

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

**TÜRKMENTOKAT-KARATEPE (ESKİŞEHİR) BÖLGESİ YUMRULU
SEPIYOLİTLERİNİN (LÜLETAŞI) JEOLojİSİ, MİNERALojİSİ,
KARAKTERİZASYONU VE KULLANIM ALANLARI**

Jeoloji Mühendisi Cumhuri Eren IŞIK

**Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Melahat BEYARSLAN
EYLÜL-2011**

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKMENTOKAT-KARATEPE (ESKİŞEHİR) BÖLGESİ YUMRULU
SEPIYOLİTLERİNİN (LÜLETAŞI) JEOLojİSİ, MİNERALojİSİ,
KARAKTERİZASYONU VE KULLANIM ALANLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisi Cumhur Eren IŞIK

(092116107)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Ağustos 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 8 Eylül 2011

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Melahat BEYARSLAN (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. A. Feyzi BİNGÖL (F.Ü)

Prof. Dr. Ali BİLGİN (S.D.Ü)

EYLÜL-2011

ÖNSÖZ

“Türkmentokat-Karatepe (Eskişehir) Bölgesi Yumrulu Sepiyolitlerinin (Lületaşı) Jeolojisi, Mineralojisi, Karakterizasyonu ve Kullanım Alanları” başlıklı bu çalışma, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Mineraloji-Petrografi bilim dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanması, arazi ve büro çalışmalarında yönlendirici ve bilgilendirici katkı ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Melahat BEYARSLAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Fırat Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. A. Feyzi BİNGÖL’e bu araştırmanın başından itibaren verdiği destek, yaptığı olumlu katkı ve yardımları için çok teşekkür ederim. Tez çalışmalarım kapsamında çalışmalar yapabilmem için 3 ay süreyle Amerika Birleşik Devletlerindeki University of Cincinnati’de araştırma ve inceleme yapma imkanı sağlayan YÖK’e, tez çalışmalarımın bazı analizlerini yapmamda bana yardımlarını esirgemeyen bu üniversitenin öğretim üyeleri Prof. Dr. Warren Huff ve Prof. Dr. Atilla KILINÇ’a teşekkür ederim.

BET analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Dumlupınar Üniversitesi öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Cem Özgür’e, termal analizlerin yapılmasında yardımcı olan Anadolu Üniversitesinden Araş. Gör. Hilmi YURDAKUL’a, arazi çalışmalarında yardımcı olan lületaşı madencisi Tahsin ERDOĞAN’a, bilgi ve görüşleri ile katkı sağlayan lületaşı sanatkarı Hüseyin ŞEKERCİOĞLU’na içten şükranlarımı sunarım.

Cumhur Eren IŞIK
ELAZIĞ-2011

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
TABLolar LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç ve Önceki Çalışmalar	1
1.2. Sepiyolit ile İlgili Genel Bilgiler	5
1.2.1. Sektörde Faaliyet Gösteren Uluslararası Organizasyonlar	7
1.2.2. Dünyada Mevcut Durum	8
1.2.2.1. Rezervler.....	8
1.2.2.1.1. Lületaşı	8
1.2.2.1.2. Sedimanter Sepiyolit.....	8
1.2.2.1.3. Türkiye’de Sepiyolitler.....	9
1.2.3. Türkiye’de Mevcut Durum	9
1.2.3.1. Lületaşı	9
1.2.3.2. Sedimanter Sepiyolit.....	9
1.2.4. Sepiyolit Oluşumu	11
1.2.5. Lületaşının En Önemli Özellikleri.....	12
1.2.5.1. Sepiyolitın Kullanım Alanları	12
1.2.5.1.1. Adsorpsiyon Özelliği.....	13
1.2.5.1.2. Katalitik Özellik	13
1.2.5.1.3. Reolojik Özellikler	14
1.2.6. Madenciligi.....	14
1.3. Lületaşının Kullanım Alanları	17

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa No</u>
2. MATERYAL VE METOD	22
2.1. Araziden Örneklerin Alınması.....	23
2.2. Örneklerin Laboratuvarında Hazırlanması	23
2.2.1. XRD Analizi için Numune Hazırlanması.....	23
2.2.2. XRF Analizi için Numune Hazırlanması.....	28
2.2.2.1. XRF Analizi için Ateş Kaybının Hesaplanması.....	33
2.2.3. DTA Analizi için Numune Hazırlanması	36
2.2.4. SEM ve BET Analizleri için Numune Hazırlanması.....	36
3. JEOLJİ	37
3.1. Karatepe Karmaşığı	38
3.2. Türkmentokat Ofiyolitleri.....	38
3.3. Yıldıztepe Formasyonu.....	41
3.4. Yürükkaracaören Kireçtaşı	41
3.5. Karlık Kuvarslı Diyorit Porfiri	42
3.6. İmişehir Konglomerası	42
3.7. Tektonizma	45
4. MİNERALJİ VE JEOKİMYA.....	46
4.1. XRD İncelemeleri.....	46
4.2. Kimyasal Analizler	54
4.3. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri.....	55
4.4. Spesifik Yüzey Alanı (BET) İncelemeleri.....	61
4.5. Termal Analiz (DTA, TG ve DTG) İncelemeleri	61
5. SONUÇLAR.....	64
6. ÖNERİLER.....	66
KAYNAKLAR	67
EKLER	71
ÖZGEÇMİŞ	74

ÖZET

Bu araştırmada; Eskişehir'in Türkmentokat-Karatepe köyleri arasında bulunan Sarısu Ocakları olarak da bilinen yumrulu sepiyolitlerin (lületaşlarının) jeolojisi, mineralojisi ve karakterizasyonu yapılmış, ayrıca kullanım alanları verilmiştir. Eskişehir lületaşlarının kendilerine has yüksek adsorpsiyon kapasitesi, kimyasal bileşimi, beyaz rengi, gözenekli yapısı, düşük özgül ağırlığı ve katalitik özelliklerinden dolayı endüstride birçok kullanım alanı vardır. Lületaşının en çok bilinen kullanımı pipo, puro ve ağızlık üretimindeki kullanımıdır. Diğer kullanımları arasında küpe, kolye, bilezik, kuru temizleme ve termal izolatör olarak kullanımları sayılabilir.

Çalışma alanında yer alan birimler alttan üste doğru, Üst Paleozoyik yaşlı Karatepe karmaşığı, Triyas yaşlı Türkmentokat ofiyolitleri, Jura yaşlı Yıldıztepe formasyonu, Jura yaşlı Yürükkaracaören kireçtaşı, Paleosen Karlık kuvarslı diyorit birimi, Pliyosen İmişehir Konglomerası ve güncel alüvyon'dan oluşmaktadır. Yumrulu sepiyolitler İmişehir Konglomera birimi içerisinde bulunmaktadır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda, çoğu araştırmacının da belirttiği gibi sepiyolit yumrularının İmişehir konglomera birimi içerisinde manyezit ve serpantin çakıllarının hidrotermal alterasyonu sonucu in-situ diyajenetik ramplasmanı ile oluştuğu düşünülmektedir.

Yumrulu sepiyolit örneklerinin yapılan XRD analizlerinin sonucunda mineralojik bileşiminde baskın olan mineralin sepiyolit olduğu saptanmıştır. Bazı örneklerde sepiyolit mineralinin yanı sıra ikincil mineral olarak dolomit'e rastlanmıştır. XRD verilerine göre kristallenme derecelerinin iyi olduğu söylenebilir.

Araziden alınan yumrulu sepiyolit örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre bileşimlerinde en fazla bulunan oksitler SiO_2 ve MgO 'dur. Dolomitli olan yumrulu sepiyolit örneklerinde ise SiO_2 ve MgO 'nun yanı sıra önemli oranda CaO 'da vardır. Örneklerin kimyasal analiz sonuçları XRD, SEM ve termal analiz sonuçları ile uyumludur.

Yumrulu sepiyolit örneklerinin SEM incelemelerinde nispeten saf olan örneklerin tamamen lifsi yapıya sahip oldukları saptanmıştır. Ancak dolomit içeren yumrulu sepiyolitlerin lifsi yapılarının içerisinde dolomit kristalleri de gözlenmiştir.

Yumrulu saf sepiyolit örneklerinin (S1 ve S3) BET analizlerinde yüzey alanları sırasıyla $379,45\text{m}^2/\text{g}$ ve $367,71\text{m}^2/\text{g}$ gibi yüksek değerlerde hesaplanmıştır. Ancak dolomitli olan türlerde (S2 ve S4) yüzey alanları sırasıyla $341,22\text{m}^2/\text{g}$ ve $330,15\text{m}^2/\text{g}$ olarak saf olanlara nispeten daha düşük değerlerde bulunmuştur. Yumrulu sepiyolitlerin

hesaplanan bu yüksek yüzey alanı değerleri adsorbsiyon kapasitesinin yüksekliğini de vurgulamaktadır.

Yumrulu sepiyolit örneklerinin karakterizasyonunu belirlemek için yapılan XRD, XRF, SEM, BET ve termal analiz incelemeleri sonucunda, Türkmentokat-Karatepe bölgesi (Sarısu bölgesi) lületaşlarının en iyi kalitede olan yarı kıymetli taş niteliğindeki hakiki lületaşları oldukları saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lületaşı, Yumrulu Sepiyolit, Eskişehir

SUMMARY

The Geology, Mineralogy, Characterization and Utilization of Nodular Sepiolite (Meerschaum) of Türkmentokat-Karatepe District (Eskişehir)

In this study; the geology, mineralogy and characterization of nodular sepiolite (also known as meerschaum) between the Türkmentokat and Karatepe villages (Eskişehir), which is called as Sarısu deposits, were done and the utilization of the meerschaum was studied. Because of its unique properties, such as adsorption chemical composition, white color, good porosity, low specific gravity and catalytic properties, meerschaum has many industrial applications. The most common usage of Eskişehir's meerschaum is pipemaking. Small quantities have been used for other purposes, such as decoration (bracelets and necklaces), removing stains, and as thermal insulating material.

The studied area is located in the east of Miocene aged Eskişehir basin. The meerschaum was occurred as nodules and pebbles in very poorly sorted İmişir Conglomerates which is composed of pebbles and cobbles of altered ultramafic rocks, magnesite and sepiolite. These beds are directly underlain by the ophiolite complex of Türkmentokat's ophiolitic melange. On the basis of field investigations and laboratory studies, it is concluded that the nodular sepiolites (meerschaum) was probably formed in relatively shallow water under alkaline conditions, as a result of the in-situ replacement of magnesite (and/or serpentine?) gravels as stated by many researchers.

XRD data indicates that sepiolite is the main mineral of the both samples of relatively pure nodular sepiolites (S1 and S3), while dolomite was identified in the other two samples (S3 and S4) as the accessory non clay mineral.

The SiO₂ and MgO were the two dominant oxides detected mostly within the samples of pure nodular sepiolites (S1 and S3) with respect to the chemical analysis done by XRF methods. On the other hand, in addition to SiO₂ and MgO percentages, considerable percentages of CaO was determined in the other two samples, indicating dolomite contamination within the samples (S3 and S4).

The SEM photomicrographs of four meerschaum samples showed distinctive fibrous morphology. The SEM images of dolomite-bearing meerschaum samples displayed dolomite crystals within fibrous texture. Both the SEM images and XRD data of the samples show relatively well-crystallized meerschaum.

According to the BET analysis, the samples of the pure meerschaums (S1 and S3) had about 30 to 40 m²/g more specific surface area than the dolomite-bearing meerschaum samples (S3 and S4), indicating relatively better adsorption capacity of the formers than that of latters.

On the basis of XRD, XRF, SEM, BET and thermal analysis, the raw meerschaums occurred within İmişehir Conglomerates as nodules and pebbles between Türkmentokat and Karatepe villages (known as Sarısu Quarries) can be classified as ‘right meerschaum’ which indicates the best quality meerschaum as well as semi precious stone.

Key Words: Meerschaum, Nodular Sepiolite, Eskisehir (Turkey)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Çalışma alanının haritası	1
Şekil 1.2.	Türkmentokat-Karatepe bölgesinin uydu görünümü	3
Şekil 1.3.	Çalışma alanında yumrulu sepiyolitlerin çıkarıldığı Sarısu ocaklarının uydu görünümü.....	3
Şekil 1.4.	Lületaşından yapılmış ağızlık, biblo ve bazı süs eşyaları	5
Şekil 1.5.	Türkiye kil yatakları haritası	9
Şekil 1.6.	Hidrotermal alterasyon sonucu ultramafik kayaç üzerinde oluşan manyezit.	11
Şekil 1.7.	Konglomera birimi içerisinde in-situ ramplasman ile oluşan sepiyolit	12
Şekil 1.8.	Beyaz lületaşının absorbe kapasitesini gösteren pipo örnekleri.....	13
Şekil 1.9.	Açılan bir lületaşı kuyusunun görünümü	14
Şekil 1.10.	Çıkrık yöntemiyle yapılan lületaşı madenciliği	15
Şekil 1.11.	Geçmişteki yeraltı lületaşı madenciliğini gösteren fotoğraf	17
Şekil 1.12.	Eskişehir lületaşından yapılan klasik pipo koleksiyonu.....	18
Şekil 1.13.	Lületaşından yapılan bir dekoratif biblo	19
Şekil 1.14.	Lületaşından yapılan kolye koleksiyonu	20
Şekil 1.15.	Lületaşından yapılan bilezik koleksiyonu	20
Şekil 1.16.	Lületaşından yapılan küpe koleksiyonu	20
Şekil 1.17.	1873 yılında kehribar, turkuvaz ve gümüş ile dekore edilmiş lületaşı pipo..	21
Şekil 2.1.	Örneklerin XRD analizleri'nin yapıldığı XRD cihazı.	23
Şekil 2.2.	Sepiyolit numunesinin XRD analizi için temizlenmesi	24
Şekil 2.3.	Sepiyolit numunesinin seramik havanda öğütülmesi	24
Şekil 2.4.	Sepiyolit numunesinin nem kaybı için fırında bekletilmesi.....	25
Şekil 2.5.	Sepiyolit numunesinin toz haline getirildiği tungstenkarbid kapsül	26
Şekil 2.6.	Sepiyolit numunesini toz haline getiren öğütücü makine	26
Şekil 2.7.	Pyreks kaplardaki toz sepiyolit numuneleri	27
Şekil 2.8.	Sepiyolit'in macun haline getirilmesi	27
Şekil 2.9.	XRD analizi için hazırlanmış incekesit üzerindeki sepiyolit numuneleri.....	28

ŞEKİLLER LİSTESİ (Devamı)

Sayfa No

Şekil 2.10.	XRF peleti hazırlamak için kullanılan gereçler.	29
Şekil 2.11.	Tüpün içerisine yüzeysel sürtünmeyi azaltıcı spreyin sıkılması	29
Şekil 2.12.	Cam tokmak ile alüminyum kabın tüpün tabanına yerleştirilmesi.....	30
Şekil 2.13.	Metal kaşık ile tüpün içerisine sepiyolit konulması.....	30
Şekil 2.14.	Alüminyum parçaların basınçlı sıkıştırıcı makinesinin içerisine yerleştirilmiş görünümü.....	31
Şekil 2.15.	Alüminyum parçaların basınçlı sıkıştırıcı makinesinin içerisinden çıkarılması	32
Şekil 2.16.	XRD analizi yapılmak üzere hazırlanmış olan peletler	32
Şekil 2.17.	Toz halindeki sepiyolit'in plastik tüp içerisine konulması	33
Şekil 2.18.	110 °C sıcaklıktaki fırından seramik kapların metal kısıkaç ile alınması	33
Şekil 2.19.	Seramik kapların içersindeki sepiyolit numuneleri.....	34
Şekil 2.20.	Seramik kaptaki sepiyolit numunelerinin 200°C'deki fırına konulması.....	34
Şekil 2.21.	Seramik kaptaki sepiyolit numunelerinin 110°C'deki fırında soğuması.....	35
Şekil 2.22.	Oda sıcaklığına kadar soğuyan sepiyolit numunelerinin hassas terazide tartılması.	35
Şekil 3.1.	Çalışma alanının jeoloji haritası	37
Şekil 3.2.	Çalışma alanının B-D doğrultulu kesiti.....	38
Şekil 3.3.	Çalışma alanının K-G doğrultulu kesiti	38
Şekil 3.4.	Türkmentokat ofiyolitleri üzerinde açılan kromit araştırma galerisi	39
Şekil 3.5.	Araziden alınan kromit örneği'nin görünümü	40
Şekil 3.6.	Türkmentokat ofiyoliti'nin çatlaklarındaki manyezit damarlarının görünümü.....	40
Şekil 3.7.	Serpantin çatlaklarında gelişen karbonatlaşma'nın görünümü.....	41
Şekil 3.8.	Yürükkaracaören kireçtaşı biriminde işletilen kireçtaşı ocaklarının uzaktan görünümü	42
Şekil 3.9.	İmişehir kongloması içerisindeki çakılların ve hamur malzemesinin görünümü.....	43
Şekil 3.10.	İmişehir kongloması içerisinde açılan lületaşı kuyusunun görünümü	44
Şekil 3.11.	İmişehir konglomera birimini örten alüvyonların görünümü	44

ŞEKİLLER LİSTESİ (Devamı)

Sayfa No

Şekil 4.1.	Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S1A nolu saf sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı	46
Şekil 4.2.	Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S1B nolu saf sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı	47
Şekil 4.3.	Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S2A nolu dolomit (d=2.860°A) içeren sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı.....	48
Şekil 4.4.	Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S2B nolu dolomit (d=2.858°A) içeren sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı.....	48
Şekil 4.5.	Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S3A nolu saf sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı	49
Şekil 4.6.	Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S3B nolu saf sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı	49
Şekil 4.7.	Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S4A nolu dolomit (d=2.862°A) içeren sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı.....	50
Şekil 4.8.	Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S4B nolu dolomit (d=2.867°A) içeren sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı.....	50
Şekil 4.9.	Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan bütün örneklerin X-ışınları difraktogramı	51
Şekil 4.10.	Manyezit ocağından alınan M1A örneğine ait manyezit ve dolomit fazlarını gösteren X-ışınları difraktogramı.	52
Şekil 4.11.	Manyezit ocağından alınan M1B örneğine ait manyezit ve dolomit fazlarını gösteren X-ışınları difraktogramı	52
Şekil 4.12.	Manyezit ocağından alınan M2A örneğine ait manyezit fazını gösteren X-ışınları difraktogramı	53
Şekil 4.13.	Manyezit ocağından alınan M2B örneğine ait manyezit fazını gösteren X-ışınları difraktogramı	53
Şekil 4.14.	Manyezit ocağından alınan M2A ve M2B nolu manyezit örneklerinin X-ışınları difraktogramı	54
Şekil 4.15.	S1A örneğine ait yumrulu sepiyolit lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü	56
Şekil 4.16.	S1B örneğine ait yumrulu sepiyolit lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü	56
Şekil 4.17.	S2A örneğine ait yumrulu sepiyolit lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü	57

ŞEKİLLER LİSTESİ (Devamı)

Sayfa No

Şekil 4.18. S2B örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit in lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü	57
Şekil 4.19. S2B örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit in Şekil 3.21'deki spectrum 2 bölgesine ait EDX (Energy dispersive x-ray spectra) analizi	58
Şekil 4.20. S3A örneğine ait yumrulu sepiyolit in lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü	58
Şekil 4.21. S3B örneğine ait yumrulu sepiyolit in lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü	59
Şekil 4.22. S4A örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit in lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü	59
Şekil 4.23. S4B örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit in lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü	60
Şekil 4.24. S4B örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit in EDX (Energy dispersive x-ray spectra) analizi	60
Şekil 4.25. S1 örneğine ait termal analiz grafikleri	62
Şekil 4.26. S2 örneğine ait termal analiz grafikleri	62
Şekil 4.27. S3 örneğine ait termal analiz grafikleri	63

TABLÖLAR LİSTESİ

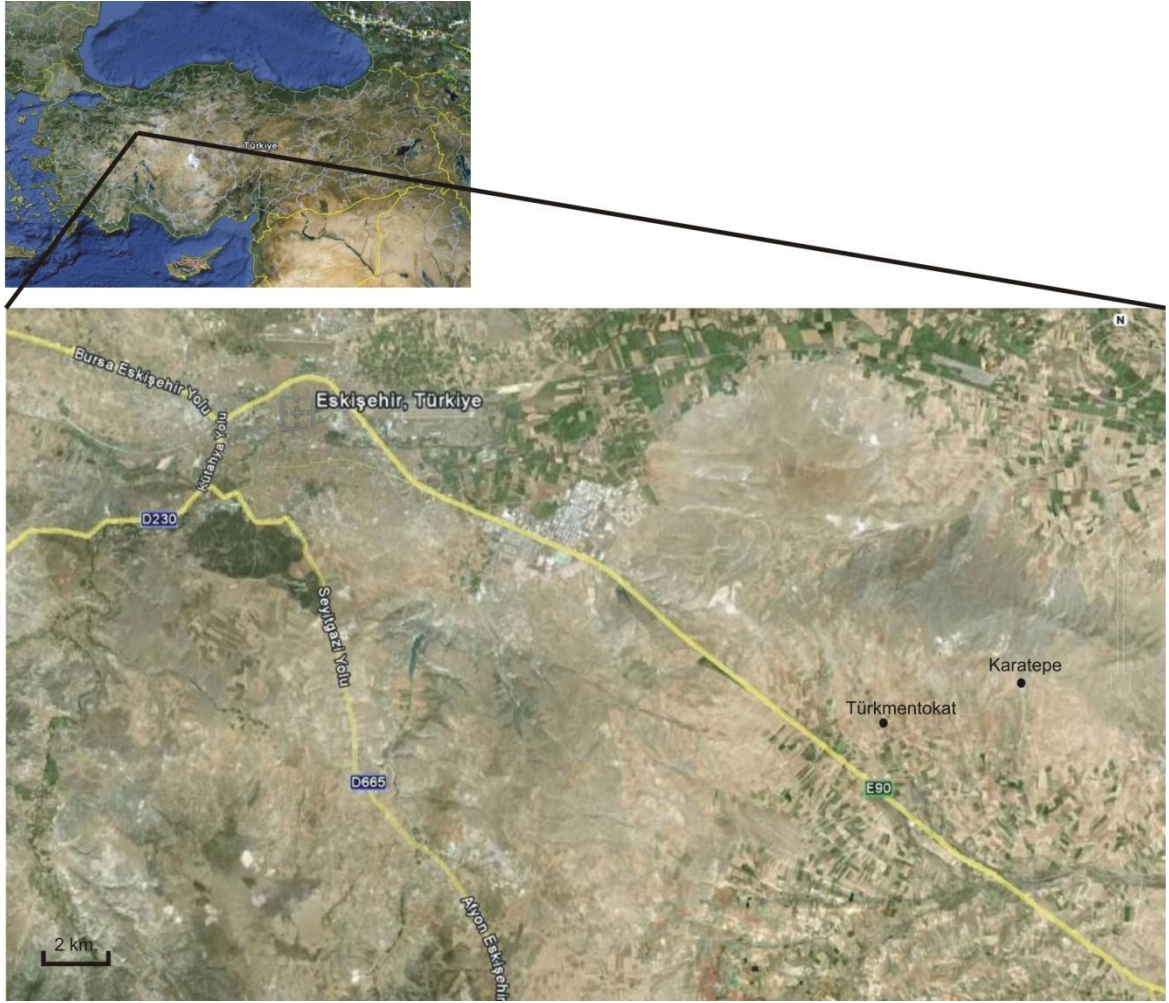
Sayfa No

Tablo 1.1. Bazı lületaşı (α -sepiyolit) ve sedimanter sepiyolitlerin (β -sepiyolit) kimyasal bileşimi.....	7
Tablo 1.2. Eskişehir civarındaki bazı üretim alanlarının lületaşı rezervleri	10
Tablo 1.3. Eskişehir civarındaki tabakalı sepiyolit rezervleri.	10
Tablo 4.1. Yumrulu sepiyolit (lületaşı) ve manyezit örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları.....	55
Tablo 4.2. BET analizi ile elde edilen yumrulu sepiyolit örneklerinin spesifik yüzey alanı değerleri	61

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı Eskişehir'in doğusunda yer almaktadır (Şekil 1. 1).



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Türkiye’de birçok sepiyolit yatağı bulunmaktadır. Eskişehir bölgesindeki yataklar ticari bakımdan en önemli olanıdır. Bu bölgede üç büyük (Türkmentokat-Karatepe, Sepetçi ve Nemli) ve iki küçük (Yürükakçayır ve Kireçköy) sepiyolit yataklanması bulunmaktadır (Sarız ve Işık, 1995). Konglomeralar içinde yumrulu halde bulunan sepiyolit’e ticari olarak lületaşı (α -sepiolite), tabakalı halde bulunan türe ise sedimenter veya sanayii sepiyoliti (β -sepiolite) denir.

Lületaşı sanatçıların yapmış olduğu ticari sınıflamaya göre, Eskişehir bölgesinde; hakiki lületaşı, kumlu lületaşı ve kara lületaşı olarak üç tür lületaşı vardır. Bunlardan hakiki lületaşı ile kumlu lületaşı ticari değere sahiptir. Kara lületaşının diğer ikisi kadar ticari değeri yoktur. Çalışma alanı olan Türkmentokat-Karatepe arasındaki Sarısu bölgesi en önemli ve en kaliteli hakiki lületaşlarının çıkarıldığı bölgedir (Şekil 1.2). Kumlu lületaşları çalışma alanı dışında yer alan ve Sepetçi bölgesi olarak da bilinen Beyaz Altın köyü çevresindeki ocaklardan çıkarılmaktadır (Işık ve diğ., 2010).

Eskişehir bölgesindeki hakiki lületaşı ve kumlu lületaşı olarak bilinen lületaşları pipo yapısının başlıca malzemesidir. Ancak çıplak gözle birbirinden ayırt edilemeyen bu iki materyal adsorpsiyon kapasitesi, özgül ağırlık, beyazlık ve kuruma küçülmesi gibi fiziksel özellikleri bakımından birbirlerinden farklılık gösterirler. Hakiki lületaşları Eskişehir yöresinde yerel olarak ‘Beyaz Altın’ olarak da isimlendirilen yarı kıymetli bir taştır. Bu nedenle hakiki lületaşının birim fiyatı kumlu lületaşından 2-3 kat daha yüksektir. Kumlu lületaşından yapılan pipoların bir kısmında ya üretim esnasında veya kullanım sonrasında çatlamlar veya deformasyonlar olduğundan lületaşı imalatında çoğunlukla hakiki lületaşları tercih edilmektedir. Işık ve diğ (2010) kumlu lületaşının mikro yapısının bu çatlamların ana nedeni olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmanın amacı; sepiyolitlerin genel özelliklerini açıklamak ve en kaliteli yumrulu sepiyolitlerin (lületaşı) çıkarıldığı bölge olan Türkmentokat-Karatepe bölgesi (Sarısu bölgesi) (Şekil 1.2, Şekil 1.3) yumrulu sepiyolitlerinin jeolojisi, mineralojisi, karakterizasyonu ve kullanım alanlarını belirtmektir.



Şekil 1.2. Türkmentokat-Karatepe bölgesinin uydu görünümü



Şekil 1.3. Çalışma alanında yumrulu sepiyolitlerin çıkarıldığı Sarısu ocaklarının uydu görünümü

Birçok araştırmacı bölgede sepiyolit, manyezit ve krom yatakları üzerine çalışmalar yapmıştır (Sarıiz, 1990; Ece ve Çoban, 1994). Bölgedeki yumrulu ve tabakalı sepiyolit oluşumunun eski göl ortamlarının nadir örneklerinden olduğunu belirtmiştir. Yazarlar Miyosen gölünün kenar kesimlerindeki peridotitler içinde bulunan manyezit yataklarının sepiyolit yumrularına ana kayaç görevi üstlendiğini belirtmiştir. Sarıiz ve Işık (1995) lületaşı yataklarının Pliyosen yaşlı İmişehir konglomera birimi içerisinde oluştuğunu ve dolomit, manyezit, opal-CT ve lizardit ile birlikte bulunduğunu saptamışlardır. Yatakların

nispeten sığ alkalın sularda manyezit çakıllarının ornatılması neticesinde oluştuklarını belirtmiştir. Işık ve diğ.(2010) bölgede üç tür yumru lu sepiyolit (lületaş) olduğunu ve mikro yapılarının bunların kalitelerini etkilediklerini saptamışlardır.

Türkiye'deki sepiyolit yatakları Orta Anadolu havzasında Oligo-Miyosen'de oluşmuştur. Çoğu araştırmacılar lületaşlarının, magnezit ve/veya serpantinlerin hidrotermal alterasyonu sonucu oluştuklarını bildirmiştir (Sarıiz 1990, Ece ve Çoban 1994, Sarıiz ve Işık 1995 ve Ece 1998).

Lületaşlarının bilinen en çarpıcı özelliği yüksek adsorpsiyon kapasitesidir. Birçok araştırmacı bu bakımdan lületaşını incelemiştir (Wang ve diğ., 2001; Gonzalez v diğ., 2001; Sabah ve diğ., 2002; Turan ve diğ., 2005; Özdemir ve diğ., 2007; Lazarević ve diğ., 2007; Doğan ve diğ., 2008; Öztürk and Köse, 2008; Krekeler and Guggenheim, 2008; Barrera ve diğ., 2009). Bütün araştırmacılar çalışmaları sonucunda sepiyolit'in üstün adsorpsiyon kapasitesine vurgu yapmışlardır.

Her ne kadar bazı lületaş oluşumları İspanya, Kenya, ABD, Japonya, Rusya ve Çin'de bildirilmiş ise de, bunların hiçbir i işlenilebilme bakımından uygun değildir. Bu nedenle Eskişehir lületaşları, lületaşlarında aranılan özellikler bakımından dünyadaki benzerleri arasında en iyi olanıdır (Galan, 1987).

Eskişehir lületaşlarının Roma İmparatorluğu zamanından beri kullanıldığına inanılmaktadır (Ece ve Çoban 1994). Lületaşının en çok bilinen kullanımı pipo, puro ve ağızlık üretimindeki kullanımıdır. Diğer kullanımları arasında küpe, kolye, bilezik, kuru temizleme ve termal izolatör olarak kullanımları sayılabilir (Şekil 1.4).

Eskişehir lületaşlarının kendilerine has yüksek adsorpsiyon kapasitesi, kimyasal bileşimi, beyaz rengi, gözenekli yapısı, düşük özgül ağırlığı ve katalitik özelliklerinden dolayı en yaygın kullanımı pipo imalatıdır. Eskişehir'de sanatçılar tarafından üretilen lületaş pipolar başlıca ABD, Avustralya, Japonya, Kanada, Çin, İngiltere, Almanya, İtalya, Norveç, Danimarka ve diğer Avrupa ülkelerine ihraç edilmektedir.



Şekil 1.4. Lületaşından yapılmış ağızlık, biblo ve bazı süs eşyaları

1.2. Sepiyolit ile İlgili Genel Bilgiler

Sepiyolit [$Mg_4SiO_6O_{15}(OH)_2 \cdot 6H_2O$] endüstride birçok alanda kullanımı olan bir kil mineralidir. Almanca “deniz köpüğü” anlamına gelen “meerschaum” olarak da bilinir. Sepiyolit, Sepiyolit-Paligorskit grubuna ait, magnezyum hidrosilikat’ten ibaret doğal bir kil mineralidir. Tetrahedral ve oktahedral oksit tabakalarının istiflenmesi sonucu oluşan lifsi bir yapısı vardır ve lif boyunca devam eden kanal boşluklarına sahiptir (Vicente Rodriguez ve dig.,1994).

Sepiyolit, Fersman (1913)’a göre tabiatta iki değişik poliformik yapıda çökelmektedir. Bunların birincisi; amorf, kompakt halde ve masif yumrular şeklinde olan ve dış görünüşü deniz köpüğünü andırdığı için Almanca Meerschaum, Osmanlı Türkçesiyle Derya köpüğü ve günümüzde lületaşı adı ile bilinen α -sepiyolit, ikincisi ise; küçük, yassı ve yuvarlak partiküller veya amorf agregalar halinde oluşan β -sepiyolittir (Sarıiz ve Nuhoglu,1992). Günümüzde sanayi sepiyoliti olarak bilinen ve süs eşyası yapımına uygun olmayan β -sepiyolit, tabakalı bir sepiyolit türü olarak, oluşumu, bileşimi, özellikleri ve kullanım alanları itibariyle α -sepiyolit’ten ayrılır. Bunlardan birinci tip

sepiyolit oluşumu, ülkemizde özellikle Eskişehir yöresinde ve Konya-Yunak civarında bulunan "lületaşı (meerschau)" dır. İkinci tip sepiyolit ise, "sanayi sepiyoliti" veya "tabakalı sepiyolit" olarak da adlandırılan "sedimanter sepiyolit"lerdir. Bunlara daha çok Eskişehir-Sivrihisar ve Mihaliççık-Yunusemre yörelerinde rastlanmaktadır. Ayrıca volkanosedimanter kökenli malzemelerin (vitrik tuf-kül tufu) diyajenetik süreçler içerisinde, yeraltı ve yerüstü sularının da etkisi sonucu oluşmuş sepiyolit, özellikle Na-sepiyolit (loughlinit) yataklanmaları da önemli bir yer tutar (Eskişehir-Mihaliççık-Koyunağılı).

Bunların dışında ekonomik yataklanmalar oluşturmamasına rağmen, dünyada ve ülkemizde tanımlanmış pek çok farklı oluşum şekillerine sahip sepiyolit türleri mevcuttur. Bunlardan bazıları; Fe-sepiyolit, ksilotil, Ni-sepiyolit, Mn-sepiyolit, Al-sepiyolit ve volkanosedimanter malzemelerin hidrotermal alterasyon ürünü olan Al, Fe-sepiyolittir (Bolu- Kıbrısçık, Çankırı-Orta).

Basit olarak sepiyolit sulu magnezyum silikat, atapulgit (paligorskit) ise sulu magnezyum alüminyum silikat bileşimli kil mineralleridir. Sabah ve Çelik (1999)'da kimyasal formülleri (ideal teorik bileşimleri) ise şu şekilde bildirmiştir:

Sepiyolit : $(\text{Si}_{12})(\text{Mg}_9)\text{O}_{30}(\text{OH}_6)(\text{OH}_2)_4.6\text{H}_2\text{O}$

Atapulgit (Paligorskit) : $(\text{Mg},\text{Al})_2 \text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH}).4\text{H}_2\text{O}$

Sepiyolit mineralinin dokusu, yüzey alanı, porozitesi, kristal morfolojisi ve bileşimi, bu mineralin teknolojik uygulamalarına baz teşkil eden fizikokimyasal özellikleri ile yakından ilişkilidir. Sepiyolit yapısı, ısı muamelelere karşı hassastır. Zeolitik ve adsorbe su molekülleri, ısı derecesi yükseldikçe kaybedilir. Mineral ayrıca asitle muameleye karşı da duyarlı olup bu işlem sonucu kristal yapısı kısmen tahrip olabilir. Hem ısı hem de asit işlemleri, sepiyolitın yüzey özellikleri ve porozitesini değiştirebilir. Böylece mineralin en faydalı özelliklerinden (örneğin absorptif, kolloidal ve katalitik özellikler) bazılarını bu işlemlerle değiştirmek mümkün olabilmektedir. Tablo 1.1'de bazı lületaşı ve sedimanter sepiyolitlerin kimyasal bileşimleri görülmektedir.

Levha yapısına sahip diğer kil minerallerine göre daha nadir bulunmaları, çok özel şartlarda yataklanmalar göstermeleri, dokusal özellikleri, kristal yapılarındaki kanallar tarafından sağlanan yüksek özgül yüzey alanları ile absorpsiyon özelliği, porozitesi, kristal yapısı ve kompozisyonuna bağlı uygun nitelikli fizikokimyasal özellikleri, sepiyoliti tüm dünyada kıymeti gittikçe artan bir hammadde konumuna getirmişlerdir.

Tablo 1.1. Bazı lületaşı (α -sepiyolit) ve sedimanter sepiyolitlerin (β -sepiyolit) kimyasal bileşimi (Sabah ve Çelik, 1999)

%	Lületaşı (1)	Lületaşı (2)	Sedimanter Sepiyolit (3)	Sedimanter Sepiyolit (4)	Hidrotermal Sepiyolit (5)
SiO ₂	52.90	53.02	55.97	60.60	57.00
MgO	25.89	23.13	22.81	22.45	10.10
Al ₂ O ₃	0.27	0.19	1.56	1.73	8.50
Na ₂ O	-	0.02	0.12	0.16	3.70
K ₂ O	-	0.02	0.27	0.58	1.20
Fe ₂ O ₃	0.36	0.51	0.77	0.62	2.50
MnO	-	-	0.02	-	0.20
TiO ₂	-	-	0.12	-	0.30
CaO	0.01	0.06	0.57	0.40	2.00
A.Z.	20.55	21.63	17.75	13.22	13.35

1. Eskişehir-Sepetçi (Sarıkaya ve diğ., 1985); 2. Konya-Yunak (Yeniyol ve Öztunalı, 1985); 3. Eskişehir-Sivrihisar (ITIT, 1993); 4. Vallecas sepiyoliti-İspanya (Singer ve Galan, 1984); 5. Bolu-Kırıscık (İrkeç, 1992).

1.2.1. Sektörde Faaliyet Gösteren Uluslararası Organizasyonlar

İspanya'daki TOLSA Group sektördeki en büyük kuruluştur. Aynı zamanda Avrupa'daki en büyük sepiyolit araştırma laboratuvarlarına da sahip olan bu firma, şimdiye kadar birçok patent almış ve sepiyolit kullanımı ile ilgili çok detaylı çalışmalar yapmıştır.

Japonya'da sepiyolit konusuna son yıllarda büyük ilgi duyulmaya başlanmış olup teknolojik araştırmalar daha ziyade TOYOTA Central Research Laboratory tarafından yürütülmektedir. Toyota Grubuna bağlı olan bu birim, Nagoya'da bulunmaktadır. Ayrıca Mitsubishi Group ve NGK gibi diğer büyük gruplar da konuyla ilgili yoğun araştırma projeleri yürütmektedir. Halen Japonya'da tescil ettirilmiş 1500 civarında sepiyolit kullanım patenti mevcuttur.

Yine Japonya'da Waseda Üniversitesinde(Tokyo), sepiyolit konusunda bilimsel çalışmalar yürüten araştırmacılardan oluşan, Mineralogical Society'nin bir alt uzmanlık kuruluşu olan Sepiolite Association bulunmaktadır. Burada sadece sepiyolite yönelik çalışma ve araştırmaların tartışıldığı toplantı ve konferanslar düzenlenmekte, bu konuda yayınlar yapılmaktadır.

1.2.2. Dünyada Mevcut Durum

1.2.2.1. Rezervler

1.2.2.1.1. Lületaşı

Dünyada lületaşı tipi sepiyolit yatakları, ülkemiz dışında başlıca Somali, Tanzanya, Kenya ve Meksika'da bulunmaktadır. Somali'de, iyi kaliteli, düşük yoğunluklu ve yüksek poroziteli lületaşı ile birlikte sedimanter sepiyolit oluşumları da mevcuttur. Bunların toplam rezervleri, 2 milyon tonu görünür olmak üzere 50-100 milyon ton arasında olduğu tahmin edilmektedir. Tanzanya lületaşı hakkında ayrıntılı bilgi bulunmamakla beraber, çeşitli kalitelerde beyaz, açık yeşil ve açık kahverengi renklerde olduğu bilinmektedir (DPT, 1996). Meksika'daki nodüllü veya bloklu yapıdaki iki yatak ise ticari olarak işletilmeye elverişlidir.

Bunların dışında, Madagaskar, Fas, İran, Hindistan, Fransa, Yugoslavya, Çekoslovakya, Yunanistan, İspanya, Avusturya ve ABD gibi ülkelerde de varlığı bilinmekle birlikte, ticari değerleri ve rezervleri hakkında bir bilgi elde edilememiştir. Muhtemelen ekonomik rezerve sahip yataklar değildir.

1.2.2.1.2. Sedimanter Sepiyolit

Dünya sedimanter sepiyolit üretiminin hemen hemen tamamı İspanya tarafından karşılanmaktadır. Bu ülkede pek çok sepiyolit yatağı bulunmaktadır. Alkalin gölsel ortam ürünleridir. Lebrija havzasında 9 milyon ton civarında sepiyolit+paligorskit rezervi bulunduğu Galan (1979) tarafından belirtilmiştir. Bu killerin üretim sonrası arıtılması gerekmektedir. Tüm havzalarda (Tajo, Torrejon, Benfıca-San Martin de Pusa ve Lebrija) birkaç on milyon ton rezerv olması muhtemeldir.

İspanya dışında Çin Halk Cumhuriyeti'nde bazı ekonomik sedimanter sepiyolit yataklarının varlığı bilinmektedir. Rezervleri konusunda bilgi yoktur, ancak bir miktar üretim yapılarak Japonya'ya gönderildiği bilinmektedir. İspanya'nın ardından en büyük sedimanter sepiyolit rezervlerine Türkiye sahiptir.

1.2.2.1.3. Türkiye’de Sepiyolitler

Türkiye’de Çanakkale, Bursa, Kütahya, Konya bölgelerinde olmasına rağmen, Eskişehir bölgesi yatakları ticari olarak en önemli olanıdır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Türkiye kil yatakları haritası (www.mta.gov.tr).

1.2.3. Türkiye’de Mevcut Durum

1.2.3.1. Lületaş

Ülkemizde ekonomik olarak değerlendirilen sepiyolit oluşumları, Eskişehir yöresinde yoğunlaşmaktadır. Lületaş tipi sepiyolit yatakları, Eskişehir-Margı, Sarısu, Sepetçi, Gökçeoğlu, Başören, Türkmentokat ve Nemli yörelerinde iki yüz yıldan beri işletilmektedir. Konya-Yunak yöresinde bulunan lületaş oluşumları ise henüz işletilmemektedir (Tablo 1.2).

1.2.3.2. Sedimanter Sepiyolit

Türkiye’de sedimanter sepiyolit yataklarının aranması ve değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar, MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1990 yılında başlatılmış ve İç Anadolu Neojen Havzasının Yukarı Sakarya kesiminde (Eskişehir-Sivrihisar güneyi) jeolojik etütler, havza etütleri bazında hemen hemen tamamlanmıştır.

Sedimanter sepiyolit oluşumları karbonat istifleri içinde yer almakta ve cevher kalitesi, sedimantasyon şartlarına bağlı olarak değişimler göstermektedir. Sepiyolitli

dolomitler ile saf sepiyolit oluşumları arasında keskin geçişler gösteren cevherleşme, Türktaciri, İlyaspaşa, Tatar (Yenidoğan) Kurtşeyh ve Oğlakçı köyleri civarlarında ekonomik zenginleşmeler şeklindedir. Bu bölgelerde 1., 2. ve 3. kalite sepiyolit ayırımları gerçekleştirilmiş olup bu sınıfların sepiyolit minerali içerikleri sırasıyla (% olarak) >90, 70-89 ve 50-69 (DPT, 1996). Tablo 1.3'de Eskişehir civarındaki tabakalı sepiyolit rezervleri verilmiştir.

Tablo 1.2. Eskişehir civarındaki bazı üretim alanlarının lületaşı rezervleri (DPT, 1996)

BÖLGE	REZERV (mümkün)	
	Sandık	Ton
Sarısu Bölgesi	460.000	5.520
Kayıköyü Bölgesi	853.000	10.236
Gökçeoğlu Bölgesi	50.670	608
TOPLAM	1.363.670	16.364

Kaynak: DPT- 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı, ÖİK Raporu "Endüstri Mineralleri".

Tablo 1.3. Eskişehir civarındaki tabakalı sepiyolit rezervleri (Sabah ve Çelik, 1999).

	Yayılım Alanı(m ²)	Tabaka Kalınlığı(m.)	Mümkün Rezerv(Ton)
Yörükçayır	1.300.000	1.80	4.680.000
Kepeztepe	800.000	2.00	3.200.000
Çerkezkireç	8.000.000	2.00	32.000.000
Söğütlük	7.000.000	1.20	16.800.000
			Toplam 56.680.000

1.2.4. Sepiyolit Oluşumu

Sepiyolit; 1) Tuzlu ve alkalın gölsel ortamlar (Galan ve Castillo, 1984; Rateev, Pokidin ve Kheirov, 1963) ile denizel ortamlarda doğrudan çökelim (Wollast, Mackenzie ve Briker, 1968; Fleischer, 1972), 2) Ultramafik kayaçların hidrotermal alterasyonu (Calliere ve Henin, 1949) ve manyezit çakıl ve bloklarının diyajenetik ramplasmanı (Yeniyol ve Öztunalı, 1985; Ece ve Çoban, 1994; Sarıöz ve Işık, 1995) ile oluşur.

Eskişehir yöresindeki lületaşı oluşumları doğrudan manyezit oluşumları ile ilgilidir. Topoğrafik olarak yükseklikleri oluşturan ofiyolitik kayaçlar içerisinde yer yer manyezit bulunmaktadır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Hidrotermal alterasyon sonucu ultramafik kayaç üzerinde oluşan manyezit

Pliyosen-Pliyokuvaterner dönemlerinde oldukça etkili olan mevsimsel yağışlara bağlı örgülü tip akarsular, yükseltilerden havzalara büyük ölçüde malzeme sağlamışlardır. Taşıdıkları silt-kum-çakıl ve blok boyutundaki bu malzemeleri yükseltilerin hemen önlerinden itibaren havzaların kenar zonlarında belirli bir dizilim içerisinde çökeltirek dolomit çimentolu konglomeraları oluşturmuşlardır. Bu akarsuların drenaj alanları içerisinde manyezitler de olduğu için manyezit çakılları da yer yer konglomera birimi içerisinde yer almıştır. Çok değişik boydaki bu manyezit çakılları, gerek formasyon içi sular, gerekse de yeraltı suyunun etkileri ile zaman içerisinde sepiyolit'e (lületaşı) dönüşmüşlerdir (in-situ ramplasman). İlksel malzeme olan manyezit parçalarının gerek büyüklükleri, gerekse safsızlıkları, oluşacak olan lületaşının da kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır (DPT, 1996)(Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Konglomera birimi içerisinde in-situ ramplasman ile oluşan lületaşı

1.2.5. Lületaşının En Önemli Özellikleri

- 1) Adsorpsiyon
- 2) Kimyasal bileşim
- 3) Beyazlık ve hafiflik
- 4) Gözeneklilik
- 5) Düşük özgül ağırlık
- 6) Özgül yüzey alanı

1.2.5.1. Sepiyolitın Kullanım Alanları

Sepiyolitın kullanım alanları başlıca aşağıdaki özelliklerine dayanır.

- 1) Adsorpsiyon Özelliği
- 2) Katalitik Özellik
- 3) Reolojik Özellikler

1.2.5.1.1. Adsorpsiyon Özelliği

Adsorpsiyon özelliği lületaşının en önemli özelliğidir (Şekil 1.8). Bu özelliğine bağlı olarak aşağıdaki alanlarda kullanılır.

- 1) Koku giderici olarak çiftlik ve ahırlarda; evcil hayvanlar ve ahır hayvanlarının atıklarının emilmesi ve koku giderilmesi için zeminlerde (pet-litter),
- 2) Tarım ve böcek ilaçları taşıyıcısı olarak,
- 3) Madeni esaslı yağlar, bitkisel yağlar ve parafinlerin rafinasyonunda,
- 4) Atık su arıtma sistemlerinde,
- 5) Karbonsuz kopya kağıtları ve sigara filtrelerinde,
- 6) Gastrointestinal sistemle ilgili ilaçlarda toksin ve bakteri emici formülasyonlarda,
- 7) Deterjan ve temizlik maddelerinde.

1.2.5.1.2. Katalitik Özellik

Sepiyolit katalitik özelliğine bağlı olarak aşağıdaki alanlarda kullanılır.

- 1) Olefinlerde doymun olmayan $C=C$ bağlarının hidrojenasyonu,
- 2) Otomobil ekzosları ve fabrika bacaları için katalitik seramik filtre imali,
- 3) Etanolden butadien üretimi,
- 4) Metanolden hidrokarbon üretimi,
- 5) Sıvı yakıtların hidrojenasyonu



Şekil 1.8. Beyaz lületaşının adsorbe kapasitesini gösteren pipo örnekleri

1.2.5.1.3. Reolojik Özellikler

Sepiyolit reolojik özelliğine bağlı olarak aşağıdaki alanlarda kullanılır.

- 1) Çözelti kalınlaştırıcı ve tiksotropik özellikleri nedeniyle boya, asfalt kaplamaları, gres yağı ve kozmetik ürünlerde
- 2) Yüksek iyon konsantrasyonu ve sıcaklığa sahip derin sondajlarda çamur malzemesi
- 3) Tarımda toprak düzenleyicisi olarak; tohum kaplama ve gübre süspansiyonlarında, haşere ve böcek ilaçları taşıyıcısı olarak
- 4) Bağlayıcı özelliğinden dolayı eczacılıkta ve katalizör taşıyıcı pelet ve tablet olarak
- 5) Kağıt, mukavva, filtre, duvar kağıdı ve kauçuk sanayiilerinde dolgu maddesi olarak
- 6) Tuğla ve seramik ürünlerde
- 7) Deterjan sanayiinde

1.2.6. Madenciliği

Eskişehir bölgesinde lületaşı ocaklarında geleneksel yöntemler ile madencilik yapılmaktadır. Yaklaşık 2m² çapında bir kuyu ile lületaşı seviyesine ulaşılmakta buradan itibaren ancak bir insanın sığabileceği ufak galerilerle işletme sağlanmaktadır (Şekil 1.9).



Şekil 1.9. Açılan bir lületaşı kuyusunun görünümü

Lületaşı madenini aramak ve çıkarmak için en derini 250 m olmak üzere genellikle 25–50 m. derinliğinde yeryüzüne dik olacak şekilde kuyular açılmaktadır. Kuyuların ağız kısmına hem aşağı yukarı inip çıkmak için, hem de aşağıdan yukarıya verilecek atık malzeme taş toprak ile lületaşlarını çıkarmak için çıkık tertibatı kurulmuştur. Lületaşı toprak içinde kirli beyaz, yumuşak haldedir. Yumrular halinde dağınık bir şekilde bulunur. Lületaşının bulunduğu damara halk arasında “yolak” denmektedir. Lületaşı damarından 250 gr ile 5–7 kg arasında değişen parçalar çıkarılmaktadır. Ocaklarda insan gücü ile kazma ve aydınlatma aracı karpit lambaları ile 30–100 m bazı bölgelerde 200 m derinlikten çıkartılır. İki şekilde çıkarma yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar çıkık ve skip yöntemidir (Dağılğan 1994).

Çıkık yöntemi: Çukurun çapı 1.5–2 m kadardır. Tamamen insan gücüyle çalışmaktadır (Şekil 1.10). Kazma, çelik kama, keski ve karpit lambası kullanılır. Kuyuya inerken ve çıkarken duvarlardan açılan küçük dehlizlerden faydalanılır. Lületaşı damarları veya yolak yeryüzüne doğru çıkarsa “çöydü” aşağıya doğru giderse “derine çekti” veya “battı” olarak adlandırılmaktadır. Asansör yoktur. Sadece toplanan yumrulu lületaşı parçalarını yukarıya çıkarılması için bir çıkık ve kova kullanılır. Toplanan taşlar, iş bitimine kadar kuyu dibinde toplanır (Kayabaşı ve diğ., 1999).



Şekil 1.10. Çıkık yöntemiyle yapılan lületaşı madenciliği

Skip yöntemi: Nispeten modern bir yöntemdir. Çelik halata bağlanan kova motorla kuyuya indirilir. Kuyu çapı çok daha geniştir. Kompresörlü kırıcılar kullanılmaktadır. İşçiler daha rahat çalışmaktadır. Taş çıkarımında kullanılan kova, çıkık yönteminde kullanılan kovadan daha büyüktür. 30–50 m derinliklere kadar inilmektedir (İşcan, 1999).

Geleneksel usullerde çalışmaların yanı sıra nispeten modern madencilik de yapılmaktadır. Taş yumru şeklinde toprak ile karışık halde çıkartılır. Bu ilk çıkarılışında, içerdiği nemden dolayı lületaş en yumuşak haldedir. Açık havada kaldığında nemini kaybederek sertleşir. Su içinde bırakıldığında tekrar işlenebilecek yumuşaklığa gelir. Taşın üzerinde gözenekleri bulunur. Emme özelliği bu gözenekler sayesinde olur. Ateşe dayanıklıdır. Rengini değiştirir, fakat şeklini muhafaza eder. Pipo yapımı, bu özelliğinden dolayı tercih edilmiştir (Korkmaz,1987).

Açılan kuyuda kolayca ayırt edilen lületaş katmanlarına ulaşıldığında, bu katmanı takip eden yatay tüneller açılarak lületaş yumruları aranır. Bazı bölgelerde lületaş tabakaları yeraltı suları seviyesinden daha aşağıdadır. Buralardan lületaş çıkarabilmek için önce suyun boşatılması gerekmektedir. Çıkarılmasında büyük ölçüde insan gücünden ve uzun yıllar sonucunda kazanılmış kişisel tecrübelerden ve sezgilerden yararlanılmaktadır (Şekil 1.11). Eskişehir bölgesinde çıkarılan lületaşları yılların tecrübesiyle sanatkarlar tarafından büyüklüklerine göre 11 esas grupta sıralanmıştır (Tahsin Erdoğan, sözlü görüşme, lületaş sanatkarı, Temmuz 2011) :

- 1) Omuzlama (25 tane pamukludan daha büyük lületaş)
- 2) Budama (10-25 pamuklu büyüklüğünde)
- 3) Sıra malı (5-10 pamuklu büyüklüğünde)
- 4) Kapak (4-5 pamuklu büyüklüğünde)
- 5) Birim birlik (2-3 pamuklu büyüklüğünde)
- 6) Pamuklu (Pipo yapımında kullanılan yumruk büyüklüğündeki lületaş)
- 7) Taneli (yarım pamuklu)
- 8) Orta (1/3 pamuklu)
- 9) Boyunlu (1/4 pamuklu)
- 10) Cılız (1/5 pamuklu)
- 11) Dökme (1/6 pamuklu)

Eskişehir’de lületaş okulu kurulmuş olmasına rağmen açıldıktan çok kısa süre sonra eğitime ara verilmiştir. Yine lületaşında önemli bir gelişme 1988 yılında düzenlenen

‘Beyaz Altın Festivali’ olmuştur. Lületaşı işlemeciliği için beklenen ilgiyi ve tanıtımı sağlayamadığından bu etkinlikte 1993 yılında sona ermiştir. Ancak, heykelticilik yarışması düzenlenmesi lületaşı gelişimine önemli bir katkı sağlamıştır. Heykelticilik yarışmasına katılan eserler Eskişehir’de açılan Lületaşı Müzesinde sergilenmektedir. Eskişehir’in dışında dünyada birçok ülkede lületaşı müzeleri bulunmaktadır (Eskişehir Valiliği Lületaşı Yurt Dışı Sergileri, 1993).



Şekil 1.11. Geçmişteki yeraltı lületaşı madenciliğini gösteren fotoğraf (Eskişehir lületaşı müzesinden alınmıştır).

1. 3. Lületaşının Kullanım Alanları

Eskişehir lületaşı başlıca pipo, ağızlık, puro, dekoratif biblo, kolye, küpe, bilezik ve yüzük yapımında kullanılmaktadır (Şekil 1.12, Şekil 1.13, Şekil 1.14, Şekil 1.15, Şekil 1.16 ve Şekil 1.17). Eskişehir bölgesinde yapılan lületaşı pipolar başta ABD, Avustralya, Japonya, Kanada, İngiltere, İrlanda, Almanya, Norveç, Danimarka ve diğer Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere yurt dışına ihraç edilmektedir.

Lületaşından ürünlerin yapımında ve süslemesinde kullanılan başlıca araçlar; tahra, kaba bıçağı, torna, iskarpela, ocak, işleme bıçağı, sıyrığı, matkap, kargaburnu, freze ve

uçlarıdır. Lületaşı ürünlerin yapımında ve süslemesinde kullanılan gereçler; lületaşı, balmumu, kâğıt zımpara, parafin, perhidrol, misina, ahşap baston, ahşap platform, boya, klipsler, yüzük, küpe teli, lastik ve deri şerit, polyester pipo ucu, teflon vida, metal parçaları, marpuç, polyester sigara ağızlığı, çelik tel ve ebru kâğıdıdır (Dudaş, 2011).



Şekil 1.12. Eskişehir lületaşından yapılan klasik pipo koleksiyonu

Eskişehir lületaşlarının 18. yüzyıldan beri çıkarılarak Almanya üzerinden Viyana (Avusturya) ve Budapeşte'ye (Macaristan) ham olarak ihraç edildiği bilinmektedir. Viyana ve Budapeşte'de lületaşlarından pipo, ağızlık, puro ve dekoratif sanatsal ürünler yapılarak satılmıştır. Bu nedenle tarihsel olarak özellikle Avrupa pazarlarında Eskişehir lületaşı “Viyana Taşı” olarak isimlendirilmiştir (Uzkesici, 1988). Halen günümüzde Avrupalı pipo sanatkarları hakiki lületaşlarını bu şekilde isimlendirirler (Hüseyin Şekercioğlu, pipo sanatçısı, kişisel görüşme, 2010).



Şekil 1.13. Lületaşından yapılan bir dekoratif biblo



Şekil 1.14. Lületaşından yapılan kolye koleksiyonu



Şekil 1.15. Lületaşından yapılan bilezik koleksiyonu



Şekil 1.16. Lületaşından yapılan küpe koleksiyonu



Şekil 1.17. 1873 yılında kehribar, turkuvaz ve gümüş ile dekore edilmiş lületaşı pipo

2. MATERYAL VE METOD

Tez kapsamında yapılan çalışmalar literatür taramasından sonra arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmaları; Türkmentokat-Karatepe köyleri arasında kalan Sarısu Bölgesi olarak da bilinen ruhsatlı lületaş sahası ve civarının 1/25.000 ölçekli jeolojik haritası arazide dokanak izleme metodu ile 2010 yaz aylarında yapılmıştır. Ayrıca arazi çalışmaları, örnek alımı ile arazi fotoğraflarının çekimini de kapsamaktadır.

Laboratuvar çalışmalarında araziden alınan örneklerin; x-ray difraksiyon, x-ray flouresans, DTA, scanning elektron mikroskop (SEM) ve yüzey alanı (BET) analizlerine hazır hale getirilmesi işlemleri yapılmıştır. Hazırlanan örneklerin nitelik ve nicelik araştırmaları için aşağıdaki deney ve analizler yapılmıştır.

- Mineralojik analiz (XRD)
- Kimyasal analiz (XRF)
- Mikro yapı (SEM)
- Yüzey alanı (BET)
- Termal analiz (DTA, TG ve DTG)

XRD ve XRF analizleri için numune hazırlama ve çekim işlemleri Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Cincinnati Üniversitesi'nin (University of Cincinnati) Jeoloji bölümündeki kil laboratuvarında ve x-ray laboratuvarında yapılmıştır. Örneklerin XRD analizleri Siemens D-500 marka cihaz ile yapılmıştır (Şekil 2.1). XRF analizi ise Rigaku 3070 x-ray spectrometer cihazı ile yapılmıştır. SEM ve DTA analizleri için numune hazırlama ve çekim işlemleri Anadolu Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümünü laboratuvarlarında yapılmıştır. SEM analizleri Zeiss Supra 50 VP cihazı ile, termal analizler ise Netzsch STA 409 PC/PG cihazı ile yapılmıştır. BET analizleri ise Dumlupınar Üniversitesi'nde Micromeritics FlowsorbII-2300 model yüzey analizi cihazı ile yapılmıştır.

Büro çalışmaları; jeolojik harita'nın çizilmesi, analiz sonuçlarının değerlendirilip tezin yazılması çalışmalarıdır.



Şekil 2.1. Örneklerin XRD analizleri'nin yapıldığı XRD cihazı

2.1. Araziden Örneklerin Alınması

Araziden Şekil 3.1'de lokasyonları verilen 12 ayrı örnek alınmıştır. Çalışma sahasında bulunan eski ve yeni lületaşı ve manyezit ocaklarından örnekler alınıp ayrı ayrı numaralanarak paketlenmiştir. Lokasyon seçimlerinde örneklerin temsil ediciliği esas alınmıştır.

2.2. Örneklerin Laboratuvarda Hazırlanması

Araziden alınan tüm örneklerin makroskopik petrografik tanımlamaları yapıldıktan sonra ayrıntılı inceleme için sepiyolit (lületaşı) ve manyezit örnekleri aşağıdaki işlem sıralarına göre analizlere hazırlanmıştır.

2.2.1. XRD Analizi için Numune Hazırlanması

- 1) Dış yüzeyi altere olmuş veya tozlanmış yumrulu sepiyolit numunesinin dış yüzeyi keskin bir bıçakla temizlenir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Sepiyolit numunesinin XRD analizi için temizlenmesi

2) Dış yüzeyi temizlenen yumrulu sepiyolit numunesi aseton ile temizlenmiş seramik bir kapta seramik havan ile öğütülür (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Sepiyolit numunesinin seramik havanda öğütülmesi

3) Küçük parçalar haline getirilen sepiyolit numunesi pyreks kabın içerisine konur ve önceden 55°C olarak ayarlanmış fırında en az 24 saat bekletilerek nemi buharlaştırılır (Şekil 2.4).

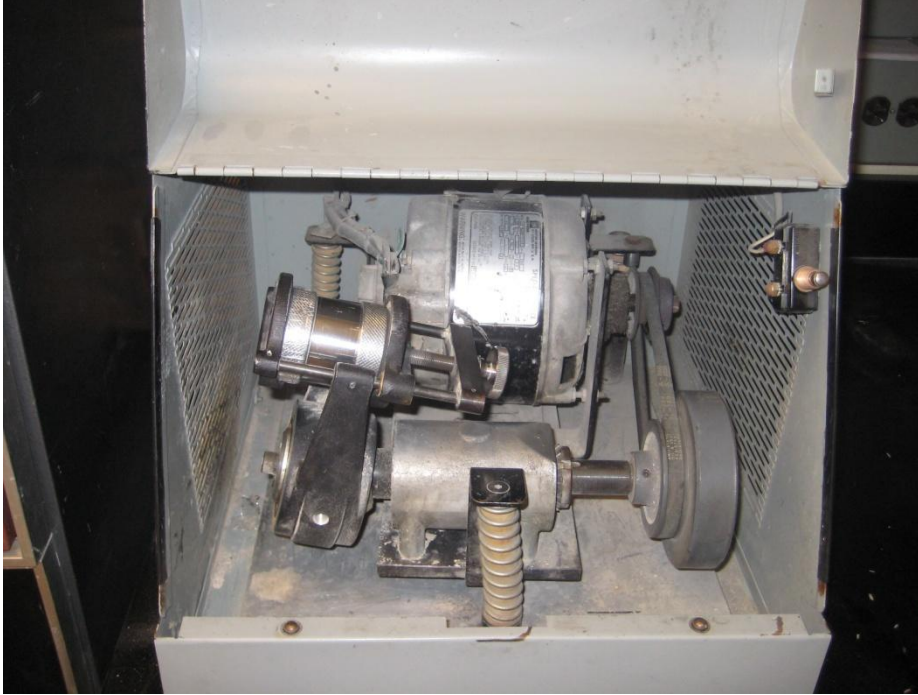


Şekil 2.4. Sepiyolit numunesinin nem kaybı için fırında bekletilmesi

4) Kurutulan sepiyolit numunesi fırından çıkarılır ve toz haline getirilmek üzere önceden aseton ile temizlenmiş tungstenkarbid'den (WC) yapılmış olan kapsülün içerisine konulur (Şekil 2.5). Kapsülün kapağına, öğütülecek numunenin kapsülün kenarlarına yapışmasını önlemek amacıyla bir damla propilen glikol ($C_3H_8O_2$) damlatılır (Bu bileşim numunenin kimyasal bileşimine etki etmez). Kapsülün kapağı sıkıca kapatıldıktan sonra kapsül, öğütücü makine'ye konur ve 45 dakika boyunca sepiyolit numunesi öğütülür (Şekil 2.6).



Şekil 2.5. Sepiyolit numunesinin toz haline getirildiği tungstenkarbid kapsül



Şekil 2.6. Sepiyolit numunesini toz haline getiren öğütücü makine

5) Toz haline gelen sepiyolit numunesi kapsül'den çıkarılarak pyreks kabın içerisine konulur ve numaralandırılır (Şekil 2.7).



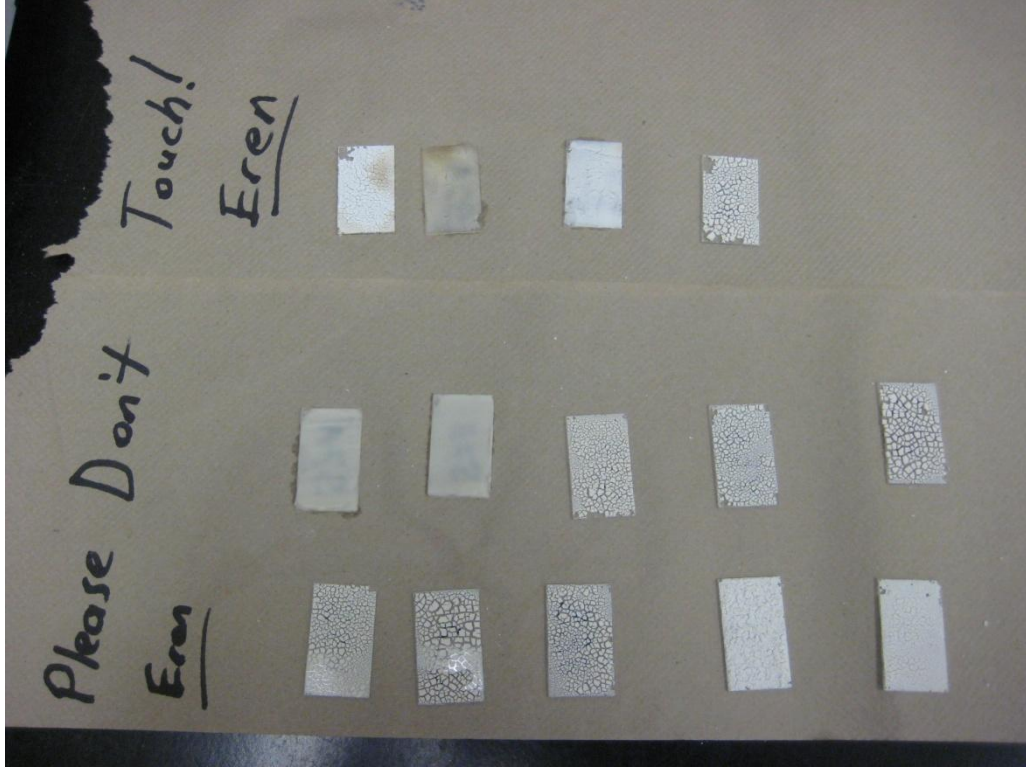
Şekil 2.7. Pyreks kaplardaki toz sepiyolit numuneleri

6) Toz sepiyolit numunesinden önceden aseton ile temizlenmiş bir metal kaşık yardımıyla bir miktar alınarak temiz pyreks kaba konulur ve üzerine birkaç damla su ilave edilerek metal kaşık yardımıyla karıştırılır ve macun haline getirilir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Sepiyolit'in macun haline getirilmesi

7) Macun, cam incekesit'in üzerine sürülür ve 15 dakika kuruması için bekletilir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. XRD analizi için hazırlanmış incekesit üzerindeki sepiyolit numuneleri

2.2.2. XRF Analizi için Numune Hazırlanması

XRF analizi için numune hazırlama işlemi, XRD analizi için numune hazırlama işleminin 5. maddesine kadar aynı şekilde devam eder, sonrasında sırasıyla şunlar yapılır:

1) XRF analizi için pelet hazırlamak üzere alüminyum'dan yapılmış olan bütün parçalar aseton ile temizlenir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. XRF peleti hazırlamak için kullanılan gereçler

2) Parçalardan alüminyum tüp, altlığın üzerine yerleştirilerek tüpün içerisine yüzeysel sürtünmeyi azaltan Slide-All sıkılır (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. Tüpün içerisine yüzeysel sürtünmeyi azaltıcı spreyn sıkılması

3) Kapaklardan biri tüpün ağzı'ndan tüpün tabanına yatay olarak gidecek şekilde yerleştirilir. Tüpün ağız kısmına alüminyum kap yerleştirilir ve cam tokmak ile bastırılarak tabandaki kapağın üzerine getirilir (Şekil 2.12).



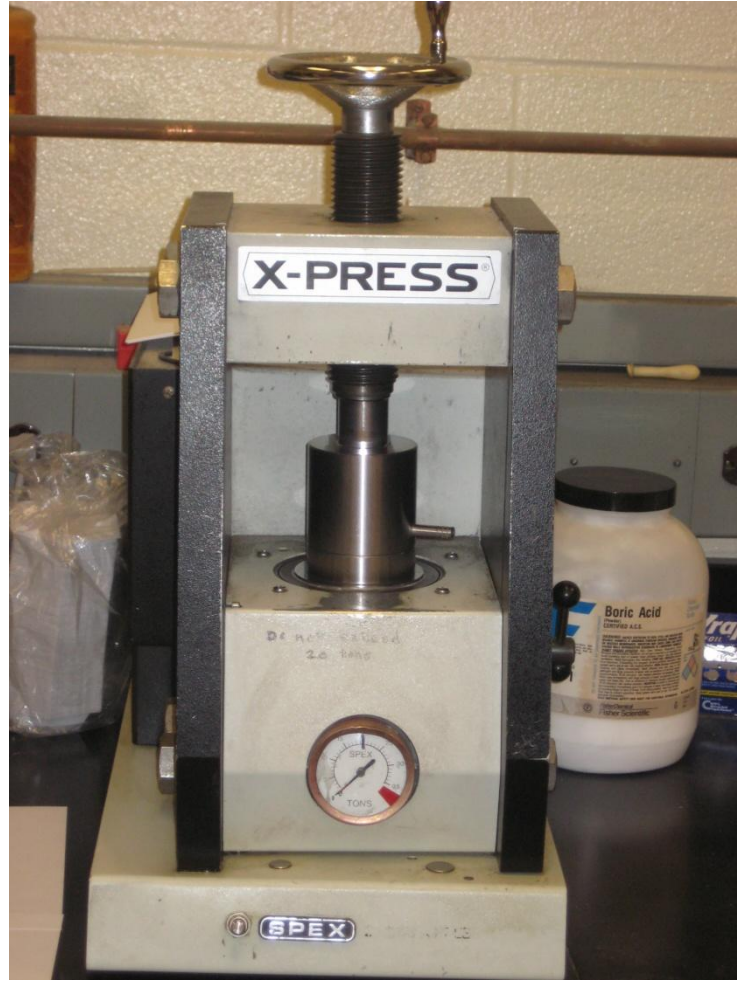
Şekil 2.12. Cam tokmak ile alüminyum kabın tüpün tabanına yerleştirilmesi

4) Tüpün içerisine metal kaşık ile alüminyum kabın sadece kenarları görünecek kadar sepiyolit numunesi ilave edilir (Şekil 2.13). Sonrasında diğer kapak tüpün ağzı'ndan sepiyolit numunesinin üzerine gelecek şekilde bırakılır.



Şekil 2.13. Metal kaşık ile tüpün içerisine sepiyolit konulması

5) Alüminyum parçalardan sıkıştırıcı, tüpün içerisine yerleştirilir ve parçalar o haliyle Spex marka basınçlı sıkıştırıcı makinesi'nin içerisine yerleştirilir (Şekil 2.14). Parçalar basınçlı sıkıştırıcı makinesi'nin önce üst kolundan sonrasında yan kolundan sıkıştırılır ve basınç ayarı 20 ton'a getirilerek basınç aleti çalıştırılır. 3 dakika boyunca basınç uygulanır.



Şekil 2.14. Alüminyum parçaların basınçlı sıkıştırıcı makinesinin içerisine yerleştirilmiş görünümü

6) Basınç kademeli olarak azalacak şekilde serbest bırakılır ve parçalar makine'den çıkartılır (Şekil 2.15). Altlık kısmı çıkarılarak geniş altlık kısmı yerleştirilir ve parçalar ters olarak tekrar basınçlı sıkıştırıcı makinesi içerisine yerleştirilir. Makinenin üst kolu sıkılarak parçalar serbest hale gelinceye dek basınç uygulanır.



Şekil 2.15. Alüminyum parçaların basınçlı sıkıştırıcı makinesinin içerisinden çıkarılması

7) Parçalar serbest hale gelince hazırlanan pelet çıkarılarak numaralandırılır (Şekil 2.16.) ve fırında 55°C 'de en az 30 dakika bekletilir.



Şekil 2.16. XRD analizi yapılmak üzere hazırlanmış olan peletler

2.2.2.1. XRF Analizi için Ateş Kaybının Hesaplanması

1) XRF analizi yapılan pelet halindeki numuneler peletlerden çıkarılarak seramik havanda öğütölüp toz haline getirilir ve plastik tüplerin içerisine konur (Şekil 2.17.).



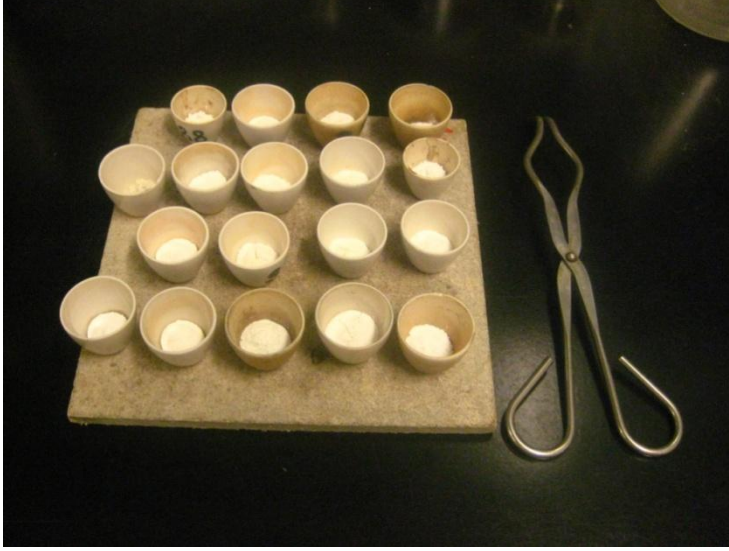
Şekil 2.17. Toz halindeki sepiyolit'in plastik tüp içerisine konulması

2) 110°C sıcaklıkta bekletilen fırının içerisindeki seramik kaplardan elimizle dokunmadan metal kısıkaç ile her bir numune için bir tane ve standart numune için de bir tane alınarak kaplar 15 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra hassas terazide ağırlığı ölçölür (Şekil 2.18). Tartımı yapılan boş kap değerleri ve kap numaraları not alınır.



Şekil 2.18. 110 °C sıcaklıktaki fırından seramik kapların metal kısıkaç ile alınması

3) Her kabın içersine yaklaşık 2 gr. numune konur ve hassas terazide 15 saniye bekletildikten sonra tartılan değerler not alınır (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. Seramik kapların içersindeki sepiyolit numuneleri

4) Kaplar elle dokunmadan metal kısıkaç yardımı ile 200°C sıcaklıkta bekletilen fırının içersine konur ve sıcaklık değeri 1000°C'ye ayarlanır. Sıcaklık 200°C'den 1000°C'ye yaklaşık 1-1,5 saatte yükselir. Sıcaklığın 1000°C'ye geldiğinden emin olduktan sonra numuneler en az 1 saat fırında bekletilir (Şekil 2.20).



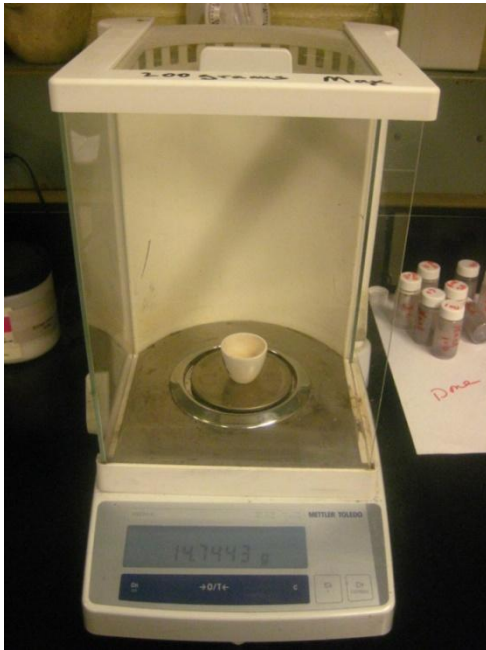
Şekil 2.20. Seramik kaptaki sepiyolit numunelerinin 200°C'deki fırına konulması

5) Numuneler en az 1 saat 1000°C 'deki fırında bekledikten sonra fırının sıcaklığı 200°C 'ye ayarlanır ve soğuma işlemi için en az 1 saat beklenir. Soğuyan numuneler fırından çıkarılarak sıcaklığı 110°C olan fırında 30 dakika bekletilir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Seramik kaptaki sepiyolit numunelerinin 110°C 'deki fırında soğuması

6) Numuneler fırından metal kısıkaç ile çıkarılarak oda sıcaklığında 15 dakika bekletildikten sonra hassas terazide tekrar tartılarak ateş kaybı sonrasında ölçülen değerler not alınır (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. Oda sıcaklığına kadar soğuyan sepiyolit numunelerinin hassas terazide tartılması

2.2.3. DTA Analizi için Numune Hazırlanması

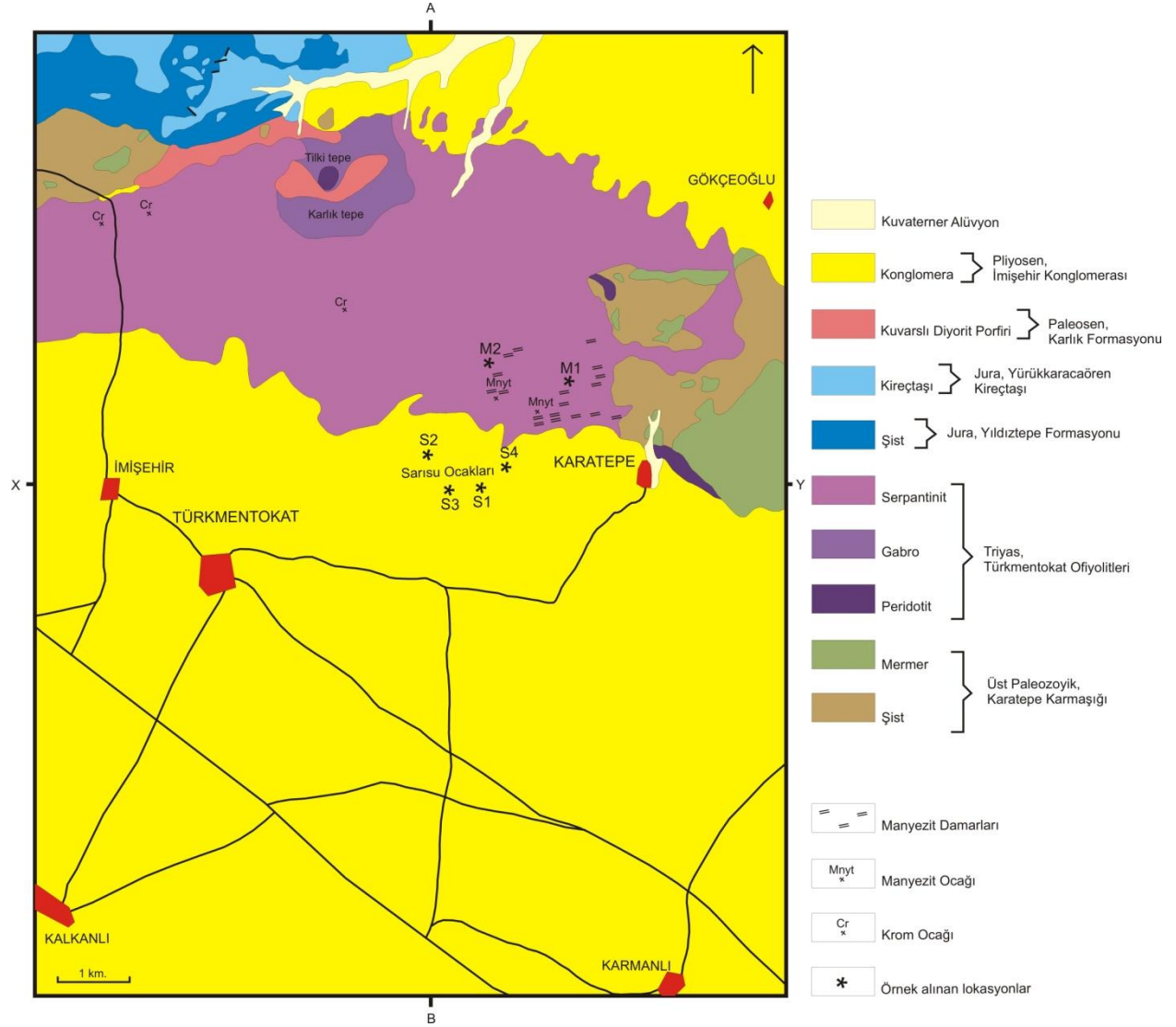
- 1) Araziden laboratuvara getirilen sepiyolit örnekleri 105°C'deki etüve 6 saat konarak nemi alındıktan sonra iri kırıcı yardımı ile 1-2 cm boyutlarına indirilmiştir.
- 2) 1-2 cm boyutuna indirilen örneklerin çeyrekleme ile alınan bir kısmı bilyalı değirmenlerde yaklaşık 30 dakika kadar öğütülmüşlerdir.
- 3) Öğütülen örnekler 63 µm elekten geçirilmiş, geçmeyen elek üstünde kalan örnekler için tekrar öğütme işlemi yapılmış ve daha sonra tekrar eleme işlemi yapılmıştır. 63 µm elekten geçen örneklerin DTA metodu ile analizleri yapılmıştır.

2.2.4. SEM ve BET Analizleri için Numune Hazırlanması

Her örneğin 1-2 cm boyutundan seçilen temsilcilerinin mikro yapıları için SEM ve yüzey alan ölçümleri için BET analizleri yapılmıştır.

3. JEOLJİ

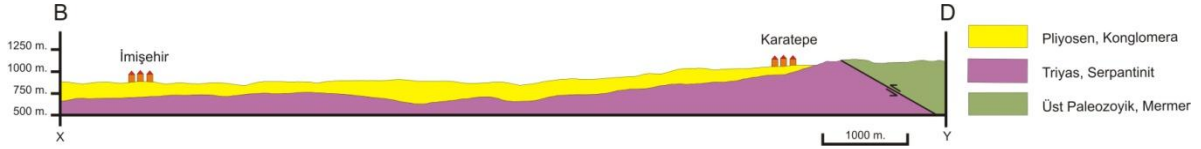
Bu çalışma kapsamında çalışma alanının jeoloji haritası ve kesitleri yapılmıştır (Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3).



Şekil 3.1. Çalışma alanının jeoloji haritası

Çalışma alanında en yaşlı kayaç grubu Üst Paleozoyik yaşlı metamorfik Karatepe Karmaşığıdır. Bu grubun üstüne peridotit, gabro ve serpantin'ten oluşan Triyas yaşlı Türkmentokat ofiyolitleri tektonizma ile yerleşmiştir. Türkmentokat ofiyolitlerinin üzerine Jura yaşlı şist'ten oluşan Yıldıztepe formasyonu ve Yörükkaracaören kireçtaşları da tektonizma ile yerleşmiştir. Türkmentokat ofiyolitleri ve bölgedeki Jura yaşlı kayaçlar, dayk ve stok halinde Paleosen yaşlı Karlık (kuvarslı diyorit porfiri) birimi tarafından kesilmişlerdir. Ekonomik ölçekte lületaşı yumruları içeren Pliyosen yaşlı İmişehir

Konglomeraları birimi uyumsuz olarak bu birimleri örtmektedir. 35-40 m. arasında kalınlık gösteren İmişehir konglomeraları killi ve karbonatlı bir hamur ile çimentolanmıştır ve lületaş ile birlikte 4 cm.'ye kadar büyüklük gösteren çakıl boyutunda peridotit, dünit, manyezit ve serpantin, ayrıca kum boyutunda kuvars, feldispat ve biyotit içermektedir.



Şekil 3.2. Çalışma alanının B-D doğrultulu kesiti



Şekil 3.3. Çalışma alanının K-G doğrultulu kesiti

3.1. Karatepe Karmaşığı

İnceleme alanının temelini oluşturan, yüksek basınç, düşük sıcaklık koşulları altında dalma-batma metamorfizmasına uğramış okyanusal topluluktur. Karatepe karmaşığı Üst Paleozoyik yaşlı olup içerisinde sınırları tektonik dokanaklı iki ayrı birim vardır. Bunlar alttan üste sırasıyla Karakaya metamorfiti ve Sarıkavakçalı mermeridir. Karakaya metamorfiti 100 m.'ye ulaşan kalınlığa sahip olup kalkışist ve kuvarşışist istiflenmelerinden oluşmaktadır. Sarıkavakçalı mermerinin görünür kalınlığı 200 m. olup, alt kesimlerinde beyazımsı, açık gri, rekrystalize ve kalın tabakalı olmalarına karşın, üste doğru ince ve düzgün tabakalı mika içeren beyaz renkli mermerlere geçer. Sarıkavakçalı mermerinin alt sınırı Karakaya metamorfiti ile tektonik dokanaklıdır.

3.2. Türkmentokat Ofiyolitleri

Bu birim peridotit, dünit, gabro ve serpantinit'ten oluşmaktadır. Birimin alt sınırı Üst Paleozoyik yaşlı Karatepe karmaşığı ile tektonik dokanaklı olup, üstten Jura yaşlı Yıldıztepe formasyonu ve Yürükkaracaören kireçtaşı tarafından bindirmeli olarak örtülür. Peridotitler ofiyolit karmaşığının alt seviyelerini oluşturmaktadır ve farklı konumlarda kalınlıkları 5-10 cm. arasında değişen kromit damarları içermektedir (Şekil 3.4 ve

Şekil 3.5). Peridotitler koyu zeytin yeşili renkli, kromit bantlı, bol çatlaklı, yer yer çatlaklarında serpantinleşme gözlenen farklı boyutlu kütleler biçimindedir.

Bölgede peridotit ve dünitlerin altere olmasına bağlı olarak serpantinit oluşumları gözlenmiştir. Serpantinitler özellikle kırık ve çatlakların sıkça rastlandığı kesimlerde hidrotermal ve yüzey sularının etkisi sonucu karbonatlaşma'ya (manyezit) uğramışlardır (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7).



Şekil 3.4. Türkmentokat ofiyolitleri üzerinde açılan kromit araştırma galerisi



Şekil 3.5. Araziden alınan kromit örneği'nin görünümü



Şekil 3.6. Türkmentokat ofiyoliti'nin çatlaklarındaki manyezit damarları'nın görünümü



Şekil 3.7. Serpantinit çatlaklarında gelişen karbonatlaşma'nın görünümü

Bölgedeki gabrolar ise serpantinitleri kesen dayklar biçimindedir. Türkmentokat ofiyolitlerinin, Pontidleri Anatolidler'den ayıran Tetis okyanusunun kalıntıları olduğu düşünülmektedir ve birçok araştırmacı'ya göre Triyas yaşlı olduğu Sarıiz (1990)'da bildirilmiştir.

3.3. Yıldıztepe Formasyonu

Bu birimin alt sınırı Türkmentokat ofiyolitleri ile tektonik dokanaklı olup üstten Yürükkaracaören kireçtaşı ile uyumlu olarak örtülür. Kalınlığı 30-40 m. arasında değişen bu birim, muskovit, biyotit, klorit ve kuvars minerallerini içeren şist'ten oluşmaktadır (Sarıiz, 1990).

3.4. Yürükkaracaören Kireçtaşı

Yıldıztepe formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunan bu birim gri ve krem renkli, masif, kısmen rekristalize olmuş tabakalı kireçtaşından oluşmaktadır (Şekil 3.8). Kalınlığı 250-300 m. arasında değişen bu birim alttan Türkmentokat ofiyolitleri ile

tektonik dokanaklı, üstten İmişehir konglomeraları tarafından açısal uyumsuzlukla örtülmüştür. Araştırmacılar (Sarıiz, 1990) bu birimin yaşını içermiş olduğu *Cayeuxia sp.* ve *Textularidae* fosillerine bağlı olarak Jura olarak belirlemiştir.



Şekil 3.8. Yürükkaracaören kireçtaşı biriminde işletilen kireçtaşı ocaklarının uzaktan görünümü

3.5. Karlık Kuvarşlı Diyorit Porfiri

Çalışma alanında Karlıktepe ve Tilkitepe arasında asidik dayk ve stokların Türkmentokat ofiyolitlerini kestikleri görülmüştür. Sarıiz (1990)'a göre bu sokulumun yaşı Paleosen'dir.

3.6. İmişehir Konglomerası

Lületaşlarını içeren İmişehir Konglomera birimi doğrudan Türkmentokat ofiyolitlerinin üzerine gelmektedir. Gri ve boz renkli İmişehir Konglomera biriminin kalınlığı yaklaşık 60 m. 'dir. Konglomera birimi yumrulu sepiyolit (lületaşı), serpantinit, manyezit, kuvars, şist ve gabro çakıllarından oluşmaktadır. Değişik büyüklük ve bileşimli

Çakıllar, killi karbonatlı bir hamur ile bağlanmıştır. Hamur malzemesi çok ince ve kompakttır (şekil 3.9).



şekil 3.9. İmişehir konglomerası içerisindeki çakılların ve hamur malzemesinin görünümü

Yumrulu sepiyolitler İmişehir konglomerası içerisinde düzensiz dağılmıştır (şekil 3.10). Bazen belirli bir sıra halinde izlenir ve tabakalanma ile uyumluluk gösterir. Bu da lületaşı oluşumlarının yeraltısı seviyesi ile ilişkisini göstermektedir. İlk çıkarıldıklarında nem içeriğinden dolayı yumuşak olan lületaşları dokunulduğunda sabunumsu bir his verir.

Yumrulu sepiyolitler (lületaşları) bu konglomera birimi içersinde in-situ olarak serpantin ve manyezit çakıllarının diyajenetik ramplasmanı ile oluşmuşlardır. Pliyosen yaşlı olan bu birim Alpu ve Türkmentokat ovasının alüvyonları tarafından örtülmüşlerdir (şekil 3.11).



Şekil 3.10. İmişehir konglomerası içerisinde açılan lületaşı kuyusunun görünümü



Şekil 3.11. İmişehir konglomera birimini örten alüvyonların görünümü

3.7. Tektonizma

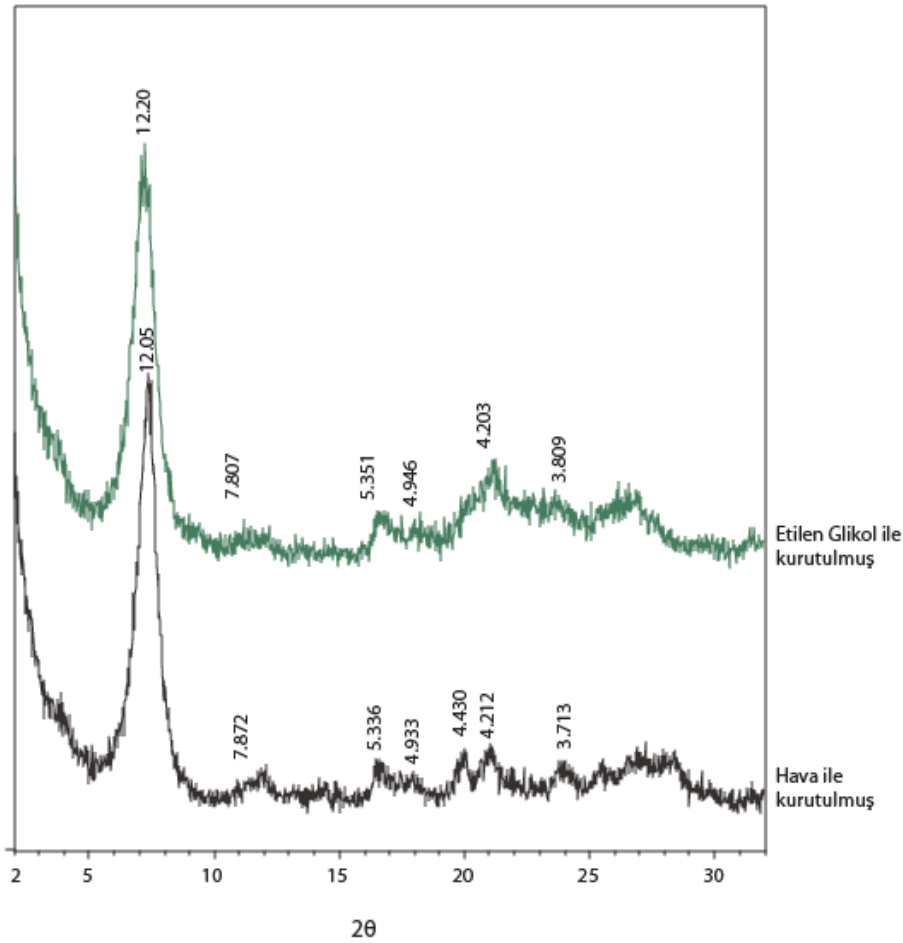
Çalışma alanı Kuzey Anadolu fay zonunun güneyinde yer almaktadır. Türkiye'nin neotektonik rejimi, Orta Miyosen'de başlayan Arap-Afrika ve Avrasya levhaları arasındaki kıtasal çarpışma ve bunun devamında Anadolu bloğunun batıya doğru hareketi ile kontrol edilmektedir (Ketin, 1948; McKenzie, 1970, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Jackson ve McKenzie, 1988).

İnceleme alanı Anatolidler tektonik birliği içinde yer almakta olup, bölgede aktif bir faya rastlanmamıştır. Çalışma alanında 6 deformasyon fazı bildirilmiştir. İnceleme alanının bugünkü topoğrafik şeklini almasında muhtemelen Pliyosen sonrası epirojenik hareketler etkili olmuştur (Sarıiz, 1990).

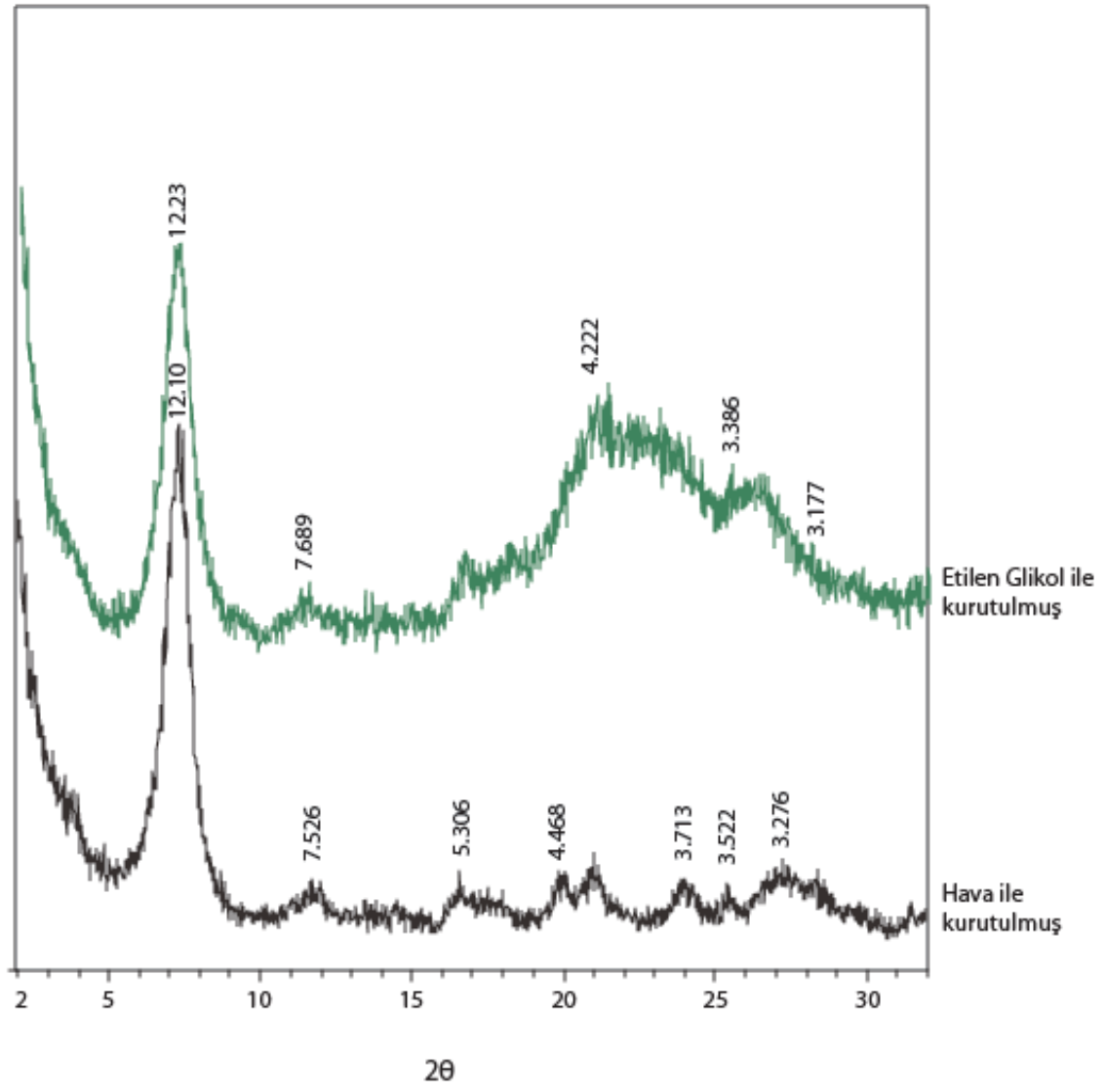
4. MİNERALOGİ VE JEOKİMYA

4.1. XRD İncelemeleri

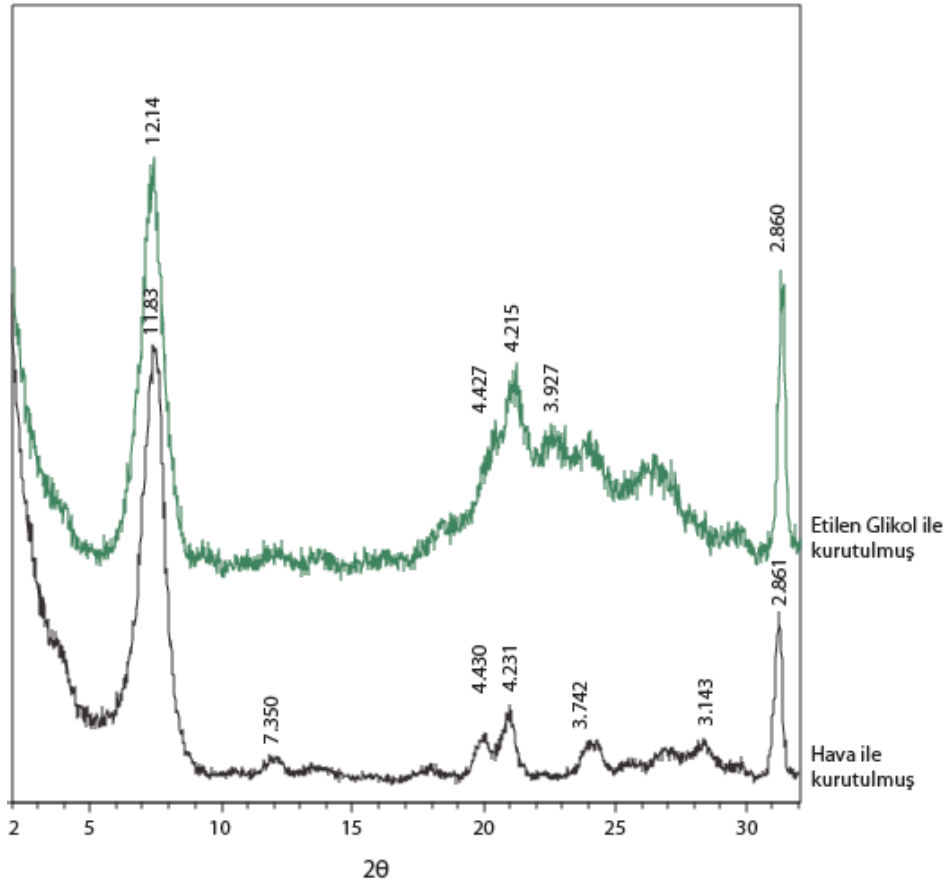
Sarısu bölgesi yumrulu sepiyolit örneklerinin yapılan XRD incelemelerinde dört örneğin nispeten saf sepiyolit, diğer dört örneğin sepiyolit mineralinin yanısıra dolomit minerali içerdikleri de saptanmıştır (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9). Sepiyolit, (110) yüzeyine ait 12°A civarındaki karakteristik pikiyle diğer kil minerallerinde kolayca ayırt edilir. Bu pik en şiddetli olan piktir. Sepiyolit, dolomit ve manyezit'e ait piklerin tamamının tabloları sırasıyla Ek Tablo 1, Ek Tablo 2 ve Ek Tablo 3'de verilmiştir. Sepiyolit'in XRD verilerine göre doğru olarak tanımlanabilmesi için normal XRD kaydında (110) ve (131) yüzeylerinden yansıyan 12°A ve 4.25°A piklerinin bulunması gerekir. Ayrıca, sepiyolit mineralinin etilen glikol ile şişirildikten sonraki XRD kaydının incelenmesi de yararlı olur.



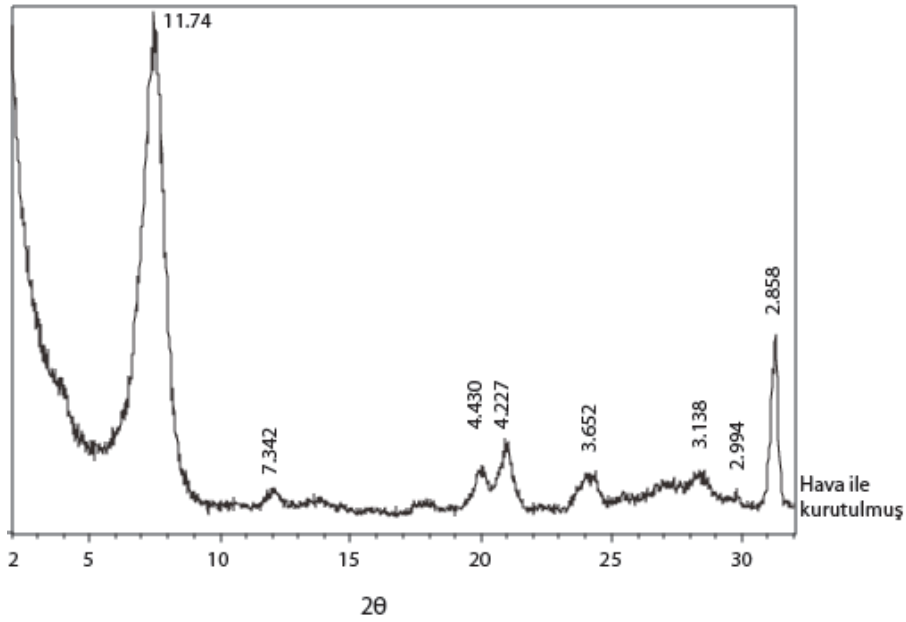
Şekil 4.1. Sarısu bölgesi lületaş yataklarından alınan S1A nolu saf sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı



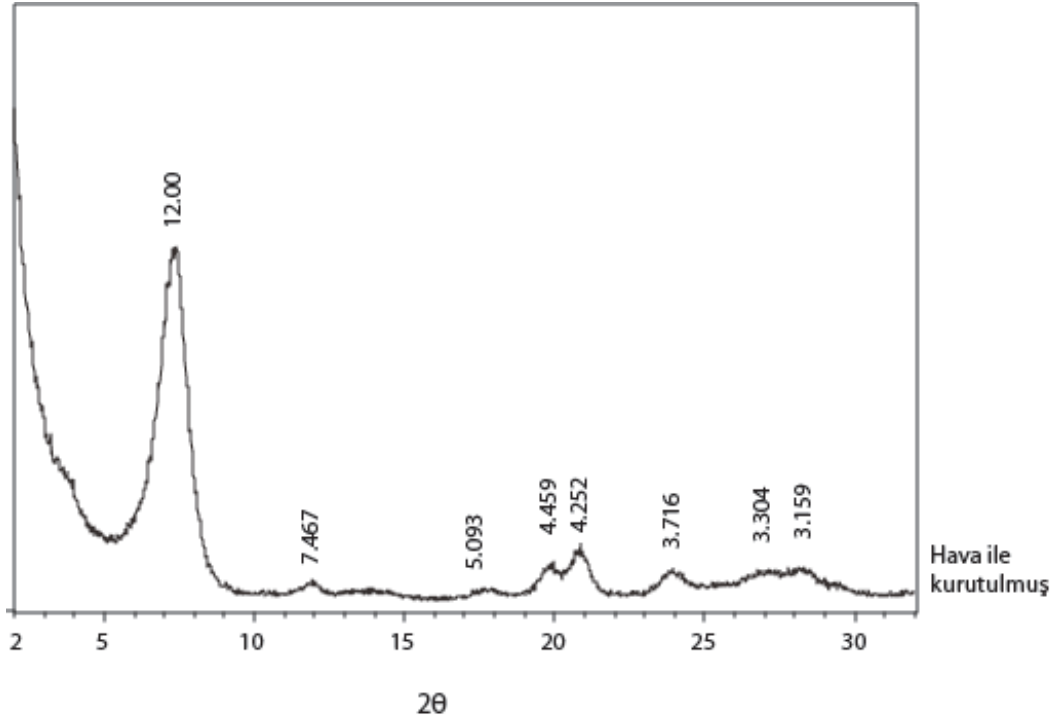
Şekil 4.2. Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S1B nolu saf sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı



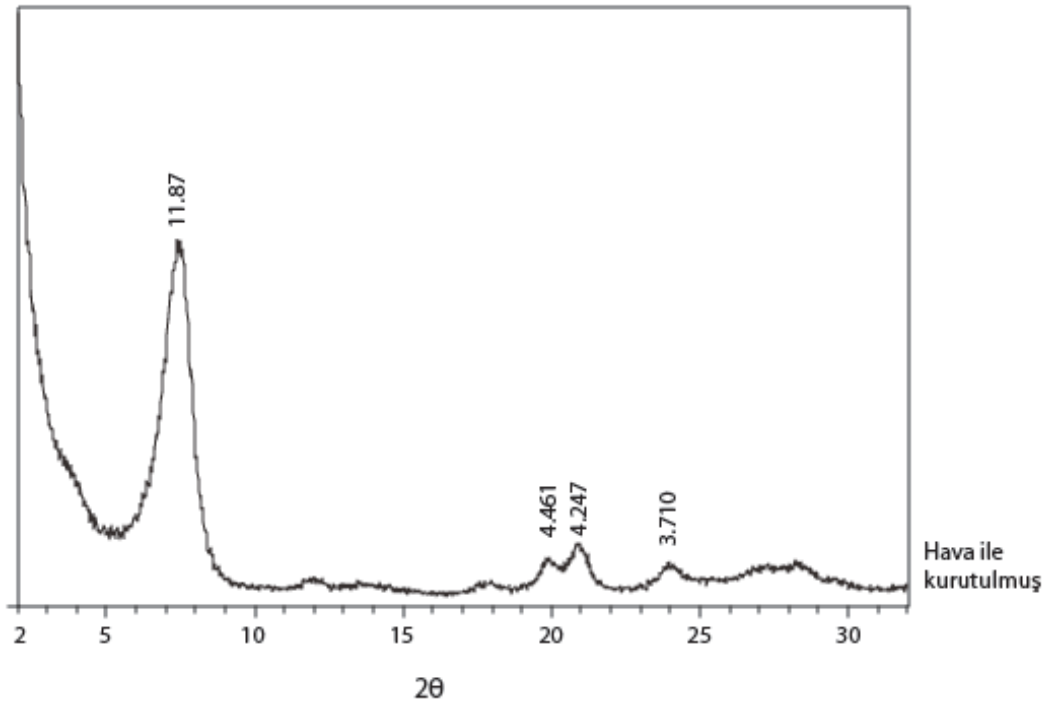
Şekil 4.3. Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S2A nolu dolomit ($d=2.860^{\circ}\text{A}$) içeren sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı



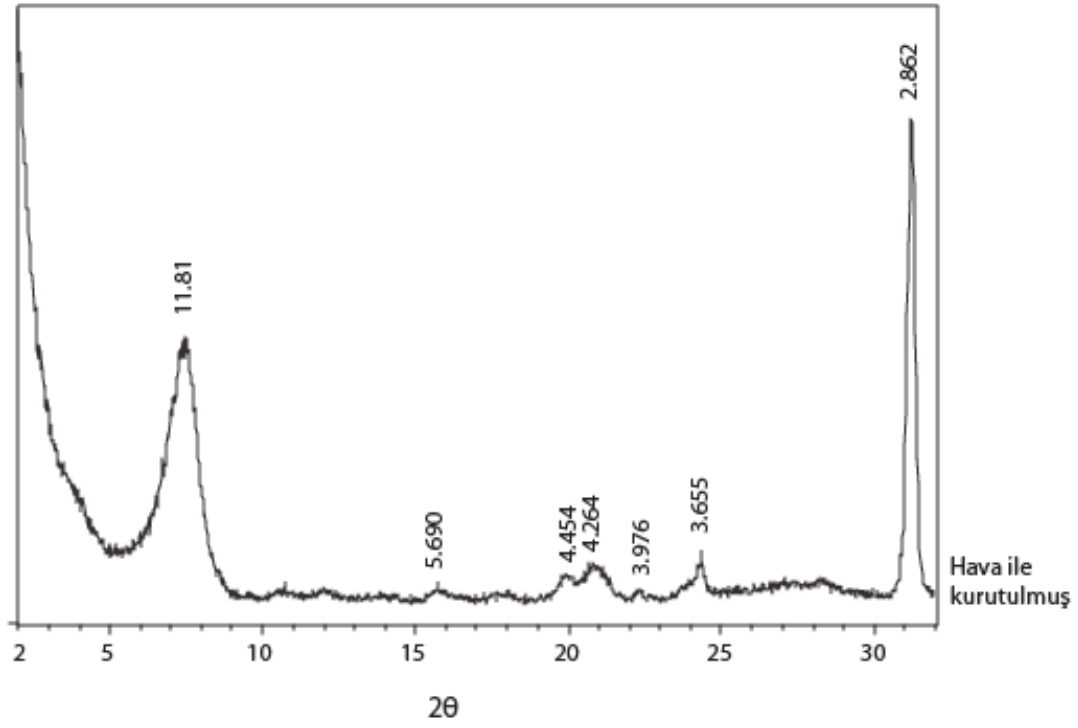
Şekil 4.4. Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S2B nolu dolomit ($d=2.858^{\circ}\text{A}$) içeren sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı



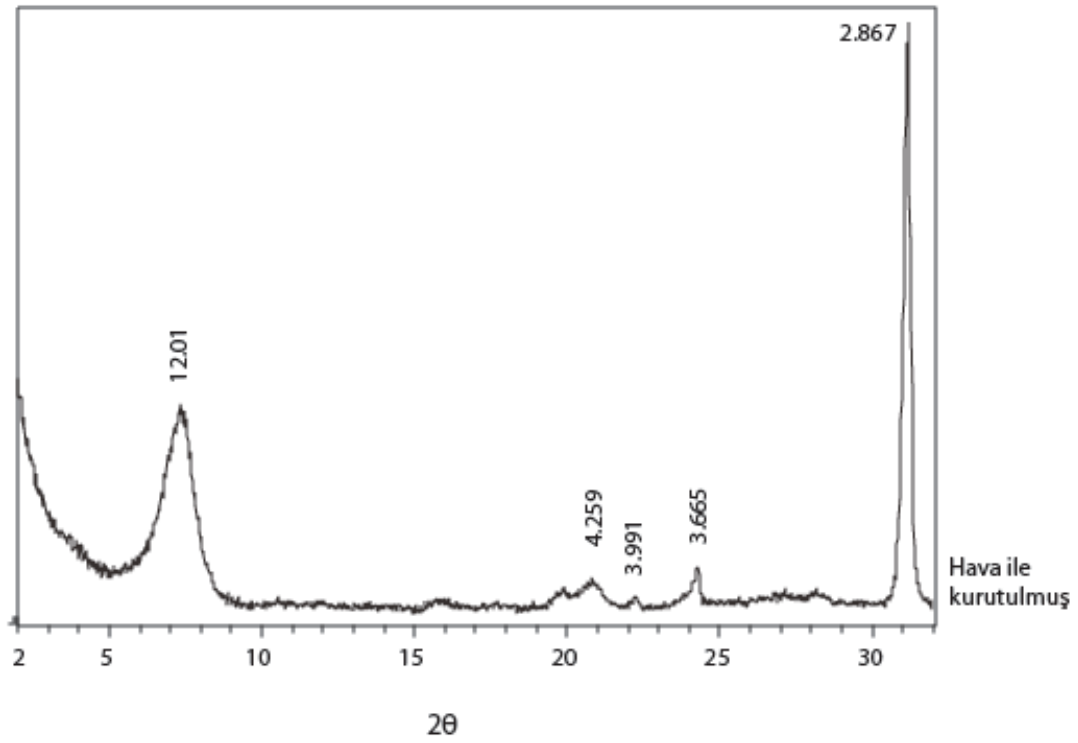
Şekil 4.5. Sarısu bölgesi lületaş yataklarından alınan S3A nolu saf sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı



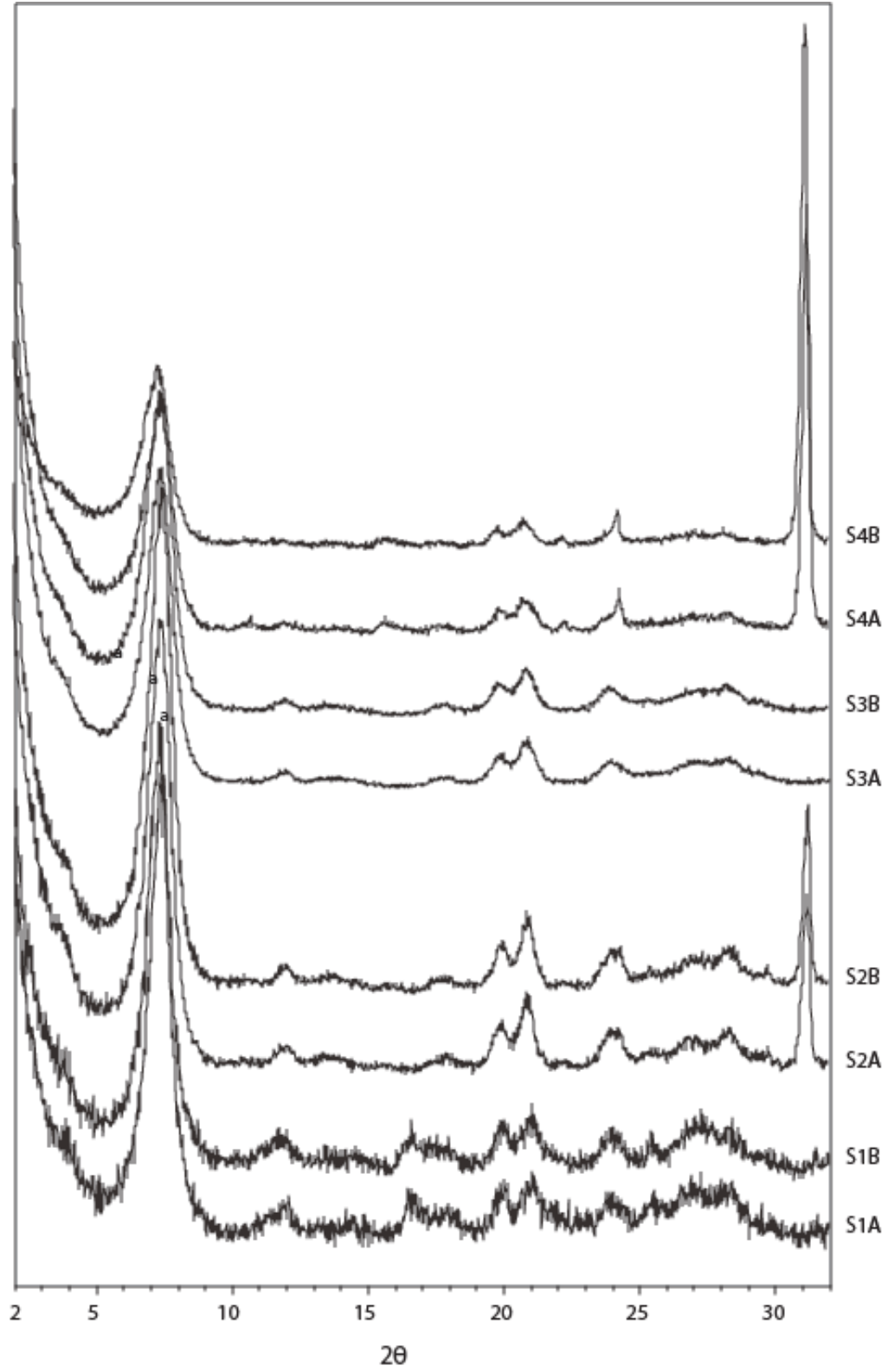
Şekil 4.6. Sarısu bölgesi lületaş yataklarından alınan S3B nolu saf sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı



Şekil 4.7. Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S4A nolu dolomit ($d=2.862^{\circ}\text{A}$) içeren sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı

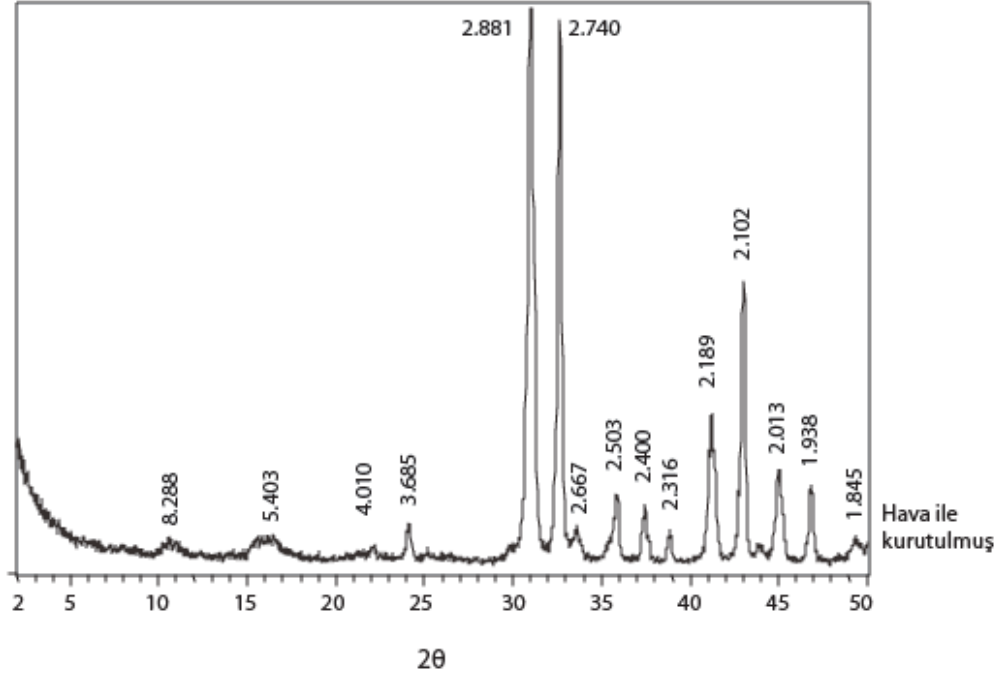


Şekil 4.8. Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan S4B nolu dolomit ($d=2.867^{\circ}\text{A}$) içeren sepiyolit örneğinin X-ışınları difraktogramı

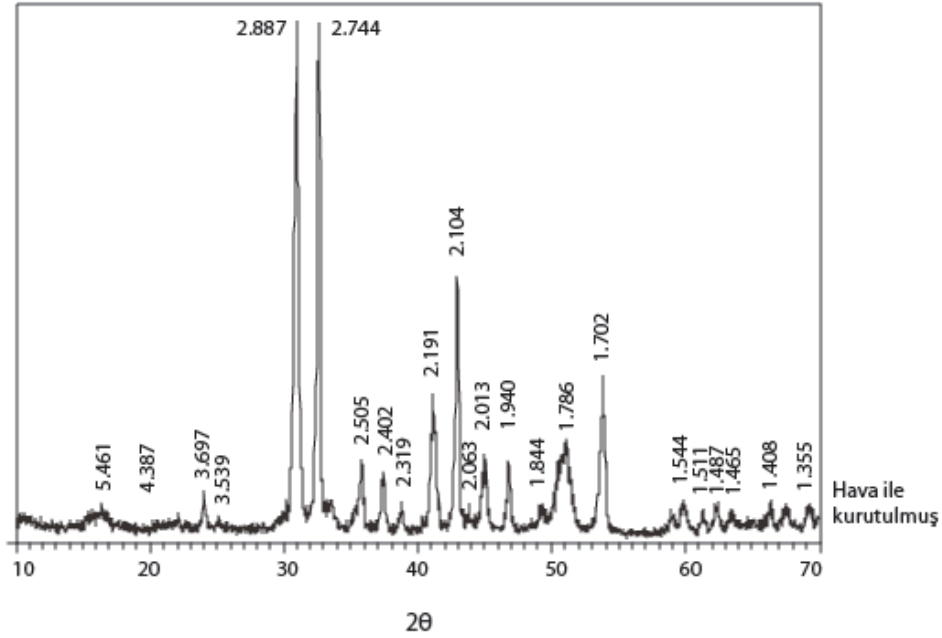


Şekil 4.9. Sarısu bölgesi lületaşı yataklarından alınan bütün örneklerin X-ışınları difraktogramı

Çalışma bölgesinde bulunan manyezit ocaklarından alınan M1 örneğinin XRD incelemelerinde manyezit ve dolomit fazları saptanmıştır (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).

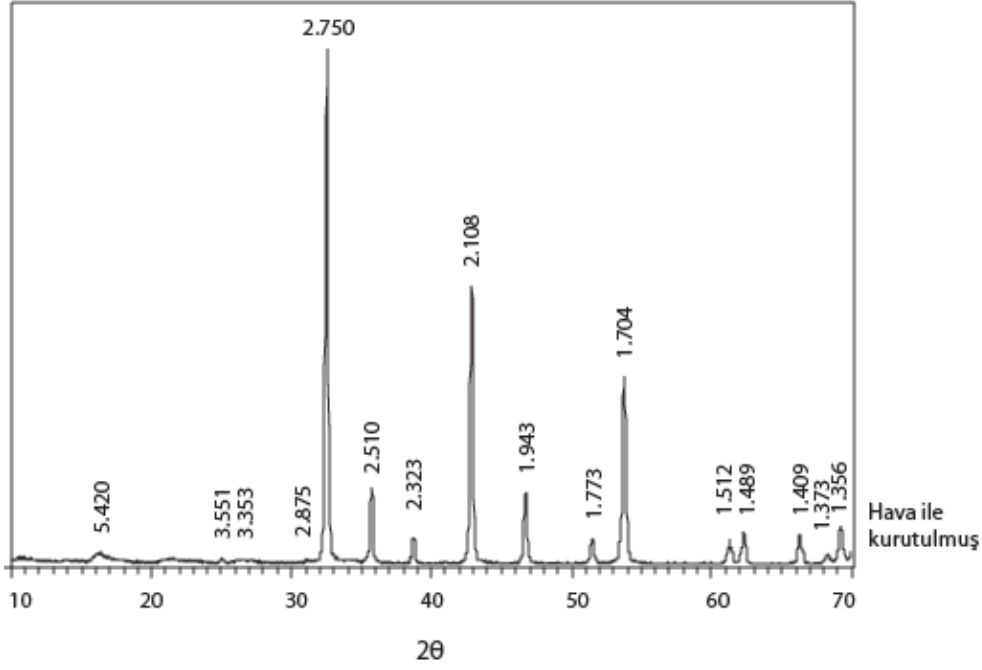


Şekil 4.10. Manyezit ocağından alınan M1A örneğine ait manyezit ve dolomit fazlarını gösteren X-ışınları difraktogramı

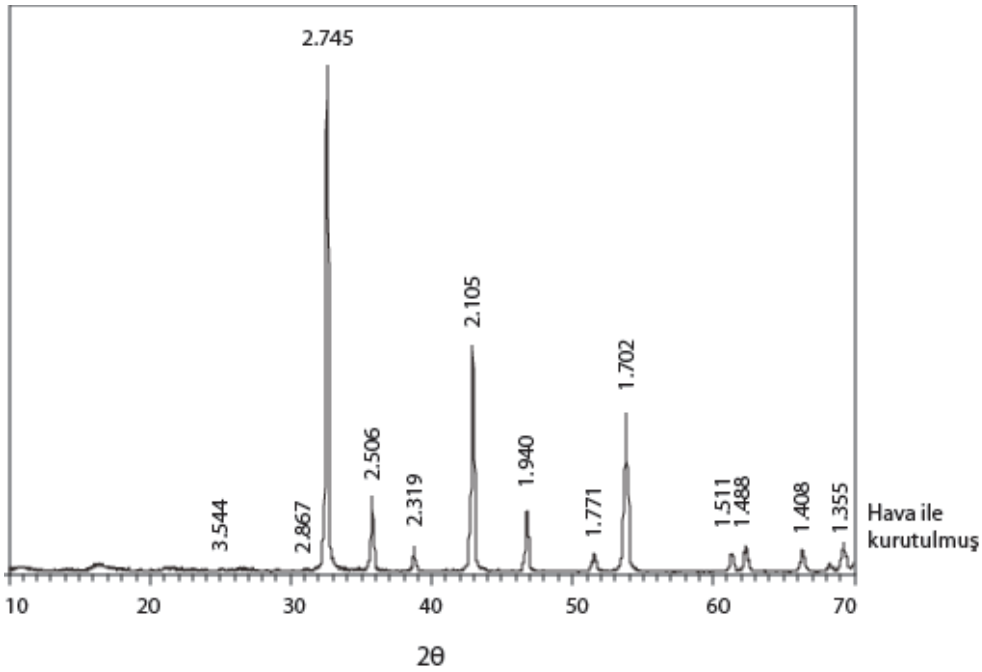


Şekil 4.11. Manyezit ocağından alınan M1B örneğine ait manyezit ve dolomit fazlarını gösteren X-ışınları difraktogramı

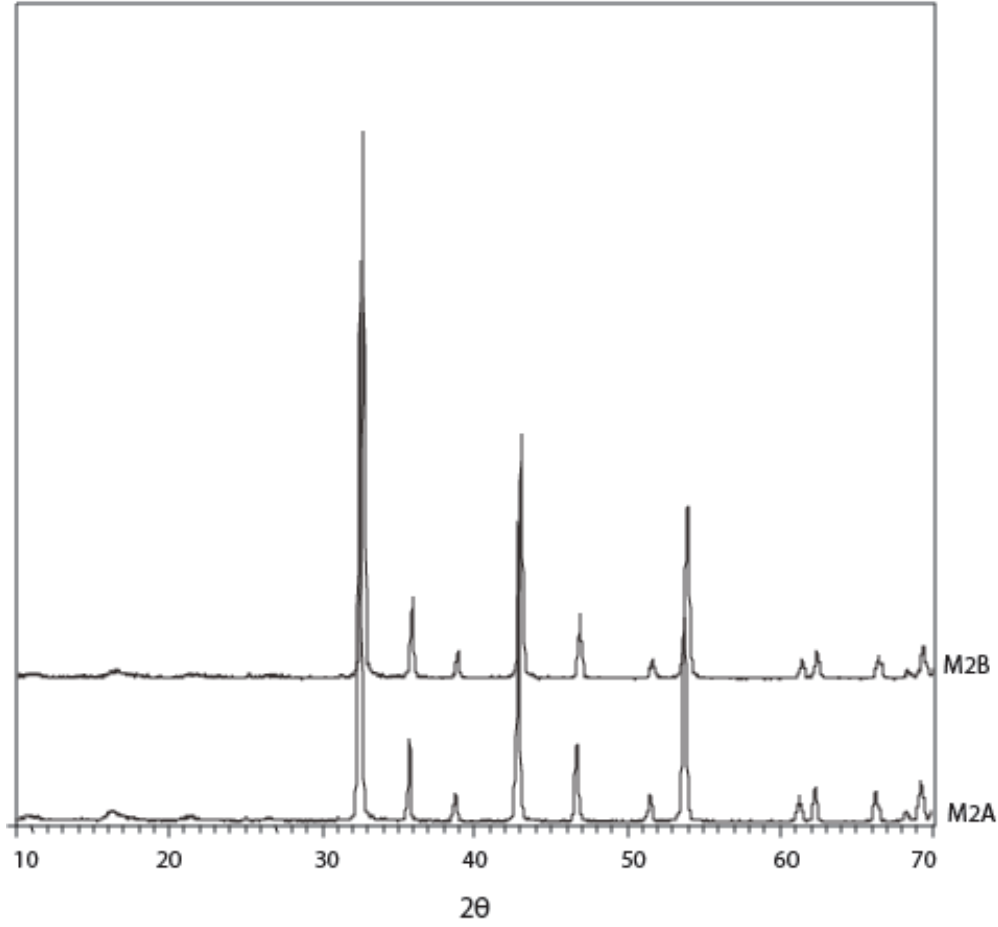
Çalışma bölgesinde bulunan manyezit ocaklarından alınan M2 örneğinin XRD incelemelerinde sadece manyezit fazı saptanmıştır (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13, Şekil 4.14).



Şekil 4.12. Manyezit ocağından alınan M2A örneğine ait manyezit fazını gösteren X-ışınları difraktogramı



Şekil 4.13. Manyezit ocağından alınan M2B örneğine ait manyezit fazının gösteren X-ışınları difraktogramı



Şekil 4.14. Manyezit ocağından alınan M2A ve M2B nolu manyezit örneklerinin X-ışınları difraktogramı

4.2. Kimyasal Analizler

Tablo 4.1 çalışma alanından alınan yumrulu sepiyolit ve manyezit örneklerinin XRF metodu ile yapılan kimyasal analiz sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre analiz edilen yumrulu sepiyolitlerin ağırlıkça MgO oranı %24,59 ile %29,94 arasında değişmektedir. Al_2O_3 en fazla %1,35, Fe_2O_3 ise en fazla %0,03 olarak saptanmıştır. SiO_2 oranları ise S1, S2 ve S3 örneklerinde %43,38 ile %54,18 arasında değişmektedir. Buna karşın S4 örneklerinde dolomit içeriği fazla olduğu için bu oran %14,87 ve 15,22'dir. S2 ve S4 örnekleri dolomit içerdiği için diğer örneklere nazaran CaO içerikleri yüksektir. S2 örneklerinde bu oran %4,78 ile %4,99 iken S4 örneklerinde %22,87 ile %23,19'dur. Bu da S4 numunesinin dolomit içeriğinin S2'den fazla olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, örneklerin XRD sonuçları ile uyumluluk göstermektedir (Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8)

Manyezit örneklerinin analiz sonuçlarına göre dolomitli olan M1 örneklerinde CaO

oranı %22,52 ve %22,70'dir. MgO oranı ise %28,34 ve %29,01'dir. Buna karşın nispeten saf manyezit olan M2 örneklerinde CaO oranı %0,94 ve %0,93'tür. MgO oranı ise %45,65 ve %45,16'dır. Manyezit örnekleri için yapılan XRF analiz sonuçları örneklerin XRD sonuçları ile uyumluluk göstermektedir (Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13).

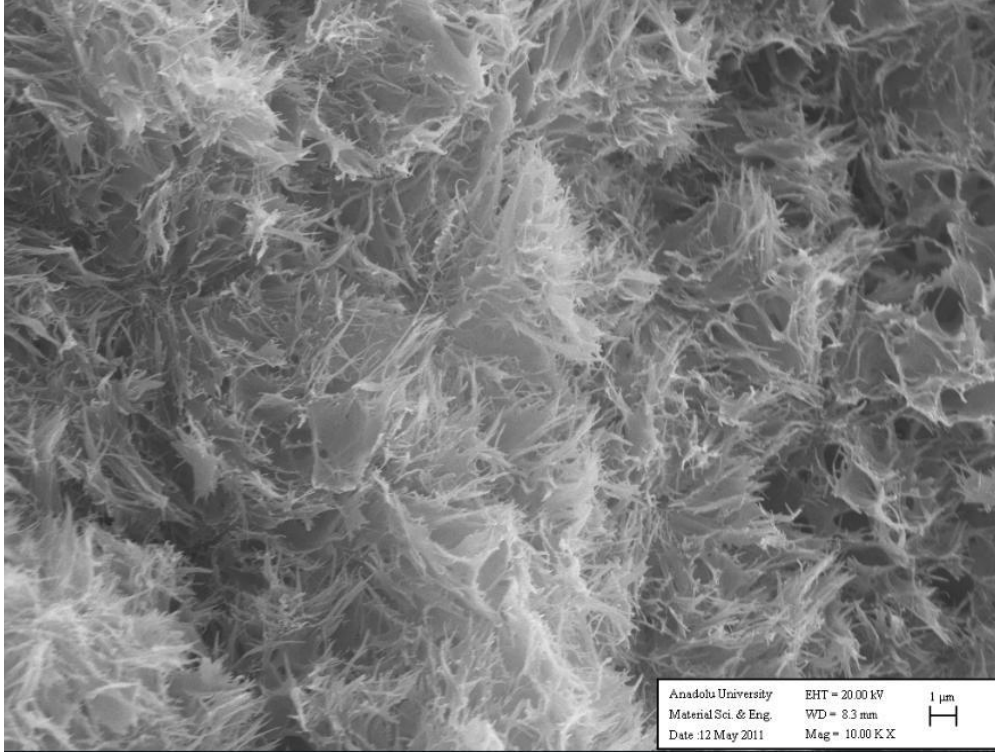
Tablo 4.1. Yumrulu sepiyolit (lületaşı) ve manyezit örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları*

Örnek	Fe ₂ O ₃ %	MnO ₂ %	TiO ₂ %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	MgO %	Na ₂ O %	A.Z.	Toplam
S1-A	0,01	0,00	0,00	52,16	0,08	0,80	0,01	0,00	28,18	0,00	19,22	100,55
S1-B	0,01	0,00	0,00	52,17	0,02	0,80	0,00	0,00	28,42	0,00	19,29	100,80
S2-A	0,00	0,00	0,00	43,38	0,08	4,99	0,01	0,00	28,65	0,00	22,29	99,42
S2-B	0,01	0,00	0,00	43,68	0,10	4,78	0,01	0,00	28,46	0,00	23,36	100,38
S3-A	0,00	0,00	0,01	54,18	0,43	0,04	0,01	0,00	29,82	0,00	16,27	100,75
S3-B	0,01	0,00	0,00	54,00	0,36	0,04	0,01	0,00	29,94	0,00	16,42	100,78
S4-A	0,03	0,00	0,00	15,22	1,35	22,87	0,00	0,01	24,59	0,00	34,35	98,41
S4-B	0,03	0,00	0,00	14,87	1,18	23,19	0,00	0,01	24,77	0,00	34,35	98,39
M1-A	0,41	0,02	0,00	0,48	0,11	22,52	0,00	0,00	28,34	0,01	48,79	100,68
M1-B	0,47	0,01	0,00	0,39	0,10	22,70	0,00	0,00	29,01	0,00	48,28	100,96
M2-A	0,02	0,00	0,00	4,29	0,01	0,94	0,00	0,00	45,65	0,00	50,36	101,27
M2-B	0,02	0,00	0,01	4,38	0,05	0,93	0,00	0,00	45,16	0,00	50,24	100,79

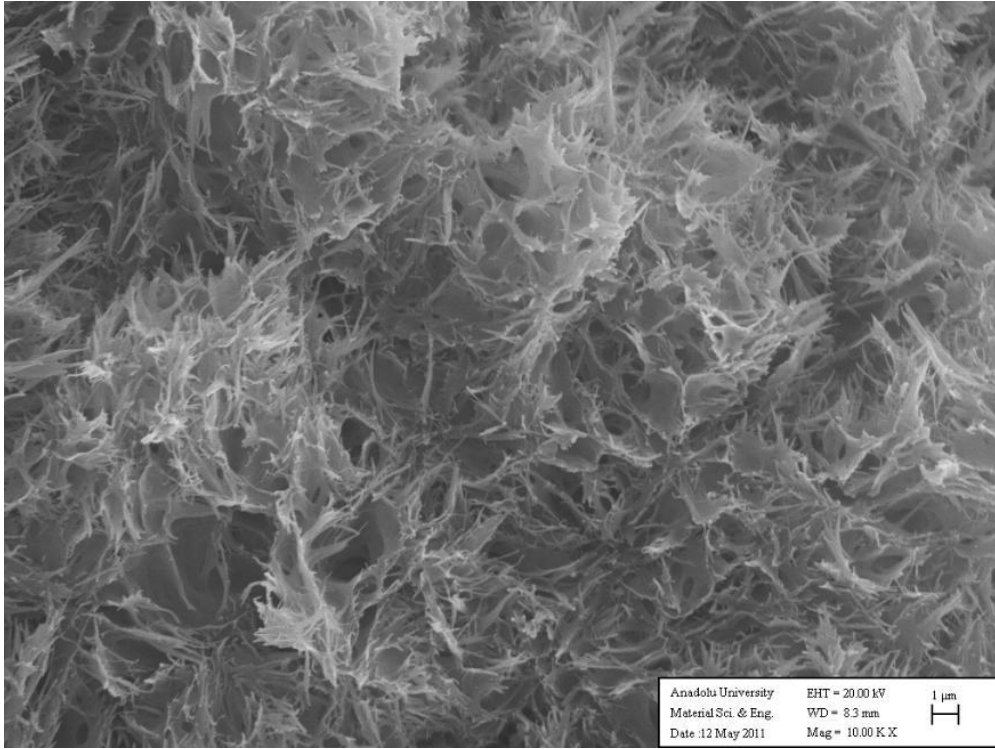
*University of Cincinnati X-ray laboratuvarında Rigaku 3070 x-ray spectrometer cihazı ile yapılmıştır.

4.3. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri

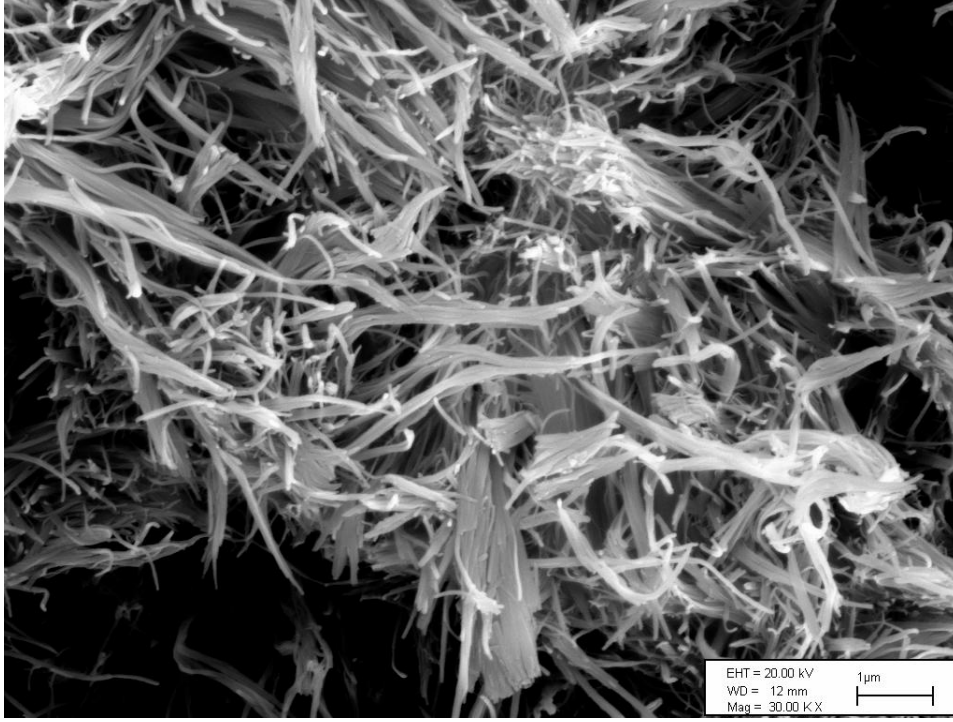
Yumrulu sepiyolitlerin (lületaşı) SEM görüntülerinde sepiyolit dokusunun tipik lifsi bir yapıda olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23). Bu liflerin 0,5µm uzunluğundan 35 µm uzunluğuna kadar olanları vardır. Bu lifler sonlanırken uçlarının büküldükleri görülmektedir. Dolomit içeren sepiyolit örneklerinin lifsi morfolojisi içerisinde yer alan dolomit kristalleri kalitatif EDX analizleri ile saptanmıştır (Şekil 4.19 ve Şekil 4.24).



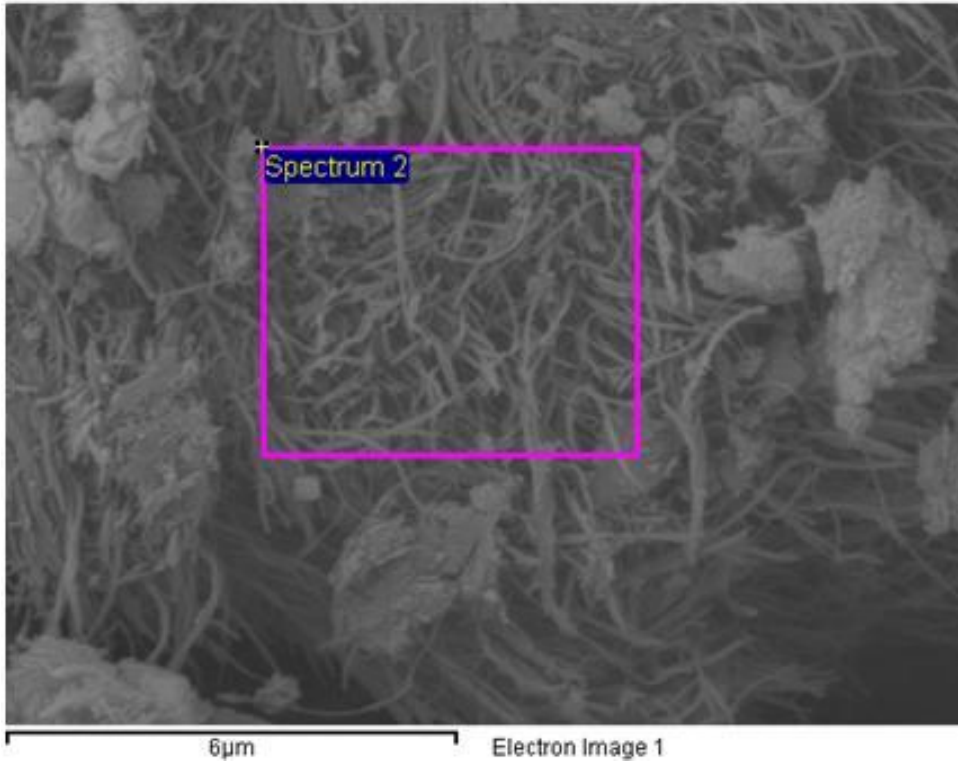
Şekil 4.15. S1A örneğine ait yumrulu sepiyolit lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü



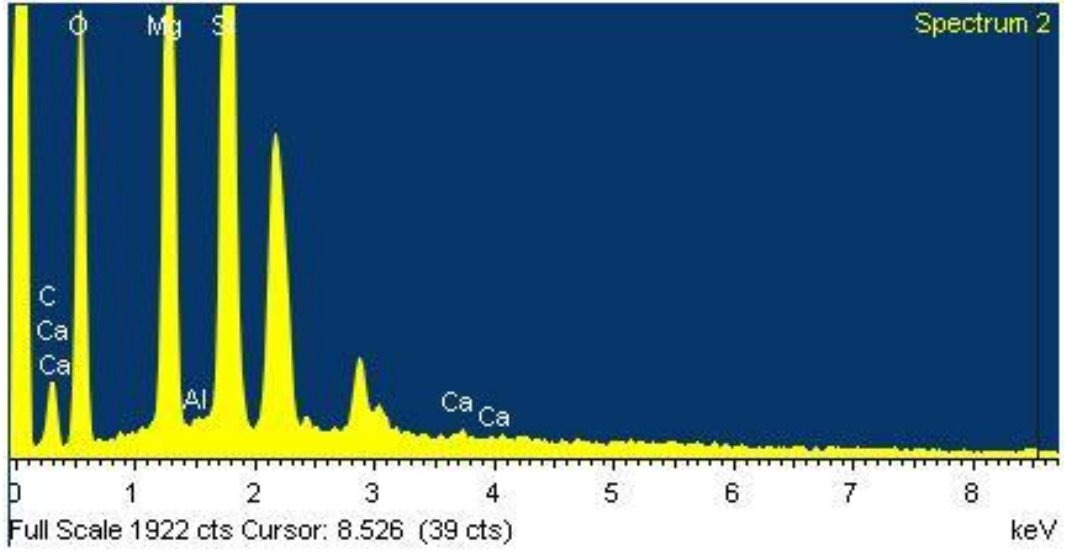
Şekil 4.16. S1B örneğine ait yumrulu sepiyolit lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü



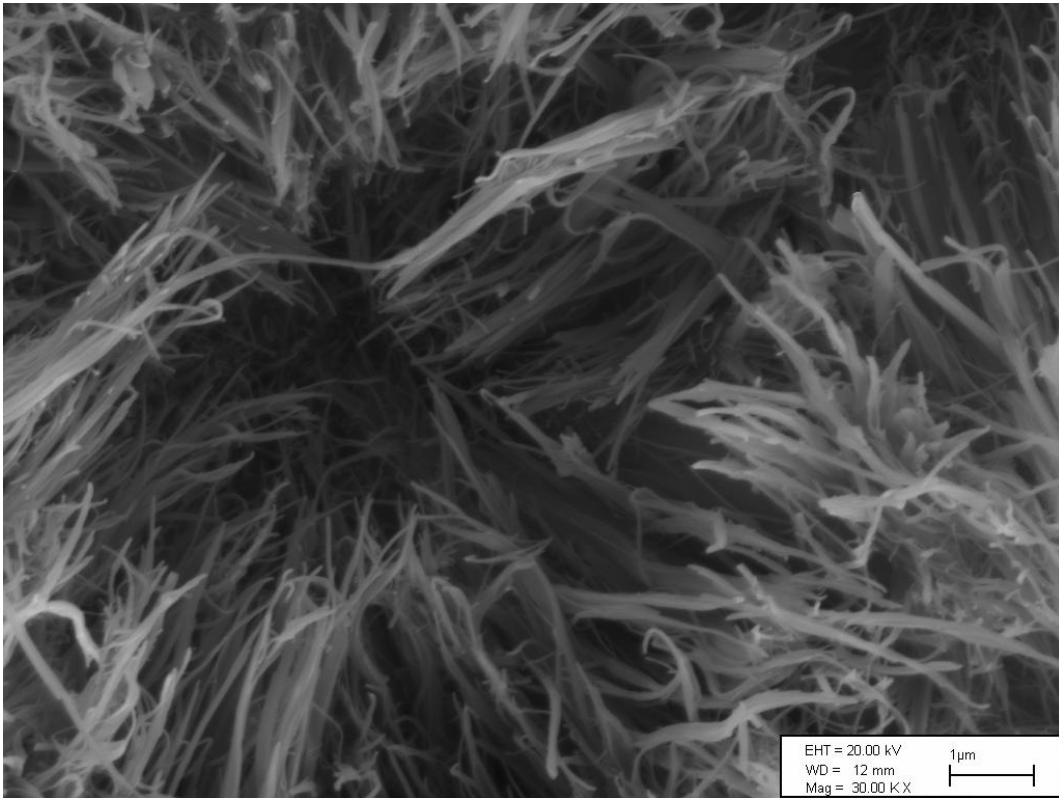
Şekil 4.17. S2A örneğine ait yumrulu sepiyolit lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü



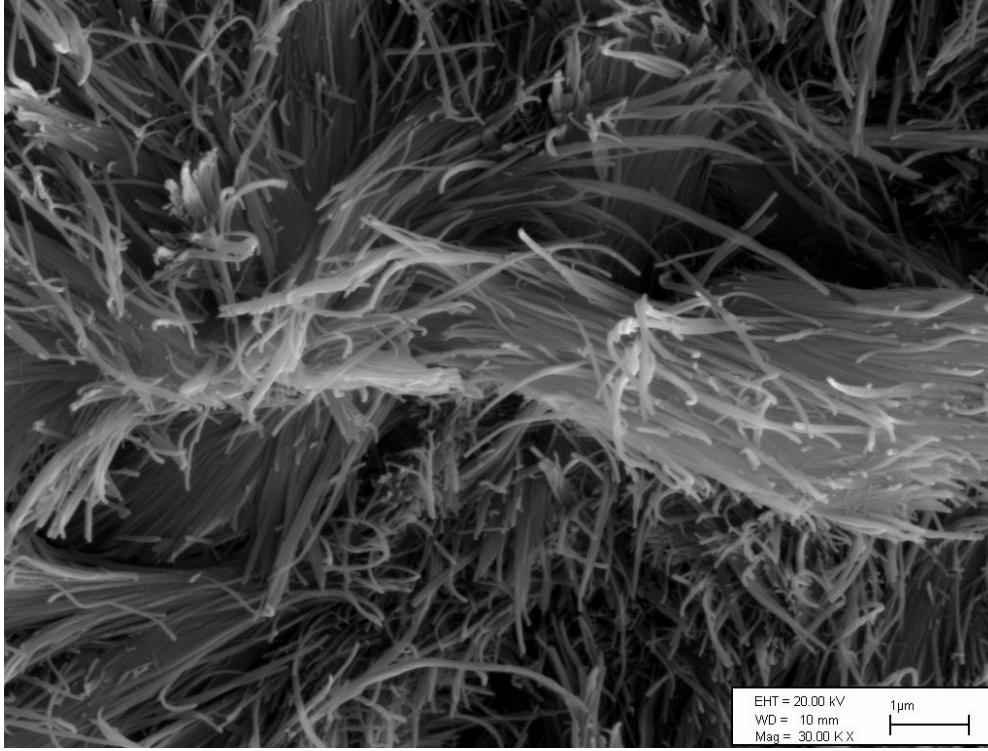
Şekil 4.18. S2B örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü



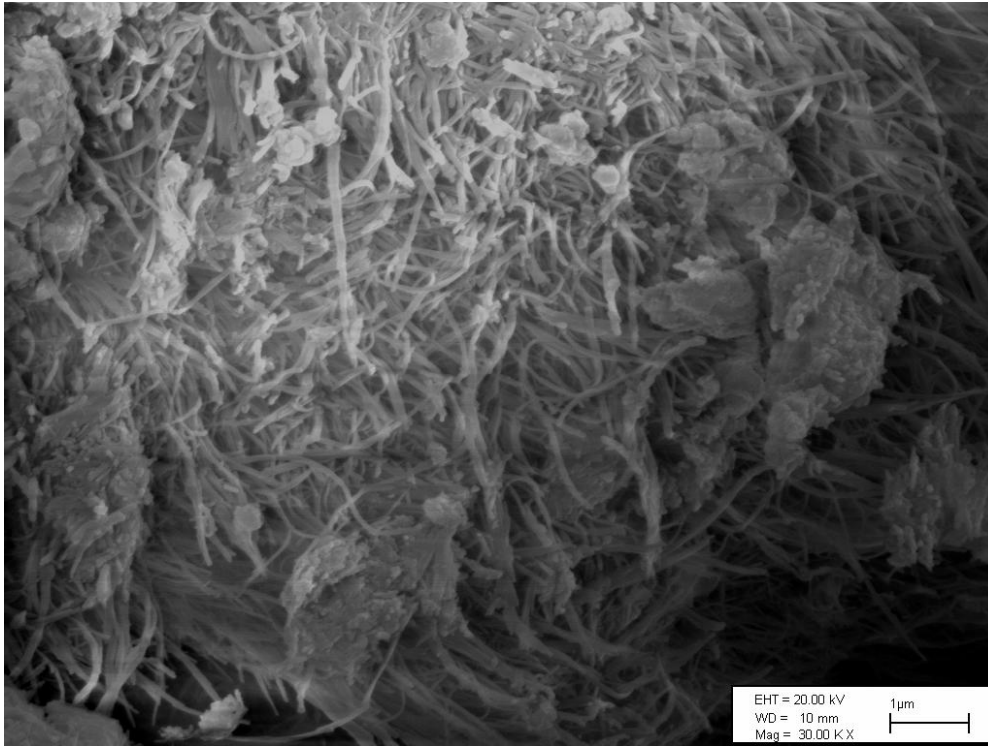
Şekil 4.19. S2B örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit'in Şekil 4.18'deki spectrum 2 bölgesine ait EDX (Energy dispersive x-ray spectra) analizi



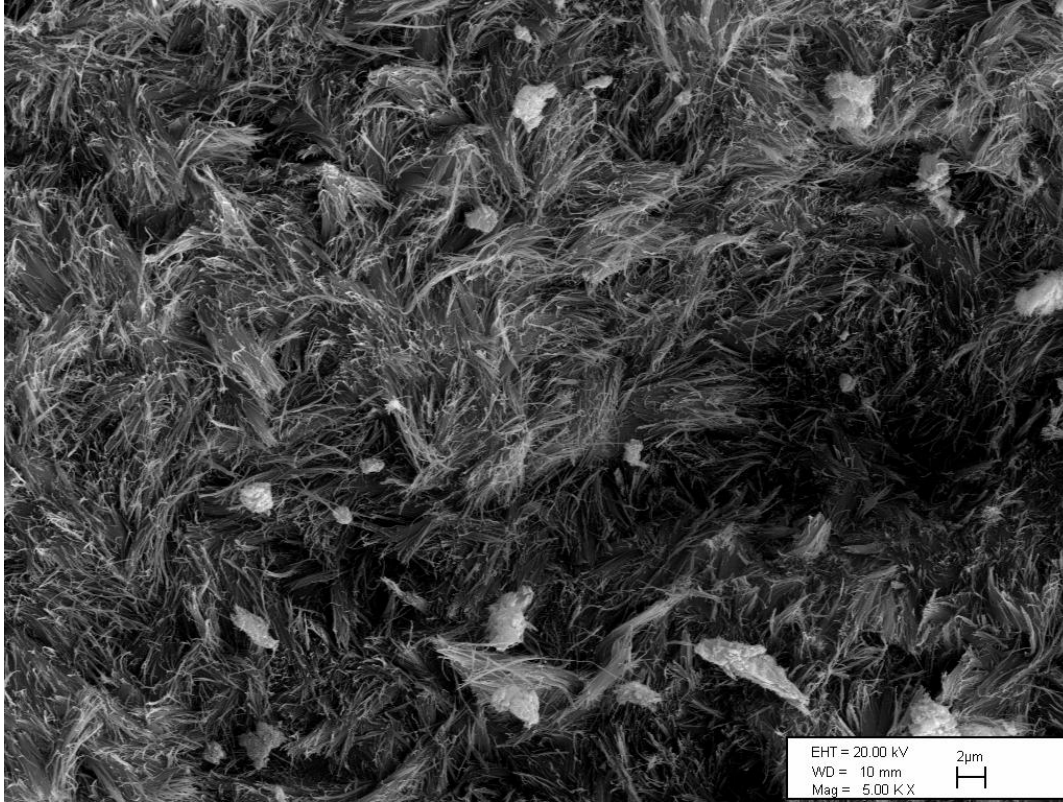
Şekil 4.20. S3A örneğine ait yumrulu sepiyolit'in lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü



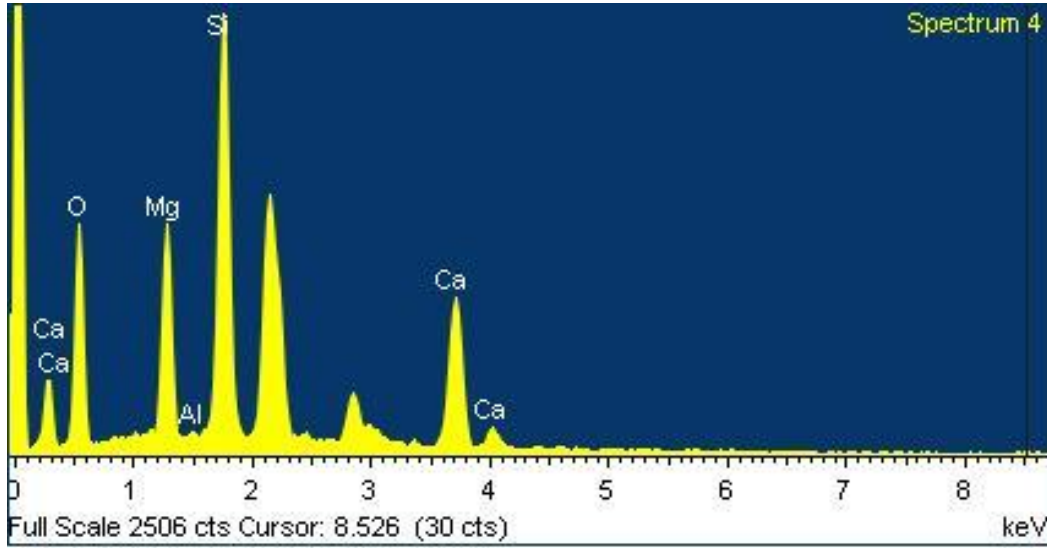
Şekil 4.21. S3B örneğine ait yumrulu sepiyolit lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü



Şekil 4.22. S4A örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit lifsi morfoloji gösteren SEM görüntüsü



Şekil 4.23. S4B örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit lifli morfoloji gösteren SEM görüntüsü



Şekil 4.24. S4B örneğine ait dolomit içeren yumrulu sepiyolit EDX (Energy dispersive x-ray spectra) analizi

4.4. Spesifik Yüzey Alanı (BET) İncelemeleri

Tablo 4.2’de çalışma alanından alınan örneklerin BET (Brunauer-Emmett-Teller) metodu ile hesaplanan spesifik yüzey alanları verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre nispeten saf sepiyolit olan S1 ve S3 örneklerinin spesifik yüzey alanları dolomit içeren S2 ve S4 örneklerine göre daha yüksektir.

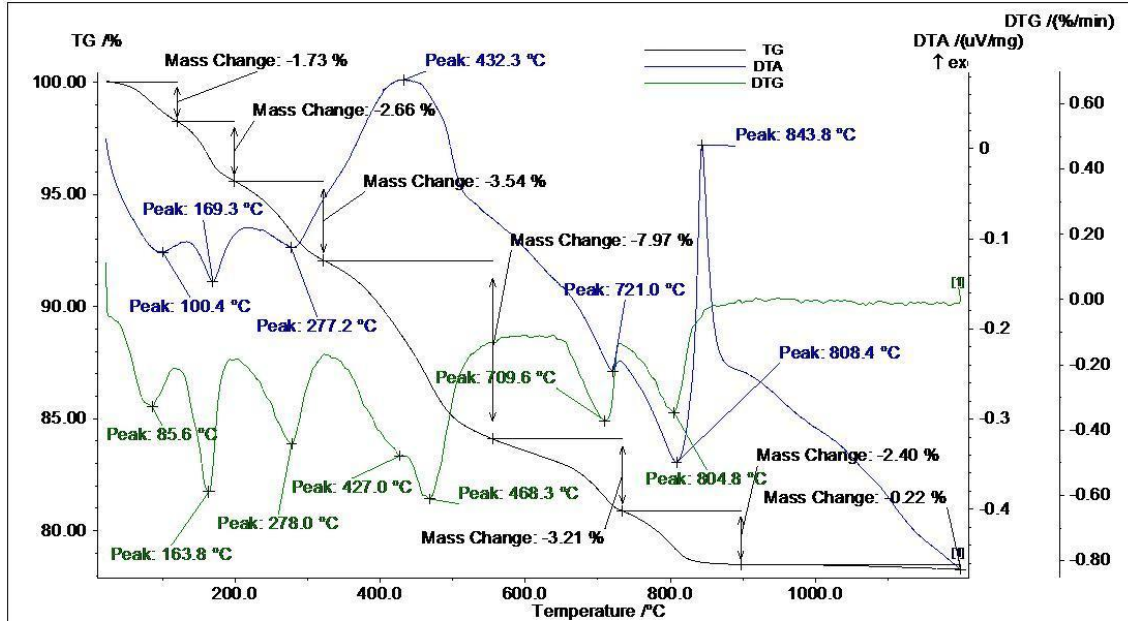
Tablo 4.2. BET analizi ile elde edilen yumrulu sepiyolit örneklerinin spesifik yüzey alanı değerleri

Örnek	Spesifik yüzey alanı (m ² /g)
S1	379,45
S2	341,22
S3	367,71
S4	330,15

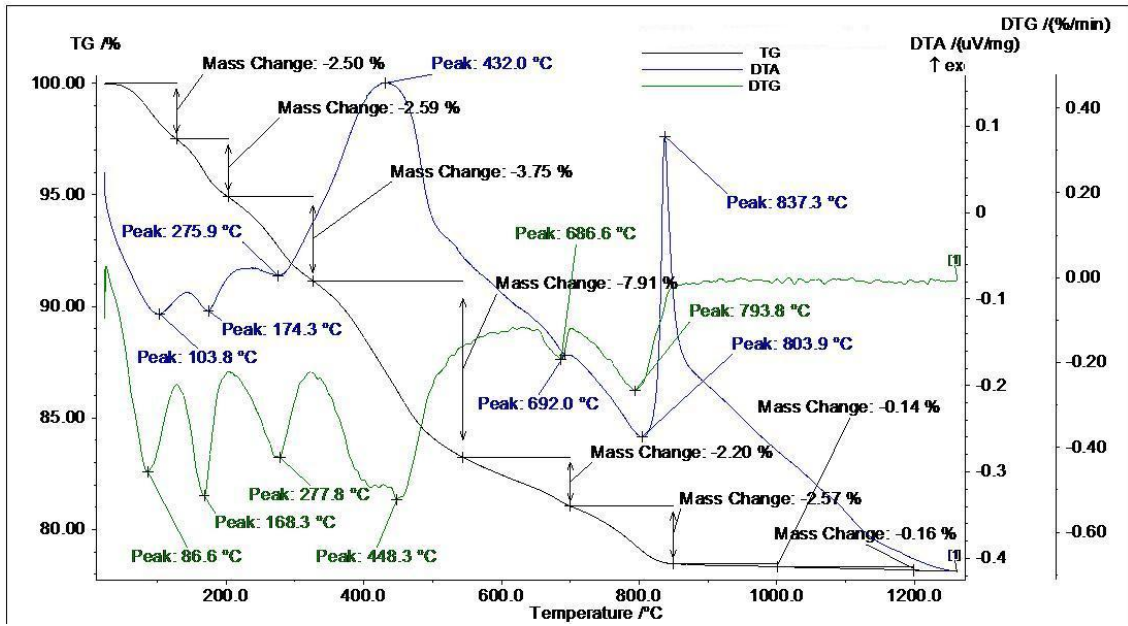
4.5. Termal Analiz (DTA, TG ve DTG) İncelemeleri

Diferansiyel termik analiz (DTA) killerin tanımlanmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin esası bir maddenin ısıtılması veya soğutulması esnasında o maddenin kristal yapısındaki kimyasal ve fiziksel değişimler sonucunda oluşan ısı alışverişi, reaksiyon türü ile reaksiyon sıcaklığına dayanmaktadır. DTA incelemelerinde ekzotermik (ısı veren) reaksiyonlar organik maddenin yanması, yeni fazların oluşumu ve amorf maddenin kristallenmesi şeklinde tanımlanır. Endotermik (ısı alan) reaksiyonlar ise zeolitik su ve kristal yapıdaki suyun atılması şeklinde olur.

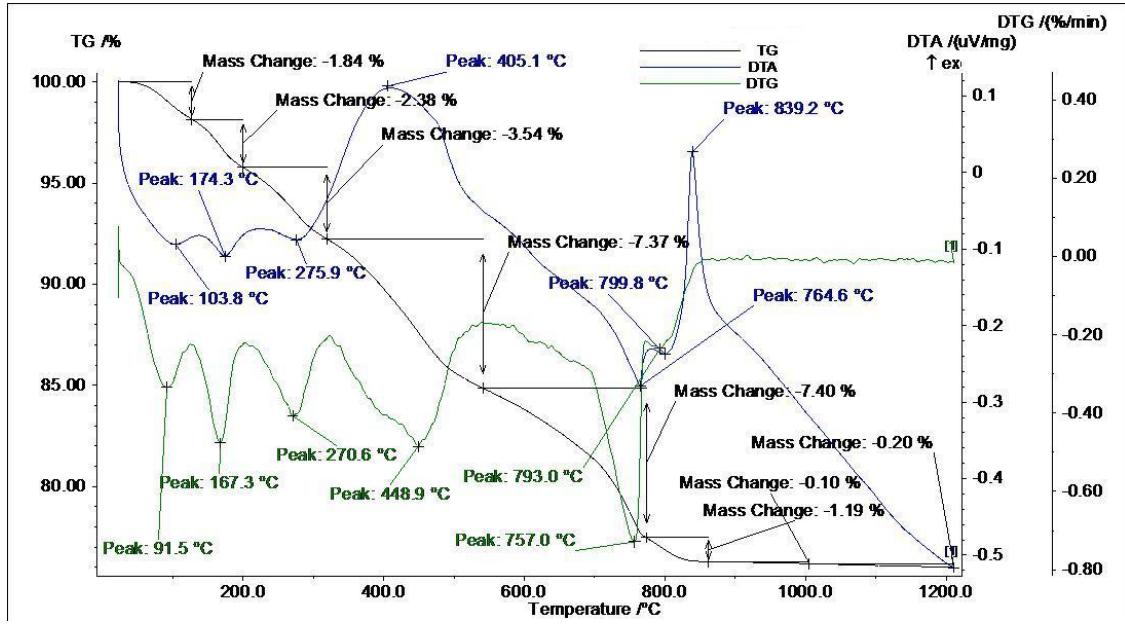
Yumrulu sepiyolit (lületaşı) örneklerinin 3 adetinin (S1, S2 ve S3) termal analiz (DTA, TG ve DTG) eğrileri Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de verilmiştir. İncelenen lületaşı örneklerinde görülen ilk endotermik pikler (100,4 °C ve 103,8 °C) zeolitik suyun çıkışını göstermektedir. Örneklerdeki bağlı su kristal yapıyı iki kademedede (yaklaşık 200-400 °C ve 400-650 °C) terk etmiştir. Böylece ‘sepiyolit anhidrit’ oluşumu gerçekleşmiştir. Şekillerden de anlaşılacağı gibi, bağlı suyun tamamı yapıdan ayrıldıktan sonra sepiyolitlerin kristal yapısı yaklaşık 700 °C’ye kadar değişmemektedir. 800 °C’de civarlarında oluşan endotermik pikler sepiyolit anhidrit yapısındaki hidroksillerin çıkışını göstermektedir. Bu endotermik piklerden sonra sepiyolit örneklerinin 843,8 °C, 837,3 °C ve 839,2 °C ekzotermik pikleri ile yeni bir faza dönüştükleri görülmektedir. Bu oluşan yeni fazın enstatit (MgSiO₃) olması muhtemeldir.



Şekil 4.25. S1 örneğine ait termal analiz grafikleri



Şekil 4.26. S2 örneğine ait termal analiz grafikleri



Şekil 4.27. S3 örneğine ait termal analiz grafikleri

5. SONUÇLAR

1. Çalışma alanında yer alan birimler alttan üste doğru, Üst Paleozoyik yaşlı Karatepe karmaşığı, Triyas yaşlı Türkmentokat ofiyolitleri, Jura yaşlı Yıldıztepe formasyonu, Jura yaşlı Yürükkaracaören kireçtaşı, Paleosen Karlık kuvarslı diyorit birimi, Pliyosen İmişhir Konglomerası ve güncel alüvyon'dan oluşmaktadır. Yumrulu sepiyolitler İmişhir Konglomera birimi içerisinde bulunmaktadır.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda, çoğu araştırmacının da belirttiği gibi sepiyolit yumrularının İmişhir konglomera birimi içerisinde manyezit ve serpantin çakıllarının hidrotermal alterasyonu sonucu in-situ diyajenetik ramplasmanı ile oluştuğu düşünülmektedir.

2. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi yumrulu sepiyolit örneklerinin yapılan XRD analizlerinin sonucunda mineralojik bileşiminde baskın olan mineralin sepiyolit olduğu saptanmıştır. Bazı örneklerde sepiyolit mineralinin yanı sıra ikincil mineral olarak dolomit'e rastlanmıştır. XRD verilerine göre kristallenme derecelerinin iyi olduğu söylenebilir.

3. Araziden alınan yumrulu sepiyolit örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre bileşimlerinde en fazla bulunan oksitler SiO_2 ve MgO 'dur. Dolomitli olan yumrulu sepiyolit örneklerinde ise SiO_2 ve MgO 'nun yanı sıra önemli oranda CaO da vardır (Tablo 4.1). Örneklerin kimyasal analiz sonuçları XRD, SEM ve DTA sonuçları ile uyumludur.

Manyezit örneklerinin yapılan kimyasal analizlerinde dolomit içeren numunenin (M1) CaO içeriği %22 civarında, MgO içeriği ise %29 civarındadır. Oysa nispeten saf olan manyezit örneğinde (M2) bu oranlar sırasıyla %0,90 ve %45 civarındadır.

4. Yumrulu sepiyolit örneklerinin SEM incelemelerinde nispeten saf olan örneklerin tamamen lifsi yapıya sahip oldukları saptanmıştır (Şekil 4.15 ve Şekil 4.20). Ancak dolomit içeren yumrulu sepiyolitlerin lifsi yapılarının içerisinde dolomit kristalleri de gözlenmiştir (Şekil 4.18 ve Şekil 4.23).

5. Yumrulu saf sepiyolit örneklerinin (S1 ve S3) BET analizlerinde yüzey alanları sırasıyla $379,45\text{m}^2/\text{g}$ ve $367,71\text{m}^2/\text{g}$ gibi yüksek değerlerde hesaplanmıştır (Tablo 4.2). Ancak dolomitli olan türlerde (S2 ve S4) yüzey alanları sırasıyla $341,22\text{m}^2/\text{g}$ ve $330,15\text{m}^2/\text{g}$ olarak nispeten saf olanlara göre daha düşük değerlerde hesaplanmıştır. Yumrulu

sepiyolitlerin hesaplanan bu yüksek yüzey alanı değerleri adsorbsiyon kapasitesinin yüksekliğini de vurgulamaktadır.

6. Örneklerin termal analiz (DTA, TG ve DTG) eğrileri (Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27) tipik yumrulu sepiyolit grafikleri ile uyumludur. Endotermik reaksiyonlar ile zeolitik su ve kristal suları bünyeden uzaklaşmıştır. Böylece ‘sepiyolit anhidrit’ oluşumu gerçekleşmiştir. Bu endotermik reaksiyonlardan sonra 843,8°C, 837,3°C ve 839,2°C’lerde oluşan ekzotermik reaksiyonlar ile örneklerin enstatit (MgSiO_3) fazına dönüştükleri düşünülmektedir.

Yumrulu sepiyolit örneklerinin karakterizasyonunu belirlemek için yapılan XRD, XRF, SEM, BET ve termal analiz incelemeleri sonucunda, Türkmentokat-Karatepe bölgesi (Sarısü bölgesi) lületaşlarının en iyi kalitede olan yarı kıymetli taş niteliğindeki hakiki lületaşları oldukları saptanmıştır.

6. ÖNERİLER

1. Sarısu Ocakları dahil Eskişehir bölgesinde çıkarılmakta olan lületaşları başta pipo olmak üzere çeşitli ürünlere sanatkârlar tarafından işlenerek özellikle yurt dışına ihraç edilmektedir. Bu bakımdan Eskişehir yöresinde önemli sayıda insanın başlıca geçim kaynağı lületaşının çıkarılması, işlenmesi ve satılmasıdır denilebilir. Lületaşı madenciliği günümüze kadar çoğunlukla geleneksel yöntemler ile yapıla gelmiştir. Gerek bu nedenden gerekse lületaşı madenciliği ile uğraşanların sayısının giderek azalmasından dolayı, ihraç yapan lületaşı sanatkârlarının ham lületaşı ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu konuda çözüm aramak için son zamanlarda oluşturulan kooperatifin çalışmaları da henüz olumlu sonuçlanmamıştır. Bu nedenle sanatkârların ham lületaşı ihtiyacını karşılayarak onların mağduriyetini giderip ihracat bağlantılarındaki sorunları çözecek çalışmanın ivedilikle yapılmasına ihtiyaç vardır.

2. Yarı kıymetli taş niteliğinde olan yumrulu sepiyolitlerin (lületaşının) sanatkârlar tarafından işlendiği zaman yaklaşık % 30-40'ı atık kırpıntı ve toz haline gelmektedir. Bu atık lületaşlarının değerlendirilmesi üzerine çalışmalar yapılması giderek daha bir önem kazanmaktadır. Bilhassa bu toz ve kırpıntıların ham halindeki özelliklere yakın özellikte geri kazanım çalışmasının yapılması ve değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

3. İncelenen Sarısu Bölgesi lületaşlarının adsorpsiyon kapasiteleri ayrı bir araştırma konusu olarak çalışılabilir.

KAYNAKLAR

- Barrera, A., Muramatsu, K., Viveros, T., Gómez, S., Montoya, J.A., Del Angel, P., Pérez, G., Campa-Molina, J., 2009.** Influence of the type of sepiolite on the modification of the pore-size distribution in γ -Al₂O₃ supports. *Applied Clay Science* 42, 415–421.
- Calliere, S, Henin, S., 1949.** Occurrence of sepiolite in the Lizard serpentines. *Nature*, 163, p.962.
- Dağılgan, M. Nazan 1994.** Lületaş, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Dewey, J.F., Şengör, A.M.C., 1979.** Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continuum tectonics in convergent zone, *Geological society of America Bulletin*, 90 (I), 84-92.
- Doğan, M., Turhan, Y., Alkan, M., Namli, H., Turan, P., Demirbaş, Ö., 2008.** Functionalized sepiolite for heavy metal ions adsorption. *Desalination* 230, 248–268.
- DPT, 1996.** Lületaş, Tabakalı Sepiyolit, Atapulgit (Paligorskit), Devlet Planlama Teşkilatı VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu, Diğer Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu, Cilt 1, Yayın No: DPT 2421-ÖİK :480, Ankara, 5-35.
- Dudaş, N., 2011.** Eskişehir ilinde lületaş işletmeciliği ve üretilen ürünler. SDÜ, GSF, 25 s.
- Ece, O. I., Çoban, F., 1994.** Geology, occurrence, and genesis of Eskişehir Sepiolites, Turkey. *Clay and Clay Minerals*. 42, 81–92.
- Ece, O. I., 1998.** Diagenetic transformation of magnesite pebbles and cobbles to sepiolite (meerschaum) in the Miocene Eskişehir lacustrine basin, Turkey. *Clay and Clay Minerals*. 46, 436–445.
- Eskişehir Valiliği, 1993.** Lületaş Yurt Dışı Sergileri. Eskişehir Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları: Eskişehir.
- Erdoğan, T., 2011.** Kişisel görüşme.
- Fersman, A.E., 1913.** Research on Magnesium Silicates, *Zap. Imp. Akad. Nauk* 32,321-430.

- Galan, E., 1979.** The Fibrous Clay Minerals in Spain, Eighth Conference on Clay Mineralogy and Petrology, 239-249.
- Fleischer, P., 1972.** Sepiolite associated with Miocene diatomite, Santa Cruz Basin, California, American Mineral. Vol. 57, 903-912
- Galan, E., 1987.** Industrial applications of sepiolite from Vallacas-Vicalvaro. Spain: A review: Proceedings of The International Clay Conference. The Clay Minerals Society. Bloomington, Indiana, pp. 400–404.
- Galan, E., Castillo, A., 1984.** Sepiolite-Palygorskite in Spanish Tertiary Basins; Genetical Patterns in Continental Environments. Developments in Sedimentology, 81-123, Elsevier, Amsterdam.
- Gonzalez, J.C., Molina-Sabio, M., Rodriguez-Reinoso, F., 2001.** Sepiolite-based adsorbents as humidity controller. Applied Clay Science 20, 111–118.
- İTİT, 1993.** Utilization of Sepiolitic and Mg-Bearing Clays in Turkey: MTA/Turkey-GIRIN/Japan Joint Research Project Final Report, OTT Project No. 90-1-5, MTA Kütüphane No. 400 (U890), Ankara.
- Işık, İ., Uz, V., Austin, S. G. and Işık, C. E., 2010.** Characterization and utilization of nodular sepiolite (meerschaum) from Eskisehir (Turkey), Applied Clay Science 49 (2010), 29–32.
- İrkeç, T., 1993.** Sepiyolitin Kullanım Alanları ve MTA-GIRIN Ortak Araştırma Projesinin Sonuçları, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Cilt n, sayı 5-6, Ankara, 32-37.
- İşcan, N., 1999.** Eskişehir Müzeleri ve Kültür Merkezleri, İşcan Yayınları: Eskişehir.
- Jackson, J. and McKenzie, D.P., 1988.** The relationship between plate motions and seismic moment tensors and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East, Geophysical Journal of royal astronomical society, 93, 45-73.
- Kayabaşı, N, Söylemezoğlu, F, Erdoğan, Z. (1999).** Eskişehir’de Lületaş İşletmeciliği, Ekin Dergisi, Sayı:7, Tarım Kredi Kooperatifçiliği Yayınları, Ankara Sayfa: 101–103.
- Ketin, İ., 1948.** Über die tektonisch-Mechanischen folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezemiums, Geologische. Rundschav 36, 77-83.
- Korkmaz, Ş., 1987.** Doğal ve Preslenmiş Lületaşının Bazı fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Krekeler, M.P.S., Guggenheim, S., 2008.** Defects in microstructure in palygorskite-sepiolite minerals: A transmission electron microscopy (TEM) study. *Applied Clay Science* 39, 98–105.
- Lazarević, S., Janković-Častvan, I., Jovanović, D., Milonjić, S., Janačković, D., Petrović, R., 2007.** Adsorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Sr^{2+} ions onto natural and acid-activated sepiolites. *Applied Clay Science* 37, 47–57.
- McKenzie, D.P., 1970.** Plate tectonics of the Mediterranean region, *Nature*, 226, 239-243.
- McKenzie, D.P., 1972.** Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophysical journal of royal astronomical*, 30, 109-185.
- Özdemir, O., Çınar, M., Sabah, E., Arslan, F., Çelik, M.S., 2007.** Adsorption of anionic surfactants onto sepiolite. *Journal of Hazardous Materials* 147, 625–632.
- Öztürk, N., Köse, T.E., 2008.** A kinetic study of nitrite adsorption onto sepiolite and powdered activated carbon. *Desalination* 223, 174–179.
- Rateev, M.A., Pokidin, A.K., Kheirov, M.G., 1963.** Diagenetic Alterations of Clay Minerals in the Pliocene and Post-Pliocene Formations of the Caspian Sea. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 148, 187-190
- Sabah, E. ve M., Çelik, M. S., 1999.** Sepiyolit: Özellikleri ve Kullanım Alanları: 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu/Bildiriler Kitabı, 132-146, 14-15 Ekim 1999, İzmir.
- Sabah, E., Turan, M., Çelik, M.S., 2002.** Adsorption mechanism of cationic surfactants onto acid- and heat-activated sepiolites. *Water Research* 36, 3957–3964.
- Sarıiz, K., 1990.** Türkmentokat-Karatepe (Eskişehir) manyezit yataklarının oluşumu: *MTA Dergisi* 110, 77-96, Ankara.
- Sarıiz, K. ve Nuhoğlu, L., 1992.** Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği, *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, No. 636, Eskişehir, 338-343.
- Sarıiz, K., Işık, I., 1995.** Meerschaum from Eskisehir Province, Turkey. *Gems&Gemology* Volume XXXI, 42-51.
- Sarıkaya, Y., Yücel, A., Eğilmez, Ö., Makul, G., Almaç, R., Harman, I. ve Bozdoğan, İ., 1985.** Lületaş (Sepiolite) Parçacıklarının Sigara Filtresinde Duman Süzgeci Olarak Kullanılması, II. Ulusal Kil Sempozyumu, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 521-527.
- Şekercioğlu, H., 2010.** Kişisel görüşme.

- Singer, A. and Galan, E., 1984.** Palygorskite-Sepiolite, Occurrences Genesis, and Uses, Developments in Sedimentology 37, Elsevier, New York, 352 p.
- Şengör, A. M. C., 1980.** The Fundamentals of the Neotectonics of Turkey. A Bulletin of the Geological Society of Turkey, 40 s..
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981.** Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach., Tectonophysics, 75, 181-241.
- Turan, M., Mart, U., Yüksel, B., Çelik, M.S., 2005.** Lead removal in fixed-bed columns by zeolite and sepiolite. Chemosphere 60, 1487–1492.
- Vicente Rodriguez, M. A, Lopez Gonzalez, J.D. and Banares Munoz, M.A., 1994.** Acid Activation of a Spanish Sepiolite, Physicochemical Characterization, free Silica Content and Surface Area of the Solids obtained, Clay Minerals 29, 361-367.
- Wang, Q.K., Matsuura, T., Feng, C.Y., Weir, M.R., Detellier, C., Rutadinka, E., Van Mao, R.L., 2001.** The sepiolite membrane for ultrafiltration. Journal of Membrane Science 184, 153–163.
- Wollast, R., Mackenzie, F., Bricker, O., 1968.** Experimental Precipitation and Genesis of Sepiolite at Earth. Surface Conditions. The American Mineralogist, Vol. 53,1645-1662
- Yeniyol, M. ve Öztunalı, Ö., 1985.** Yunak Sepiyolitinin Mineralojisi ve Oluşumu, 2. Ulusal Kil Sempozyumu, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 171-186.

EKLER

Ek Tablo 1. Sepiyolit'e ait XRD verileri

Sepiolite
Post J E, Bish D L, Heaney P J
American Mineralogist 92 (2007) 91-97
Synchrotron powder X-ray diffraction study of the structure and dehydration
behavior of sepiolite
Sample: T = room temperature, in air
Locality: Durango, Mexico
_database_code_amcsd 0004269

CELL PARAMETERS: 13.4050 27.0160 5.2750 90.000 90.000 90.000
SPACE GROUP: Pncn
X-RAY WAVELENGTH: 1.541838
MAX. ABS. INTENSITY / VOLUME**2: 30.95446007

2-THETA	INTENSITY	D-SPACING	H	K	L	Multiplicity
6.54	1.52	13.5080	0	2	0	2
7.36	100.00	12.0081	1	1	0	4
11.84	1.84	7.4752	1	3	0	4
13.21	1.11	6.7025	2	0	0	2
17.70	1.59	5.0114	1	5	0	4
19.72	4.21	4.5027	0	6	0	2
20.14	1.73	4.4084	3	1	0	4
20.61	8.51	4.3099	1	3	1	8
22.44	1.10	3.9628	2	2	1	8
23.63	3.88	3.7654	2	3	1	8
23.81	4.80	3.7376	2	6	0	4
25.21	3.12	3.5329	2	4	1	8
26.60	7.98	3.3512	4	0	0	2
27.98	9.43	3.1886	3	3	1	8
29.29	1.44	3.0497	2	6	1	8
33.33	1.84	2.6884	4	6	0	4
33.59	1.50	2.6679	5	1	0	4
34.25	3.58	2.6181	2	8	1	8
34.66	3.52	2.5879	1	0	2	4
35.04	7.25	2.5609	1	9	1	8
36.61	1.14	2.4543	2	0	2	4
36.77	2.35	2.4442	2	1	2	8
37.48	2.32	2.3993	3	8	1	8
39.83	1.53	2.2633	3	1	2	8
40.02	1.84	2.2530	3	9	1	8
43.67	1.34	2.0726	4	0	2	4
43.98	1.85	2.0587	4	9	1	8
59.69	1.19	1.5491	1	8	3	8
61.08	1.69	1.5172	0	9	3	4

XPOW Copyright 1993 Bob Downs, Ranjini Swaminathan and Kurt Bartelmehs
For reference, see Downs et al. (1993) American Mineralogist 78, 1104-1107.

(http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/xtal_data/DIFfiles/04269.txt)

Ek Tablo 2. Dolomit'e ait XRD verileri

```

Dolomite
Graf D L
American Mineralogist 46 (1961) 1283-1316
Crystallographic tables for the rhombohedral carbonates
_database_code_amcsd 0000108

CELL PARAMETERS: 4.8079 4.8079 16.0100 90.000 90.000 120.000
SPACE GROUP: R-3
X-RAY WAVELENGTH: 1.541838
MAX. ABS. INTENSITY / VOLUME**2: 23.58423447

  2-THETA    INTENSITY    D-SPACING    H    K    L    Multiplicity
  22.06      2.01        4.0297      1    0    1        6
  24.09      1.99        3.6939      0    1    2        6
  30.99     100.00        2.8855      1    0    4        6
  33.59      4.81        2.6683      0    0    6        2
  35.36      5.00        2.5382      0    1    5        6
  37.41     11.26        2.4039      1    1    0        6
  41.19      5.88        2.1918      2   -1    3        6
  41.19     17.40        2.1918      1    1    3        6
  43.85      3.90        2.0645      0    2    1        6
  44.99     12.84        2.0149      2    0    2        6
  49.34      4.09        1.8470      0    2    4        6
  50.61     16.98        1.8037      0    1    8        6
  51.14      5.97        1.7860      1    1    6        6
  51.14     11.59        1.7860      2   -1    6        6
  51.36      1.14        1.7789      0    0    9        2
  58.97      2.25        1.5662      3   -1    1        6
  58.97      1.96        1.5662      2    1    1        6
  59.90      6.04        1.5442     -1    3    2        6
  59.90      2.48        1.5442      1    2    2        6
  63.52      2.87        1.4646      3   -1    4        6
  63.52      2.17        1.4646      2    1    4        6
  64.60      2.37        1.4428      2    0    8        6
  65.25      1.97        1.4300      2   -1    9        6
  66.16      2.42        1.4124     -1    3    5        6
  67.48      6.02        1.3879      3    0    0        6
  70.60      3.27        1.3342      0    0   12        2
  72.97      1.82        1.2965      2    1    7        6
  74.81      2.29        1.2691      0    2   10        6
  77.10      2.16        1.2371      1    2    8        6
  82.73      1.54        1.1666      1    1   12        6
  86.77      1.02        1.1223      3   -1   10        6
  88.02      1.28        1.1096      1    3    4        6

```

XPOW Copyright 1993 Bob Downs, Ranjini Swaminathan and Kurt Bartelmehs
For reference, see Downs et al. (1993) American Mineralogist 78, 1104-1107.

(http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/xtal_data/DIFfiles/00108.txt)

Ek Tablo 3. Manyezit'e ait XRD verileri

```

Magnesite
Graf D L
American Mineralogist 46 (1961) 1283-1316
Crystallographic tables for the rhombohedral carbonates
_database_code_amcsd 0000099

CELL PARAMETERS: 4.6330 4.6330 15.0160 90.000 90.000 120.000
SPACE GROUP: R-3c
X-RAY WAVELENGTH: 1.541838
MAX. ABS. INTENSITY / VOLUME**2: 16.50868949

  2-THETA      INTENSITY      D-SPACING      H      K      L      Multiplicity
  32.67         100.00         2.7412         1      0      4           6
  35.88          13.07         2.5027         0      0      6           2
  38.88           6.30         2.3165         1      1      0           6
  43.03          49.05         2.1023         1      1      3          12
  46.88          12.62         1.9382         2      0      2           6
  51.66           5.33         1.7693         0      2      4           6
  53.93          17.79         1.7002         0      1      8           6
  53.93          22.11         1.7000         1      1      6          12
  61.45           4.62         1.5088         2      1      1          12
  62.48           6.85         1.4865         1      2      2          12
  66.50           6.14         1.4061         2      1      4          12
  68.45           2.13         1.3706         2      0      8           6
  69.42           6.22         1.3538         1      1      9          12
  69.43           2.67         1.3537         1      2      5          12
  70.40          12.40         1.3374         3      0      0           6
  76.06           4.46         1.2513         0      0     12           2
  77.01           1.70         1.2383         2      1      7          12
  79.78           1.69         1.2021         0      2     10           6
  81.62           3.13         1.1796         1      2      8          12
  88.89           1.28         1.1010         1      1     12          12
=====
XPOW Copyright 1993 Bob Downs, Ranjini Swaminathan and Kurt Bartelmehs
For reference, see Downs et al. (1993) American Mineralogist 78, 1104-1107.

```

(http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/xtal_data/DIFfiles/00099.txt)

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Eskişehir’de doğdum. İlköğretimi Amerika Birleşik Devletlerinde, ortaokul ve liseyi Eskişehir’de okudum. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 2008 yılında mezun oldum. 2009 yılında askerlik görevimi tamamladıktan sonra aynı yıl içerisinde Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne araştırma görevlisi olarak atandım ve aynı üniversite’de yüksek lisans eğitimime başladım. 2010 yılında yüksek lisans tez çalışmalarım kapsamında YÖK’ün Yurtdışı Yüksek Lisans Araştırma Bursu ile ABD’de bulunan University of Cincinnati’de 3 ay süre ile kil ve kil mineralleri konusunda Prof. Dr. Warren Huff’un çalışma ekibinde ve yönetiminde araştırma ve incelemeler yaptım.