

Oysu (Altıntaş/Kütahya) Kaolen Yataklarının, Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal
Özellikleri ve Kökenlerinin İrdelenmesi

Dur Mohammad Sakhizada

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat 2020

Investigation of Geological, Mineralogical and Geochemical Properties of Kaolin
Deposits in Oysu (Altıntaş/Kütahya)

Dur Mohammad Sakhizada

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department Of Geological Engineering

February 2020

Oysu (Altıntaş/Kütahya) Kaolen Yataklarının, Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal
Özellikleri ve Kökenlerinin İrdelenmesi

Dur Mohammad Sakhizada

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Mineraloji-Petrografi Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Selahattin KADİR

Bu Tez ESOGÜ BAP tarafından "2018-2434" no'lu proje çerçevesinde desteklenmiştir

Şubat 2020

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Selahattin Kadir danışmanlığında hazırlamış olduğum “Oysu (Altıntaş/Kütahya) Kaolen Yataklarının, Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal Özelliklerinin İrdelenmesi” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 10/02/2020

Dur Mohammad SAKHIZADA

İmza

ÖZET

Batı Anadolu'da Altıntaş (Kütahya) Oysu Köyü ve çevresinde Miyosen yaşlı volkano-sedimanter istif içerisindeki riyolitik, riyodasitik ve dasitik karakterli volkanik malzemenin tektonik aktiviteler ve buna bağlı olarak hidrotermal alterasyonu ve/veya kimyasal ayrışması sonucu ekonomik potansiyele sahip kaolinit yatakları oluşmaktadır. Kaolinit; seramik, porselen, eczacılık, boya ve kağıt sanayiinde kullanılan önemli bir endüstriyel hammaddedir. Günümüze kadar bu endüstriyel hammadde yataklarının jeolojik, mineralojik, jeokimyasal özellikleri ile oluşum mekanizmalarının irdelenmesi konularında detaylı çalışmalar yapılmamıştır. Bu tez çalışması, bu boşluğun doldurulması ve yapılan arazi çalışmaları ile mineralojik [polarizan mikroskop, X-Işınları difraktometresi (XRD), Fourier Dönüşümlü Kırmızı-Altı (FTIR)], mikromorfolojik [taramalı elektron mikroskopu (SEM-EDX), geçirimli elektron mikroskopu (TEM)] ve jeokimyasal (tüm kayaç ve mineral kimyası) analizleri ile aydınlatmayı amaçlamaktadır. Arazi çalışmaları ve laboratuvar analizleri sonucu elde edilen bulgular yardımı ile ülke ekonomisine katkı sağlayacak olan potansiyel kaolen yataklarının etkin bir şekilde ortaya konulması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Jeokimya, kaolen, köken, Kütahya, mineraloji, volkanik birimler, Türkiye.

SUMMARY

Oysu village (Altıntaş, Kütahya) in western Anatolia has potentially economic kaolinite deposits hosted by tectonic controlled hydrothermally altered and/or weathered volcanosedimentary units such as rhyolite and dacite. Kaolinite is an important industrial raw material used in the ceramics, porcelain, pharmaceutical, paint and paper industries. To date, detailed studies on the geological, mineralogical, geochemical properties and formation mechanisms of these industrial raw material deposits have not been studied. Thus, the main aim of this study was to fill this gap and to elucidate the detailed mineralogy [(polarized-light microscopy, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)], micromorphological [(Scanning Electron Microscopy (SEM-EDX) and Transmission Electron Microscopy (TEM)] and geochemical (modelling of mass gains and losses of major-, trace- and rare-earth elements during alteration, and mineral chemistry) methods.

Key Words: Genesis, geochemistry, kaolinite, Kütahya, mineralogy, volcanic units, Turkey.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarında her koşulda, her ihtiyacım olduğunda bilgi, emek, tecrübe ve önerileriyle ile beni yönlendiren, danışmanlığından onur duyduğum ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Prof. Dr. Selahattin KADİR'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Arazi çalışmalarında adım adım bana eşlik eden, tez çalışma süresi boyunca karşılıksız katkılar sunan ve her türlü desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Tacit KÜLAH'a, çalışma sırasında her türlü yardımda bulunan ve sabırla sorunlarımı çözmeye çalışan Doç. Dr. Hülya ERKOYUN'a ve Laboratuvar çalışmalarında bana eşlik eden, katkıda bulunan meslektaşım doktora öğrencisi Nergis ÖNALGİL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın en değerli varlığı, maddi-manevi desteklerini esirgemeyen, azami sabır ve hoşgörülerıyla beni hep destekleyen sevgili aileme minnet duygularımı sunar her şey için çok teşekkür ederim.

Bu çalışmada emeği geçen tüm arkadaşlarıma ve Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında çalışan hocalarıma ve meslektaşlarıma katkılarından dolayı teşekkür ederim.

2018-2434 no'lu Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Projeleri komisyonu üyeleri ve çalışanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)	xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Arazi Çalışmaları	9
3.2. Petrografi Çalışmaları	9
3.3. Killi Örneklerin Saflaştırılması.....	9
3.4. X Işınları Difraktometre (XRD) Çalışmaları	10
3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Geçirimli Elektron Mikroskobu	10
(TEM) Çalışmaları	10
3.6. Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG) Analizleri	11
3.7. Fourier Dönüştümlü Kırmızı-Altı (FTIR) Spektroskopisi Analizi	11
3.8. Kimyasal Analizler	11
3.8.1. Kütle kayıp ve kazanç hesaplamaları	12
3.8.2. Oksijen ve Hidrojen Duraylı İzotop Analizleri	13
4. JEOLJİ	14
4.1. Bölgesel Jeoloji.....	14
4.1.1. Sarıcasu Formasyonu.....	16
4.1.2. İkibaşlı Formasyonu	17
4.1.3. Çiçeklikaya Formasyonu	17

4.1.4. Muratdağı Ofiyolitli Karmaşığı	18
4.1.5. Baklan Graniti	18
4.1.6. Yeniköy Formasyonu	18
4.1.7. Karacahisar Volkanitleri.....	19
4.1.8. Gedikler formasyonu	19
4.1.9. Payamtepe Volkanitleri	19
4.1.10. Alüvyon	20
4.1.11. Tektonizma.....	20
4.2. Oysu Kaolen Yatağı'nın Jeolojisi	20
5. ANALİZ SONUÇLARI.....	24
5.1. Petrografik İncelemeler.....	24
5.2. X-Işınları kırınım (XRD) incelemeleri	26
5.3. Taramalı ve Geçirimli Elektron Mikroskobu (SEM ve TEM) Çalışmaları	30
5.4. Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG) çalışmaları.....	34
5.5. FTIR Spektroskopisi Analizi	34
5.6. Tüm Kayaç Kimyasal Analizleri	35
5.7.Oksijen ve Hidrojen Duraylı izotop Analizleri.....	45
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Çalışma alanının ve kaolen yatağının yerbulduru haritası (Google Maps'den alıntıdır).	2
1.2. Oysu kaolen yatağının genel görünümü	3
4.1. Çalışma alanının jeoloji haritası (Konak 2002'dan değiştirilmiştir).....	15
4.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özcan ve dig., 1988 ve Yüksel vd., 2014'dan yararlanmıştır).	16
4.3. Karacahisar volkaniklerine ait tüflerin arazideki görünümü.	19
4.4. Oysu kaolen yatağının GB-KD yönündeki genel görünümü ve alterasyon ürünlerinin dağılımı.	21
4.5. Oysu kaolen yatağında kaolenleşmiş tüfler ile kaolinitin ilişkisi.	21
4.6. Oysu kaolen yatağındaki kaolinit oluşumlarının ocak içerisindeki görünümü.	22
4.7. kaolinitlerin kırık ve çatlak dolgularında görülen silis damarı ve Fe-oksit sıvamaları.22	
4.8. Kaolen yatağının dış kesimlerindeki smektitçe zengin çamurtaşlarının görünümü.	23
4.9. Kaolen yatağının üst seviyelerindeki silis yığılımlarının görünümü.	23
5.1. Oysu kaolen yatağı ve çevre kayaçlarına ait incekesit görüntüleri.	25
5.2. Kaolen ocağı ve yakın çevresinden derlenen örnekler için XRD grafikler: (a) OYS1-6 örneği, (b) OYS2-7 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için Bkz. Çizelge 5.1) ..	28
5.3. Kaolen ocağı ve yakın çevresinden derlenen örnekler için XRD grafikleri: (c) OYS1-1 örneği, (b) OYS2-5 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için Bkz. 5.1) ..	29
5.4. Çalışma alanından derlenen kıltaşı örneklerine ait SEM görüntüleri; (a-f) altere volkanik malzeme ile smektit ilişkisi.	31
5.5. Çalışma alanından derlenen kıltaşı örneklerine ait TEM görüntüleri; Kaolinit	33
5.6. Kaolinitçe zengin kıltaşı örneğindeki (OYS1-6) kaolinit mineraline ait DTA-TG grafiği.	34
5.7. Kaolinitçe zengin kıltaşı örneğine ait FTIR spektrum grafiği (OYS1-6).....	35
5.8. Çalışma alanındaki volkanitlerin ve kilce zengin örneklerin ikili değişim diyagramları.....	38

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.9. Kiltası örneklerinin köken ilişkisini gösteren $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranlarına karşılık MgO değerleri diyagramı (Ddani vd., 2005).	39
5.10. Çalışma alanında derlenen volkanik kayaç ve kilce zengin örneklerin nadir toprak element içeriklerinin kondrite normalize edilmiş dağılımları (Sun ve McDonough, 1989).	40
5.11. Çalışma alanından derlenen volkanik kayaç örneklerinin petrokimyasal adlandırılması (Winchester ve Floyd, 1977).	41
5.12. Esas oksit (%ağ.) ve iz element (ppm) değişimlerine göre kütle kazanç-kayıp analiz diyagramları (Grant, 1986, 2005).	44
5.13. Oysu kaolen yatağından derlenen zenginleştirilmiş kil örneklerine ait δD ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin ikili karşılaştırma diyagramı (Sheppard ve Gilg, 1996). Kaolinit çizgisi ve meteorik su çizgisi Hayba vd.'den (1985) alınmıştır.	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Kaolen ocağı ve yakın çevresinden derlenen örneklerin mineralojik dağılımı. Kln: kaolinit, Ilt/Ms: illit/muskovit, Sme: smektit, Alu: alunit, Opl: opal-CT, Qz: kuvars, Amp: amfibol, Fds: feldpat, Gth/Hem: götit/hematit, Cal: kalsit, esr: eser, +: minerallerin bulunma bolluğu. Mineral isimlerinin kısaltmaları Whitney ve Evans'dan (2010) alınmıştır.	26
5.2. Çalışma alanından derlenen volkanik, piroklastik kayaç ve kilitaşı örneklerin esas oksitler (% ağırlık), iz element (ppm) ve NTE içerikleri. $\Sigma NTE = (La-Lu)+Y$ toplamı; $\Sigma HNTE = La-Nd$ toplamı; $\Sigma ONTE = (Sm-Ho)$ toplamı; $\Sigma ANTE = (Er-Lu)$ toplamı; $Eu/Eu^* = Eu_N / [(Sm_N \times 0.67) + (Tb_N \times 0.33)]$ (Bau ve Dulski, 1996), $Ce/Ce^* = 3Ce_N / (2La_N + Nd_N)$ (Mongelli, 1997), N harfi, kondrit değerini temsil etmektedir (Sun ve McDonough, 1989); A.K.: 1050°C sıcaklıktaki	35
5.3. Esas oksit (% ağı.) ve iz element (ppm) değişimlerine göre kütle kazanç – kayıp analiz değerleri (Grant, 1986, 2005).....	42
5.4. Oysu kaolen yatağından derlenen zenginleştirilmiş kil örneklerinin Oksijen ve Hidrojen izotopik analiz sonuçları. Kln: kaolinit; Ilt: illit; Sme: smektit (mineral kısaltmaları Whitney ve Evans'dan (2010) alınmıştır).....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

μm	Mikrometre
%	Yüzde
‰	Binde
Rpm	(Revelution Per Minute) Bir dakikaki devir sayısı
$^{\circ}\text{C}$	Celsius
$^{\circ}$	derece
Å	Angström
~	yaklaşık
^{18}O	Oksijen 18 izotopu
δ	Delta
^2H	Hidrojen 2 izotopu
D	Döteryum

Kısaltmalar

M	Metre
Cm	Santimetre
ml	Mililitre
Dk	Dakika
Km^2	Kilometre kare
Mg	Miligram
Ppm	(parts per million) milyonda bir
My	Milyon yıl
XRD	X-Işınları difraktometresi(Kırınım)
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kırmızı Altı
SEM-EDX	Taramalı Elektron Mikroskopi
TEM	Geçirimli Elektron Mikroskopi
DTA-TG	Diferansiyel Termal Analiz-Termal Gravimetre
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**Kısaltmalar**

TPAO

Pt

ODTÜ

NTE

V-SMOW

KB-GD

KD

KAİ

HNTE

ORTE

ANTE

Ağ.

Açıklama

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

Platin

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Nadir Toprak Elementi

Viyana-Standart Okyanus Suyu ortalaması

Kuzeybatı-Güneydoğu

Kuzeydoğu

Kimyasal Ayrışma İndeksi

Hafif Nadir Toprak Element

Ortaç Nadir Toprak Element

Ağır Nadir Toprak Element

Ağırlık

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Çalışma alanı Batı Anadolu'da yer almakta olup, Altıntaş (Kütahya) Oysu Köyü ve yakın çevresini kapsamaktadır. Kütahya ve yakın çevresi jeolojik özellikleri bakımından pek çok çalışmaya (Okut vd., 1978; Akdeniz ve Konak, 1979a, 1979b; Gün vd., 1979; Helvacı, 1984; Özcan vd., 1988; Önen ve Hall, 1993; Seyitoğlu vd., 1997; Üstün ve Yetiş, 2007; Özburan ve Gürer, 2009; Göncüoğlu, 2011; Gürboğa vd., 2013) konu olmuştur.

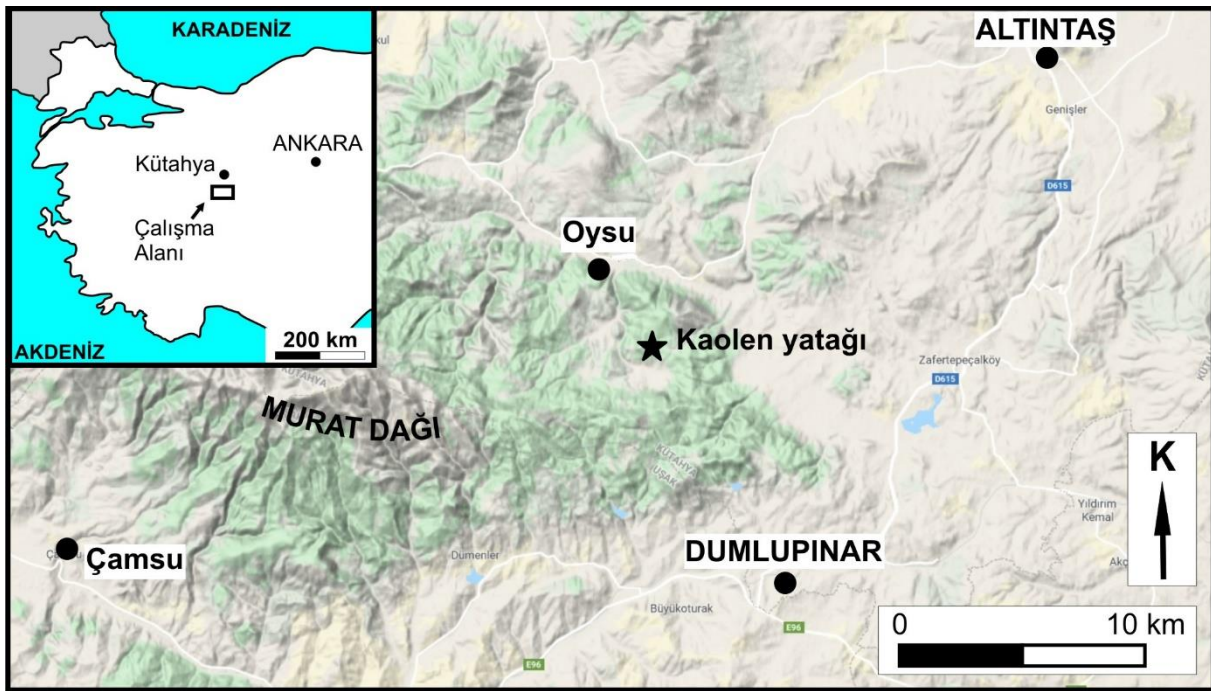
Kütahya ve çevresi, başta kaolinit olmak üzere çeşitli kil oluşumlarının yanı sıra, bor, gümüş, krom, alunit, antimuan, grafit, manyezit ve linyit gibi ekonomik değeri yüksek endüstriyel hammadde ve maden yataklarına sahiptir. Bölgede farklı yerlerde bulunan ve endüstriyel hammadde değeri taşıyan minerallerin, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri Şener ve Gevrek (1986); Ercan vd. (1982); Türkmenoğlu ve Işık (2008); Çoban (2001); Işık vd. (2001); Yıldız ve Kuşçu (2004); Sayın (2007); Erman (2009); Kadir vd., (2011); Delibaş vd. (2012); Özkul, vd. (2017); Koçak ve Koç, (2018) tarafından araştırılmıştır.

Ancak, bugüne kadar Altıntaş (Kütahya) Oysu köyü yakınlarında Miyosen yaşlı volkano-sedimanter kayaçların alterasyonu sonucu meydana gelen kaolen yataklarının jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve izotopik analizleri ile kökensel özelliklerine yönelik detaylı bir çalışma bulunmamaktadır.

Çalışmanın konusunu, Altıntaş (Kütahya) Oysu Köyü ve çevresinde Miyosen yaşlı volkano-sedimanter kayaçlar içerisindeki kaolinit oluşumlarının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal yöntemler ile araştırılmasını oluşturmaktadır. Bu tez çalışması, Altıntaş (Kütahya) Oysu Köyü ve çevresinde mostra veren volkano-sedimanter kayaçların ve bu kayaçların alterasyonu ile ilişkili kaolinit yatağının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenerek bu yatakların oluşumuna neden olan jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal şartların ortaya konulmasını amaçlamaktadır.

Çalışma alanı Batı Anadolu'da Kütahya İli, Altıntaş İlçesi Oysu köyü ve çevresini kapsamaktadır. (Şekil 1.1).

Altıntaş İlçesi Kütahya ilinin 49 km güney doğusunda yer almaktadır. İlçe yüzölçümü itibarıyla 905 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Oysu köyü ve yakın çevresi ormanlarla örtülüdür. Çalışma alanı genellikle dağlık bir alan içerisinde yer almakta olup en önemli yükselti batı kesimini kapsayan 2334 m yükseklikli Murat Dağı'dır. Bölge İç Ege Bölgesi'nin karakteristik iklim özelliklerine sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır. Oysu köyüne ulaşım Altıntaş ve Gediz ilçelerini birbirine bağlayan kara yolu ile sağlanmaktadır. Oysu Köyü ile araştırmanın konusunu oluşturan kaolinit yatağına ulaşım toprak dağ yolları ile sağlanmaktadır. Yağışın az olduğu kuru mevsimlerde ulaşım kolay olmasına rağmen yağışlı mevsimlerde ulaşım zorlaşmakta, karlı mevsimlerde ise bağlantıyı sağlayan dağ yolları ulaşımına kapanmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının ve kaolinit yatağının yerbulduru haritası (Google Maps'den alınmıştır).

Oysu kaolen yatağı, Oysu köyünün 3,5 km güney batısında yer almaktadır. Ocağa ulaşım toprak orman yolu ile sağlanmaktadır. Kaolen ocağı daha önceki yıllarda işletilerek yaklaşık 2 ton cevher çıkarılmıştır (Türk, 1976). Ocağ şuan için işletilmemektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Oysu kaolen yatağının genel görünümü

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bingöl (1977), Murat Dağı ve civarında geniş alanlara yayılan metamorfik, magmatik, sedimanter kökenli formasyonların ayrıntılı petrolojik ve jeokronolojik incelemelerini yapmıştır. Monzogranitik karakterdeki Baklan Graniti ile riyolit, riyodasit, riyolitik karakterli tüflerden oluşan Karacahisar Volkanitleri'ni jeokimyasal özelliklerine göre karşılaştırmasını yapmıştır. Bununla birlikte, K/Ar ve Rb/Sr izotopik yaş tayinlerine göre Baklan Graniti'nin kristalleşme yaşının 52 ± 7 my, Karacahisar Volkanitleri'nin ise 16.9 ± 0.2 ile 20.9 ± 0.5 my arasında (Paleosen) değiştiğini belirtmiştir.

Ercan vd. (1978), Uşak ve yakın çevresinde yüzeyleyen dasitik, riyodasitik ve riyolitik karakterli kayaçları "Karaboldere Volkanitleri" adı altında incelemiştir. Aratırmacılar bölgedeki volkanizma faaliyetlerini üç farklı evreye ayırmıştır. Buna göre, Üst Pliyosen yaşlı volkanizma ürünleri ilk volkanik evre olarak tanımlanmıştır. Payamtepe Volkanitleri'nin ikinci evrede meydana geldiğini; üçüncü volkanik evrenin ise Kuvaterner döneminde meydana gelmiş olan lav akıntıları ile geliştiğini ortaya koymuşlardır.

Akdeniz ve Konak (1979a), Menderes Masifi'nin kuzey ve kuzeybatısında yüzeyleyen Triyas-Üst Kretase yaşlı serilerin Prekambriyen yaşlı temel kayaların üzerinde açısal uyumsuzluk ile geldiğini belirtmiştir. Ayrıca, Simav Grabeni'nin Erken Tersiyer zamanında geliştiğini ortaya koymuşlardır. Bölgedeki horst-graben oluşumları sonucunda birbirinden ayrılan küçük havzaların Neojen çökelleri tarafından doldurulduğunu ve Miyosen yaşlı volkanizma ürünlerinin de bu çökeller ile yanal ve düşey geçişli olduğunu belirtmişlerdir. Kuvaterner yaşlı bazaltik lav akışlarının ise grabeni sınırlayan faylar boyunca yükselerek kaba taneli birimler üzerinde yayılmış olduklarını söylemişlerdir.

Akdeniz ve Konak (1979b), Simav dolayında yaptıkları çalışmada, Menderes Masifi'ne ait litolojik birimleri ayırt ederek mineralojik ve petrografik incelemeler sonucunda, masif içerisindeki kayaçların volkanik kökenli metabazik ve metaultramafik kayaçlar olduklarını ortaya koymuşlardır.

Gün vd. (1979), Gediz ve Emet ilçelerinin güneyinde yer alan Neojen havzalarında geniş alanlarda mostra veren Tersiyer-Kuvaterner yaşlı sedimanter ve volkanik birimlerin Üst Kretase yaşlı temel kayalar üzerine uyumsuz olarak geldiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca, radyometrik, paleontolojik ve palinolojik yaş verileri ve sedimantolojik bulgulara göre Tersiyer-Kuvaterner yaşlı sedimanter birimlerin farklı dağ arası havzalarda, değişik fasiyeslerde çöktüklerini ortaya koymuşlardır.

Ercan vd. (1982), Batı Anadolu'daki Tersiyer yaşlı volkanik birimlerin genellikle kalkalkalin, yer yer alkalın nitelikli olduklarını belirtmişlerdir. Tavşanlı volkanitleri olarak isimlendirdiği yöre volkanitleri için, daha çok, çeşitli araştırmacıların görüşlerinden bahsetmiştir. Yazar, bölgedeki volkanizmanın alkali karakterli bazalt türü lav akışları ile başlayarak, kalkalkalin karakterli andezit türü lav akışları ile son bulduğunu ortaya koymuşlardır.

Okay (1984), Kuzeybatı Anadolu'nun, Karakaya Kompleksi, Tavşanlı ve Afyon zonları olmak üzere üç büyük metamorfik kuşaktan oluştuğunu bildirmiştir. Ayrıca, Anatolidler'in Alpin orojenezi sırasında Yüksek Basınç/Düşük Sıcaklık metamorfizması sonucu oluşan kısmını "Tavşanlı Zonu"; ofiyolit bindirmesi sonucu Yüksek Sıcaklık/Yüksek sıcaklık metamorfizması ile oluşan kısmını da "Afyon Zonu" olarak ayırt etmiştir.

Şener ve Gevrek (1986), Simav-Emet-Tavşanlı arasında kalan bölgedeki Neojen çökellerini mineralojik ve jeokimyasal analiz yöntemleri ile incelemiş ve bölgede yer alan klorit-illit, montmorillonit, kalk alüminyum silikat ve silisifiye hidrotermal alterasyon zonlarını ayırt etmişlerdir.

Özcan vd. (1988), Kütahya – Bolkar Dağı Kuşağı olarak adlandırılan bölgedeki Geç Paleozoyik yaşlı metamorfik birimlerin jeolojik evrimini araştırmışlardır. Kütahya güneyinden Bolkar Dağı'nın doğusuna kadar uzanan bölgede yüzeyleyen metamorfik kayaların, farklı metamorfik fasiyeslerde ve farklı türdeki kayaların metamorfizmaları sonucunda oluştuklarını ortaya koymuşlardır.

Önen ve Hall (1993), Kütahya'ya bağlı Beşdeğirmen ve Kaynarca köyleri ve yakın çevrelerdeki ofiyolitik kayaçların (Kınık Ofiyoliti ve Çöğürler Karmaşığı) İzmir-Ankara Zonu içerisinde yer aldığını belirtmişlerdir. Beşdeğirmen civarında yüzeylenen gabroların izotopik yaşlandırması sonucu bu birimlerin oluşum yaşını Koniasiyen-İpresiyen olarak saptamışlardır. Yazarlar ayrıca, Kaynarca civarında yüzeylenen amfibolitlerin de Albiyen-Kampaniyen zaman aralığında metamorfizma geçirdiklerini önermişlerdir.

Çoban (2001), Kütahya Başören Köyü, Çayırılık Tepe mevkiinde bulunan bentonitlerin; jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelemelerini yapmıştır. Çalışmada ana, eser ve nadir toprak element dağılımlarına göre bentonit oluşumlarının perlitlerin alterasyonu sonucu meydana geldiğini ortaya koyulmuştur.

Işık vd. (2001), Kütahya Çayca Köyü yöresinde yüzeyleyen piroklastik kayaçların ve bunların alterasyon ürünlerinin mineralojik, kimyasal ve seramik özelliklerini irdeleyerek, bu malzemelerin seramik endüstrisindeki kullanım olanaklarını incelemişlerdir.

Güngör (2002), Menderes Masifi'nin iki farklı seviyede mafik meta volkanik kayaçlardan oluştuğunu belirtmiştir. Buna göre ilk seviye, Mezozoik platformunun en alt birimi olan Geç Triyas yaşlı Çaltaşı formasyonu; Mika-şistler, ince tabakalı çörtler, kalk-şist ve mafik metavolkanik kayaçlardan oluşmaktadır. İkinci seviye ise, platformun üst kısmında yer alan, mika-şistler ve fillitlerden oluşan Geç Kretase- (?) Paleosen yaşlı Selçuk formasyonu oluşturmaktadır. Bu birimler, beyaz kuvarsitlerden oluşan Paleozoyik yaşlı Bayındır Formasyonu üzerine uyumsuz olarak yerleşmişlerdir.

Sayın (2007), Kızılcukur, Ulaslar ve Kurtdere (Hisarcık, Kütahya) kaolinit yataklarının, gerilme tektoniğine bağlı olarak gelişen kırık ve çatlak zonları boyunca etkili olan hidrotermal sıvıların Miyosen yaşlı dasitik karakterli volkanizma ürünlerini alterasyona uğratması sonucu oluştuklarını belirtmiştir.

Üstün ve Yetiş (2007), Hisarcık (Emet-Kütahya) güneyinde yer alan bölgedeki Neojen yaşlı birimlerin stratigrafisini ortaya koymuşlar, bölgede yüzeyleyen birimleri litolojik ve sedimentolojik özelliklerine göre incelemişler ve birimlerin oluşum ortamları ile

birlikte yanal ve düşey ilişkilerini irdeleyerek bölgenin Neojen'deki jeolojik evrimini ortaya koymuşlardır.

Aydoğan (2006) ve Aydoğan vd. (2008), Murat Dağı güneyinde yüzeyleyen Baklan Graniti'nin mineralojik ve jeokimyasal incelemelerini yapmışlardır. Baklan Graniti'nin yaşını K-Ar yönetimi ile Erken Miyosen olarak tarihlendirmişlerdir. Ayrıca, Baklan Graniti'nin Batı Anadolu'da Miyosen'de etkin olan çarpışma sonrası tektonik aktiviteler süresince, manto katkılı kabuksal ergime sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir.

Türkmenoğlu ve Işık (2008), Kütahya Seyitömer civarındaki, Neojen yaşlı kömür havzaları içerisinde yer alan kömür ocaklarındaki killi birimlerin, kullanım alanlarının belirlenmesi amacıyla petrografik ve kimyasal analizleri ile XRD, SEM ve DTA – TG analizler yöntemleri ile inceleyerek endüstriyel hammadde olarak değerlendirilmelerini tartışmışlardır.

Erman (2009), Kütahya güneyindeki kaolinit ve diğer kil minerallerinin dağılımları ve oluşum mekanizmaları üzerinde genel bir çalışma yapmıştır. Yazar, bölgedeki kaolinit türü kil minerallerinin volkanik aktivite sırasında ve sonrasında çatlaklardan çıkan asidik nitelikli hidrotermal solüsyonların, uygun PH şartlarında, tüflerdeki feldspat kristalleri ve volkan camı tanelerini ayrıştırması sonucunda meydana geldiğini ortaya koymuştur.

Özburan (2009), Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun kapanması sırasında meydana gelen yaklaşık K-G sıkışmalı tektonizma faaliyetlerinin, Kütahya ve yakın çevresinde Kuvaterner'e kadar etkin olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmanın konusunu oluşturan Neojen yaşlı çökellerin doldurduğu K-G doğrultulu çöküntü havzalarının Erken Miyosen'den itibaren Batı Anadolu'da gelişen diğer graben sistemlerine benzer şekilde oluşmaya başladıklarını ortaya koymuştur.

Kadir vd. (2011), Kütahya (Hisarcık, Simav, Şaphane ve Gediz) dolaylarındaki kaolinit yataklarının karşılaştırmalı olarak jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelemelerini yapmışlar ve bölgedeki kaolinitlerin genel olarak Miyosen yaşlı, trakit, andezit, dasit, riyodasit ve riyolit karakterli volkano-sedimanter birimlerin hidrotermal alterasyonları sonucu oluştuklarını saptamışlardır.

Delibaş (2012), Pınarbaşı Granitoyiti'nin (Gediz-Kütahya) Mo-Cu, Pb-Zn ve Sb±Ag cevherleşmelerini incelemişlerdir. Granitoyiti kesen kuvars damaları ve silisleşmiş zonlarla bağlantılı olarak ana mineralleri molibdenit, kalkopirit, pirit, sfalerit ve galenit türü minerallerin oluşumunu ve bölgedeki diğer alterasyon olan tiplerini ise serisitleşme, killeşme ve silisleşme olarak saptamışlardır.

Yüksel vd. (2014), Gediz-Kütahya ofiyolit tabanı metamorfik kayaçlarını araştırmışlardır. Yazarlara göre, temelde bulunan Orta-Üst Triyas yaşlı İkibaşlı Formasyonu, kuvarsit ve gri renkli mermer ara seviyeleri ve mermer mercikleri içeren, serizit–kuvars şist, klorit–serizit şist, biyotit–serizit–kuvars şistten oluşmaktadır. Uyumlu olarak üzerinde görünen Jura yaşlı Çiçeklikaya Formasyonu, dolomitik kireçtaşlarından meydana gelmiştir. Bölgedeki metamorfik kayaçlardaki hornblend mineralleri üzerinde yaptıkları $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini analiz sonuçlarında elde edilen verilere göre; Neotetis Okuyunus'nun kapanma döneminde oluşan ofiyolitler ile ilişkili metamorfiklerin metamorfizma yaşını Koniasiyen-Albiyen (Üst Kretase) olarak saptamışlardır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanının genel jeolojisinin anlaşılması, farklı litolojik birimlerin incelenmesi ve tez kapsamında yapılacak çalışmanın yürütülmesi için gereken örneklerin alınması amacıyla arazi çalışmaları yapılmıştır. Bölgenin jeoloji haritasının çiziminde Konak (2002) tarafından yapılan 1/500,000 ölçekli Türkiye jeoloji haritasından yararlanılmıştır. Bu harita, saha ve literatür araştırmalarından elde edilen bilgiler ile detaylandırılarak güncellenmiştir. Oysu kaolinit ocağında gözlenen ayrı alterasyon zonlarından örnekler toplanmıştır. Bununla birlikte, kaolen ocağı fotoğraflanarak meydana gelmiş olan zonlar belgelenmiştir. Yürütülen arazi çalışmaları ile toplam 56 adet örnek alınmış, alınan örneklerin litolojik ve mineralojik tanımlamaları yapılmıştır. Toplanan her örnekten yaklaşık yarımşar kilo kadar alınmış, plastik poşetlerde muhafaza edilerek örneğin alındığı yeri belirtecek şekilde kodlanarak etiketlenmiştir. Ayrıca, alınan örneklere ait tanımlamalar saha defterine kaydedilerek örnek alınan yerler fotoğraflanmıştır.

3.2. Petrografi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında toplanan volkanik ve piroklastik kayaç örneklerinin incelenmesi için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarlarında hazırlanan ince kesitler Nikon Aphapot LV100 Pol model polarizan mikroskop altında doğal ışık ve polarize ışık şartlarında incelenerek örneklerin mineralojik ve dokusal özelliklerinin yanı sıra kayaçlarda görülen alterasyon türleri tanımlanmıştır. Elde edilen bulgular fotoğraflanarak belgelenmiştir.

3.3. Killi Örneklerin Saflaştırılması

Killi örneklerin içeriğinde bulunan $<2 \mu\text{m}$ tane boyutundaki kil minerallerinin mineralojik ve jeokimyasal analizlerinin yapılabilmesi için toz haline getirilmiş tüm kayaç numunesi saf su ile 15 dk boyunca laboratuvar tipi karıştırıcı yardımıyla karıştırılmış ve elde edilen süspansiyon 1000 ml'lik mezürlere aktararak sedimentasyona bırakılmıştır.

Süspansiyon 12 saat bekletildikten sonra üzerinden 5 cm'lik kısmı sifonlanarak Hettich 32A marka santrifüj cihazı kullanılarak 10 dk boyunca 4000 rpm devirde çöktürülmüştür. Santrifüj tüplerinin dibine çöken kil boyu malzeme bir porselen kroze içerisinde 60 °C sıcaklıktaki etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler agat havan yardımıyla öğütülerek analizlere uygun hale getirilmiştir.

3.4. X Işınları Difraktometre (XRD) Çalışmaları

Arazi çalışmaları ile derlenen volkanoklastik kayaç ve kil örneklerinin kil mineralojilerinin saptanabilmesi için Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) laboratuvarlarında X-ışınları difraktometre (XRD) analizleri yapılmıştır. Tüm kayaç örneklerinin mineralojik içeriğinin saptanabilmesi için, örnekler agat havan yardımıyla pudra inceliğinde öğütülmüştür. Öğütülen numuneden bir miktar alınarak örnek tutucuya tane yönlenmesi olmayacak şekilde yerleştirilmiş ve Rigaku Geigerflex marka ve model cihaz ile CuK α radyasyonu kullanılarak 2°/dk. hızında analiz edilmiştir.

Saflaştırılmış kil örnekleri, bir lam üzerine yerleştirilerek yaklaşık 15 dakika boyunca ultrasonik titreşimler ile yönlenmesi sağlanmıştır. Yönlendirilen örnekler ayrı ayrı; 1) havada kurutulularak, 2) 60 °C sıcaklıktaki etüvde 2 saat boyunca etilen glikol ile muamele edilerek ve 3) 2 saat boyunca 550 °C'de koşullandırılarak hazırlanan her bir preparat üzerinde ayrı ayrı XRD analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar Brindley (1980) standart metodu kullanılarak yorumlanmış ve örnek içeriğindeki minerallerin yarı kantitatif bollukları belirlenmiştir. Kil minerallerinin bollukları ise Moore ve Reynolds'ın (1989) önerdiği temel yansıma ve mineral yoğunluk faktörleri kullanılarak belirlenmiştir.

3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) Çalışmaları

Kaolinit örneklerinin morfolojik özelliklerini belirlemek için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizleri Anadolu Üniversitesi'nde EDX tarayıcısı ile donatılmış JEOL JSM 84A model elektron mikroskobu ile yapılmıştır. Her bir kil örneğinin taze kırık yüzeyi çift taraflı bant ile alüminyum örnek tutucuya yerleştirilerek üzerine ince bir film (350 Å) kalınlığında altın kaplama yapılmıştır.

Geçirimli elektron mikroskobu (TEM) analizleri ise kil partiküllerinin yaklaşık 30 dakika kadar ultrasonik etanol banyosunda yıkanmasının ardından hazırlanan süspansiyonun karbon kaplı bakır bir elek üzerine damlatılarak ve oda sıcaklığında kurutulmasından sonra yapılmıştır.

3.6. Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG) Analizleri

Saflaştırılarak zenginleştirilen kil örneklerinin artan sıcaklık koşulları altındaki kütle değişimlerini belirlemek amacıyla Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında bulunan DTA-TG Rigaku TAS 100 E marka ve model cihaz kullanılarak Diferansiyel termal analizi (DTA) ve Termal gravimetri (TG) analizleri yapılmıştır. Analiz edilecek 10 mg ağırlığındaki örnek, toz haline getirilerek Platin (Pt) örnek taşıyıcıya yerleştirilmiş ve ortalama 10 °C/dk sıcaklık artışı ile 1100 °C'ye kadar ısıtılarak yapılmıştır. Analiz değerleri alümina referansına göre değerlendirilmiştir.

3.7. Fourier Dönüşümlü Kırmızı-Altı (FTIR) Spektroskopisi Analizi

Fourier dönüşümlü kırmızı-altı spektroskopisi analizi kilce zengin örnekler üzerinde Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Fizik Bölümü laboratuvarlarındaki PerkinElmer 100 marka FTIR spektrofotometresi ile yapılmıştır. Saflaştırılan ~1 mg kil örneğinin ~200 mg KBr ile karıştırılmasıyla hazırlanan peletler 4 cm⁻¹ çözünürlük ile 4000–400 cm⁻¹ aralığındaki yansıma bantlarının belirlenmesi yöntemi ile kil mineralinin cinsi, kristal özellikleri saptanmıştır.

3.8. Kimyasal Analizler

Vulkanik, piroklastik birimler ve bu birimler ile ilişkili killi birimlerden derlenen 19 adet numunenin tüm kayaç jeokimya analizleri Bureau Veritas Analiz Laboratuvarları'nda (Vancouver, Kanada) yapılmıştır. Esas ve iz elementler ICP-AES yöntemi ile nadir toprak elementi (NTE) analizleri ise ICP-MS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemlerde esas elementlerin saptanması için alt sınır 0.01 ve 0.1 % ağırlıkta olup, bu sınır iz elementler için 0.01 ile 5 ppm; NTE için ise 0.01 ile 0.5 ppm aralığındadır.

3.8.1. Kütle kayıp ve kazanç hesaplamaları

Oysu kaolinit yatağındaki kil minerallerinin oluşumlarına köken teşkil eden taze kayaç örneklerine (volkanik ve volkanosedimanter) ve altere (killi birimler) kayaç örneklerine ait jeokimyasal veriler (esas, iz ve nadir toprak element içerikleri) EASYGRESGRANT programı (López-Moro, 2012) kullanılarak hesaplanmıştır. Bu paket program, aşağıda verilen denklemlere göre işlem yapmaktadır (Grant, 1986, 2005).

$$C_i^A = (M^O/M^A)C_i^O \quad (\text{Denklem 1})$$

C_i^A : altere örnekteki bileşen konsantrasyonu,

O: taze örnek (volkanik/volkanosedimanter)

A: altere örnek (kil)

M^O : taze örnekteki element miktarı (% ağı. veya ppm)

M^A : altere örnekteki element miktarı (% ağı. veya ppm)

2 numaralı denklem kullanılarak her element için sabit kütle eğim çizgileri oluşturulmaktadır.

$$\Delta C_i/C_i^O = (M^A/M^O)(C_i^A / C_i^O) - 1 \quad (\text{Denklem 2})$$

ΔC_i : kütledeki kazanç-kayıp miktarı

M^A : altere örnekteki element miktarı (% ağı. veya ppm)

M^O : taze örnekteki element miktarı (% ağı. veya ppm)

C_i^A : altere örnekteki bileşen konsantrasyonu

C_i^O : taze örnekteki bileşen konsantrasyonu

Program yardımı ile hesaplamaları yapılan elementlerden sabit kütle eğimi 1.00 veya 1.00'a en yakın olan element hareketsiz kabul edilerek program tarafından 3 numaralı denkleme göre oluşturulacak grafikte "sabit kütle eğim çizgisi" üzerinde kalan elementler "kazanılan", bu çizgi altında kalan elementler ise "kaybolan" elementler olarak belirlenecektir.

$$\Delta C_i^A / C_i^O = (C_i^A / C_i^O) - 1 \quad (\text{Denklem 3})$$

ΔC_i^A : altere örnek kütleindeki kazanç-kayıp miktarı

C_i^O : taze örnekteki bileşen konsantrasyonu

C_i^A : altere örnekteki bileşen konsantrasyonu

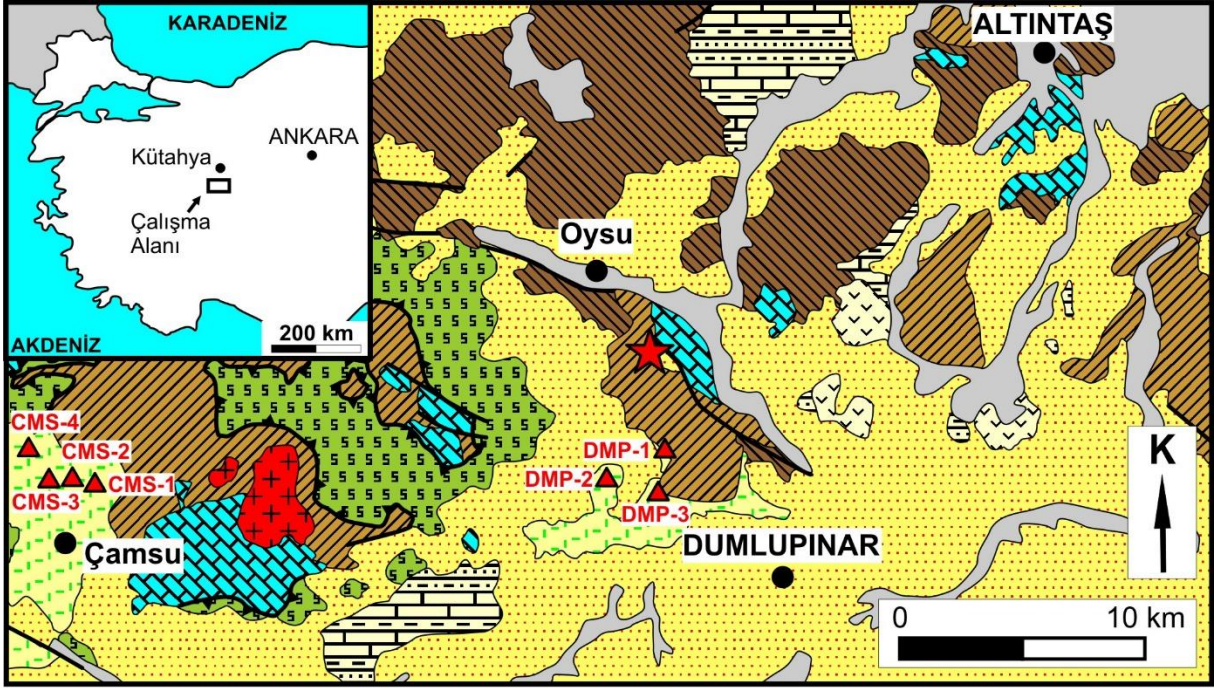
3.8.2. Oksijen ve Hidrojen Duraylı İzotop Analizleri

Saflaştırılmış kil örneklerinden O ve H duraylı izotop analizleri Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Cornell Üniversitesi (New York) laboratuvarlarında yapılmıştır. Analizler, ısı dönüşümlü elementel analizör ile uyumlu Thermo Delta V izotop kütle oran spektrometre cihazı ile yapılmıştır. İzotopik düzeltmeler çift nokta normalizasyonu ve $\delta^{18}\text{O}$ için IAEA CO-1, IAEA CO-8 ve ^2H için de CH-7 ve benzoik asit ve uluslararası standartları kullanılmıştır. ^2H ve ^{18}O delta değerleri Clayton ve Mayeda'nın (1963) birincil referans ölçeğine göre saptanmıştır. Standart delta notasyonu V-SMOW (Viyana-Standart Okyanus Suyu Ortalaması) standardı binde cinsinden sunulmuştur.

4. JEOLJİ

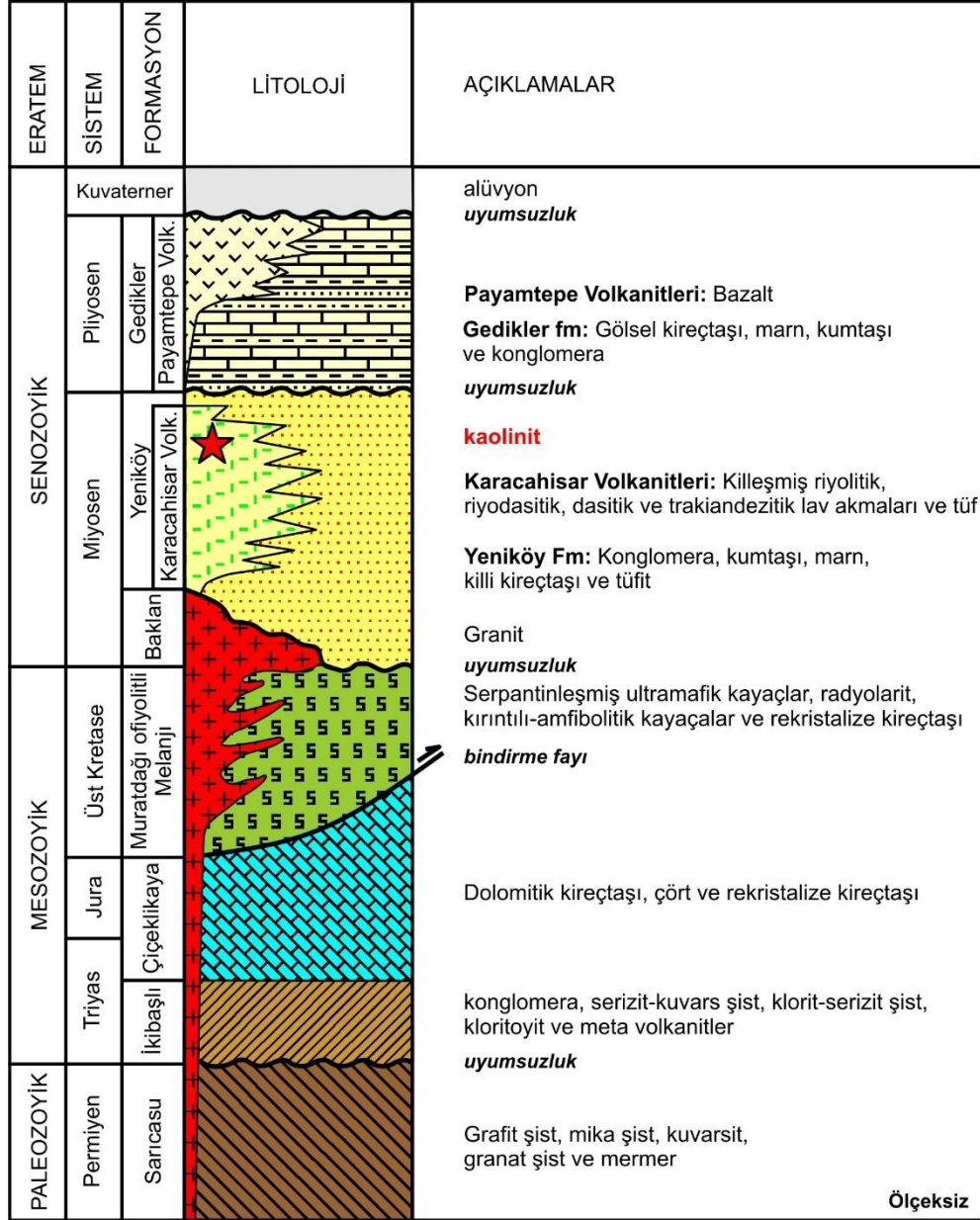
4.1. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanındaki en yaşlı kayaları Permien yaşlı Sarıcasu Formasyonu oluşturmaktadır (Şekil 4.1). Sarıcasu Formasyonu'na ait metamorfik birimler, Orta – Üst Triyas yaşlı İkibaşlı Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Geç Triyas – Erken Malm yaşlı Çiçeklikaya Formasyonu ise İkibaşlı Formasyonu üzerinde uyumlu uyumlu bir dokanakla devam etmektedir. Bu birimler, piroksenit, serpantinit, radyolarit, rekristalize kireçtaşı, çört ve kumtaşı birimlerinden oluşan Muratdağı Karmaşığı tarafından tektonik dokanakla üzerlenmektedir. Granitlerden oluşan Miyosen yaşlı Baklan Formasyonu uyumsuz olarak soğan kabuğu şeklinde üzerlenmektedir. Çalışma alanındaki Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel kayalar Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonu'na ait akarsu çökelleri tarafından uyumsuz bir şekilde örtülürler. Yeniköy Formasyonu, dasitik, riyodasitik ve riyolitik karakterli volkanik ve piroklastik kayalardan oluşan Karacasu volkanitleri ile yanıl ve düşey geçişlidir. Neojen'de gölsel ortama geçişi temsil eden Pliyosen yaşlı Gedikler formasyonu Miyosen yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Gedikler Formasyonu Pliyosen yaşlı Payamtepe bazaltı tarafından üzerlenmektedir. Çalışma alanındaki tüm yaşlı birimler Kuvaterner yaşlı alüvyon tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür (Şekil 4.2).



Kuvaterner		Alüvyon		tanımlanmamış fay
Pliyosen		Payamtepe volkanikleri		bindirme fayı
		Gedikler Formasyonu		kaolen yatağı
Miyosen		Karacahisar volkanitleri		DMP-1 örnek lokasyonu
		Yeniköy Formasyonu		yerleşim yeri
Paleosen		Baklan Graniti		
Mesozoyik		Muratdağı Melanjı		
		Çiçeklikaya Formasyonu		
		İkibaşlı Formasyonu		
Paleozoyik		Sarıcasu Formasyonu		

Şekil 4.1. Çalışma alanının jeoloji haritası (Konak 2002'dan değiştirilmiştir)



Şekil 2.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özcan ve dig., 1988 ve Yüksel vd., 2014'dan yararlanmıştır).

4.1.1. Sarıcasu Formasyonu

Çalışma alanındaki en yaşlı birim olan Sarıcasu Formasyonu ilk defa Akdeniz ve Konak (1979a) tarafından tanımlanmıştır. Kütahya – Bolkardağ Kuşağı boyunca geniş alanlarda yüzeylenen (Özgül, 1976; Okay, 1984; Özcan vd., 1988) birimin alt seviyeleri mikaşist, kuvarsitten oluşmakta olup, üst seviyeleri ise yaygın olarak granat şist, grafit şist ve kalk şistler ile birlikte rekristalize kireçtaşı ve mermer blokları içermektedir (Özcan vd.,

1988; Özburan ve Gürer, 2009). Akdeniz ve Konak (1979a), birime ait çakılların Orta-Üst Triyas yaşlı birimler içerisinde gözlenmesinden dolayı birimin yaşını Permiyen-Alt Triyas olarak kabul etmesine rağmen Özcan vd., (1988), içerdiği foraminifer ve konodont fosillerine göre birimin Permiyen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma alanında birimin taban dokanak ilişkisi gözlenememekle beraber birimin üst dokanağı İkibaşlı Formasyonu ile uyumsuz olarak gözlenmektedir.

4.1.2. İkibaşlı Formasyonu

İlk kez Kaya (1972) tarafından adlandırılan İkibaşlı Formasyonu, alt kesimlerinde muhtemelen Sarıcasu Formasyonunun üst seviyelerine ait, genellikle mermer ve bununla birlikte daha az miktarda kuvarsit ve şist parçaları içeren konglomera seviyeleri ile başlamaktadır (Göncüoğlu, 2011; Yüksel vd., 2014). Üste doğru Birim üst seviyelerine doğru serizit–kuvars şist, klorit–serizit şist, biyotit–serizit–kuvars şist ve kloritoyit seviyeleri ile devam etmekte olup, yer yer gri renkli mermer ara katkıları ve nadiren dolomitik seviyeler ve metavolkanikler içermektedir (Yüksel vd., 2014). Akay vd. (2011), Eğrigöz ve Küreci köyleri civarında birim içerisindeki meta volkanik seviyelere ait zirkonlar üzerinde yaptıkları $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ yaş analizi sonucu birimin yaşını Orta Triyas olarak belirlemişlerdir. İkibaşlı Formasyonu, Sarıcasu formasyonu üzerine uyumsuz olarak yerleşmiş olup, üst dokanağında uyumlu olarak Çiçeklikaya Formasyonu'na geçiş yapar (Güngör ve Erdoğan, 2002; Yüksel vd., 2014).

4.1.3. Çiçeklikaya Formasyonu

İlk kez Bingöl (1977) tarafından üye mertebesinde ayırt edilen birim, Yüksel vd. (2014) tarafından Çiçeklikaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Genel olarak kalın tabakalı veya masif görünümlü genellikle dolomitik kireçtaşlarından oluşan birimin en üst seviyelerinde ara katmanlar halinde çört ve rekristalize kireçtaşları görülmektedir. Akay vd. (2011), formasyon içerisinde tanımladıkları fosillere göre birimin yaşını Jura olarak önermişlerdir.

4.1.4. Muratdağı Ofiyolitli Karmaşığı

Çalışma alanı içerisinde yüzeylenen serpantinleşmiş ultramafik kayalar, radyolarit, çört, rekristalize kireçtaşı, kırıntılı ve amfibolitik kayaç topluluğu, Bingöl (1977) tarafından Muratdağı Karmaşığı olarak adlandırılmıştır. Birim içerisindeki ultramafik kayalar genellikle az serpantinleşmiş peridotitlerden oluşmaktadır. İkibaşlı ve Çiçekli kaya formasyonları üzerine bindirmiş halde bulunan birimin yerleşme yaşı Üst Kretase – Paleosen olarak saptanmıştır (Yüksel vd., 2014).

4.1.5. Baklan Graniti

İlk kez Bingöl (1977) tarafından adlandırılan Baklan Graniti lökokratik biyotit ve hornblend içeren granitler sınıfına girmektedir. Yaygın olarak soğan kabuğu şeklinde ayrışma (eksfolyasyon) gösteren granitin özellikle kenar zonları bol anklav içermektedir (Aydoğan, 2006). Kıta çarpışması ile ilişkili I-tipi granit olarak tanımlan ve kendinden daha yaşlı diğer birimleri kesen baklan granitinin yaşı Aydoğan vd. (2008) tarafından radyometrik analizlere göre Miyosen olarak belirlenmiştir.

4.1.6. Yeniköy Formasyonu

Killi kireçtaşı, kiltası, çamurtaşı, marn ve tuf ardalanmasından oluşan birim ilk kez Ercan vd. (1978) tarafından Yeniköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim ayrıca Akdeniz ve Konak (1979a) tarafından adlandırılan Kızılbük Formasyonu ile eşdeğerdir (Özburan, 2006). Yer yer ekonomik kömür damarları da içeren birimin yaşı Ercan vd. (1978) tarafından, bu seviyelerdeki spor ve polen fosillerine göre Orta Miyosen olarak belirlenmiştir. Bingöl (1977) yaptığı radyometrik yaş belirlemesi ile birim içerisindeki tüflerin 16-20 Milyon yıl (Orta Miyosen) yaşlı olduklarını saptamıştır (Ercan vd., 1978). Yeniköy Formasyonu çalışma alanında kendinden daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz dokanakla yer almaktadır.

4.1.7. Karacahisar Volkanitleri

Çalışma alanında traki-andezit, dasit, riyodasit ve riyolitik karakterli volkanik kayac ve piroklastikler ilk kez Bingöl (1977) tarafından Karacahisar volkanitleri olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.3). Volkanik kayalar, genel olarak yeşilimsi gri renkte, tüfler ise pembemsi beyaz renklerde görülmektedir. Karacahisar volkanitleri, çalışma alanında Yeniköy Formasyonu'na ait çökeller ile yanal ve düşey geçişli olarak gözlenmektedir. Birim, kendinden daha yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.



Şekil 4.3. Karacahisar volkaniklerine ait tüflerin arazideki görünümü.

4.1.8. Gedikler formasyonu

Ercan vd. (1978) tarafından Uşak İli ve kuzeyinde tanımlanan Pliyosen yaşlı Ahmetler Formasyonu'nun Gedikler üyesi bu çalışmada Gedikler formasyonu adı altında incelenmiştir. Çalışma alanında kumtaşı, çamurtaşı, tüfit, kiltası, marn ve kireçtaşı ardalması ile gözlenen birim, gölsel ortamda oluşmuştur (Ercan vd., 1978). Gedikler formasyonu, kendisinden daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır.

4.1.9. Payamtepe Volkanitleri

Üst Pliyosende meydana gelen yeni bir volkanik evre ile Pliyosen yaşlı gölsel sedimanlar üzerinde yer alan volkanik birimler, Ercan vd. (1978) tarafından Payamtepe

Volkanitleri olarak tanımlanmıştır. Payamtepe Volkanitleri çalışma alanında genel olarak bazalt lavları ile yer yer bazaltik tuf ve aglomeralar ile temsil edilmektedir.

4.1.10. Alüvyon

Çalışma alanındaki en genç birim olan alüvyon, kötü boylanmış çakıl, kum, silt, kil ve ince bir toprak örtüsünden oluşmaktadır. Birim, çalışma alanındaki tüm yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

4.1.11. Tektonizma

Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Batı Anadolu Platformu, Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu arasında sıkışarak yılda 2-3 cm batıya doğru kaymaktadır (McKenzie, 1978; Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu tektonik hareketler sebebiyle Ege Bölgesinde bir çok graben ve horst yapıları oluşmuştur (Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Boronkay ve Doutsos, 1994; Yılmaz vd., 1999; Yılmaz vd., 2000; Gürer vd., 2001; Rojay vd., 2005). Bu levha hareketleri ile birlikte Hersinyen-Alpin orojenezlerine maruz kalan Ege Bölgesi'nde oluşan grabenler içerisinde en kuzeyde yer alan ve çalışma alanının da içerisinde bulunduğu D-B yönüne uzanmış Gediz grabeni, Simav Grabenine kadar devam etmekte olup, bir dizi basamaklı normal fay ile sınırlanmıştır (Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1999; Yılmaz vd., 2000).

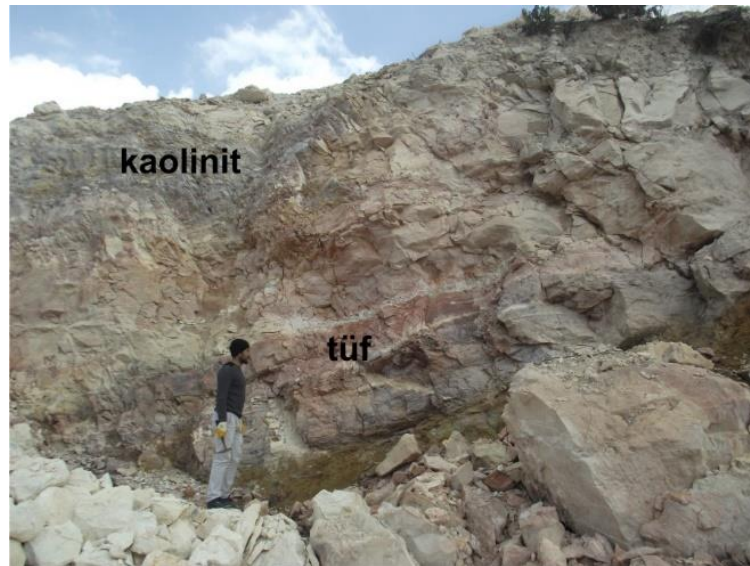
4.2. Oysu Kaolen Yatağı'nın Jeolojisi

Oysu kaolen yatağı Miyosen yaşlı Karacahisar volkaniklerinin alterasyonları sonucunda oluşmuş bir kil yatağıdır. Yatak içindeki kaolenleşme, yatağı KB-GD yönünde kesen bir normal fay boyunca gelişmektedir (Şekil 4.4). Kaolenleşme, yatağın faya yakın merkez kısımlarında yaygın olarak görülmektedir. Yatağın KD kanadında, en dış kesiminde ise smektit türü kil mineralleri bakımından zengin kahverengimsi-yeşil renkli çamurtaşları görülmektedir. En üst seviyede ise silisleşmiş birimler (silis şapka) bulunmaktadır. (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Oysu kaolen yatağının GB-KD yönündeki genel görünümü ve alterasyon ürünlerinin dağılımı.

Yatağın GB ve KD kanatlarında, dış kısımlarına doğru ise hidrotermal alterasyon etkisinin azalması ile birlikte kaolenleşmiş tüflere geçiş görülmektedir (Şekil 4.5).



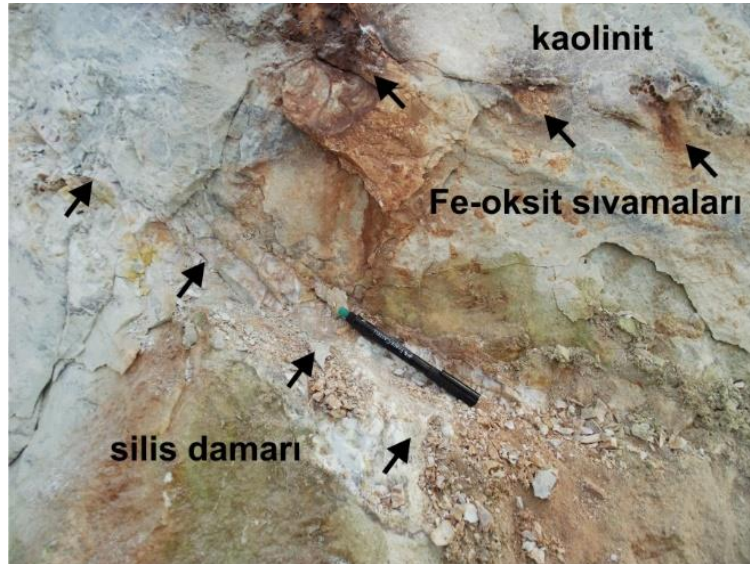
Şekil 4.5. Çalışma alanındaki kaolenleşmiş tüfler ile kaolinitin ilişkisi.

Kaolinit, yatak içerisinde beyaz-krem renkli sert, kırıklı ve çatlaklı, yer yer silisli ve Fe-oksit sıvımalı olarak gözlemlenmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Oysu kil yatağındaki kaolinit oluşumlarının ocak içerisindeki görünümü.

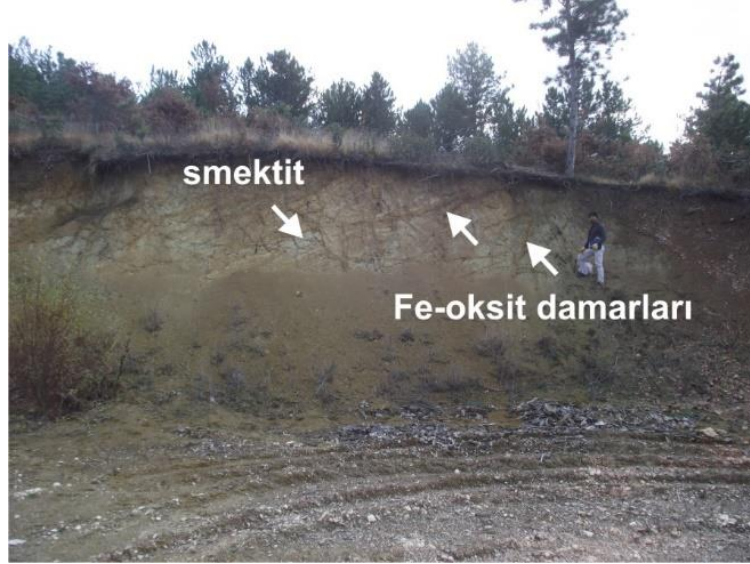
Kaolinitler içerisindeki kırık ve çatlak zonlarında yer yer silis dolguları göze çarpmaktadır. Bununla birlikte özellikle faya yakın kesimlerde kaolinitlerin kırık ve çatlak yüzeylerinde kırmızımsı-kahve renkli, yer yer şarabi renkli demir oksit sıvıamaları bulunmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. kaolinitlerin kırık ve çatlak dolgularında görülen silis damarı ve Fe-oksit sıvıamaları.

Kaolen yatağının en dış kesimlerinde ise kahverengimsi-yeşil renkte, bol kırık ve çatlaklı, yer yer smektit içeren killere özgü mısır gevreği görünümünde olan, kırık ve

çatlakları kahverengi demir oksit dolguları içeren smektitçe zengin çamurtaşları bulunmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Kaolen yatağının dış kesimlerindeki smektitçe zengin çamurtaşlarının görünümü.

Kaolen ocağının en üst seviyelerinde 1-1,5 m kalınlığında, beyaz-sarı-krem renkli, konkoidal kırılma yüzeyleri veren, sert, yarı şeffaf, genellikle opal bileşimli, silis yığışlımları bulunmaktadır (Şekil 4.9).

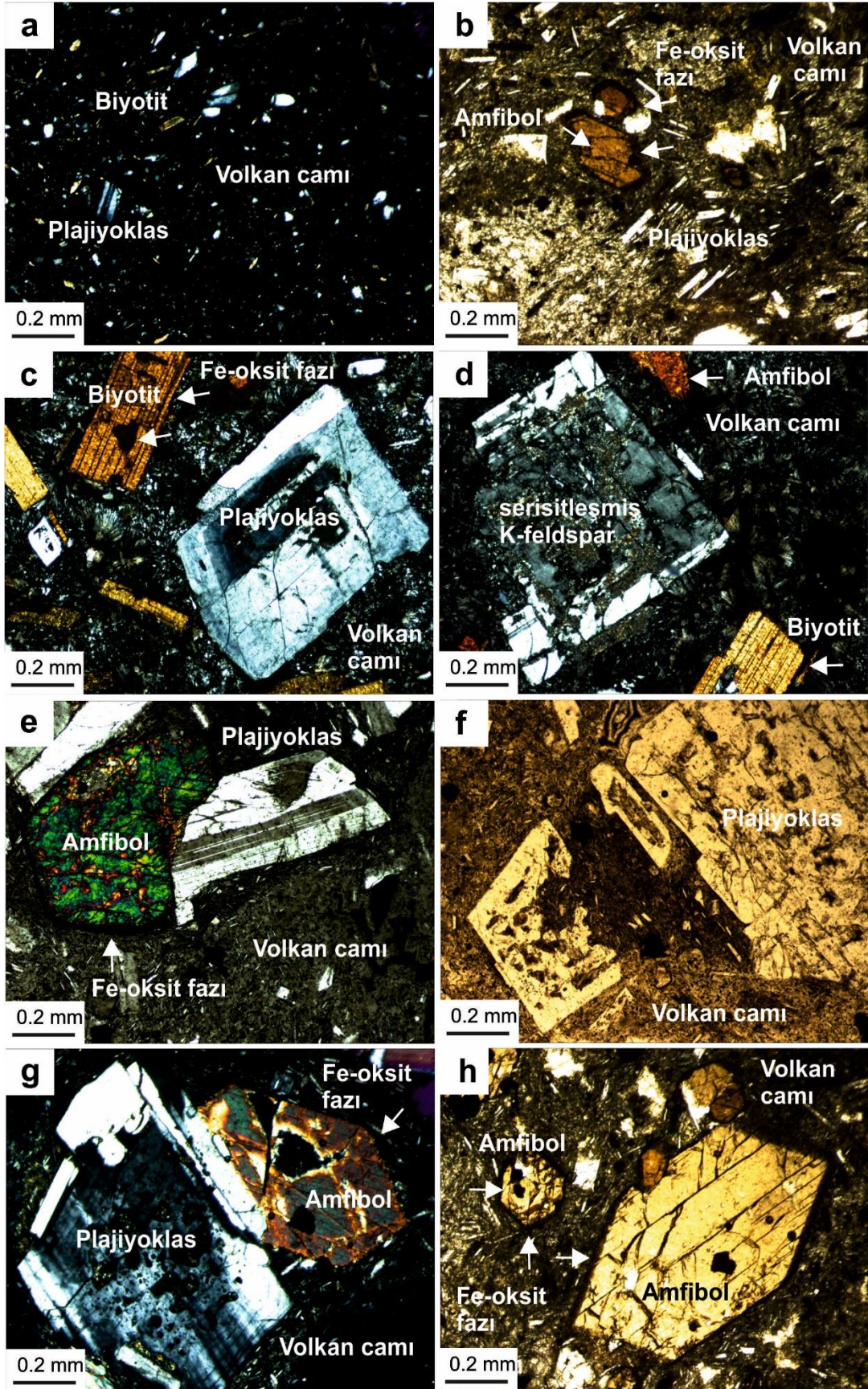


Şekil 4.9. Kaolen yatağının üst seviyelerindeki silis yığışlımlarının görünümü.

5. ANALİZ SONUÇLARI

5.1. Petrografik İncelemeler

Oysu kaolen yatağının yan kayaçları; yatağın yakın çevresinde, Yüylük ve Akçaalan bölgelerinde mostra veren Karacahisar volkaniklerine ait volkanik kayaçlardan oluşturmaktadır. Bu birimler genellikle andezitik ve riolititik karakterlidir. Volkanik kayaç örneklerinde plajiyoklas, amfibol, K-feldspat, biyotit fenokristalleri ve volkan camı görülmektedir (Şekil 5.1a-h). Plajiyoklaslar polisentetik ikizlenme göstermekte olup, sönme açılarının tayinlerine göre (20°-25°) genellikle andezin karakterinde oldukları saptanmıştır. Bu plajiyoklaslar yer yer zonlanma da göstermektedir (Şekil 5.1c,d,g). Ayrıca plajiyoklaslarda yer yer alterasyonların oluştuğu saptanmıştır. K-feldspatlar ise karlsbad ikizlenmesi göstermektedir. K-feldspatlarda yaygın olarak serisitleşme belirlenmiştir (Şekil 5.1d). Amfiboller genellikle öz şekilli kristaller halinde olup, amfibol mineralleri için karakteristik olan iki yönde dilinim göstermektedir. Bununla birlikte, amfibollerde genellikle opaklaşma görülmektedir (Şekil 5.1e,g,h). Biyotitlerde ise opaklaşma ve kloritleşme yaygın olarak görülmektedir.



Şekil 5.1. Volkanik kayalara ait incekesit görüntüleri.

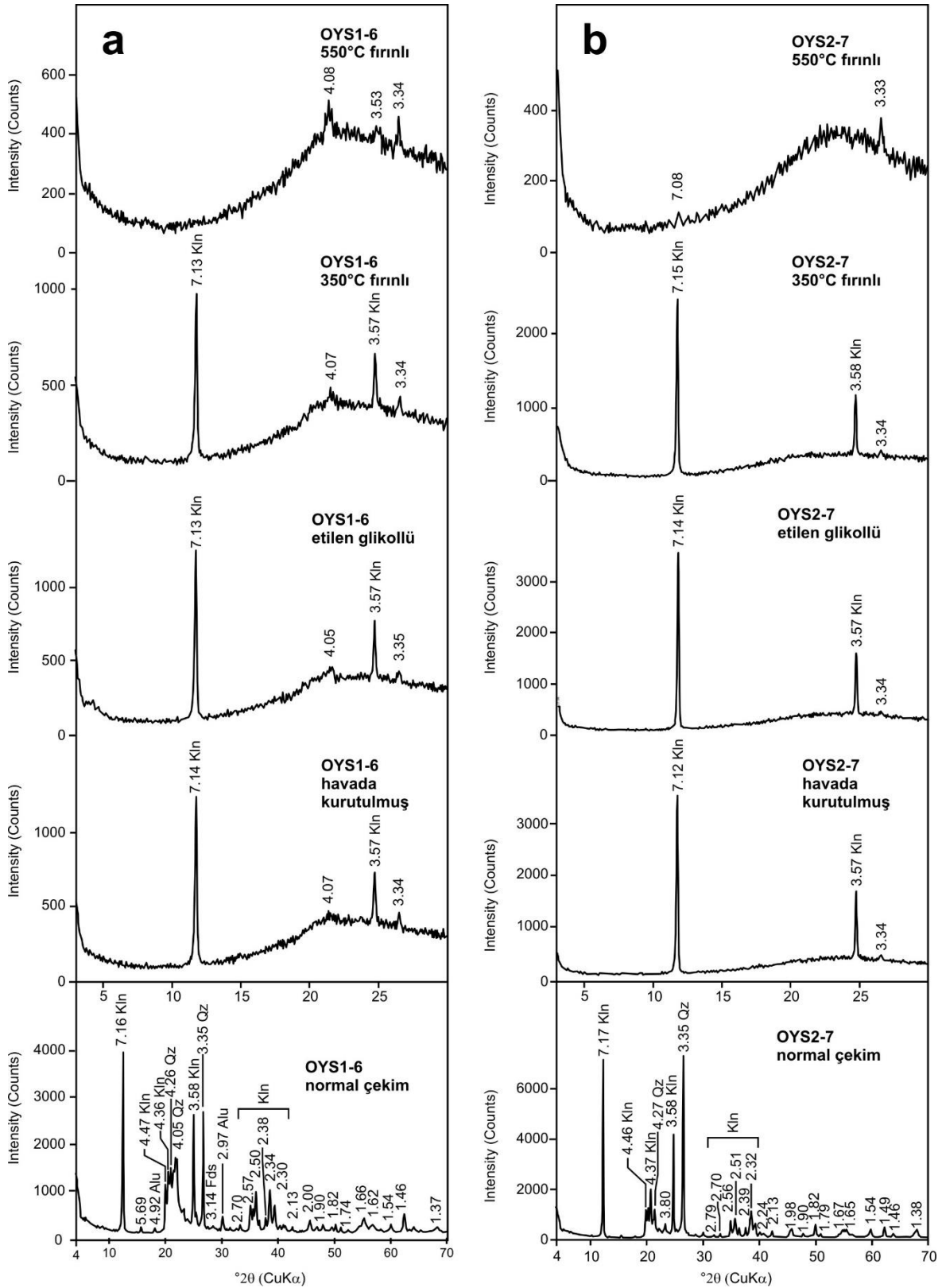
5.2. X-Işınları kırınım (XRD) incelemeleri

Kaolen sahasından derlenen örneklerin mineralojik bileşimlerini belirtmek için öğütülmüş tüm kayaçtan normal XRD çekimleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kaolinit ve kuvars tüm seviyelerde baskın mineral olarak görülmektedir (Çizelge 5.1). Kaolinit mineraline illit, smektit, opal-CT, kuvars, feldspat, alunit ve seyrek olarak eser miktarda amfibol, götit/hematit ve kalsit eşlik etmektedir. Genellikle, stratigrafik olarak alttan üste doğru illit, kalsit, amfibol, feldspat minerallerinin yoğunluklarının azaldığı gözlenmektedir. Yatağın merkezinde kuvars ve kaolinit hakimdir, yanlara doğru gittikçe altere olan birimler içerisinde smektit, illit ve feldspat miktarlarında artış görülmektedir. Kuvars ise yatağın en üst seviyesini temsil eden silis şapkada zenginleşmektedir.

Çizelge 5.1. Kaolen ocağı ve yakın çevresinden derlenen örneklerin mineralojik dağılımı. Kln: kaolinit, Ilt/Ms: illit/muskovit, Sme: smektit, Alu: alunit, Opl: opal-CT, Qz: kuvars, Amp: amfibol, Fds: feldspat, Gth/Hem: götit/hematit, Cal: kalsit, esr: eser, +: minerallerin bulunma bolluğu. Mineral isimlerinin kısaltmaları Whitney ve Evans'dan (2010) alınmıştır.

Örnek	Kaya türü	Kln	Ilt/Ms	Sme	Alu	Opl	Qz	Fds	Amp	Gth/Hem	Cal
OYS1-1	kiltaşı	++	+	++			esr	esr			
OYS1-5	kiltaşı	++		esr		++	+				
OYS1-6	kiltaşı	++++			+		+	+		esr	
OYS1-7	kiltaşı		+++				esr	esr			+
OYS2-1	kiltaşı		esr	+			++	+	esr		
OYS2-2	kiltaşı		esr	++			esr	++	esr		
OYS2-3	kiltaşı		++	+			+	esr			
OYS2-4	kiltaşı	esr	esr	++		++	+				
OYS2-5	kiltaşı	++++	esr				+				
OYS2-6	kiltaşı	++++	esr				+				
OYS2-7	kiltaşı	++++	esr				+				
OYS2-8	kiltaşı	++	esr	esr		++	+				
OYS2-9	kiltaşı	++++				++	esr				
OYS2-10	silisleşmiş kiltaşı	+		+		+++					
OYS2-11	kiltaşı	+		esr		+					++
OYS2-12	silisleşmiş kiltaşı	+				+++	+				
OYS2-13	silisleşmiş kiltaşı	++				+++	esr				
OYS2-14	silisleşmiş kiltaşı	++		+		++	+				
OYS2-15	kiltaşı	++				++	+	esr			
OYS2-16	kiltaşı	++++	esr				+				
OYS2-17	kiltaşı	+		++		++	+				
OYS2-18	kiltaşı	++		esr		++	+				
OYS2-17	silisleşmiş kiltaşı						+++++				

Kaolinit, 7.12–7.17 Å (001) ile ve 3.57–3.58 Å (002) şiddetli ve keskin pikleri ile tanımlanmıştır. 7.12–7.17 Å pikleri etilen glikol ve 350 °C’de etkilenmemiştir. Ancak, 550 °C’de ise bu piklerin tamamen çöktüğü tespit edilmiştir (Şekil 5.2a,b). Smektit 15.29 Å piki ile tanımlanmıştır. Yönlenmiş smektitik kil fraksiyonu 14.71 Å ile saptanmış olup, örnek etilen glikolle doyurulduğunda 16.82 Å değerine kayma göstermektedir. Örnek 350 °C ve 550 °C sıcaklığa kadar ısıtıldığında ise 9.90 Å ve 9.94 Å değerlerine çökme görülmektedir (Şekil 5.3c). İllit ise 10.00–10.02 Å ile 5.00–5.02 Å pikleri ile karakterize edilmiştir. İllit’e ait pikler etilen glikol muamelesi, 350 °C ve 550 °C sıcaklıklarda fırınlama işlemi sonucunda değişiklik göstermemektedir (Şekil 5.3d).



Şekil 5.2. Kaolen ocağı ve yakın çevresinden derlenen örnekler için XRD grafikler: (a) OYS1-6 örneği, (b) OYS2-7 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için Bkz. Çizelge 5.1)



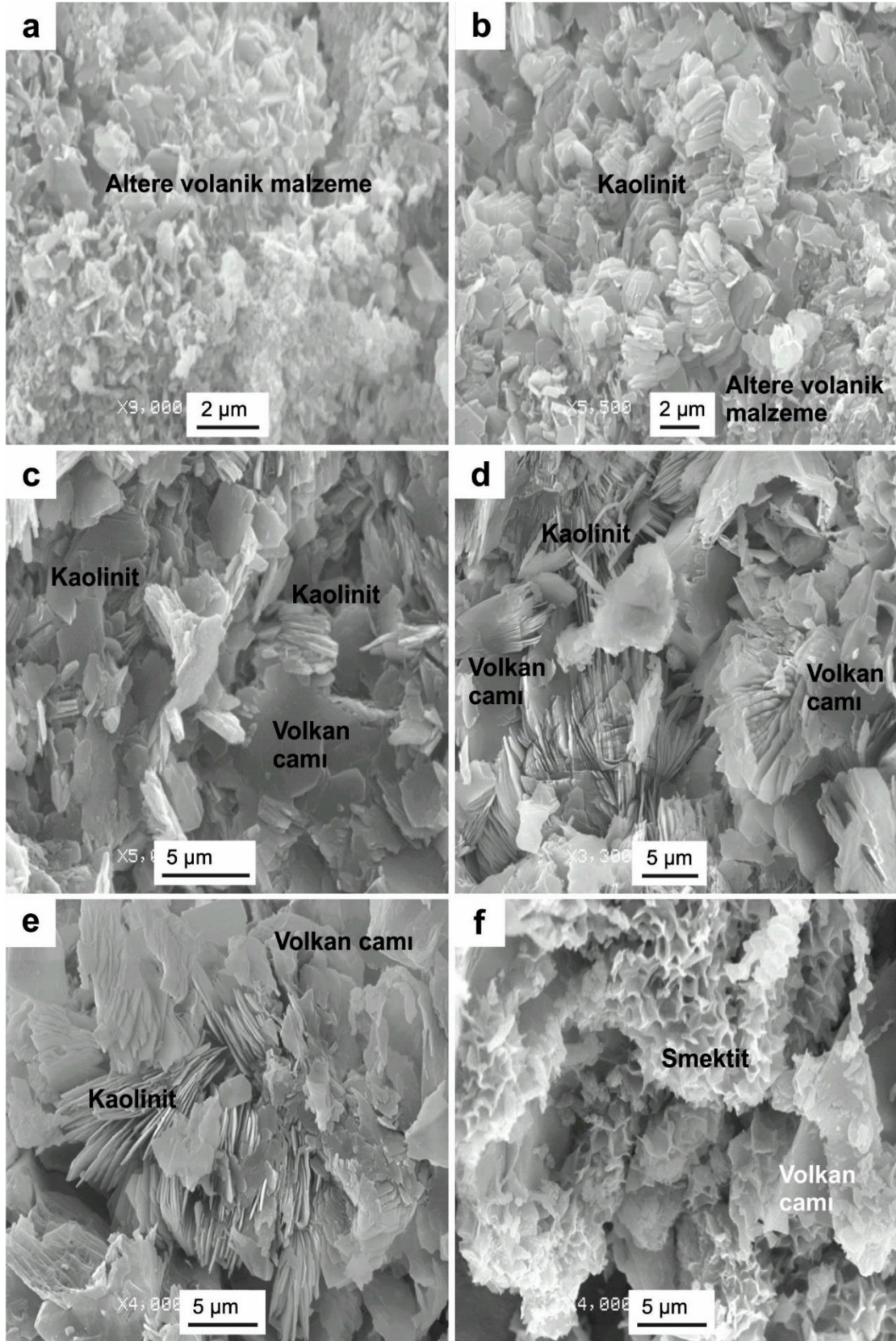
Şekil 5.3. Kaolen ocağı ve yakın çevresinden derlenen örnekler için XRD grafikleri: (c) OYS1-1 örneği, (b) OYS2-5 örneği (Mineral isimlerinin kısaltmaları için Bkz. Çizelge 5.1).

5.3. Taramalı ve Geçirimli Elektron Mikroskobu (SEM ve TEM) Çalışmaları

Oysu kaolin yatağından derlenen kilce zengin örneklerde genellikle volkan camları ve feldspatlar çok fazla altere olmuştur (Şekil 5.4a–f). Bu örneklerde kaolinit egemendir. Kaolinitler levhamsı yapıda olup, yer yer vermiform özellik göstermektedir (Şekil 5.4b,c). Kaolinitlere ayrıca feldspat ve volkan camlarının köşelerinden tarak şeklinde geliştiği saptanmıştır (Şekil 5.4d,e). Bu durum, kaolinitlerin feldspat ve volkan camlarının bozuşması ile yerinde erime ve çökeltme yöntemi ile oluştuğunu göstermektedir. Volkan camları devtirifiye ve feldspatlarda aşırı altere olduğu için kalıntıları seyrek olarak görülmektedir (Şekil 5.4a–f). Kaolinit kristallerinin ebatları yaklaşık 2–8 µm olarak ölçülmüştür (Şekil 5.4b–e).

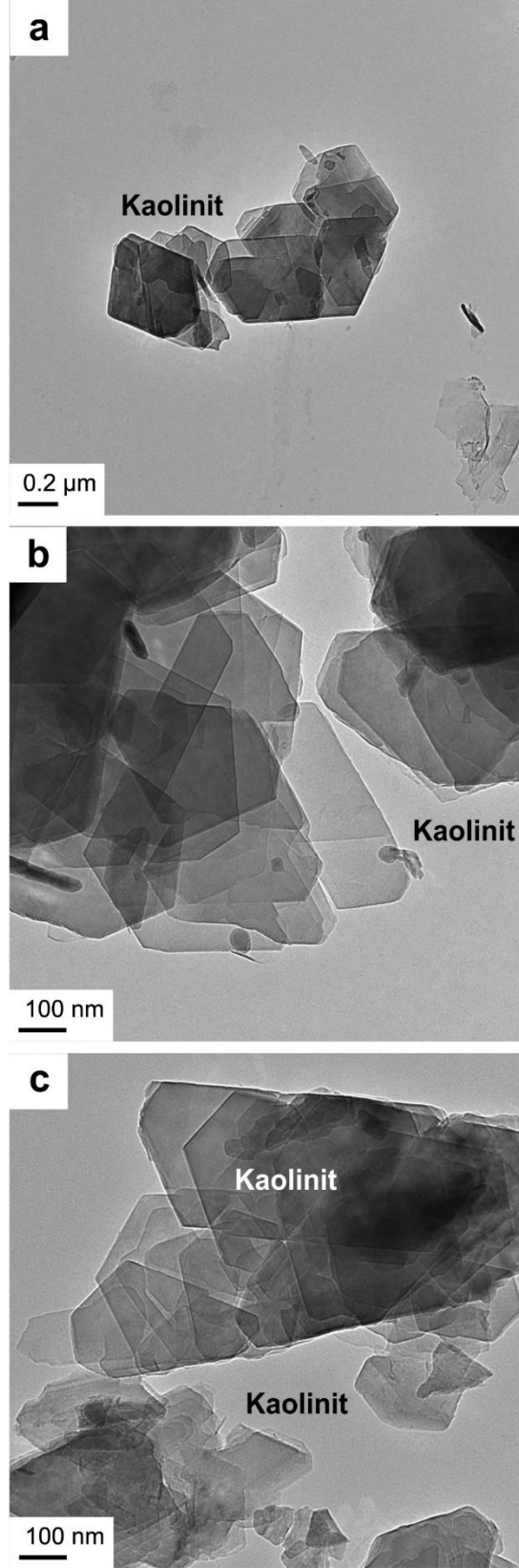
Smektitler ise genellikle peteksi bir morfoloji göstermekte olup bozuşan volkanik malzemenin erime boşluklarında oluşmuştur (Şekil 5.4e). Smektit kristallerinin üzerinde de lifsi olan illit kristalleri gelişmiştir (Şekil 5.4e). Smektit/illit kristallerinin yerinde erime-çökeltme mekanizması ile oluştuğu görülmektedir.

Feldspat ve volkan camlarının aşırı derece bozuşma gösterdiği saptanmıştır. Oysu kaolen yatağından alınan örnekte kaolinit euhedral (özşekilli) hekzagonal kristalleşme özelliğine sahiptir.



Şekil 5.4. Çalışma alanından derlenen kilaşı örneklerine ait SEM görüntüleri; (a-f) altere volkanik malzeme ile smektit ilişkisi.

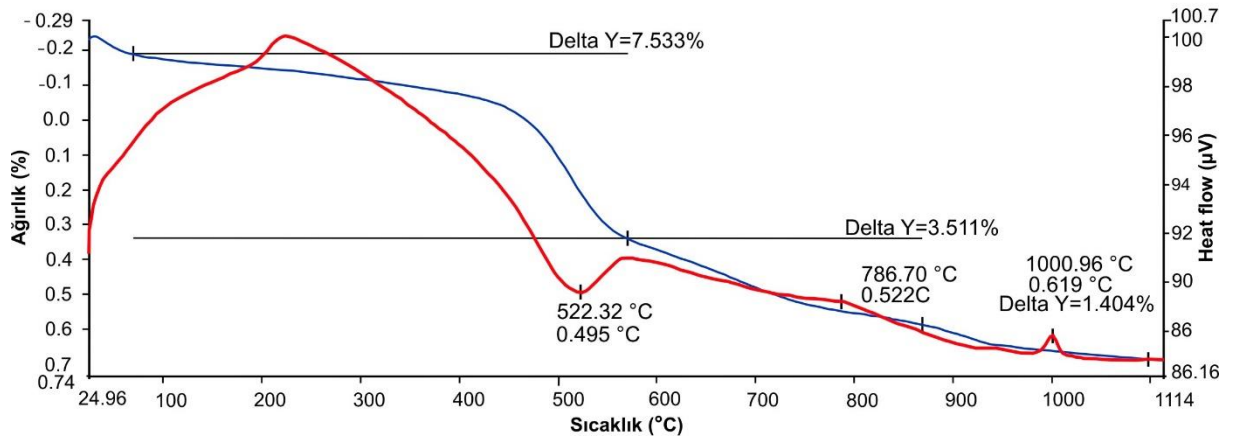
Kaolinitlerin TEM’de nanomorfolojik olarak özşekilli, hekzagonal yapılu olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.5a). Bu kristaller genellikle paralel yapraklanma göstermektedir (Şekil 5.5b). Bu kristallerin ebatları yaklaşık 300x800 nm arasında değişmektedir (Şekil 5.5c).



Şekil 5.5. Çalışma alanından derlenen kiltışı örneklerine ait TEM görüntüleri

5.4. Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG) çalışmaları

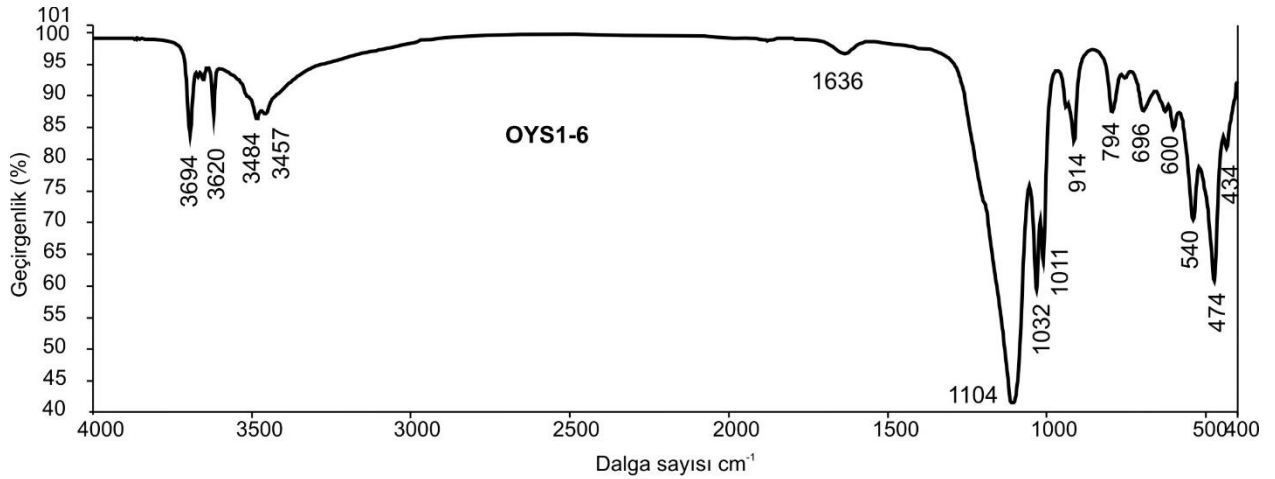
Kaolinitçe zengin OYS1-6 örneğinin ısıya karşı göstermiş olduğu davranışı DTA-TG analiz yöntemi ile yapılmıştır. Analizlerden elde edilenlere göre 522 °C’de (ağırlık kaybı %7,53) ilk endotermik pik, ikinci endotermik piki 786 °C’de (ağırlık kaybı %3,51) ve üçüncü endotermik piki 900–980 °C civarında (ağırlık kaybı %1,4) gözlenmektedir. Birinci endotermik pik kaolinitin yapısındaki absorbe suyu, ikinci pik ise bağ suyu, üçüncüsünde tamamen yapıdaki suyunu kaybeder. Ekzotermik pikini 1001 °C’de verilmektedir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Kaolinitçe zengin kıltaşı örneğindeki (OYS1-6) kaolinit mineraline ait DTA-TG grafiği.

5.5. FTIR Spektroskopisi Analizi

Oysu Kaolinit yatağından elde edilen kaolinitçe zengin kıltaşı örneğinin (OYS1-6) FTIR spektrumu Şekil 5.7’de gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre, Oysu kaolinitinde görülen 3694, 3620 cm^{-1} dar ve kesin O–H gerilim titreşim absorpsiyon bantları kaolinitin iyi kristalleşmiş olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.7. Kaolinitçe zengin kiltası örneğine ait FTIR spektrum grafiği (OYS1-6).

5.6. Tüm Kayaç Kimyasal Analizleri

Çalışma alanından derlenen volkanik kayaç örnekleri ve kaolen ocağından derlenen kiltası örneklerinin, kimyasal analiz sonuçları Esas (major) oksit içerikleri % ağırlık; iz element ve nadir toprak element içerikleri ise ppm (parts per million) cinsinden saptanmıştır. Örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçları Çizelge 5.2.'de sunulmuştur.

Jeokimyasal yorumlamalarda kullanılan esas oksitler; SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , MnO , Cr_2O_3 olup, iz elementler; Ni, Sc Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl, Se ve Nadir Toprak Elementleri (NTE) ise, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu'dur.

Volkanik kayaç örneklerine göre kiltası örneklerindeki Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO ve A.K. oranlarında artış görülmesinin yanı sıra, SiO_2 ve K_2O oranlarında ise azalma görülmektedir. Kiltası örneklerinin Al_2O_3 +A.K. ve Fe_2O_3 ±Toplam/S içeriklerindeki artış kaolinit ve smektit türü kil minerallerinin varlığını göstermektedir. Diğer taraftan, volkanik kayaç örneklerindeki yüksek SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve K_2O değerleri ise kuvars, muskovit, biyotit ve K-feldspat minerallerinin varlığı ile ilişkilidir.

Çizelge 5.2. Çalışma alanından derlenen volkanik kayacık ve kilitaşı örneklerin esas oksitler (% ağırlık), iz element (ppm) ve NTE (ppm) içerikleri. $\Sigma NTE = (La-Lu)+Y$ toplamı; $\Sigma HNTE = La-Nd$ toplamı; $\Sigma ONTE = (Sm-Ho)$ toplamı; $\Sigma ANTE = (Er-Lu)$ toplamı; $Eu/Eu^* = Eu_N / [(Sm_N \times 0.67) + (Tb_N \times 0.33)]$ (Bau ve Dulski, 1996), $Ce/Ce^* = 3Ce_N / (2La_N + Nd_N)$ (Mongelli, 1997), N harfi, kondrit değeri temsil etmektedir (Sun ve McDonough, 1989); A.K.: 1050°C sıcaklıktaki kayıp.

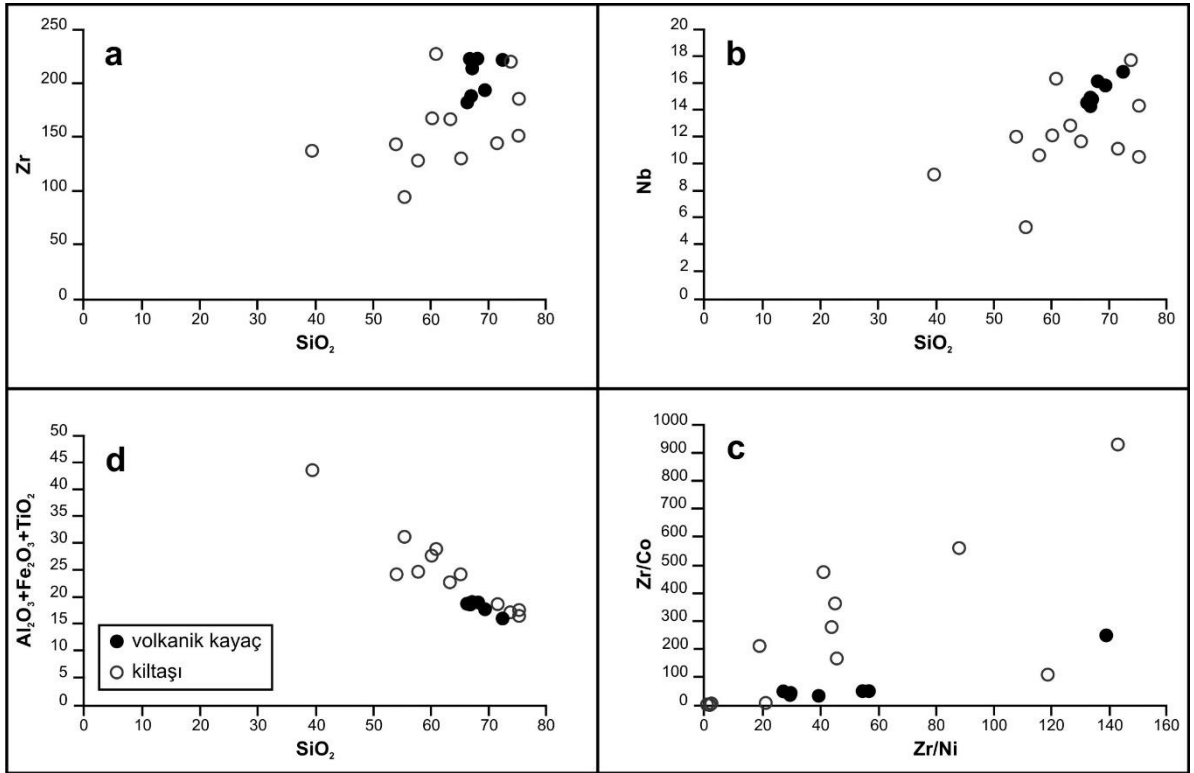
Esas oksitler (% ağırlık)	volkanik kayacık							kilitaşı			
	DMP-1	DMP-2	DMP-3	DMP-4	CMS-1	CMS-2	CMS-3	ortalama	OYS2-2	OYS2-3	OYS2-4
SiO ₂	69.45	68.17	66.36	66.95	67.22	72.52	66.82	68.21	57.89	54.05	39.57
Al ₂ O ₃	15.49	16.05	15.6	15.29	15.81	14.45	15.27	15.42	12.98	13.04	9.42
Fe ₂ O ₃	1.93	2.5	2.78	3.05	2.96	1.48	3.13	2.55	11.41	10.84	33.91
MgO	0.86	0.89	0.95	0.99	1.01	0.19	0.95	0.83	1.91	2.35	1.01
CaO	1.32	0.49	0.9	1.59	1.41	1.04	3.19	1.42	2.33	3.20	0.75
Na ₂ O	1.93	0.73	1.38	2.11	2.03	3.31	3.41	2.13	1.08	0.18	0.08
K ₂ O	5.63	7.03	9.03	5.85	6.29	5.35	3.89	6.15	2.02	1.48	0.72
TiO ₂	0.49	0.54	0.5	0.5	0.53	0.27	0.52	0.48	0.48	0.52	0.40
P ₂ O ₅	0.089	0.177	0.15	0.17	0.14	0.053	0.12	0.13	0.11	0.11	0.08
MnO	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.48	0.29	0.80
Cr ₂ O ₃	0.002	0.002	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.02	0.02	0.01
Toplam/C	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.40	0.03
Toplam/S	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.02	0.02
A.K.	2.5	3.2	2.1	2.5	2.3	1.1	2.4	2.3	9.00	13.70	12.90
Toplam	99.75	99.84	99.78	99.06	99.76	99.76	99.72	99.67	99.85	99.85	99.77
İz Elementler (ppm)											
Be	2	2	2	3	3	3	2	2.43	4.00	4.00	10.00
Co	3.9	6.8	4.5	5.6	4.5	0.9	4.7	4.41	49.30	39.70	125.00
Cs	7.5	19.8	11.7	5.7	7.2	3.4	5.9	8.74	9.90	9.20	15.70
Ga	17.3	17.5	15.6	15.3	16.1	16.7	18.3	16.69	16.20	16.20	11.10
Hf	5.3	5.8	5.6	5.8	6.5	6.1	5.7	5.83	3.50	3.90	3.40
Nb	15.8	16.1	14.5	14.3	14.8	16.8	14.9	15.31	10.60	12.00	9.20
Rb	218.9	274	283.9	218.8	259.8	165.8	121.6	220.40	113.50	78.40	44.30
Sn	2	2	3	3	3	3	2	2.57	2.00	2.00	2.00
Sr	200.1	107.1	116.1	234.3	179.8	239.5	437	216.27	253.50	178.30	298.40
Ta	1.3	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.30	0.90	1.00	0.90
Th	21.6	20.4	19.1	18.6	20.8	30.1	20.9	21.64	10.50	11.10	9.60
U	5.9	3.6	4.8	8.5	7.7	6.8	4.6	5.99	2.90	3.40	10.50
V	57	57	43	59	61	8	55	48.57	97.00	89.00	102.00
W	2.6	4	1.9	2.2	2.1	2.3	2.3	2.49	2.10	2.60	1.60
Zr	194	223.1	182.8	188.3	214.1	222	223	206.76	128.30	143.90	137.20
Y	20.4	18.2	27.2	24.5	23.5	23.5	19.7	22.43	18.60	14.50	83.70
La	42.2	42	42.8	35.4	41.2	57.6	45.2	43.77	27.10	30.30	19.70
Ce	76.6	75.9	81.7	67.8	76.5	97.5	90.1	80.87	59.10	57.90	70.70
Pr	8.65	8.65	10.03	8.57	8.64	10.91	9.78	9.32	5.92	6.12	5.29
Nd	30.7	30.7	36.7	31.2	30	35.5	34.7	32.79	20.70	21.70	24.40
Sm	5.42	5.36	6.67	5.74	5.26	5.87	5.88	5.74	4.18	4.02	7.70
Eu	1.09	1.05	1.71	1.24	1.05	1.11	1.23	1.21	1.00	0.86	2.09
Gd	4.59	4.33	6.05	5.19	4.46	4.76	5.29	4.95	4.08	3.56	10.13
Tb	0.72	0.67	0.95	0.83	0.74	0.76	0.77	0.78	0.61	0.50	1.69
Dy	3.88	3.4	4.98	4.32	3.98	4.03	4.15	4.11	3.41	2.87	11.16
Ho	0.79	0.69	0.97	0.87	0.78	0.85	0.79	0.82	0.72	0.58	2.46
Er	2.33	1.95	2.7	2.5	2.36	2.68	2.09	2.37	2.09	1.52	7.77
Tm	0.39	0.32	0.42	0.39	0.38	0.44	0.36	0.39	0.29	0.22	1.07
Yb	2.35	2.06	2.62	2.52	2.47	2.88	2.21	2.44	2.01	1.40	6.74
Lu	0.35	0.34	0.4	0.38	0.37	0.44	0.32	0.37	0.29	0.22	1.13
Ba	971	1223	940	7376	1018	1585	1426	2077	754.00	550.00	1094.00
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	11.00	10.00	10.00
Mo	0.2	0.6	0.4	1.5	0.6	0.7	1.2	0.74	0.40	0.60	2.80
Cu	1.3	2.5	5.8	5.4	6.9	1	2.5	3.63	24.40	13.50	99.60
Pb	8.4	9	17.9	9.3	11.7	11.9	3.3	10.21	27.30	20.60	10.70
Zn	28	40	29	28	26	38	24	30.43	86.00	81.00	433.00
Ni	3.4	5.7	6.2	6.4	7.9	1.6	4.1	5.04	85.60	60.90	217.80
As	4.2	14.5	15.8	10.8	24.9	1.6	25.3	13.87	1.50	0.50	10.50
Cd	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10	0.10	0.10	0.80
Sb	0.9	0.9	1	0.5	0.7	0.3	0.5	0.69	0.10	0.10	0.10
Bi	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.13	0.30	0.30	0.20
Ag	0.6	2.5	1.1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.93	0.10	0.10	0.10
Au (ppb)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10	0.60	0.50	1.30
Hg	0.03	0.01	0.06	0.05	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.86
Tl	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.17	0.30	0.10	0.50
Se	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50	0.50	0.50	1.30
ΣNTE	200.46	195.62	225.9	191.45	201.69	248.83	222.57	212.36	150.10	146.30	255.70
$\Sigma HNTE$	158.15	157.25	171.23	142.97	156.34	201.51	179.78	166.75	112.82	116.02	120.09
$\Sigma ONTE$	16.49	15.5	21.33	18.19	16.27	17.38	18.11	17.61	14.00	12.39	35.23
$\Sigma ANTE$	5.42	4.67	6.14	5.79	5.58	6.44	4.98	5.57	4.68	3.36	16.71
Eu/Eu*	0.62	0.62	0.76	0.66	0.61	0.59	0.65	0.64	0.73	0.67	0.74
Ce/Ce*	0.89	0.89	0.91	0.91	0.91	0.85	0.97	0.90	1.06	0.94	1.59
(La/Sm) _N	5.03	5.06	4.14	3.98	5.06	6.33	4.96	4.94	4.19	4.87	1.65
(La/Yb) _N	12.88	14.62	11.72	10.08	11.96	14.35	14.67	12.90	9.67	15.52	2.10

Çizelge 5.2. (devam)

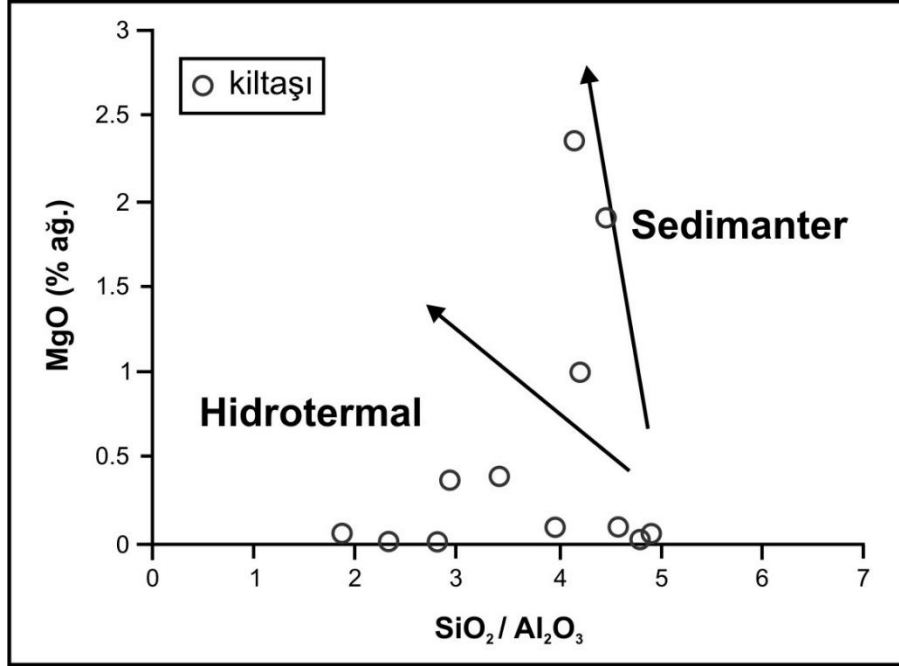
Esas oksitler (% ağırlık)	kilit taşı									ortalama
	OYS2-5	OYS2-6	OYS2-7	OYS2-8	OYS2-9	OYS2-14	OYS2-15	OYS2-18	OYS1-6	
SiO ₂	61.00	75.23	65.26	71.62	55.52	63.39	73.87	75.34	60.25	62.75
Al ₂ O ₃	17.85	15.34	23.27	18.06	29.84	21.68	16.12	15.71	25.88	18.27
Fe ₂ O ₃	10.53	1.64	0.65	0.14	1.22	0.66	0.31	0.18	1.43	6.08
MgO	0.40	0.07	0.02	0.11	0.07	0.38	0.11	0.03	0.02	0.54
CaO	0.10	0.04	0.04	0.14	0.09	0.25	0.17	0.06	0.05	0.60
Na ₂ O	0.07	0.07	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05	0.14
K ₂ O	0.64	0.43	0.09	0.04	0.03	0.34	0.06	0.05	0.11	0.50
TiO ₂	0.74	0.54	0.52	0.58	0.28	0.56	0.90	0.69	0.54	0.56
P ₂ O ₅	0.06	0.05	0.11	0.23	0.21	0.38	0.29	0.16	0.23	0.17
MnO	0.56	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.18
Cr ₂ O ₃	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02
Toplam/C	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05	0.08	0.05	0.05	0.07
Toplam/S	0.02	0.02	0.09	0.11	0.09	0.61	0.17	0.10	0.26	0.13
A.K.	7.60	6.50	9.80	8.70	12.40	11.70	7.60	7.50	11.10	9.88
Toplam	99.71	99.92	99.81	99.70	99.67	99.44	99.56	99.77	99.67	99.73
İz elementler (ppm)										
Be	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.33
Co	29.90	0.90	1.20	0.40	0.20	0.80	0.80	0.20	0.30	20.73
Cs	36.20	1.10	0.40	0.40	0.20	0.30	0.40	0.50	0.20	6.21
Ga	20.80	14.20	14.30	13.20	13.20	69.00	40.30	17.90	14.50	21.74
Hf	6.20	4.10	3.50	3.90	2.40	4.90	6.30	5.10	4.50	4.31
Nb	16.30	10.50	11.60	11.10	5.30	12.80	17.70	14.30	12.10	11.96
Rb	50.50	17.80	2.20	0.80	0.50	0.90	1.10	0.80	0.90	25.98
Sn	3.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.08
Sr	151.00	356.20	1160.50	2181.90	2159.70	4103.40	3158.00	1600.70	2110.30	1475.99
Ta	1.40	0.70	1.00	1.00	0.40	1.30	1.60	1.20	1.00	1.03
Th	17.00	25.70	18.60	14.20	14.60	9.30	7.80	8.10	22.90	14.12
U	12.10	2.90	2.00	3.40	2.90	3.10	2.90	2.70	2.70	4.29
V	525.00	71.00	76.00	28.00	264.00	122.00	44.00	37.00	90.00	128.75
W	5.40	2.00	1.80	2.40	1.90	2.80	3.50	3.50	2.40	2.67
Zr	227.50	151.40	130.40	144.80	94.60	167.00	220.40	185.80	167.50	158.23
Y	325.40	3.90	4.30	1.30	0.40	1.10	1.80	0.80	4.50	38.36
La	47.20	28.30	51.00	37.80	33.60	62.60	53.10	20.30	63.90	39.58
Ce	159.00	51.60	87.90	67.00	75.00	45.10	51.20	24.00	133.80	73.53
Pr	25.81	4.50	6.91	6.95	8.48	2.10	3.56	2.03	15.05	7.73
Nd	157.90	13.20	16.30	22.80	29.30	4.70	11.80	6.30	46.30	31.28
Sm	55.18	3.00	1.25	2.55	2.64	0.47	1.47	0.93	5.61	7.42
Eu	14.19	0.53	0.20	0.32	0.31	0.09	0.21	0.12	0.94	1.74
Gd	67.11	1.55	0.81	0.83	0.69	0.33	0.56	0.35	3.29	7.77
Tb	9.77	0.16	0.11	0.05	0.05	0.04	0.07	0.03	0.32	1.12
Dy	55.67	0.75	0.80	0.19	0.17	0.23	0.47	0.17	1.22	6.43
Ho	11.00	0.16	0.14	0.03	0.02	0.05	0.08	0.02	0.18	1.29
Er	30.38	0.52	0.51	0.11	0.06	0.13	0.28	0.08	0.43	3.66
Tm	3.79	0.08	0.07	0.02	0.01	0.02	0.04	0.02	0.07	0.48
Yb	21.99	0.57	0.51	0.15	0.10	0.21	0.32	0.14	0.55	2.89
Lu	3.34	0.10	0.07	0.03	0.01	0.03	0.06	0.03	0.08	0.45
Ba	1154.00	132.00	177.00	137.00	97.00	167.00	87.00	79.00	244.00	389.33
Sc	47.00	10.00	13.00	15.00	25.00	14.00	6.00	9.00	14.00	15.33
Mo	4.10	1.70	1.60	0.20	3.80	1.80	0.30	0.50	3.10	1.74
Cu	20.20	1.90	2.00	1.50	3.70	5.90	4.00	0.70	1.80	14.93
Pb	14.10	4.20	6.60	7.90	14.50	30.90	16.80	17.00	12.70	15.28
Zn	37.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	53.75
Ni	10.90	3.30	1.10	3.20	2.30	8.70	5.00	1.30	1.90	33.50
As	8.80	4.20	19.80	25.20	17.60	35.90	24.00	14.70	20.10	15.23
Cd	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.16
Sb	0.80	0.80	0.10	0.10	0.10	0.30	0.40	0.10	0.10	0.26
Bi	0.40	0.20	0.20	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.20
Ag	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Au (ppb)	1.80	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.69
Hg	0.19	0.11	0.06	0.11	0.03	0.28	0.90	0.16	0.09	0.24
Tl	0.80	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.21
Se	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.61
ΣNTE	987.70	108.90	170.90	140.10	150.80	117.20	125.00	55.30	276.20	223.68
ΣHNTE	389.91	97.60	162.11	134.55	146.38	114.50	119.66	52.63	259.05	152.11
ΣONTE	212.92	6.15	3.31	3.97	3.88	1.21	2.86	1.62	11.56	25.76
ΣANTE	59.50	1.27	1.16	0.31	0.18	0.39	0.70	0.27	1.13	7.47
Eu/Eu*	0.66	0.63	0.54	0.48	0.45	0.64	0.51	0.49	0.58	0.59
Ce/Ce*	1.06	0.95	0.93	0.89	1.06	0.41	0.53	0.64	1.03	0.92
(La/Sm) _N	0.55	6.09	26.34	9.57	8.22	86.04	23.31	14.09	7.35	16.02
(La/Yb) _N	1.54	35.64	71.73	181.24	240.29	213.02	119.18	104.45	83.22	89.80

Örneklerdeki esas oksit ve iz element değerlerindeki değişimler çizilen Harker diyagramları ile belirlenmiştir (Şekil 5.8). SiO₂ değerlerine karşılık Zr ve Nb değerleri

Harker diyagramlarında pozitif korelasyon göstermektedir (Şekil 5.8a,b). Buna karşın, örneklerin SiO_2 konsantrasyonlarına karşılık $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ konsantrasyonları negatif korelasyon göstermektedir (Şekil 5.8c). Ayrıca, örneklerin Zr/Ni oranlarına karşılık Zr/Co oranları karşılaştırıldığında bu oranların pozitif korelasyon gösterdikleri görülmektedir (Şekil 5.8d). Kıltaşı örneklerinin $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ değerleri ile MgO içeriklerinin karşılaştırılması sonucunda ise örneklerin büyük bir çoğunluğu hidrotermal kökeni gösterirken, 3 adet kıltaşı örneği ise hidrotermal ve sedimanter bölge arasına düştüğü görülmektedir (Ddani vd., 2005) (Şekil 5.9).

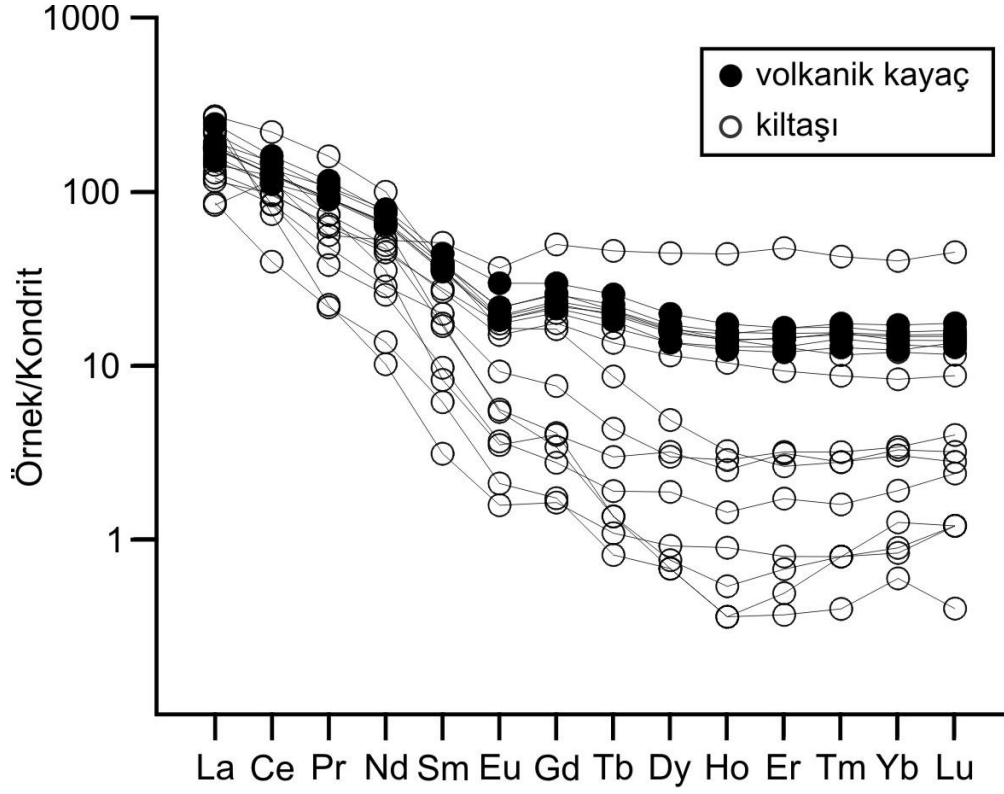


Şekil 5.8. Çalışma alanındaki volkanitlerin ve kilce zengin örneklerin ikili değişim diyagramları.



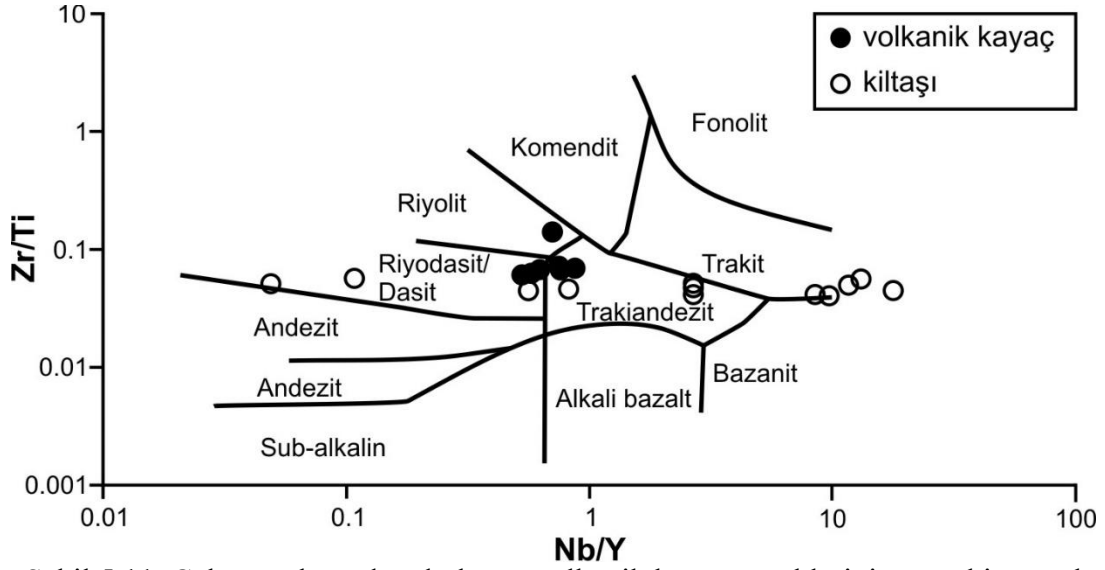
Şekil 5.9. Kıltaşı örneklerinin köken ilişkisini gösteren SiO₂/Al₂O₃ oranlarına karşılık MgO değerleri diyagramı (Ddani vd., 2005).

Volkanik kayalar ve bunlarla ilişkili kıltaşı örneklerine ait tüm kayaç NTE içerikleri kondrit değerlerine göre normalize edilmiştir (Çizelge 5.2; Şekil 5.9). Buna göre, Hafif Nadir Toprak Element (HNTE) içeriklerinin Ortaç Nadir Toprak Element (ONTE) ve Ağır Nadir Toprak Element (ANTE) değerlerine göre zenginleşme gösterdiği ve Eu değerlerinin negatif anomali gösterdiği saptanmıştır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Çalışma alanında derlenen volkanik kayaaç ve kilce zengin örneklerin nadir toprak element içeriklerinin kondrite normalize edilmiş dağılımları (Sun ve McDonough, 1989).

Volkanik kayaaç örneklerinin Nb/Y değerlerine karşılık Zr/Ti değerleri bu kayaaçların riyolit, riyodasit/dasit ve trakiandezit karakterli volkanizma ürünleri olduğunu ispatlamaktadır (Winchester ve Floyd, 1977) (Sekil 5.11).



Şekil 5.11. Çalışma alanından derlenen volkanik kayaç örneklerinin petrokimyasal adlandırılması (Winchester ve Floyd, 1977).

Alterasyon sırasında meydana gelen element değişimlerinin belirlenebilmesi için tüm kayaç kimyasal analiz değerleri kullanılarak kütle kazanç ve kayıp hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplanan (ΔC_i) değerleri izokon diyagramları halinde çizilerek elde edilen sonuçlar Çizelge 5.3 ve Şekil 5.12’de sunulmuştur. Hesaplamalarda izokon eğim değeri (m) “bir” olan As elementi sabit (immobil) olarak kabul edilmiştir (Grant, 1986, 2005).

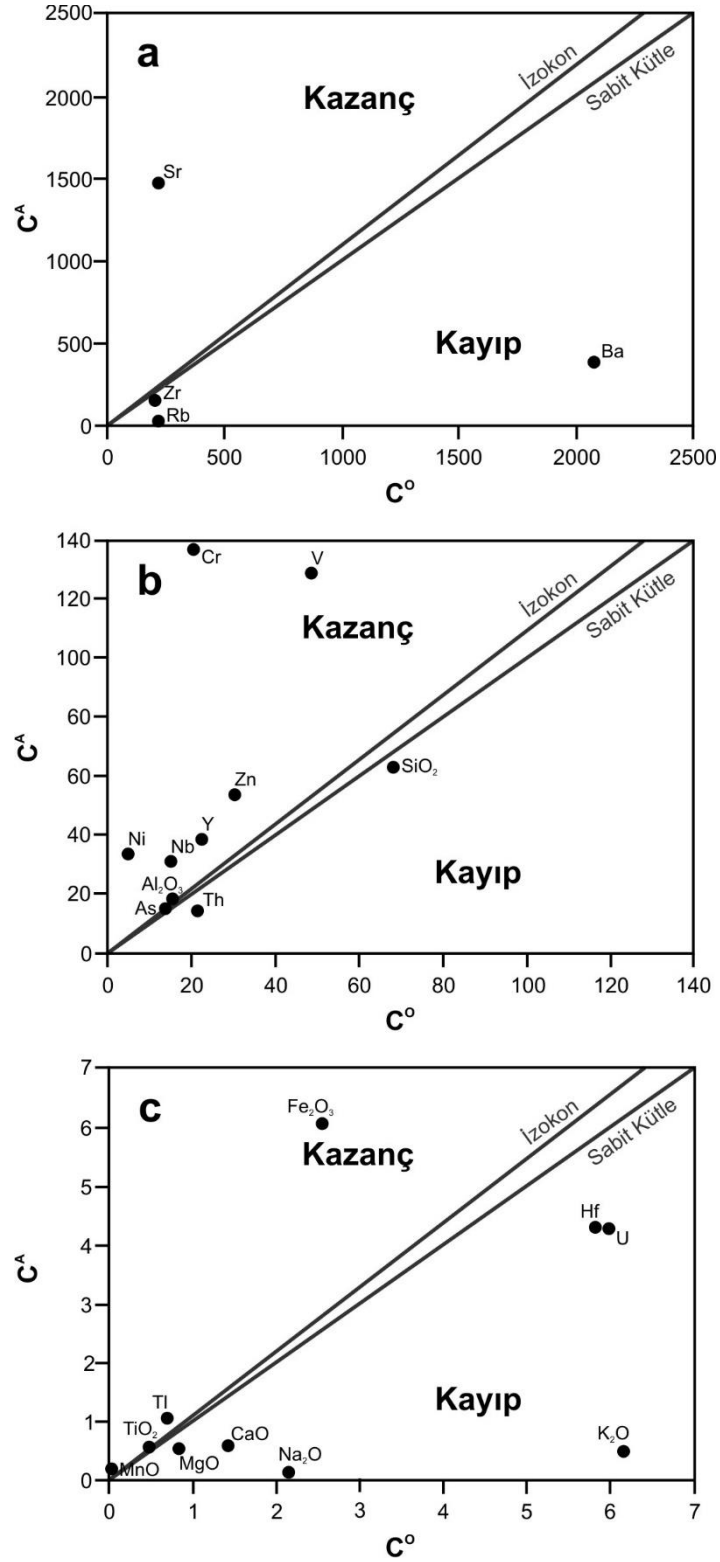
İzokon diyagramları incelendiğinde, alterasyon sırasında SiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Cs , Rb , Ba , U , Zr , Ta ve Th değerlerinde kayıp görülürken; TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , Sr , Cr , Ni , V , Y ve Nb değerlerinde kazanç görülmektedir. (Çizelge 5.3 ve Şekil 5.12).

Çizelge 5.3. Esas oksit (% ağ.) ve iz element (ppm) değişimlerine göre kütle kazanç – kayıp analiz değerleri (Grant, 1986, 2005).

					Toplam Hacim Değişimi (%)	
					-6,84	
					Toplam Kütle Değişimi (%)	
					-8,93	
					Eğim	
					1,10	
Esas oksit (%)						
ağ.)	Volkanik kayaç	Kıltaşı		$\Delta C_i/C_i^0$	ΔC_i	
SiO ₂	68,21	62,75		-0,16	-11,06	
TiO ₂	0,48	0,56		0,06	0,03	
Al ₂ O ₃	15,42	18,27		0,08	1,22	
Fe ₂ O ₃	2,55	6,08		1,17	2,99	
MnO	0,03	0,18		4,46	0,13	
MgO	0,83	0,54		-0,41	-0,34	
CaO	1,42	0,60		-0,62	-0,87	
Na ₂ O	2,13	0,14		-0,94	-2,00	
K ₂ O	6,15	0,50		-0,93	-5,69	
P ₂ O ₅	0,13	0,17		0,19	0,02	
İz elementler (ppm)						
As	13,87	15,23		0,00	0,00	
Cs	8,74	6,21		-0,35	-3,08	
Rb	220,40	25,98		-0,89	-196,74	
Ba	2077,00	389,33		-0,83	-1722,44	
Sr	216,27	1477,99		5,22	1129,74	
Pb	10,21	15,28		0,36	3,71	
Cr	20,53	136,84		5,07	104,09	
Ni	5,04	33,50		5,05	25,47	
V	48,57	128,75		1,41	68,68	
Ga	16,69	21,74		0,19	3,11	
Zn	30,43	53,75		0,61	18,52	
Bi	0,13	0,20		0,40	0,05	
U	5,99	4,29		-0,35	-2,08	
Zr	206,76	158,23		-0,30	-62,66	
Hf	5,83	4,31		-0,33	-1,90	
Y	22,43	38,36		0,56	12,50	
Nb	15,31	31,28		0,86	13,18	
Ta	1,30	1,03		-0,28	-0,36	

Çizelge 5.3. Esas oksit (% ağ.) ve iz element (ppm) değişimlerine göre kütle kazanç – kayıp analiz değerleri (Grant, 1986, 2005). (devam)

Th	21,64	14,12	-0,41	-8,78
Tl	0,17	0,21	0,12	0,02
La	43,77	39,58	-0,18	-7,72
Ce	80,87	73,53	-0,17	-13,91
Pr	9,32	7,73	-0,24	-2,28
Nd	32,79	31,28	-0,13	-4,30
Sm	5,74	7,42	0,18	1,02
Eu	1,21	1,74	0,31	0,37
Gd	4,95	7,77	0,43	2,13
Tb	0,78	1,12	0,31	0,24
Dy	4,11	6,43	0,42	1,75
Ho	0,82	1,29	0,43	0,35
Er	2,37	3,66	0,41	0,96
Tm	0,39	0,48	0,12	0,05
Yb	2,44	2,89	0,08	0,19
Lu	0,37	0,45	0,11	0,04



Şekil 5.12. Esas oksit (%ağ.) ve iz element (ppm) değişimlerine göre kütle kazanç-kayıp analiz diyagramları (Grant, 1986, 2005).

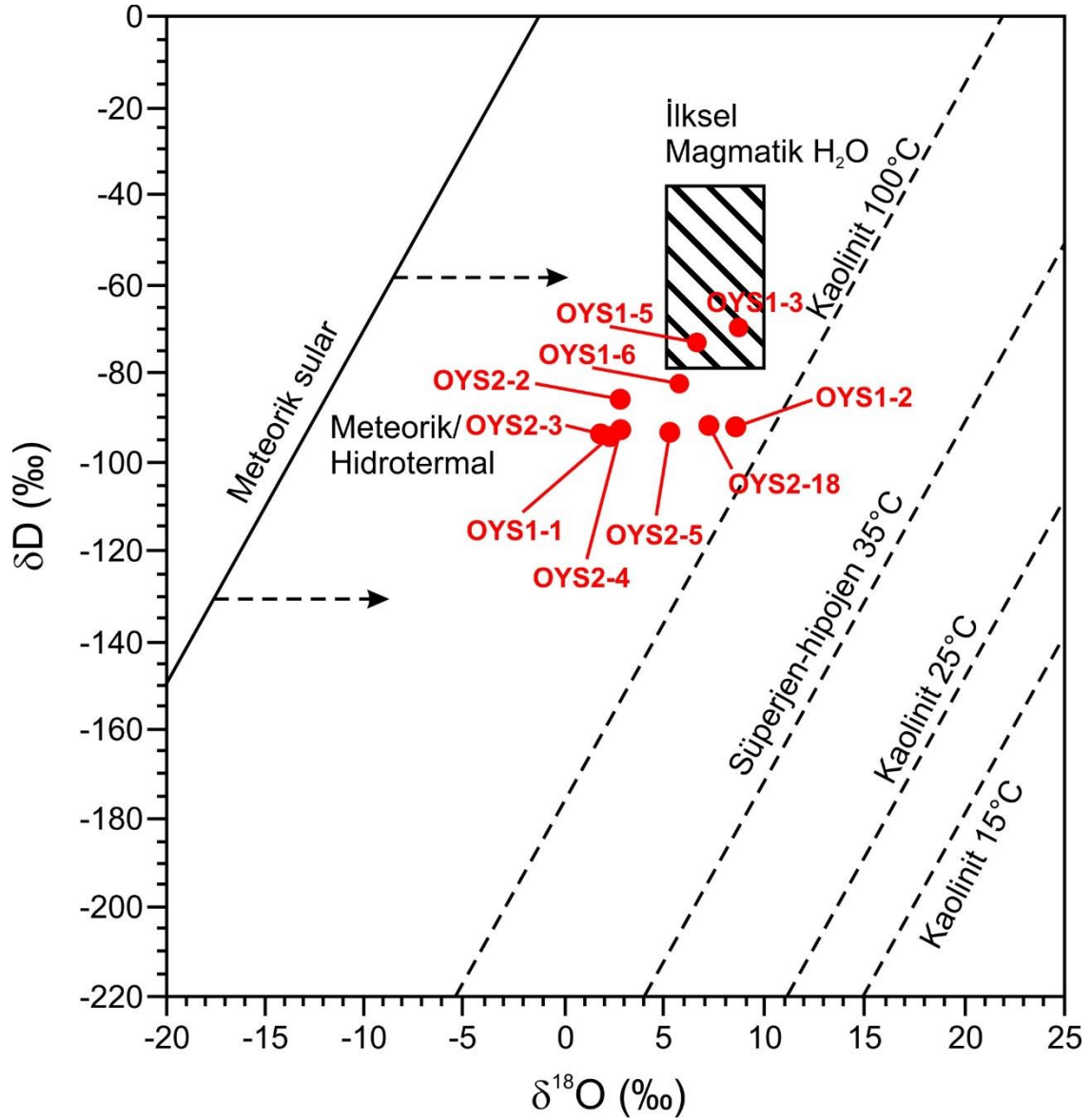
5.7.Oksijen ve Hidrojen Duraylı izotop Analizleri

Oysu kaolen yatağı'ndan derlenen kıltaşı örnekleri içerisindeki kil fraksiyonuna (< 2 µm) ait hidrojen ve oksijen izotopik analiz sonuçları Çizelge 5.4 ve Şekil 5.13'de verilmiştir. δD değerleri -94,32 ‰ ve -69,63 ‰ ve δ¹⁸O verileri ise 1,77 ‰ ile 8,47 ‰ değerleri arasında değişmektedir.

Çizelge 5.4. Oysu kaolen yatağından derlenen zenginleştirilmiş kil örneklerinin Oksijen ve Hidrojen izotopik analiz sonuçları. Kln: kaolinit; Ilt: illit; Sme: smektit. (Mineral isimlerinin kısaltmaları) Whitney ve Evans'dan (2010) alınmıştır.

Örnek	Mineraloji	δD ‰	δ ¹⁸ O ‰
OYS1-1	Kln+Ilt+sme	-94.32	2.29
OYS1-2	Kln+Ilt+Sme	-92.23	8.47
OYS1-3	Kln+Ilt+Sme	-69.63	7.63
OYS1-5	Kln±Sme	-73.05	6.61
OYS1-6	Kln	-82.46	5.77
OYS2-2	Sme	-86.38	2.80
OYS2-3	Ilt+Sme	-93.91	1.77
OYS2-4	Sme	-92.82	2.83
OYS2-5	Kln±Ilt	-93.27	5.37
OYS2-18	Kln±Sme	-91.79	7.19

Ayrıca saptanan izotop değerleri bir grafik üzerine işlendiğinde, killi örneklerinin kaolinit 100 °C çizgisinin solunda, büyük bir kısmının ilksel magmatik alan yakınında yer aldığı ve iki adet örneğin ise ilksel magmatik alan sınırları içerisine düştüğü görülmektedir (Şekil 5.13; Sheppard ve Gilg, 1996).



Şekil 5.13. Oysu kaolen yatağından derlenen zenginleştirilmiş kil örneklerine ait δD ve $\delta^{18}O$ değerlerinin ikili karşılaştırma diyagramı (Sheppard ve Gilg, 1996). Kaolinit çizgisi ve meteorik su çizgisi Hayba vd.'den (1985) alınmıştır.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Oysu kaolen yatağı Miyosen yaşlı Karacahisar volkanitleri içerisinde oluşmuştur. Karacahisar volkanitleri traki-andezit, andezit, dasit, riyodasit karakterli tuf ve lav akmlarından oluşmaktadır. Kaolinit oluşumu Karacahisar volkanitlerini KB–GD yönünde kesen normal atımlı bir fay zonu boyunca gelişen hidrotermal aktiviteler sonucunda meydana gelmiştir. Ocağın fay zonuna yakın kesimlerinde; kaolinitler içerisinde dike yakın silis damarlarının ve Fe-oksit sıvamalarının görülmesi, kaolinit mineralinin artış göstermesi, fay zonundan uzaklaştıkça alterasyon etkilerinin azalması, yatağın üst seviyelerinin silis şapka ile örtülmüş olması yataktaki cevherleşmenin hidrotermal kökenli olduğunu göstermektedir. Bu gözlem ayrıca, yatağın merkezinde baskın mineraller kuvars ve kaolinit iken, ocağın dış kesimlerine doğru smektit, illit minerallerinin miktarındaki artış ile desteklenmektedir (Sayın, 2007; Kadir vd., 2011, 2014).

Mikromorfolojik olarak levhamsı, yer yer vermiform özellikteki euhedral (öz şekilli) kaolinit kristallerinin altere feldspat kristalleri ve ayrıışmış volkan camı tanelerinin köşelerinde tarak şeklinde gelişmesi, kaolinitin feldspat ve volkan camlarının ayrıışması sonucunda erime çökme yolu ile yerinde (*in-situ*) oluştuğunu göstermektedir. Kaolinit örneklerinden elde edilen DTA-TG analiz sonuçları ve FTIR spektrumları da kaolinitin iyi kristalleşmiş olduğunu göstermektedir (MacKenzie, 1957; Paterson ve Swaffield, 1987; Yuan ve Murray, 1993; Chen vd., 2001; Lanson vd., 2002; Njoya vd., 2006; Kadir ve Akbulut, 2009; Kadir vd., 2014).

Kiltaşı örneklerinde artan $Al_2O_3+Fe_2O_3+TiO_2$ miktarına karşılık SiO_2 miktarının azalması ile birlikte SiO_2 değerlerine karşılık Zr ve Nb değerlerinin pozitif korelasyon göstermesinin yanı sıra Zr/Ni oranlarının Zr/Co oranları ile pozitif korelasyon göstermesi kaolinit oluşumunun ortaç–asidik karakterli volkanizma ürünlerinin alterasyonu ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Sayın, 2007; Felhi vd., 2008; Kadir vd., 2008). SiO_2/Al_2O_3 değerlerine karşılık MgO içeriklerinin dağılımı ise volkanik kayaların hidrotermal alterasyonuna işaret etmektedir (Ddani vd., 2005). Alterasyon sırasında kaybolan SiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , Cs, Rb, Ba, U, Zr, Ta ve Th değerlerine karşılık TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO, Sr, Cr, Ni, V, Y ve Nb değerlerinde kazanç görülmesi, kaolinit oluşumlarının volkanik

kökenli olduğunu desteklemektedir. Alterasyon sonucu Al±Fe/Si oranındaki artış, alkali elementlerin ortamdaki uzaklaşmasını ve asidik ortam koşullarında kaolinit oluşumunun meydana geldiğini göstermektedir (Nagasawa, 1978; Inoue, 1995; Kadir ve Karakaş, 2002; Kadir ve Akbulut, 2009; Kadir vd., 2014; Külah, 2017).

K/(Ca+Na) oranındaki ve Al ile ilişkili olarak S miktarındaki göreceli artış da alunit oluşumuna asidik ortamsal koşulların varlığına işaret etmektedir (Mutlu vd., 2005; Sayın, 2007; Ece ve Schroeder, 2007; Ece vd., 2008; Kadir vd., 2014).

Kondrit değerlerine göre normalize edilen NTE içeriklerinde, HNTE değerlerinin ONTE ve ANTE değerlerine göre zenginleşme göstermesi ile birlikte görülen negatif Eu anomalisi, hornblend ve feldspat minerallerinin alterasyonunu göstermektedir Shikazono vd., 2008; Kadir ve Kart, 2009; Kadir vd., 2011, 2014). Buna göre, Fe içeren hornblend ve biyotit minerallerinin alterasyonu, kaolen yatağındaki Fe-oksitleşmenin varlığı ile ilişkilidir. Feldspat ve biyotit minerallerinin ayrışmasından ortaya çıkan K ve Al iyonlarının ortamdaki artışı illit oluşumuna neden olmuştur (Erhenberg, 1991; Meunier ve Velde, 2004; Kadir vd., 2008, 2013). Potasyumun azalmasının yanı sıra Mg, Na ve Ca bakımından zenginleşen hidrotermal sıvılar kaolen yatağının dış kesimlerinde alkalın mikro-ortamsal koşullarda smektit oluşumuna sebep olmuş olmalıdır (Berner ve Berner, 1996; Kadir vd., 2014). Volkanik kayaçların hidrotermal sıvılar etkisinde alterasyonu ve kil minerallerinin oluşumu sonucu arta kalan silis, kaolen yatağının üst kesimlerine taşınarak silis şapka oluşumuna imkan vermiştir (Sayın, 2007; Kadir vd., 2011, 2014).

Kaolinit örneklerinden elde edilen δD değerlerinin $-94,32$ ‰ ile $-69,63$ ‰ arasında ve $\delta^{18}O$ değerlerinin ise $1,77$ ‰ ile $8,47$ ‰ arasında olması ise volkanik kayaçların alterasyonunda magmatik kökenli hidrotermal sıvıların etkili olduğunu göstermektedir (Faure, 1986; Sheppard ve Gilg, 1996).

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

1. Oysu kaolen yatağı Miyosen yaşlı Karacahisar volkanitleri traki-andezit, andezit, dasit, riyodasit karakterli tuf ve lav akma birimlerinin KB–GD doğrultulu, normal atımlı bir fay zonu boyunca hidrotermal alterasyonu sonucunda oluşmuştur.
2. Kaolen yatağın merkezinde baskın kil mineralidir. Ancak merkez kısımdan uzaklaştıkça illit ve smektit kil türü kil minerallerinin miktarında artış gözlenmiştir.
3. Kaolinit oluşumu, ortaç–asidik volkanik kayaların alterasyonu sırasında alkali elementlerin ortamdan uzaklaştığı asidik ortam koşullarında meydana gelmiştir.
4. Kaolen yatağındaki Fe-oksitleşmenin kökeni Fe içeren hornblend ve biyotit minerallerinin alterasyonu ile ilişkilidir.
5. Kaolinite eşlik eden illit oluşumu, volkanik kayalardaki feldspat ve biyotit minerallerinin ayrışması sonucu ortaya çıkan K ve Al iyonlarının ortamdaki artışı sonucunda meydana gelmiştir.
6. Kaolinit ve illit oluşumu sonrasında Mg, Na ve Ca bakımından zenginleşen hidrotermal sıvıların sağladığı alkalın mikro-ortamsal koşullarda kaolen yatağının dış kesimlerinde smektit oluşumu meydana gelmiştir.
7. Killi örneklerin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD duraylı izotop verileri volkanik kayaların, magmatik kökenli hidrotermal sıvıların etkisinde alterasyona uğradıklarını ispatlamaktadır.

1. Oysu kaolen yatağı içerisindeki kil minerallerinin K-Ar radyojenik izotop analizleri ile incelenerek Miyosen yağlı Karacahisar volkanitlerinin alterasyon yağlarının detaylı olarak belirlenebilir.
2. Kaolinit ve smektit minerallerin detaylı mineralojik ve jeokimyasal analizler ile incelenerek kaolinit ve smektit türlerinin ayrı ayrı yapısal formüllerinin hesaplanması gerekir.
3. Oysu kaolen yatağında bulunan kil minerallerinin endüstriyel ve teknolojik kullanım alanlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.
4. Kaolen yatağı oluşumlarında etkili olan hidrotermal alterasyon izlerinin, bölgedeki diğer litolojik birimler içerisinde sebep olabileceği diğer endüstriyel hammadde ve metalik cevherlerin tespit edilmesi ile mevcut olabilecek bu kaynakların ülke ekonomisine kazandırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akay, E., Işintek, İ., Erdoğan, B., Hasözbeğ, A., 2011, Stratigraphy of the Afyon Zone around Emet (Kütahya, NW Anatolia) and geochemical characteristics of the Triassic volcanism along the northern Menderes Massif. *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen Band, 188 Heft 3*, p. 297-316.
- Akdeniz, N., Konak, N., 1979a, Simav–Emet–Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi. MTA Rapor No: 6547.
- Akdeniz, N., Konak, N., 1979b, Menderes masifinin Simav dolayındaki kaya birimleri ve metabazik, metaultramafik kayaların konumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22, 175-183.
- Aydoğan, M.S., 2006, Baklan Graniti (Murat Dağı, Banaz/Uşak) Civarındaki Baz Metal Cevherleşmesinin Mineral Parajenezi, Metal Zonlanması ve Kökenlerinin İzotop Jeokimyası ile Saptanması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 238 s.
- Aydoğan, M.S., Çoban, H., Bozcu, M., Akıncı, Ö., 2008, Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Baklan Granite from the Muratdağı Region (Banaz, Uşak), western Turkey: Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene–Miocene granites. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33, 155-176.
- Bau, M., Dulski, P., 1996, Distribution of yttrium and rare–earth elements in the Penge and Kuruman iron-Formations, Transvaal Supergroup, South Africa. *Precambrian Research*, 79, 37-55.
- Berner, E.K., Berner, R.A., 1996, *Global Environment: Water, Air, and Geochemical Cycles*. Princeton University Press, New Jersey, USA, 376 s.

Kaynaklar dizini (devam)

- Bingöl, E., 1977, Muratdağı jeolojisi ve ana kayaç birimlerinin petrolojisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 20, 13-66.
- Boronkay, K., Doutsos, T., 1994, Transpression and transtension within different structural levels in central Aegean region, *Journal of Structural Geology*, 16, 1555-1573.
- Brindley, G.W., 1980, Quantitative X-ray analysis of clays, *Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification*, G.W. Brindley, G. Brown (Eds.) Mineralogical Society Monograph 5, p. 41-438.
- Chen, P.Y., Wang, M.K., Yang, D.S., 2001, Mineralogy of dickite and nacrite from northern Taiwan. *Clays and Clay Minerals*, 49, 586-595.
- Clayton, R.N., Mayeda, T.K., 1963, The use of bromine pentafluoride in the extraction of oxygen from oxides and silicates for isotopic analysis *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 27, 43-52.
- Çoban, F., 2001, Çayırılık Tepe perlitinin (Başören-Kütahya) bentonite alterasyonu sırasında majör, eser ve nadir toprak elementlerinin mobilizasyonu. 10. Ulusal Kil Sempozyumu, 282-304.
- Ddani, M., Meunier, A., Zahraoui, M., Beaufort, D., El Wartiti, M., Fontaine, C., Boukili, B., El Mahi, B., 2005, Clay mineralogy and chemical composition of bentonites from the Gourougou volcanic massif (Northeast Morocco). *Clays and Clay Minerals*, 53, 250-267.
- Delibaş, O., Parlak, O., Pekdemir, F., Baran, C., 2012, Pınarbaşı Granitoidi (Gediz-Kütahya) Mo-Cu, Pb-Zn ve Sb±Ag Cevherleşmeleri: Polimetallik Cevherleşmelere Orta-Batı Anadolu'dan Bir Örnek. *Yerbilimleri*, 33, 151-176.

Kaynaklar dizini (devam)

- Ece, O.I., Schroeder, P.A., 2007, Clay mineralogy and chemistry of halloysite and alunite deposits in the Turplu area, Balıkesir, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 55, 18-35.
- Ece, O.I., Schroeder, P.A., Smilley, M., Wampler, M., 2008, Acid-sulfate alteration volcanic rocks and genesis of halloysite and alunite deposits in the Biga Peninsula, NW Turkey. *Clay Minerals*, 43, 281-315.
- Ercan, T., Dinçel, A., Günay, B., Türkecan, A., 1978, Uşak yöresindeki Neojen havzalarının jeolojisi, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21/2, 97-106.
- Ercan, T., Günay, E., Savaşçın, M.Y., 1982, Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması. *MTA Dergisi*, 97/98, 86-101.
- Erhenberg, S.N., 1991, Kaolinized, potassium-leached zones at the contacts of the Garn Formation, Haltenbanken, mid-Norwegian continental shelf, *Marine and Petroleum Geology*, 8, 250-269.
- Erman, H., 2009, Kütahya Bölgesi Kaolen ve Diğer Kil Minerallerinin Dağılımı, Mineralojisi, Jeokimyası ile Kökenlerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 99 s. (Yayımlanmamış).
- Faure, G., 1986, *Principles of Isotope Geology*, 2nd ed., John Wiley and Sons, 589 p.
- Felhi, M., Tlili, A., Gaied, M.E., Montacer, M., 2008, Mineralogical study of kaolinitic clays from Sidi El Bader in the far North of Tunisia, *Applied Clay Sciences* 39, 208-217.
- Göncüoğlu, M.C., 2011, Geology of the Kütahya-Bolkardağ Belt. *Mineral Research and Exploration Bulletin*. 142, 223-277.

Kaynaklar dizini (devam)

- Grant, J.A., 1986, The isocon diagram – a simple solution to Gresens' equation for metasomatic alteration. *Economic Geology*, 81, 1976-1982.
- Grant, J.A., 2005, Isocon analysis: A brief review of the method and applications. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30, 997-1004.
- Gün, H., Akdeniz, N., Günay, E., 1979, Gediz ve Emet güneyi Neojen havzalarının jeolojisi ve yaş sorunları, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 8, 3-13. Güngör, T., Erdoğan, B., 2002, Tectonic significance of mafic volcanics in a Mesozoic sequence of the Menderes Massif, West Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 91, 386-397.
- Gürboğa, Ş.D., Koçyiğit, A., Ruffet, G., 2013, Episodic two-stage extensional evolutionary model for southwestern Anatolian graben–horst system: New field data from the Erdoğan -Yenigediz graben (Kütahya). *Journal of Geodynamics*, 65, 176-198.
- Gürer, Ö.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Yılmaz, Y., 2001, Neogene basin development around Söke-Kuşadası (Western Anatolia) and its bearing on tectonic development of the Aegean region”, *Geodinamica Acta*, 14,57-69.
- Hayba, D.O., Bethke, P.M., Heald, P., Foley, N.K., 1985, Geologic, mineralogic and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal precious-metal deposits. Pp. 12-168 in: *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems* (B.R. Berger & P.M. Bethke, editors). Society of Economic Geologists, Inc, *Economic Geology* 2.
- Helvacı, C., 1984, Occurrence of rare borate minerals: Veatchite–A, tunellite, teruggite and cahnite in the Emet borate deposits, Turkey. *Mineralium Deposita*, 19, 217-226.
- Işık, İ., Uz, V., Alver, Z., 2001, Çayca yöresi (Kütahya) tüflerinin karakterizasyonu ve seramik endüstrisinde kullanım olanakları, 10. Ulusal Kil Sempozyumu, 480-492.

Kaynaklar dizini (devam)

- Inoue, A., 1995, Formation of Clay Minerals in Hydrothermal Environments. In B. Velde (Ed.), *Origin and Mineralogy of Clays, Clays and the Environment* (pp. 268-329). Berlin: Springer-Verlag.
- Kadir, S., Akbulut, A., 2009, Mineralogy, geochemistry and genesis of the Taşoluk kaolinite deposits in pre-Early Cambrian metamorphites and Neogene volcanites of Afyonkarahisar, Turkey, *Clay Minerals*, 44, 89-112.
- Kadir, S., Gürel, A., Senem, H., Külah, T., 2013, Geology of Late Miocene clayey sediments and distribution of palaeosolclay minerals in the northeastern part of the Cappadocian Volcanic Province (Araplı-Erdemli), central Anatolia, Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 427-443.
- Kadir, S., Erman, H., Erkoyun, H., 2011, Mineralogical and geochemical characteristics and genesis of hydrothermal kaolinite deposits within Neogene volcanites, Kütahya (Western Anatolia), Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 59, 250-276.
- Kadir, S., Karakaş, Z., 2002, Mineralogy, chemistry and origin of halloysite, kaolinite and smectite from Miocene ignimbrites, Konya, Turkey, *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*, 177, 113-132.
- Kadir, S., Kart, F., 2009, Occurrence and origin of the Söğüt kaolinite deposits in the Paleozoic Sarıcakaya granite–granodiorite complexes and overlying Neogene sediments (Bilecik, Northwestern Turkey). *Clays and Clay Minerals*, 57, 311-329.

Kaynaklar dizini (devam)

- Kadir, S., Külah, T., Eren, M., Önalgil, N., Gürel, A., 2014, Mineralogical and geochemical characteristics and genesis of the Güzelyurt alunite-bearing kaolinite deposit within the Late Miocene Gördeles ignimbrite, central Anatolia, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 62, 477-499.
- Kadir, S., Önen-Hall, A.P., Aydın, S.N., Yakıcıer, C., Akarsu, N., Tuncer, M., 2008, Environmental effect and genetic influence: a region cancer predisposition survey in the Zonguldak region of Northwest Turkey, *Environmental Geology*, 54, 391-409.
- Kaya, O., 1972, Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 15, 26-108.
- Koçak, İ., Koç, Ş., 2018, Geochemical characteristics of The Emet (Espey-Hisarcik) borate deposits, Kütahya, Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 142, 52-63.
- Konak, N., 2002, 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, İzmir Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Külah, T., 2017, Ürgüp Formasyonu Mustafapaşa Üyesi'nin (Kapadokya) Jeolojisi, Kil Mineralojisi, Jeokimyası ve Jenezi, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 89 s. (Yayımlanmamış).
- Lanson, B., Beaufort, D., Berger, G., Bauer, A., Cassagnabère, A., Meunier, A., 2002, Authigenic kaolin and illitic minerals during burial diagenesis of sandstones: a review. *Clay Minerals*, 37, 1-22.
- López-Moro, F.J., 2012, EASYGRESGRANT – A Microsoft Excel spreadsheet to quantify volume changes and to perform mass-balance modeling in metasomatic systems. *Computers and Geosciences*, 39, 191-196.

Kaynaklar dizini (devam)

- MacKenzie, R.C., 1957, The differential thermal investigation of clays, Mineralogical Society, London.
- McKenzie, D., 1978 Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 55, 217-252.
- Meunier, A., Velde, B., 2004, Illite, Origin, Evolution and Metamorphism, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 286.
- Mongelli, G., 1997, Ce-anomalies in the textural components of Upper Cretaceous karst bauxites from the Apulian carbonate platform (southern Italy). *Chemical Geology*, 140, 69-79.
- Moore, D.M., Reynolds, R.C., 1989, X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals, Oxford University Press, p. 332.
- Mutlu, H., Sariz, K., Kadir, S., 2005, Geochemistry and origin of the Şaphane alunite deposit, Western Anatolia, Turkey. *Ore Geology Reviews*, 26, 39-50.
- Nagasawa, K., 1978, Kaolin minerals. Pp. 189-219 in: *Clays and Clay Minerals of Japan* (T. Sudo and S. Shimoda, editors). *Developments in Sedimentology*, 26, Elsevier, Tokyo.
- Njoya, A., Nkoumbou, C., Grosbois, C., Njopwou, D., Nomade, A.C., Yvon, J., Martin, F., 2006, Genesis of Mayoum kaolin deposit (western Cameroon), *Applied Clay Science*, 32, 125-140.

Kaynaklar dizini (devam)

- Okay, A.I.,1984, Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists, In: The geological evolution of the eastern Mediterranean (Editors: Dixon JE, Robertson AHF), Geological Society of London Special Publication, 17, 455-466.
- Okut, M., Demirhan, M., Köse, Z., 1978, Kütahya ili Emet–Simav ilçeleri kaolen zuhurları ve dolaylarının jeoloji raporu. MTA Rapor No: 6309.
- Önen, A.P., Hall, R., 1993, Ophiolites and related metamorphic rocks from the Kütahya region, north-west Turkey, Geological Journal, 28, 399-412.
- Özburan, M., 2006, Kütahya Ve Çevresinin Neotektonik İncelemesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 207 s. (Yayımlanmamış).
- Özburan, M., Gürer, Ö.F., 2009, Kütahya ve Çevresinin Neotektonik Özellikleri. Aktif Tektonik Araştırma Grubu ATAG 13. Çalıştay1, s40.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K., Işık, A., 1988, Late Paleozoik evolution of the Kütahya–Bolkardağı belt. METU Journal of Pure and Applied Sciences, 21, 211-220.
- Özgül, N., 1976, Torosların bazı temel jeolojisi özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 65-78.
- Özkul, C., Çiftçi, E., Tokel, S., Savaş, M., 2017, Boron as an exploration tool for terrestrial borate deposits: A soil geochemical study in Neogene Emet-Hisarçık basin where the World largest borate deposits occur (Kütahya-western Turkey). Journal of Geochemical Exploration, 173, 31-51.

Kaynaklar dizini (devam)

- Paterson, E., Swaffield, R., 1987, Thermal analysis, A Handbook of Determination Methods in Clay Mineralogy, M. J. Wilson, (Ed.) Blackie and Sons Limited, Chapman and Hall, p. 99-132.
- Rojay, F.B., Toprak, V., Demirci, C., Süzen, L., 2005, Plio-Quaternary evolution of the Küçük Menderes Graben Southwestern Anatolia, Turkey, *Geodinamica Acta*, 18, 317-331.
- Sayın, Ş.A., 2007, Origin of kaolin deposits: evidence from the Hisarcık (Emet-Kütahya) deposits, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 77-96.
- Seyitoğlu, G., Anderson, D., Nowel, G., Scott, B.C., 1997, The evolution from Miocene potassic to Quaternary sodic magmatism in Western Turkey: implication for enrichment processes in the lithospheric mantle. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 76, 127-147.
- Sheppard, S.M.F., Gilg, H.A., 1996, Stable isotope geochemistry of clay minerals; The story of sloppy, silky, lumpy and tough, Cairns-Smith (1971), *Clay Minerals*, 31, 1-24.
- Shikazono, N., Ogawa, Y., Utada, M., Ishiyama, D., Mizuta, T., Ishikawa, N., Kubota, Y., 2008, Geochemical behavior of rare elements in hydrothermally altered rocks of the Kuroko mining area, Japan, *Journal of Geochemical Exploration*, 98, 65-79.
- Sun, S.-S., McDonough, W.F., 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society Special Publications*, 42, 313-345.
- Şener, M., Gevrek, A.İ., 1986, Simav-Emet-Tavşanlı yörelerinin hidrotermal alterasyon zonları. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28, 43-49.

Kaynaklar dizini (devam)

- Şengör, A.M.C., 1979, The North Anatolian Transform Fault its age, offset and tectonic significance, *Journal of the Geological Society London*, 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Türk, Y., 1976, Uşak'ta karo fayans hammaddesi araştırmaları ön etüd raporu. MTA Rapor No: 5570, 12 s.
- Türkmenoğlu, A.G., Işık, N.Y., 2008, Mineralogy, chemistry and potential utilization of clays from coal deposits in the Kütahya province, Western Turkey. *Applied Clay Science*, 42, 63-73.
- Üstün, H. ve Yetiş, C., 2007, Hisarcık (Emet-Kütahya) güneyinin Neojen stratigrafisi. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 460-462.
- Whitney, D.L., Evans, B.W., 2010, Abbreviations for names of rock-forming minerals, *American Mineralogist*, 95, 185-187.
- Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1977, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, *Geochemical Geology*, 20, 325-343.
- Yıldız, A., Kuşçu, M., 2004, Origin of the Basoren (Kutahya, W Turkey) bentonite deposits. *Clay Minerals*, 39, 219-231.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, Ö.F., 1999, Ege Denizi ve Ege Bölgesinin jeolojisi ve evrimi, TÜBİTAK Yayınları, 211-337, Ankara.

Kaynaklar dizini (devam)

- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, Ö.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş., Elmas, A., 2000, When did the Western Anatolian grabens begin to develop, *Journal of the Geological Society London*, 173, 353-384.
- Yuan, J., Murray, H.H. (1993) Mineralogical and physical properties of the Maoming kaolin from Guangdong province, south China. Pp. 249-259 in: *Kaolin Genesis and Utilization* (H.H. Murray, W.M. Bundy, and C.C. Harvey, editors). The Clay Minerals Society, Boulder, Colorado, USA.
- Yüksel, A.K., Güngör, T., Kılıç, A.M., 2014, Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolit tabanı metamorfik kayalarından yeni bulgular (Gediz-Kütahya), *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57, 2, 19-34.