

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANKARA – ÇUBUK BÖLGESİ AGAT OLUŞUMLARININ JEOKİMYASAL VE
MİNERALOJİK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alev KAN BOSTANCI

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANKARA – ÇUBUK BÖLGESİ AGAT OLUŞUMLARININ JEOKİMYASAL VE
MİNERALOGİK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Alev KAN BOSTANCI
505111301**

Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Sezai KIRIKOĞLU

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505111301 numaralı Yüksek LisansÖğrencisi **Alev KAN BOSTANCI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ANKARA – ÇUBUK BÖLGESİ AGAT OLUŞUMLARININ JEOKİMYASAL VE MİNERALOGİK İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. M. Sezai KIRIKOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Sezai KIRIKOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. R. Fahri ESENİ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç.Dr. Nurullah HANILÇI
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : 05 Mayıs 2014
Savunma Tarihi : 30 Mayıs 2014

Aileme ve Eşime,

ÖNSÖZ

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'nda yapılan bu tezde ülkemizde bulunan ve süstaşları sınıfında olan agat oluşumlarının jeokimyasal ve mineralojik yönden incelenmesi hedeflenmektedir.

Tezimin her aşamasında desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. M. Sezai KIRIKOĞLU ve Doç. Dr. Mustafa KUMRAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Jeokimyasal analizler için tüm Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarı çalışanlarına, mineralojik çalışmalar için Araş. Gör. Bala EKİNCİ ŞANS'a, Araş. Gör. Alp ÜNAL'a ve Araş. Gör. Cemile ERARSLAN'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince anlayışlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli aileme ve eşime teşekkürü borç bilirim.

Mayıs 2014

Alev KAN BOSTANCI
Jeoloji Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1Çalışmanın Amacı ve Yöntemi	2
1.2İnceleme Alanının Tanıtılması.....	3
1.3Önceki Çalışmalar.....	4
2. GENEL JEOLJİ.....	7
2.1Stratigrafi.....	7
2.1.1 Temel kayaları	8
2.1.2 Volkanoklastik birimler.....	8
2.1.3 Riyolitik birimler.....	10
2.1.4 Sedimanter birimler.....	10
2.1.5 Kuvarterner oluşuklar.....	10
2.2. Yapısal Jeoloji	11
3. MİNERALojİK İNCELEMELER.....	13
3.1 Giriş	13
3.2 Optik Mineraloji.....	14
3.3 XRD Çalışmaları.....	19
4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER	23
4.1 Ana ve İz Element Jeokimyası.....	23
4.2 Sıvı Kapanım Çalışmaları.....	37
4.2.1 Giriş.....	37
4.2.2Sıvı kapanım çalışmaları hakkında genel bilgiler.....	38
4.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri.....	39
5.AGATIN OLUŞUM ÖZELLİKLERİ.....	53
6. SONUÇLAR.....	53
KAYNAKLAR	55
EKLER.....	57
EK-A Ana kayaç ve agat bantlarınınXRD analiz sonuçları	59
EK-B Agat örneklerinin incekesit görüntüleri.	77
ÖZGEÇMİŞ.....	81

KISALTMALAR

AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
AR	:Kral Suyu. Aqua Regia (HNO ₃ :HCl, 1:3)
AZ	:Ateşte Zaiyat
CO₂	:Karbondioksit
Ga	:10 ⁹ yıl.
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry
Ma	:10 ⁶ yıl.
ppm	: Milyonda bir . Parts per million (10 ⁶).
ppb	: Milyarda bir. Parts per billion (10 ⁹).
XRF	: X-Işını Flöresans
XRD	:X-Işını Difraktometresi
wt%	: Ağırlıkça Yüzde
ND	: Not Detected (Tespit edilmedi)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Agat örneklerinin XRD analizi sonucu belirlenen mineral bileşimleri..	19
Çizelge 4.1 : Ana kayaç majör oksit içerikleri.....	23
Çizelge 4.2 : Ana kayaç iz element içerikleri.....	30
Çizelge 4.3 : Agat örneklerinin ICP-MS analiz sonucu nadir toprak ve iz element içerikleri.....	33
Çizelge 4.4 : Agat örneklerinin ICP-MS analiz sonucu nadir toprak ve iz element içerikleri.....	34
Çizelge 4.5 : Agat örneklerinin ICP-MS analiz sonucu nadir toprak ve iz element içerikleri.....	35
Çizelge 4.6 : Agat örneklerinin ICP-MS analiz sonucu nadir toprak ve iz element içerikleri.....	36
Çizelge 5.1 : Agatlarda gözlenen SiO ₂ minerallerinin karakteristikleri.....	44

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 :Çalışma alanının uzaktan bir görünümü.....	3
Şekil 1.2 :Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası	4
Şekil 2.1 :Çalışma alanının jeolojik haritası sadeleştirilerek alınmıştır(MTA,2010)..	7
Şekil 2.2 :Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (MTA, 2010)...	9
Şekil 3.1 :Çalışma alanından bir agat örneği	13
Şekil 3.2 :Çalışma alanındaki bir agat örneği	14
Şekil 3.3 :Anakayadan akma dokusu içinde biyotit kristali (bt: biyotit, Çift Nikol).	14
Şekil 3.4 :Anakayadan çift nikolde görüntü. (a:amfibol, bt: biyotit, Çift Nikol).	15
Şekil 3.5 :Feldspat kristali içindeki bir mikro çatlakta gelişen ikincil kuvars görüntüsü, (Fd:Feldspat, k: Kuvars, Çift Nikol).....	15
Şekil 3.6 :Ana kayaç bünyesinde tipik karsbald ikizlenmesi gösterenplajiyoklas kristali (plj:plajiyoklas, Çift Nikol).....	16
Şekil 3.7 :Camsı matriks içinde kuvars ve biyotit, (k:kuvars, bt:biyotit, Çift Nikol).	16
Şekil 3.8 :Kalsedon minerali ve ışınal sönme görüntüsü,(Çift Nikol).....	17
Şekil 3.9 :Agat örneklerinde gözlenen kuvars fenokristalleri, Çift Nikol).....	17
Şekil 3.10 :Agat örneklerinde gözlenen kalsedon lifleri ve kuvars dişleri,Çift Nikol).....	18
Şekil 3.11 :Agat örneklerinde gözlenen bantlaşma sınırları, Çift Nikol).	18
Şekil 3.12 :Ana kayaç örneklerinden 3 no.'lu örneğe ait minerallerin pikleri.	20
Şekil 3.13 :Ana kayaç örneklerinden 5 no.'lu örneğe ait minerallerin pikleri.....	21
Şekil 4.1 :Ana kayaç örneklerinin Le Bas ve diğ.(1986) tarafından önerilen TAS diyagramına izdüşümleri.....	24
Şekil 4.2 :Ana kayaç örneklerinin Middlemost(1994) tarafından önerilen TAS diyagramına izdüşümleri.....	25
Şekil 4.3 : Ana kayaçlara ait Harker Diyagramları (SiO ₂ - Major oksitler).....	26
Şekil 4.4 : Ana kayaçlara ait Harker Diyagramları (MgO - Major oksitler).....	27
Şekil 4.5:Ana kayaç örneklerinin Jensen (1994) diyagramına izdüşümleri.....	28
Şekil 4.6 : Ana kayaç örneklerinin AFM (Irvine ve Baragar, 1971) diyagramına izdüşümleri.....	29
Şekil 4.7 : Ana kayaçlara ait Spider diyagramı (Pearce, 1983).....	31
Şekil 4.8 : Ana kayaçlara ait Spider diyagramı(Mc Donough and Sun et al, 1995).....	31
Şekil 4.9 : Çalışma alanından toplanan agatların renkli bantlarına göre ayrılmış örnekler.....	32
Şekil 4.10 : Çubuk agata ait örnek.....	32
Şekil 4.11 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.....	39
Şekil 4.12 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.....	40
Şekil 4.13 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.....	40
Şekil 4.14 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.....	41

Şekil 4.15 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.....	41
Şekil 4.16 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.....	42
Şekil 4.17 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.....	42
Şekil 5.1 : Silis polimorfunun çözünürlük diyagramı. A- amorf silis, B- opal-CT, C- α -kristobalit, D- kalsedon, E- kuvars (Fournier, 1973).....	43
Şekil 5.2 : Çubuk / Tüp agat.....	45
Şekil 5.3 : Yıldız şekilli boşlukta gelişen agat.....	45
Şekil 5.4 : Thunder egg tipi agat (sol); yıldız agat (sağ).....	46
Şekil 5.5 : Amigdaloidal agat.....	46
Şekil 5.6 : Uruguay Tipi agat.....	47
Şekil 5.7 : Brezilya Tipi agat.....	47
Şekil 5.8 : Çalışma alanından agat örneği.....	48
Şekil 5.9 : Kayaç içerisindeki boşlukta agat oluşumu ve bantlaşma gelişimi (Pabian ve Zarins, 1994).....	49
Şekil 5.10 : Agatlarda bantların gelişimi: A- kriptokristalin silisin hızlı çökelişi, B- kalsedon büyümesi ve C- doymunlaşmamış çözeltiden kuvars kristallerinin büyümesi (Lee, ?).....	51
Şekil A.1 : Anakaya örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	59
Şekil A.2 : Ana kayaç örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	60
Şekil A.3 : Ana kayaç örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	61
Şekil A.4 : Ana kayaç örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	62
Şekil A.5 : Ana kayaç örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	63
Şekil A.6 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	64
Şekil A.7 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	65
Şekil A.8 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	66
Şekil A.9 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	67
Şekil A.10 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	68
Şekil A.11 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	69
Şekil A.12 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	70
Şekil A.13 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	71
Şekil A.14 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	72
Şekil A.15 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	73
Şekil A.16 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	74
Şekil A.17 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	75
Şekil A.18 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.....	76
Şekil B.1 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.....	77
Şekil B.2 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.....	77

Şekil B.3 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri..	78
Şekil B.4 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri..	78
Şekil B.5 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri..	79
Şekil B.6 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri	79
Şekil B.7 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri	80
Şekil B.8 : Agatörneklerineaitincekesitgörüntüleri.	80

ANKARA – ÇUBUK BÖLGESİ AGAT OLUŞUMLARININ JEOKİMYASAL VE MİNERALOJİK İNCELENMESİ

ÖZET

Bu tez çalışması, Ankara ili Çubuk ilçesinin doğu ve kuzeydoğusunda yer alan Susuz, Kuyumcu, Bodurlar, Camili köylerinde ve çevresinde yataklanmış agatların jeokimyasal ve mineralojik-petrografik özelliklerini kapsamaktadır.

Andezitik ve riyoitik birimlerde kanal dolgusu olarak gelişen ayrıca kendine özgü çubuksu kristalleri bulunan çubuk agatları volkanik istif içinde geneldedeğişik ve düzensiz nodüller halinde yataklanmış olup, bölgede makroskobik özelliklerine göre farklı tiplerde agat belirlenmiştir. Belirlenen agatlar türlerinin isimleri Çubuk/Tüp agat, Yıldız agat, Thunder egg agat, Amigloidal (bademsi) agat, Uruguay tipi agat, Brazilya tipi agat olarak verilmiştir.

Çatlak sistemleri içerisinde görülen agatların kalınlıkları 1mm.'den 20 cm. kalınlığına kadar, bağımsız nodüllerin büyüklükleri ise 5cm.-30cm. arasında değişmektedir.

İncelenmek üzere çalışma alanından ana kayaç ve agatlardan sistematik bir şekilde örnekler alınmıştır. Alınan bu örnekler uygulanacak analiz türüne göre numune hazırlama işlemlerinde geçmiştir. İnce kesit, asitte çözme ve pellet gibi işlemler uygulanarak numuneler analizlere hazırlanmıştır.

Yapılan optik-mineralojik analiz sonuçlarına göre, agatlarda ve bulundukları ana kayaçlarda incelemeler yapılarak tipik agat gelişimi görülmekte olup ana kayaçlarda feldispat, plajiyoklas, kuvars, biyotit ve opak mineraller, agat oluşumlarında opal-CT, kalsedon ve kuvars tespit edilmiştir.

Taramalı elektron mikroskop analiz sonuçlarına göre; agatların farklı SiO₂ bantlarından oluştukları belirlenmeye çalışılmıştır. XRD (X-ışınları Difraktometresi) analizi ile agatların mineral bileşimleri tespit edilmiştir. Jeokimyasal incelemelerle XRF (X-ışınları Floresansı) analizleri ile tüm kayaç analizleri yapılarak volkanik birimlerin major oksit, iz ve nadir toprak elementleri içerikleri belirlenmiştir. Ana kayaçlarda jeokimyasal sonuçların birbirleriyle uyumlu olduğu ve böylece aynı kökene sahip oldukları görüşü ortaya çıkmıştır.

13 adet farklı renklerde agat bantları ayrılmış. Bu bantların ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer) analiz sonuçlarına göre iz ve nadir toprak elementleri değişimleri ve dağılımları saptanmıştır. Bantlara göre farklı element dağılımları gözlenmiştir.

Sıvı kapanım çalışmaları kapsamında incelemeler yapılmış, fakat hazırlanan kesitlerde sıvı kapanım oluşumları tespit edilememiştir.

Sahada ekonomik olarak düzenli bir agat üretimi yapılmamaktadır. Fakat yöre halkı tarafından araziden toplanarak engelli vatandaşlar için kurulan küçük atölyelerde işlenmekte ve ekonomiye kazandırılmaktadır.

GEOCHEMICAL AND MINERALOGICAL INVESTIGATION OF AGATE AROUND ANKARA – ÇUBUK

SUMMARY

This study comprises the determination of the geochemical and mineralogical-petrographical characteristics of agates deposited around Susuz, Kuyumcu, Bodurlar and Camili villages that are located to the northeastern and east part of the Çubuk district (Ankara).

Agates have been used since the Chalcolithic period and have come up today by not losing its significance. Also they have become more important gemstones for scientific environment due to they could not be produced in the laboratory. They are typical with having significantly different color from each other and matte layer, with banded or striped appearance. These different layers and transparency of the colors are similar banded appearance may be less obvious, although typical agate, always sharply contrasting colors indicate bands.

In this study, geochemical evaluation and characteristics of the causes of bands with different colors of agate coloration was targeted.

This region has volcanic characteristics and lots of types of agates that are known by all world. But agates in the field are not produced regularly and economically. An important part of our country run gem is gemstones with SiO₂ composition (quartz belongs to a group). This gem of the bedding area where mostly concentrated in the west of Turkey but also in areas of volcanic activity are observed. The most common and gem quality material in these units are agates.

Ankara-Çubuk region is the basin of aa compression. In eastern and western parts of the region are a major fault. Also available in small faults in the region and they are most likely formed by the influence of regional volcanism.

Agate is disordered in the study area and are free. Volcanic units dissociate from the liberalization of the natural ways of the agate is processed in small workshops convened by the locals.

First of all, literature was searched and methods were determined in this study. However, in our country, it is observed that there are limited studies about agates.

After searching literature, the investigation field was visited and the samples for analyzing were collected systematically.

All samples were prepared according to analysis methods. For optical mineralogical and fluid inclusion investigation, thin sections were prepared properly. In addition, all samples were grinded until 40 micron. For geochemical analyses, the samples were solved within hydrochloric acid, nitric acid, hydrofluoric acid and boric acid in microwave device. Whereas the main rock samples were pressed and made pellets to analysis in X-Ray Fluorescence for identifying their major oxides.

The geochemical composition of the host rocks of the study area has been identified as rhyolite, according to geochemical data. Optical mineralogy studies were identified the glassy matrix and mineral distribution indicates as trachianzite. This dilemma, giving rise to volcanism and create acidic composition and crystallization of magma high content of silica matrix is the participation of non-silica materials. So it is thought that the main rock composition shows as rhyolite.

Suludere (1976), Ankara-Rod in Meşeli, Lower Orders, grandfathers vicinity geology of the working volcanic tuff, acid lava and basic lava flows as a group have also locally small-scale formation of perthite have stated that.

Agates in the study area have been seen different forms due to their macroscopical features. Their names are stick/tube agates, star agates, thunder egg agates, amygdaloidal agates, Uruguay (gravitational) type agates and Brazilian type agates. Some of them are formed as their combination, like Uruguay (gravitational) type and thunder egg.

Petronek J. (2004), found in basaltic rocks seen in agate banding, and gravitational (Uruguay type) as well as azeonite (Brazilian type) banding, has argued that is controlled by the climate. The thickness of the agates in the veins and cracks in the rock units vary from 1 mm to 20 cm whereas agates in the gas vesicles have a thickness varying from 5 cm to 30 cm.

The optical - mineralogical analysis based on the results agate and their host rocks making the surveys typically agate development is evident on the main rocks feldspar, plagioclase, quartz, biotite and opaque minerals, agate formation in the opal-CT (C:cristobalite and T:tridimite), chalcedony and quartz have been identified.

The study area compared to the host rocks of rhyolite composition is determined as geochemical data. Optical mineralogy studies identified the glassy matrix and with mineral distribution indicates trachianzite. This dilemma, giving rise to volcanism I create acidic composition and crystallization of magma high content of silica matrix is the participation of non-silica materials.

Mineralogical composition in the bands of the agates was determined by using XRD (X-Ray Diffractometer) analysis method. Their composition is generally consist of quartz, opal-CT (C:cristobalite and T:tridimite), chalcedony. All of them are polymorphous of SiO₂. Their composition is same, on the other hand their sizes of crystals are different. Moreover, opal-CT has also H₂O in its crystal structure.

According to analysis by scanning electron microscopy; they are composed of different types of agate band was to determine SiO₂.

With geochemical studies of whole rock analyzes were made by XRF (X-Ray Fluorescence) analysis of major oxides and trace element contents of volcanic units have been determined. Spider diagrams are formed with the result of these analyses. According to spider diagrams, concentration of trace and rare earth elements in the main rock are generally compatible. So it is said that their origin is same. While some elements like Rb, Th, Ce, Pb, Y, Dy are grown rich, some elements like Nb, U, P, Eu, Ti become poor concentration.

Whereas by using some volcanic rock classification diagrams such as TAS (Middlemost 1994), Jensen (1976) and AFM plot (Irvine and Baragar 1971), the main rock were identified as rhyolites.

Whereas by using some volcanic rock classification diagrams such as TAS (Middlemost 1994), Jensen (1976) and AFM plot (Irvine and Baragar 1971), the main rock were identified as a rhyolites.

The main chemical composition of rock samples as a result of taking into consideration the diagrams used has been found to be generally rhyolite. These cases do not overlap with the optical mineralogical studies are also consistent with previous studies.

According to the results of ICP - MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer) analysis of separated 13 different colored agate band elements in different variations and distribution were determined. Concentration of trace and rare earth elements in the agates are not compatible. Generally, Eu concentration of all samples becomes poor.

Wang, Y. and Merino, E. (1995), in basalt formation of agate, chalcedony fibers and trace element geochemistry worked on bending. Also in basalts banding in agate and views on the origin of the fibrous structure, and have found that there are two mechanisms during the formation of agate have revealed.

Goetz, J. (2001), agate formation and agate forming the origin of fluids collected information about the world to different eighteen locations of different ages from the very acidic, intermediate and basic volcanic received from agate samples of trace elements and stable isotope analysis has worked with. As a result of agate and associated quartz shells isotope deuterium and oxygen isotopic composition of samples of different positions and individual differences in the samples revealed agate.

Researchers, for different fluid compositions, nucleation temperatures calculated agate, consequently, from 50 ° C to 250 ° C as stated temperature scale.

Gül B. (2006), Ankara-röde region of volcanic rock mineralogy, petrography and geochemistry accordingly prepared the master's thesis on the mineralogical and petrographic description Roseineci. As a result, overall bütünvolkanik components of rock samples; plagioclase, amphibole, biotite, pyroxene and opaque minerals has indicated that. Pyroclastic rocks in his XRD studies, however, opal-CT, clinoptilolite, calcite, mica, quartz, feldspar, kaolin and clay presence was detected.

Goetz, J. (1999), agate structure and luminescence behavior across the globe, specific locations, different volcanic rocks, taking agate and quartz shell samples and the Electron Paramagnetic Resonance (EPR), katadolüminesans (CL) trace element analysis and examined. Goetz agate all the examples of the results of the research have been identified aparamanyetik centers and katadolüminesans microscopy and quartz agate shells have different internal structures and zoning studies have suggested.

Fluid inclusion studies carried out within the scope views, but the formation of fluid inclusions were not detected in the sections that were prepared. So, in the future, more samples will be prepared and searched for fluid inclusion to learn about temperature conditions of agates formation.

A map of the study field was prepared by using the map of MTA (Mining Research and Exploration). Corel Draw X6 programme was used for mapping and other geological sectional shapes of figures, and also GCDKit for the preparation of geochemical and spider diagrams was used.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bu tez çalışması kapsamında Ankara ili Çubuk ilçesi sınırlarında kalan Susuz ve Kuyumcu köyleri civarında yataklanan birimlerin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Andezitik ve riyalitik birimler içerisinde dağınık ve düzensiz nodüller halde bulunan çubuk agatları volkanik istif içinde yer almaktadır. Bölgede farklı tiplerde agat türleri vardır. Çatlak sistemleri içerisinde görülen agatların kalınlıkları 1mm.'den 20 cm. kalınlığa kadar değişmekte olup bağımsız nodüllerin büyüklükleri ise 5cm.-30cm.'e kadar değişmektedir. Yapılan optik-mineralojik analiz sonuçlarına göre agatlarda, tipik agat gelişiminin tüm evreleri görülmekte olup agat oluşumlarında opal-CT, kalsedon ve kuvars tespit edilmiştir. Taramalı elektron mikroskop analiz sonuçlarına göre; agatların farklı SiO₂ bantları incelenmiştir.

Sahada ekonomik olarak düzenli bir agat üretimi yapılmamaktadır. Çubuk agatlarının yayılımı ve piyasa değeri göz önüne alındığında, yatırımların yapılması yöre halkı için yeni iş imkânları sağlayabileceği gibi ülke ekonomisi için de önem arz etmektedir. Ülkemizde işletilen süstaşlarının önemli bir kısmı, SiO₂ bileşimli (kuvars grubuna ait) süstaşlarıdır. Bu süstaşlarının yataklandığı bölgeler çoğunlukla Türkiye'nin batısında yoğunlaşmakla beraber volkanik aktivitenin görüldüğü bölgelerde de bulunmaktadır. Bu birimlerde en çok görülen süstaşı kalitesindeki materyal agatlardır.

Agatlar, Kalkolitik dönemden itibaren kullanılmış ve önemini yitirmeden günümüze kadar gelmiştir. Ayrıca agatların laboratuvar ortamında üretilmemeleri bilimsel çevrede onlara ayrı bir önem kazandırmıştır. Birbirinden belirgin derecede farklı renkler ve mat tabakalardan oluştuğundan, bantlı veya çizgili görünüşleri ile tipiktirler. Bu farklı tabakaların renkleri ve şeffaflıkları benzer olduğunda bantlı görünüş daha az belirgin olabilmekle beraber, tipik agat, daima keskin şekilde birbirine zıt renklerde bantlar göstermektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

Bu tez çalışması kapsamında, Çubuk (Ankara) ilçesinde bulunan andezitik ve riyolitik birimlerde kanal dolgusu olarak gelişen ve bunun dışında içinde kendine özgü çubuk formu kristalleri bulunan Çubuk agatlarının makroskopik, mikroskopik, jeokimyasal ve gemolojik özelliklerini özelliklerinin incelenmesi ve süstaşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Agatların farklı renklere sahip bantlarının renklenme sebeplerinin jeokimyasal açıdan değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Bu amaca ulaşmak için 2012 yılının Kasım ayında inceleme alanında saha çalışmaları yapılmıştır. Saha çalışmalarında arazi ekipmanı olarak çekiç, lup, GPS ve Silva tipi jeolog pusulası kullanılmış, ayrıca Maden Tetkik ve Arama tarafından çıkartılmış olan 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından yararlanılmıştır. Saha çalışmaları ile çalışma alanının (Çankırı H30 a1, a3, a4 paftalarının bir kısmı) 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuş (EK-C), birimlerin hangi tür kayalardan meydana geldiği, birbirleri ile ve diğer kaya birimleri ile nasıl bir dokanak ilişkileri olduğu araştırılmıştır. Ayrıca bölgenin litolojisini temsil eden kaya türlerinden 5 adet temsili örnek derlenmiştir. Arazide dağınık ve serbest halde bulunan farklı tipte makroskopik özellikler gösteren agat numuneleri toplanmıştır .

Çalışmanın laboratuvar aşamasında ise saha çalışmaları süresince alınan örneklerden petrografik incelemelerde kullanmak üzere ince kesitleri hazırlanmıştır. İnce kesitler İ.T.Ü. Maden Fakültesi ince kesit atölyesinde hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan petrografik incelemelerle saha çalışmaları esnasında yapılan litolojik tanımlamalar kontrol edilmiş, örneklerle ait mineralojik ve dokusal özellikler ortaya konulmuştur. Optik mikroskop çalışmaları İ.T.Ü Maden Fakültesi Mehmet Kemal Dedeman Optik Mineraloji laboratuvarında Leica DM 750P modeline sahip polarizan mikroskop kullanılarak yapılmıştır.

Söz konusu örnekler çeneli kırıcıda kırılıp, tungsten karbür diskli öğütme cihazında öğütülerek toz haline getirilmiş, Bruker marka XRF cihazında Major oksit ve -iz element tayinleri yapılmıştır. Major oksit ve iz element analizleri İTÜ Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarında yapılmıştır. XRF cihazında analiz yapılmak üzere toz haline getirilen numuneler pellet haline getirilmiştir. Platin grubu elementleri, nadir toprak elementleri, iz element analizleri ise yine İTÜ Jeokimya Araştırmaları

Laboratuvarında Perkin Elmer marka ICP-MS cihazında tespit edilmiştir. ICP-MS cihazı sıvı numune okuduğundan toz numuneler asitlerle (HCl, HNO₃, HF ve H₃BO₃) ve yüksek basınç-sıcaklık koşullarında mikrodalga cihazında çözeltiye alınmıştır.

Jeokimyasal diyagramların hazırlanmasında GCD Kit programı, harita, jeolojik kesitler ve diğer şekillerin hazırlanmasında ise Corel Draw X6 programı kullanılmıştır.

1.2 İnceleme Alanının Tanıtılması

İnceleme alanının coğrafi konumu, morfolojisi, nüfus ve yerleşim özellikleri, iklim ve bitki örtüsü ve ulaşım durumu bu başlık altında anlatılacaktır.

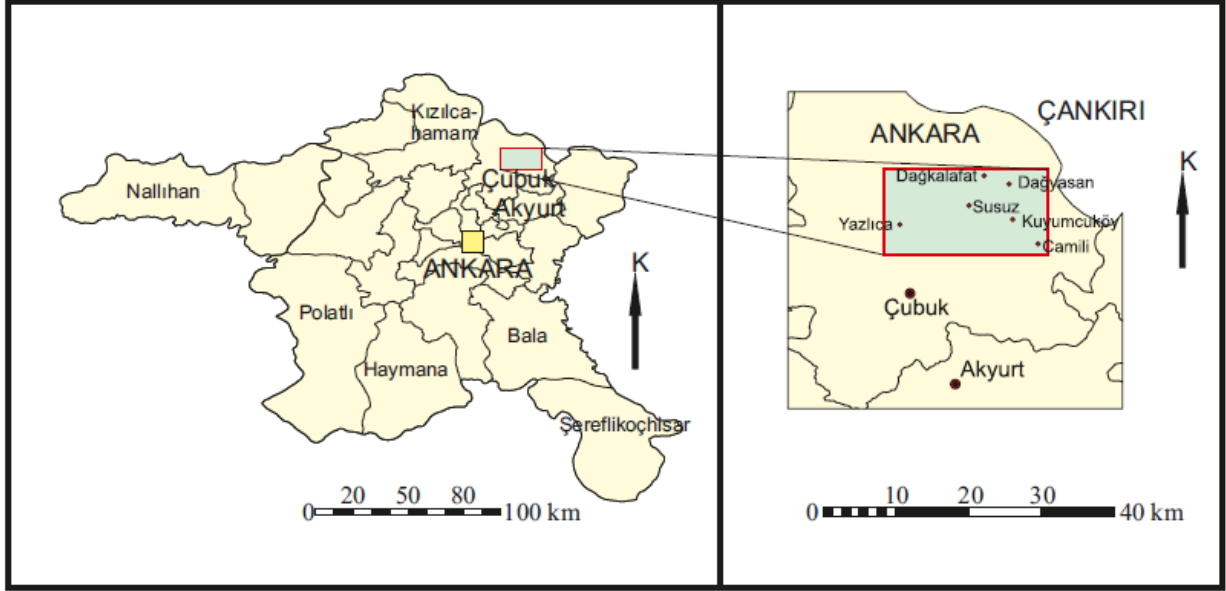


Şekil 1.1:Çalışma alanının uzaktan bir görünümü.

Çalışma alanı Ankara il sınırları içerisinde yer alan Çubuk ilçesinin doğu ve kuzeydoğusunda yer alan Susuz, Kuyumcuköy, Camili köylerini ve çevresini içermektedir. Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli Çankırı H30 a3, H30 a4 paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.2).

Sahaya ulaşım Ankara - Çankırı karayolundan sağlanmakta olup Çubuk – Şabanözü yolu inceleme alanının güneyinden geçmektedir. İlçe merkezinden köylere uzanan

yol asfalt olup ulaşımda herhangi bir problem bulunmamaktadır. Çalışma alanında bulunan en önemli yerleşim yerleri; Deliviran, Karadana, Akbayır, Dedeler, Kızılöz, Yukarı Emirler, Kuyumcuköy, Kargın, Susuz ve Dalyasan köyleridir. Çalışma alanının belli başlı yükseltilerini Ayıkayası Tepesi (1629 m.) ve Tütünlük Tepe (1132 m.) oluşturmaktadır. Bölgede karasal iklim koşulları egemendir.



Şekil 1.2 : Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası.

1.3 LiteratürAraştırması

Ülkemizde agatlarla ilgili çalışmaların sınırlı olduğunu görülmektedir. İnceleme alanında farklı amaçlarla yapılan çalışmalar ise şöyledir.

Erol (1952), Ankara'nın kuzeyinde Mire ve Aydos Dağları Bölgesi'nde Tersiyer lavların Koroğlu masifinin güney uçları olduğunu, andezit ve bazaltlardan meydana geldiğini belirtmiştir.

Quick (1974), kitabında agatın bulunuşu, tarihler boyunca kullanımı, süstaşı bakımından işlenebilirliği ve diğer kuvars grubu süstaşları hakkında bilgiler vermiştir.

Suludere (1976), Ankara-Çubuk bölgesinde Meşeli, Aşağı Emirler, Dedeler civarının jeolojisini çalışarak volkanik kayaların tuf, asit lav ve bazik lav akıntısı olarak gruplandırmış ayrıca yörede küçük ölçekli perlit oluşumları olduğunu belirtmiştir.

Akyürek vd.(1980) ise, Çubuk yöresinin ve yakın çevresinin (Eldivan, Şabanözü, Kalecik) 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarını yapmış ve birimleri isimlendirmiştir.

Pabian, R. (1994), toplam on beş lokasyondan on beş bin agatın ve beş farklı stratigrafik ortamın incelenmesi sonrasında meydana getirdiği araştırma bulgularıyla agatın kökeni hakkında detaylı bilgiler paylaşmıştır.

Wang, Y. ve Merino, E. (1995), bazaltlarda agatların oluşumu, kalsedon liflerinin bükülmesi ve iz element jeokimyası üzerinde çalışmışlardır. Ayrıca bazaltlar içindeki agatlarda bantlaşmanın ve lifli yapının kökeni üzerine incelemeler yapmışlar ve agat oluşumu sırasında iki mekanizmanın var olduğunu ortaya koymuşlardır.

Hatipoğlu, M. (1996), Ankara-Çubuk agatlarını incelemiş ve ilçe kuzeyinde bulunan Susuz Köy yakınlarında Neojen yaşlı andezit birimlerinin riyolit stoklarıyla olan dokanağında yaklaşık 1 km. uzunluğundaki damar zonu içinde agatların bulunduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, bölgeye ait agatların şekilsiz küçük yumrular halinde gözenek boşluklarını veya çatlakları doldurarak katmansı kütleler halinde ve dış kabuksuz olarak bulunduğu söylemiştir.

Goetze, J. (1999), agatın yapısını ve lüminesans davranışını, dünya genelinde belirli lokasyonlardan, farklı volkanik kayalardan alarak agat ve kuvars kabuğu örnekleri ile Elektron Paramanyetik Rezonans (EPR), katadolüminesans (CL) iz element analizi ile incelemiştir. Goetze'nin araştırmaları sonucu agat örneklerinin tümünde aparamanyetik merkezler tespit edilmiştir ve katadolüminesans mikroskopisi ile agat ve kuvars kabuklarında farklı iç yapılar ve zonlanmalar olduğunu ileri sürmüştür.

Hatipoğlu, M., ve Dora, Ö. (2000), Ankara-Çubuk agatlarıyla ilgili çalışmalarında, agatların Miyosen yaşlı andezit ve riyolitlerin içinde yarık ve çatlak boşlukları içerisinde, açık boşluk dolguları olarak yataklandıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca agat oluşumunun düşük basınç ve sıcaklık koşulları altında olduğunu, kökeninin hidrotermal sirkülasyonun yüksek silis konsantrasyonunda ve 7-9 pH'a tekabül ettiğini ifade etmişlerdir.

Goetze, J. (2001), agat oluşumu ve agatı meydana getiren sıvıların kökeni hakkında bilgi toplamak amacıyla dünyanın farklı on sekiz lokasyonundan farklı yaşlara ait asidik, ortaç ve bazik volkaniklerden aldığı agat örneklerinde iz element ve kararlı izotop analizi ile çalışmıştır. Bunun sonucunda agatların ve eşlik eden kuvars kabuklarının döteryum ve oksijen izotop analizleri izotopik kompozisyonda farklı mevkilerin örnekleri arasında ve tekil agat örneklerinde farklılıklar ortaya koymuştur. Araştırmacı, farklı sıvı kompozisyonları için agat oluşum sıcaklığını hesaplamış, sonuç olarak 50 – 250 °C gibi bir sıcaklık ölçeği belirtmiştir.

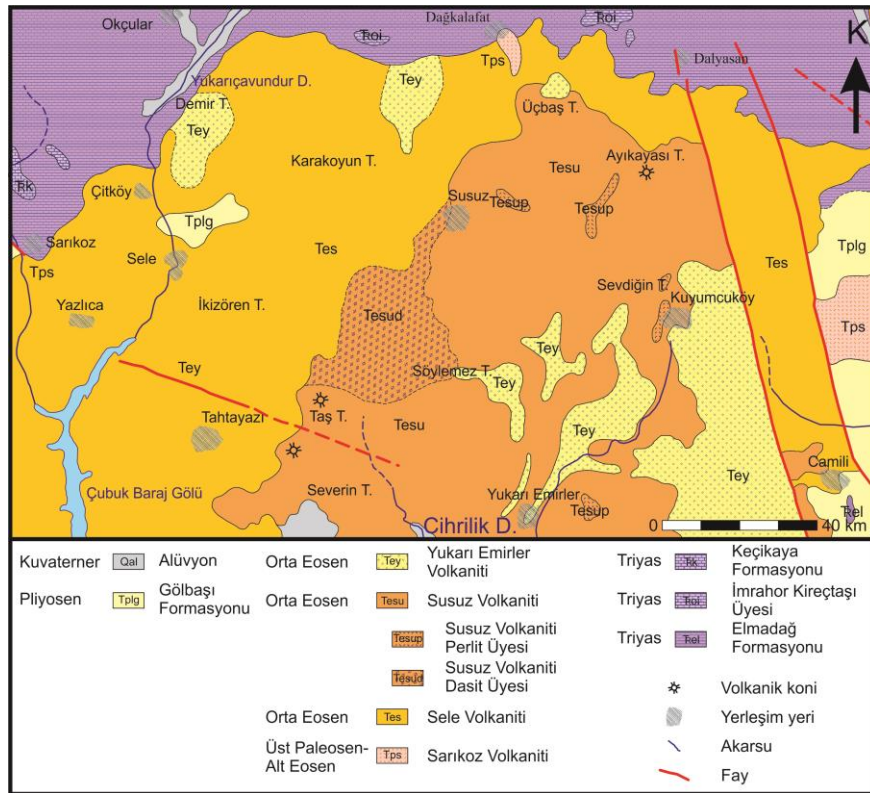
Besbelli ve Varol (2002) Ankara'nın kuzeydoğusunda yer alan Neojen yaşlı volkanik birimlerinde gözlenen hidrotermal alterasyona dayalı kil mineralleşmeleri, bunların oluşum şartlarını ve alterasyon zonları ile olan ilişkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, kil mineralleşmelerini, silisleşmeler ve sülfürlü, oksitli demir bileşikleri olarak bu alterasyon ürünlerine dayanarak, taze kaya zonu, az killi zon, çok killi zon ve silisleşme zonu olarak dört tip alterasyon zonu olduğunu ifade etmektedirler. Bu zonlar da, taze volkanik kayalar, çok altere volkanik kayalar ve silisleşmiş volkanik kayalar gibi petrografik tipler olarak ayrılmışlardır. Besbelli ve Varol (2002)'ye göre, taze kaya zonunda yaygın olarak andezitler izlenmektedir. Araştırmacılar, örneklerdeki majör ve iz elementlerin ana kaya ile alterasyon zonlarına göre dağılımlarını inceleyerek bölgedeki andezitlerin SiO₂ bakımından zengin olduğunu, bu değerlerin silisleşmenin artmasıyla altere zonlarda yükseldiğini, silisleşmiş zonlarda ise en yüksek değere ulaştığını belirtmişlerdir.

Petroněk J. (2004), bazaltik kayalarda bulunan agatlarda görülen bantlaşmanın, hem gravitasyonel (Uruguay tipi) hem de adezyonel (Brezilya tipi) bantlaşma, iklim tarafından kontrol edildiğini ileri sürmüştür.

Gül, B. (2006), Ankara-Çubuk yöresi volkanik kayalarının mineralojisi, petrografisi ve jeokimyası konusunda yüksek lisans tezi hazırlamış buna göre mineralojik ve petrografik incelemeler neticesinde, genel olarak bütün volkanik kaya örneklerinin bileşenlerini; plajiyoklaz, amfibol, biyotit, piroksen ve opak minerallerin oluşturduğunu belirtmiştir. Piroklastik kayalardan yaptığı XRD çalışmalarında ise, opal-ct, klinoptilolit, kalsit, mika, kuvars, feldispat, kaolinit ve kil varlığı saptamıştır.

2. GENEL JEOLojİ

Çalışma alanı ve yakını çevresinde yapılan çalışmalar, önceki çalışmalar bölümünde verilmiştir. Bölgeye ait jeolojik harita 1/25.000 ölçekli MTA Türkiye Jeoloji Haritaları (2010)'dan alınmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Çalışma alanının jeolojik haritası. (MTA, 2010'dan sadeleştirilmiştir).

2.1 Stratigrafi

Çalışma alanında Mesozoyik yaşlı temel kayalar, Neojen yaşlı volkanik ve sedimanter birimler ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar yüzeylemektedir. Bu birimler; temel kayalar, volkanoklastik birimler, riolitik birimler, sedimanter birimler ve alüvyon olarak sıralanmaktadır. Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti Şekil 2.2' de verilmektedir. Aşağıdaki bölümlerde bu kaya topluluklarının jeolojik özellikleri tanıtılmaktadır.

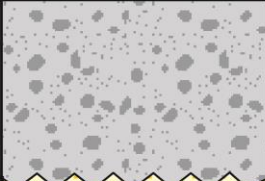
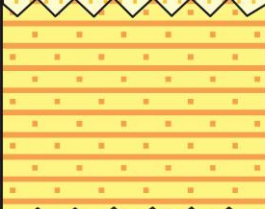
2.1.1 Temel kayaları

Bu çalışmada, Temel Kayaçlar olarak adlandırılan Triyas yaşlı birimler, Akyürek vd., (1980), tarafından Kösrelik Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. İnceleme alanının kuzeydoğusunda yüzeyleyen Triyas yaşlı birimler, detritikler ile yeşil şist fasiyesinde metamorfize olmuş çeşitli metakonglomera, metakumtaşı, metasilttaşı, metaçamurtaşı, kumlu kireçtaşı, kuvars-mikaşist, klorit-kalkşist, mika-kuvarsşist, albit-kloritşistden ve ayırtlanmamış metavolkanitlerden oluşmaktadır (Gül, 2006). Birim, sarı, boz ve kahverengi renklerde gözlenmektedir (Akyürek vd.,1980).

2.1.2 Volkanoklastik birimler

Önceki araştırmacılarca Üst Miyosen (Gül, 2006) yaşı verilen birim bazaltik trakiandezit, trakiandezit, trakit, dasit ve andezit bileşimli lav/dom, blok ve kül akıntıları ile piroklastik akıntılar şeklinde gözlenmekte olup oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bazaltik trakiandezit bileşimindeki kayaçlar, koyu gri, siyahımsı renk tonunda lav akıntılarıdır. Dedeler köyü güneyinde Bodurlar Köyü ve kuzeyde Kuyumcu Köy civarında yayılım göstermektedirler.

Trakiandezit bileşimindeki kayaçlar, genellikle siyahımsı gri renkte gözlenen lav akıntılarıdır. Andezit bileşimindeki kayaçlar, inceleme alanının doğusunda (Dedeler köyü KD'su) lav akıntısı şeklinde ve koyu gri renklerde gözlenmektedir. Dasit bileşimindeki kayaçlar, genellikle pembemsi-kızılımsı kahverengi tonlarında ve ayrıca pembemsi gri renkte gözlenmektedir. Bu kayaçlar lav/dom şeklinde gözlenmektedir. Porfiritik dokunun çok belirgin olduğu örneklerde, feldispat fenokristalleri makroskopik olarak belirgin bir şekilde gözlenmektedir.

Üst Sistem	Sistem	Seri	Birimler	Litoloji	Açıklamalar
Senozoyik	Kuvaterner		Kuvaterner Oluşumları		Alüvyon
	Neojen	Pliyosen	Sedimanter Birimler		Gölbaşı Formasyonu; Kum, kil ve çakıl.
	Paleojen	Eosen	Sedimanter Birimler		Karakocaş Formasyonu; Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı.
			Riyolitik Birimler		Susuz Volkaniti; Riyolit.
			Volkanoklastik Birimler		Volkanoklastik birimler (Sele Volkaniti, Yukarı Emirler Volkaniti); Bazaltik trakiandezit, trakiandezit, andezit, trakit, dasit bileşimli lav/dom, blok ve kül akıntıları (piroklastik akıntı ürünleri)
	Alt Triyas		Temel Kayaçlar		Elmadağ Formasyonu, Ortaköy Formasyonu; Metakonglomera, metakumtaşı, metasilttaşı, metavolkanit, metaçamurtaşı, kumlu kireçtaşı, kuvars-mikaşist.

Şekil 2.2 : Çalışma alanının genelleştirilmiş şematik stratigrafik dikme kesiti (MTA, 2010'dan yararlanılmıştır).

Trakit bileşimindeki kayaçlar, lav akıntıları şeklinde mostra vermekte olup, porfirik doku makroskopik olarak belirgindir ve feldispat fenokristalleri gözlenmektedir. Genel olarak pembemsi gri ve kahverengi olan kayaçların, bazıları ise yeşilimsi gri renk göstermektedir.

Bodurlar köyü civarında mostra veren piroklastik birimlerin yoğun hidrotermal alterasyona maruz kalması sonucu, silisifiye olmuş ve ilksel özelliklerini kaybetmişlerdir. Bej ve pembemsi renk tonu gösteren bu birimler, cm boyutunda pomza, kül boyu malzeme ve litik parçalardan oluşmaktadır. Bu çalışmada Volkanoklastik birimler olarak adlandırılan bu birimler, Akyürek vd.(1980) tarafından Eregez Agloreması ve Kurtsivrisi Volkanikleri olarak adlandırılmıştır (Gül, 2006).

2.1.3 Riyolitik birimler

Bu birim (Akyürek vd., 1980), tarafından daha önce Aydos Bazaltı olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında, stratigrafik olarak en genç volkanik birimdir. Pembemsi gri, kırmızı kahverengi ve ayrıca yeşil renkte gözlenmektedir. Arazide lav/dom şeklinde geniş bir yayılım göstermektedirler. Yer yer, camsı parlaklıkta, koyu gri-siyah renkte gözlenmektedir.

2.1.4 Sedimanter birimler

İnceleme alanında, Akyürek vd., (1980)'e göre Büyükyakalı Formasyonu olarak adlandırılan bu birim, sarımsı boz renklerde, genellikle tutturulmamış veya az tutturulmuş, çeşitli boylardaki değişik kökenli çakıllar içeren konglomeralardan oluşmuştur. Kısmen ince taneli, belirsiz tabakalanmalı seviyeler içeren birimin çakılları, genellikle üzerine geldiği birimlerden türemiş olmasına rağmen volkanik parçalar yaygındır ve az tutturulmuş kesimlerdeki çimento tuf ve kildir (Akyürek vd., 1980).

2.1.5 Kuvaterner oluşukları

İnceleme alanında Kuvaterner yaşlı oluşuklar alüvyonlarla temsil edilmektedir. Bu alüvyonlar, akarsu yatakları boyunca biriken kum, kil ve çakıldan oluşan günümüz çökelleridir.

2.2 Yapısal Jeoloji

Bölgede Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı açısız uyumsuzluk gösteren birimler mevcuttur.

Ana yapısal birimlerde kıvrım ve küçük faylar görülmektedir. Alpin kıvrımları bölgenin tektonik aktive etkisinde olduğunu açıkça göstermektedir. Bölge Walachian Fazı ile son halini kazanmıştır (Tatlı, 1975).

Kıvrımlanmalar çoğunlukla Karmaşık Seri'deki şistlerde ve kireçtaşlarında, daha nadir olarak da Pliyosen yaşlı Sedimanter Birimler içinde gözlenmektedir.

Ankara-Çubuk Bölgesi bir sıkışma havzasıdır. Bölgenin doğu ve batı kısımlarında büyük faylar vardır. Bölgede küçük faylar da bulunmakta olup bunlar büyük olasılıkla bölgesel volkanizmanın etkisiyle oluşmuşlardır.

Karmaşık Seri'deki birimler genellikle KB-GD yönlüdür. Kumtaşları düzensiz yapıya sahiptir. Koyu renkli kireçtaşlarının iyi tabakalanmalı olmalarının yanısıra açık renkli olanlarının yapıları ise masif görünümlüdür. Çeşitli çatlaklar ve fissürler alterasyon zonlarında görülmektedir. Asidik lavların çıktığı yapılar kuzey güney yönlüdürler. Sedimanter Seri nispeten yatayıdır.

3. MİNERALojİK İNCELEMELER

3.1 Giriş

Çalışma sahasından alınan 5 adet ana kayaç ve 13 adet agat örneğinde mineralojik incelemeler kapsamında optik mineraloji ve XRD çalışmaları yapılmıştır. Örneklerde porfirik doku hakimdir. Çalışma alanının çeşitli lokasyonlarından alınan volkanik kayaçların mineralojik bileşimi feldspat, plajiyoklas, kuvars, biyotit ve çoğu altere olmuş opak minerallerden meydana gelmiştir. Bölgedeki volkanik kayaçların optik mineralojik özellikleri Bölüm 3.2’de detaylıca verilmiştir.

Mineralojik incelemeler kapsamında X-Işınları Difraktometre cihazı ile ana kayaçlarda ve agat örneklerinde mineral bileşim tespit edilmiştir. Bölüm 3.3’te bu konu ele alınmıştır.



Şekil 3.1 : Çalışma alanından bir agat örneği.



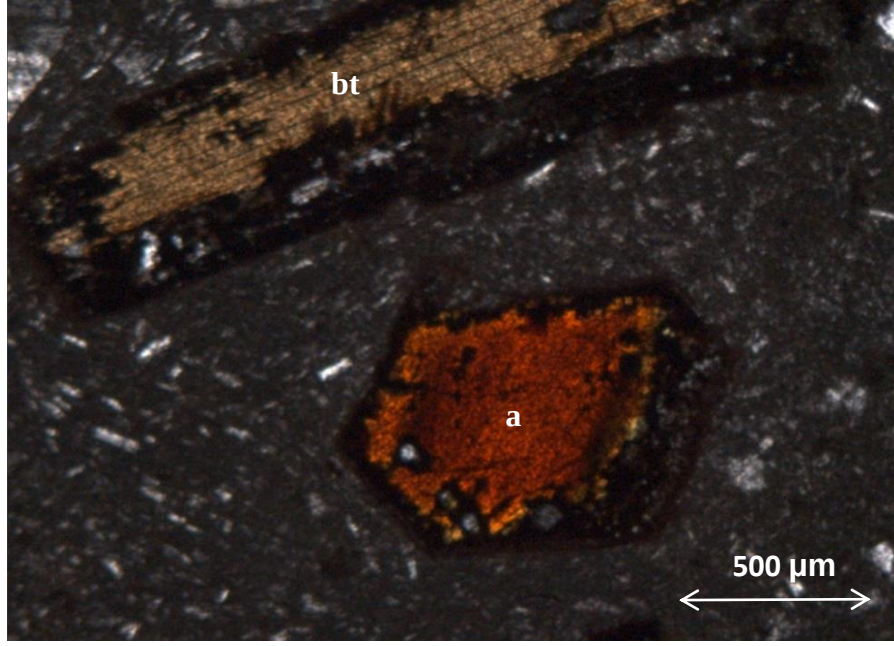
Şekil 3.2 : Çalışma alanındaki bir agat örneği.

3.2 Optik Mineraloji

İnceleme alanında yüzeylenen agat örneklerinden ve bölgenin geneline hakim olan trakiandezitolarak bilinen volkanik birimlerinden hazırlanan ince kesitler LEICA DM 4500P marka polarizan mikroskopta incelenmiştir. İncelenen kayaçlarda ağırlıklı feldispat, plajiyoklas, kuvars, biyotit, amfibol ve opak mineraller tespit edilmiştir (Şekil 3.3, 3.4 ve 3.5).

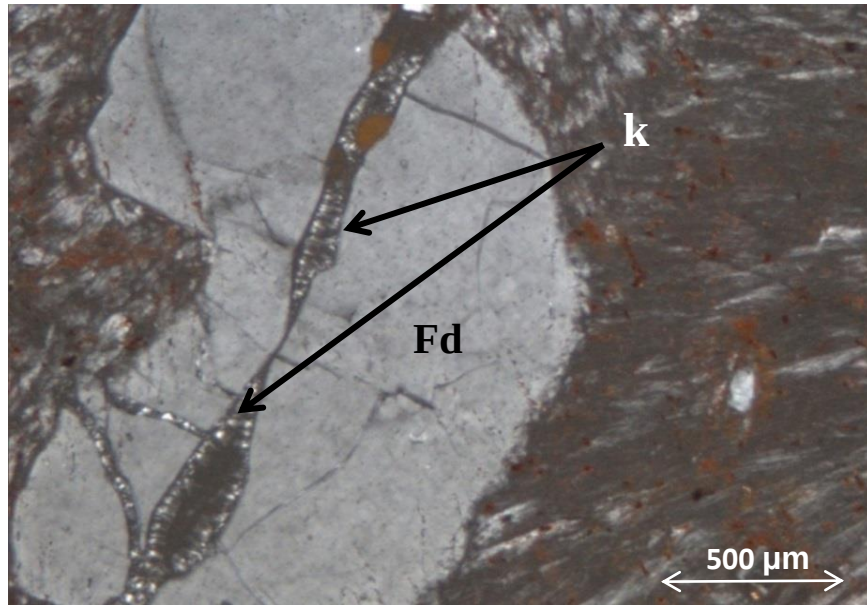


Şekil 3.3 : Anakayadan akma dokusu içinde biyotit kristali (bt: biyotit, Çift Nikol).

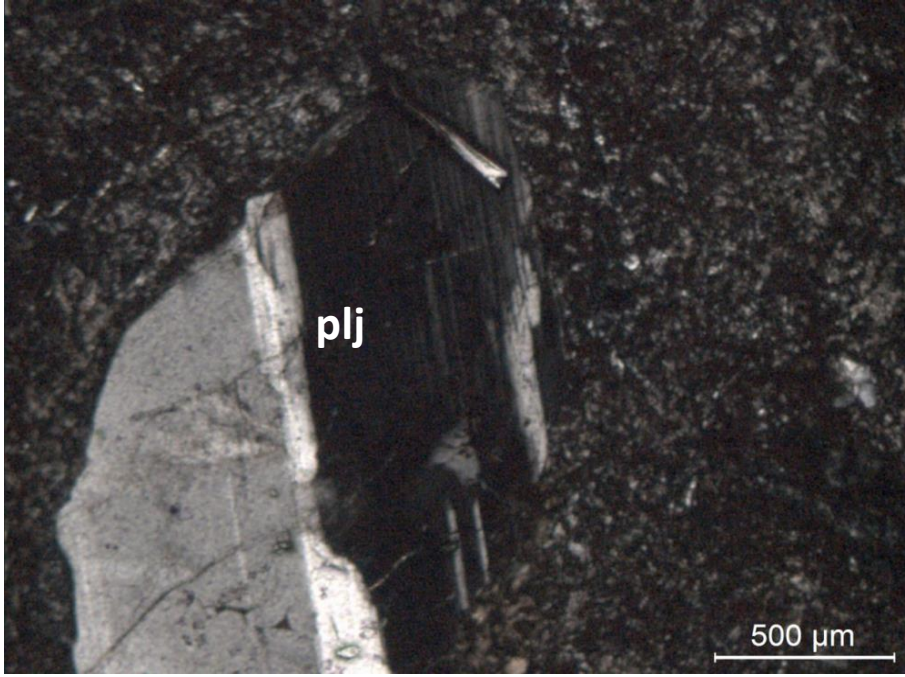


Şekil 3.4 : Anakayadan çift nikolde görüntü, (a:amfibol, bt: biyotit, Çift Nikol).

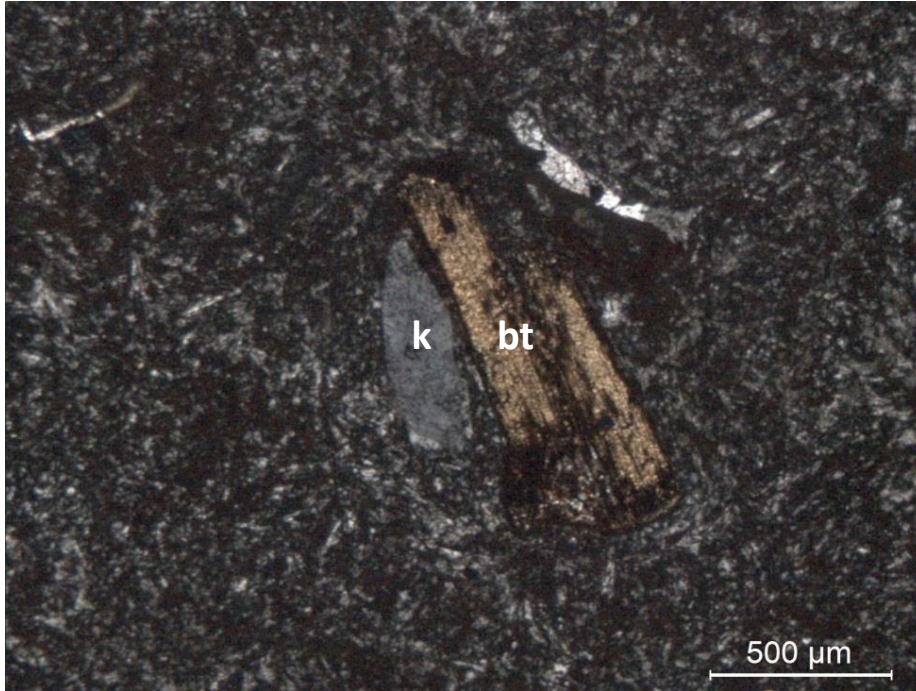
Kayaçların ince kesit incelemelerinin çoğunda akma dokusu gözlenmiştir. Şekil 3.3’de akma dokusu ile birlikte biyotit kristaline ait bir görüntü verilmiştir. Amfiboller aşırı altere olup opaklaşmışlardır. Trakitik doku görülmesine rağmen alkali feldspat gözlemlenmediği için trakiandezit denebilir. Çalışma alanından alınan ana kayaç örneklerinde feldspat fenokristalleri içindeki mikroçatlaklarda ikincil kuvars oluşumları gözlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil3.5 : Feldspat kristali içindeki bir mikro çatlakta gelişen ikincil kuvars görüntüsü,(Fd:Feldspat, k: Kuvars, Çift Nikol).

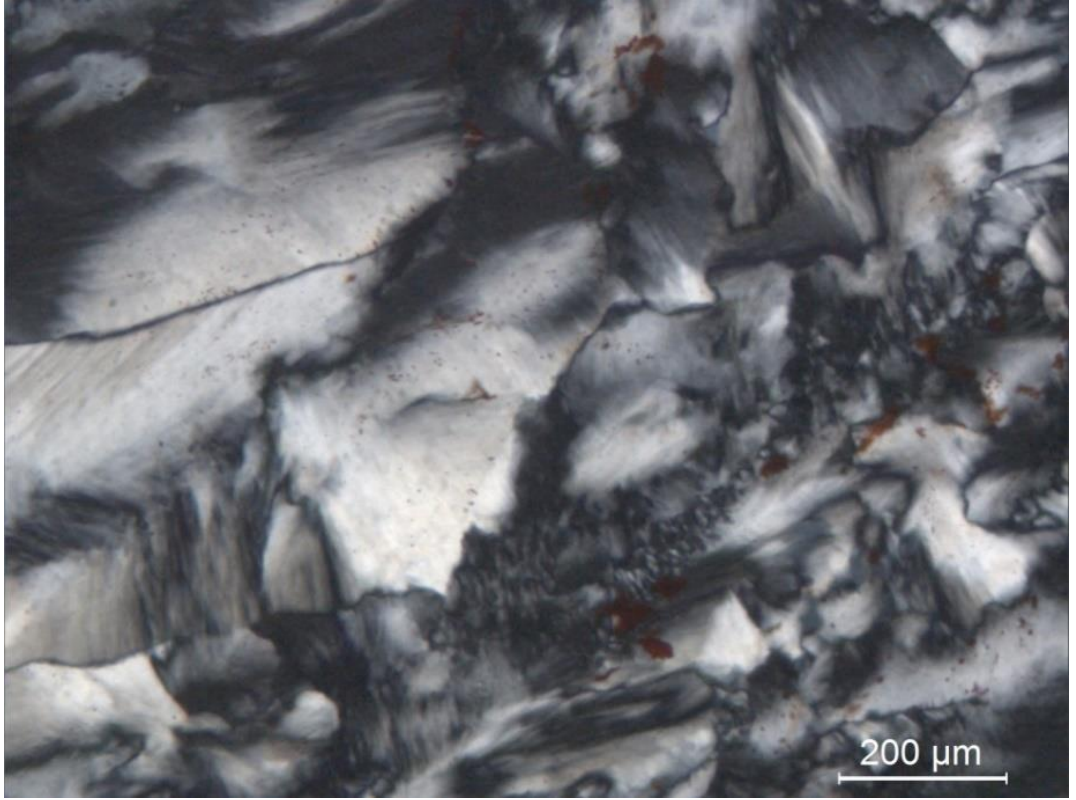


Şekil 3.6 : Ana kayaç bünyesinde tipik karsbald ikizlenmesi gösteren plajiyoklas kristali (plj:plajiyoklas, Çift Nikol).

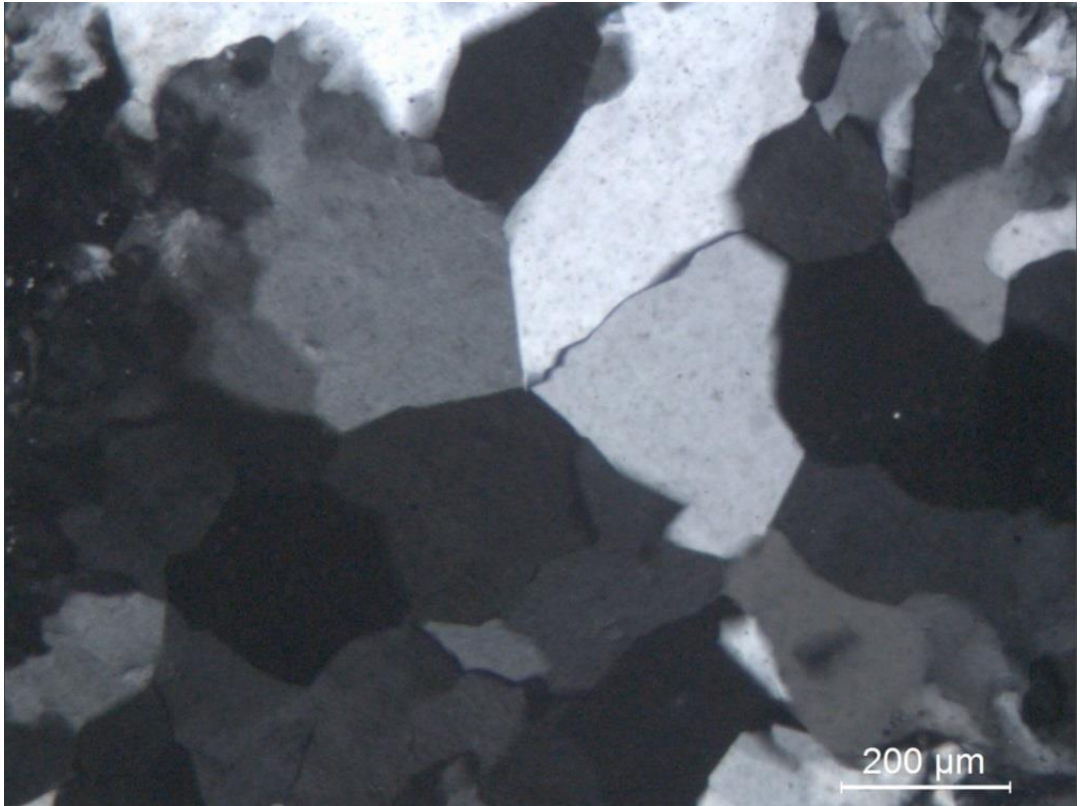


Şekil 3.7 : Camsı matriks içinde kuvars ve biyotit, (k:kuvars, bt:biyotit, Çift Nikol).

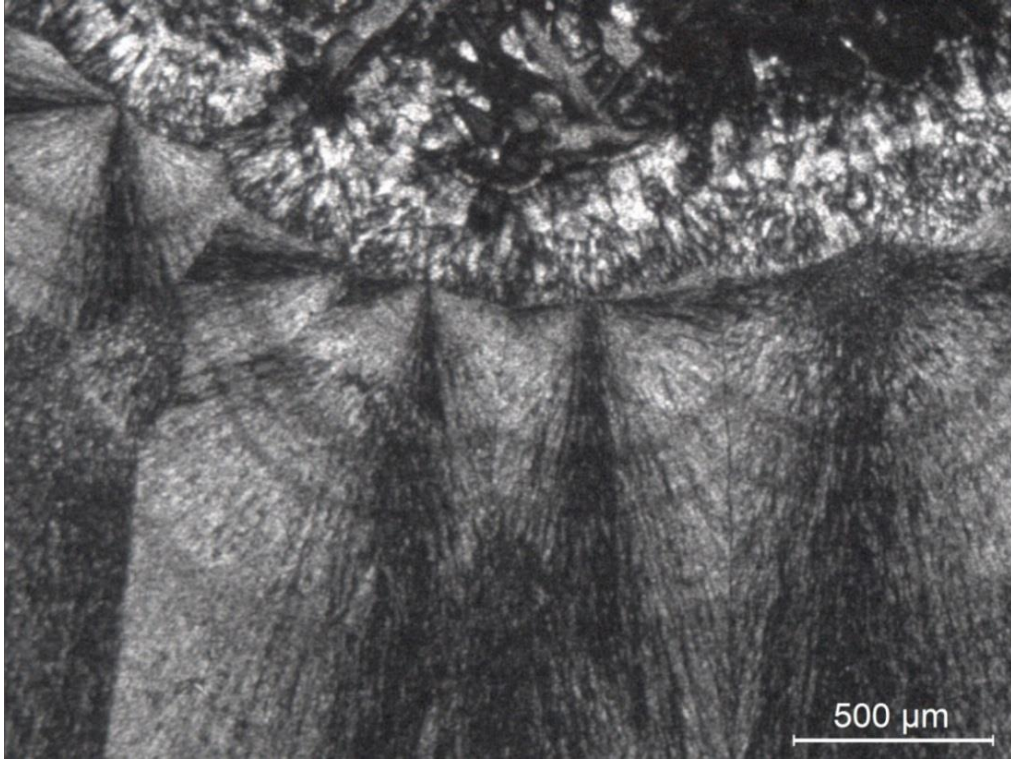
Agat örneklerinden hazırlanan ince kesit incelemelerinde agatın kuvars bileşimli bantları incelenmiştir. İri kuvarslar içinde ikincil olarak gelişmiş dişli kuvarslar tespit edilmiştir (Şekil 3.10). Birincil olduğu düşünülen lifsi kuvars kristalleride ışınsal sönme gözlemlenmiştir (Şekil 3.8).



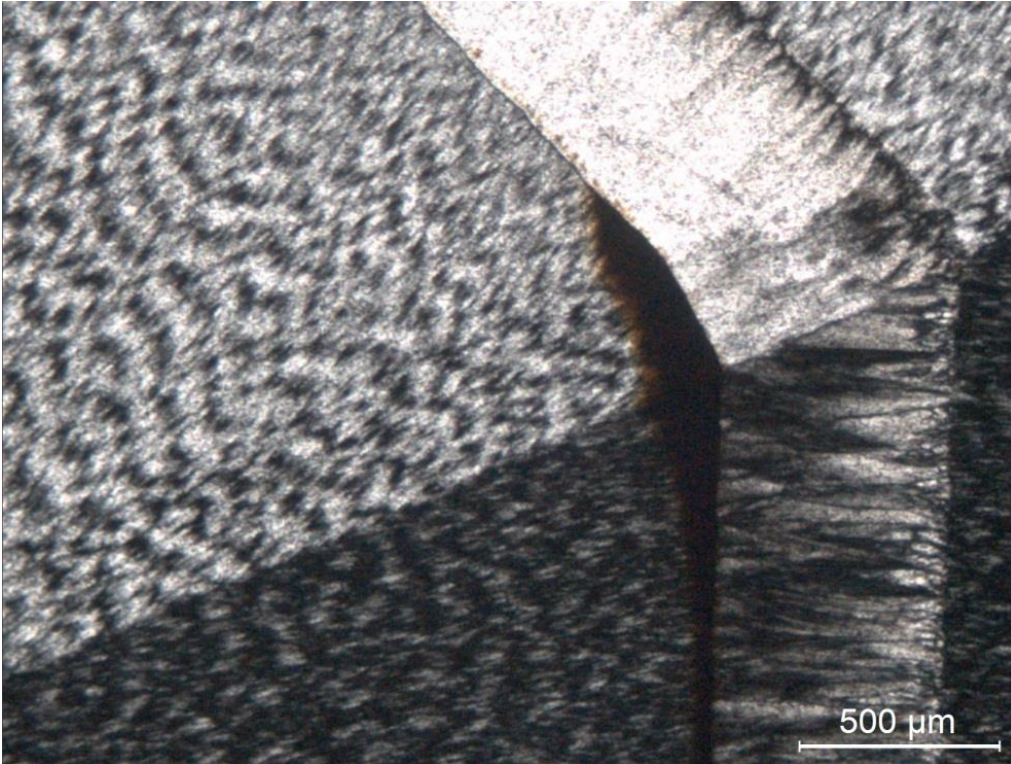
Şekil 3.8 : Kalsedon minerali ve ışınsal sönme görüntüsü, (Çift Nikol).



Şekil 3.9 : Agat örneklerinde gözlenen kuvars oluşumları, (Çift Nikol).



Şekil 3.10 : Agat örneklerinde gözlenen kalsedon lifleri, kuvars dişleri, (Çift Nikol).



Şekil 3.11 : Agat örneklerinde gözlenen bantlaşma sınırları, (Çift Nikol).

3.3 XRD Çalışmaları

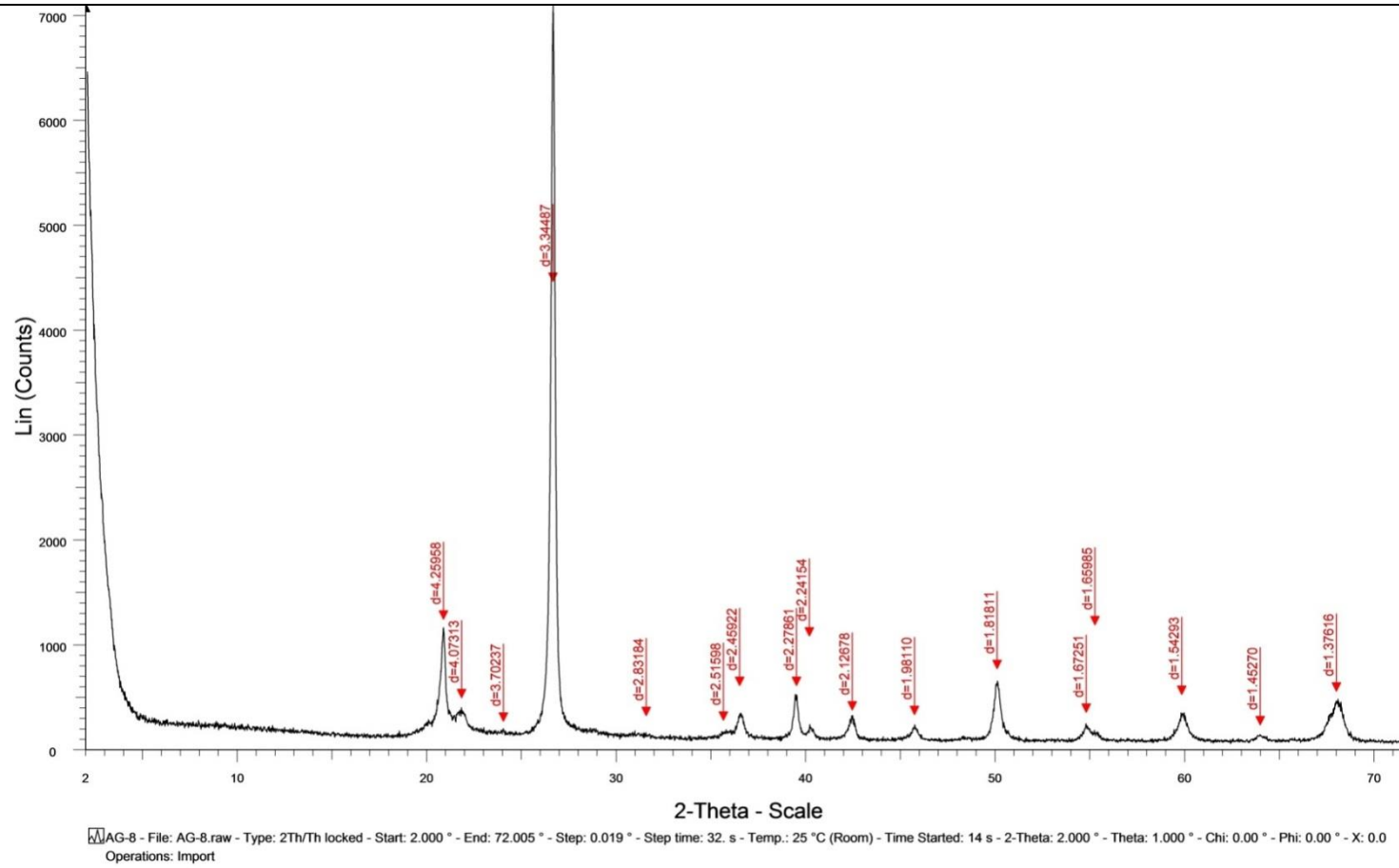
Çalışma alanından derlenen 5 adeti ana kayaç ve 13 adeti agat oluşumlarını temsil eden toplam 18 adet örneğin mineral bileşimlerini belirlemek amacıyla X-ışınları Difraksiyon (XRD) analizi gerçekleştirilmiştir. XRD analizi D8 Advance Bruker marka X-ışınları Difraktometre cihazında, CuK α radyasyon ve Ni filtre kullanılarak ve sayım 40 Kv, 40 mA şartlarında ve çekim hızı 2-72° 2 θ arasında olacak şekilde yapılmıştır. 13 adet agat örneğinin mineral bileşimleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Agat örneklerinin XRD analizi sonucu belirlenen mineral bileşimleri.

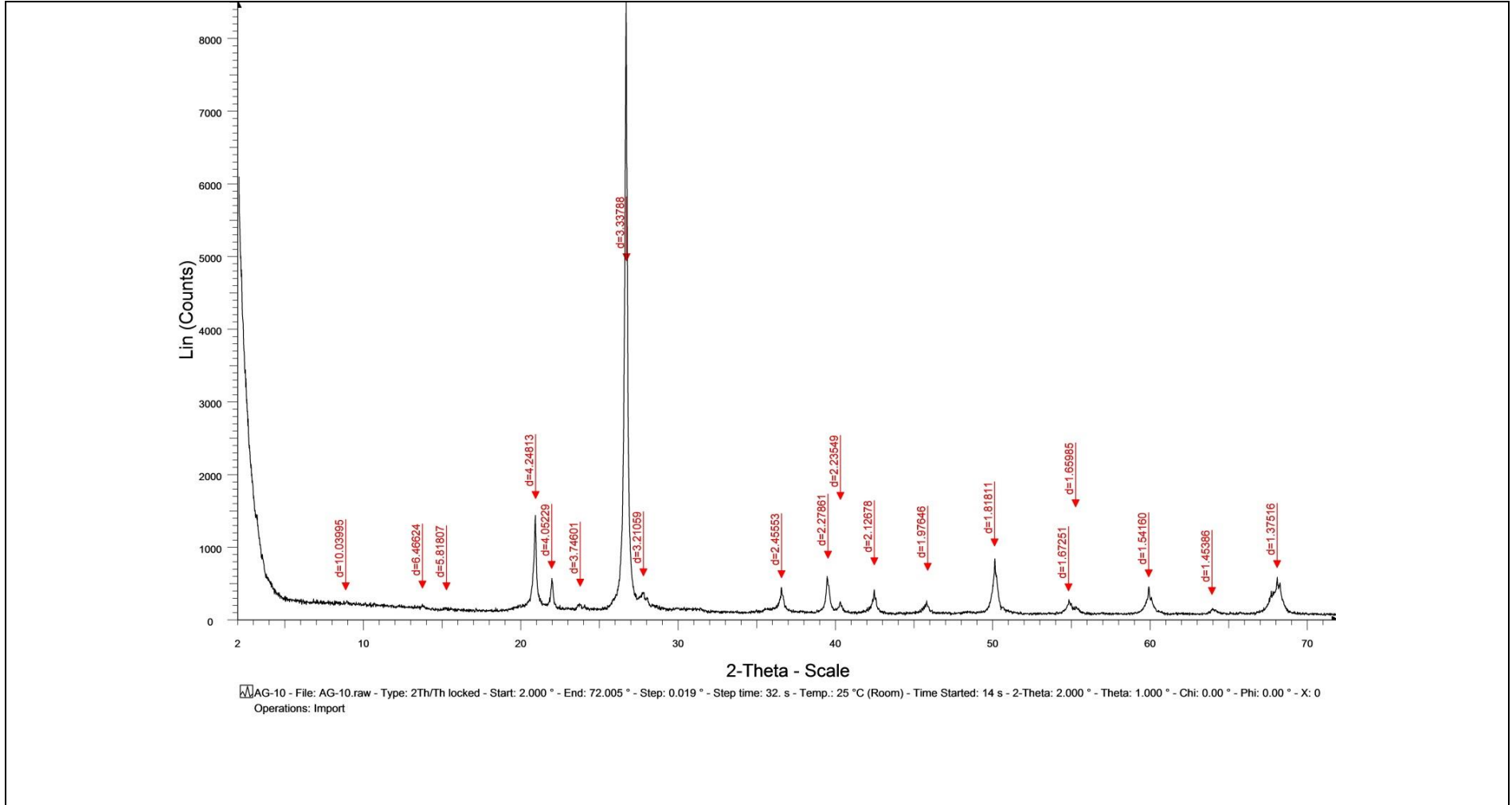
Örnek No	Mineralojik Bileşim
AG-1	Kuvars + Opal-CT (4.09Å, 2.50Å)
AG-2	Kuvars
AG-3	Kuvars + Opal-CT (4.05Å) + Feldspat
AG-4	Kuvars + Feldspat
AG-5	Kuvars
AG-6	Kuvars
AG-7	Kuvars + Opal-CT (4.10Å, 2.50Å)
AG-8	Kuvars + Opal-CT (4.07Å, 2.51Å)
AG-9	Kalsedon
AG-10	Kuvars + Opal-CT (4.05Å, 2.50Å) + Feldspat
AG-11	Kalsedon
AG-12	Kuvars
AG-13	Kuvars

Çizelge 3.1’den anlaşılacağı üzere, örneklerdeki genel mineralojik bileşim illit/mika + kuvars/kalsedon + Opal-CT (Opal-Kristobalit/Tridimit) + feldspat + analsim + amorf (volkanik cam)’dır. 4 Å bantları agat örneklerinde 4.05 – 4.10 Å arasındadır. Agat örneklerine ait 4 Å bantları opal – CT’yi işaret etmektedir. XRD sonuçlarına göre, numunelerin bantlı kesimleri silis mineralleri olarak kuvars veya kalsedon içerir. Kalsedon pikleri esasen kuvars fazına ait bilinen tüm piklere (4.26 Å, 3.34 Å, 2.45 Å, 2.27 Å, 2.23 Å, 2.12 Å, 1.97 Å, 1.81 Å, 1.67-1.65 Å, 1.54 Å, 1.45 Å, 1.38-1.37 Å mesafeli pikler) ilaveten kalsedonu da işaret eden 4.4 Å, 3.1 Å, 2.8 Å mesafeli ve düşük şiddetli pikleri de içerir (Şekil AG-9, AG-11).

Ayrıca çalışma alanından alınan ana kayalardan 5 no.’lu örnekte yüksek amorf içeriği tespit edilmiştir. Bu durum, makroskobik inceleme sonucu perlit olabileceği görüşünü XRD çalışmaları ile desteklemiştir.



Şekil 3.12 : Agat örneklerinden 8 no.'lu örneğin XRD difraktogramı.



Şekil 3.13 : Agat örneklerinden 10 no.'lu örneğin XRD difraktogramı (XRD difraktogramlarının tümü EK-A'da verilmiştir).

4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

4.1 Ana ve İz Element Jeokimyası

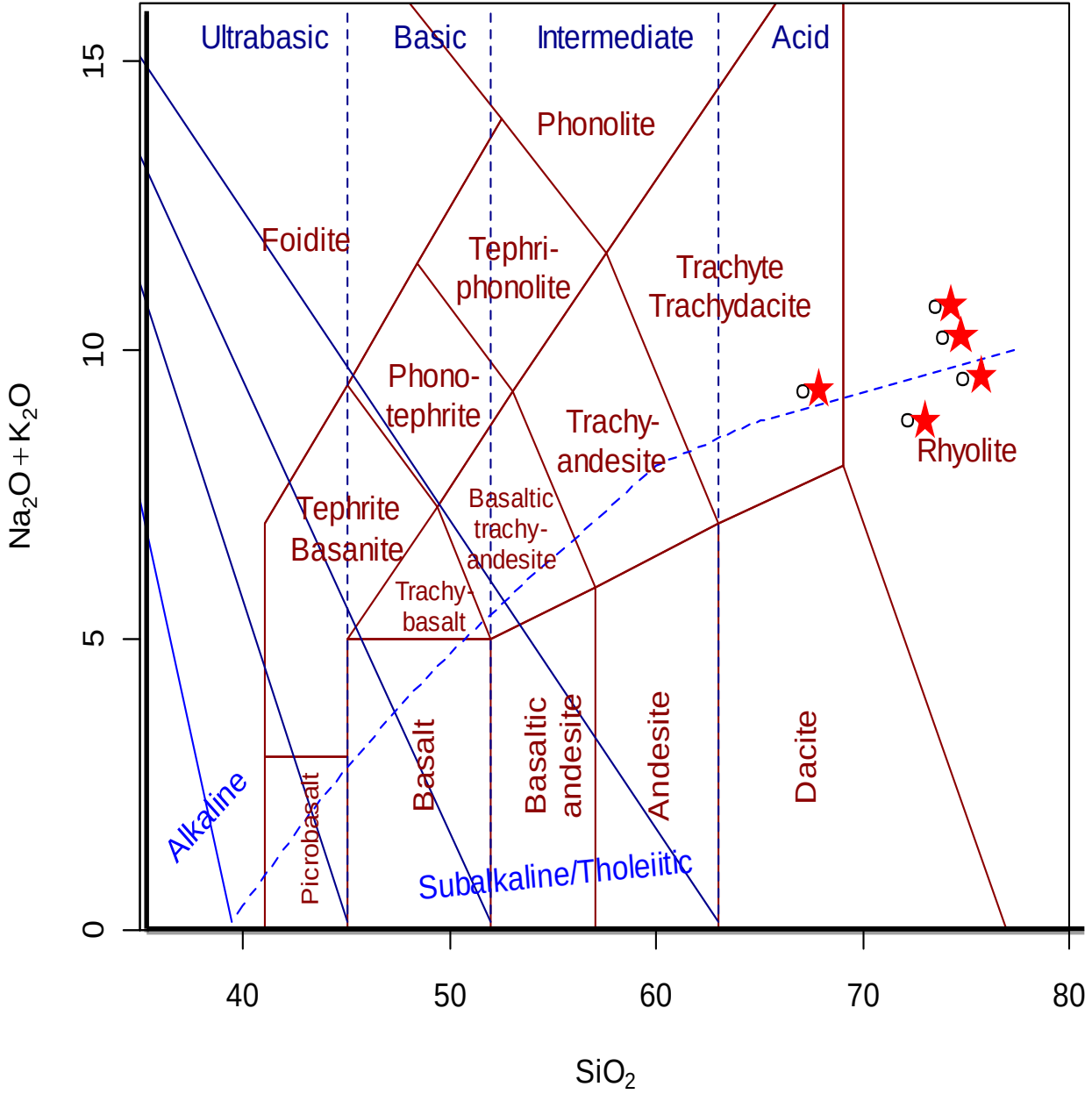
Çalışma alanındaki volkanik kayaçların kimyasal karakteristiklerini belirlemek üzere, Ankara Çubuk bölgesinden 5 adet kayaç örneği alınmıştır. Örneklerin majör oksitlerini belirlemek amacıyla XRF yöntemi, iz element ve nadir toprak element içeriklerini belirlemek amacıyla ICP-MS yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

Örneklerin XRF analiz sonuçlarına göre, SiO₂ değerleri %66.6-74.4, Al₂O₃ değerleri %12.2-15.7, Fe₂O₃ değerleri %1.2-3.4, MgO değerleri %0.5-2.7, Na₂O değerleri %3.7-4.2, K₂O değerleri %4.5-5.1, TiO₂ değerleri %0.2-0.8, P₂O₅ değerleri %0.02-0.3 ve MnO değerleri %0.02-0.07 aralığında değişmektedir. Örneklerin ateşte zaiyat değerleri ise %0.9 ile %6.8 arasında değişmekte olup bu değerler örneklerin altere olabileceği durumunu desteklemektedir.

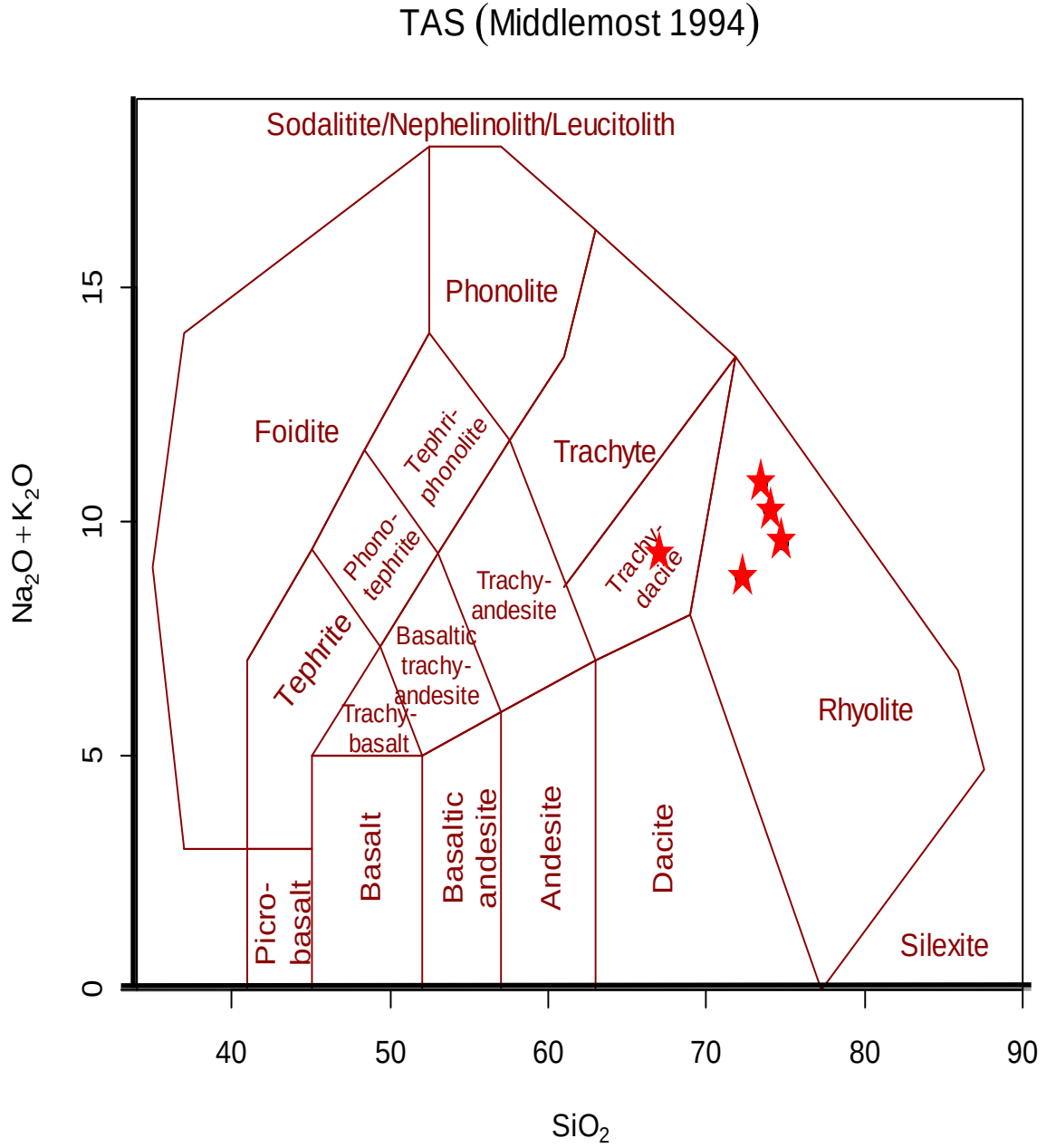
Çizelge 4.1 : Ana kayaç major oksit içerikleri.

Bileşim	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
SiO ₂	74.36%	72.65%	74.02%	66.46%	68.87%
Al ₂ O ₃	12.91%	12.20%	13.18%	15.72%	13.43%
Fe ₂ O ₃	1.26%	1.15%	1.4%	3.40%	1.37%
MgO	0.10%	0.13%	0.16%	0.49%	0.27%
CaO	0.54%	0.56%	0.66%	2.73%	0.78%
Na ₂ O	4.05%	4.12%	4.24%	4.23%	3.68%
K ₂ O	5.07%	4.66%	4.86%	4.98%	4.52%
TiO ₂	0.19%	0.17%	0.22%	0.76%	0.23%
P ₂ O ₅	0.02%	0.04%	0.04%	0.26%	0.04%
MnO	0.02%	0.02%	0.02%	0.07%	0.07%
AZ	1.48%	4.30%	1.21%	0.91%	6.8%
TOPLAM	100%	100%	100%	100%	100%

TAS (Le Bas et al. 1986)

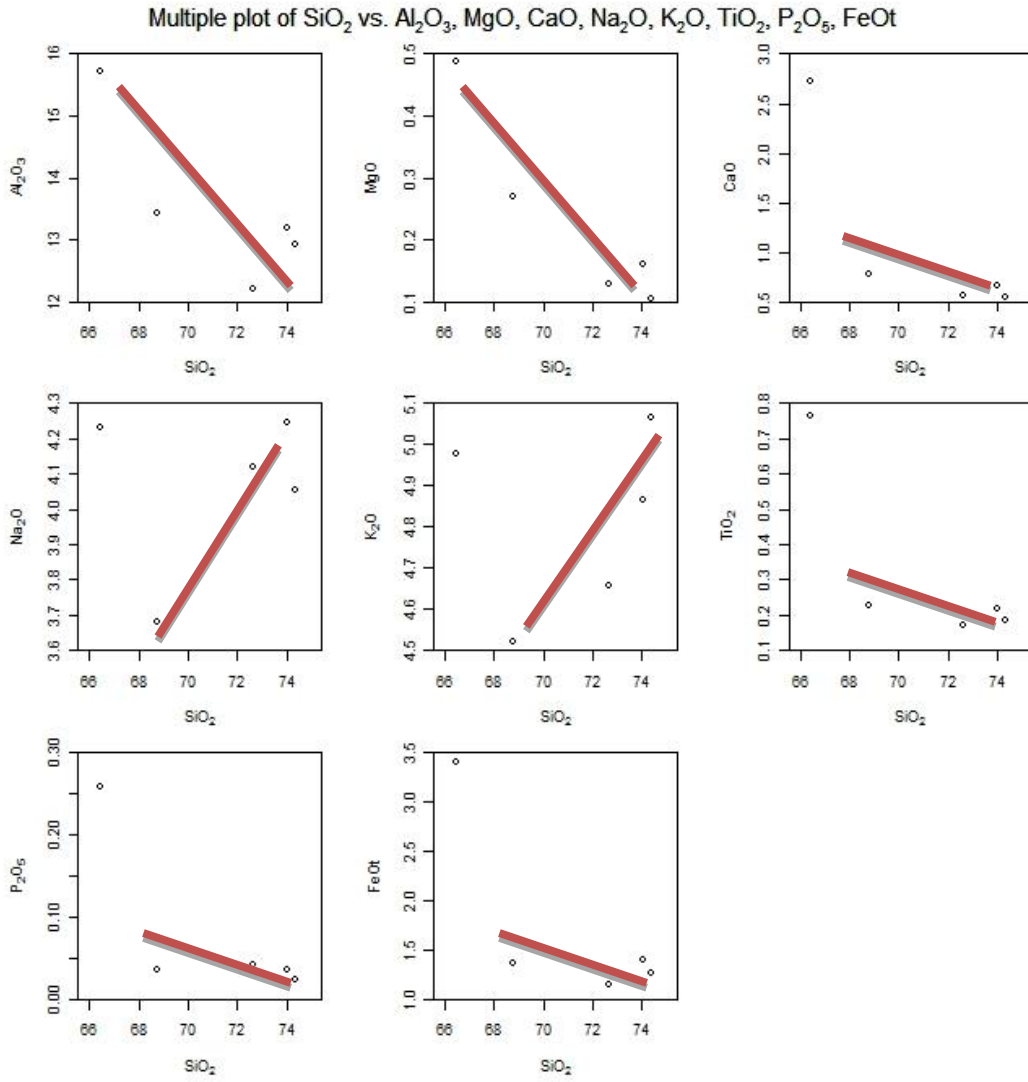


Şekil 4.1: Ana kayaç örneklerinin Le Bas ve diğ.(1986) tarafından önerilen TAS diyagramına izdüşümleri.

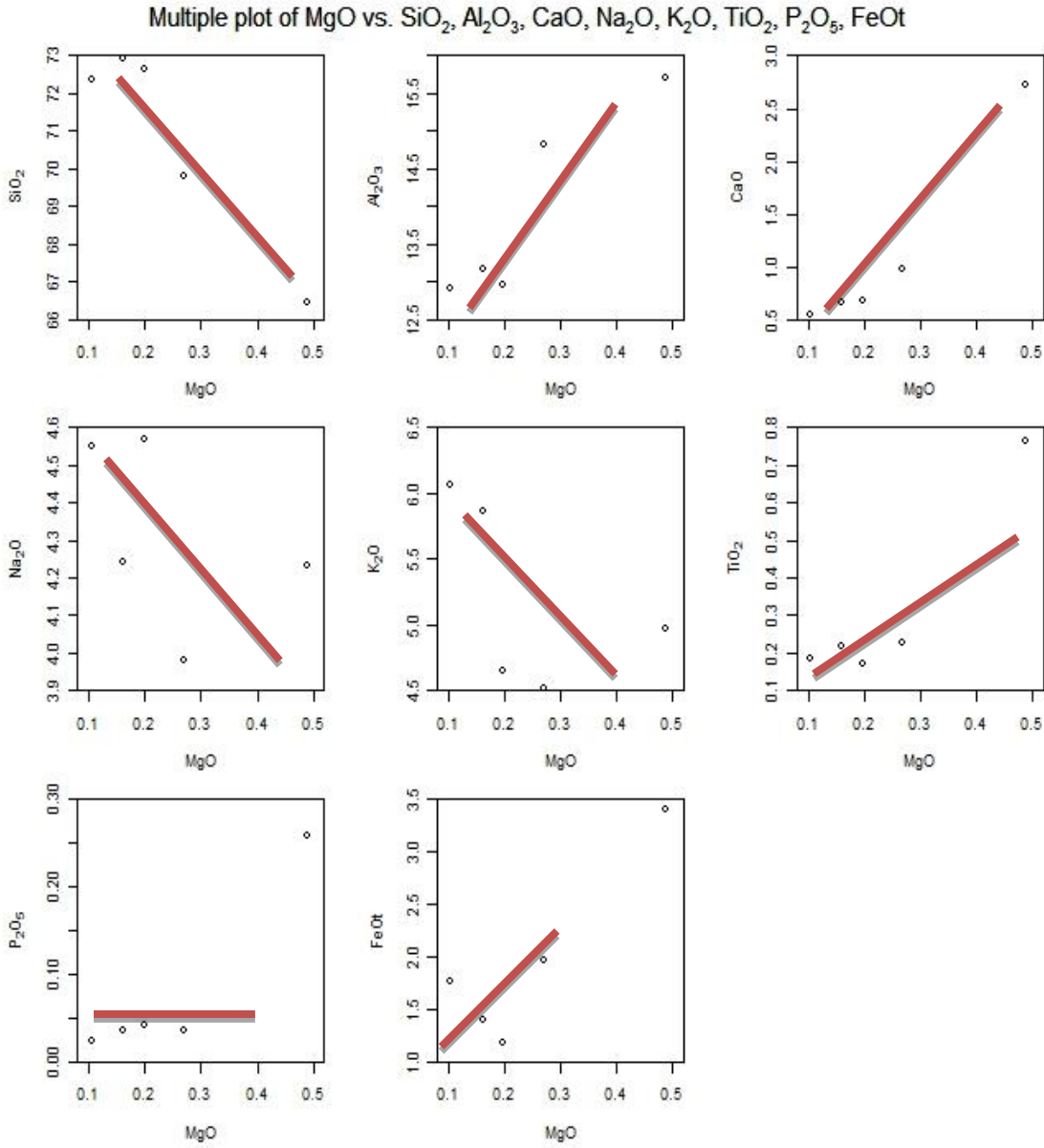


Şekil 4.2 : Ana kayaç örneklerinin Middlemost(1994) tarafından önerilen TAS diyagramına izdüşümleri.

Jeokimyasal çalışmalar kapsamında yer alan Harker diyagramlarına baktığımızda; SiO_2 'ye karşı major oksitlerin (Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 ve FeO) değişim diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 4.3). Geneline negatif korelasyon hakim olduğu söylenebilmektedir. A-4 no.lu örnek geneli temsil etmediği için bazı yerlerde ihmal edilmiştir. SiO_2 'ye karşı K_2O ve Na_2O diyagramlarında pozitif korelasyon tespit edilmiştir.



Şekil 4.3 : Ana kayalar için Harker Diyagramları (SiO_2 - Major oksitler).



Şekil 4.4 : Ana kayalarla ait Harker Diyagramları (MgO - Major oksitler).

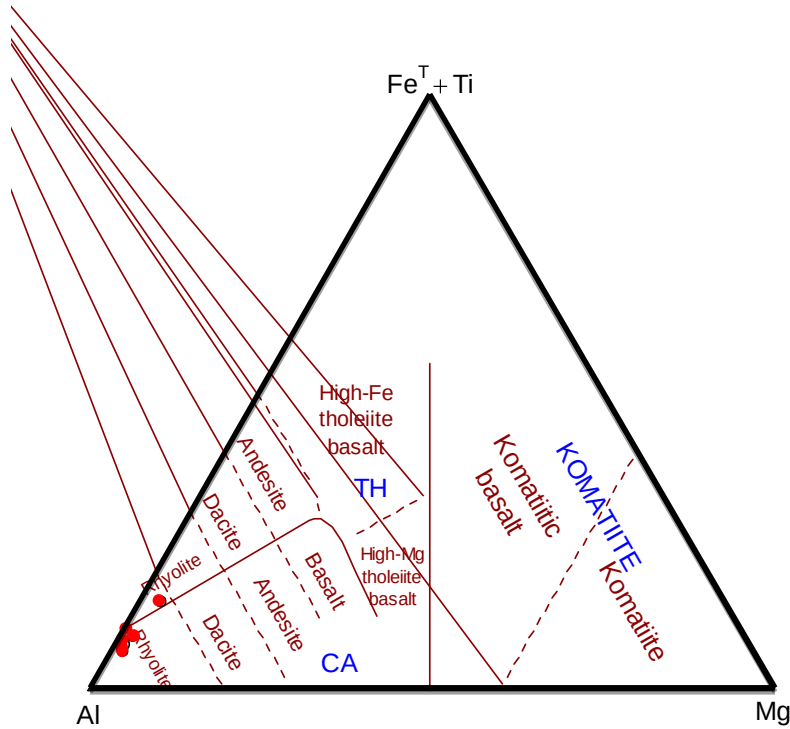
Kayaç içerisinde ikincil kuvarslar olabileceğinden ve kayaç içerisinde Fe oksitlenmesi görüldüğünden SiO₂ diyagramları yerine MgO'ya karşılık diğer major oksitler (Al₂O₃, SiO₂, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅ ve FeOt) diyagramını kullanmanın daha doğru olduğu düşünülmüştür. Hazırlanan Harker diyagramlarında MgO'ya karşılık SiO₂, Na₂O ve K₂O değerlerinde negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Diğer yandan, MgO'ya karşılık Al₂O₃, CaO, TiO₂ ve Fe₂O₃ diyagramlarında pozitif bir korelasyon görülmektedir. A-4 no.lu örnek geneli teslim etmediği için bazı yerlerde ihmal edilmiştir.

Burada Şekil 4.3 ve 4.4’de diyagramların ters davranması silis oranının magmadan geldiği ve ikincil olarak bulunmadığı düşüncesini doğurmaktadır. Yüksek silis oranının kaynağı kristallenememiş ve matrikse katılmış silisik malzemedir.

Ankara-Çubuk bölgesinde bulunan agat oluşumlarını barındıran riyolitik birimlerin sınıflandırılması için örnekler önce Le Bas ve diğ.(1986) ve Middlemost (1994) tarafından önerilen TAS (SiO_2 ’ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) diyagramına iz düşürülmüştür (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).

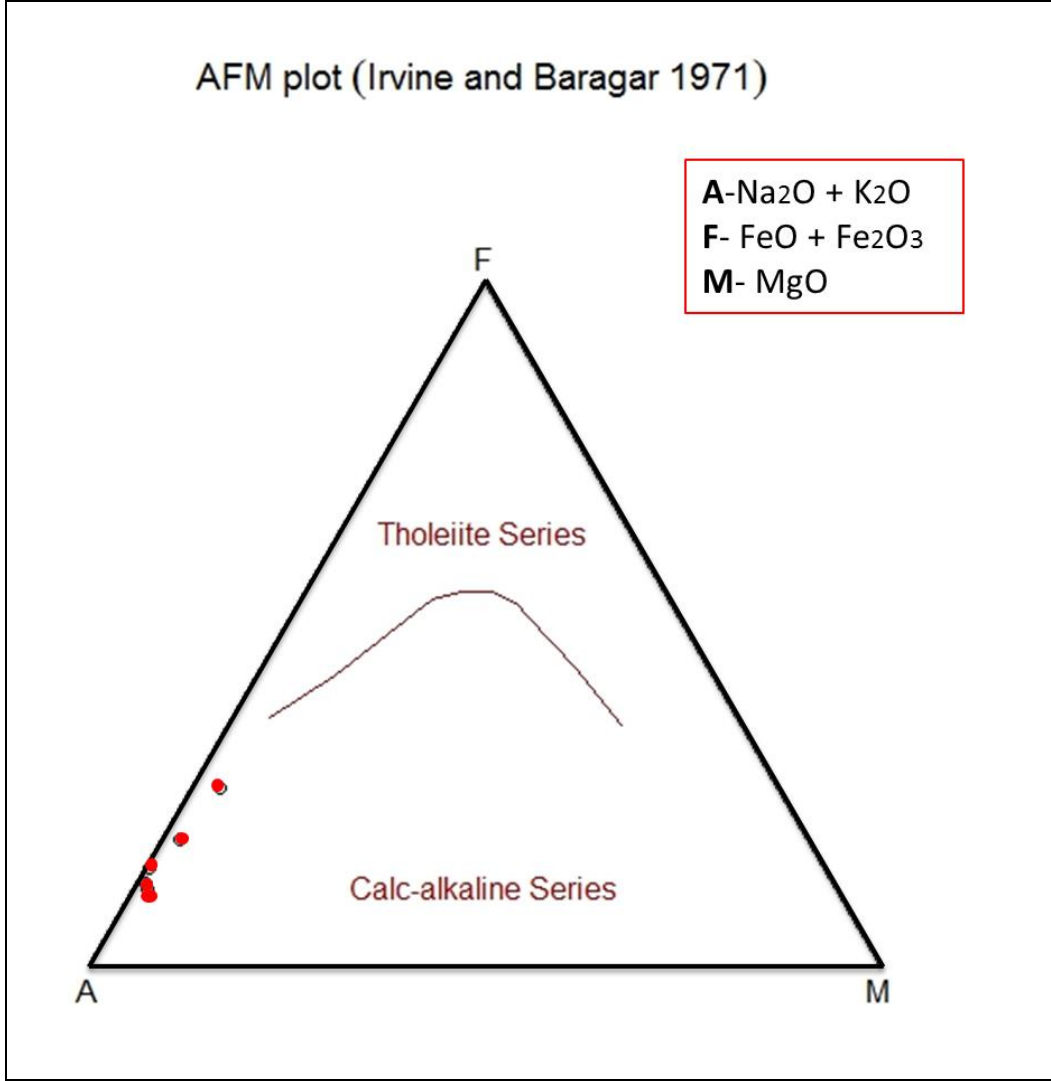
Diyagramda örneklerin hemen tümü riyolit alanına, bir adet örnek ise trakit-trakidasit alanına iz düşmektedir. Bu sonuç petrografi gözlemleriyle tam olarak uyumlu değildir. Bölgede yüksek silisli hidrotermal çözeltiler etkili olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda kristallenememiş matriksin yüksek silis oranı dakayaçların jeokimyasal sonuçları ile mineralojik-petrografik sonuçlarının örtüşmemesini açıklayabilmektedir.

Jensen (1976)



Şekil 4.5: Ana kayaç örneklerinin Jensen (1994) diyagramına izdüşümleri.

Ana kayaç örneklerinin kimyasal bileşimleri göz önüne alınarak kullanılan diyagramlar neticesinde genel olarak riyolit bileşimli olduğu tespit edilmiştir. Bu durum optik mineralojik incelemelerle örtüşmese de önceki çalışmalarla uyumludur.



Şekil 4.6:Ana kayaç örneklerinin AFM (Irvine ve Baragar, 1971) diyagramına izdüşümleri.

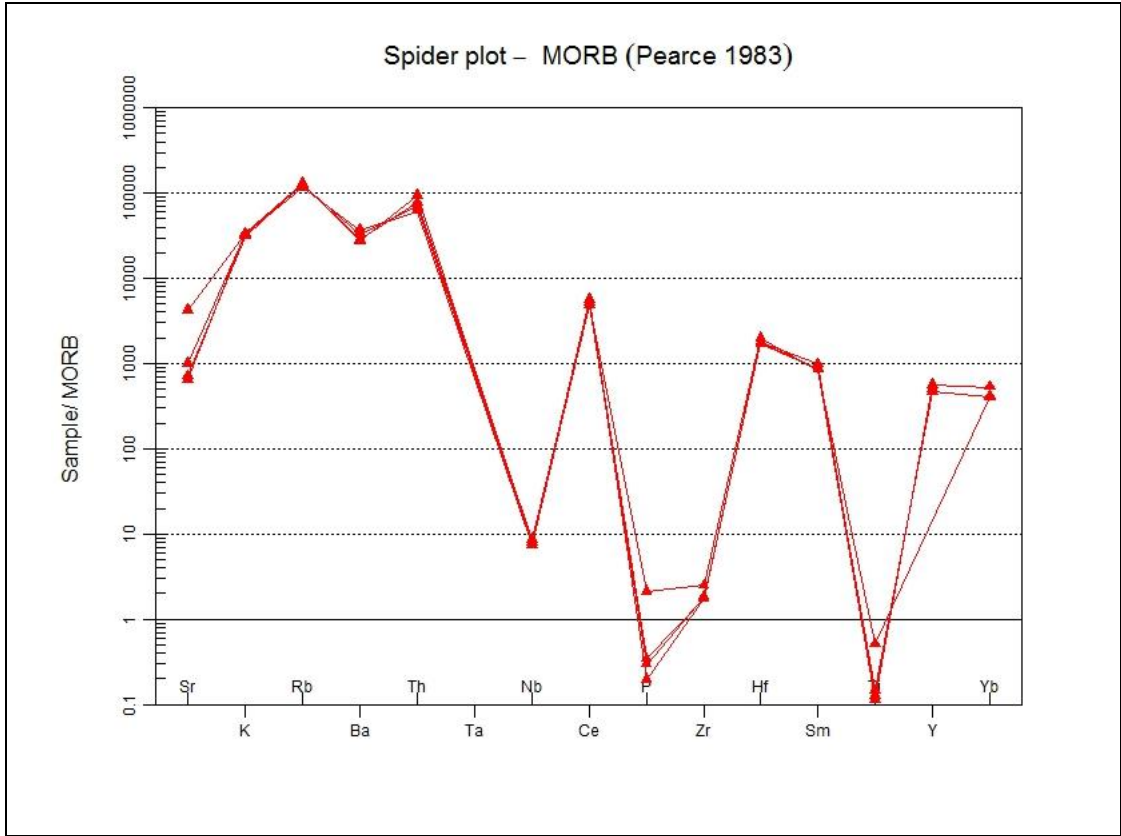
Çalışma alanına ait volkanik kökenli ana kayaç örnekleri Şekil 4.6’de verilen AFM diyagramındaki iz düşümleri doğrultusunda Kalk-alkali bölgeye denk düştüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.2 : Ana kayaç iz element içerikleri.

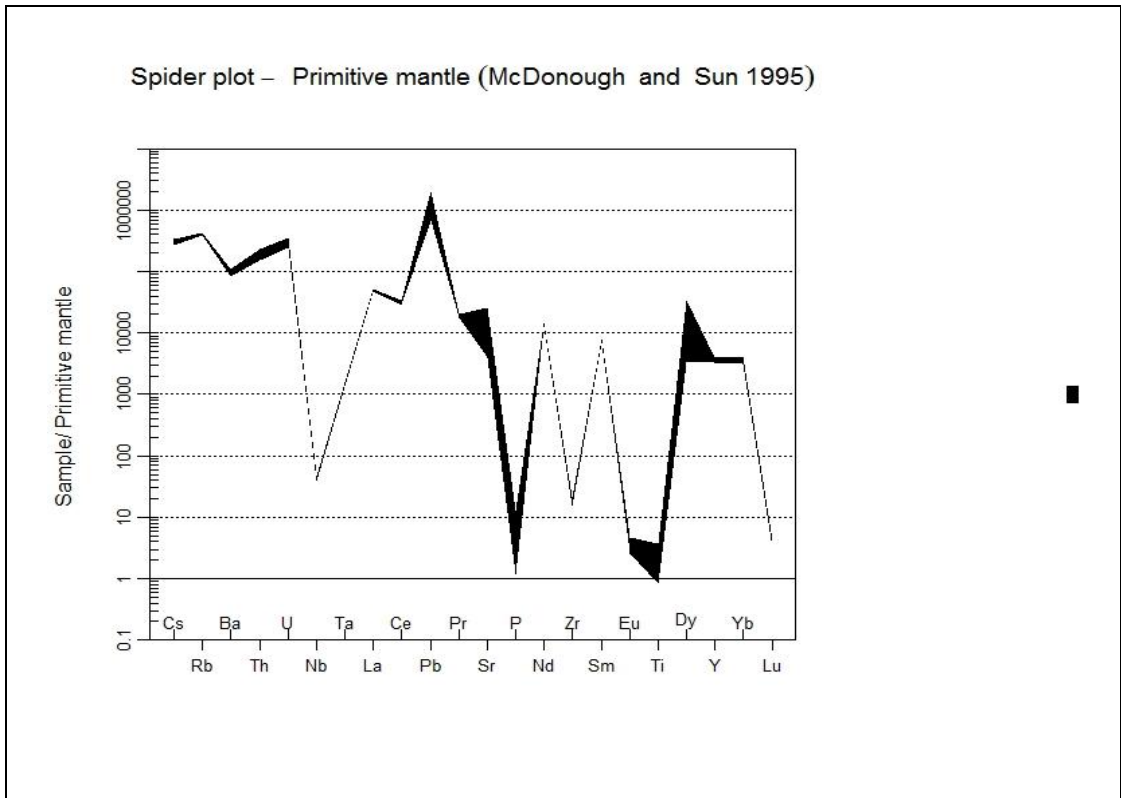
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
Bileşim	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Sc	-	2	1	5	-
Cs	6	7	1	2	7
Zn	113	55	79	210	100
V	6	5	10	42	6
Ba	313	326	400	400	386
Co	15	16	18	11	14
La	43	37	43	34	38
Sr	44	47	63	259	100
Rb	120	115	114	107	100
Ga	14	14	15	17	15
Y	18	20	17	18	19
U	2	4	2	2	6
Cu	-	-	3	1	5
Ni	3	2	3	9	4
Sb	6	4	5	5	5
Mo	5	5	4	4	7
Nb	28	30	28	26	30
Th	16	16	88	90	17
Sn	1	1	3	2	3
As	5	12	7	12	5
Pb	156	79	100	300	60
Zr	157	161	167	225	177
Ce	60	57	61	66	68
Cr	-	5	-	4	-
Mn	-	153	-	-	-

Diyagramlar genel olarak ana kayaçların kendi aralarında iz element dağılımlarının uyumluluk gösterdiği, yani aynı kökene sahip olduğunu göstermektedir.

Pb, La ve Ce elementlerindeki zenginleşmeler ve Nb, Y elementlerindeki ani düşüşler dalma-batma ve bununla ilişkili magmatizmaya işaret olarak kabul edilmektedir. LILE elementlerdeki zenginleşme, dalan levhadan kaynaklanan akışkanlar veya eriyiklerin yukarı doğru (dalan levhanın üstündeki manto kamasına doğru) taşınması ve manto kamasını metasomatize etmesinin bir sonucu olduğu belirtilmektedir (Pearce, 1982, McCulloch and Gamble, 1991; McDonough, 1991; Thirlwall et al., 1994; Pearce and Peate, 1995). HFS elementlerdeki fakirleşme ise, bu elementlerin dalan levhadaki mineral fazlarında tutulması ile gerçekleşmektedir (McDonough, 1991). Ayrıca Pb'nin yüksek olması kabuk katkısının var olduğunu göstergesidir.



Şekil 4.7 :Ana kayaçlara ait Spider diyagramı (Pearce, 1983)

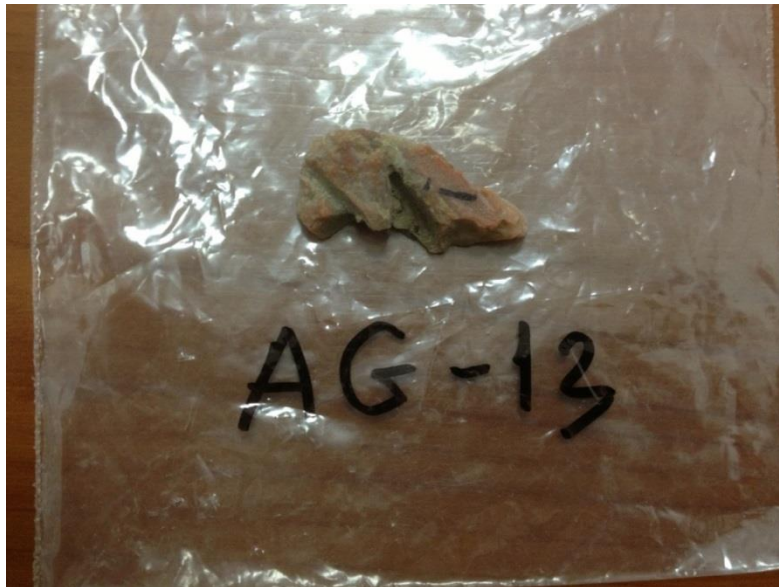


Şekil 4.8 : Ana kayaçlara ait Spider diyagramı(Mc Donough and Sun et al, 1995).

Agatların farklı renklerde görülen bantlarının genelinin kuvars bileşimli olduğunu bilmekteyiz. Bu bantların iz ve nadir toprak elementlerinin içeriklerini belirlemek ve genel dağılımlarını görmek amacıyla ICP-MS cihazında analizler yapılmış ve aşağıdaki tablolar oluşturulmuştur (Çizelge 4.3, 4.4, 4.5). Analiz sonuçları sipider diyagramlara iz düşürülerek element dağılımları belirlenmiştir. Ayrıca Şekil 4.8 ve 4.9'da agat bantlarının görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.9 : Çalışma alanından toplanan agatların renkli bantlarına göre ayrılmış örnekleri.



Şekil 4.10 : Çubuk agata ait örnek.

Çizelge 4.3 : Agat örneklerinin ICP-MS analiz sonucu nadir toprak ve iz element içerikleri.

ppb	Cs	Rb	Ba	Sr	Pb	U	Y	Cr	Ni	Co
AG-1	231.12	3589.59	80000	6815	7439	10867	931.246	27667	53270	232795
AG-2	40.72	1290.12	5373	1166	3612	16799	405.318	86396	286540	278238
AG-3	259.86	11086.68	36631	5381	2468	15961	2535.511	128366	263163	96617
AG-4	74.67	1949.06	19320	1909	509	120	18521.775	3486	5230	18388
AG-5	34.53	1286.69	34617	1347	1207	80796	318.937	24327	59829	552414
AG-6	25.11	1133.39	76878	2227	2573	202654	1643.358	27127	49255	225663
AG-7	258.51	4362.65	24061	7433	2104	12146	6084.310	48583	106971	381302
AG-8	155	4481.39	108008	5093	6896	217028	8061.215	27683	52142	266544
AG-9	24.08	992.65	1422	459	726	46283	309.833	40951	87953	172042
AG-10	451.05	11947.56	138693	9667	3795	116351	4808.777	29224	49543	195133
AG-11	23.41	1024.95	148652	986	1472	65796	322.538	50616	102121	549543
AG-12	17.41	1076.46	142217	972	2250	132714	316.651	46175	100881	499831
AG-13	175.14	2966.83	180189	8810	1960	22222	985.407	56005	100334	394567

Çizelge 4.4 : Agat örneklerinin ICP-MS analiz sonucu nadir toprak ve iz element içerikleri.

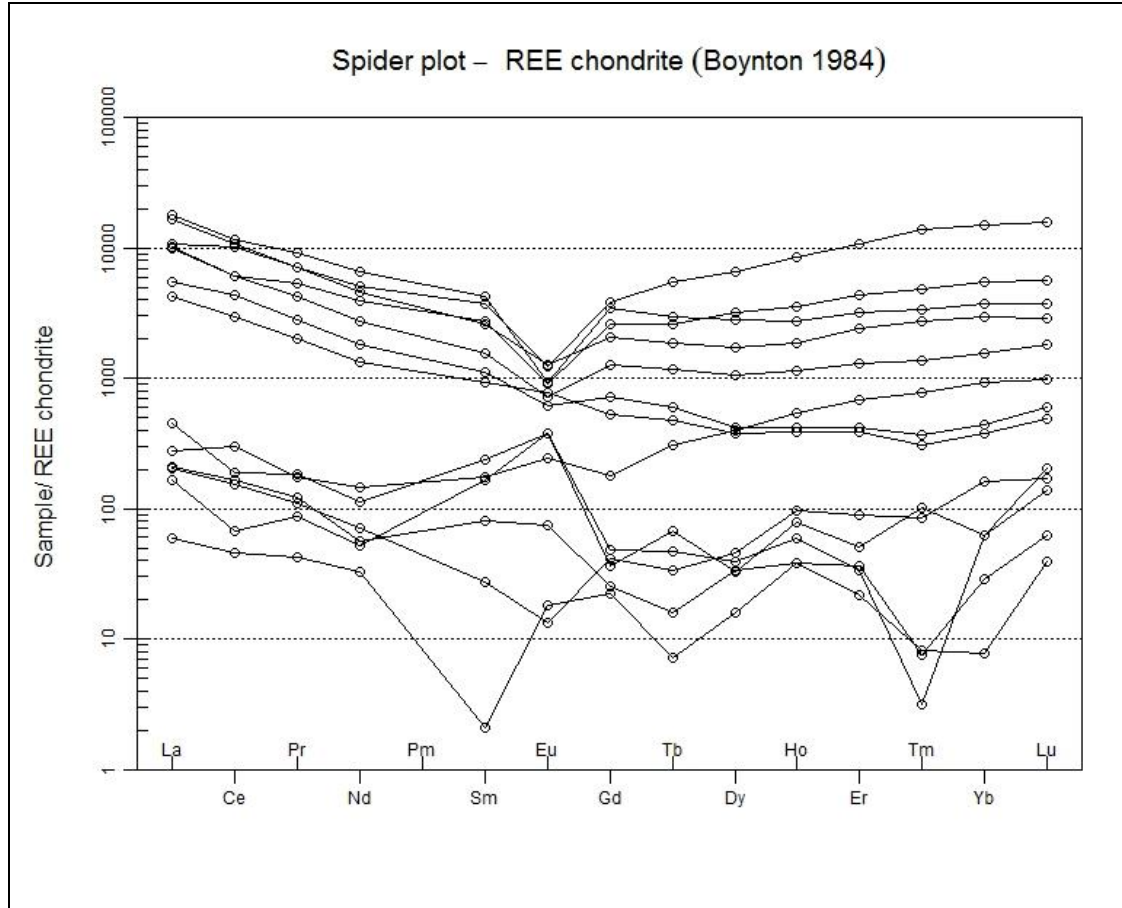
ppb	V	Ga	Zn	Cu	La	Ce	Pr	Nd	Sm	La
AG-1	353238	5033	14658	24449	1710.20	3531.49	340.36	1095.68	216.43	1710.20
AG-2	324006	2300	13790	31168	62.99	123.58	13.49	42.73	5.34	62.99
AG-3	527322	2135	7524	23034	3110.80	4904.17	523.28	1631.24	306.22	3110.80
AG-4	53429	708	1111	2727	3363.78	8310.85	862.48	3086.35	735.38	3363.78
AG-5	417018	997	6381	28792	65.23	132.42	14.84	34.03	15.62	65.23
AG-6	429188	1679	4787	24584	86.83	240.73	21.39	86.38	34.05	86.83
AG-7	497315	2101	10699	29949	5501.97	9449.59	1128.50	3896.22	825.32	5501.97
AG-8	490827	2825	5418	27345	3150.36	4883.23	655.26	2351.43	530.80	3150.36
AG-9	390186	438	3653	20011	18.58	36.84	5.19	19.41	ND	18.58
AG-10	512140	3926	5745	23133	5174.76	8641.31	863.63	2721.01	504.50	5174.76
AG-11	524016	2345	6068	25209	140.99	151.49	22.41	68.09	46.86	140.99
AG-12	513248	2074	6555	25108	51.77	54.57	10.54	31.15	31.97	51.77
AG-13	537074	5398	5836	20358	1312.54	2419.71	247.45	797.20	182.38	1312.54

Çizelge 4.5 : Agat örneklerinin ICP-MS analiz sonucu nadir toprak ve iz element içerikleri.

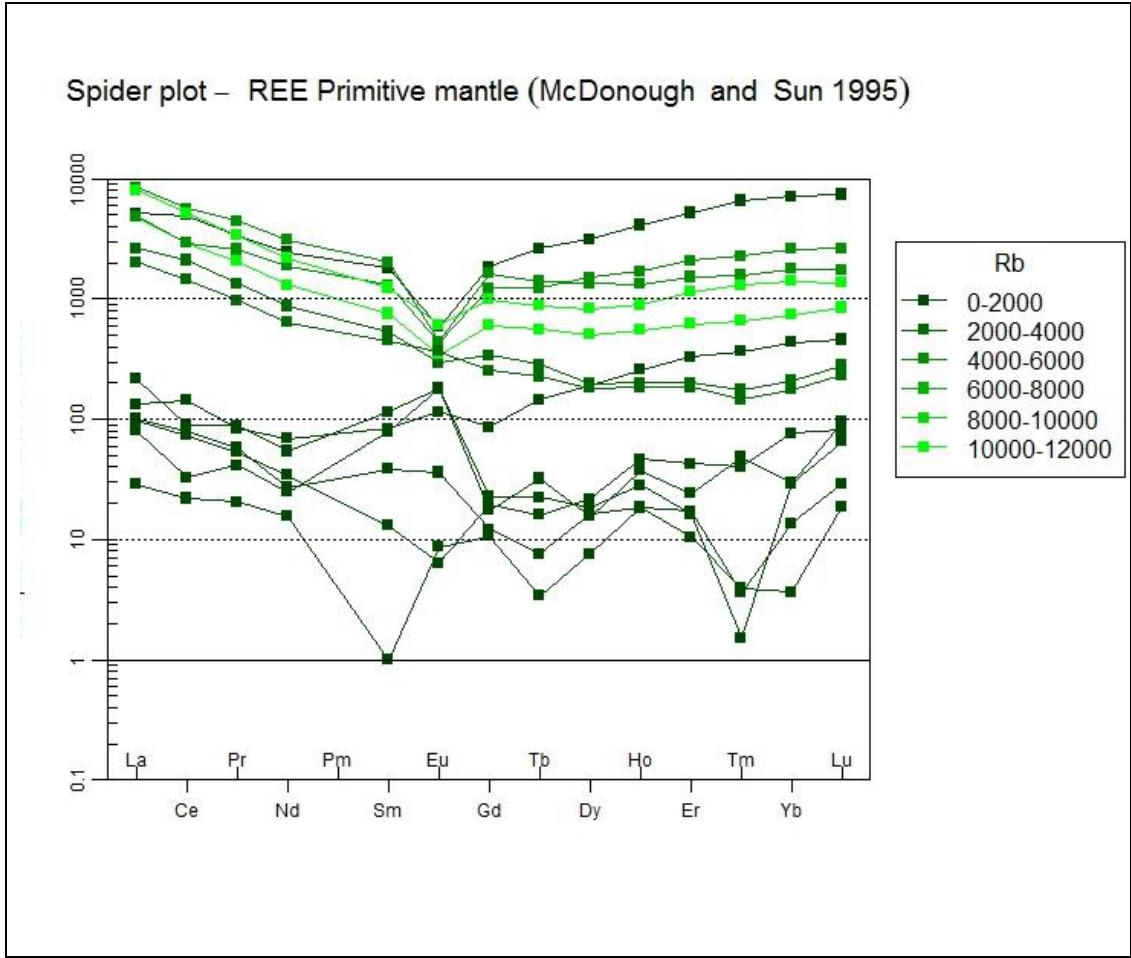
ppb	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	As	Be
AG-1	45.52	185.15	28.39	133.98	29.87	87.67	11.93	93.14	19.13	20658.13	3657.72
AG-2	0.98	10.68	1.594	14.59	6.93	18.72	2.74	33.56	5.49	23118.76	957.46
AG-3	53.07	329.33	55.58	341.15	82.31	272.77	44.81	325.05	57.79	16582.12	3165.34
AG-4	90.73	1004.13	262.36	2125.49	612.48	2277.87	448.23	3154.99	502.67	1833.47	302.06
AG-5	5.55	6.59	0.75	10.96	2.73	7.55	0.25	6.03	1.98	16092.54	3852.08
AG-6	17.77	46.98	14.44	127.38	38.68	144.24	24.85	192.79	31.31	21749.66	6893.24
AG-7	68.38	886.44	138.91	906.18	199.00	666.44	108.16	783.91	118.74	16093.59	2080.44
AG-8	67.34	666.98	123.28	1019.05	252.86	915.91	155.06	1145.17	179.55	22030.86	5617.82
AG-9	1.337	5.761	0.337	5.09	2.74	4.58	0.25	1.60	1.27	10827.12	4553.45
AG-10	93.85	536.46	87.78	558.09	133.91	500.51	88.81	619.25	92.76	26040.70	5539.27
AG-11	27.73	12.46	2.21	12.54	4.23	7.12	ND	12.91	4.42	15021.23	4029.76
AG-12	27.43	9.53	3.18	10.49	5.60	10.63	3.33	13.08	6.50	22093.68	8047.85
AG-13	56.34	137.79	22.50	122.16	27.66	80.54	9.97	78.13	15.87	18174.54	2567.93

Çizelge 4.6: Agat örneklerinin ICP-MS analiz sonucu nadir toprak ve iz element içerikleri.

ppb	Ag	In	Sn	Sb	Tl	Bi
AG-1	204.71	3.75	ND	ND	78.44	76.51
AG-2	40.75	2.30	6.70	3.30	15.85	48.29
AG-3	87.21	2.38	4.40	9.70	43.50	51.79
AG-4	52.72	1.05	5.30	2.40	11.03	7.28
AG-5	229.99	0.17	8.50	5.30	6.50	48.01
AG-6	302.98	ND	3.50	2.20	54.22	10.94
AG-7	201.72	9.54	4.40	6.10	112.73	48.89
AG-8	141.10	7.96	3.00	5.40	105.49	12.71
AG-9	15.37	ND	3.70	2.00	7.27	41.17
AG-10	103.01	1.74	7.30	6.90	40.78	57.91
AG-11	75.06	ND	2.80	12.90	10.67	21.12
AG-12	154.16	ND	5.80	9.60	23.71	17.27
AG-13	252.90	ND	16.50	7.20	20.15	14.22



Şekil 4.8: Agatlara ait Spider diyagramı(Boynton et al, 1984;Nadir Toprak Elementleri, Kondrit Normalizasyonu).



Şekil 4.9: Agatlara ait Spider diyagramı(Mc Donough and Sun et al, 1995; İlkselemtanto normalizasyonu).

Ana kayaçlardan farklı olarak, agat örneklerine ait spider diyagramlarda her bi ragat bandının element içeriklerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum, agat bantlarının her birinin farklı faza ait olduğunu göstermektedir.

4.2 Sıvı Kapanım Çalışmaları

4.2.1 Giriş

Bu tez çalışması kapsamında, Ankara-Çubuk bölgesinden alınan volkanik birimlerden agat örneklerinde sıvı kapanım çalışmaları yapılmıştır. Sıvı kapanım incelemeleri için, örneğin transparanlık derecesine göre 35-150 mikrometre kalınlığında her iki tarafı parlatılmış ince kesitler hazırlanmaktadır. Bu çalışma için çalışma alanından 6 adet örnek seçilmiştir. Sıvı kapanımlardak ölçümler, programlanabilir ısıtma-soğutma sistemi bağlanmakta, alttan ydınlatmalı özel

mikroskoplar yardımıyla ısıtma (heating) ve soğutma (freezing) olarak tanımlanan iki evrede incelenmektedir.

4.2.2 Sıvı kapanım çalışmaları hakkında genel bilgiler

Sıvı kapanımlar, kristallerin büyümes sırasında veya minerallerin kristallenmesinden sonar klivaj, dilinim ve mikrokırıklarında kapanlanmış (trapped) sıvı damlacıklarıdır. Sıvı kapanımların büyüklüğü, tek bir su molekülünden birkaç milimetre boyutuna kadar değişebilmektedir. Ortalama boyutu ise 0.01 mm'dir (Roeder, E., 1979). Herhangi bir kristalde fazla sayıda sıvı kapanım olabilir. Sıvı kapanım ile ilgili ilk temel çalışmayı Roeder (1979)'da yapmıştır. Konu hakkında genel bir giriş niteliği taşıyan Guilbert ve Park (1986)'ın çalışması, sıvı kapanım çalışmaları için pratik el kitabı niteliğindeki Shepherd ve idiğ. (1985)'nin seri ile Hollister ve Crawford (1981)'un eserine Roeder (1984)'in yayınladığı "Fluid Inclusions" (Sıvı Kapanımlar) adlı eser, sıvı kapanımlar ile ilgili önemli çalışmalarlardır.

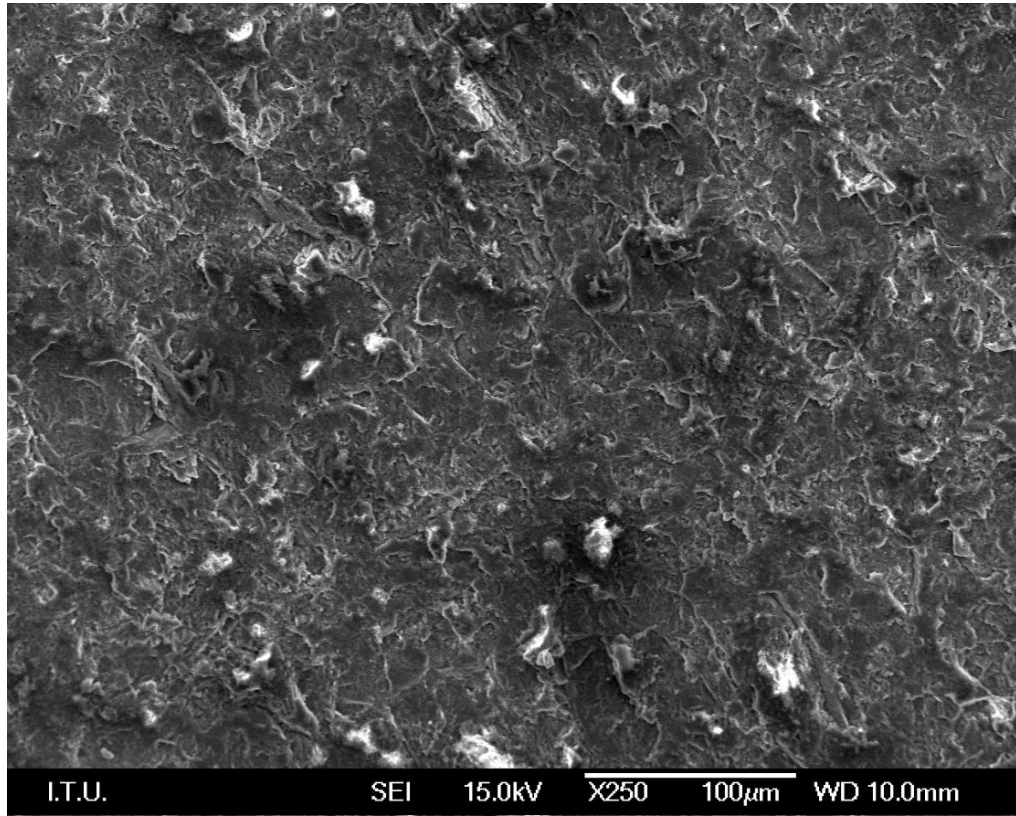
Sıvı kapanımların maden yataklarının incelenmesinde pek çok pratik faydası bulunmaktadır. Maden yataklarının oluşum sıcaklıkları, basınç koşulları, cevherleşmeye neden olan çözeltilerin yoğunluğu ve bileşimi gibi konularda sıvı kapanımlardan oldukça yararlı bilgiler edinilmektedir. Sıvı kapanımlar kökenlerine göre; birincil (primary), ikinci (secondary) veya yalancı ikincil (pseudosecondary) olmak üzere üç farklı tipte tanımlanmaktadır. Birincil kapanımlar, ya içinde bulunduğu mineralin büyüme sürecinde ve büyüme zonlarında veya kristalin büyümesi sırasındaki kusurlar nedeniyle izole olarak kapanlanmıştır. İkincil kapanımlar, içinde bulunduğu mineral büyümesini tamamladıktan sonra kapanlanmıştır. Bu tür kapanımlar hem Kristal büyüme zonlarını hem de kristalin kenarını keserek oluştukları gibi, cevher oluşum evresi ile ilgili olmayan daha sonraki sıvıların mikroçatlaklardaki kapanlanması şeklinde de gelişebilirler. Yalancı ikincil kapanımlar (pseudosecondary) kapanımları mikrokırıklar boyunca veya kristalin büyüme zonlarının kenarları boyunca kapanlan, fakat bunları kesmeyecek şekilde gelişebilir. Bu ayırım basit olarak yapılmıştır. Bu tür kapanımların birincil mi yoksa yalancı ikincil mi veya ikincil mi olduğunu ayırt etmek bazen oldukça zordur. Ölçümlerde birincil ve yalancı ikincil kapanımlar kullanılır. Sıvı kapanımların genetik sınıflaması ile ilgili detaylı bilgiler Roeder, (1979)'dan, morfolojisi ve

Bileşimleri ile ilgili yapılan sınıflamaları ise Shepherd v.dğ., (1985)'de ayrıntılı olarak tanıtılmıştır.

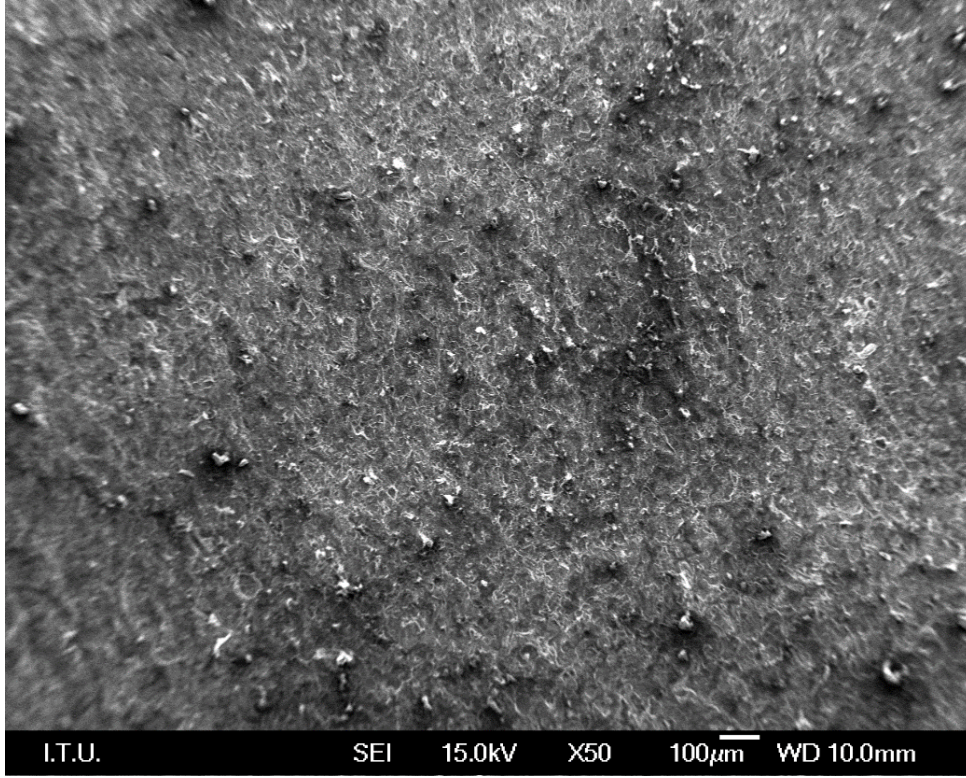
Bu bilgiler ışığında yapılan sıvı kapanım çalışmalarından örneklerde sıvı kapanım bulunamadığından çalışma ile ilgili bir sonuca ulaşılamamıştır.

4.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri

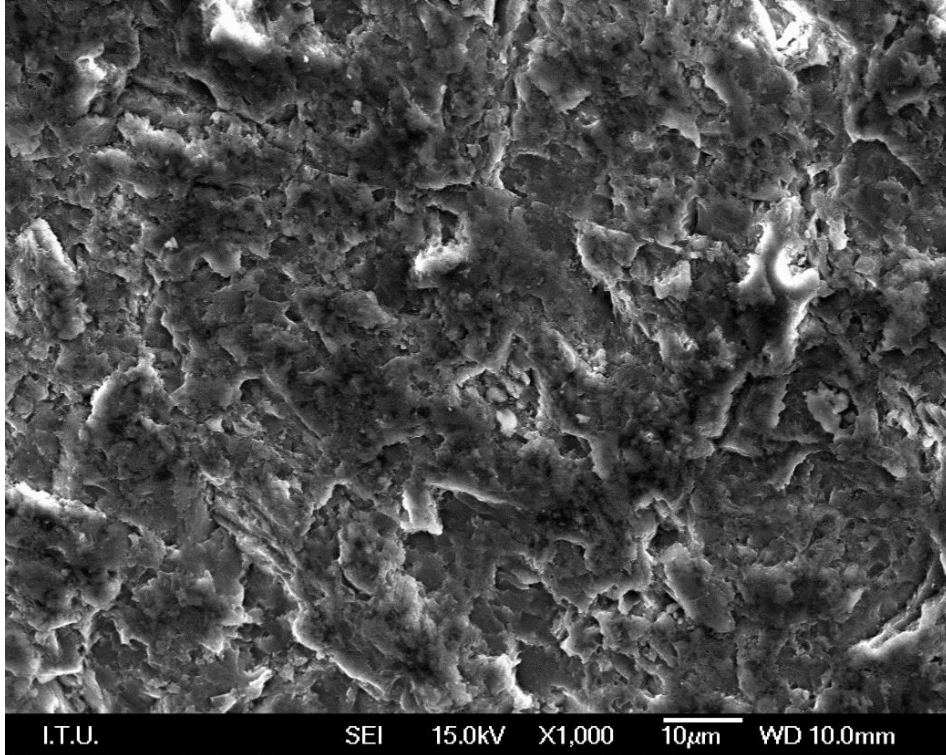
Çubuk bölgesine ait agat örneklerinden hazırlanan kesitler gümüş kaplanarak taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelenmiştir.İncelemeler İTÜ-OTAM ve İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi olmak üzere iki ayrı laboratuvarında yapılmıştır.



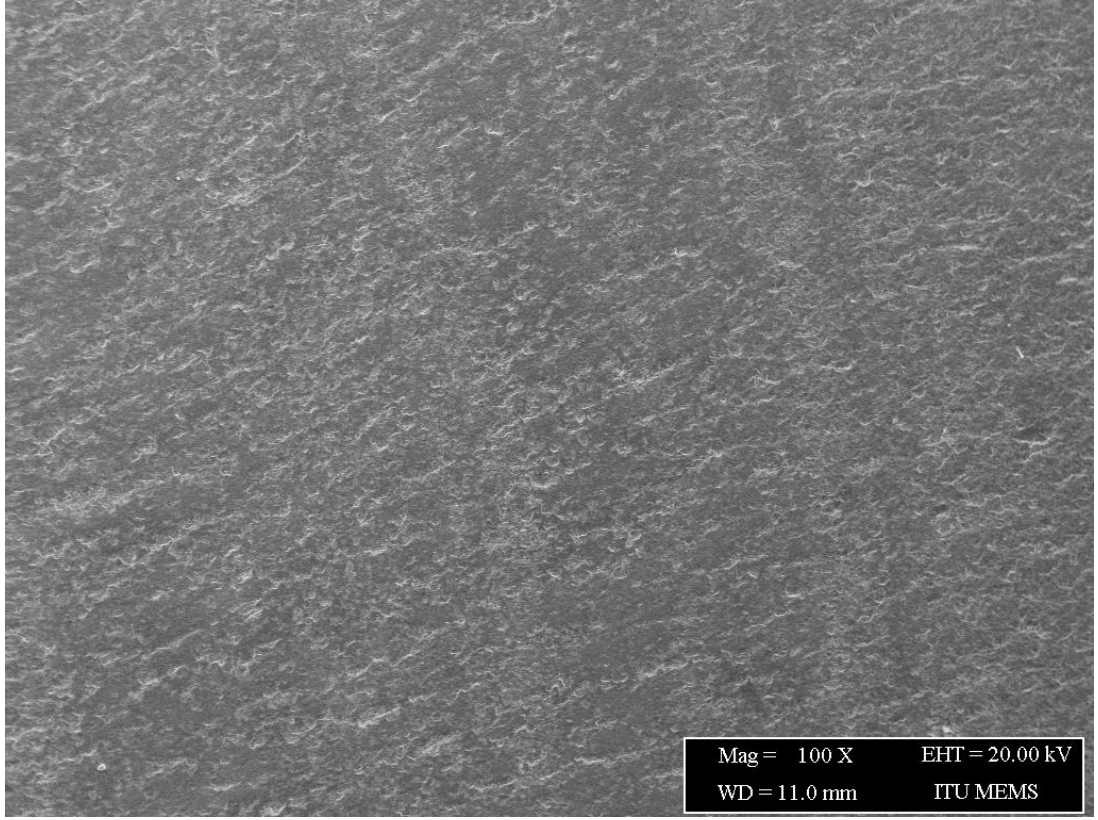
Şekil 4.11 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.



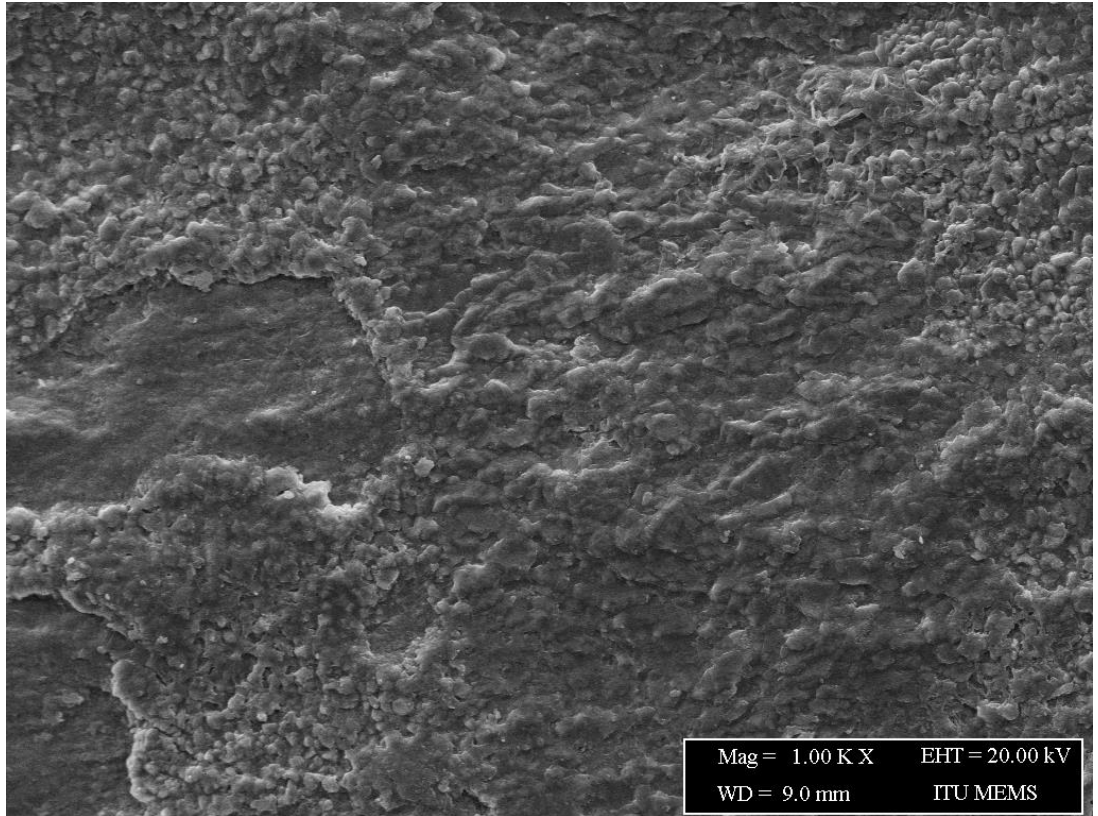
Şekil 4.12 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.



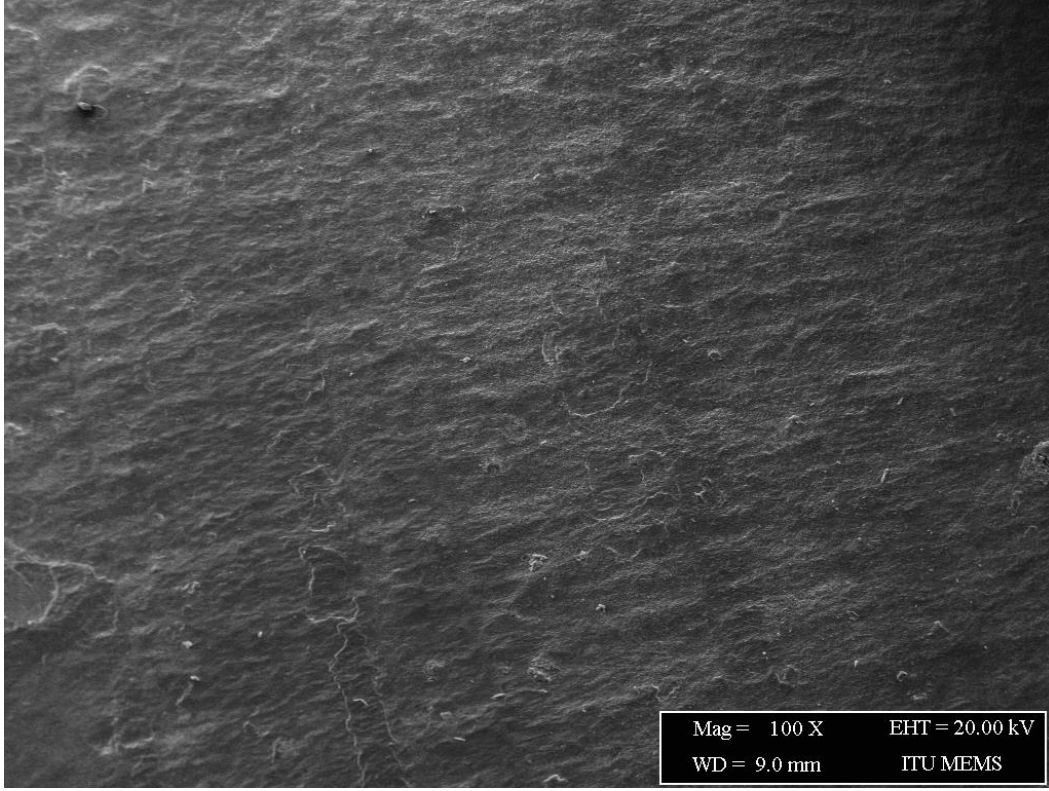
Şekil 4.13 : Agat örneklerine ait SEM görüntüler



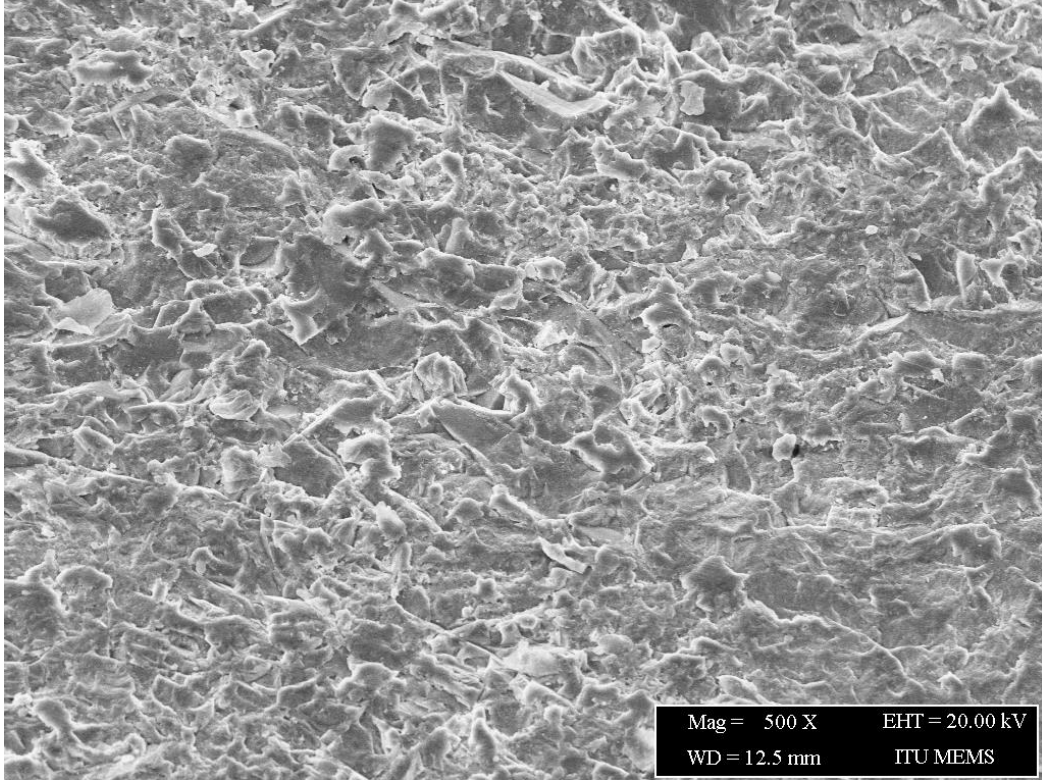
Şekil 4.14 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.



Şekil 4.15 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.



Şekil 4.16 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.



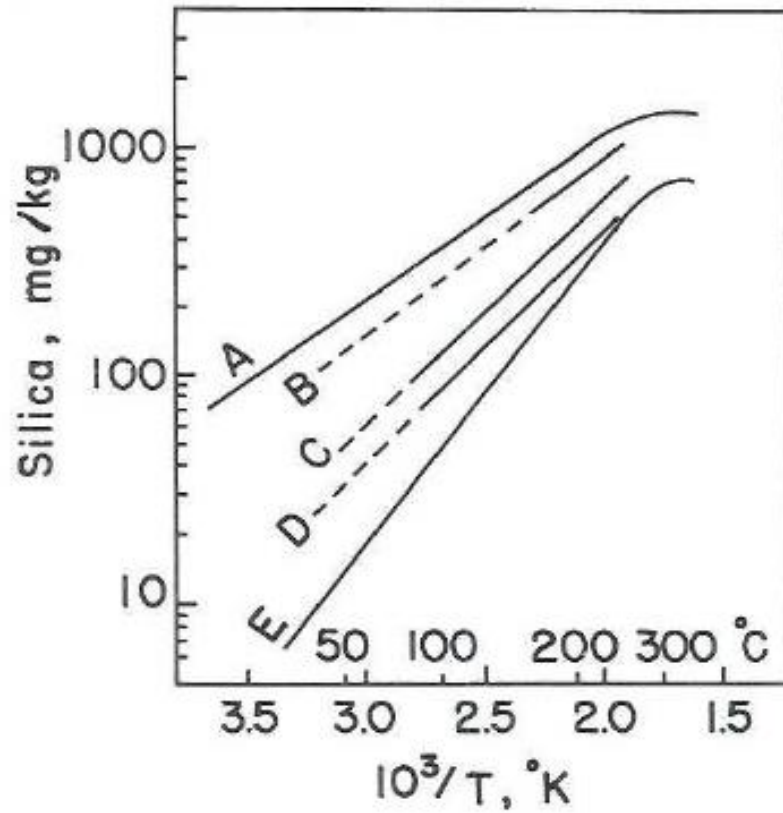
Şekil 4.17 : Agat örneklerine ait SEM görüntüleri.

Elde edilen SEM görüntüleri ile agat bantlarının opal ve/veya amorf bileşimli kısımları tespit edilmiştir. Düzensiz kristal dizilimi görülmüştür.

5. AGATIN OLUŞUM ÖZELLİKLERİ

Agat, genel olarak kuvars mineralinin kriptokristalin ve bantlı yapı gösteren türü olarak bilinmektedir. Kuvarsı oluşturan silisyum (Si) ve oksijen (O) yer kabuğunda enaygın olarak bulunan iki elementtir. Kuvars minerali yer kabuğunun yaklaşık %12'sini oluşturmakta olup magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaların temel bileşenlerinden birisidir.

Agat oluşumunda en yaygın teori düşük P – T (basınç – sıcaklık) koşulları altında, hidrotermal sirkülasyonun varlığındaki silis sistemidir. Silisin kristallenme sırası göz önüne alındığında (silis jeli, opal – CT, kalsedon, kuvars), agatın yeri opal ve kuvarsı da içinde barındıran amorf ve kristalin arası (kriptokristalin) bir bölgedir (Hatipoğlu ve Dora, 2000).



Şekil 5.1 : Silis polimorfunun çözünürlük diyagramı. A- amorf silis, B- opal-CT, C- α-kristobalit, D- kalsedon, E- kuvars (Fournier, 1973).

Kuvarsın iki temel polimorfu bulunmaktadır: α -kuvars ve β -kuvars. Kuvarsın yüksek sıcaklık polimorfu β -kuvars, düşük sıcaklık polimorfu ise α -kuvars olarak adlandırılmaktadır. Kuvarsın düşük sıcaklık polimorfundan yüksek sıcaklık polimorfuna geçişi ise 573°C’ de gerçekleşmektedir. 573°C’ nin altındaki sıcaklıklarda β -kuvarsın yapısı bozularak α -kuvarsa dönüşmektedir. Bundan dolayı da yer yüzeyinde gördüğümüz bütün kuvarsların α -kuvars olduğu rahatlıkla söylenebilmektedir (Moxon, 2009). α -kuvarsın mikrokristalin ve makrokristalin olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Makrokristalin kuvarslar çıplak gözle görülebilecek kadar büyük hatta bir veya iki metre boyutuna kadar değişen büyüklükte kristaller halinde bulunabilmektedir. Mikrokristalin kuvars türleri ise kalsedon, çört ve jasper olarak tanımlanmaktadır (Moxon, 2009). Doğada mikrokristalin kuvars türleri daha yaygın olarak gözlenmektedir. Agatlarda gözlenen kuvars polimorfu kalsedon olarak adlandırılmaktadır. Kalsedon esas olarak SiO₂’ nin kriptokristalin türevi olarak tanımlanır ve çok ince kuvars minerallerinin bir karışımından oluşmaktadır. Ancak kuvars trigonal sistemde kristallenirken, moganit monoklinik sistemde kristallenmektedir. Agatlar genellikle volkanik ana kayacın vesikülasyonu ile oluşan boşluklarda gelişen silisçe zengin oluşumlardır (Moxon vd., 2006). Agatlar kriptokristalin silis, kalsedon, ince-kuvars ve kuvars gibi bir dizi silis mineralinden oluşmaktadır. Agattaki mikrokristalin silis mineralleri görece olarak yüksek saflıkta silis içermektedir ve bunların uçucu olmayan impüritelerinin içeriği %1’ den daha azdır (Flörke vd., 1991; Graetsch, 1994). Bu mineraller değişken miktarlarda su(H₂O ve Si-OH) içermektedirler. Su içerikleri bu mineral türlerini birbirinde ayırmada kullanılmaktadır (Graetsch vd., 1994). Farklı mikroyapısal ve bileşimsel karakteristiklere sahip olan silis polimorflarının (Çizelge5.1) segregasyonu ile agatların karakteristik bantlı yapısı ortaya çıkmaktadır.

Çizelge5.1: Agatlarda gözlenen SiO₂ minerallerinin karakteristikleri (Flörke ve diğ., 1991).

Tür	Mikroyapı	Kristal Boyutu	Su İçeriği
Kuvars	Kristalin	>20 μ m	~0%
İnce Kuvars	Tanesel	5-20 μ m	<%1
Kalsedon	Lifli (length-fast)	100 μ m’den daha uzun lifler	%1 - %2

Makroskopik özelliklerine göre agat tipleri çalışma alanındaki örnekler ile değerlendirilmiştir.



Şekil 5.2:Çubuk / Tüp agat.

Bazı agatların oluşumu sırasında saç/çubuk şeklindeki inceuzunkristaller birbirlerine paralel şekilde dizilirler (Şekil 5.2). Agat oluşumundaha sonraki evresinde silis jelinden itibaren gelişen kalsedon mikrokristalleriönceden gelişmişolan bu kristallerin etrafını sararak tüpleri oluşturmaktadırlar (Şekil5.2).



Şekil 5.3 : Yıldız şekilli boşlukta gelişen agat.

Riyolit gibi yüksek oranda silika içeren asidik volkanik kayaçlarda, küresel jeodların içinde bulunan oyuklarda şekilsiz, çoğu zaman yıldıza benzeyen şekilleri olan agatlara genellikle Thunder-egg adı verilmektedir (Şekil 5.3 ve 5.4). Bu tür agatlar dünyanın her yerinde, silisçe zengin tüm volkanik kayaçlarda bulunurlar.



Şekil 5.4 :Thunder egg tipi agat (sol); yıldız agat (sağ).



Şekil 5.5 :Amigdaloidal agat.

Volkanik kayaların gaz boşluklarında meydana gelen agatlaşmalarda dışform küresel veya ovaldır. Bu tür agat oluşumlarına amigdaloidal (bademsi) agat denir (Şekil 5.5).



Şekil 5.6 :Uruguay Tipi agat.

Magmatik taşınımında sıvılaşma veya sıvı faza dönüşüm söz konusu olduğunda, yerçekimi etkisi ile bir düzlem oluşturan sıvı ortamdan katılaştıran agatlarda dairesel halkaların yerini düz yüzeyler veya tek boyutta çizgisel tekrarlanmalar alır (Şekil 5.6). Bu tür agatlar Uruguay tipi olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 5.7 :Brezilya Tipi agat.

Magmatik faz salt gaz fazından oluştuğunda, agat büyümesi en dışyüzeyden içe doğru tekrarlanan halkalanmalar biçiminde olup, bunlara Brezilya tipi denilir (Şekil 5.7). Ankara agatlarında, gerek köşe boşluğu gerek kanal dolgusu gelişmelerde, Brezilya tipi ve Uruguay tipleri hem tek başlarına hem de bir arada da bulunabilmektedirler.



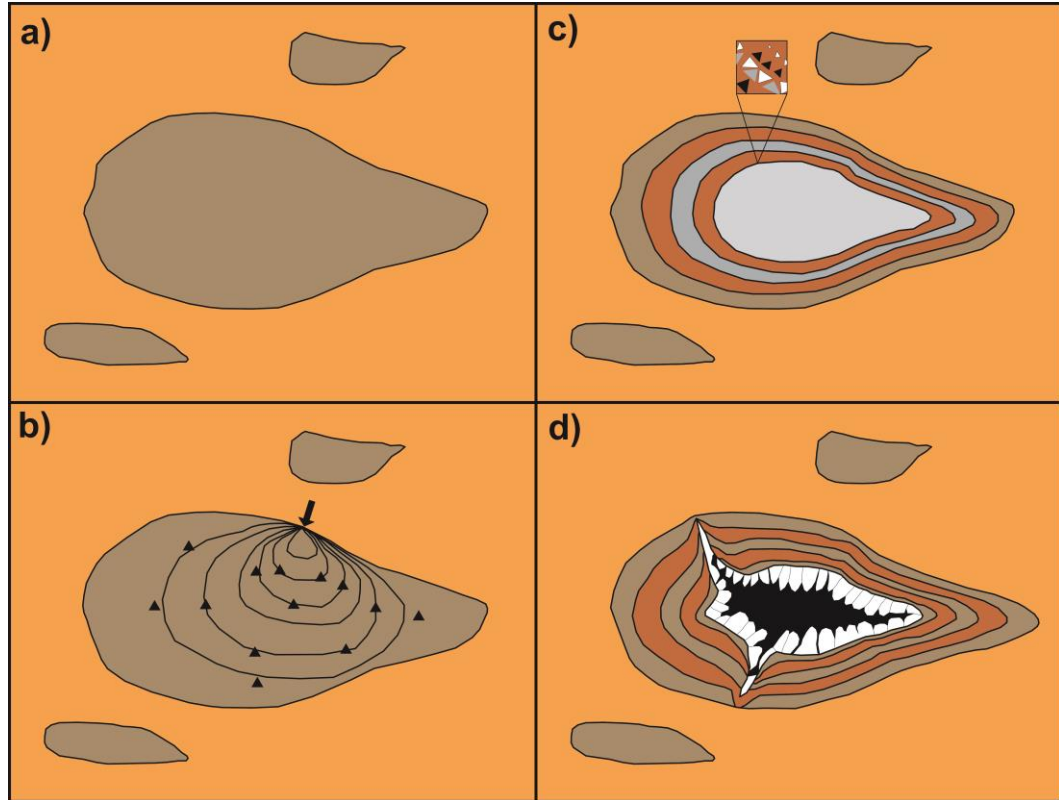
Şekil 5.8 :Çalışma alanından agat örneği.

Jeod agat; kayaçların boşluklarında ve çatlaklarında çözeltinin kristallenmesi için yeterli boşluk olduğu zaman kristallerin büyümesi makro boyutlara ulaşabilmektedir. Bu şekilde yan kayaçtan itibaren kriptokristalen bir kısım ve onu izleyen makrokristalen kuvars mineralleri ile karakteristiktir.

Agatlarda wall-lining banding ya da adhezyon bantlaşması olarak adlandırılan ve Brezilya-tipi agatların temel özelliği olan bantlı yapının ortaya çıkması Pabians ve Zarins (1994) tarafından şu şekilde açıklanmaktadır: Volkanik evrimin ilk aşamasında bol miktarda gaz boşluğu içeren bazaltik veya andezitik lavlar yer almaktadır. Bunların üzerine riyolitik bileşimli kaynaşmışkül akıntıları gelmektedir. Gaz ve su miktarı bakımından doygun lavlarda agatların oluşabileceği boşluklar gelişmektedir. Bazaltik veya andezitik lavlar düzenli, bademsi boşluklar içerirken riyolitik lavlar ise genellikle daha düzensiz, yıldız şekilli boşluklar içermektedir (Şekil. 5.9). Volkanik camın çok küçük tanelerinden oluşan kül akıntısının

devitrifikasyonu sonucunda silisserbestlenmektedir. Serbestleşen silis jeli kül akıntısı içerisinde yukarı doğru hareket ederek kül akıntısı içerisindeki boşluklarda thunder-egg ya da yıldırım yumurtasıolarak adlandırılan agatları oluşturmaktadır (Şekil 5.4). Kül-tüf akıntısı içerisinde serbestlenen silis jeli aşağıya doğru sızarak da bazaltik veya andezitik lavlar içerisindeki gaz boşluklarına dolmaktadır (Şekil 5.9a). Bu nedenle agat oluşumu için ana kaynak üstteki kül-tüf akıntısıdır. Gaz boşluğuna gelen silis jeli ana kayacı tüküten metal oksitler veya sülfotuzlar gibi ayrışma ürünleriyle uyumluluk göstermemektedir. Bu nedenle de bu bileşenlerin dokanak haline gelmesi kimyasal bir reaksiyon başlatarak bileşenlerin ayrılmasına neden olur. Bu süreç Belousov-Zhabotinski reaksiyonlarında gözlenen konsantrik, elektrokimyasal dalga cephesinin oluşmasına neden olur (Şekil 5.9b). Kimyasal reaksiyon sonucunda silis jelinden itibaren sferulitik kalsedon kristallerinin oluşumu gerçekleşmektedir (Şekil 5.9b).

Jel içerisinde varolan impüriteler ise sferulitik kalsedon kristallerinin uç kısmındaki çukurluklara toplanarak bantları oluşturmaktadır (Şekil 5.9c). Bu süreç silis jelinin doygunluğunun azalarak öz şekilli kuvars kristallerinin oluşumuna kadar devam etmektedir (Şekil 5.9d).



Şekil 5.9 :Kayaç içerisindeki boşlukta agat oluşumu ve bantlaşma gelişimi (Pabian ve Zarins, 1994).

Bu evrede silis jeli bantlı yapıdadır. Silis jelinin reaksiyon ürünlerinden daha az yoğun olan ve daha plastik durumda agat içerisinde sıkışarak agatın dışına doğru yönelmiş kaçıştırmaları oluşmaktadır (Şekil 5.9d).

Açıklanan agat oluşum modelinde lifsi kalsedon kristalleri doygunlaşmış silis jelinden itibaren gelişirken öz şekilli kuvars kristallerinin gelişimi silis jelinin doygun olmadığını göstermektedir (Şekil 5.10). Agat örneklerinde öz şekilli kuvars kristalleri genellikle en iç kısımda bulunmaktadır. Ancak bazı durumlarda öz şekilli kuvars kristalleri ile kalsedon liflerinin tekrarlanmalı bir şekilde geliştikleri de gözlenmektedir (Pabians ve Zarins, 1994).

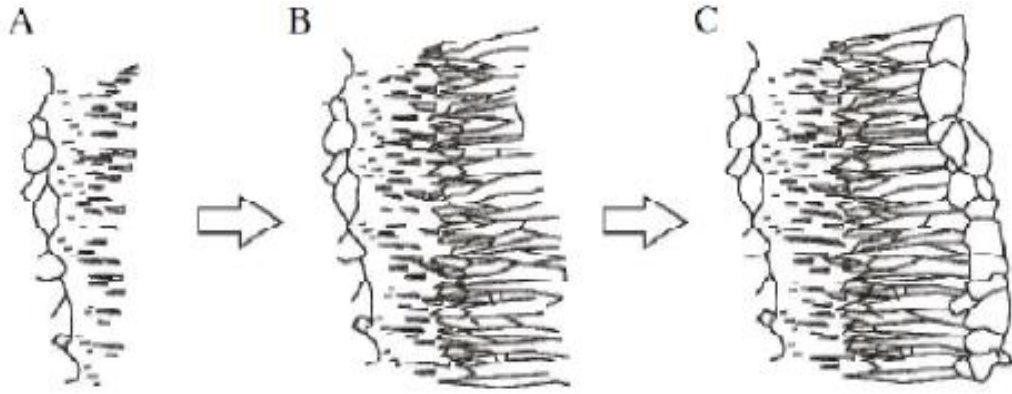
Agatlarda karakteristik olarak gözlenen silis minerali kalsedondur. Kalsedon agatlarda kayaç içerisindeki boşluğun çeperine yapışarak boşluğun merkezine doğru

büyüme gösteren birbirine paralel lifsi mikroyapı göstermektedir (Graetsch, 1994).

Kalsedon lifleri agatların merkezine doğru a-ekseni yönünde uzamagöstermektedirler ve agatlardaki bantlı yapıya dik olarak gelişmektedirler. Lifin uzun eksteni yönünde daha düşük ışık kırma indisine sahip olmalarına karşın değişken ışık kırma indislerinden dolayı kalsedonlar length-fast optik karaktere sahiptirler (Flörke vd., 1982). Agatlarda kalsedon ve ince-kuvars veya kuvarsın ardışıklı bantlaşmaları sonucu bileşimsel bir zonlanma da meydana gelmektedir.

Kalsedon polarizan mikroskopta genellikle lifsi bir yapıda gözlenmektedir. Kalsedon lifleri agat oluşumu sırasında boşluğun çeperine yapışarak içe doğru büyüyen lifler halinde gelişmektedir. Çözelti getirimine bağlı olarak tekrarlanan lifsi kalsedon büyümeleri agatlardaki bantlaşmayı oluşturan en önemli etkenlerden birisidir.

Agatlarda mikrokristalin kuvars minerallerinin iki türde bantlaşması gözlenmektedir. Bu bantlaşmalardan birincisi silisçe zengin çözeltinin içerisinde bulunduğu boşluğun duvarlarına yapışarak gelişen kalsedon bantlaşması olarak tanımlanan adhezyonel bantlaşma, diğeri ise koloidal silisik asit $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ partiküllerinin bir araya gelerek yoğunlaşması ve dibe doğru çökmesinden kaynaklanan gravitasyonel bantlaşmadır (Petraneck, 2004). Gravitasyonel bantlar adhezyonel bantlardan belirgin bir biçimde daha büyük bant kalınlıklarına sahiptir.



Şekil 5.10 :Agatlarda bantların gelişimi: A- kriptokristalin silisin hızlı çökelişi, B- kalsedon büyümesi ve C- doymuş çözeltiden kuvars kristallerinin büyümesi, (Lee).

Çalışma alanında hem gravitasyonel (Bölüm 5, Şekil 5.6) hem adhezyonel bantlaşmanın gözlemlendiği (Şekil 5.7) agatlar ve hem de her iki bantlaşma türünün bir

arada bulunduğu agatlar (Bölüm 5, Şekil 5.6) yaygın bir şekilde izlenmektedir. Agatlardaki bantlaşmanın hidrotermal akışkanların kristalizasyonunun bir sonucu olarak oluştuğu ileri sürülmektedir (Flörke ve diğ., 1982; Heaney ve Davis, 1995). İleri sürülen bantlaşma modelinde volkanik kayaç içerisindeki boşluklarda değişen oranda iz element içeriğine ve silis doymuşluğuna sahip silisçe zengin çözelti girişi sonucu değişik silis mineralleri çökelmektedir (Flörke vd., 1982). Wang ve Merino (1995) ile Merino vd. (1995) agatların iz element içeren tek bir sulu silis yığınının itibaren geliştiğini belirtmektedirler. Bunların modelinde sulu silis kümelerinin bileşimsel değişime bağlı dalgalı sönme biçiminde oluştuğu belirtilmektedir. Bu modelde kalsedon lifleri kristallenmeyi hızlandıran katyonların neden olduğu morfolojik duraysızlıklara bağlı olarak gelişmektedir (Şekil 4.70). İz element konsantrasyonlarındaki değişimler de birbirlerini izleyen kuvars ve kalsedon bantlarının gelişimini hızlandırmaktadır. Tek bir sulu silis yığınının meydana gelen bantlaşmada bir banttan diğerine geçişin dereceli olduğu ileri sürülmektedir. Yukarıda verilen tartışmaların ışığında Çubuk bölgesindeki agatların oluşum koşulları için şöyle bir model önerilebilmektedir. İlk aşamada stratigrafi bölümünde belirtildiği gibi bazaltik/andezitik lav akıntıları gelişmiştir. Bu evreyi izleyen dönemde riyolitik bileşimli kül-tüf akıntıları oluşmuştur. Kayaç içerisinde dolaşan hidrotermal çözeltiler üstteki kaynaşmış kül-tüf akıntılarını bozunmaya uğratarak silisin serbestlenmesini sağlamıştır. Serbestleşen silis kül tüf akıntıları

içerisindeki boşluklara dolarak yıldırım yumurtası olarak tanımlanan agatları oluştururken aşağıya doğru süzülen silisçe zengin çözelti amigdüllerin içerisine dolarak bantlıagatların oluşumuna neden olmuştur. Ancak yapılan mineralojik çalışmalar bantlaşmanın tek bir silis jelinden itibaren değil kaya içerisindeki boşluğa değişik zamanlarda giren silisçe zengin çözeltinin kristallenmesinden kaynaklandığını göstermektedir. Agat oluşumlarında opal-CT – kalsedon-kuvars birlikteliğinin varlığı saptanmıştır. Literatür verileri ve ileri sürülen agat oluşummodeli agatların görece olarak düşük sıcaklıklarda oluştuğunu göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Ankara-Çubuk bölgesinde bulunan agatların mineralojik ve jeokimyasal incelemeleri doğrultusunda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Çalışma alanının ana kayaç bileşimi jeokimyasal verilere göre riyolit olarak belirlenmiştir. Optik mineraloji çalışmaları ise camsı matriks ve mineral dağılımı tespitleri ile trakianzite işaret etmektedir. Bu ikileme sebebiyet veren, volkanizmayı oluşturan asidik bileşimli magmanın yüksek silis içeriği ve kristallenmeyen silisik malzemenin matrikse katılmasıdır.
2. Çalışma alanında gözlenen volkanik kayaçlar içerisindeki boşluk ve çatlaklarda yaygın olarak agat oluşumları gözlenmektedir. Agatlar çalışma alanında serbest ve düzensiz halde bulunmaktadır. Volkanik birimlerden doğal yollarla ayrılarak serbestleşen agatlar yöre halkı tarafından toplanarak küçük atölyelerde işlenmektedir.
3. Çalışma alanında gözlenen agatların oluşum koşullarına ve bunun sonucunda değişen makroskobik özelliklerine göre farklı tiplerde görüldükleri tespit edilmiştir.
4. Yapılan XRD çalışmaları sonucunda agatlardaki silis polimorfları genelinen opal-CT, kalsedon ve kuvars olarak belirlenmiştir.
5. Agat örneklerinin farklı renklerdeki bantlarının iz element içerikleri bantlara göre farklılık göstermektedir. Bu durum da, her bir agat bantının farklı faza işaret ettiğini göstermektedir. Oluşan bantların element bileşimlerinin değişken olduğu ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y. ve Sunu, O.,**
“EldivanŞabanözü (Çankırı), Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara)
DolayınınJeolojisi”, MTA derleme, No: **6741** (yayınlanmamış).
- Dönmez, M., Akçay, A. E.,** (2010). “1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları,
No:138, Çankırı H-30 paftası”, MTA yayını, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Flörke, O. W., Köhler-Herbertz, B., Langer, K. and Tonges, I.,** (1982). “Water in
microcrystalline quartz of volcanic origins:agates”, Contributions to
Mineralogy and Petrology, **80**: 324-333.
- Flörke, O. W., Graetsch H., Martin, B., Röller, K. and Wirth, R.,**(1991).
“Nomenclature of micro-and non-crystalline silica minerals, based on structure
and microstructure”, Neues. Jahrb. Mineral. Abh., **163**(1): 19-42.
- Fournier, R.O. ve Potter, R.W.,**(1982)“An equation correlation the solubility of
quartz inwater from 25° to 900°C at pressures up to 10.000 bars”, Geochimica
etCosmochimica Acta, **46**(10):1969-1973.
- Hatipoğlu, M. ve Dora, Ö.** (2000). “Ankara agatının mineralojisi ve bantlı yapının
kökeni”,Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Arastırma Merkezi
Bülteni,**22**, 1-12.
- Mc Culloch M.T., Gamble J.A.,** (1991). Geochemical and geodynamical
constraints on subduction zone magmatism, Earth. Planet. Sci. Lett., **102**, 358-
74.
- Mc Donough W.F.,** (1991).Partial melting of subducted oceanic crust and isolation
of its residual eclogitic lithology, Phill. Trans. R. Soc. London., **335A**, 407-18.
- Moxon, T. and Rios, S.,**(2004). “Moganite and water content as a function of age in
agate:an XRD and thermogravimetric study”, European Journal of Mineral,
16:269-278.
- Moxon, T. and Reed, S. J. B.,** (2006).“Agate and chalcedony from igneous and
sedimentary hosts aged 13 to 3480 Ma: cathodoluminescence study”,
MineralogicalMagazine, **70**(5): 485-498
- Moxon, T.**(2009).“Studies On Agate, Microscopy, Spectroscopy, Growth, High
Temperature and Possible Origin”, Terra Publications, S. Yorks, England,
96 s.
- Pearce J.A.,** (1982). Trace element characteristics of lavas from destructive plate
boundaries, Andesites, ed: Thorpe R.S., John Wiley & Sons, pp: 248-525.
- Pearce J.A., Peate D.W.,** (1995).Tectonic implications of the composition of
volcanic arc magmas. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, **23**,
113-34.
- Pabian, R. and Zarins, A.,**(1994). “Banded Agates-Origins and Inclusions”,
University ofNebraska-Lincoln, Educational Circular No.**12**, 32.
- Thrillwall M.F., Smith T.E., Graham A.M., Theodoru N., Hollings P., Davidson
J.P., Arculus R.D.,** (1994).High field strength element anomalies in arc lavas:
source or processes, J. Petrol., **35**, 819-838.

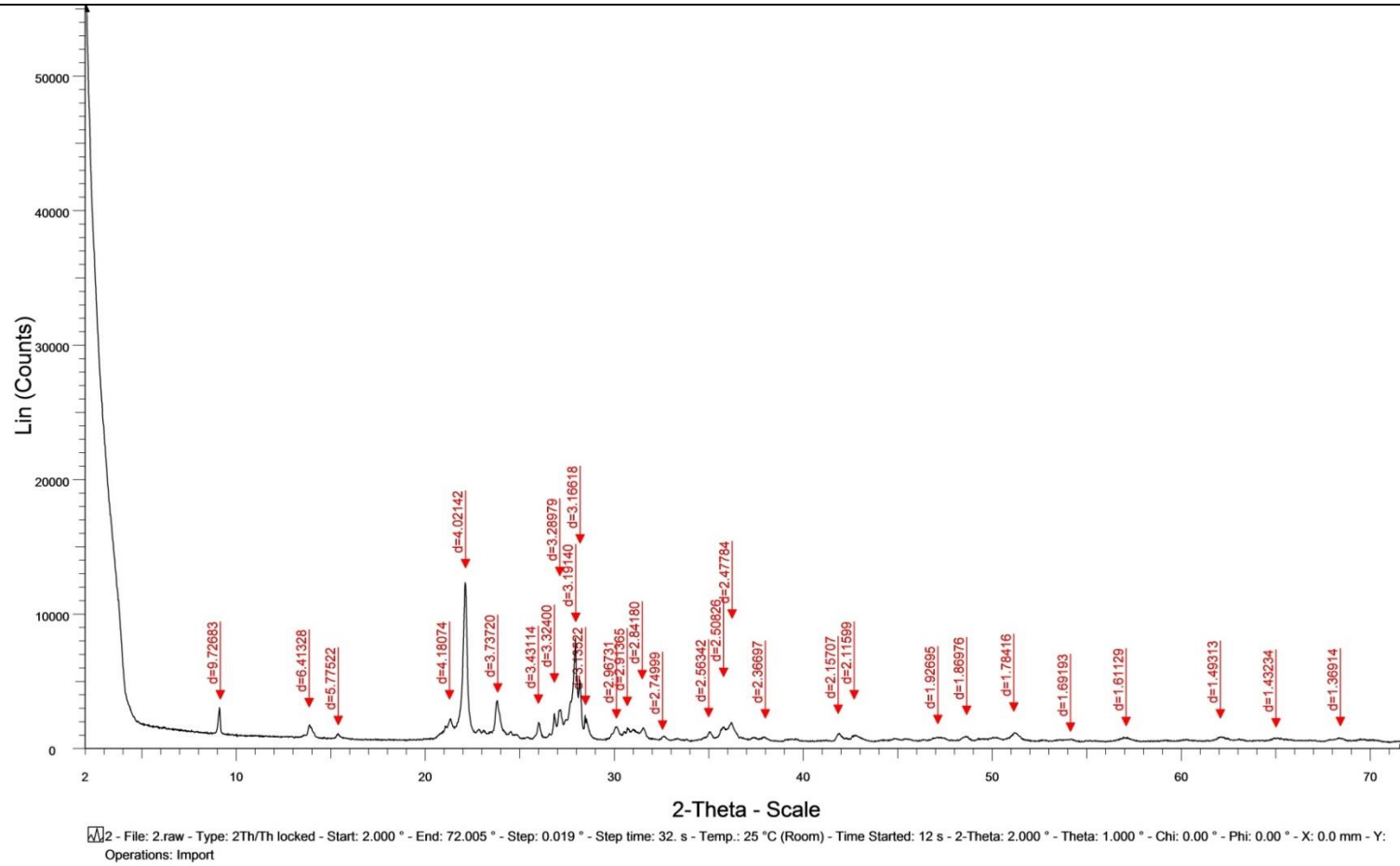
7. EKLER

EK-A : Ana kayaç ve agat bantlarınınXRD analiz sonuçları.

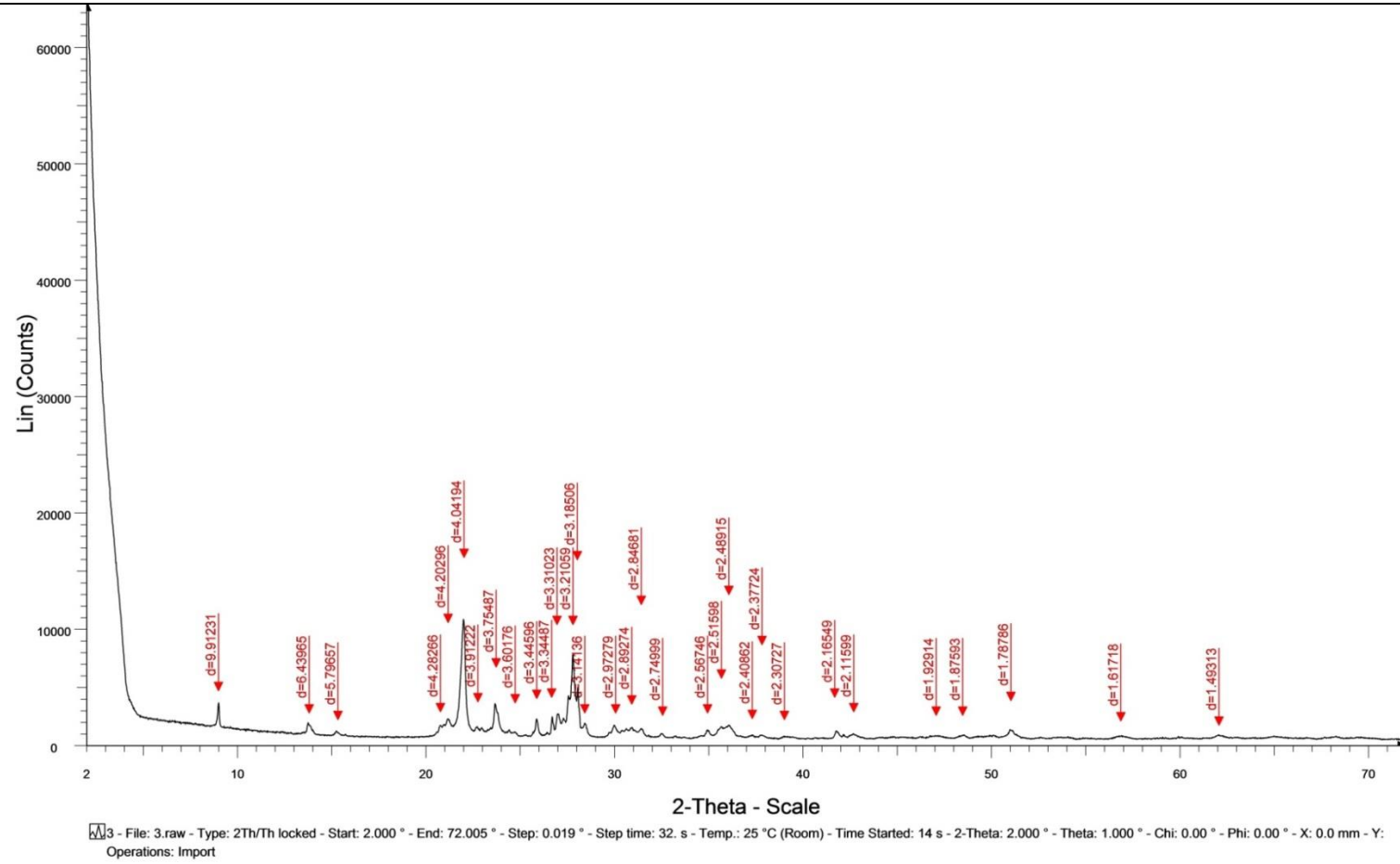
EK-B : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.

EK-C : HARİTA...

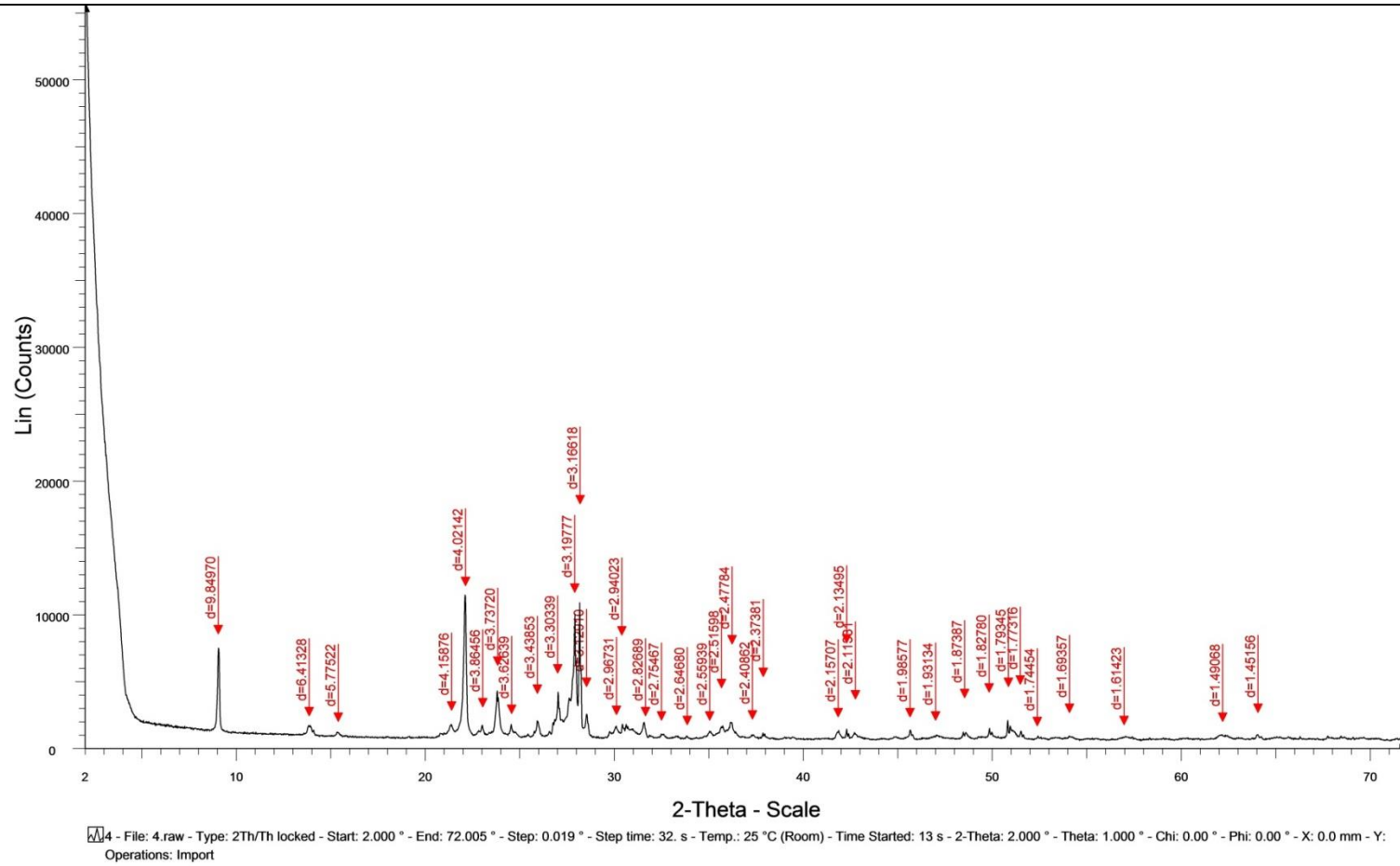
1 - File: 1.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.005 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 32. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.0 mm - Y: Operations: Import



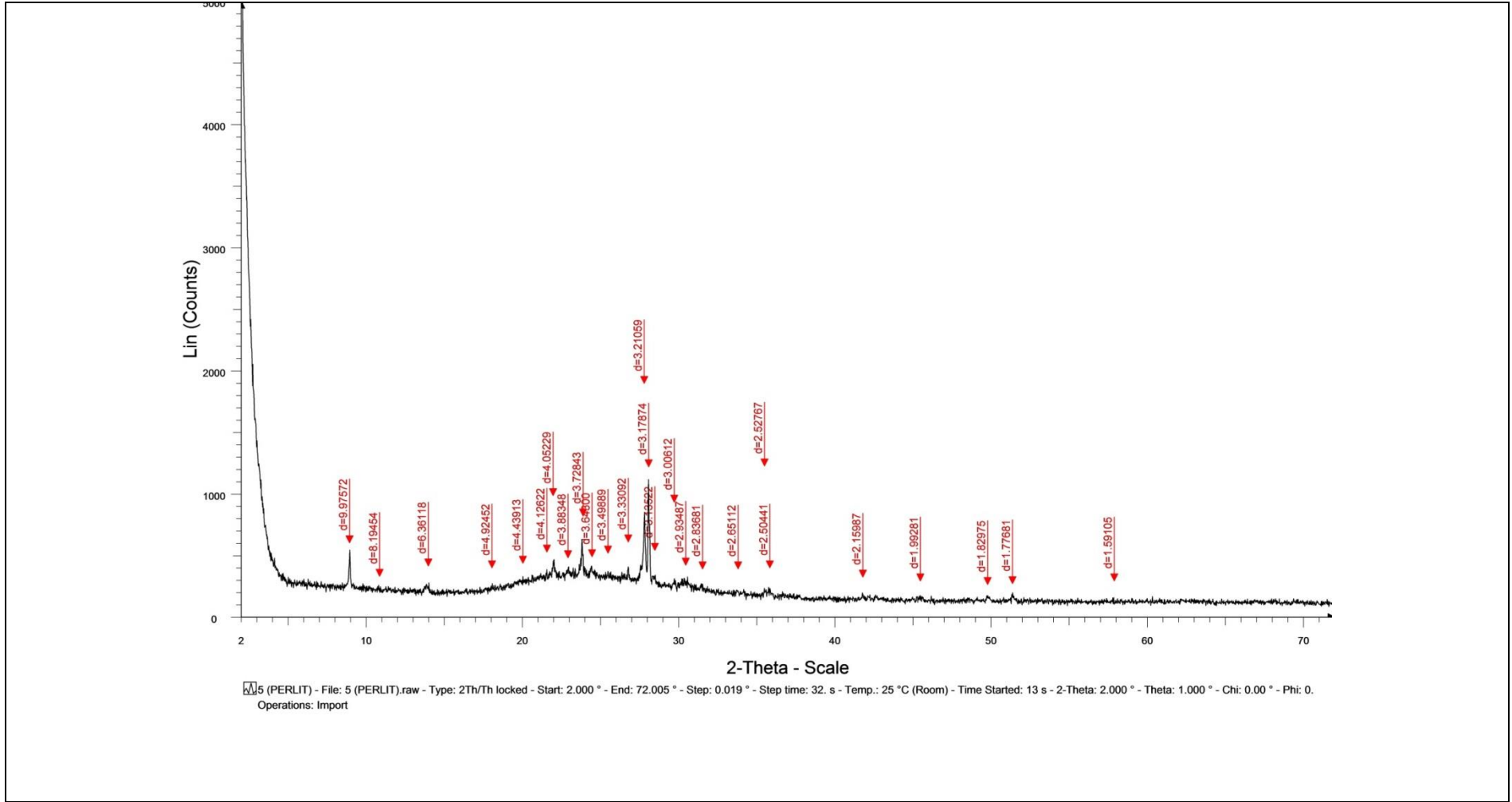
Şekil A.2 : Ana kayaç örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



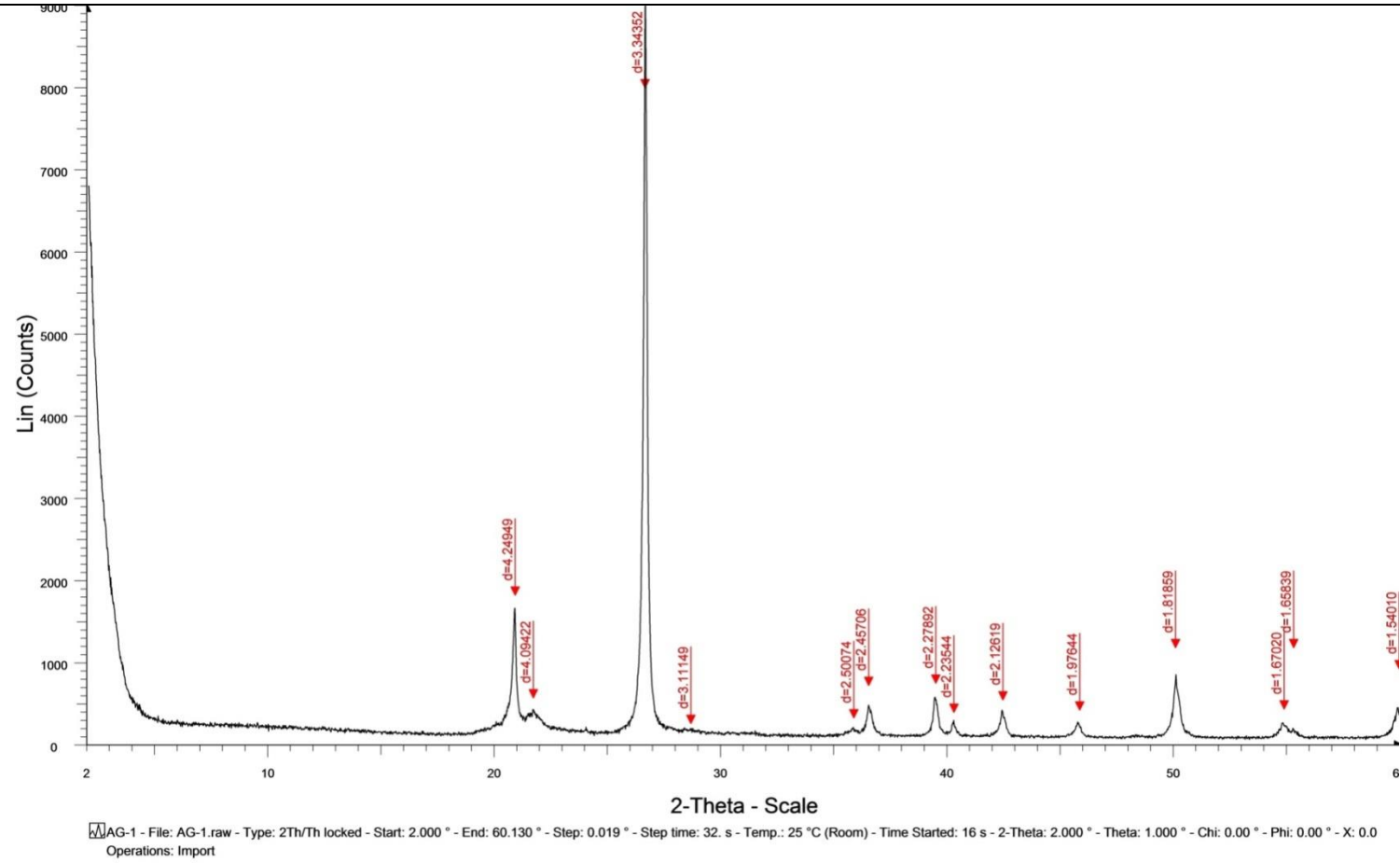
Şekil A.3 : Ana kayaç örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



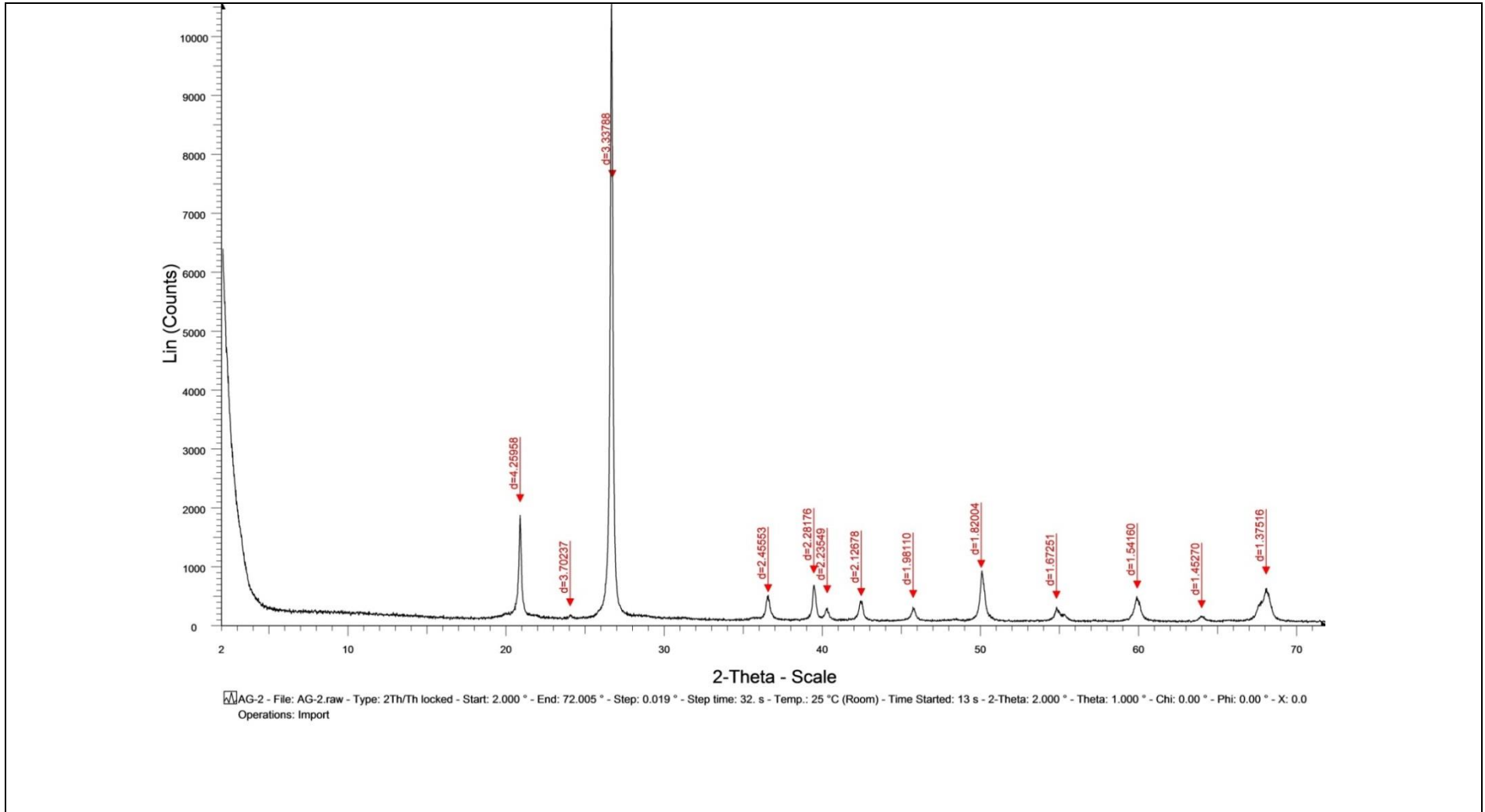
Şekil A.4 : Ana kayaç örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



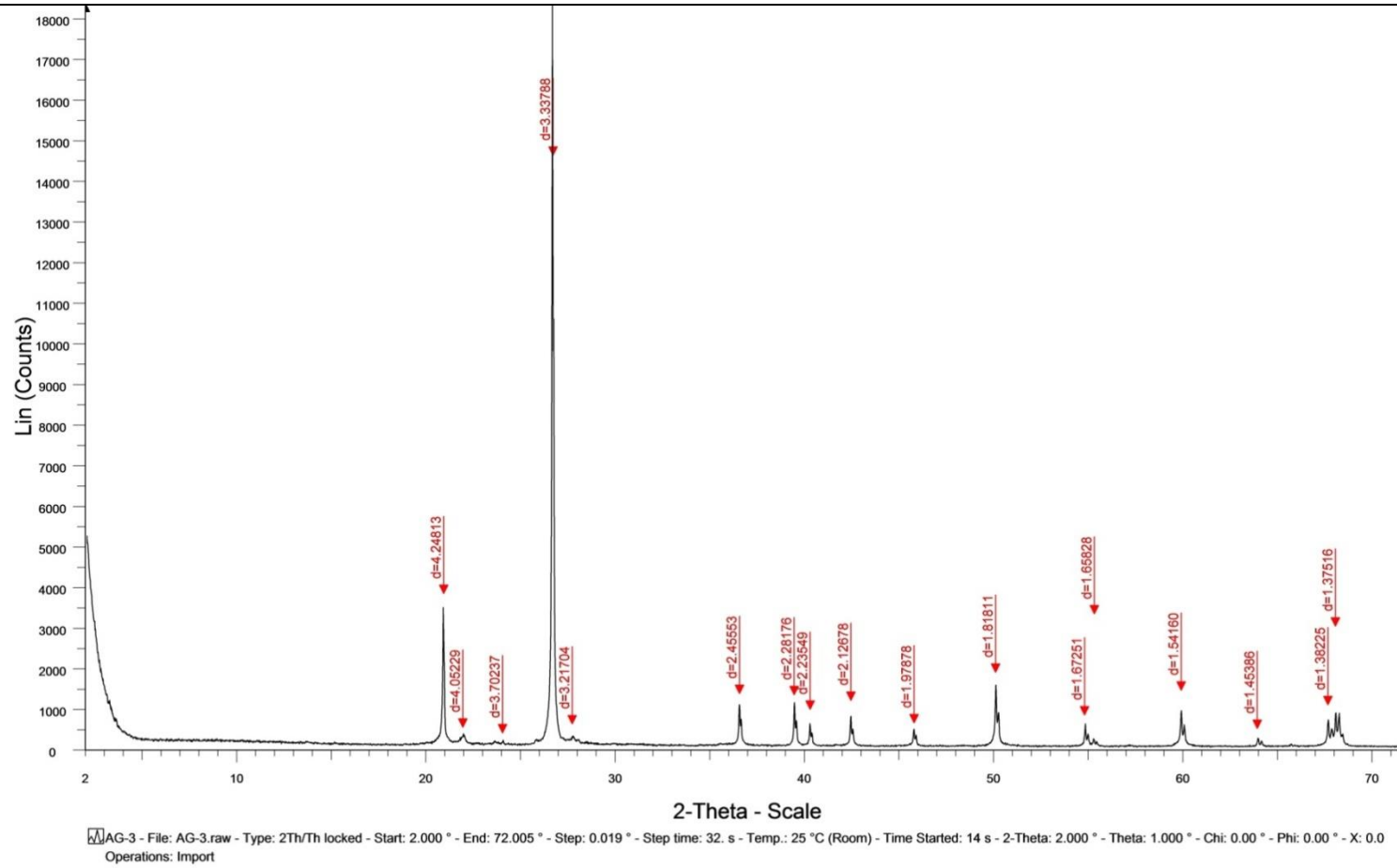
Şekil A.5 : Ana kayaç örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



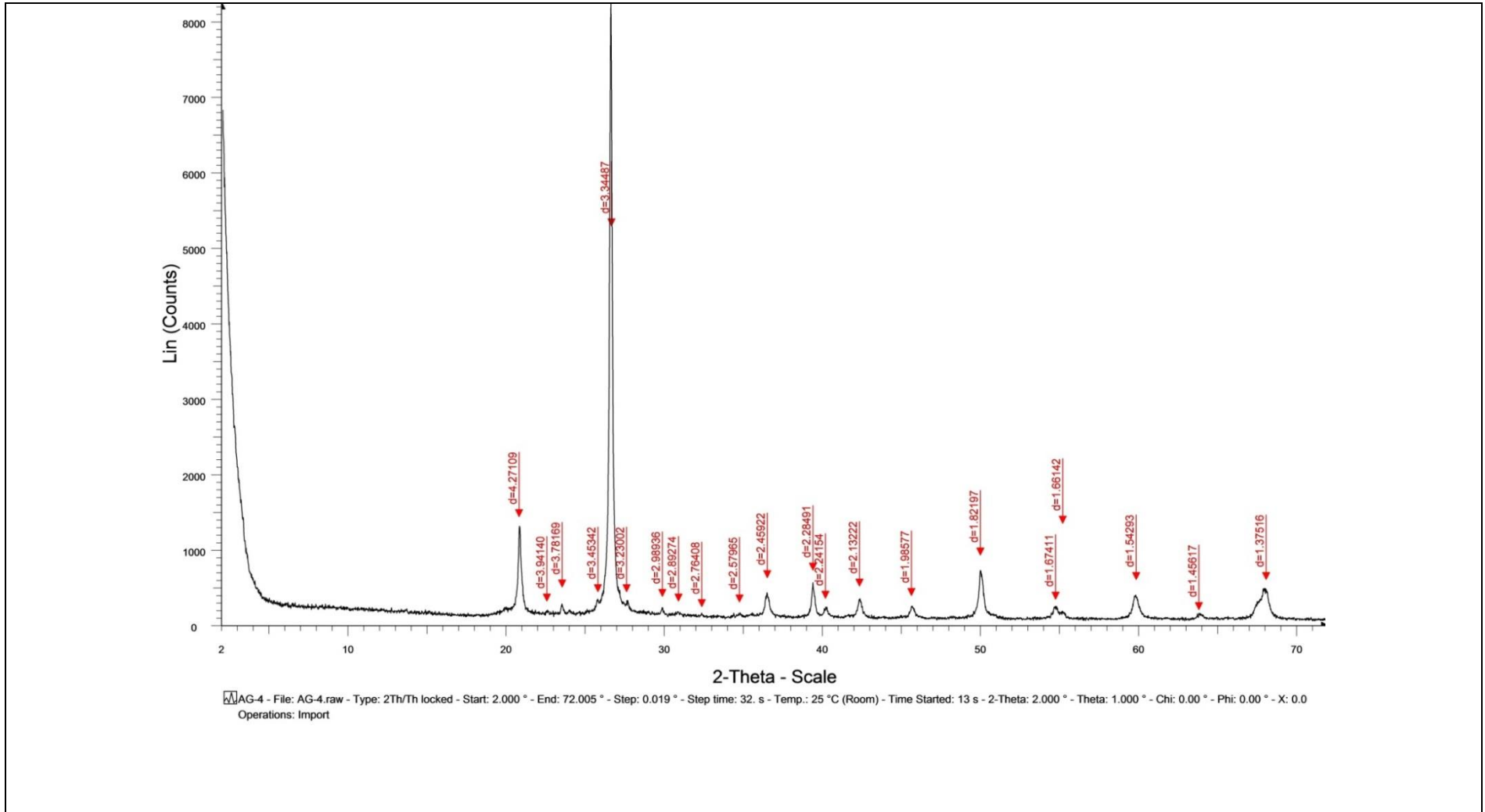
Şekil A.6 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



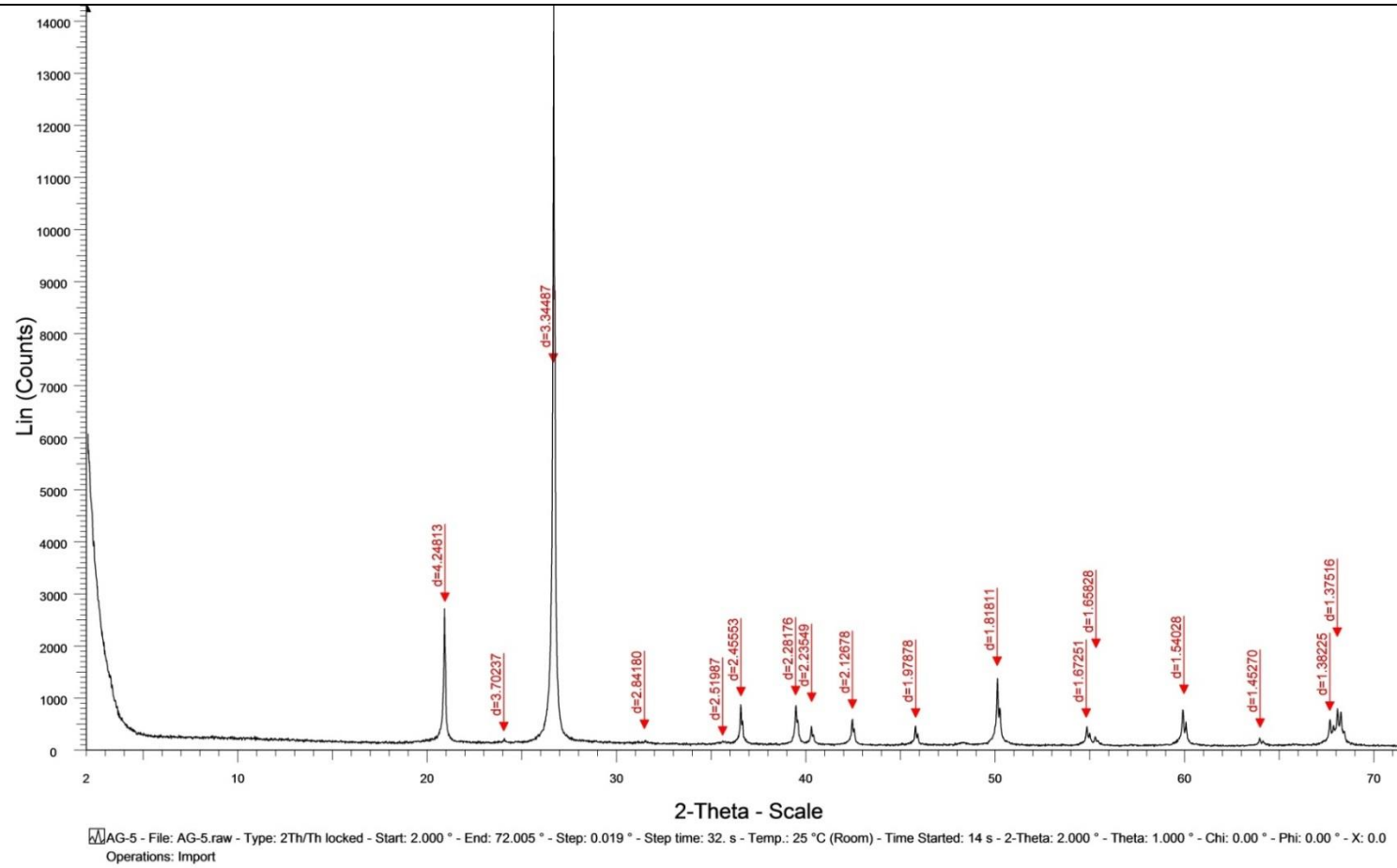
Şekil A.7 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



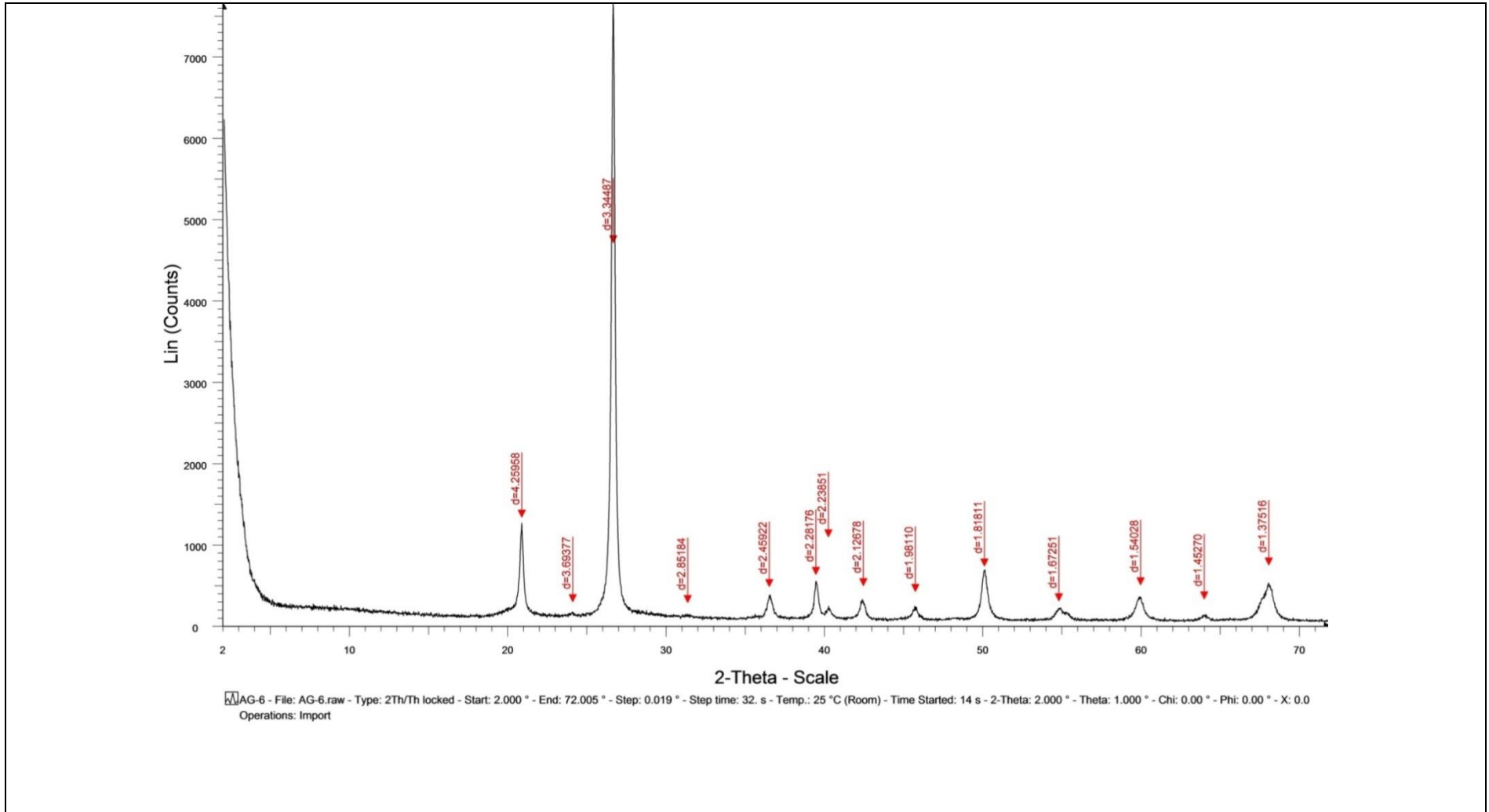
Şekil A.8 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



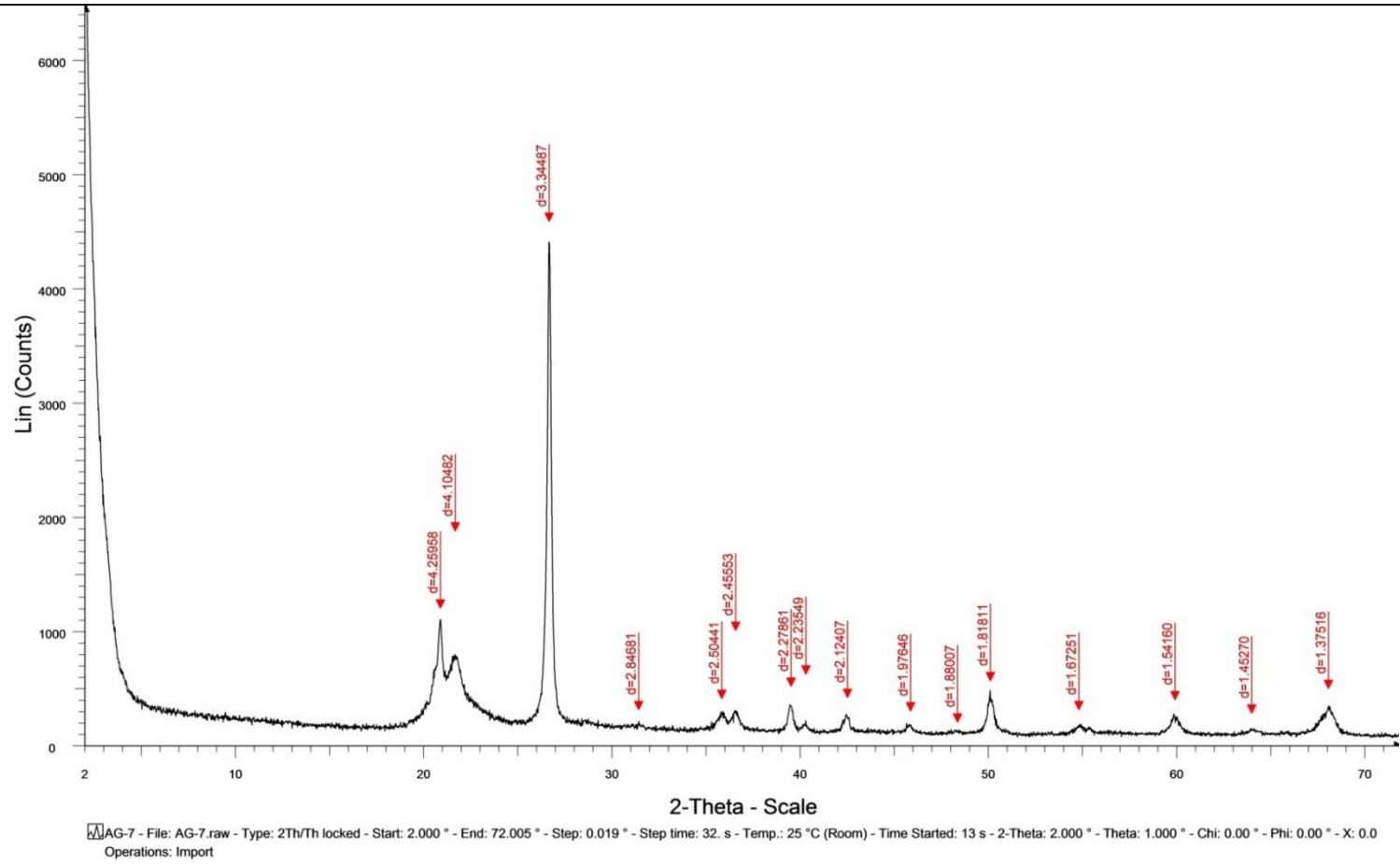
Şekil A.9 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



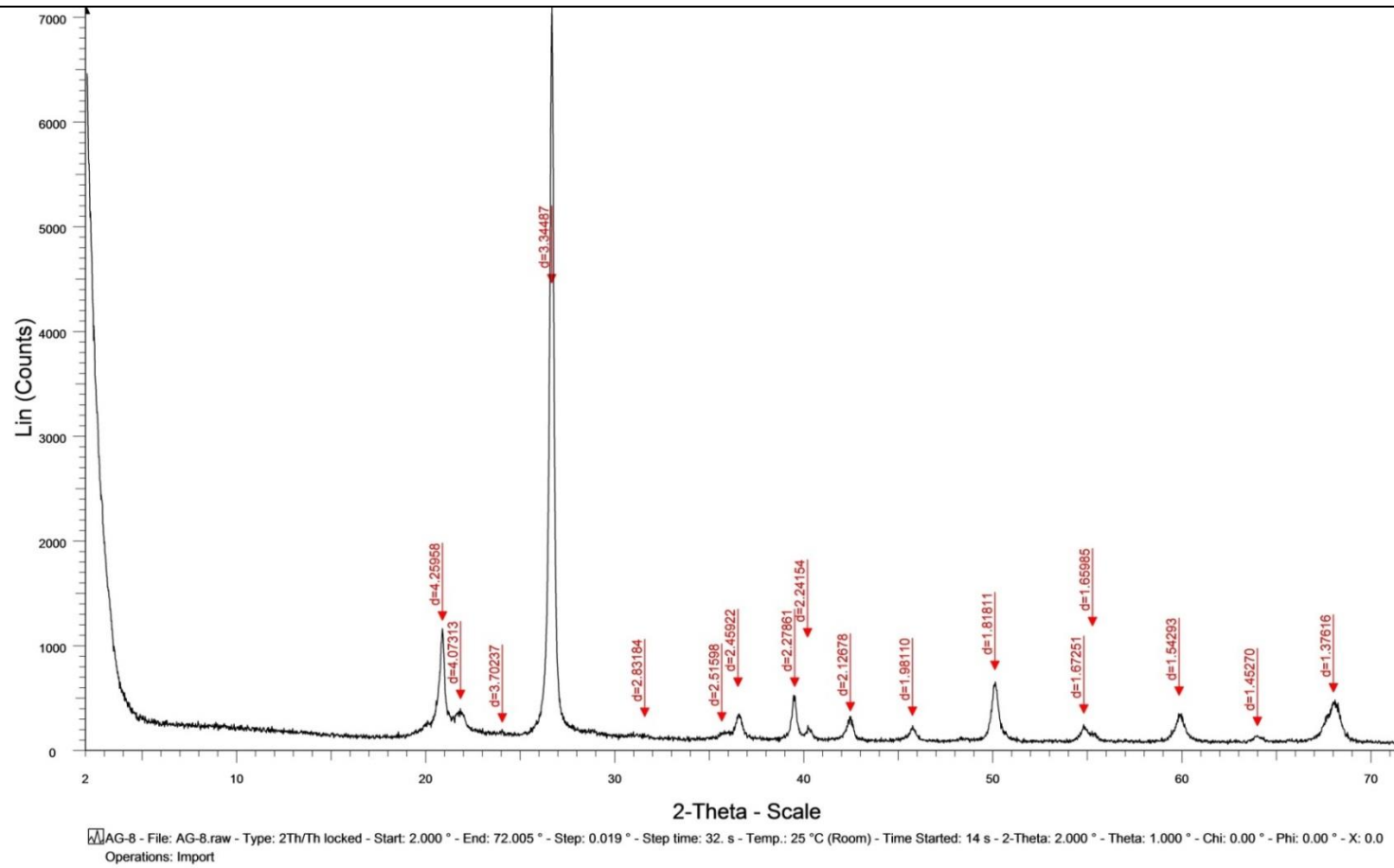
Şekil A.10 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



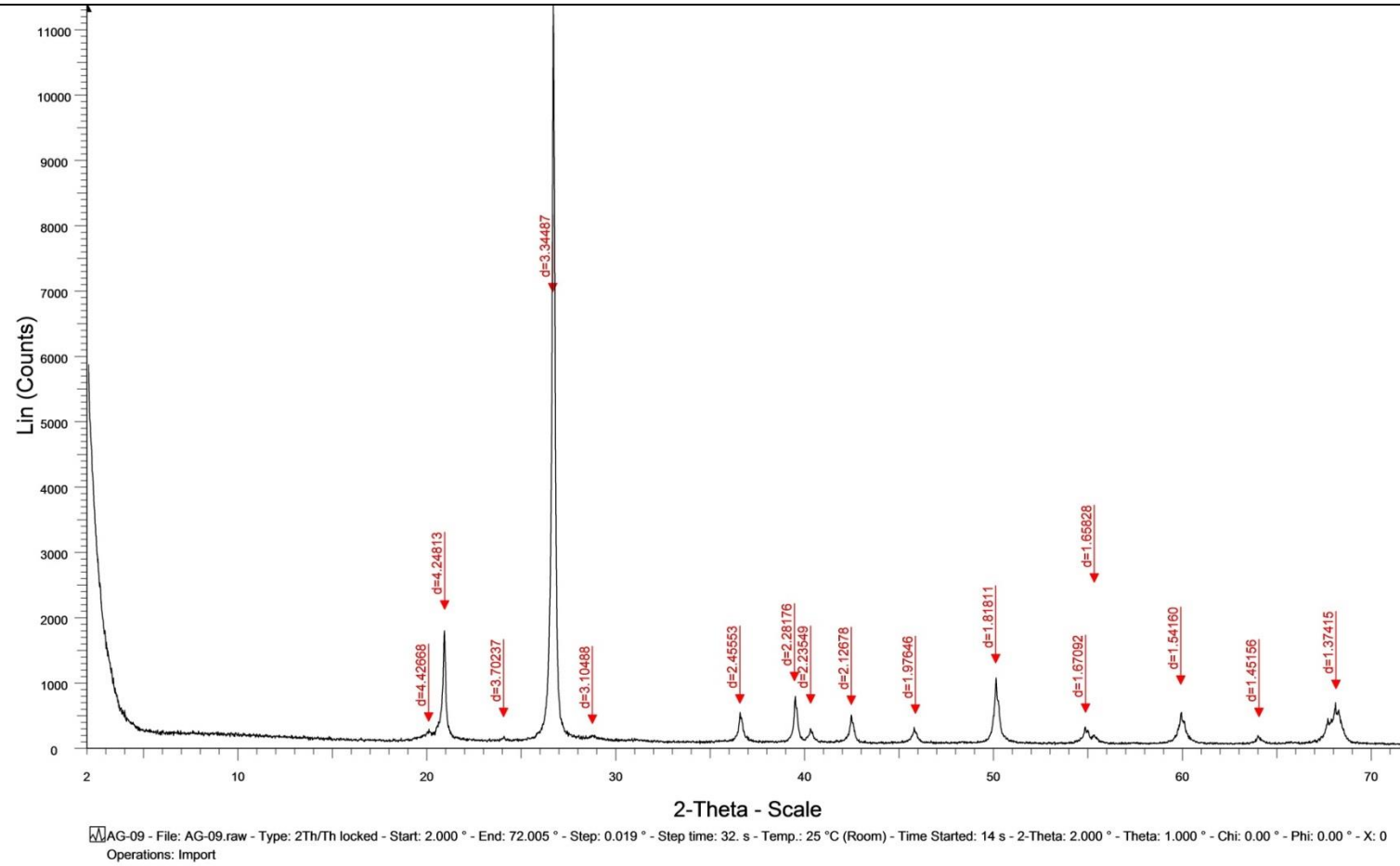
Şekil A.11 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



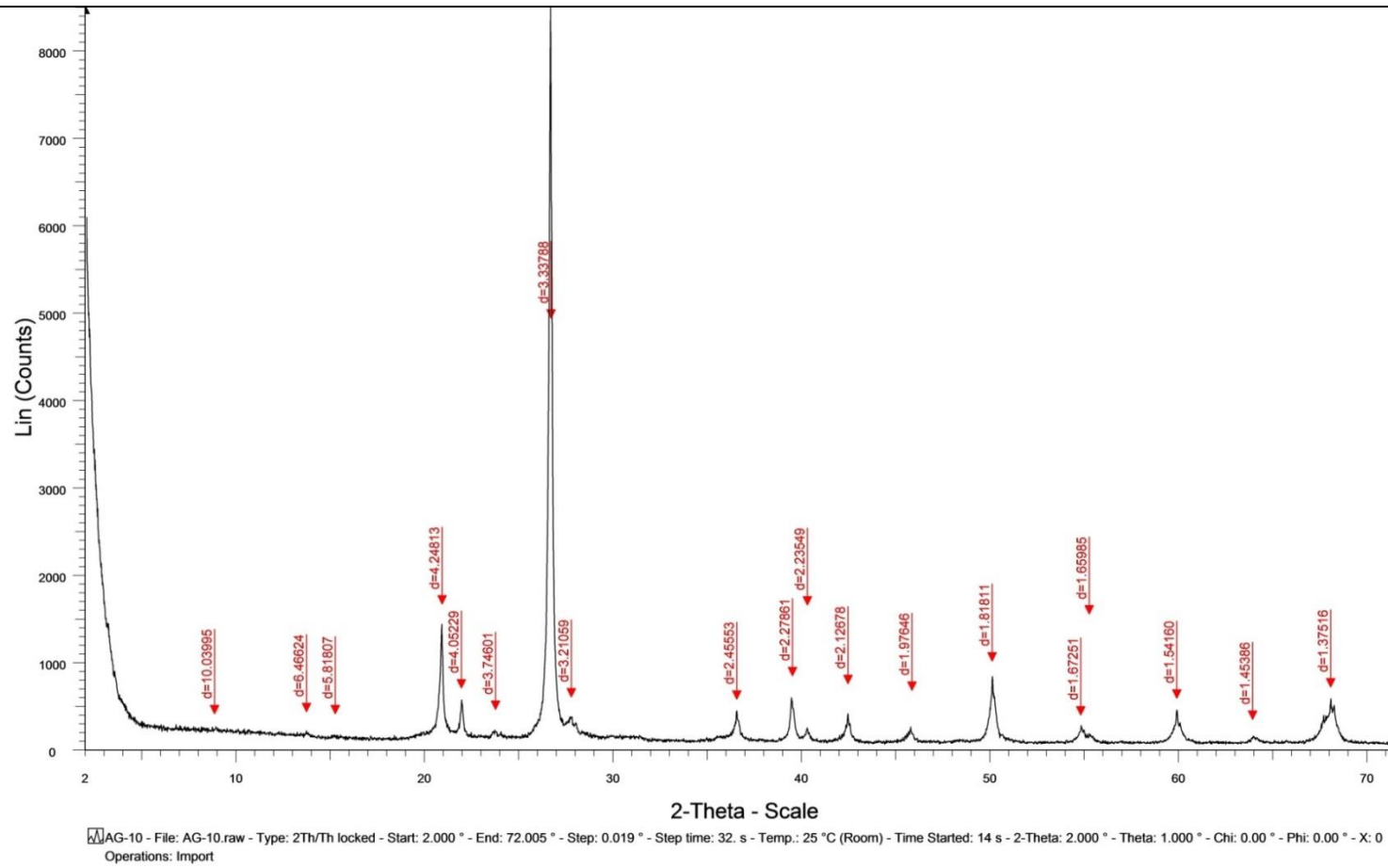
Şekil A.12 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



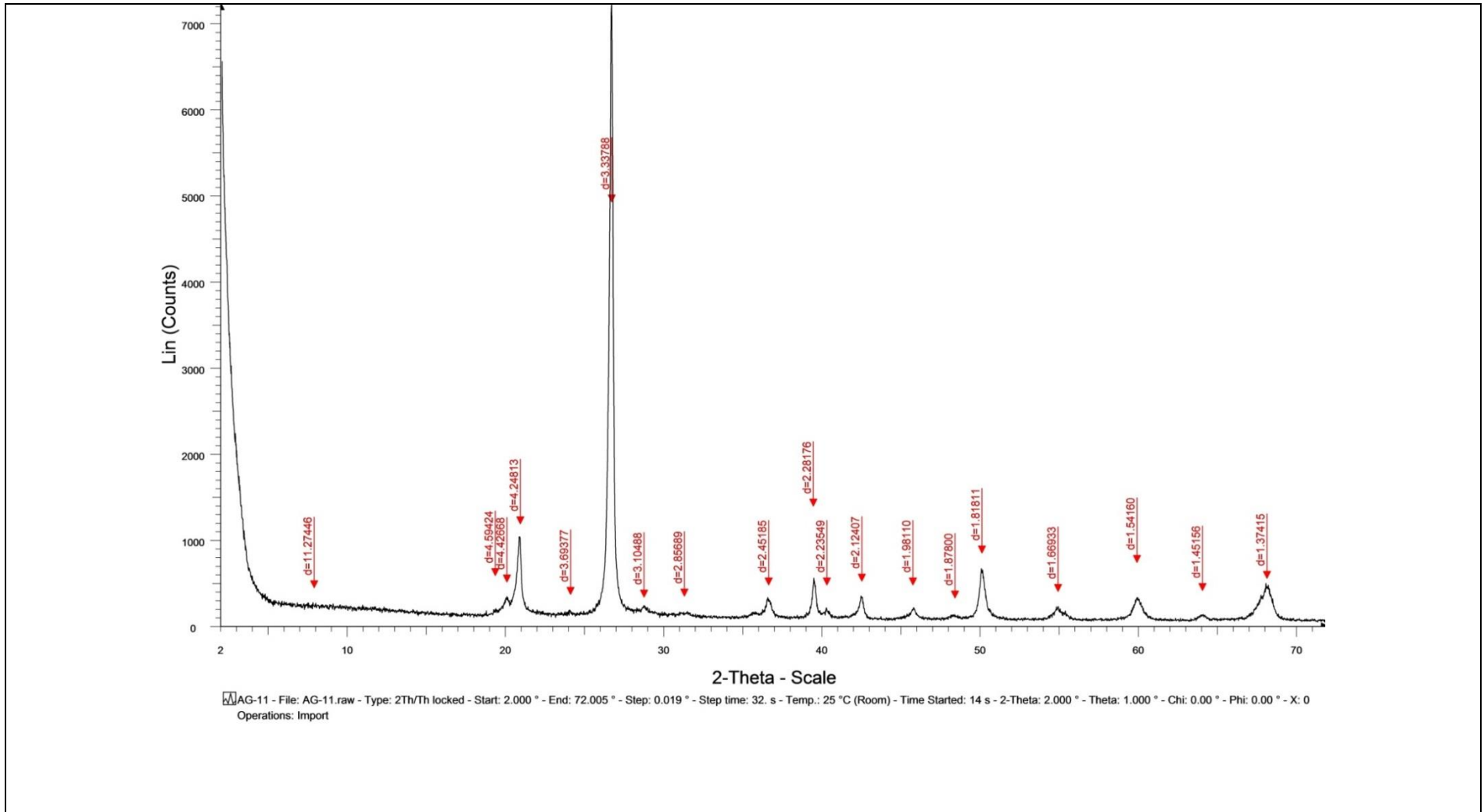
Şekil A.13 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



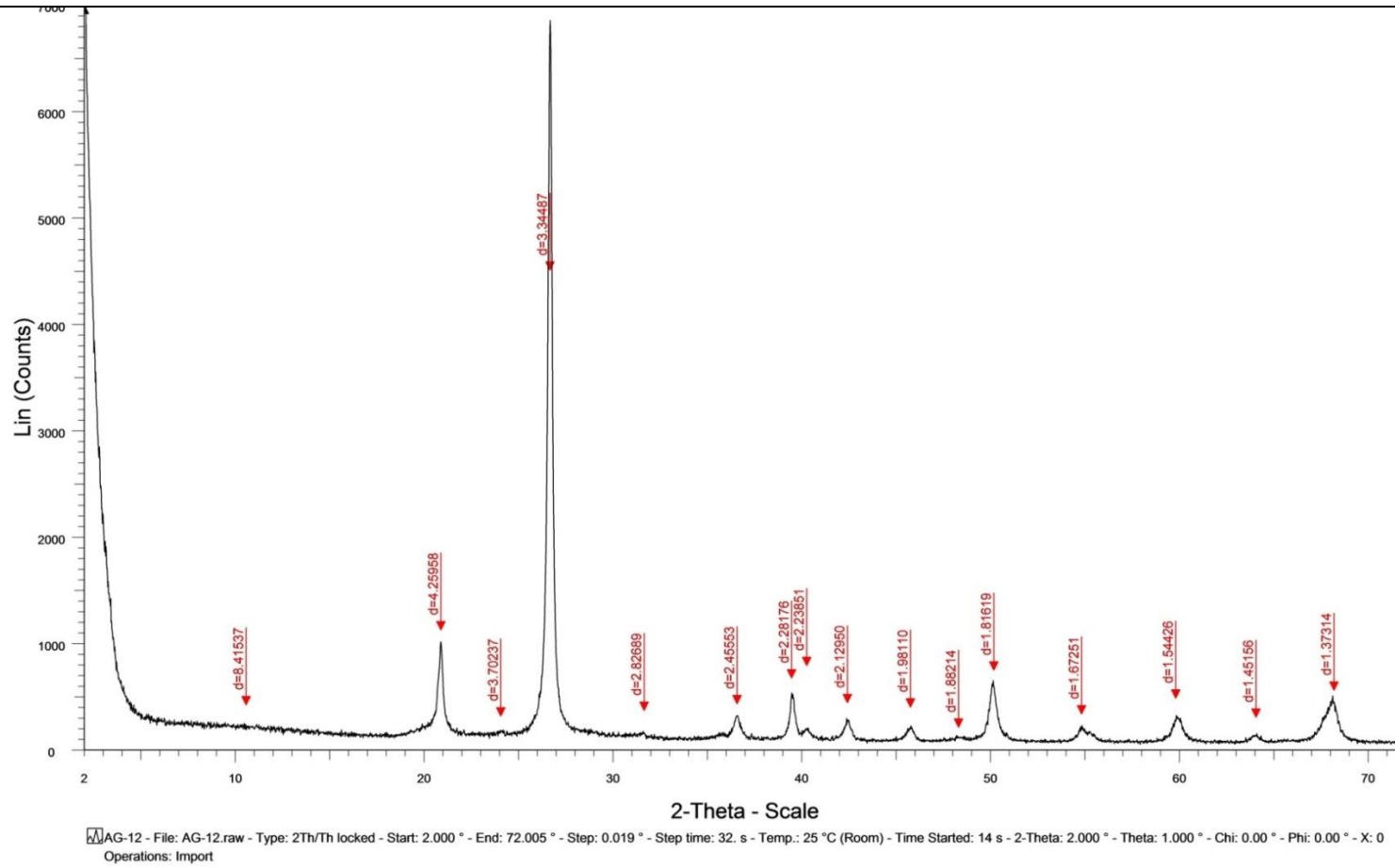
Şekil A.14 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



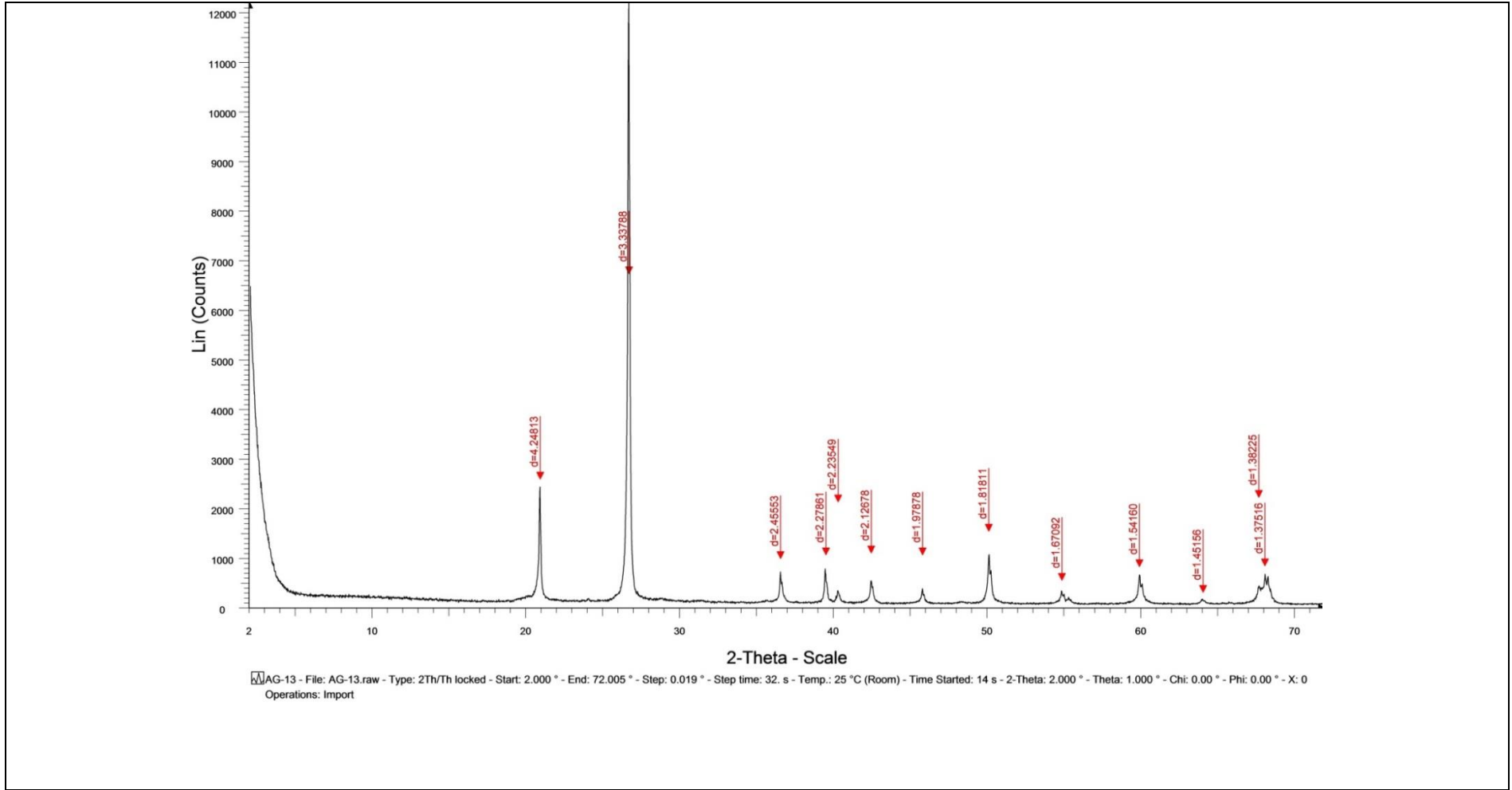
Şekil A.15 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.



Şekil A.16: Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.

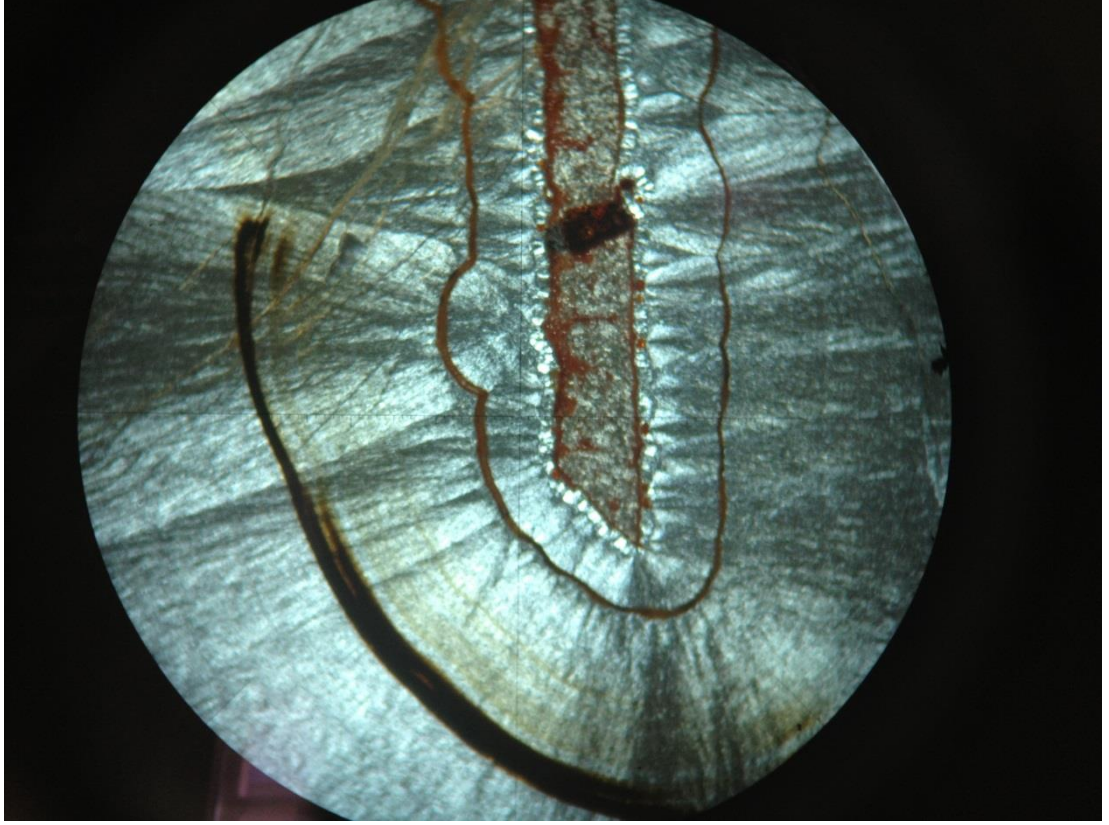


Şekil A.17 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.

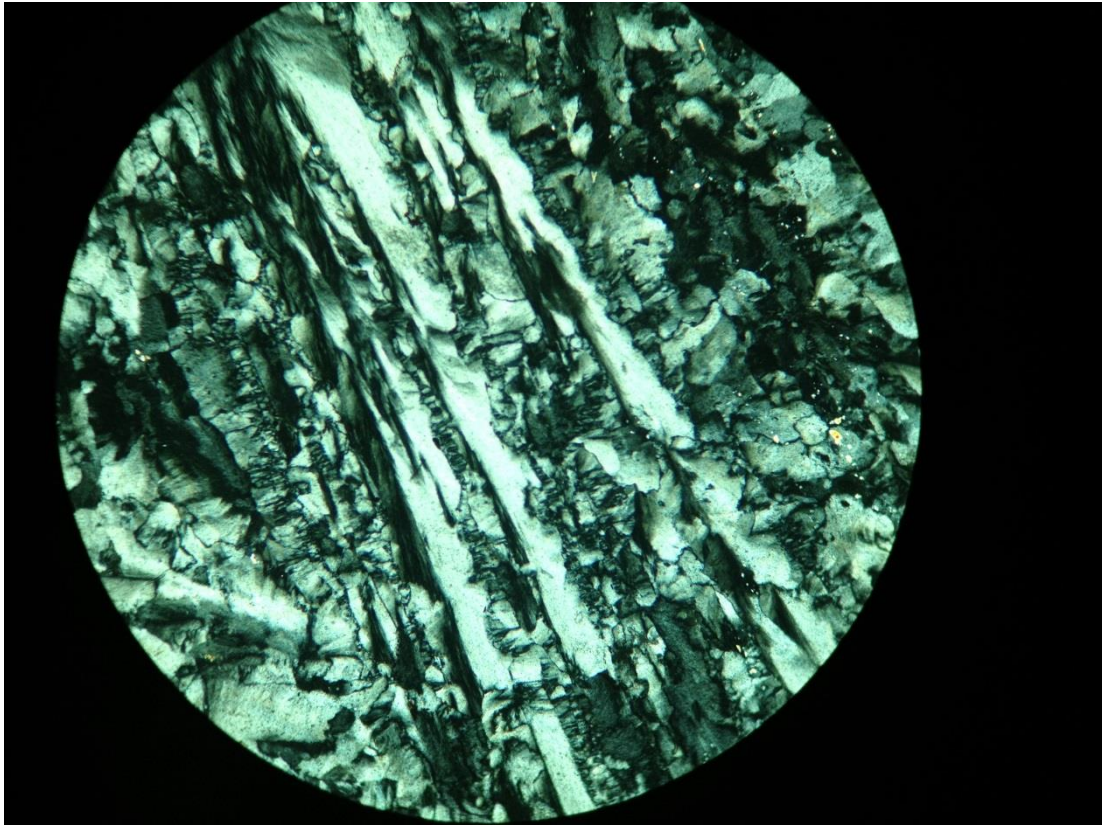


Şekil A.18 : Agat örneklerinden çekilen XRD difraktogramı.

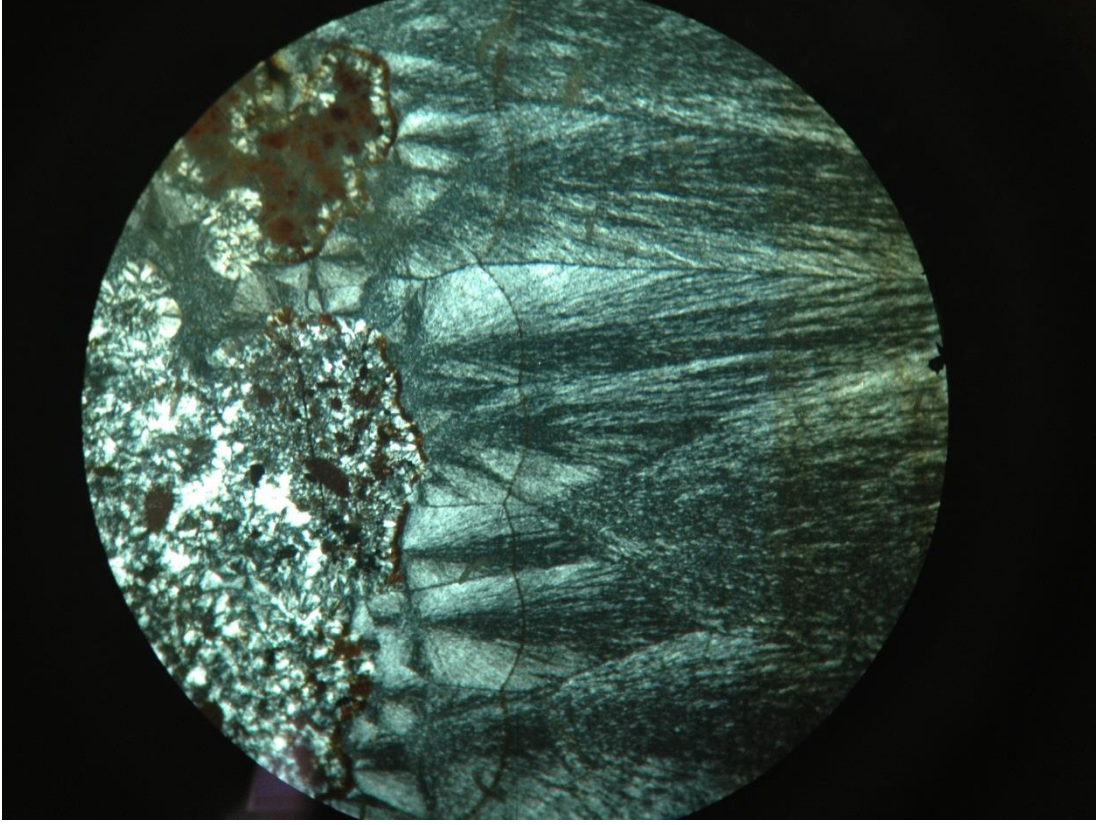
EK-B



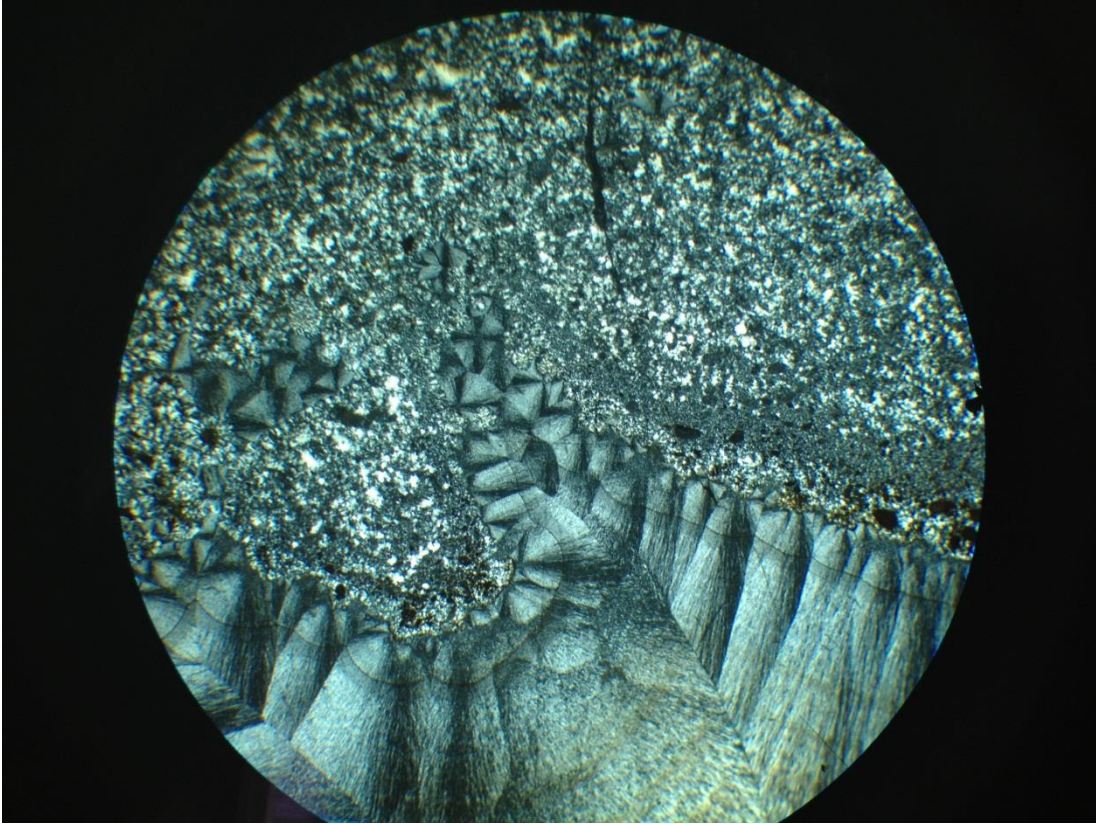
Şekil B.1 : Agatörneklerineaitincekesitgörüntüleri.



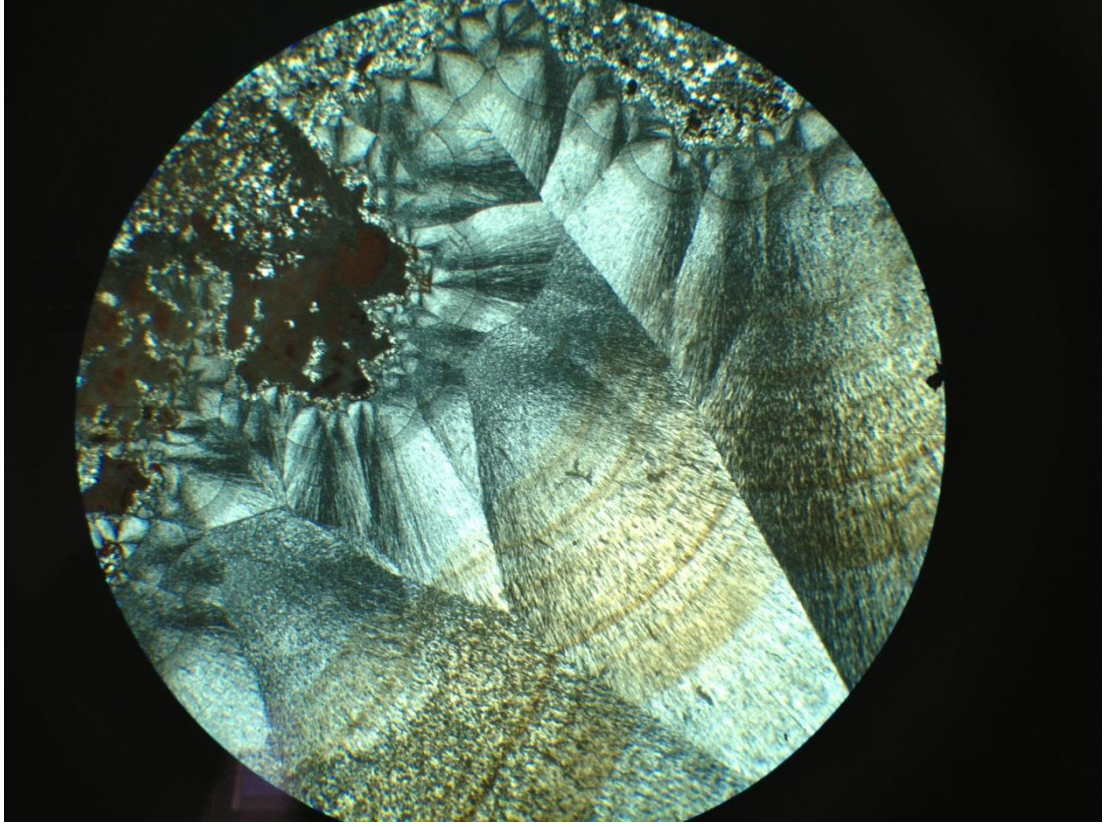
Şekil B.2 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.



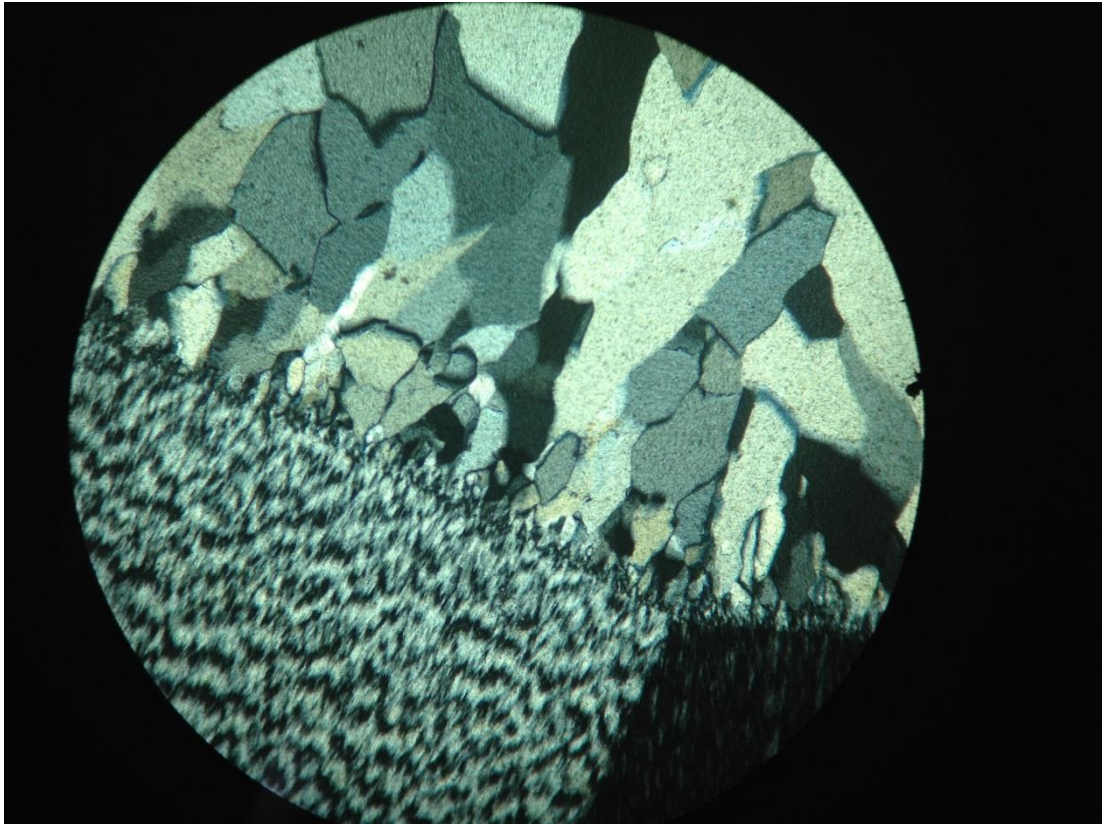
Şekil B.3 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.



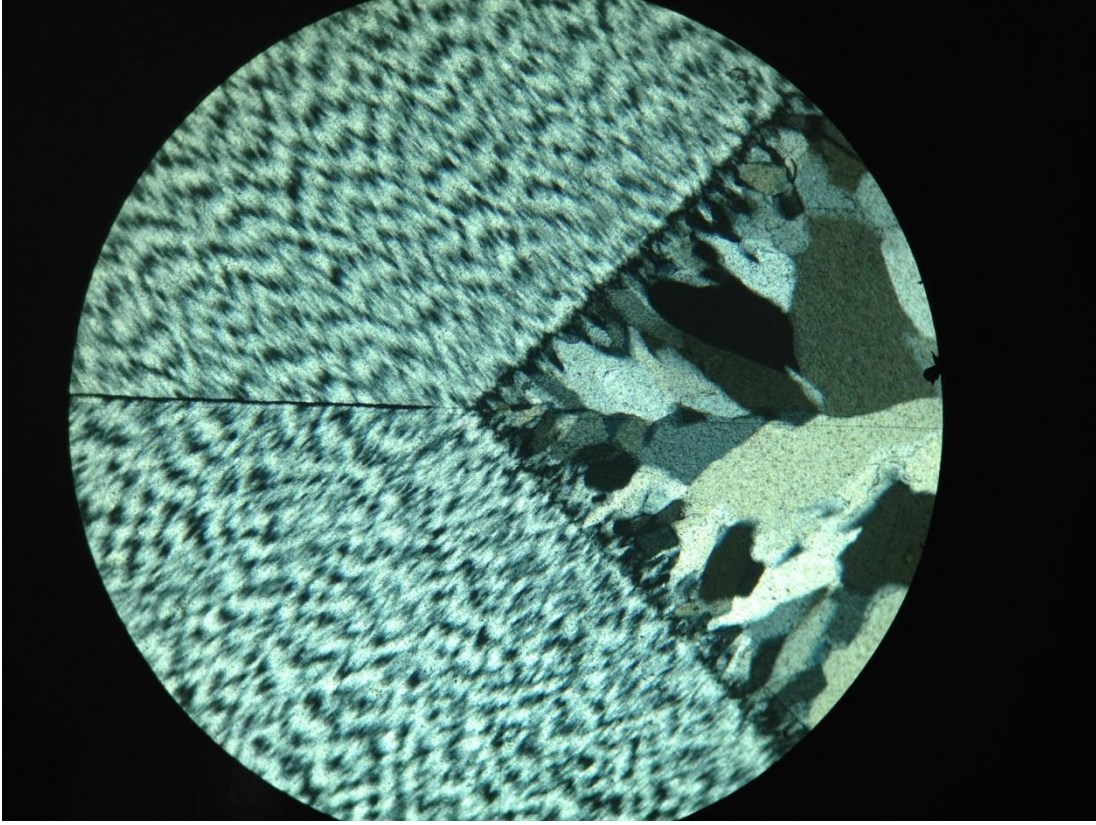
Şekil B.4 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.



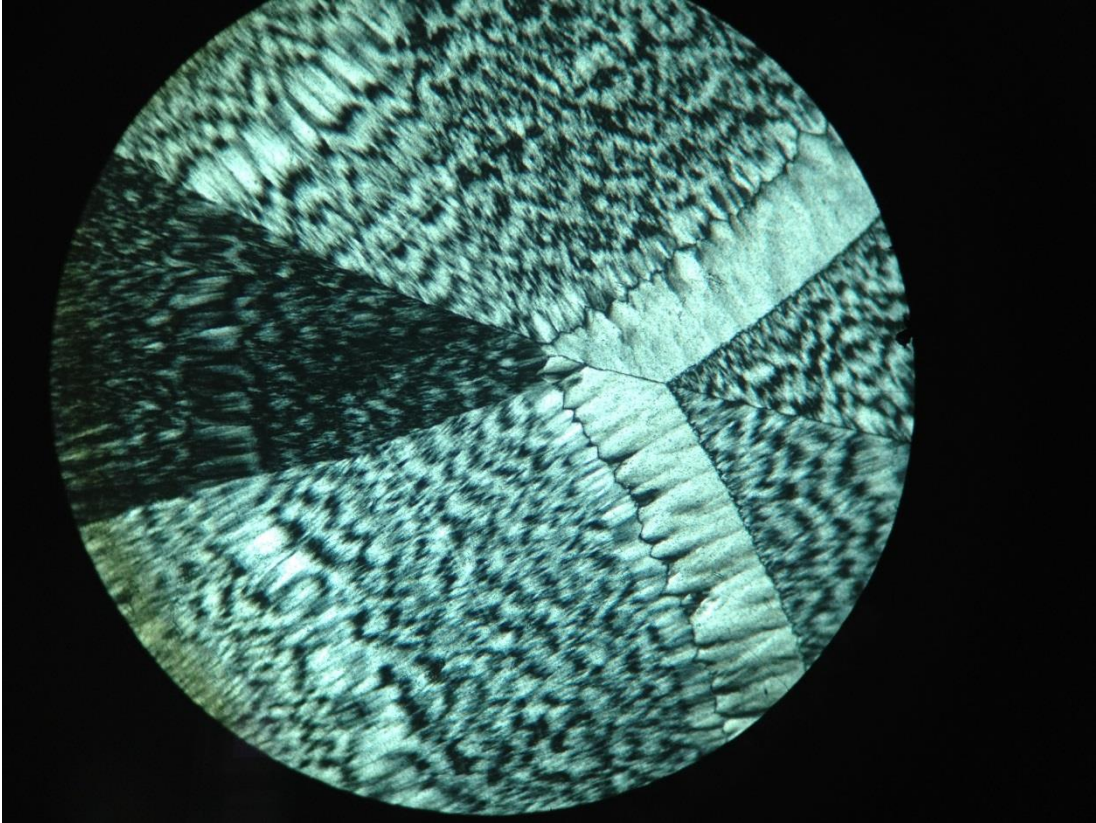
Şekil B.5 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.



Şekil B.6 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.



Şekil B.7 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.



Şekil B.8 : Agat örneklerine ait ince kesit görüntüleri.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Alev KAN BOSTANCI

Doğum Yeri ve Tarihi : İSTANBUL 18.07.1988

E-Posta: kana@itu.edu.tr

Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 2011.

Mesleki Deneyim:

2013, İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Araştırma Görevlisi.

Yayın ve Patent Listesi:

Budakoglu, M., Karaman, M., Karabel, S.B., Geredeli, S.G., Bülbül, A., Kurt, H., Uzasci, S., **Kan, A.**, Akay, A.K., Yilmaz, F.R., Gumus, L., Civas, M., Sevis, C., Kumral, M., 2012, Recent sediment geochemistry of an alkaline lake: Lake Acigol (Denizli), SW Anatolia Turkey, EGU General Assembly, Vol.14, EGU2012-5151-4, 22-27 April, Vienna, Austria.

Bostanci, A.K., Abdelnasser, A., Döner, Z., Kumral, M., Budakoğlu, M., Oteles, A., M., Geochemical investigations of granitoid-hosted Cu-Pb-Zn mineralization at the northern margin of Tauride-Anatolide platform: A case study from Tavsanli zone, Kutahya, Turkey.