'lu sondaj lokasyonunu belirleyerek sondajın takibini gerçekleştirmiştir.

BÖLÜM II

MATERYAL VE METOD

Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesi sınırları içerisinde yer alan çalışma sahasında yapılan bu çalışma, 2010–2011 yılları arasında, büro çalışmaları, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür.

XRD analizleri ile belirlenen mineral birlikteliklerinden yola çıkılarak, hidrotermal alterasyon özelliklerini belirlemeye yönelik, AFS–14 no.lu jeotermal akışkan araştırma kuyusundan alınan kırıntı ve karot örnekleri kullanılmıştır.

2.1 Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarına 2009 yılı sonu 2010 yılı başından itibaren araştırma konusu ile ilgili literatür derlemeleriyle başlanmıştır. Yapılan gözlem ve araştırmalardan elde edilen bütün veriler, bilgisayar ortamına aktarılarak, çalışmanın amacını gerçekleştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır.

2.2 Arazi Çalışmaları

Çalışma dönemleri içerisinde sürdürülen arazi çalışmaları; Sahanın temel özelliklerinin ve hidrotermal alterasyon özelliklerinin belirlenmesi şeklinde olmuştur. Çalışmada İnpınarı mevkiinde açılmış olan AFS-14 no.lu jeotermal kuyusundan temin edilen örnekler ve bu örneklerden yola çıkarak makro ölçekte örneklerin genel özellikleri, saha hakkında bilgiler ve daha sonra mikro ölçekte kimyasal analizler ve XRD analizleri yapılmıştır.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

Araziden derlenen örnekler üzerinde çalışmanın amacı doğrultusunda yapılan laboratuvar çalışmaları şu şekilde yürütülmüştür;

Farklı özellikteki örneklerin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi için XRD analizleri yapılmıştır. XRD analizleri, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında yapılmıştır.

2.3.1 XRD analizi

X-Işınları Kırınımı, X-ışınları tarafından oluşturulan kırınım deseninden atomik düzeyde bilgi edinmek için kullanılmaktadır (Şekil 2.1). X-ışınları ölçümleri kristale zarar vermeksizin yapısı hakkında bilgi veren güçlü bir yöntemdir. X-ışınları kırınımı günümüzde malzeme karakterizasyonu için endüstriyel ve bilimsel araştırmalarında; fizik, kimya, biyoloji, biyokimya, malzeme ve metalürji, jeoloji, madencilik, çimento, seramik ve teknolojik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

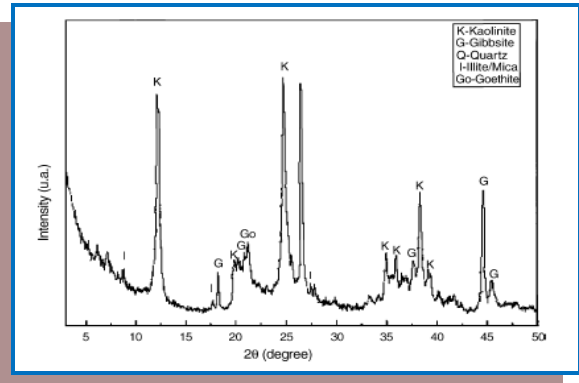
X- ışını kırınımında, farklı dalga boylarında olan x ışınları numune üzerine gönderilir, kristalin fazlardan Bragg kanununa göre kırınıma uğrayan x ışınları bir patern oluşturur. Bu difraksiyon paternleri ile kristalin malzemenin fazları, yapısal özellikleri (boyut ve oryantasyonları) ve konsantrasyon profili belirlenebilir.

Şekil 2.2’de sunulan bir X-ışınları kırınım difraktogramından;

- Bir mineralin kristal yapısındaki düzlemler arasındaki mesafe (atomların oluşturduğu sıralar),
- Tek kristalin veya taneciğin yönelimi,
- Bilinmeyen bir malzemenin kristal yapısı,
- Tanecik boyutu, stresi ve şekli hakkında bilgi elde edilebilir.



Şekil 2.1 X- Ray Difraktogrametre



Şekil 2.2 XRD Analiz sonucundan bir örnek
(K: Kuvars, G: Jips, I: İllit-Mika, Go: Götit)

BÖLÜM III

JEOLOJİ

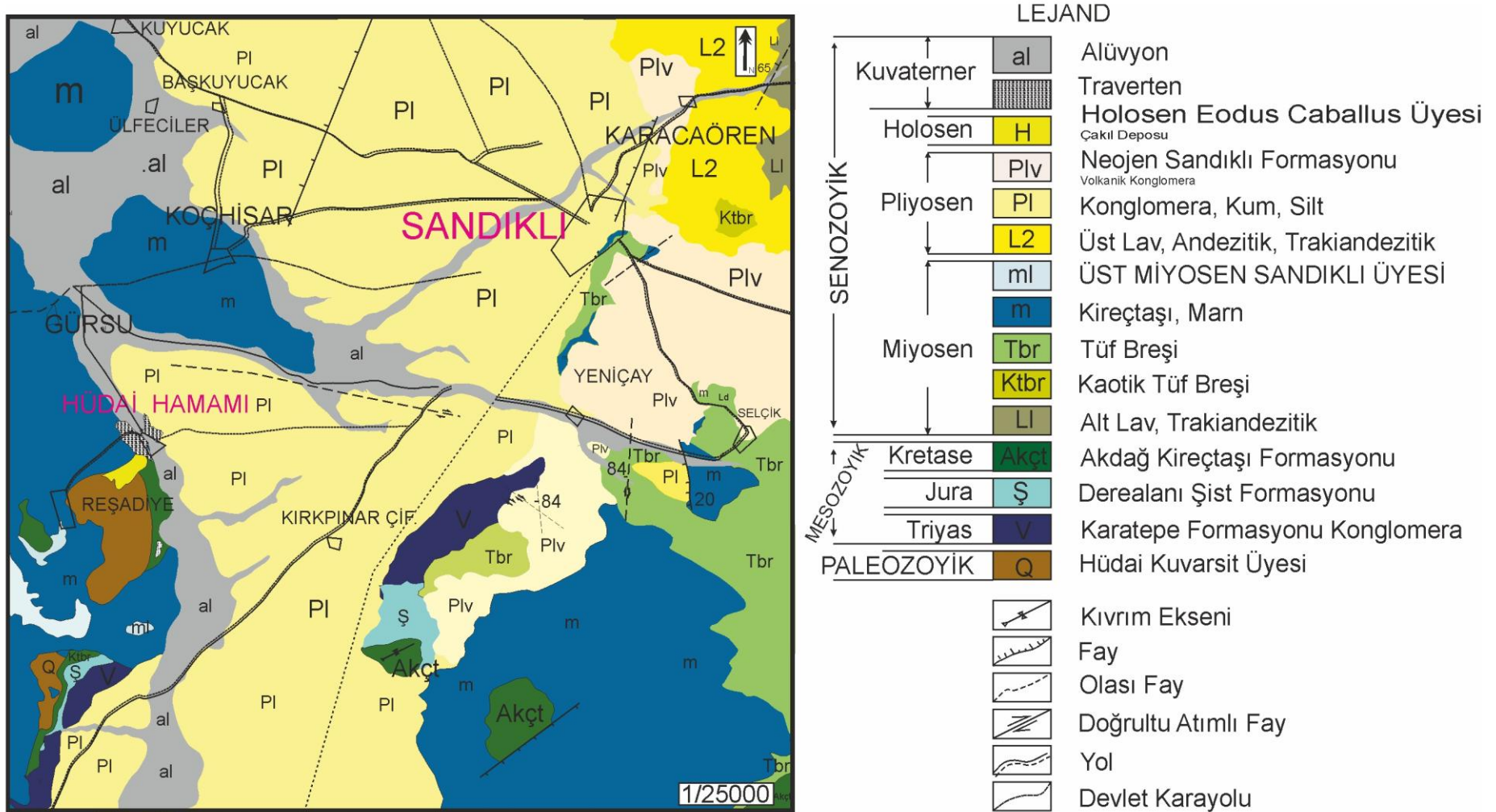
3.1 Stratigrafi

Çalışma alanındaki en yaşlı birim Paleozoik yaşlı şistler ile temsil edilmektedir (Şekil 3.1. ve 3.2.). Bu birimleri Mesozoik yaşlı konglomera, şeyl ve kireçtaşları üzerlemektedir. Mesozoyik istifine Tersiyer yaşlı tuf breşi, kireçtaşı, konglomera, marn, kil ve silttaşları açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Tüm bu birimler üzerinde ise Pliyokuvaterner yaşlı çakıl, kum, kil ve traverten çökelimleri yer almaktadır [14, 8].

Üst Sistem	Yaş			Formasyon	Üye	Simge	Kalınlık (m)	Kaya Türü	AÇIKLAMA
	Sistem	Seri	Kat						
SENOZOYİK	Kuvaterner					al		Traverten	
								Alüvyon	
	TERTİYER ZEMİN	Pliyosen	Üst	DZ	Hamam Çay	PI	20-100	Kil, kum, çakıltaşı, konglomera	
								Miyosen	KX
					tbr	50-120	Tuf		
MESOZOYİK	KRETASE			AKDAĞ		Akçt	50-600	Dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı çört, mikritik kireçtaşı	
	JURA			DEREALAN ŞİST		Ş	50-500	Killi şist, kumtaşı, kireçtaşı	
	TRİYAS			KARATEPE VERRUCANO		V	10-400	Konglomera, kumtaşı	
PALEOZOYİK				KESTEL	HÜDAİ KUVARSİT	Q	20-400	Kuvarsit	
					KOÇGAZI	r	150-250	Fillit	
					KOCAYAYLA	P	2000	Kuvarslı, serizitli şist	

Şekil 3.1 Sandıklı (Afyonkarahisar) jeotermal alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti

[15]



Şekil 3.2 Sandıklı ve çevresinin jeolojisi [15]

3.1.1 Kestel yeşil şist formasyonu

Aynı metamorfik ve tektonik süreçleri geçirmiş, birbirleriyle geçişli farklı litolojik birimlerden oluşan Kestel yeşil şist formasyonu, üç üyeye ayrılarak incelenmektedir. Formasyonu oluşturan kayaçların ortak özelliği; aynı derecede gelişmiş "yeşil şist fasiyesinde" metamorfizmaya uğramış olmalarıdır [15,16].

3.1.1.1 Kocayayla porfiroid üyesi (P)

Alandaki en yaşlı birim olan ve kestel yeşil şist formasyonunun temelini oluşturan Kocayayla üyesi, yer yer kuvarslı, serizitli şist birimlerinden oluşmaktadır. 2000 m civarında kalınlık sunan bu üyenin üstünde uyumlu olarak Koçgazi fillit üyesi bulunmaktadır [15,16].

3.1.1.2 Koçgazi fillit üyesi (f)

Tipik görünümü çalışma sahasının güneybatısında yer alan, Koçgazi güneyinde olup gri yeşil, krem ve bordo fillitlerden oluşmuştur. Bunlar ince (0.1-0.4 cm) tabakalı, parlak, yumuşak şistlerdir. Fillitler şistsel dokulu, serizit pullu, aksesuar mineral olarak kuvars ve opak minerallerden oluşmuşlardır. Klorit egemen mineral olup apatit, titanit ve ilmenit mineralleri de içerirler. Kocayayla üyesi üzerine uyumlu olarak gelir. Üst dokanağı da Hüdai Üyesi ile yanal ve düşey geçişlidir [15,16].

3.1.1.3 Hüdai kuvarsit üyesi (Q)

Hüdai Kaplıcası yakınında Demirlik Tepe'de yüzeylenmektedir. Radar Tepe dolaylarında mor renkli kalsit damarlarıyla kesilmiştir. Yerel olarak kalın tabakalı, boz, orta irilikte kristalli kuvarsit olarak gözlenir. Kuvarsit, granoblastik dokulu, birbirine dış-dış geçmiş (0.5-0.9 mm) kuvarstan oluşmuştur. Çimento maddesi olarak çok az klorit yer alır. Yerel olarak içinde aksesuar olarak turmalin ve apatit içerir. Görünür kalınlığı 400 m kadardır. Alt sınırını, Koçgazi Fillit Üyesi oluşturur. Üstten ise genelde Neojen yaşlı birimler ile uyumsuz olarak sınırlanır [15,16].

3.1.2 Pisidya Mesozoyik grubu

Mesozoyik yaşı çökeller çalışma alanında oldukça geniş bir yayılım sunarlar. Bu grup içinde Karatepe Verrucano formasyonu, Derealanı şist formasyonu ve Akdağ kireçtaşı formasyonu yer almaktadır [15, 16].

3.1.2.1 Karatepe Verrucano formasyonu (V)

İlk kez [17] tarafından ayırtılan bu formasyon Güney Avrupa'da tanımlanan Verrucano metamorfik fasiyesi ile benzerliğinden dolayı aynı isimle ayırtlanmıştır. Çalışma alanının güneyinde, Karatepe'de yüzeylenir. Tabanda konglomeralarla ile başlayan birim üste doğru alacalı şist tabakalarından oluşur [6]. konglomera, Kestel formasyonundan türemiş, yassı, 2–10 cm tane boyutlu, iyi yuvarlaklaşmış çakıllar ve bantları birbirine bağlayan hematitli, kumlu bir çimentodan oluşmuştur. Tabanda, kalınlıkları 1m kadar olan tabakalar, üste doğru inceliyorlar. Şistler, başlangıçta konglomera ile ardışıklı tabakalı olarak başlar, daha sonra salt şist olarak gözlenirler. Konglomeralar bordo, şistler ise bordo ve açık zeytin yeşilidir. Kalınlığı 100 m ile 400 m arasındadır. Küçük açılı bir uyumsuzlukla, Kestel formasyonu üzerine açısız uyumsuzlukla gelen birim üzerine uyumlu olarak Derealanı formasyonu gelir (h).

3.1.2.2 Derealanı şist formasyonu (ş)

Alanda sınırlı bir yayılıma sahip olan bu formasyon, en kalın çökellerine Derealanı dolaylarında sahiptir. Karatepe Formasyonuna bağlı olarak bir yayılım gösterir. Formasyon değişik yerlerde değişik kalınlıklardadır. Kalınlık 100 m den, Derealanı dolaylarında 1500 m ye kadar ulaşır. Doğuda Karatepe dolaylarında boz renkli şistel kumtaşı, kıltaşı ve killi-kumlu kireçtaşlarının oluşturduğu bir istif sunar. Batıya doğru yaygınlaşan ve kalınlaşan yüzeylenmelerde killişist, kalkışist, kumtaşı ardanması ve tavana yakın bir bazik lav akıntısı yer almaktadır. Derealanı dolaylarında istif killişist-kalkışist ardanması, mercan ve bitki dalları içeren kumtaşı ve mikritik kireçtaşı ve tavanda arkoz, konglomera ve killişist ve en üstte kumtaşı, killi şist ve kuvars çakıllı konglomeratik kumtaşı şeklinde tamamlanır.

Bu formasyon uyumlu olarak Karatepe Formasyonu üzerinde yer alır. Üzerinde ise Akdağ kireçtaşları yer alır. Bu ilişki uyumlu ve yanal geçişli olarak izlenir. Çökellerin kalınlığı Derealanı civarında en etkin olacak şekilde iki yönde az, ortada fazladır [15, 16, 17].

3.1.2.3 Akdağ kireçtaşı formasyonu (Akçt)

Jeotermal alanda geniş bir yayılım gösterir, alanın dışında Akdağ zirvesini oluşturur. Hakim litolojisini kireçtaşları oluşturur. Geniş yayılmamda değişik kayaç birimlerinden oluşur. [6] çalışmalarında Akın kireçtaşı üyesi, Radyolarit ve Spilit Tabakaları, Kusura kireçtaşı üyesi ve Ergenlik resif üyesi olarak ayırarak incelemiştir. Hüdai Hamamı ve Karatepe'de küçük mostralara halinde gözlenirken, güneyde geniş yayılım gösterir. Kalınlığı yanal olarak değişmektedir ve genellikle 1000 m dolaylarındadır. Uyumlu ve yanal geçişli olarak Derealanı formasyonunun üzerinde yer alır. Üstten ise uyumsuz olarak Eosen, Oligosen ve Neojen Formasyonları ile sınırlandırılır [15, 16, 17].

Litolojik olarak ince kesitte mikrit niteliğindedirler. Hüdai Hamamı çevresindeki bindirmiş ve ezilmiş kireçtaşları, granoblastik dokulu makrokristalin dolomitten kuruludur ve az miktarda limonit süzülmesine rastlanır. Derealanı şistleri üzerinde uyumlu olarak yer alır. Hüdai Hamamı dolaylarında kuvarsitlerin üzerinde bindirmeli olarak yer alır. Alanda diğer yerlerde kendinden genç tüm formasyonlar ile uyumsuz olarak örtülmektedir [16].

3.1.3 Sandıklı Neojen formasyonu

Geniş bir aralıkta gerçekleşmiş bu formasyon şu alt bölünmeye tabii tutulmuştur; [16]

- Pliyosen Hamamçay Üyesi, Volkanit Zonu
- Üst Miyosen Sandıklı Üyesi
- Soğucak Tüf Üyesidir.

3.1.3.1 Soğucak tüf üyesi (tbr)

Neojen Formasyonunun tabanında ve alanın tüm doğu yarısında gözlenir. Bütünü tüflerden kuruludur ve üzerindeki diğer Neojen bilimleriyle, diğer volkanik kayalardan ayrılır. Tüf breşi genellikle köşeli ve hemen hepsi kireçtaşı olan 0.2-3 cm boyutlu parçalar kum ve kül

boyutundaki piroklastik gereç içinde bulunmaktadır. Tüf breşinin tavanı yerel olarak süngertaşı kumundan kurulu beyaz bir tüf düzeyi kurmaktadır. Karatepe'de tüf breşi, batıda Yayman Köyü güneyindeki küçük kireçtaşı (0.2-2 cm) ve kuvarsit parçaları içeren tüf breşi şeklindedir [16].

Kalınlığı 50 ile 120 m arasında değişmektedir. Hemen her yerde daha yaşlı formasyonlar üzerine uyumsuz olarak gelir ve üstten de Sandıklı Miyosen Üyesi tarafından sınırlandırılır [16].

3.1.3.2 Kaplıca üyesi (m)

Çok geniş bir yayılıma sahiptirler. Yayman, Koçgazi dolayları en yaygın olduğu yerlerdir. Hamamçayı boyunca uzanırlar [16].

Hüdaî Hamamı güneyinde, içinde küçük (0,2–0,5 cm) kuvarsit, kuvars ve kilitaşı parçaları bulunan, çatlakları aragonit dolgulu, travertensi gösel kireçtaşı, killi çimentom killi şist ve çok az kuvarsit ve Verrucano Formasyonuna ait çakılları içeren gevşek konglomera, bunun üstünde de konglomeratik kireçtaşı şeklindedir. Bunların batısında Döşeme Tepe'de tabanında kilitaşı bulunan silt, ince kum ve 0,6–10 cm boyutlu iyi yuvarlaklaşmış az küresel çakıllardan kurulu gevşek konglomera istifinin üzerinde 15 m kalınlıkta boşluksuz, sert, boz renkli gösel kireçtaşı şeklindedir. Yayman güneyinde, kireçtaşı çakıllı, gevşek kireçtaşları içlerinde kireçle kaplı dal parçaları taşır. Koçgazi'de yatay tabakalı, marnlı ve az kuvars kumlu, karasal kireçtaşları ve altında 20–30 cm kalınlıklı tabakalı kil ve karasal kireçtaşları şeklinde izlenir [16].

Litolojik olarak kriptokristalin pelitomorfik kalsitten kuruludur ve içinde yerel olarak mikrokristalin kuvars damarları izlenir. Kalınlığı 1m'den 150m.'ye kadar değişmektedir. Genelleştirilerek kil, süt ve kum ile konglomeradan-başlayarak marnlı kireçtaşı ve kireçtaşlarıyla gelişen bir kesit verilebilir [16].

3.1.3.3 Pliyosen Hamamçay üyesi (Pl)

Büyük bir bölümü Hamamçay boyunca izlenmektedir. Karatepe-Hü dai arasında devam eden birim, Sandıklı ovasında yaygınlaşır [15, 16].

Yanal olarak çok değişkendir. Hü dai-Karatepe arasında kil, kum ve çakıl tabakaları; Karatepe-Sandıklı eşığının doğusunda volkanik konglomera örtüsü, batısında ince çakıllı-killi silt, genelde volkanit, kısmen de kuvarsit ve kireçtaşı çakıllı konglomera şeklindedir. Koçgazi'nin batısında kırmızı kahverengi gevşek konglomera, altında silt, kil ve arasında konglomera halinde rastlanır [15, 16].

Kalınlık yerel olarak değişmekle beraber 20–100 m arasındadır. Genelde doğuda daha çok siltli, batıda ise çakıllı olarak belirginleşir. Kalınlık batıda daha fazladır. Tabanda Sandıklı Üyesi ile uyumlu, üstten ise Alüvyon Zonu ile sınırlıdır [15, 16].

3.1.4 Alüvyon zonu (al)

Hamamçayı boyunca gözlenir. Çakıl ve kumlardan oluşmuştur [15, 16].

3.1.5 Holosen (H)

Alüvyon zonuna bağlı olarak yaygınlaşır. İçinde bulunan Equus Caballus kemik ve dişlerine dayanılarak Holosen yaşı verilmiştir. Hü dai Hamamında bir fay ile yükselmiş olarak görülen kuvarsit, kısmen kireçtaşı gevşek konglomeralar tipik örnektir [15, 16].

3.1.6 Traverten

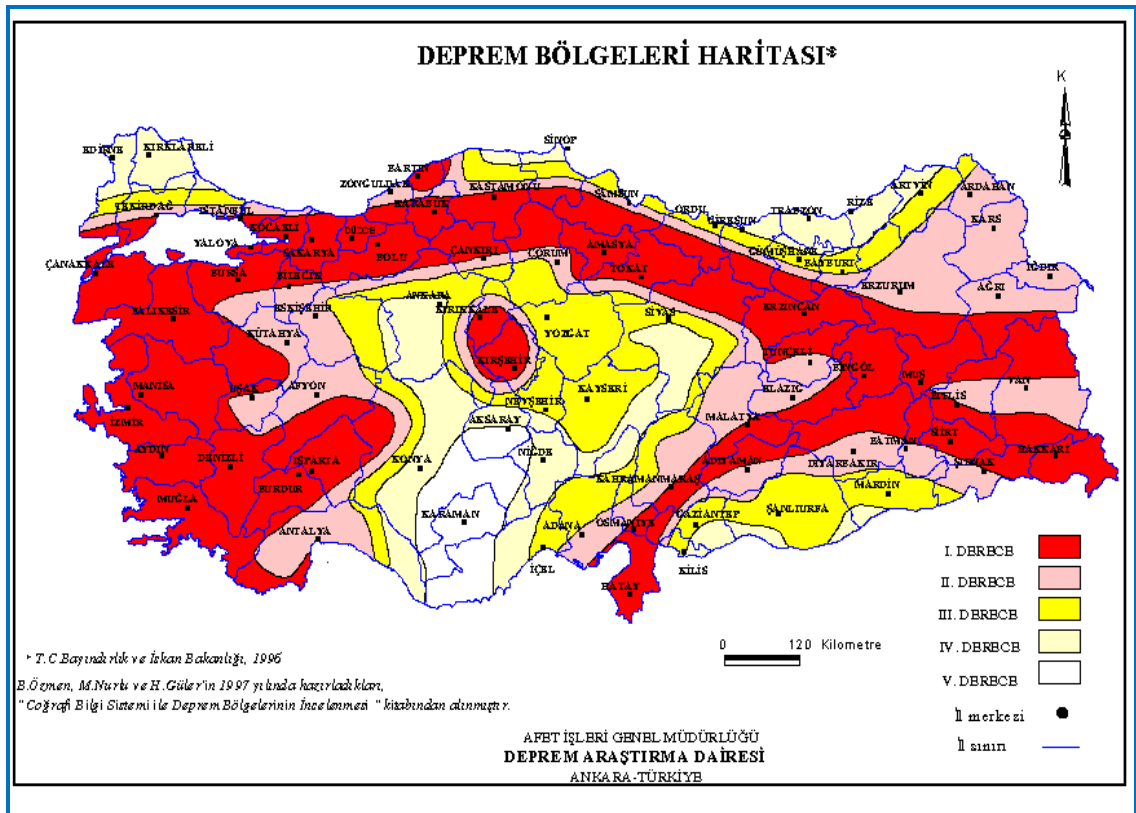
Hü dai Hamamı kaynakları civarında 20 m kalınlığında ve tabakalı traverten depolanmalarından kuruludur [15, 16].

3.2 Yapısal Jeoloji

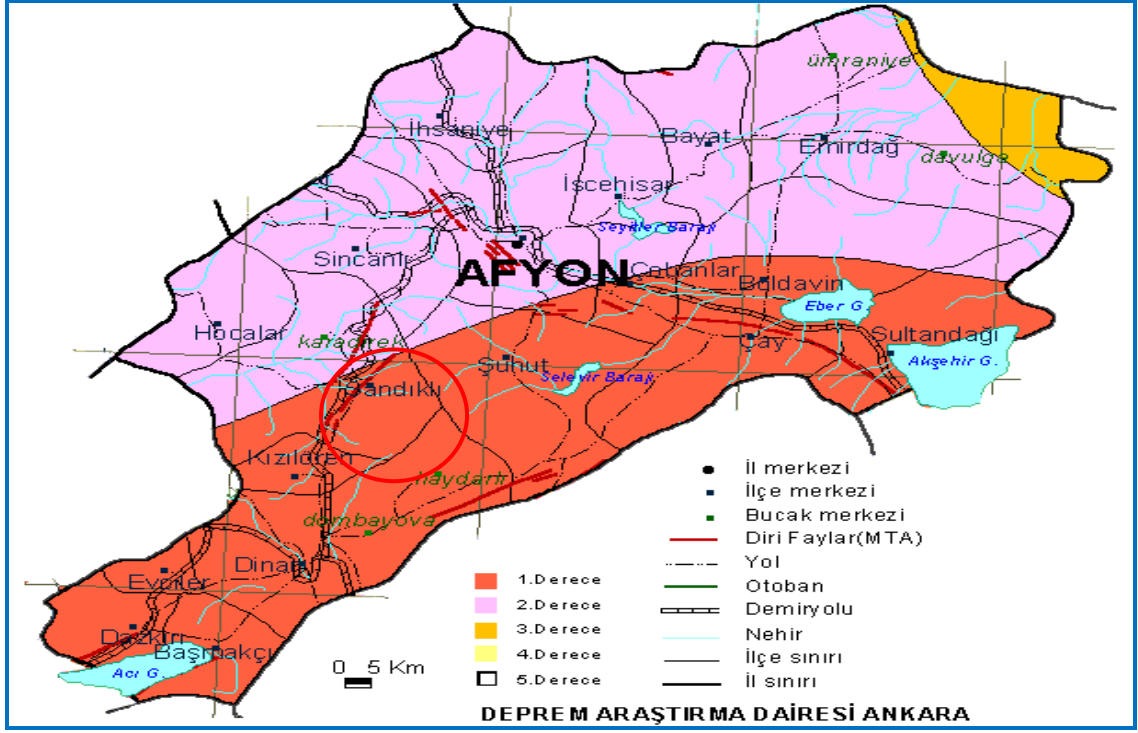
Sandıklı yöresi yapısal jeoloji ve volkanik etkinlikler yönünden oldukça diri bir bölgedir. Bölgedeki faylar eski çalışmalarda ve yeni gözlemlerde aynı yapısal hatları içermektedir. Bu veriler 1 Ekim 1995 Dinar depreminde kimyasal analizler ile MTA tarafından teyit edilmiştir [18].

3.2.1 Çalışma alanının sismik etkinliği ve faylar

İnceleme alanı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 1.Derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 7 ve Şekil 8). Bölgede hasar yapıcı büyük depremler olmuştur ve zeminin genel özelliği yüzünden deprem şiddetini arttırıcı bir yapıya sahiptir.



Şekil 3.3 Türkiye deprem bölgeleri haritası



Şekil 3.4 Afyonkarahisar ili ve çevresi depremsellik haritası



Şekil 3.5 İnceleme alanı ve yakın civarının tektonik durumunu gösteren şekil [19]

3.2.1.1 Tatarlı kırığı

Koçbeyli Kırığı'nın batı uzantısında Karaadilli'deki iki küçük kırıktan sonra Akçin Köyü – Tekneova mevki arasında yer alan kırık niteliğinin iyi izlendiği Tatarlı Köyü'ne dayanılarak Tatarlı Fayı olarak adlanmıştır. Yaklaşık 20 km. uzunluğunda ve Kuzey 58° Doğu doğrultuludur [20].

Tatarlı Kırığı, [20] tarafından normal kırık olarak nitelendirilmiştir. Arazi gözlemleri ve hava fotoğraflarından izlenebilen morfolojik özellikleri göz önüne alındığında kırığın doğrultu atım özelliği gösterdiği sonucuna varılmış ve sol yönlü olduğu yorumlanmıştır.

3.2.1.2 Kumdanlı kırığı

Eğirdir Gölü kuzeydoğusunda yaklaşık 21 km. uzunluğunda ve Kuzey 35° Doğu doğrultulu olan kırık, Kumdanlı Kırığı olarak adlandırılmıştır. Batı ucunda Gölün kıyı çizgisine karşılık gelen kırık, en echelon sıçramalar yapan 5 parçadan meydana gelir. Kumdanlı doğusunda Dereköy Dere Vadisi'ni izler. Kumdanlı güneyinde Dereköy Deresi'nin alüvyonlarını kuzey ve güneyden sınırlayan iki parça halinde olan kırık, kuzey ucunda Neojen yaşlı çökel kayalar ile Triyas yaşlı marn, kumtaşı ve şeylden oluşan Kasımlar Formasyonu [21] tarafından birbirinden ayırmaktadır. Kumdanlı güneyinde yer alan Dereköy Dere Vadisi doğrultu atımlı kırık vadilerine özgü bir morfoloji göstermektedir.

3.2.1.3 Sultandağı kırığı

Sultandağları'nı doğudan sınırlayan yaklaşık 65 km. uzunluğunda ve genel doğrultusu Kuzey 35 Batı olan kırık ilk defa [22] tarafından Sultandağı kırığı olarak adlandırılmıştır. Kırık büyük bir morfolojik diskordansa karşılık gelmektedir.

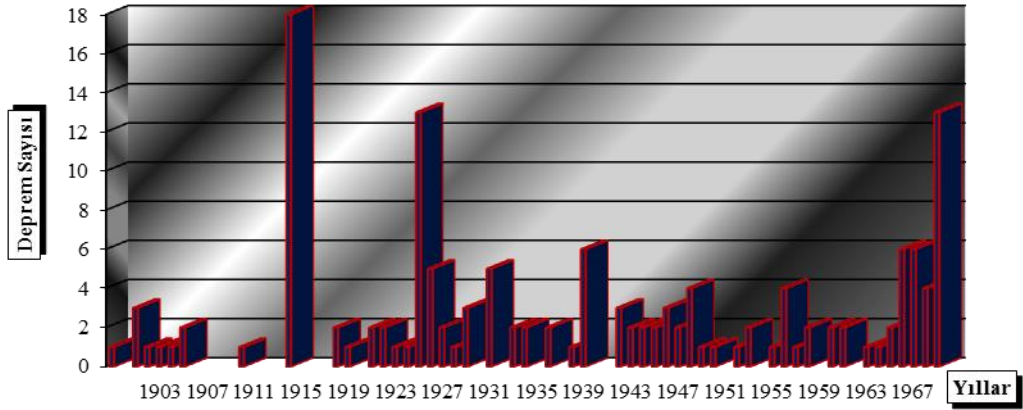
Isparta bölümünün şekillenmesinde önemli bir yapısal unsuru olan Sultandağı Kırığı'nın neotektonik dönemin başlangıcında geliştiği ve bu iki dönemde sağ yönlü doğrultu atımlı olarak çalıştığı [23] tarafından vurgulanmıştır. Sultandağı Kırığı'nın iyi gözlemlendiği yerlerden biri Sultandağı İlçesi batısında yer alan Dort Köy – Yakasinek arasıdır.

Çalışma sahası tektonik bakımından hem diri fayların, hem de genç volkanizma merkezlerine yakın olması nedeni ile yapısal olarak ilginç şekiller göstermektedir. Afyon batısında yer alan KKB-GGD doğrultulu faylar Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı andezit, trakit, tuf ve aglomeraları keserler. Afyon yöresindeki fayların kestiği en genç kaya toplulukları Pliyosen yaşlıdır. Kuvaterner çökellerinde izlenmeyen faylar morfolojik olarak belirgindir. Bu özelliklerine göre diri fay olarak belirlenmişlerdir [13].

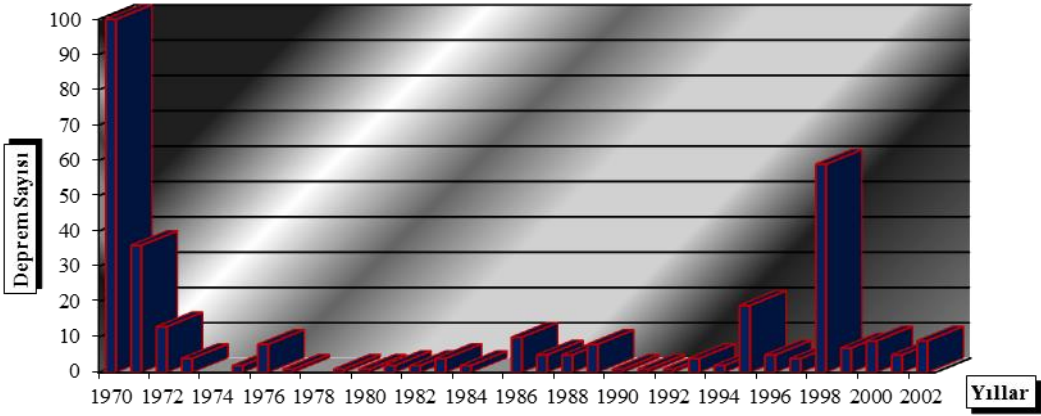
Yine yazarlar “Sandıklı yöresindeki diri fayları morfolojik olarak KKD-GGB yönlü olarak Sandıklı ovasını doğudan sınırlayan faylar olarak birbirini tamamlayan faylar şeklinde 36 km uzunluğunda ve 5 km genişliğinde bir alana dağılmış haldedir.” derler. Sandıklı yöresinde belirgin olarak iki ana fay izlenir. Batıda yer alan ve Hüdai hamamı– Akharım arasında uzanan, yörenin en belirgin fayı 20 km uzunluğundadır ve K15D doğrultuludur. Aynı fay Sandıklı–Afyon karayolu Başağaç rampasının boyun noktasında bir kırık zonu şeklinde yüzeyleyen fayların batı bloklarının aşağıda olduğu gözlenmiştir. Burada yapılan gözlemlere göre fayın batı bloku düşmüş olan eğim atımlı normal fay karakterinde olduğu 2 km genişliğinde bir zon oluşturduğu görülmüştür. Bu fay araştırmacılar tarafından yerinde detay olarak gözlenmiştir. Fay düzleminde ölçülen doğrultu ve eğimler şöyledir. N25W50SW, normal fay, Çiğil tepe köyü fay zonunda oturuyor. Başağaç KD’da yer alan fay zonunda Mezarlık fayı N20E48SE, (1. FAY), N40W80NE doğrultuları (2. fay) hatlarında ölçülmüştür. Aynı fayın devamı Kızılören de N42E70SE değerleri ölçülmüştür. Hüdaihamamı güneyinde Maymun Kayası yöresinde üç adet fay olarak haritalanmıştır. Bu fayların eğimleri 55, 68, 62 derece gibi değerlerle doğuya, güneydoğuya eğimli olarak gözlenmişlerdir. Ayrıca Koçhisar-Sandıklı arasında K20D doğrultulu, KB’ya eğimli morfolojik olarak görülen bir fay hattı tarafımızdan haritalanmıştır. Bu fay hattı bölgeyi K-G yönünde ikiye bölen bir fay hattıdır [12, 13].

Sandıklı ilçesinin yakın güneyinde yer alan diğer önemli bir fay ise 11 km uzunluğundadır ve K22D doğrultuludur. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanosedimanterleri kesen fay, yer yer bunlarla alüvyonlar arasında dokanak oluşturur. Morfolojik olarak batı bloğu aşağıda bulunan fayın Sandıklı doğusunda bir zon olarak geliştiği izlenmiştir [13].

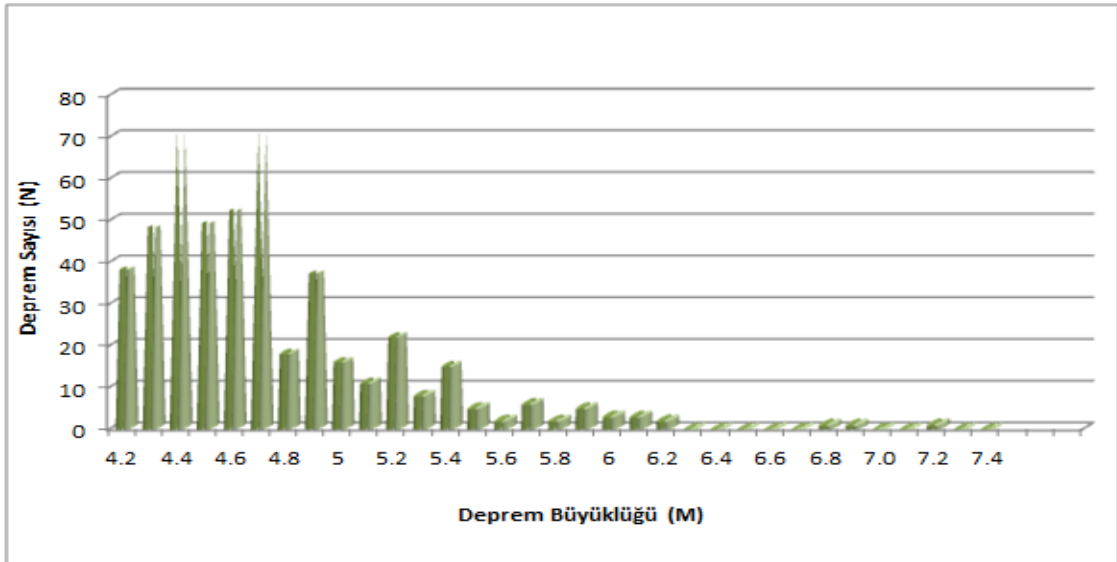
Çizelge 3.1(a) Sandıklı-Afyon ve çevresi deprem sayılarının yıllara (1900-1969) göre değişimini gösterir histogram [19]



Çizelge 3.1(b) Sandıklı-Afyon ve çevresi deprem sayılarının yıllara (1969-2002) göre değişimini gösterir histogram [19]



Çizelge 3.2 Sandıklı ve Çevresi (Afyon) deprem sayısı – deprem büyüklüğü (M) arasındaki ilişkiyi gösterir histogram [19]



3.2.2 Kıvrımlar

Kestel Yeşil Şist Formasyonu ve Pisidya Grubuna ilişkin kayaçlarda ayrı ayrı incelenebilecek nitelikte kıvrımlı yapılar gözlemlenebilir. Hüdai ve Koçgazi Üyelerine ait kayaçlar, yoğun kıvrımlanma süreçleri etkisinde kalmıştır. Kıvrım eksenlerinin, doğrultulan genelde NW-SE' dir. Çoğu kuzeydoğuya devrik veya asimetriktir. Kıvrımlar Radar Tepe ve Koçgazi Tepe civarında yoğunlaşırlar. Kaplıca dolayında bu tür kıvrımlara rastlanmamaktadır [10, 15].

3.2.3 Bindirmeler

Jeotermal alan Toros Orojenezinden etkilenen bir zonda yer aldığından bindirmeye varan bazı yapısal süreçlerin etkisinde kalmıştır [9, 10, 15].

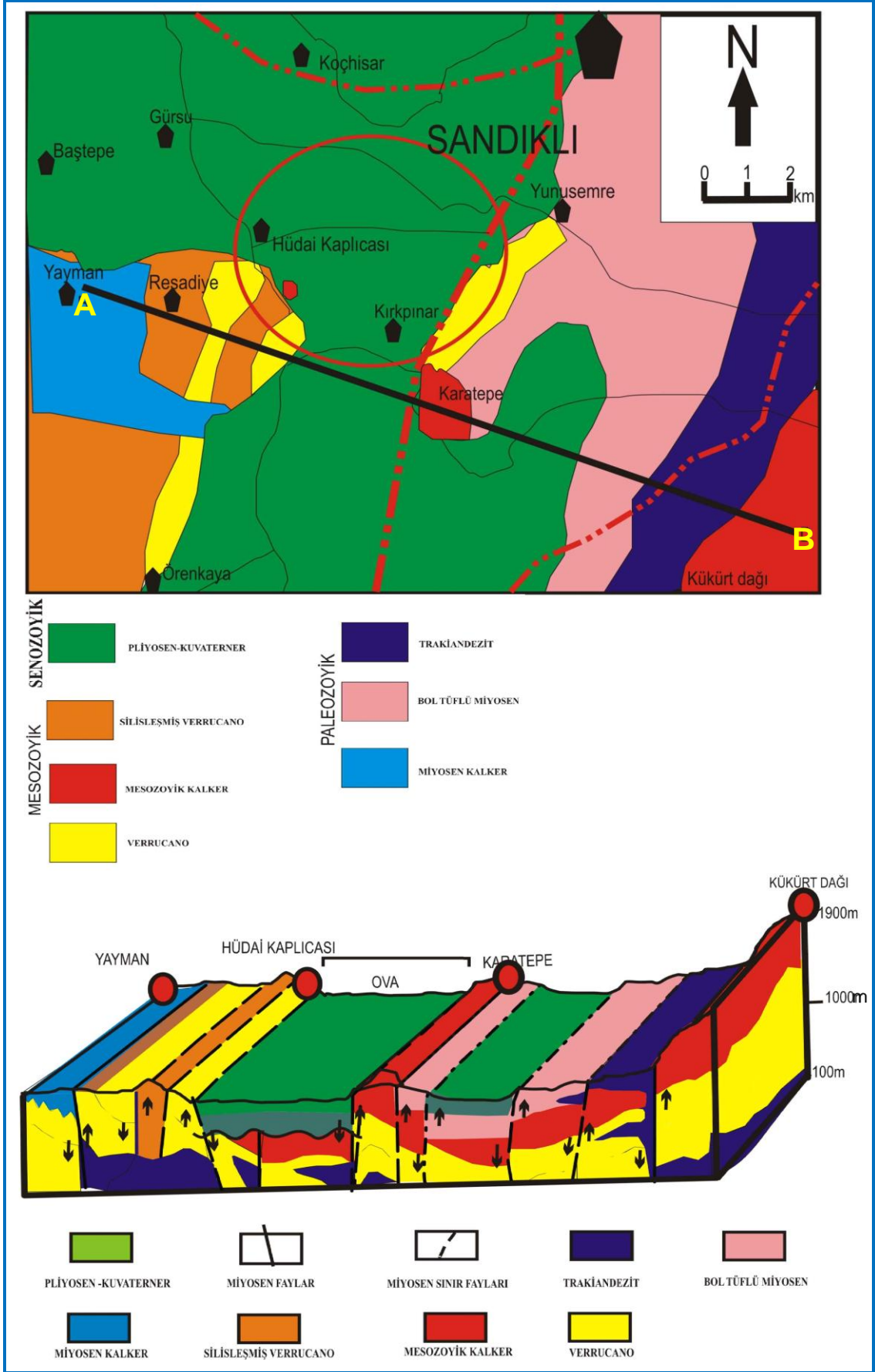
3.2.3.1 Kocakarakaya bindirmesi

Batıda Kocayayla Üyesi kayaçlarında yer alır. Kocayayla Porfiroid Üyesi, Karatepe, Derealanı ve Akdağ Formasyonları kayaçlarının üzerine bindirmiş durumdadır [9].

3.2.3.2 Hüdai bindirmesi

Hüdai Kaplıcası güneyinde Maymun kayası Tepesinde kuvarsitler üzerinde dik tabakalı olarak önce Akdağ kireçtaşları, üzerine Derealanı şistleri, en üstte de Verrucano Formasyonu yer almaktadır. Güneyde Örenkaya'nın güneybatısında normal olarak gözlenen istif, bir bindirme sürecinin sonucu olarak burada devrik durumdadır [9].

Kaplıca'da kuvarsitler üzerinde yalnızca kireçtaşları bulunmaktadır. Bindirmiş kayaçlardan şist ve konglomeralarda bir değişme gözlenmez, ancak kireçtaşları oldukça başkalaşmıştır. Hüdai Kaplıcası hidrotermal sisteminin bu yapısal süreç ile ilişkili olması ihtimali oldukça yüksektir. Üçüncü bir bindirmeye ise Bozoğlan'da rastlanır. Paleosen Formasyonu bu alanda Akdağ kireçtaşları içinde görülür [9].



Şekil 3.6 Yayman - Kükürtdağı arasındaki jeolojisi ve jeolojik enine kesiti [24]

3.3 Magmatik Etkinlik

Jeotermal alanın çok geniş bir çevresinde plüton ve filon ürünleri gözlenmez. Magmatik ürünler sadece volkanik etkinlikler sonucu katkıda bulunmuşlardır [15].

Sahanın önemli bir kısmını Paleovolkanik ürünler kaplarken, bir bölümü Afyon Volkanik Kütlesinin bir yanını kapsar [15].

Daha önce de Kocayayla Porfiroid Üyesinin volkanik kökenli olabileceği vurgulanmıştır. Bu kayalar asit volkanik, belki ignimbiritik kayalardır. Bunlar yine asit ve alkali iki lav akıntısı ile örtülmüşlerdir [15].

Paleovolkanitlerden son ürün olarak metabazalt tabakasının bazalt lavı akıntısına rastlanır. Mesozoyik içinde denizaltı püskürmelerinin ürünleri yer alır. Bunlar spilit ve diyabaz lavlarıdır [15].

Genç volkanik ürünler Afyon Volkanik Kütlesinin alanda kalan bölümünü oluşturur. Miyosen sonunda depolanmışlardır. En yaygın ürün Soğucak Tüf Üyesi olarak incelenen tüflerdir. Bunlarda lapilli-süngertaşı tüf breşi litolojisi egemendir. Sandıklı'dan Yayman'a kadar geniş yayılımı olan bu birimde oluşumu bakımından ignimbiritik kül akıntısı tüfü niteliğindedir ve çöküntü çanaklarını doldurur. Tipik kesitine göre en az iki akma-soğuma birimi ayrılabilir. Her birim süngertaşı breşi ile başlar, kaynak tüf breşi ile devam ederek karmaşık tüf veya süngertaşı breşi ile kaplanır [15].

Kaynama olgusu depolama sıcaklığının 500°C dolayında olduğunu göstermektedir. Taban ve tavan çabuk soğuma ile tüf breşi şeklinde kalmış, aradaki kesim uzun süre ısınıp koruyarak kaynak özelliği kazanmaya zaman bulmuştur. Böyle depolanmış türlerin tipik bir görüntüsü olan fümerol etkinliğinin bir kalıntısı Yayman dolayında saptanmıştır [15].

Lav çıkışları da çatlaklar boyunca gelişmiştir. Tüflerin çıkış bölgeleri ise saptanamamıştır. Çıkış alanları lavlarla örtülü olabilir [15].

Tüfler dışında tamamen lav çıkışları gözlenmemekte, başka piroklastik ürünlere ise rastlanmamaktadır. Lav çıkışları küçük doğrular veya çatlaklara bağlı akıntılar

şeklindedir, iki çıkış dönemine ayrılabilir, ilk dönemin ürünü olan lavlar, tuf breşinin altında ve kuzey kesimde yer alırlar [15].

Üstteki lavlar hem tuf breşleri, hem de alt lavların üzerinde yer almaktadırlar. Akıntılar bazı yerlerde de Neojen gölüne ulaşmıştır [15].

Yaygın lav çıkışlarının dışında bazı kırık çizgileri boyunca dizilmiş lav domlarına rastlanır [15].

Volkanik kökene bağlanabilecek son ürün Neojen gölünün doğu kesimindeki en genç depolar olan epiklastik breşler ve volkanik konglomeralardır [15].

Eldeki verilere göre sahadaki volkanik kayalar toleyitik bazaltik bir magmanın farklılaşması ve yan kayaç sindirimi (asimilasyonu) ürünüdürler [15].

Jeotektonik yaklaşımla volkanik bölge bir orojenik kuşağın ard ülkesinde kalmakta ve normal olarak bazaltik andezit magmatik karakteri beklemek durumundadır. Bu veriler yeterli olmasa da toleyitik bazalt magması yönünü gösterir [15, 16].

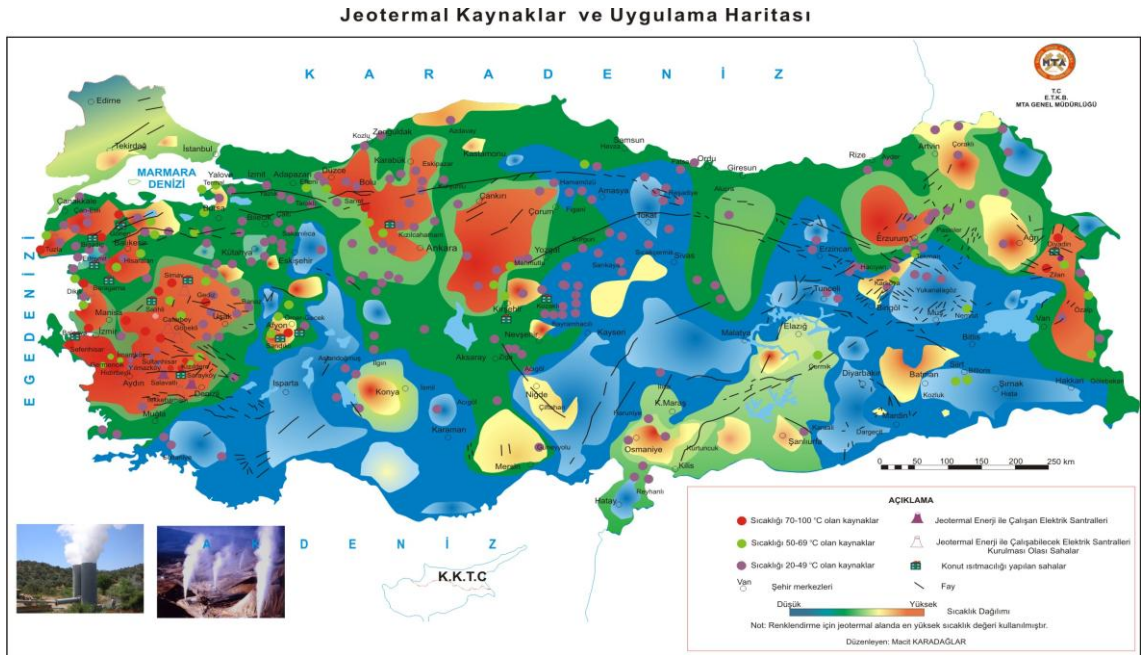
BÖLÜM IV

JEOTERMAL JEOLJİ

Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesi jeotermal potansiyeli, Türkiye jeotermal enerji dağılımı içerisinde düşük-orta entalpili (20–150 °C) jeotermal potansiyele sahip Ege Bölgesinin İç Batı Anadolu kısmında yer almaktadır (Şekil 4.1 ve 4.2).



Şekil 4.1 Türkiye jeotermal kaynaklar haritası (www.mta.gov.tr)



Şekil 4.2 Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası (www.mta.gov.tr)

4.1 Jeotermal Sistem

Bölgede Kocayayla Porfiroid Üyesi içindeki EşekÖreni Fayının Kestel çayının kestiği birimde yoğun kaolenleşme, serizitleşme malakit ve azurit bulaşıkları gibi bazı hidrotermal kalıntılar mevcuttur. Soğucak Tüf Üyesinin Yağman civarındaki furnerol etkinliği de eski hidrotermal sistemlerin güncel göstergeleridir. Sahada bugün etkinliğini sürdüren tek sistem Hüdai-Sandıklı hidrotermal sistemidir. Travertenler ile jeotermal kaynakları da sistemin yüzey verileri oluşturmaktadır. Sıcak su kaynaklarının çevresinde travertenler küçük bir alanı kaplarlar ve yer yer ışınal yapılar içerirler [6, 15, 16]. Kaynakların ısı boşalmasını yıllık ortalama hava sıcaklığı olan 11 °C ile kıyaslanmış ve $4,45 * 10^6$ kcal/ saat olarak hesaplanmıştır [16].

Jeotermal alanın temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı kayalar sıcak suların ana rezervuarıdır. Afyon Paleozoyik grubu olarak tanımlanan birimin metamorfize olmuş kesimi Kestel formasyonu olarak adlandırılmıştır. Paleozoyik yaşlı kayaların en üst seviyelerini Hüdai kuvarsit üyesi oluşturmaktadır [16].

4.1.1 Hazne kayaç

Sandıklı-Hüdai hidrotermal sisteminde temeldeki metamorfik kayalardan kuvarsitler ikincil perneabiliteleri nedeniyle üstün bir rezervuar kaya özelliğindedir. Bunların üzerine devrik olarak oturan Akdağ Kireçtaşları da aynı özelliğe sahiptir. Daha üstte yer alan formasyonlardan Derealanı formasyonu ile Sandıklı formasyonunun bu bölümdeki kesiti ise düşük geçirgenlikleri nedeniyle rezervuar kaya olma özelliğinde değildir. Sandıklı-Hüdai jeotermal alanında rezervuar kaya olarak tanımlanan kuvarsitler ve Akdağ Kireçtaşlarının kalınlıklarına bakıldığında toplam olarak 1500 metrelere yerel olarak ulaştığı görülür. Alandaki düşey yöndeki değişimler ve yapısal jeoloji dikkate alınarak kalınlık 500 m olarak alınması yeterince emniyetli sonuçları ortaya koyar [15].

4.1.2 Isıtıcı kayaç

Sandıklı-Hüdai jeotermal alanında hidrotermal sistemin termalliği volkanik etkinlik sonucu olabilir. Ancak sahada etkin bir volkaniklik yoktur. Volkanik etkinlik alanda 7 milyon yıl önce gerçekleşmiştir. Bu nedenle alanda yüksek ısı akışı beklenemez. Bunun

yanı sıra alanda, termal suların varlığı normalin üzerinde bir ısı akışının, göstergesidir. Bu durumda ısıtıcı olarak gittikçe alçalan bir gelişimin son aşamalarında da olsa volkaniklere bağlı bir ısı söz konusudur [15, 16].

4.1.3 Örtü kayaç

İnceleme alanında ova içinde, yer alan Derealanı Formasyonu ve Sandıklı Formasyonuna ait kayaçlar düşük geçirimsizliğe sahiptirler. Bu nedenle jeotermal sistem için uygun bir örtü kayaç özelliği göstermektedirler. Ancak yapısal jeoloji söz konusu hidrotermal sistemin, rezervuar kayaçlarının yüzeyde yer aldığı ve örtü kayacın bulunmadığı bir horstun kenarında yer aldığını göstermektedir [25].

4.2 Su Noktaları

4.2.1 Yüzey suyu

Çalışma alanında yer alan tek akarsu Hamaçayı'dır. Hamamçayı inceleme alanına güneydoğudan girip, sıcak suların bulunduğu alanı kat ederek, kuzeybatıdan terk etmektedir [15].

4.2.2 Sıcak su kaynakları

İnceleme alanında önceki yıllarda Hamamçayı boyunca çeşitli yerlerde kaynak çıkışları bulunmasına rağmen sıcak su kuyularının açılmasından sonra bu kaynakların hepsi kurumuştur [15, 25].

4.2.3 Sıcak su kuyuları

Afyon-Sandıklı jeotermal sahasında 1994 yılından günümüze kadar MTA Genel Müdürlüğü ve özel şirketler tarafından 14 tane sıcak su kuyusu açılmıştır. Bunun soğuk su amaçlı açılan pek çok kuyuda da, sıcak su elde edilmiştir. Bunların derinlikleri 49-520 m arasında değişmektedir. Afyon Sandıklı jeotermal alanında gerçekleştirilen koruma alan çalışması sapılan arazi çalışmasında, sıcak su kuyularına ait koordinatlar belirlenmiş ve fiziksel ölçümleri yapılmıştır. (Çizelge 4.1 ve 4.2). Bu ölçümlere göre, kuyulardan elde

edilen suların sıcaklığı 66.8-80 C arasında ölçülmüştür. Bölgedeki sıcak su kuyularından farklı olarak açılan soğuk su kuyularında da sıcak suya rastlanmış ve bu kuyulardaki su sıcaklıkları Çizelge 2 de verilmiştir [15]. Bölgedeki sıcak ve soğuk su kuyularının harita üzerindeki konumları Şekil 4.3 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Sıcak su kuyularının koordinatları ve kotları

Nokta No	y	x	z
AFS-1	516150.319	4255650.597	1006.000
AFS-2	516220.260	4255623.019	1006.000
AFS-3	516196.784	4255854.909	1018.000
AFS-4	516165.589	4255827.538	1016.000
AFS-5	516141.132	4255589.356	1005.000
AFS-6	516423.080	4255602.111	1006.000
AFS-7	516542.232	4256044.576	1016.000
AFS-9	516199.103	4255328.024	1015.000
AFS-10	516269.143	4255726.381	1022.000
AFS-11	517580,715	4256484.247	1042.000
AFS-12	519025.207	4256969.398	1024.000
AFS-13	519287.656	4256189.783	1024.000
AFS-14	520226.413	4257308.600	1030.000

Çizelge 4.2 Bölgedeki açılmış olan sıcak ve soğuk su kuyuları koordinatları ve ölçülen sıcaklıklar

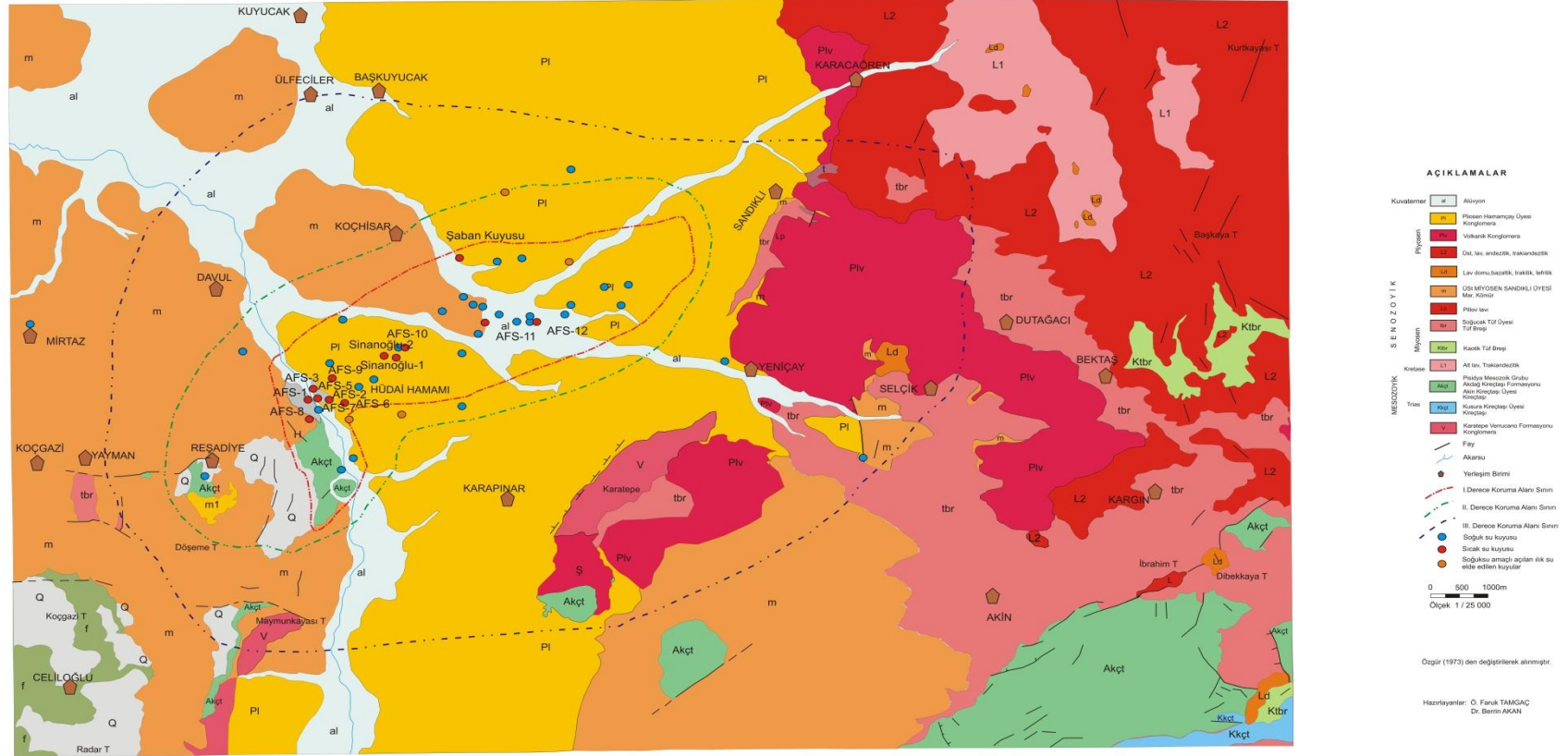
Kuyu No	Kuyu Adı	Koordinatları		Sıcaklık (°C)
		X	Y	
1	AFS-1	4257695	254265	77
2	AFS-2	4257656	254342	66.8
3	AFS-3	4257888	254326	68
4	AFS-4	4257862	254294	74
5	AFS-5	4257625	254262	21
6	AFS-6	4257628	254544	66
7	AFS-7	4258067	254678	78
8	AFS-8	4257360	254312	72
9	AFS-9	4258055	254684	69.1
10	AFS-10	4257758	254395	-
11	AFS-11	4258473	257731	80
12	AFS-12	42589 UJ	257191	-

Çizelge 4.2'nin devamı

13	AFS-13	4258123	257428	80
14	SK1	4257932	255087	-
15	SK2	4258054	255326	-
16	SK3	4258849	257245	-
17	SK4	4259090	257491	-
18	Sinanoglu-1	4258107	255078	69.2
19	Sinanoglu-2	4258487	255575	-
20	Okşanlar Kuyusu	4258533	255946	71.5
21	Koçhisarlı kuyusu	4258578	255822	-
23	ASS-1	4259546	259656	18.5
24	Mevlüt özınar	4257589	254854	62.2
25	Kadıoğlu kuyusu	4257241	254930	26.4
26	DSİ kuyusu	4258259	254626	-
27	Mustafa Özer kuyusu	4258254	254630	-
28	Hüseyin Şimşek kuyusu	4258299	254567	-
29	DSİ kuyusu2	4259162	254868	-
30	Şaban Kuyusu	4260276	257026	36.1
31	Ali Rıza Karakoç kuyusu	4260163	257607	-
32	Orman fidanlığı kuyusu	4260173	258043	-
33	Sandıklı Beton kuyusu	4260127	258758	29.1
34	Belediye Terfi Merkezi İçme	4259587	259798	14.3
35	Sandıklı Tarım kuyusu	4259321	259708	16.4
36	Mehmet Diker kuyusu	4259586	259412	16.4
37	Hidayet Kıymaz kuyusu	4261785	258989	17.8
38	Ali Yağcı kuyusu	4261388	257758	27.9
41	Sipsim 2 nolu içme suyu	4257393	256932	22.3
42	İrfan Coşkun kuyusu	4257359	255837	26.6
43	Çelik Turşu fabrikası-1	4256396	254797	14.6
44	Çelik Turşu fabrikası-2	4256556	254915	18.2
45	Halil Hilmi Kırkpınar kuyusu	4258633	253109	15.3
48	Baştepe kuyu	4258439	249464	28.6
53	Sera arkası kuyu	4259237	259626	-
54	Çay köylü Yusuf .Amca kuyu	4259082	258692	-
59	Necmi kuyu	4257462	254368	-
60	Hasan Hüseyin Şimşek kuyusu	4259256	256600	-
61	Koçhisarlı Halil kuyusu	4259535	256968	-
62	Koca Veliler-1	4259373	257064	
63	Tatların Ahmet	4259237	257206	
64	Koca Veliler-2	425922'	257314	

AFYON-SANDIKLI JEOTERMAL ALANININ JEOLJİ VE KORUMA ALANLARI HARİTASI

MTA Koruma Alanları Raporu'ndan



Şekil 4.3 Sandıklı jeotermal koruma alanı, jeolojisi ve bazı sıcak ve soğuk kuyu yerleri haritası [15]

4.3 Jeokimya

Sandıklı Jeotermal alanı toplam mineralizasyonu 2485.43 mg/l' yi aşan, 40-70.5 °C arası sıcaklıklı bir jeotermal sahadır. Karstik bir akiferden yükselerek yüzeyleyen sular Uluslararası Hidrojeologlar Birliği sınıflamasına göre; “Florür içeren, sodyumlu, kalsiyumlu, sülfatlı, bikarbonatlı sıcak su” sınıflamasına girmektedir [15, 26].

Langelier Ludwig diyagramına göre yörede süzülen lokal yeraltı sularının ısınarak yükselimi sırasında karbonat akiferinde bulunan yüksek orandaki $\text{HCO}_3 + \text{SO}_4$ varlığı göze çarptığı gözlemlenmiştir. Termal kaynak örneklerindeki HCO_3 de meydana gelen zenginleşme, yükselim sırasında CO_2 'nin sistemden ayrılması ve yüksek sıcaklıkta CaCO_3 çökelişi olayını gösterir [15, 26].

Sandıklı jeotermal alanında fosil sistemin izleri olan büyük traverten domları, çok sayıda gayzer bacaları ve kaynaklar bulunmaktadır. Zamane boşalmalarında ise çok az traverten ve Fe çökelişi yer alır. Yine de termal kaynakların aynı traverten çökelleri boyunca çıkmalarına rağmen bu minerallere aşırı doymun değildir. Bu termal kaynaklar belirli derinliklerden yükselirken kalsit çökeltmektedir, bu olay ise sıcaklıkla alakalıdır. Yükselim sırasında jeotermal akışkanın soğuk su ile karışması CO_2 'nin çözünürlüğünün artmasına sebep olur ve durumda yüzeyde çok doymun olmayan bir jeotermal akışkan boşalımı olur ve traverten çökelişi çok az veya hiç olmaz. Geçmiş zamanlarda ise karışım az ve dolayısı ile CO_2 konsantrasyonu eskiden çok fazla ve bu durumda traverten çökelişi yüksek gözlenmekteydi [26].

Afyon-Sandıklı jeotermal alanında bulunan suların kaynak başında ölçülen bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Çizelge 4.3'de görüldüğü üzere sıcak suların pH değerleri 6.42 ile 6.90 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre, Sandıklı sıcak su kaynakları asidik karakter taşımaktadır [15, 26].

Çizelge 4.3 Afyonkarahisar - Sandıklı jeotermal alanında yer alan örnekleme noktalarında yapılan fizikokimyasal ölçümler ve majör anyon-kasyon analiz sonuçları

Kuyu Adı	Koordinatları		ec ($\mu\text{mho/cm}$)	Fiziksel Özellikleri			Kimyasal Özellikleri						
	X	Y		Sıcaklık (°C)	PH	K (mg/l)	Na (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	CO ₃ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)
AFS-2	4257655	254334	1829	61.0	6.53	41.2	292	155	16	616	<10	476	100
AFS-9	4258055	254682	1904	69.0	6.47	43	257	151	51	634	<10	516	105
AFS-11	4258474	255724	1890	72.3	6.49	45	276	200	12	670	<10	484	109
AFS-12	4258904	257253	2130	77.6	6.59	47.6	340	201	16	695	<10	560	154
AFS-13	4259136	257421	2128	73.0	6.86	50	334	178	8	640	<10	554	118
AFS-14	4259219	258402	2017	73.9	6.53	50	328	164	17	598	<10	570	124
AFS-15	4259275	258858	2014	76.6	6.42	48.6	363	156	8	646	<10	565	111
Bld. Terfi	4259575	259800	498	18.4	7.35	15.7	21	71	12	158	<10	108	35
Eşanjör Çı.	-	-	1720	55.0	6.91	40	328	138	1.2	545	<10	485	93
Eşanjör Gi.	4257696	254205	1815	66.5	6.90	40	339	142	8	618	<10	475	125

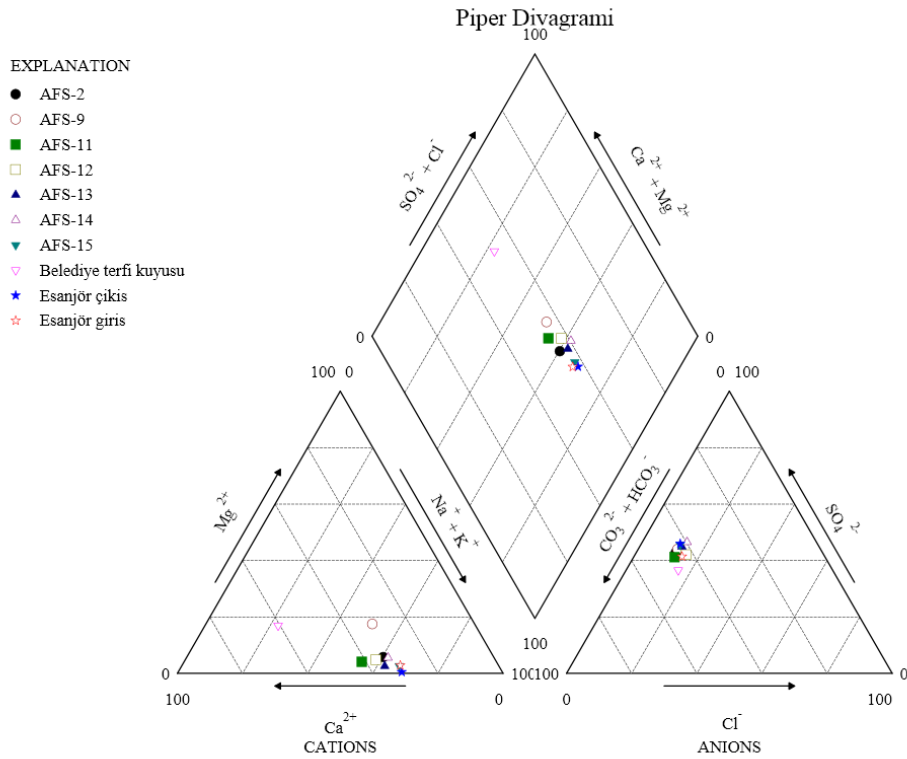
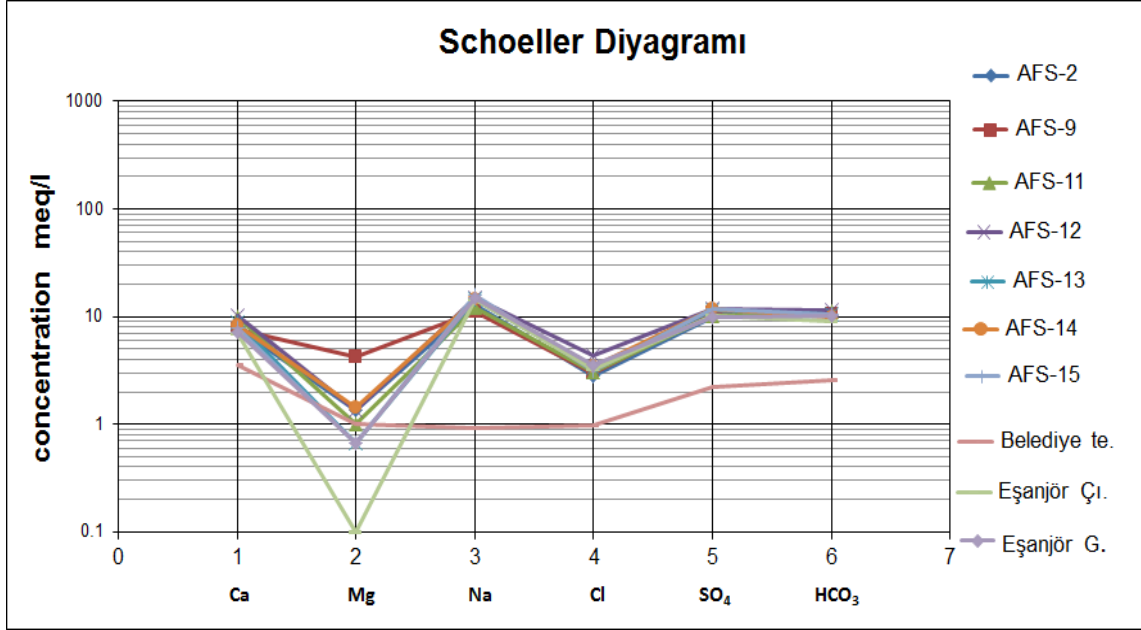
4.3.1 Suların kimyasal ve fiziksel özelliklerine korelasyonları

Sıcak su kaynaklarının litoloji ile ilişkileri ve dolaşım sisteminde geçirdiği hidrokimyasal süreçler ve birbirleri ile olan kökensel ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla sıcak su örneklerinin analiz sonuçları yarı logaritmik Schoeller diyagramı ve Piper diyagramı kullanılarak açıklanmaya çalışılmıştır. İnceleme alanında yapılan hidrojeokimyasal değerlendirmeler sonucunda soğuk suların hakim iyon diziliminin $\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} > \text{Mg}$ ve $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ [15], sıcak ve mineralli suların genel olarak hakim iyon diziliminin $\text{Na} + \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg}$ ve $\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > \text{Cl}$ şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Schoeller diyagramından elde edilen sonuca göre, inceleme alanında yer alan sıcak ve mineralli sular genel olarak Na-SO₄'lı sular sınıfına girmektedir. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların kimyasal özellikleri belirgin bir şekilde farklılık göstermektedir, soğuk sular Ca-HCO₃'lı sular sınıfına girmektedir [15]. (Çizelge 4.4).

İnceleme alanında yer alan sıcak ve soğuk sulara ait Piper diyagramı Şekil 4.4 'de yer almaktadır. Sıcak suların bu diyagramda aynı bölgede yer almaları, aynı kökenli olduklarını, dolayısı ile aynı rezervuardan geldiklerini göstermektedir.

Çizelge 4.4 İnceleme alanında yer alan bazı sıcak sulara ait Schoeller diyagramı



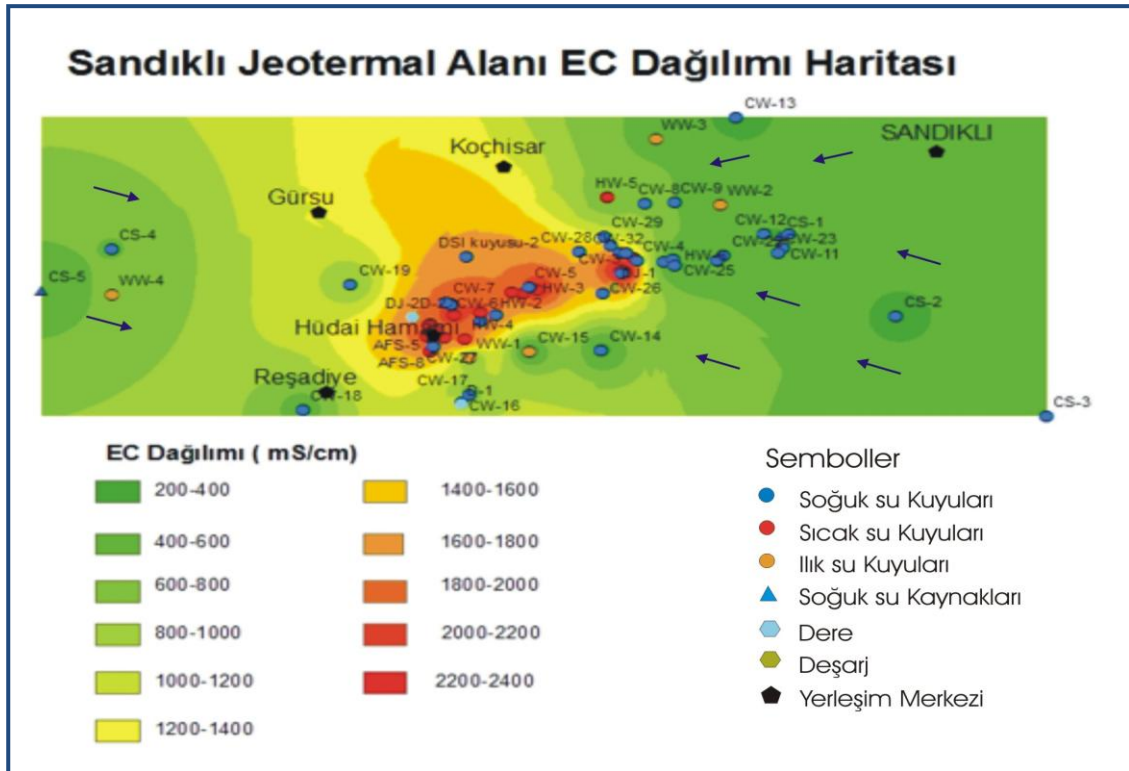
Şekil 4.4 İnceleme alanında yer alan bazı sıcak suların Piper diyagramında gösterimi

Sıcak suların kirlilik parametrelerinin analiz sonucuna göre, kirlilik yaratan NH₄, NO₂, B, PO₄ gibi organik kirlilik parametreleri ve Pb, Zn, Cu, Mn gibi ağır metal kirliliklerine rastlanılmamıştır.

Ancak AFS-11 ve AFS-2 kuyularının F (Flor) değerleri 3,74–4.58 mg/l arasında değişmektedir. Dolayısıyla bu değerler, içme suyu Flor sınırlarının üstündedir. Soğuk sulardan alınan örneklerde, organik ve ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır. Sahada bulunan soğuk sularda doğrudan sulamada kullanılması sakıncalı görülen B (bor) bulunmamaktadır [15].

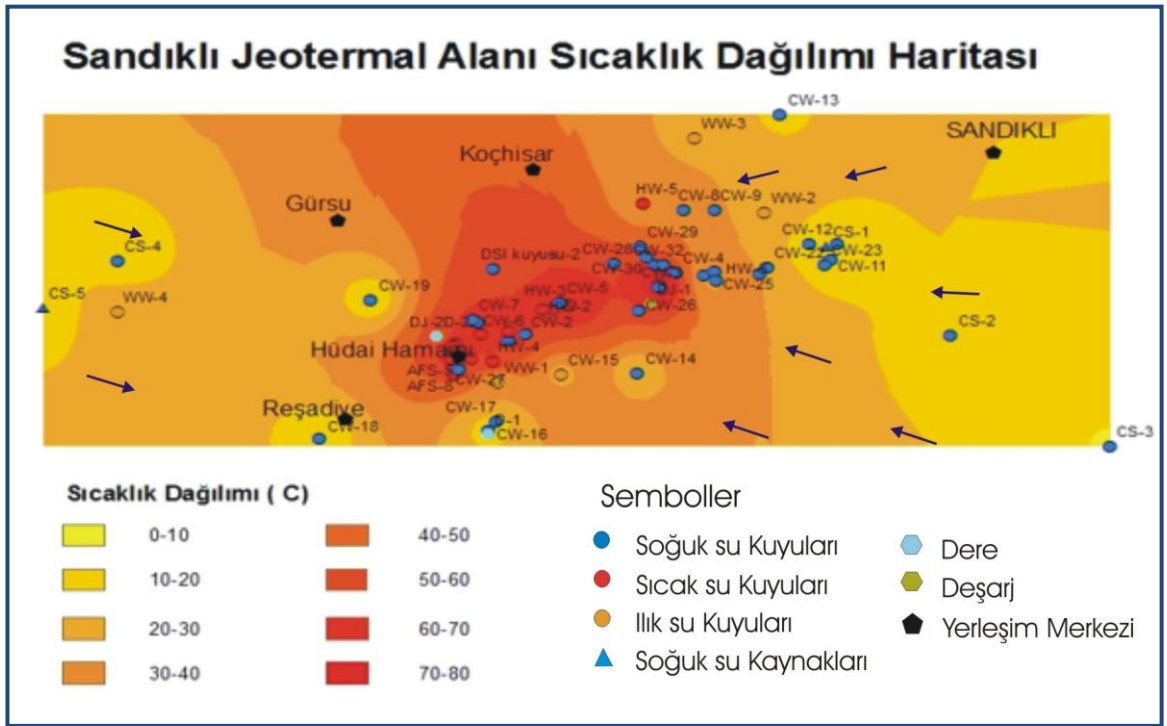
4.3.2 Suların ec ve sıcaklık dağılımı

Sandıklı jeotermal alanında yer alan kuyu ve kaynaklardan alınan sıcak ve soğuk su örneklerinin analiz sonuçlarına göre, alanın doğu, batı ve güney kesiminden alana doğru bir soğuk su girişi söz konusudur. Dolayısı ile büyük ihtimalle beslenme bu bölgelerden olmaktadır (Şekil 4.5). Bu bölgelerde açılan kuyularda sıcak suya rastlanmamıştır. Sıcak su kuyularının etrafında görülen kırmızı ve turuncunun tonları ile gösterilen bölge sıcak suyun bulunduğu bölgedir. Bu bölgede EC 1600–2400 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmektedir [15].



Şekil 4.5 Sandıklı jeotermal alanı EC dağılım haritası [15]

Sandıklı jeotermal alanındaki kuyulardan elde edilen bilgilere göre oluşturulan sıcaklık dağılımı Şekil 4.6.'da görülmektedir. Kırmızı renkle gösterilen sıcak su kuyularının etrafında en yüksek sıcaklıklı bölge görülmektedir. Turuncu renkle gösterilen ılık su kuyuları ise DSİ'den soğuk su ruhsatı alarak 200–300 m'lerden sıcak su alan kuyuları temsil etmektedir. Bu kuyulardan elde edilen suyun sıcaklığı 28–40°C arasında değişmektedir. EC dağılımını doğrular şekilde sıcaklık dağılımına göre de alanın doğu, güney ve batı kesiminden soğuk yeraltı suyu girişi olmaktadır. Turuncu ile gösterilen bölgede açılan kuyulardan ılık su elde edilmiştir. Bu durumda sıcak su-soğuk su karışımından da bahsedilebilir. Sahanın işletme koşulları değerlendirilirken, özellikle turuncu ile sınırlandırılan bölgede açılacak soğuk su kuyularında 200–300 m'nin altına inilmemesi, sıcak su-soğuk su akiferi arasındaki dengenin bozulmaması açısından önem taşımaktadır [15].



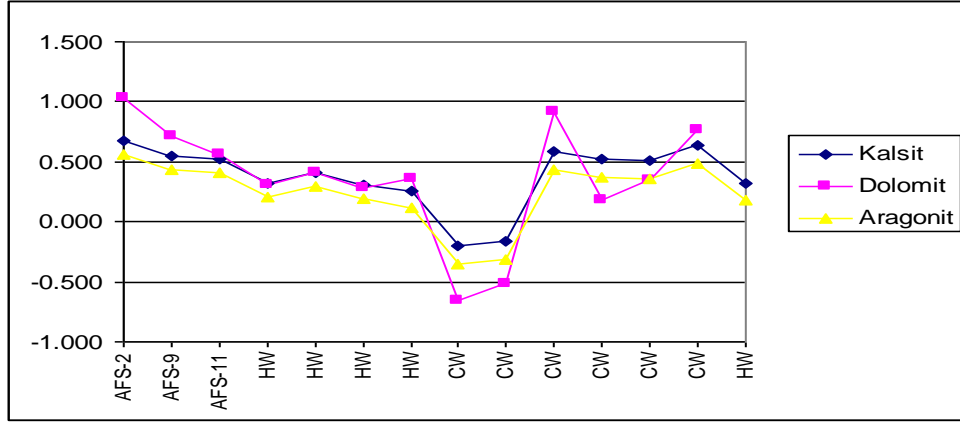
Şekil 4.6 Sandıklı jeotermal alanı sıcaklık dağılım haritası [15]

4.3.3 Doygunluk indisi çalışmaları

Bu çalışma kapsamında Afyon-Sandıklı jeotermal alanında yer alan termal suların mineral doygunluk durumlarının araştırılması amacıyla Wateq bilgisayar programı kullanılarak doygunluk indisi değerleri hesaplanmıştır. Buna göre, inceleme alanında

yer alan termal suların, kalsit, dolomit ve aragonit minerallerine doymun olduğu, bunun aksine jips, halit ve anhidrit minerallerine doymun olmadığı belirlenmiştir (şekil 4.8.). Bu durumda, termal suların silikat ve karbonat minerallerini şökeltmesi beklenebilir [15].

Çizelge 4.4 Jeotermal alanında yer alan sıcak suların mineral doymunluk durumları [15]



4.4 Çalışma Alanındaki Suları Tıbbi Jeolojik Özellikleri

Sandıklı yöresinin sıcak suları, halk tarafından da bilindiği üzere ağrılı sendromlara değerlendirile gelmiştir. Bu bölgede bulunan ve maden suyu karışımı ile oluşan çamurlar, maden suyunun ısısı ve diğer nitelikleri ile çamurun sıcadığını uzun zaman koruyan özelliği de taşımaktadır. Sandıklı havzasının kaynak suları genellikle romatizmalı hastalarda kullanılmaktadır. Özellikle yaşlılarda ve adetten kesilmiş kadınlarda görülen ve dejeneratif eklem romatizması diye adlandırılan cinslerde, yerleşme nerede olursa olsun su ve çamur uygulamaları değer kazanır. Uzun süre devam eden eklemlerde şekil bozuklukları ve eklem sıvısının artmasıyla kendini gösteren eklem hastalıklarıyla iltabi romatizma cinslerinde dikkatle tavsiye edilmektedir. Hastalığın faaliyet ve durgunluk devrelerine uyan eklemlerde sıvı toplanmadığı zamanlarda kireçlenmelerin hakim olduğu devrelerde müdahale uygundur. Eklemlerde sıvıların toplandığı ağrıların çok şiddetli olduğu kanda iltabi bulguların arttığı hastada hafif ateş, bitkinlik, solgun renk görüldüğu devrelerde ilaç tedavisine başvurulur, hasta kürlere gönderilmez, yumuşak kısım romatizmalarında da hastalığın alevli olmadığı devirlerde kür tavsiye edilir. Son olarak metabolik artritizlerin kriz devrelerinin dışında kalan örneğin gut artopatilerinde kriz artan devrelerde de sular endikasyon kazanır [27].

BÖLÜM V

HİDROTERMAL ALTERASYON

Jeotermal akışkan aramalarında kullanılan çalışmaların ilerleyişi diğer jeolojik araştırmalara benzer olarak;

- Büro çalışmaları,
- Saha çalışmaları,
- Laboratuvar çalışmaları,
- Değerlendirme ve modelleme çalışmaları,
- Sondaj çalışmaları,
- Fizibilite çalışmaları,
- Üretim çalışmaları şeklinde gelişmektedir.

Jeotermal kaynak aramaları için yukarıda verilen çalışmalar altında birtakım özel çalışmalar da yapılmaktadır. Bu çalışmaların başında Hidrotermal Alterasyon Çalışmaları (HAS) gelmektedir. Hidrotermal alterasyon çalışmaları, yukarı verilen çalışma aşamalarından fizibilite çalışmaları hariç, tüm aşamalarda belirleyici bir rol oynamaktadır [28].

Jeotermal akışkan aramalarında dikkate alınan kriterlerden, en önemlisi ve yol göstericisi hidrotermal alterasyon olup Japonya, İtalya ve Yeni Zelanda gibi jeotermal enerjiden büyük ölçüde yararlanan ülkelerde, elektrik enerjisi üretimine yönelik bazı jeotermal alanlar bu çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır [29].

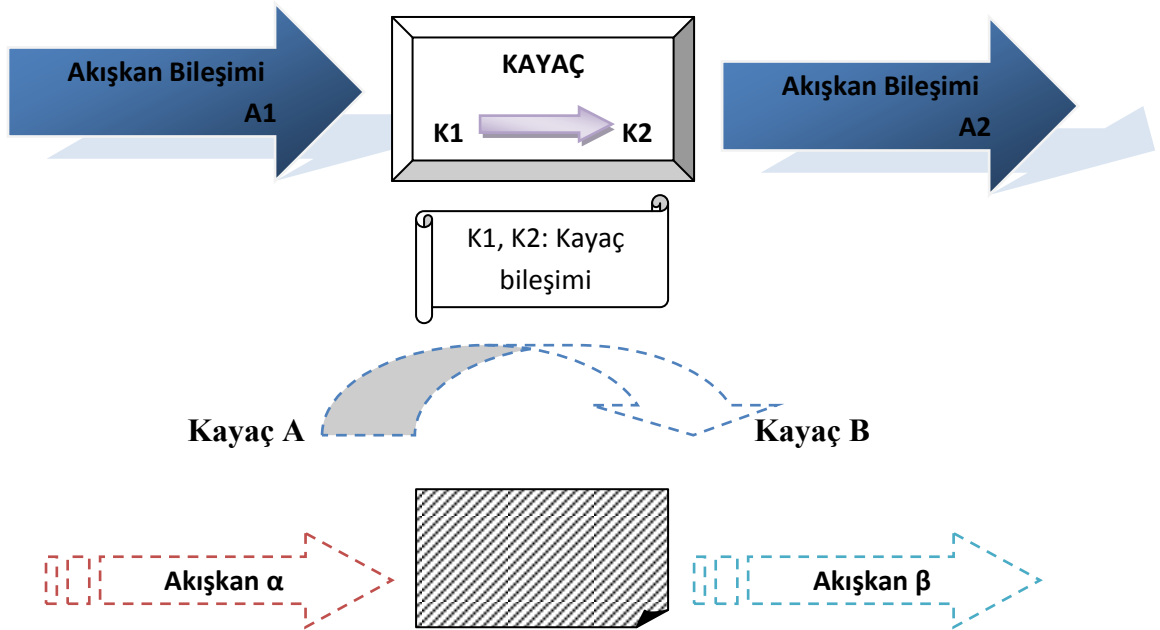
Yer kabuğunun göreceli sığ kesimlerindeki kayaçların, içlerinde dolaşan ısı yüklü akışkanlarla (hidrotermal) etkilenmesi sonucu oluşan kimyasal ve mineralojik faz değişimleri “hidrotermal alterasyon” olarak tanımlanmaktadır. Bunun sonucunda oluşan mineraller ise “hidrotermal alterasyon mineralleri” olarak adlandırılmaktadır [28, 29, 30].

Hidrotermal alterasyonun oluşabilmesi için gerekli şartların başında su gelir. Alterasyon süreçlerindeki suyun kaynağı (deniz veya okyanus suyu, yeraltı suyu, akarsu, tüm yüzey suları vb.) hangi tür olursa olsun, alterasyon gerçekleşebilir [29,31].

5.1 Hidrotermal Alterasyonun Oluşum Mekanizması

Hidrotermal alterasyon oluşumu, aşağıda verilen faktörlere bağlı olarak jeotermal akışkan ile kayaçların etkileşimi sonucu (su-kayaç ilişkisi) değişen şiddet(yoğunluk) ve derecelerde oluşabilmektedir [28, 29, 30,32].

- Akışkanın sıcaklığı
- Akışkan kimyası
- Kayaç tipi
- Kayaç kimyası
- Porozite
- Permeabilite
- Litostatik basınç
- Hidrostatik basınç
- Zaman



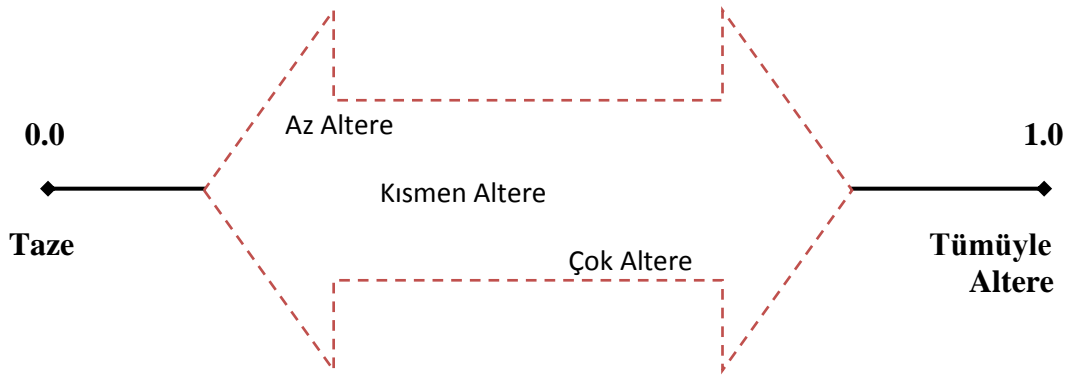
Şekil 5.1 Hidrotermal Alterasyon oluşum mekanizması [28]

Şekilde görüldüğü üzere hidrotermal alterasyon sonucunda,

- Kayaç kimyası
- Akışkan kimyası büyük ölçüde değişikliğe uğramaktadır. Bu değişiklikler sonucu oluşan HAS genellikle isokimyasal olmasına karşın kimyasal anlamda denge tam anlamı ile sağlanamaz [28].

5.2 Alterasyon Yoğunluğu (Ay)

Alterasyon yoğunluğu, kayacın alterasyondan ne kadar etkilendiğini gösterir. Alterasyondan hiç etkilenmemiş kayacın alterasyon yoğunluğu, $Ay = 0.0$, tamamen alterasyona uğramış kayaç oluşturan minerallerin alterasyon yoğunluğu ise $Ay = 1.0$ 'dir [28, 29].



Şekil 5.2 Alterasyon şiddeti ve/veya yoğunluğu [28]

Alterasyon yoğunluğu arazide,

- Tümüyle altere zon
- Büyük yoğunluğu altere zon
- Kısmen altere zon
- Az altere zon
- Altere olmayan zon (Taze zon) olarak ayrılır [29].

5.3 Alterasyon Derecesi (Ad)

Hidrotermal alterasyon sonucu oluşan minerallerin verdiği rakamsal değerdir [28, 29].

Çizelge 5.1 Alterasyon derecesine örnek [28, 29]

MİNERAL	DERECE (°C)
Morderit	120
İllit	220
Prehnit	220
Epidot	250

5.4 Hidrotermal Alterasyon Minerallerinin Oluşum Tipleri

5.4.1 Doğrudan çökelim

Jeotermal akışkanın fiziksel ve kimyasal koşullarının değişmesi ile oluşur. Kırık, çatlak ve fay zonlarında gelişme gösterir. Kuvars, kalsit ve anhidrit başta olmak üzere, adularya, epidot, fluorit, hematit, illit, klorit, laumontit, montmorillonit, morderit, prehnit, pirit, piritotit ve vayrakit mineralleri oluşur [28, 29].

5.4.2 Dönüşüm

Kayaç bünyesinde yer alan birincil mineraller sistem içinde akışkanın etkisiyle duraylılığını kaybederek yeni minerallere dönüşürler. Oluşan bu yeni mineraller o sistem içinde duraylıdır. Sistemin sıcaklık, basınç, pH ve Eh gibi koşulları değiştiğinde farklı yeni mineraller oluşur [28, 29].

Örneğin volkanik cam; zeolitler, kristobalit, kuvars, kalsit ve kil minerallerine, magnetit/ilmenit/titanomagnetit; piroksen, lökoksen, titanit, pirotit ve hematite, piroksen/amfibol/olivin/biyotit; klorit, illit, kuvars, kalsit ve anhidrite, kalsik plajiyoklas; kalsit, albit, adularya, klorit ve illite dönüşür [28, 29].

5.4.3 Çözünme ve yıkanma

Bu oluşum jeotermal sistemlerin kenar zonlarında oluşur. Sondajlardan alınan kırıntı ve karot örneklerinde gözlenmeyebilir. Buhar yoğunlaşması olduğu, H₂S' ün oksitlenmesi ile asidifiye olan ortamlarda kayaçlar aşındırılarak birincil mineralleri çözülür. Ortaya çıkan bu boşluklar başka minerallerle doldurulmaz [28, 29].

5.4.4 Fırlatma

Kuvars, wairakit vb. bazı mineraller sondajla bu minerallerin bulunduğu çatlaklara girildiğinde fırlatılırlar. Bu tür minerallerin kaynama zonundaki türbülans dolayısı ile oluştuğu düşünülmektedir [28, 29].

5.5 Hidrotermal Alterasyon Tipleri

Alterasyon yoğunluğu ve derecesine bağlı olarak oluşan minerallerin birlikteliklerine göre alterasyon tipleri aşağıdaki şekilde ayrılmaktadır: [33].

1. Propilitik (Klorit, Epidot, Aktinolit).
2. Serisitik (Serisit)
3. Potasik (Biyotit, K-feldispat, Adularya)
4. Albitik (Albit)
5. Silisifikasyon (Kuvars)
6. Karbonizasyon (Karbonat mineralleri)
7. Alunitik (Alunit)
8. Arjillik (Kil Mineralleri)
9. Zeolitik (Zeolit Mineralleri)
10. Serpantinleşme (Serpantin, Talk)
11. Oksidasyon (Oksit mineralleri) [33].

5.5.1 Propilitik alterasyon

Ana mineralleri klorit, epidot, albit, epidot (kalsit, dolomit, ankerit) tir. Zaman zaman serisit, pirit, manyetit ve daha az oranda da zeolitler bulunabilir. Genelde propilitik

alterasyonun yayılımı çok geniştir ve maden yatağı aramalarında kullanışlı bir faktördür. Andezitik-diyoritik yankayaçlarda yaygındır. Porfiri bakır yataklarında diğer alterasyon kuşaklarını çevreler [33].

5.5.2 Serisitik alterasyon

Ana mineralleri serisit ve kuvarstır. Bu minerallere sık sık pirit de eşlik eder. Potasyumca fakir yan kayaçlara dışarıdan potasyum getirimi olursa serisitleşme ortaya çıkar. İkincil K-feldispat ve/veya biyotitin oluşumu ile serisitleşme potasik alterasyona geçiş gösterir. Florca zengin ortamlarda serisitle birlikte topaz, zünyit ve kuvars da bulunursa bu alterasyon türüne greyzenleşme adı verilir. Serisitleşme porfiri bakır yataklarında yaygın olarak görülür [33].

5.5.3 Potasik alterasyon

Ana mineralleri K-feldispat ve/veya biyotittir. Klorit ve anhidrit yer yer önemli olabilir. Porfiri bakır yataklarında yaygın olarak görülür ve alterasyon kuşaklarının merkezinde yer alır [33].

5.5.4 Albitik alterasyon

Ana mineraller albit, klorit ve muskovittir. Ayrıca değişen oranlarda biyotit içerebilir [33].

5.5.5 Silisifikasyon

Altere kayaçta kuvars ve kriptokristalin silika (çört-opalin silika) oranının yükselmesidir. Kayaçta silika oranının yükselmesi çözeltiler tarafından getirilen veya diğer silikat minerallerinin alterasyonu sonucu açığa çıkan silika nedeniyle olabilir. Porfiri Mo-Cu, Pb-Zn, Florit, Barit ve Altın yataklarında yaygın olarak görülür [33].

5.5.6 Karbonizasyon

Missisipi tipi kurşun-çinko yataklarında kireçtaşlarının dolomitleşmesi veya damar tipi yataklarda silikat kayaçlarının ankeritleşmesi şeklinde görülür. Özellikle damar tipi altın yataklarında yaygın olarak görülür. Bu alterasyon tipinde görülen başlıca mineraller; ankerit, serisit, albit, kuvars, pirit ve arsenopirittir [33].

5.5.7 Alunitik alterasyon

Yankayacın alunitçe zenginleşmesidir [33].

5.5.8 Arjilik alterasyon

5.5.8.1 İleri arjilik alterasyon

Başlıca mineralleri: dikit-kaolinit ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$), profillit ($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$) ve kuvars. Diğer taraftan serisit, alunit ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$), pirit, turmalin, topaz, zunyit ($Al_{13}Si_5O_{20}(OH, F)_{18}Cl$) ve yüksek sıcaklıklarda andaluzit bulunabilir [33].

Bu bozunma türünde baz metal yataklarında, sıcak su kaynakları ortamlarında ve sığ derinliklerdeki kıymetli metal yataklarında rastlanır. İleri arjilik alterasyonda alkaliler ve kalsiyum alüminyumlu silikatlardan uzaklaşır. Minerallerden alüminyum da uzaklaştırıldığı durumlarda silisleşme ve dışarıya doğru serisitleşmeye geçilir [33].

5.5.8.2 Orta arjilik alterasyon

Ana mineralleri kaolin ve montmorillonit mineralleridir. Bunlara amorf kil (allofan) de eşlik edebilir ve bu mineraller plajiyoklazların alterasyonları sonucu oluşurlar. Bu alterasyon türünde sülfid minerallerinin miktarı genelde önemli değildir. Orta arjilik alterasyon dışı doğru propilitik alterasyona geçebilir [33].

5.5.9 Zeolitik alterasyon

Ana mineralleri kalsit, epidot ve wairakittir. Daha az oranlarda da klorit, albit, illit-smektit, montmorillonit ve epidot içerebilir. Epitermal sistemlerin etrafında geniş oranlarda gözlenen bir alterasyon türüdür. Alterasyonda zeolit oranının azalması alterasyon derinliğinin ve sıcaklığının arttığını gösterir [33].

5.5.10 Serpantinleşme

Serpantinleşme ve buna eşlik eden talk oluşumu hem ultrabaziklerde hem de kireçtaşlarında olabilir. Bazı altın ve nikel yatakları için tipik bir alterasyon türüdür. Bu alterasyon türü kireçtaşlarında gözleniyorsa kayaca dışarıdan SiO_2 ve H_2O ve sık olarak da Mg getirimi var demektir [33].

5.5.11 Oksidasyon

Pirit, hematit gibi oksit minerallerinin oluştuğu türdür [33].

5.6 Hidrotermal Alterasyon Sonucu Rezervuar Kayaçtaki Fiziksel Değişimler

5.6.1 Yoğunluk

Akışkandan doğrudan çökelen mineraller kayacın yoğunluğunu artırır. Yıkama sonucu ise kayacın yoğunluğu azalır. Silisleşme yoğunluğu artırır, kil minerallerinin oluşumu yoğunluğu azaltır. Andezin wairakite dönüştüğünde yoğunluk azalır, epidota dönüştüğünde ise yoğunluk artar [28, 29].

5.6.2 Porotize ve permeabilite

Yıkama dışında oluşan alterasyon mineralleri poroziteyi artırır. Hidrotermal alterasyonun permeabiliteye etkisi feldispatlarda gözlenir. Permeabilitenin artması ile feldispatların yapısı değişir [28, 29].

5.6.3 Manyetik özellikler

Taze volkanik kayalar az miktarda da olsa magnetit, titanomagnetit içerirler, birincil mineraller manyetik özellik taşır ve kayaca önemli ölçüde manyetizasyon verirler. Alterasyon sonucu oluşan manyetik mineraller nonmanyetik özellik taşır. Magnetit; pirit ve hematite, titanomagnetit; lökoksene ve sfene dönüşür. Kayacın demanyetize olmasına neden olur [28, 29].

5.6.4 Rezistivite

Alterasyon sonucu formasyonda oluşan kil mineralleri, zeolit ve suyun varlığı rezistiviteyi düşürür [28, 29].

5.7 Hidrotermal Alterasyon Sonucu Rezervuar Kayaçtaki Kimyasal Değişimler

Dönüşüm, yıkanma ve doğrudan çökeltme sonucu kimyasal değişiklikler meydana gelir. Temel okside elementler de farklı davranışlar olur. SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , Na_2O kayaca ilave olur veya kayacıtan ayrılır. K_2O , CO_2 , SO_3 kayaca ilave olur, TiO_2 , MnO , P_2O_5 'de değişiklik olmaz (Çizelge 5.2) [28, 29].

Çizelge 5.2 Bir jeotermal rezervuarda hidrotermal alterasyon işlemleri sırasında ana element oksitlerin tipik davranışları [32]

Oksitler	Tipik Davranışı	Oksit veya Bileşenleri İçeren Hidrotermal Mineraller
SiO_2	Eklenme	Kuars, kristobalit, silikatlar
TiO_2	Değişmez?	Sfen, lökoksene
Al_2O_3	Eklenme ve taşınma	Çoğu silikatlar, bazı oksitler
Fe_2O_3	Eklenme ve taşınma	Klorit, pirit, pirotit
FeO		Siderit, epidot, hematit
MnO	Değişmez?	
MgO	Taşınma	Klorit, biyotit

Çizelge 5.2'nin devamı

CaO	Eklenme ve taşınma	Kalsit, varakit, epidot, sfen, prehnit, anhidrit, , fluorit, montmorillonitdiğer zeolitler, vollastonit
Na ₂ O	Eklenme ve taşınma	Albit
K ₂ O	Eklenme	Adularya, illit, alunit, biyotit
CO ₂	Eklenme	Kalsit, siderit
S, SO ₃	Eklenme	Anhidrit, alunit, pirit, pirotit, barit
H ₂ O	Eklenme	Bütün killer, epidot, prehnit, bütün zeolitler, diyaspor, pirofillit, amfiboller
P ₂ O ₅	Değişmez veya eklenme	Apatit
Cl	Taşınma	
F	Eklenme veya değişmez	Fluorit

5.8 Hidrotermal Alterasyon ve Sıcaklık

Hidotermal alterasyon sonucu oluşan minerallerin sıcaklık değerleri Çizelge 5.3. deki gibidir.

Çizelge 5.3 Hidrotermal Alterasyon Mineralleri ve Sıcaklık [28, 29]

Mineral	Sıcaklık (°C)
Şabazit	70
Mesolit (Natrolit)	90
Stilbit	110
Kaolinit	120 (Asidik)
Simektit	140 (Nötral)
Klorit	230-250 (Alkali)
Biyotit	325

5.8.1 Zeolit mineralleri

Oluşumları sıcaklık ile yakından ilişkilidir. 110 °C altındaki sıcaklıkta zeolitler iyi veri sağlamaktadır. Şabazit 70 °C, mesolit 90 °C ve stilbit 110 °C' yi belirtir [28, 29].

5.8.2 Kaolin grubu (asidik)

Engebeli arazilerdeki jeotermal sistemlerde, sistemden yükselen buhar ve yoğunlaşmış buhar ile birlikte aşağı doğru süzülen yüzey sularının karıştığı kalın bir asidik zon bulunur. Bu zonda oluşan kil mineralleri çoğunlukla kaolin grubu mineralleridir. Kaolinit 120 °C, kaolinit-dikit 120–180 °C ve dikit-pirofillit 210–230 °C'yi gösterir [28, 29].

5.8.3 Simektit-İllit grubu (nötral pH)

Volkanik camın montmorillonite dönüşmesi 140 ° C'yi, Ca-montmorillonitin Ca-montmorillonit-illite dönüşmesi 140–180 ° C'yi, Ca-montmorillonit-illitin illite dönüşmesi ise 220 ° C'yi ifade eder. Bu dönüşümler X_{RD} de sıvı, glikol ve fırınlanmış çekimler ile tespit edilir [28, 29].

5.8.4 Klorit grubu (alkali pH)

Jeotermal sahalarda bol bulunmalarına karşın sıcaklık gösterim aralıkları oldukça geniştir. Simektit-klorit ara tabakalı olanlar 230-250 ° C'yi, şişme özelliğini kaybeden kloritler ise 270 ° C'yi gösterir [28, 29].

5.8.5 Biyotit

Alterasyon minerali olarak nadir bulunur. Kayaç oluşturan minerallerden donuk rengi ile ayrılır ve 325 ° C'yi gösterir [28, 29].

Çizelge 5.4 Sık rastlanan alterasyon mineralleri ve kimyasal formülleri [33]

MİNERAL	KİMYASAL FORMÜL
Aktinolit	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}]$
Adularya	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
Albit	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
Alunit	$\text{KAl}_3[(\text{OH})_6/(\text{SO}_4)_2]$

Çizelge 5.4'ün devamı	
Andaluzit	$Al_2[O/SiO_4]$
Anhidrit	$CaSO_4$
Apatit	$Ca_5[(F,OH,Cl)/(PO_4)_3]$
Barit	$BaSO_4$
Biyotit	$K(Mg,Fe)_3[(OH)_2AlSi_3O_{10}]$
Brusit	$Mg(OH)_2$
Diyaspor	$AlOOH$
Dolomit	$CaMg(CO_3)_2$
Dumortiyerit	$(Al,Fe)_7[O_3/BO_3/(SiO_4)_3]$
Epidot	$Ca_2(Fe,Al)Al_2[O/OH/SiO_4/Si_2O_7]$
Florit	CaF_2
Granat	$R_3Z_2[SiO_4]_3$
Hematit	Fe_2O_3
İllit	$(K,H_3O)Al_2[(OH)_2/AlSi_3O_{10}]$
Kalsit	$CaCO_3$
Kaolinit	$Al_2[(OH)_4/Si_2O_5]$
Klinopiroksen	$(Ca,Mg,Fe,Ti,Al)_2[(Si,Al)_2O_6]$
(Diyopsit-Ojit)	
Klorit (Ortoklorit)	$(Mg,Fe,Al)_6[OH_8/AlSi_3O_{10}]$
(Leptoklorit)	$(Mg,Fe)_54(Al-Fe)_2[(OH)_8/AlSi_3O_{10}]$
Kloritoyit	$Fe_2Al_4[(OH)_4/O_2/(SiO_4)_2]$
Kordiyerit	$(Mg,Fe)_2Al_3[AlSi_5O_8]$
Kuvars	SiO_2 (mikro-kriptokristalin)
Kuvars(kristalin)	SiO_2
Manyetit	Fe_3O_4
Manyezit	$MgCO_3$
Muskovit	$KAl_2[(OH,F)_2/AlSi_3O_{10}]$
Plajiyoklaz	$Na[AlSi_3O_8] \leftrightarrow Ca[Al_2Si_2O_8]$
Potasyum Feldispat	
(Ortoklaz)	$K[AlSi_3O_8]$
Pirit	FeS_2
Pirofillit	$Al_2[(OH)_2/Si_4O_{10}]$
Rutil	TiO_2

Çizelge 5.4'ün devamı	
Serisit	
(ince taneli muskovit)	$KAl_2[(OH,F)_2/AlSi_3O_{10}]$
Serpantin	$Mg_6[OH_8/Si_4O_{10}]$
Siderit	$FeCO_3$
Skapolit	$(Na,Ca)_8[(Cl_2,SO_4,CO_3)_2/Al_2(Si_2,3O_8)_6]$
Smektit	
(montmorillonit)	$Al_{1,67}Mg_{0,33}[(OH)_2/Si_4O_{10}]Na_{0,33}(H_2O)_4]$
Talk	$Mg_3[(OH)_2/Si_4O_{10}]$
Titanit	$CaTi[O/SiO_4]$
Topaz	$Al_2[(F, OH)_2SiO_4]$
Turmalin	$NaFe_3(Al,Fe)_6[(OH)_4/(BO_3)_3/Si_6O_{18}]$
Vezüviyanit	$Ca_{10}(Mg,Fe)_2Al_4[(OH)_4/(SiO_4)_5/Si_2O_7)_2]$
Vairakit	$Ca[AlSi_2O_6]_2H_2O$
Vollastonit	$CaSiO_3$
Zunyt	$Al_{12}[AlO_4/(OH,F)_{18}Cl/Si_5O_{16}]$

BÖLÜM VI

BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1 AFS – 14 No.'lu Kuyuya Ait Jeotermal Sondaj Sırasındaki Bulgular

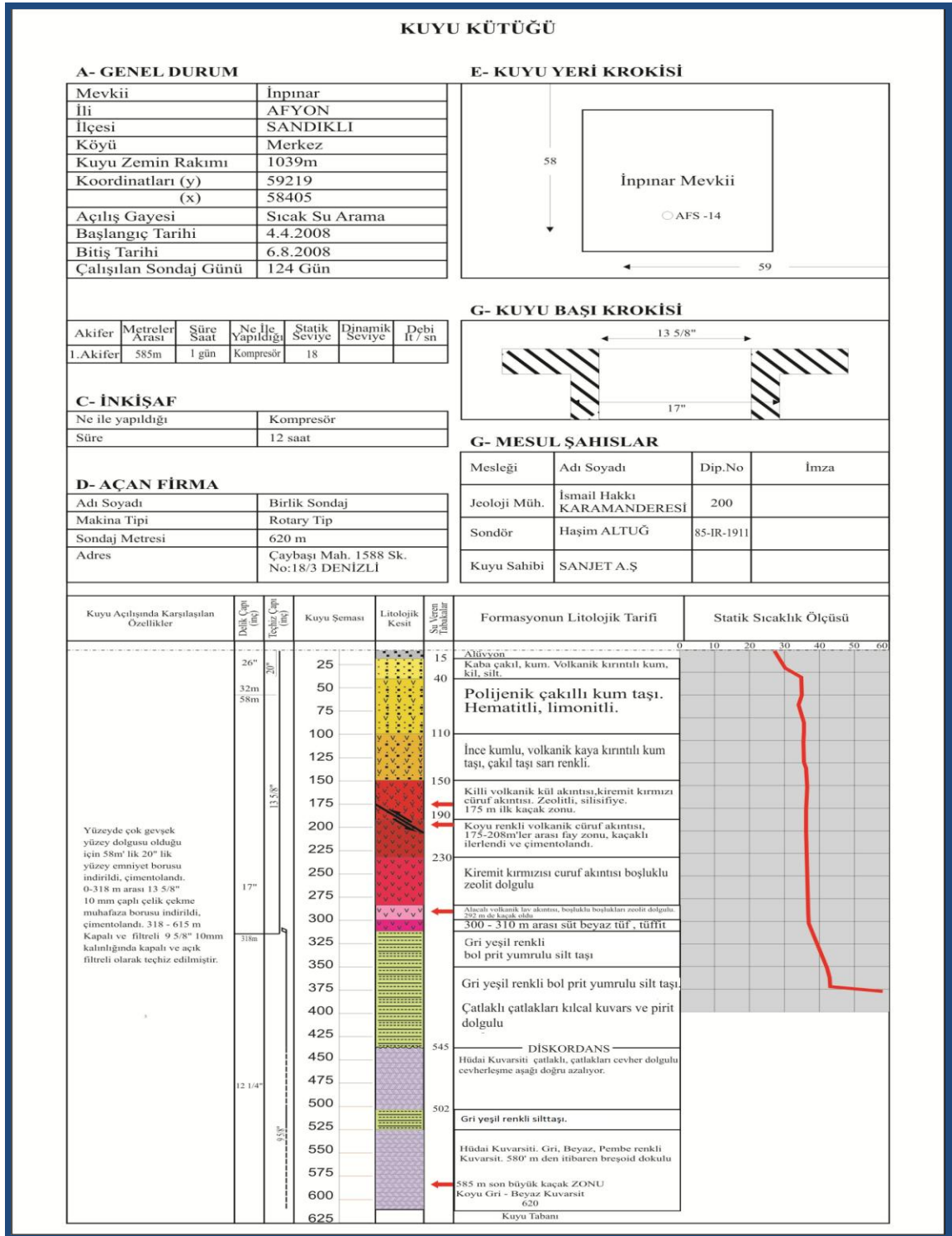
Afyonkarahisar Sandıklı SANJET Jeotermal Isıtma, Termal Turizm Seracılık San. Tic. A. Ş. tarafından işletilmekte olan Sandıklı ısıtma sisteminin sıcak su temin amacı ile yapılan AFS-14 no.lu sondaj [13] önderliğinde, İnpınarı Mevkiinde 04.04.2008 tarihinde 20” çapla delinmeye başlanılmıştır.

Kuyu jeolojisi, sondajdan 1m aralıklarla alınan numunelerin kuyu başında binoküler mikroskop (Nikon 64114) ile yerinde [13] tarafından çalışılmıştır.

Kuyuya ait özet bilgiler aşağıdaki gibidir; [13]

Mevkii	: İnpınarı Mevkii
Kuyu No	: AFS-14
Kuyu Tipi	: Sıcak Su Arama Kuyusu
Kule Tip	: Denizli Yerli yapım Rotary tip.
Zemin Rakımı	: 1039 m
X Uzanımı	: 0258405 D
Y Uzanımı	: 4259219 K
Son Derinlik	: 620 m
Başlangıç tar.	: 04.4.2008
Bitiş tar.	: 06.08.2008
Sondaj Günü	: 124 gün
Muhafaza Boruları	: 0.00 – 58. 00 m. 20” kaynaklı kapalı. Dışı çimentolu. 0.0 —381.00 m, 13 5/8” (356 mm) çaplı çelik çekme muhafaza borusu. Dıştan yüzeye kadar enjeksiyon çimentolu. 380.00 – 620.00 m ler arası 7 mm et kalınlıklı, kapalı ve filtreli 240 m boru kuyu dibine bırakılmıştır. Ortalayıcı ve kuyu dibinde ağaç klavuz (Flott shoe) var.
Sonuç	: Kompresör üretiminde ölçülen 79 ⁰ C sıcaklıklı akışkan üretildi. Pompa testi olmadığı için gerçek debi verilmemiştir.

Kuyunun jeolojik istifi aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.1 AFS – 14 no.lu kuyuya ait kuyu kütüğü [13]

Kuyuya ait basınç ve sıcaklık değerleri Çizelge 6.1.'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 AFS – 14 no.'lu kuyuya ait basınç ve sıcaklık değerleri [13]

DERİNLİK (m)	BASINÇ(kg/cm²)	SICAKLIK (°C)
0	0	28,727
10	0	29,842
20	0	30,870
30	0,879	34,177
40	2,100	34,284
50	3,363	34,322
60	4,723	33,735
70	5,835	34,041
80	6,956	34,605
90	8,310	34,760
100	9,670	34,650
110	10,876	34,815
120	12,124	34,836
130	13,090	35,097
140	14,536	35,152
150	15,618	35,279
160	16,836	35,291
170	17,955	35,272
180	19,230	35,197
190	20,468	35,197
200	21,737	35,207
210	22,932	35,300
220	24,029	35,336
230	25,382	35,391
240	26,645	35,404
250	27,642	35,414
260	28,727	35,416
270	30,183	35,460

Çizelge 6.1'in devamı

280	31,226	35,523
290	32,590	35,542
300	33,801	35,841
310	34,921	36,368
320	36,231	37,131
330	37,420	37,961
340	38,589	38,770
350	39,822	39,418
360	41,008	39,891
370	42,182	40,060
375	42,240	51,052

6.2 Mineralojik ve Jeokimyasal Bulgular

Afyon-Sandıklı jeotermal alanında bulunan suların MTA tarafından 2010 Mart ayında kaynak başında ölçülen bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 6.2'de gösterilmiştir. Çizelge 6.2'de görüldüğü üzere sıcak suların pH değerleri 6.42 ile 6.90 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre, Sandıklı sıcak su kaynakları asidik karakter taşımaktadır. Çizelge 6.3.'te ise yapılan gaz ölçümlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.2 AFS- 14 no.lu kuyuya ve çevredeki bazı kuyulara jeotermal alanda yapılan fizikokimyasal ölçümler ve majör anyon-katyon analiz sonuçları

Kuyu Adı	Koordinatları		ec (µm ho /cm)	Fiziksel Özellikleri			Kimyasal Özellikleri						
	X	Y		Sıc. (°C)	PH	K (mg/l)	Na (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	CO ₃ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)
AFS-2	4257655	254334	1829	61.0	6.53	41.2	292	155	16	616	<10	476	100
AFS-9	4258055	254682	1904	69.0	6.47	43	257	151	51	634	<10	516	105
AFS-11	4258474	255724	1890	72.3	6.49	45	276	200	12	670	<10	484	109
AFS-12	4258904	257253	2130	77.6	6.59	47.6	340	201	16	695	<10	560	154
AFS-13	4259136	257421	2128	73.0	6.86	50	334	178	8	640	<10	554	118
AFS-14	4259219	258402	2017	73.9	6.53	50	328	164	17	598	<10	570	124
AFS-15	4259275	258858	2014	76.6	6.42	48.6	363	156	8	646	<10	565	111
Bld. Terfi	4259575	259800	498	18.4	7.35	15.7	21	71	12	158	<10	108	35
Eşanjör Çl.	-	-	1720	55.0	6.91	40	328	138	1.2	545	<10	485	93
Eşanjör Gi.	4257696	254205	1815	66.5	6.90	40	339	142	8	618	<10	475	125

Çizelge 6.3 Afyonkarahisar – Sandıklı jeotermal alanında yer alan bazı kuyularda 29.09.2010 tarihinde yapılan gaz ölçümlerinin sonuçları

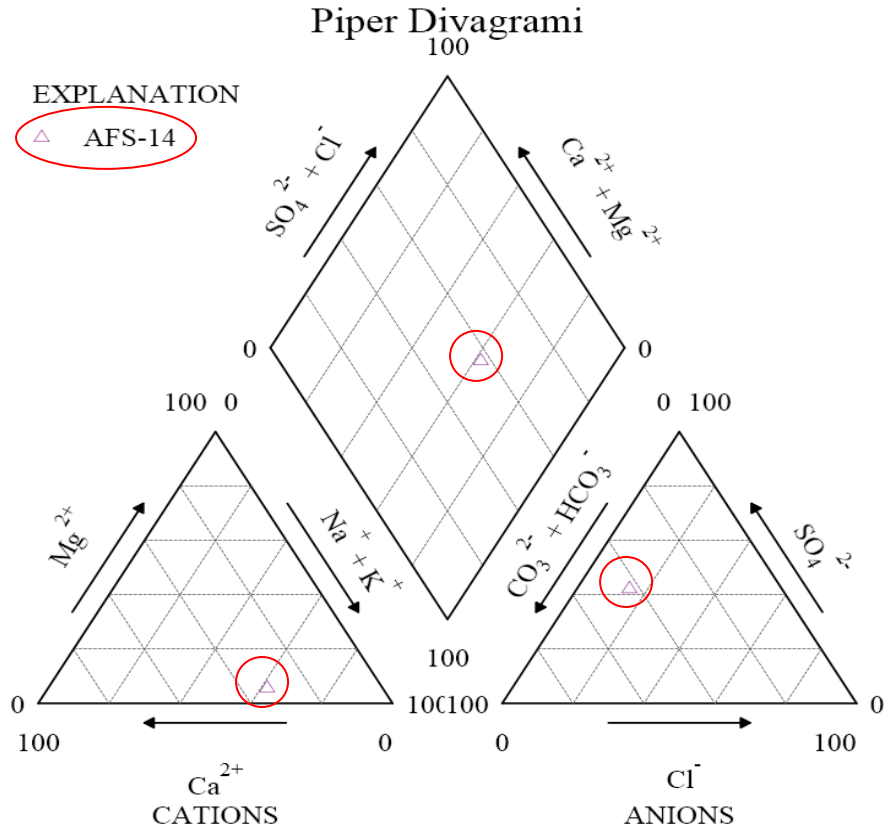
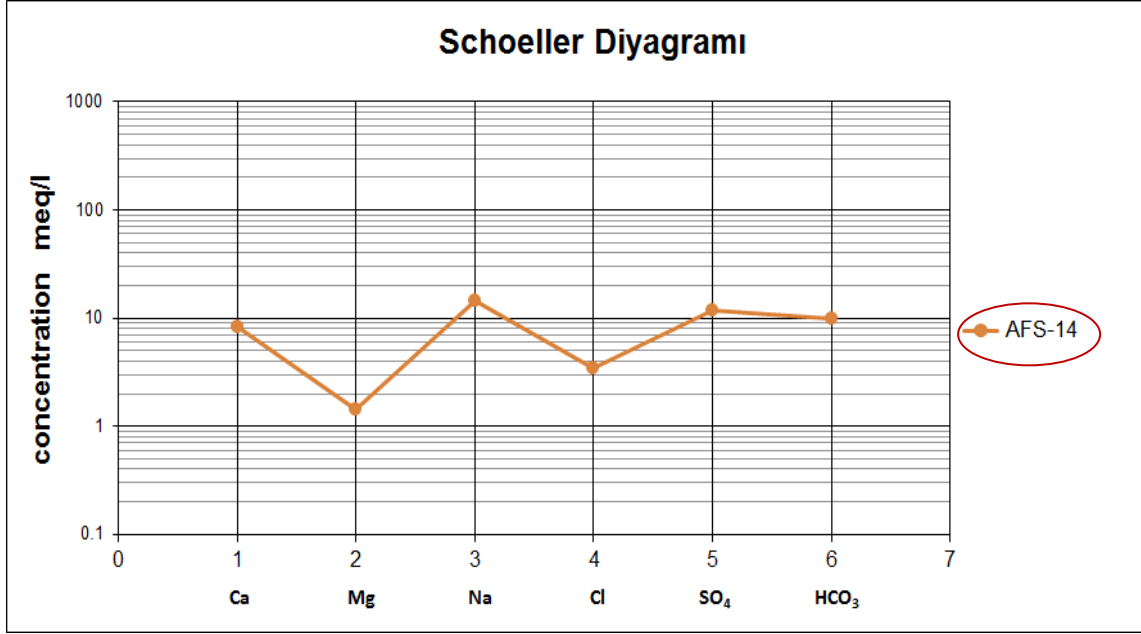
Kuyu Adı	Analiz Tarihi	Koordinatlar (x) (y)		O ₂ (%)	N ₂ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	H ₂ S (ppm)
AFS-2	29.09.2010	4257655	254334	10.1	66.8	23.1	0.0	0.0
AFS-9	29.09.2010	4258055	254682	13.6	45.7	40.7	0.0	0.0
AFS-11	29.09.2010	4258474	255724	10.8	21.7	67.5	0.0	0.0
AFS-12	29.09.2010	4258904	257253	0.9	2.2	96.9	0.0	0.0
AFS-13	29.09.2010	4259136	257421	10.3	22.5	67.2	0.0	0.0
AFS-14	29.09.2010	4259219	258402	0.1	3.4	96.5	0.0	0.0
AFS-16	29.09.2010	4259280	258855	4.6	11.8	83.6	0.0	0.0

Sıcak su kaynaklarının litoloji ile ilişkileri ve dolaşım sisteminde geçirdiği hidrokimyasal süreçler ve birbirleri ile olan kökensel ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla sıcak su örneklerinin analiz sonuçları yarı logaritmik Schoeller diyagramı ve Piper diyagramı kullanılarak açıklanmaya çalışılmıştır. İnceleme alanında yapılan hidrojeokimyasal değerlendirmeler sonucunda soğuk suların hakim iyon diziliminin Ca > Na+K > Mg ve HCO₃ > SO₄ > Cl, sıcak ve mineralli suların genel olarak hakim iyon diziliminin Na+K > Ca > Mg ve SO₄ > HCO₃ > Cl şeklinde olduğu belirlenmiştir. (Oğuz, A. Sandıklı’da bulunan bazı Jeotermal kuyularının işletme faaliyet raporlarından derlenerek).

Schoeller diyagramından elde edilen sonuca göre, inceleme alanında yer alan sıcak ve mineralli sular genel olarak Na-SO₄’lı sular sınıfına girmektedir. İnceleme alanında soğuk ve sıcak suların kimyasal özellikleri belirgin bir şekilde farklılık göstermektedir, soğuk sular Ca-HCO₃’lı sular sınıfına girmektedir (Şekil 6.1.).

AFS – 14 no.’lu jeotermal akışkana ait Piper diyagramı Şekil 6.2 ’de yer almaktadır.

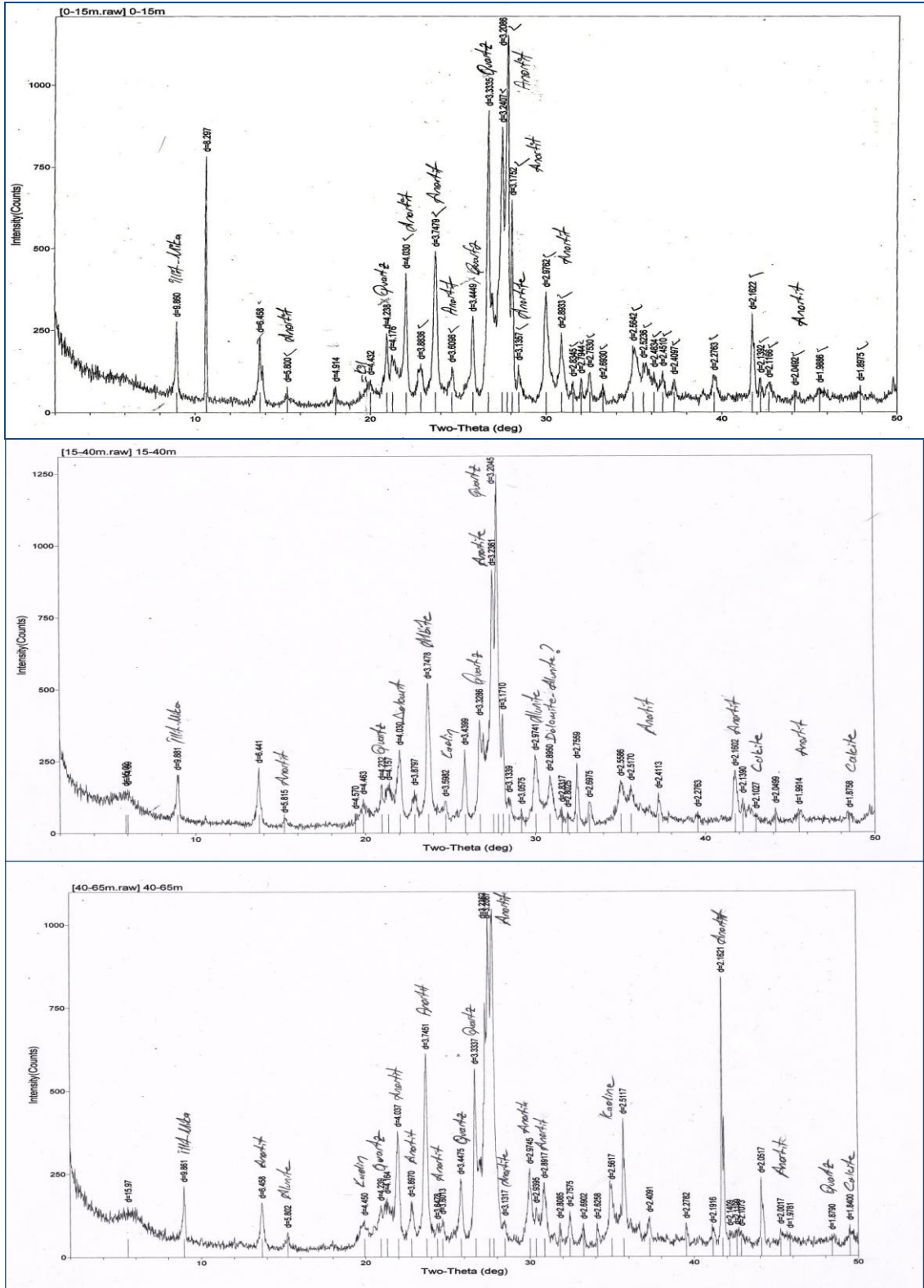
Çizelge 6.4 AFS – 14 no.'lu sıcak suya ait Schoeller diyagramı



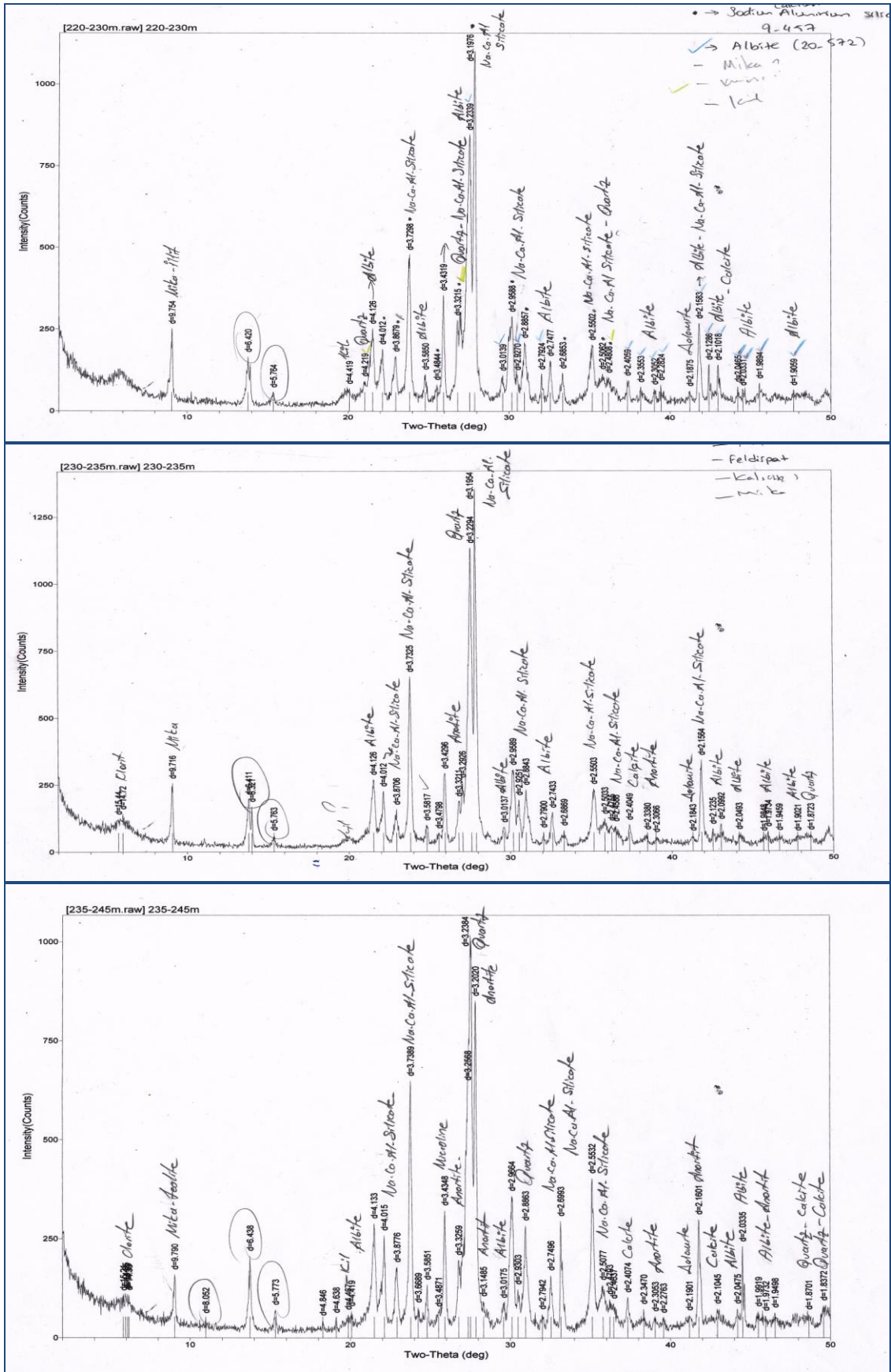
Şekil 6.2 AFS – 14 no.lu kuyuya ait sıcak suyun Piper diyagramında gösterimi

6.3 X-Ray Bulguları

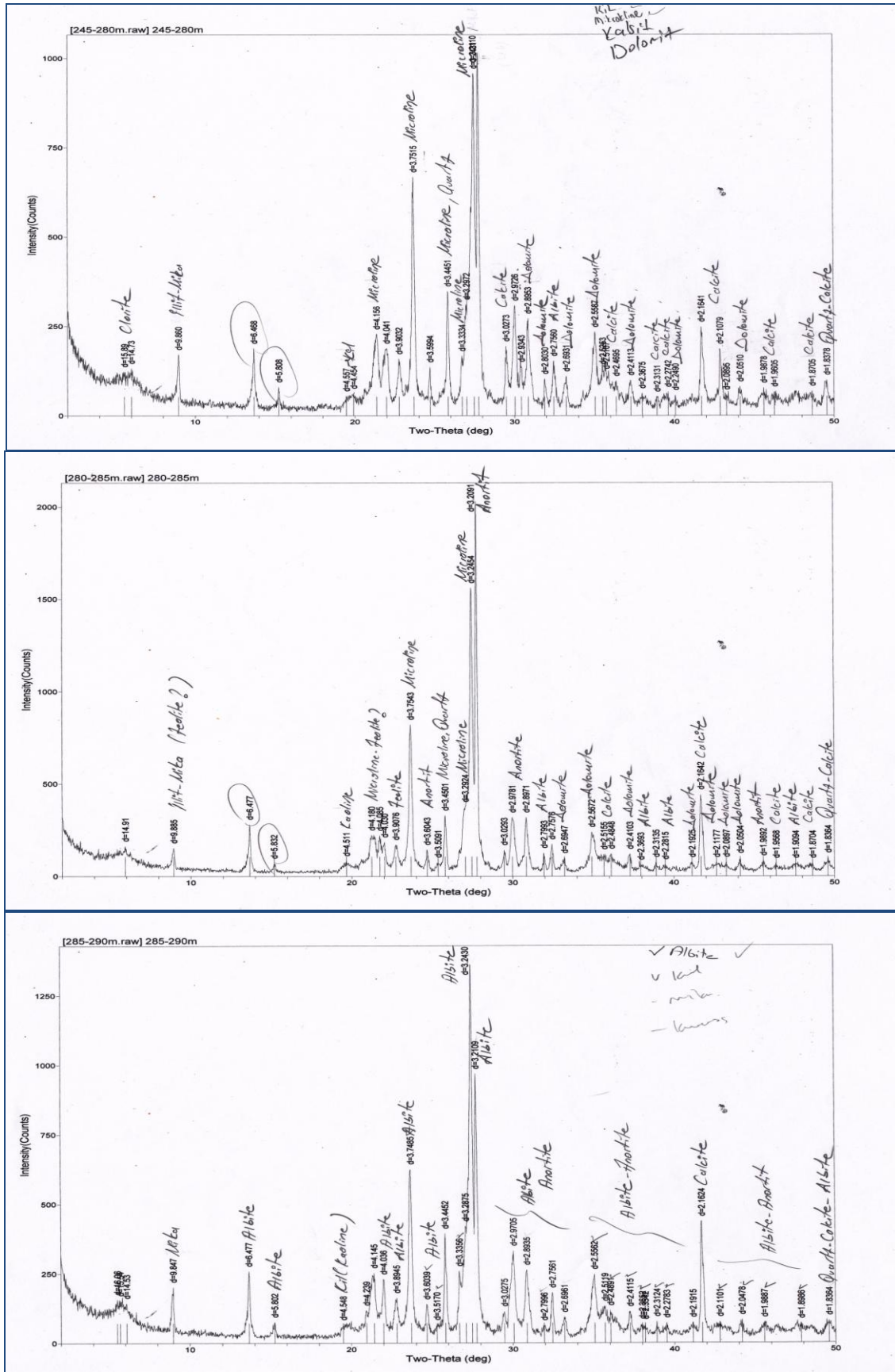
Çalışma alanındaki AFS-14 no.lu jeotermal kuyudan alınan örneklerin X-ray Difraktogramları aşağıda verilmiştir.



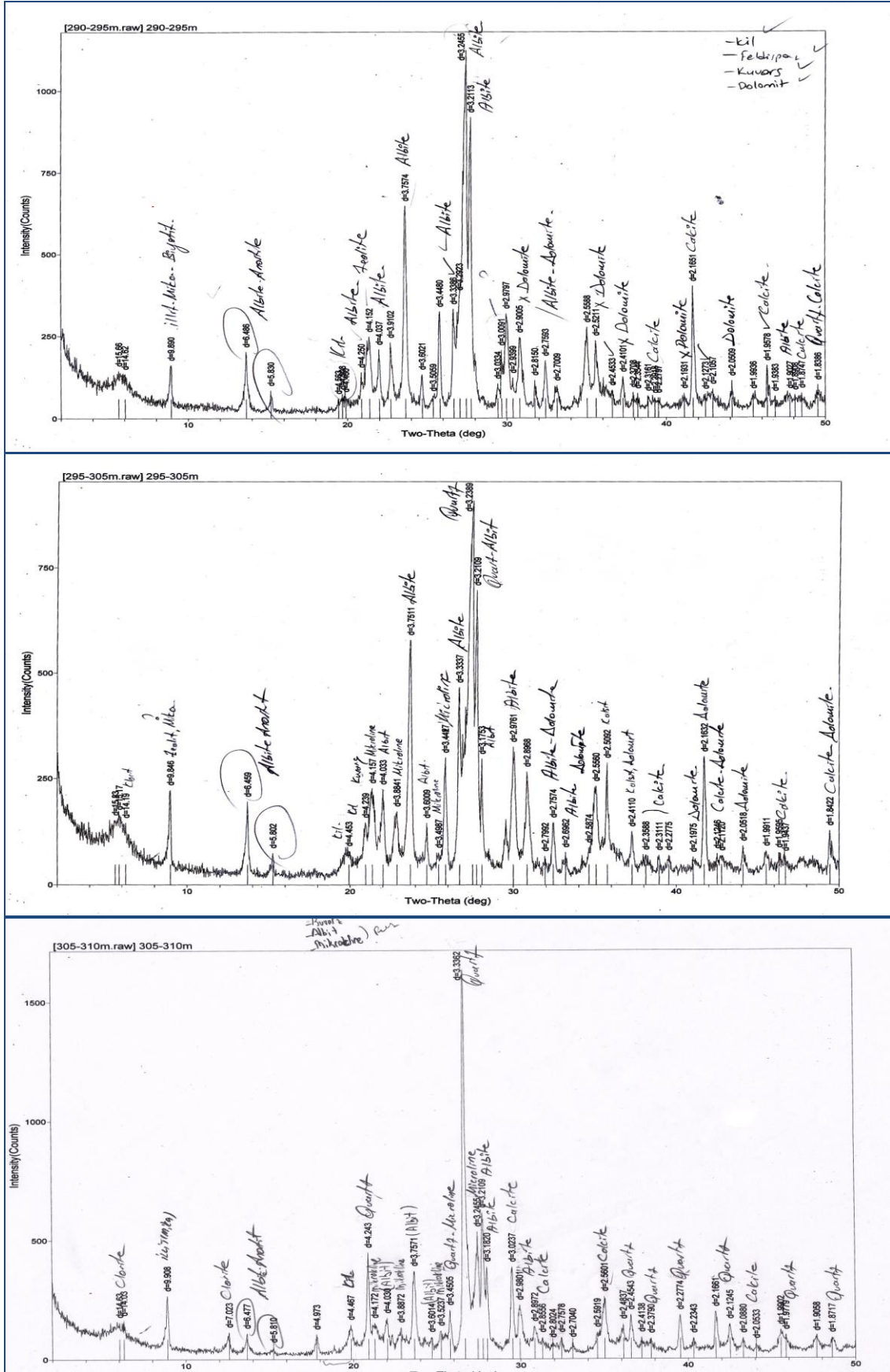
Şekil 6.3 0 – 15, 15 – 40, 40 – 65 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları



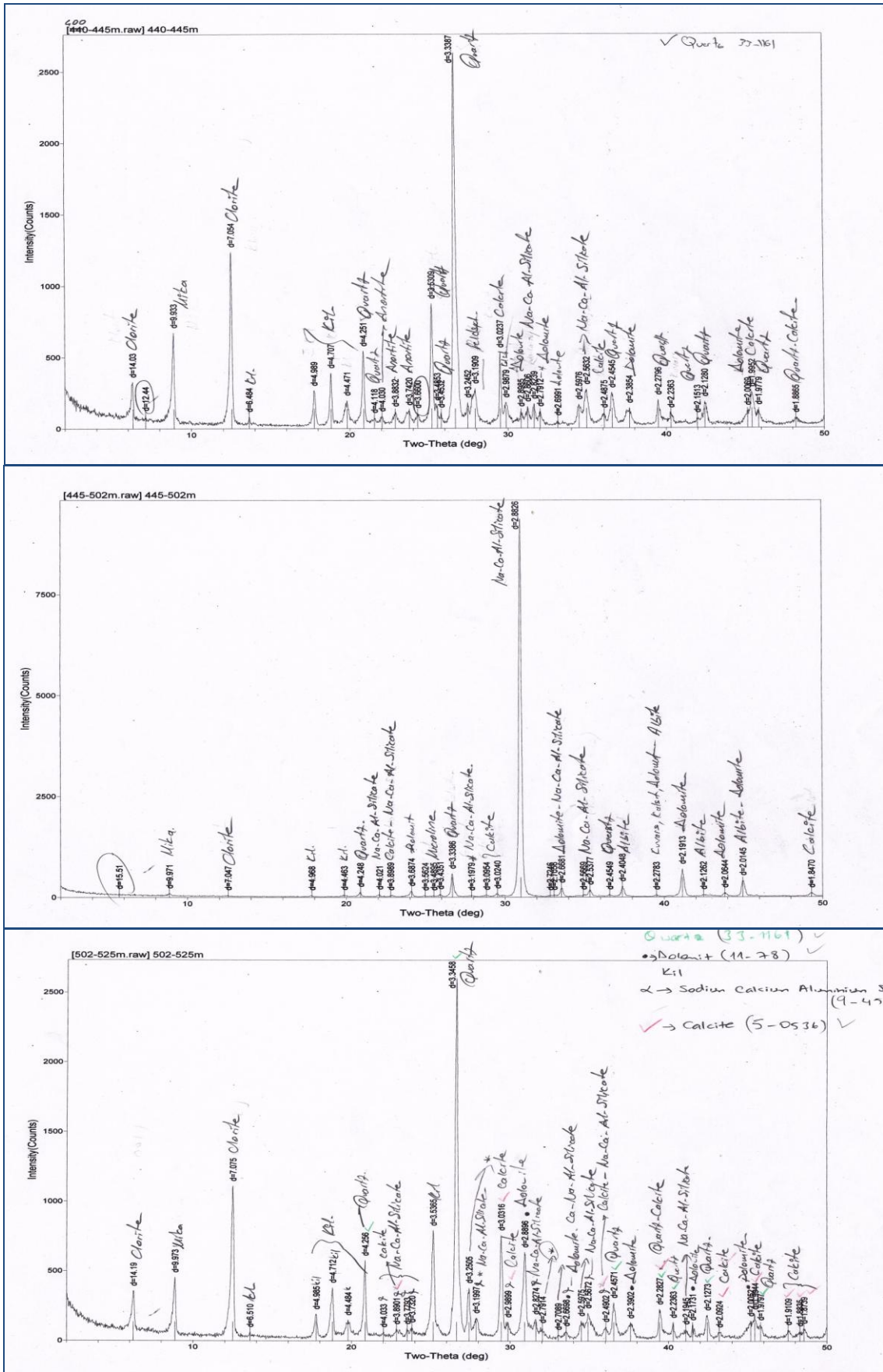
Şekil 6.4 220 – 230, 230 – 235, 235 – 245 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları



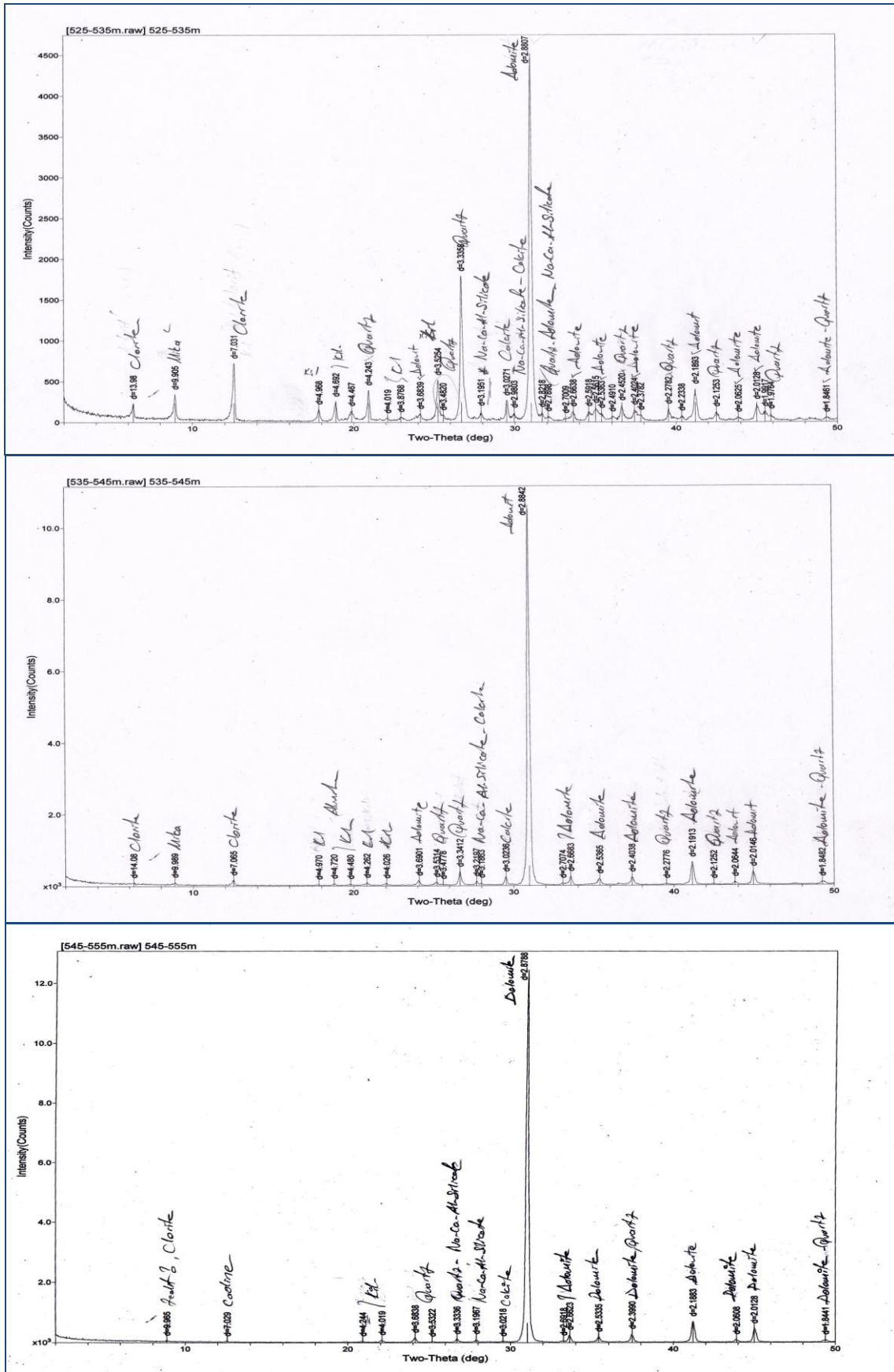
Şekil 6.5 245 – 280, 280 – 285, 285 – 290 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Diffraktogramları



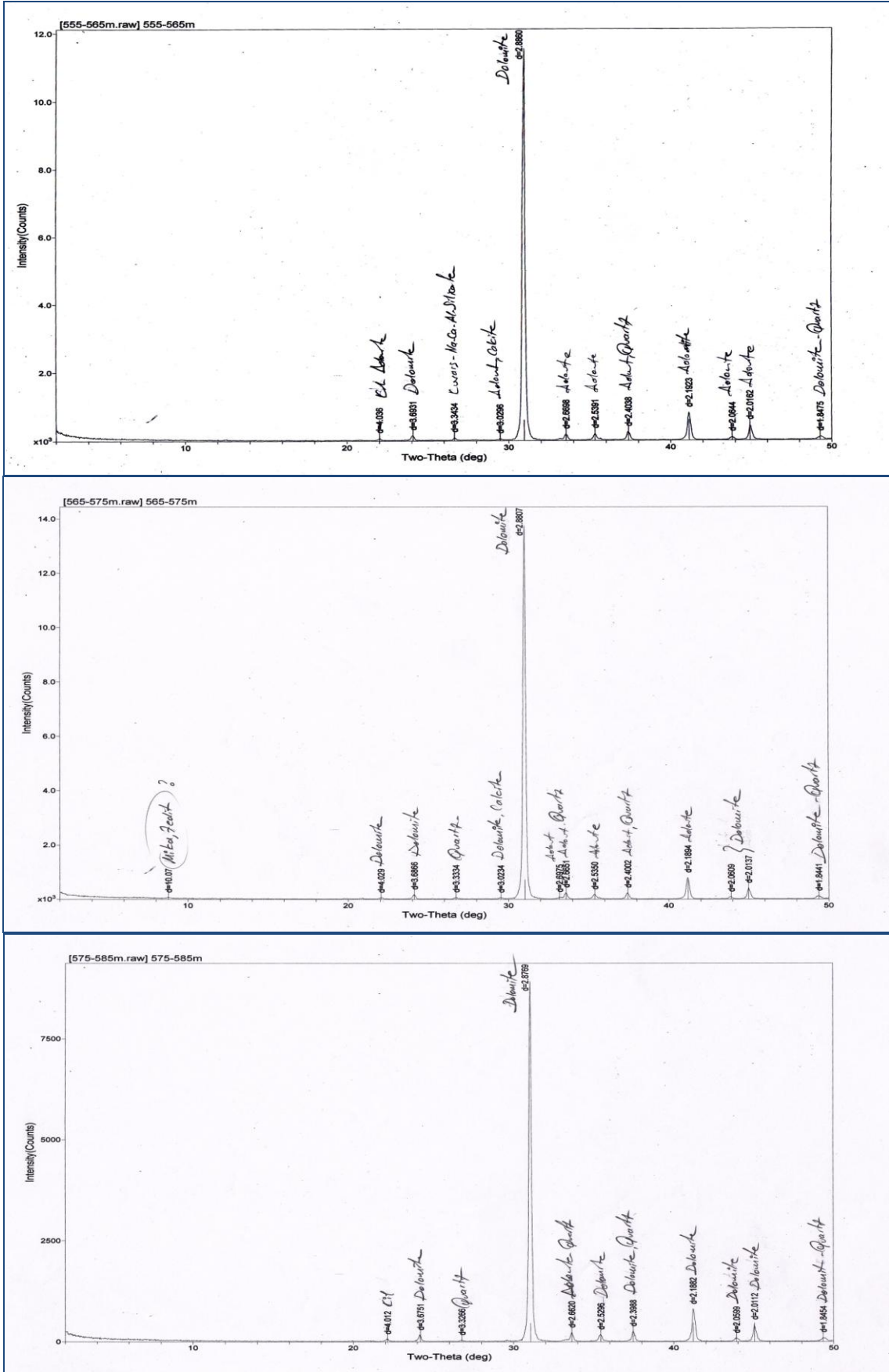
Şekil 6.6 290 – 295, 295 – 305, 305 – 310 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları



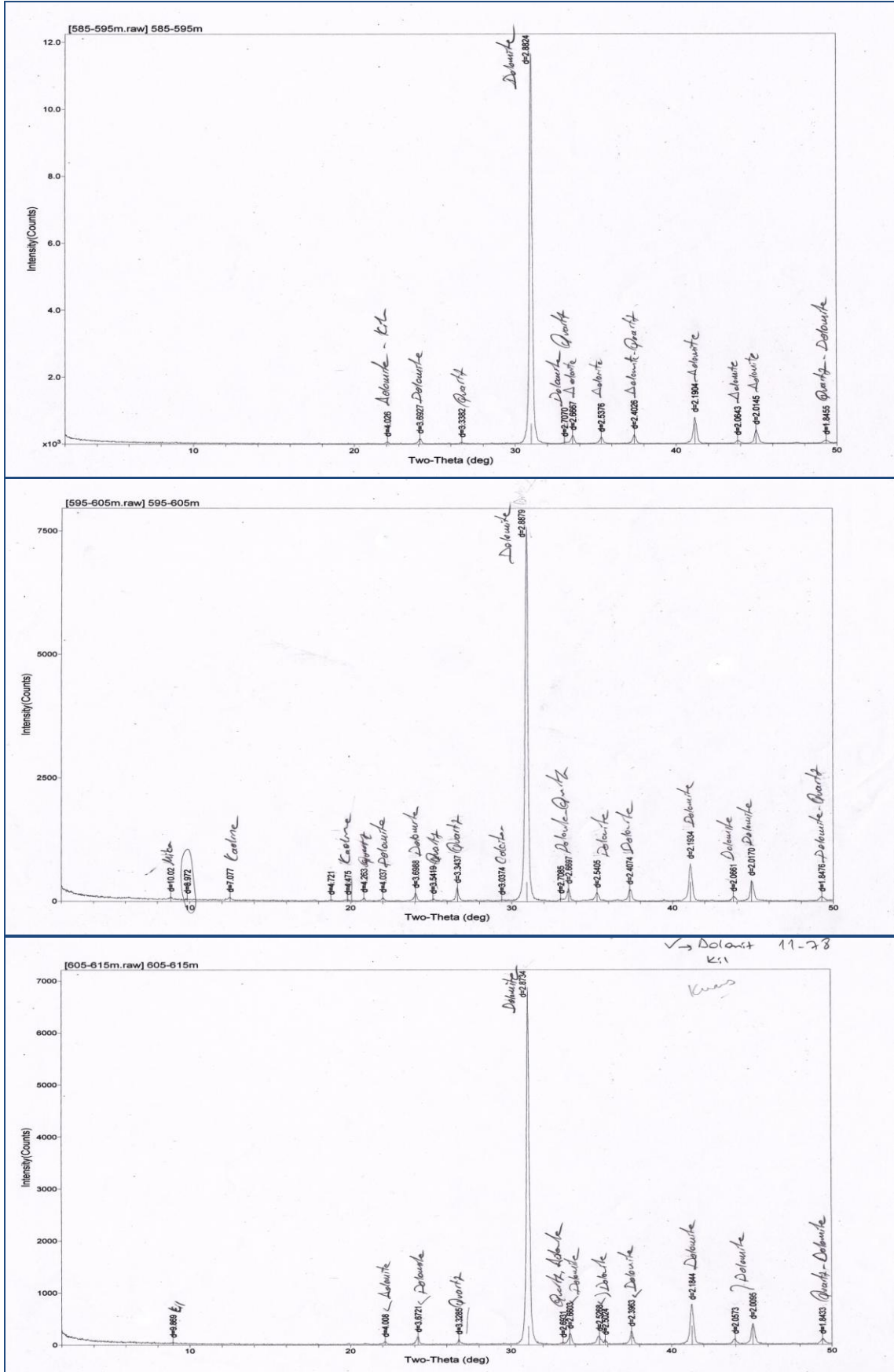
Şekil 6.8 400 – 445, 445 – 502, 502 – 525 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları



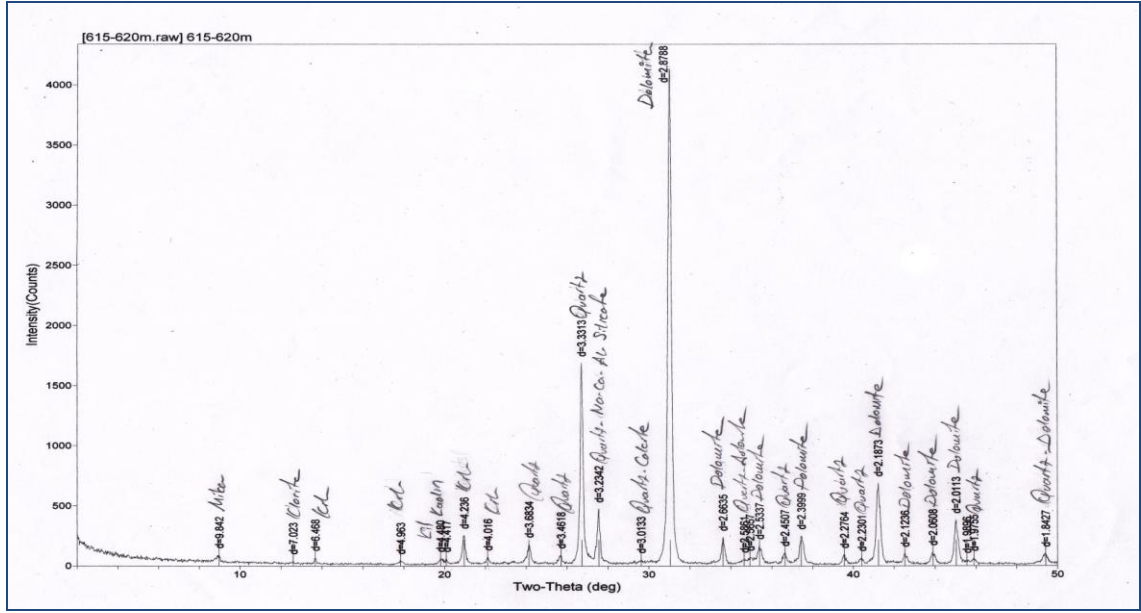
Şekil 6.9 525 – 535, 535 – 545, 545 – 555 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları



Şekil 6.10 555 – 565, 565 – 575, 575 – 585 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Diffraktogramları



Şekil 6.11 585 – 595, 595 – 605, 605 – 615 m’ler arasındaki numunelerin X-Ray Difraktogramları



Şekil 6.12 615 – 620 m arasındaki numuneye ait X-Ray Difraktogramı

Çizelge 6.5 AFS-14 no.lu jeotermal kuyudan alınan örnekleri X-Ray ve makro özelliklerinin korelasyonu

Mineral Derinliği (m)	X-Ray Mineral İçeriği (Çoktan aza doğru)	Makro-Özellikler
0–15	Anortit, Kuvars, İllit, Mika	Alüvyon, Volkanik taneli elemanlar.
15–40	Kuvars, Anortit, Kalsit, Dolomit, Kaolin, İllit-Mika	Kaba çakıllı kumtaşı, kırıntılı çakıl-kum.
40–65	Kuvars, Anortit, Kalsit, Kaolin, Alunit, illit, Mika	Az kumlu volkanik kül akıntısı.
220–230	Albit, Feldspat, Kuvars, Dolomit, Kalsit, İllit-Mika	Cüruf akıntısı, boşluklu, boşlukları Zeolit dolgulu.
230–235	Feldspat, Albit, Kuvars, Dolomit	Boşluklu lav akıntısı.
235–245	Kuvars, Albit, Anortit, Feldspat, Dolomit, Kalsit, Klorit, Mika, Zeolit	Curuf akıntısı, boşluklu lav akıntısı, boşluklar zeolit dolgulu.
245–280	Mikrolin, Kuvars, Kalsit, Dolomit, Albit, Zeolit, Klorit, İllit-Mika	Cüruf lu lav akıntısı.
280–285	Anortit, Albit, Dolomit, Kuvars, Kalsit, Mikrolin, Zeolit, Kaolin, illit-Mika	Volkanik lav akıntısı, boşluklu, boşlukları zeolit dolgulu.
285–290	Albit, Anortit, Kuvars, Kalsit, Kaolin, Mika	Koyu sert lav akıntısı.

Çizelge 6.5'in devamı		
290–295	Albit, Dolomit, Kuvars, Kalsit, Zeolit, İllit-Mika, Biyotit	Koyu gri-siyah renkli lav akıntısı, çatlaklı, boşluklu, boşluklar zeolit dolgulu.
295–305	Kuvars, Kalsit, Dolomit, Albit, Mikrolin, Zeolit, Mika	Koyu gri renkli lav akıntısı, boşluklu, boşluklar zeolit dolgulu, Beyaz tuf akıntısı.
305–310	Kuvars, Albit, Kalsit, Mikrolin, Klorit, İllit-Mika	Süt beyaz tuf ile ince taneli silttaşı.
310–325	Kuvars, Kalsit, Anortit, Albit, Dolomit, Mikrolin, Klorit, Mika	Gri-yeşil renkli ince taneli meta-kumtaşı.
325–350	Kuvars, Kalsit, Albit, Anortit, Dolomit, Feldspat, Klorit, Mika	Gri-yeşil renkli meta kumtaşı, ince taneli az metamorfik kumtaşı, çatlaklı, çatlaklar pirit dolgulu.
350–400	Kuvars, Kalsit, Dolomit, Feldspat, Albit, Anortit, Klorit, Mika	İnce, laminalı silttaşı, İnce çatlaklı kumtaşı, çatlakları kuvars dolgulu.
400–445	Kuvars, Dolomit, Kalsit, Feldspat, Anortit, Klorit, Mika	Gri-yeşil renkli meta kumtaşı, ince taneli az metamorfik kumtaşı, çatlaklı, çatlaklar pirit dolgulu.
445–502	Feldspat, Kalsit, Dolomit, Albit, Kuvars, Mikrolin, Klorit, Mika	Hü dai kuvarsiti, çatlaklı çatlaklarında kuvars ve sülfür cevherleşmesi mevcut.
502–525	Kuvars, Kalsit, Feldspat, Dolomit, Klorit, Mika	Gri-yeşil renkli silttaşı, kumtaşı.
525–535	Dolomit, Kuvars, Feldspat, Klorit, Mika	Kuvarsit (Hü dai kuvarsiti).
535–545	Dolomit, Kuvars, Feldspat, Klorit, Mika	Beyaz-pembe renkli kuvarsit, çatlaklı, çatlakları cevher dolgulu.
545–555	Dolomit, Kuvars, Feldspat, Kaolin, Zeolit, Klorit	Beyaz-pembe renkli kuvarsit, çatlaklı, çatlakları cevher dolgulu.
555–565	Dolomit, Kuvars, Feldspat, Kalsit	Hü dai kuvarsiti, çatlaklı, çatlaklar cevher dolgulu.
565–575	Dolomit, Kuvars, Kalsit, Mika, Zeolit	Beyaz-pembe renkli kuvarsit, sülfür cevherleşmesi mevcut.
575–585	Dolomit, Kuvars, Klorit	Beyaz-pembe renkli kuvarsit, çatlaklı, çatlakları cevher dolgulu.
585–595	Dolomit, Kuvars	Hü dai kuvarsiti. Çatlakları ikincil kuvars dolgulu, zayıf sülfür cevherleşmesi mevcut.
595–605	Dolomit, Kuvars, Kalsit, Kaolin, Mika	Daha çok beyaz renkli, kısmen kiremit kırmızısı Hü dai kuvarsiti, çatlaklı, çatlakları hakim sülfür cevherli.
605–615	Dolomit, Kuvars	Koyu gri renkli Hü dai kuvarsiti.
615–620	Dolomit, Kuvars, Kalsit, Feldspat, Kaolin, Klorit, Mika, Zeolit	Hü dai kuvarsiti. Süt beyaz renkli kuvarsit. Çatlaklı çatlakları ikincil kuvars dolgulu, zayıf sülfür cevherleşmesi mevcut.

Numunelerin X-Ray difraktogramlarındaki pik değerlerine göre, mineral bileşimlerinde baskın olarak dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)$), kuvars (SiO_2), feldispat - albit ($\text{Na}_2\text{O Al}_2\text{O}_3 6\text{SiO}_2$), anortit ($\text{CaO Al}_2\text{O}_3 2\text{SiO}_2$), mineralleri göze çarpmaktadır. Bu minerallerin yanı sıra kalsit (CaCO_3), mikrolin (KAlSi_3O_8), kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), zeolit ($\text{AlO}_4 - \text{SiO}_4$), illit ($\text{K}_{1-1,5} \text{Al} [\text{Si}_{7-6,5} \text{Al}_{1-1,5} \text{O}_{20}] (\text{OH})_4$), mika (FeO OH) minerallerin varlığı da söz konusudur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sandıklı (Afyonkarahisar) jeotermal alanında gelişen hidrotermal alterasyonun dikey gelişiminin belirlenmesi ve saha hakkında yeni öngörüler getirilmesi amaçlanan bu çalışmada;

1 – Çalışma alanında bulunan sıcak ve mineralli suların hakim iyon dizilimlerinin $Na+K>Ca>Mg$ ve $SO_4>HCO_3>Cl$ olduğu belirlenmiş ve Schoeller diyagramından elde edilen sonuçlara göre bölgede bulunan sıcak ve mineralli suların genel olarak $Na-SO_4$ 'lı sular sınıfına girdiği,

2 – Çalışma alanı ve yakın çevresinde bulunan jeotermal akışkan kuyulardaki suların ölçülen fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarıyla hareketle, pH değerleri 6.42 ile 6.90 arasında değiştiği ve asidik karakterde olduğu, AFS-14 no.lu kuyuya ait akışkanın pH değeri ise 6.53 olduğu saptanmış,

3 – Bölgede bulunan suların, Piper diyagramında aynı bölgede yer almaları aynı kökenli olduklarını; dolayısı ile aynı rezervuardan geldikleri desteklemekte,

4 – AFS – 14 no. lu jeotermal akışkan kuyusundan alınan örneklerde; dolomit, kuvars, feldispat, kil mineralleri, zeolit, klorit, illit, mika mineralleri saptanmış,

5 – Bu sonuçlardan yola çıkarak, AFS – 14 no.lu jeotermal akışkan kuyusunun düşey profilinde potasik - albitik alterasyon gelişmiş,

6 – Bu alterasyona göre $70^{\circ}C-110^{\circ}C$ 'lik bir jeotermal öngörülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Penck, W. ve Philippon, A., Tektonische Grundzüge West-Kleinasiens. Stuttgart - Kleinasien. Handbuch d. reg. Geol. II. Bd., 2. Abt. Heidelberg, 1918.
- [2] Çağlar, K.Ö., Türkiye maden suları ve kaplıcaları. Fas. I. M.T.A. Seri. B. No. 11, Ankara, 1947.
- [3] Müller, G., Afyon vilâyetindeki termal kaynaklar. M.T.A. Rap. No. 2220, Ankara, 1955.
- [4] Ronner, F., Hüdai Hamamı termal kaynaklarına ve kaplıcalarına (Sandıklı- Afyon) dair muvakkat kısa rapor. M. T. A. Rap. No. 2493, Ankara, 1956
- [5] Şamilgil, E. Hüdai Hamamı (Sandıklı) hakkında jeolojik ve hidrojeolojik rapor. MTA Rap. No:3598, Ankara, 1964.
- [6] Öngür, T., Sandıklı (Afyon) jeotermal araştırma bölgesine ilişkin jeolojik durum ve jeotermal enerji olanakları. MTA Rap., No.5520, Ankara, 1973.
- [7] Yenal, O., Osman, N. ve Kanan, E., Türkiye Maden Suları Ege Bölgesi, İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi, Hidroklimatoloji Kürsüsü, İstanbul, 3, 335 s., 1975.
- [8] Hamut, M.N. ve Burçak, M., Afyon-Sandıklı (Hüdai) jeotermal sıcak su sondajları (AFS-1 ve AFS-2) kuyu bitirme raporu. MTA Rap., No.9803, Ankara, 1955.
- [9] Ölmez, E., Karlı, R., Hamut, M.N. ve Karzaoğlu, H., Afyon-Sandıklı (Hüdai Kaplıcası) jeotermal alanı jeolojik etüt raporu. MTA Rap., No.10419, Ankara, 2000.
- [10] Hamut, M.N. ve Şengüler, L., Afyon-Sandıklı (Hüdai) jeotermal sahası koruma alanları raporu-MTA Rap., No. 10458, Ankara, 2001.

- [11] Erdoğan, B., Uchman, A., Güngör, T. ve Özgül, N., Lithostratigraphy of the Lower Cambrian metaclastics and their age based on trace fossils in the Sandıklı region, southwestern Turkey, *Geobios*, 37/3 - 346-360, 2004.
- [12] Karamanderesi, İ. H., Sandıklı (AFYON) SANJET A. Ş. sıcak su arama etüt raporu. JEM-2004-1. (SANJET A. Ş.), 2004.
- [13] Karamanderesi, İ.H., Sandıklı(Afyonkarahisar) SANJET A.Ş. AFS-14 nolu sondaj ve kuyu jeolojisi bitirme raporu, 2008.
- [14] Şamilgil, E., Hüdai Hamamı (Sandıklı) hakkında jeolojik ve hidrojeolojik rapor. MTA Rap. No:3598, Ankara, 1964.
- [15] Tamgaç, Ö.F., Akan, B., Peker, B. ve Ünal, H., Sandıklı (Afyon) Jeotermal Alanının Koruma Alanları Etüt Raporu, MTA Rap. No. 2006-33-46, Ankara,2008.
- [17] Parejas, E., Sandıklı, Dinar, Burdur, Isparta ve Eğridir bölgesinde yapılan jeolojik löveler hakkında rapor. MTA Rapor No: 1390 (yayınlanmamış), Ankara, 1942.
- [18] Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., Türkiye'nin aktif fayları ve depremsellikleri. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 8174, 394s. Ankara (yayımlanmamış), 1987.
- [19] Uğurlutiryaki, İ., Sandıklı Belediyesi Başkanlığına ait, konut alanı olarak revize edilmesi planlanan alanın revize imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporu (yayımlanmamış), 2011.
- [20] Koçyiğit, A., Isparta Büklümünde (Batı Toroslar) Toros karbonat platformunun evrimi. Türkiye Jeoloji Kurumu bülteni, 26,1, 1-10, Ankara, 1982.
- [21] Yalçinkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö.P., Tamer, K., Dalkılıç, H. ve Özgönül, E., "Batı Torosların Jeolojisi Raporu", M.T.A. Raporu, No: 78-98 (Yayınlanmamış), Ankara, 1986.

- [22] Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation,, Ed. K.T. Biddle, N. Christie-Blick, Soc. Econ. Paleont.Min.Spec.Pub. 37 (in honor of J.C. Crowell), 227-264, 1985.
- [23] Boray, A., Şaroğlu, F. ve Emre, Ö., Isparta bukümünün kuzey kesiminde doğu-batı daralma için bazı veriler. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 23, 9-20, 1985.
- [24] Karakuzu, O., Sandıklı-Afyonkarahisar 174 Numaralı Ruhsata İlişkin 2009-2010 Dönem Arama Faaliyet Raporu (yayımlanmamış), 2009.
- [25] Afşin, M., Afyon-Sandıklı Kuruçay ovası ve Hüdai Kaplıcası'nın Hidrojeoloji incelemesi. Doktora Tezi, A.Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, Bölümü, Ankara (yayımlanmamış), 1991.
- [26] Fara, M., Chandrasekharam, D., Minisale, A., Hydrogeo-chemistry of Damt thermal Springs, Yemen Republic. Geothermics, 28, 241-252, 1999.
- [27] Yenal, O. ve Usman, N., Türkiye Maden Suları. İst. Univ., İst. Tıp. Fak Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Kürsüsü.20, 1975.
- [28] Şener M., “Jeotermal Kaynak Aramalarında Hidrotermal Alterasyon Çalışmaları”, Eylül 2008 tarihleri arasında TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Tarafından Düzenlenen “Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Semineri-2”, kurs notları, 2008.
- [29] Gevrek, A.İ., “Jeotermal Enerji Aramalarında Hidrotermal Alterasyondan Yararlanma”, Eylül 2008 tarihleri arasında TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Tarafından Düzenlenen “Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Semineri-2”, kurs notları, 2008

- [30] Karamanderesi, İ.H., “Kuyu Jeolojisi Ve Alterasyon Minerolojisi”, Eylül 2008 tarihleri arasında TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Tarafından Düzenlenen “Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Semineri-2”, kurs notları, 2008.
- [32] Stuart F. Simmons, Patrick R. L. ve Browne, Geothermal Institute and Geology Department, University of Auckland, Private Bag, 92019, Auckland, New Zealand, 2000.
- [33] Genç, Y., Maden yatağı araştırmalarında altere kayaçlar petrografisi, kurs notları, TBMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 2001.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet OĞUZ, 13.06.1986 tarihinde Afyonkarahisar’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sandıklı/Afyonkarahisar Mehmet Akif Ersoy İlk Öğretim Okulu’nda, lise öğrenimini ise Sandıklı Lisesi’nde tamamladı. 2005 yılında girdiği Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 2009 yılında mezun oldu. 2009 yılında Niğde Üniversitesi’nde başlamış olduğu Yüksek Lisans Öğrenimi 2011 yılında tamamlamaya hak kazanmıştır.