



Sazak-Biçer (Sivrihisar KD'su) Civarı Neojen (Miyosen-Pliyosen) Göl Basenindeki Kilitaşlarının Mineralojik İncelenmesi

Mineralogical Investigation of Claystone in the Neogene (Miocene-Pliocene) Lacustrine Basin of the Sazak-Biçer area (NE of Sivrihisar)

Zehra KARAKAŞ Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Beşevler/Ankara (karakas@eng.ankara.edu.tr)
Özge KARAKAŞ Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Beşevler/Ankara
Baki VAROL Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Beşevler/Ankara

ÖZ

Sazak ve Biçer civarındaki (KD Sivrihisar) Neojen istifi içerisinde, iki ayrı çökel sisteminde depolanan Sakarya ve Porsuk formasyonu 7 fasiyese ayrılarak incelenmiştir. 1. çökel sistemini oluşturan Miyosen yaşlı Sakarya formasyonu andezitik-bazaltik karakterli volkanitler (Alt-Orta Miyosen), kırıntılı ve karbonat fasiyesleri (Üst Miyosen) ile temsil edilir. Bu litolojik topluluğu, 2.ci çökel sistemini oluşturan Pliyosen yaşlı Porsuk formasyonu çok düşük açılı uyumsuzlukla örter. Porsuk formasyonunun ana fasiyesleri konglomera-kumtaşı, yeşil renkli çamurtaşı-kilitaşı, karbonat ve gri-bej renkli jipsli çamurtaşı-kilitaşı şeklinde ayrılmıştır.

Porsuk formasyonundaki kilitaşları sahada farklı renk (kahverengi, krem-bej, beyaz, yeşil) ve litolojide (killi kireçtaşı, dolomitik kilitaşı, jipsli kilitaşı) izlenirler. Tüm havza genelinde kil parajenezi sepiyolit, paligorskit, simektit, klorit ve illit topluluğu ile temsil edilmektedir. İnceleme alanının güneyinde koyu kahverenkli ve krem-bej renkli kilitaşı ve killi kireçtaşı birimlerinde egemen kil minerali sepiyolittir. Havzanın genelinde yeşil renkli kilitaşı, jipsli kilitaşı, çamurtaşı ve marn topluluğu paligorskit, simektit, klorit ve illit parajenezi ile karakterize edilirler. Sepiyolit minerali taramalı elektron mikroskop incelemelerinde yumak şeklinde kümelenmiş lif demetleri halinde gözlenmiştir. Paligorskit minerali ise birbirine paralel olarak gelişen lif dizilimleri şeklinde izlenmiştir. Simektit minerali levhamsı yapraklardan oluşmakta olup, yer yer dalgalı yapraklar halinde peteksi doku gösterdiği belirlenmiştir.

Saha ve laboratuvar verilerine göre sepiyolit, paligorskit ve simektit mineralleri birbirlerinden bağımsız olarak yerinde çökelimle (in-situ) oluşmuşlardır. Havzadaki mineral oluşumunda tuzluluk ve alkalinite ile ortama gelen su miktarı hem bu faktörleri hem de mineral oluşumunu kontrol etmiştir. Sepiyolitler, havza kenarı bataklık ortamlarında kısmen de yağışlı koşullarda Mg ve Si zenginleşmesi sonucu oluşmuşlardır. Göl alanına detritik malzemelerden sağlanan Al getirmesi paligorskit ve simektit minerallerinin oluşumunu sağlamıştır. Simektit, paligorskit ve klorit mineralleri evaporitik çamur düzlüklerinde çökelmiştir. Ayrıca, bu kil minerallerini bulunduran yeşil renkli çamurtaşı ve kilitaşları ise derin göl ortamında depolanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Neojen baseni, Paligorskit, Sepiyolit, Simektit, Sivrihisar.

ABSTRACT

The Neogene sequence around Sazak and Biçer (NE Sivrihisar) which deposited into two different depositional systems as the Sakarya and Porsuk formations, has been studied by being divided into 7 facies. The first depositional system is the Miocene Sakarya formation, which is characterized by andesitic-basaltic volcanics (Lower-Middle Miocene), detritic and carbonate facies (Upper Miocene). The Pliocene Porsuk formation, which is the second depositional system of the lithological units, rests on this lithological group at a low angular unconformity. The main facies of the Porsuk formation are characterized by conglomerate-sandstone, green coloured mudstone-claystone, carbonate and grey-beige coloured gypsiferous mudstone-claystone.

In the field, the claystones of the Porsuk formation are characterized by different colours (brown, cream-beige, white, green) and different lithology (clayey limestone, dolomitic claystone, gypsiferous claystone). In the whole basin area, clay paragenesis is represented by sepiolite, palygorskite, smectite, chlorite and illite. In the southern part of the basin, sepiolite is the dominant clay mineral in the dark brown and cream-beige coloured claystones-limestones. In the whole basin area, green coloured claystone, gypsiferous claystone, mudstone and marl are characterized by palygorskite, smectite, chlorite and illite paragenesis. In scanning electron microscopy examinations, sepiolite minerals have been observed as ball shaped fiber bunches, palygorskite has been observed as parallel fibers, and smectite mineral is formed of flat leafs with a honeycomb texture in the form of frequent wavy leaves being detected.

According to field and laboratory data, sepiolite, palygorskite and smectite minerals must have been formed by in-situ deposition and independently of each other. During the mineral formation in the basin, salinity, alkalinity and water controlled these factors and mineral formation. Sepiolites were formed in lake margin swamp environments and also partially under humid conditions as a result of Mg and Si enrichment. Al, which originated from the detritic materials transported into the lake basin, enabled the formation of palygorskite and smectite minerals. Evaporitic mud flats served as suitable environments for the precipitation of smectite, palygorskite and chlorite. In addition, these minerals were preferentially deposited in the deep lake environment with green mudstone and claystones.

Key words: Neogene basin, Palygorskite, Sepiolite, Smectite, Sivrihisar

GİRİŞ

Sepiyolit, paligorskit ve simektit tipi kil mineralleri, Neojen yaşlı gölsel birimleri oluşturan sedimanter istiflerin önemli bileşenlerindedir. Özellikle sülfat ve karbonatça zengin Neojen yaşlı göl basenlerinde ve volkanosedimanter göl ortamlarında oluşan sepiyolit, paligorskit ve simektit tipi kil mineralleri gölsel alandaki farklı fasiyes gelişimlerinin açıklanmasında önemli bir veri kaynağıdır (Ishoring, 1973; Galan ve Ferrero, 1982; Jones ve Galan, 1988; Singer, 1989; Chamley, 1989; Yalçın ve Bozkaya, 1995; Kadir vd., 2002; Akbulut ve Kadir, 2003; Karakaya vd., 2004). Sivrihisar Neojen göl baseni de sedimanter sepiyolit oluşumlarının yaygın olarak izlendiği alanlardan biri olması nedeniyle çok sayıda araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Özellikle Sivrihisar'ın güneydoğusundaki sedimanter sepiyolit

oluşumunun stratigrafisi Bilgin (1972), mineralojisi ve oluşumu Ece ve Çoban (1990, 1994), Yeniyo (1992, 1993), Karakaş (1992), Çoban (1993), Karakaş ve Varol (1993, 1994), Gençoğlu ve İrkeç, (1994), Gençoğlu (1996), Özbaş (2001), sedimantolojisi Bellanca vd., (1993) tarafından yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Sivrihisar'ın kuzeydoğusunda yer alan Sazılar (Polatlı) yöresindeki Neojen yaşlı sedimanter birimlerin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ise Türkbey (2005) tarafından incelenmiştir.

Bu çalışmada, Sazak ve Biçer köyleri civarında Pliyosen yaşlı Porsuk formasyonu ile temsil edilen gölsel istiftteki farklı fasiyes gelişimlerini karakterize eden sepiyolit, paligorskit ve simektit gibi kil minerallerinin mineralojik ve dokusal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, bu minerallere

eşlik eden diğer kil dışı mineraller belirlenerek, bunların mineral birliklikleri ile bu minerallerin birbirleriyle olan dokusal ve kökensele ilişkilerinin ortaya konulmasına çalışılmıştır.

MATERYAL ve METOD

İnceleme alanında kil minerali (sepiyolit, paligorskit, simektit) içeren birimler ile havzadaki farklı fasiyes gelişimlerinin en iyi gözlemlendiği yerlerden noktasal ve 7 adet ölçülü kesitler boyunca toplam 130 adet kayaç örneği alınmıştır. Sahadan alınan bu örneklerin mineralojik, dokusal ve petrografik özellikleri ile kayaç adlamaları Leitz marka optik mikroskop (OM) kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, 55 adet kayaç örneğinin (çamurtaşı, kilitaşı, killi kireçtaşı) mineralojik bileşimi X-ışını toz kırınım (XRD) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. X-ışını çözümlenmeleri ile tüm kayaç bileşenleri tanımlandıktan sonra yarı nicel yüzdeleri de dış standart yöntemi esas alınarak hesaplanmıştır (Brindley, 1980; Gündoğdu, 1982). Sedimentasyon yöntemi ile kil boyu bileşenleri (<2mm) ayrılan 30 adet örneğin kil fraksiyonu difraktogramları normal, etilen glükol ve fırınlama (550 °C) işlemlerinden geçirilerek elde edilmiştir. Kil minerallerinin tanımlanması (001) bazal yansımalarına göre yapılmış, pik şiddetlerinden ve mineral şiddet faktörlerinden (Biscaye, 1965; Sirocko ve Lange, 1991; Moore ve Reynolds, 1997) yararlanılarak kil minerallerinin yarı nicel yüzdeleri hesaplanmıştır.

Tüm kayaç bazında yapılan ana (%) element çözümlenmeleri çoğunlukla kil mineral içerikleri yüksek olan kilitaşı örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kil minerallerinin morfolojik özellikleri ile diğer minerallerle olan dokusal ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla örnekler Taramalı elektron mikroskop (SEM) ile incelenmiştir.

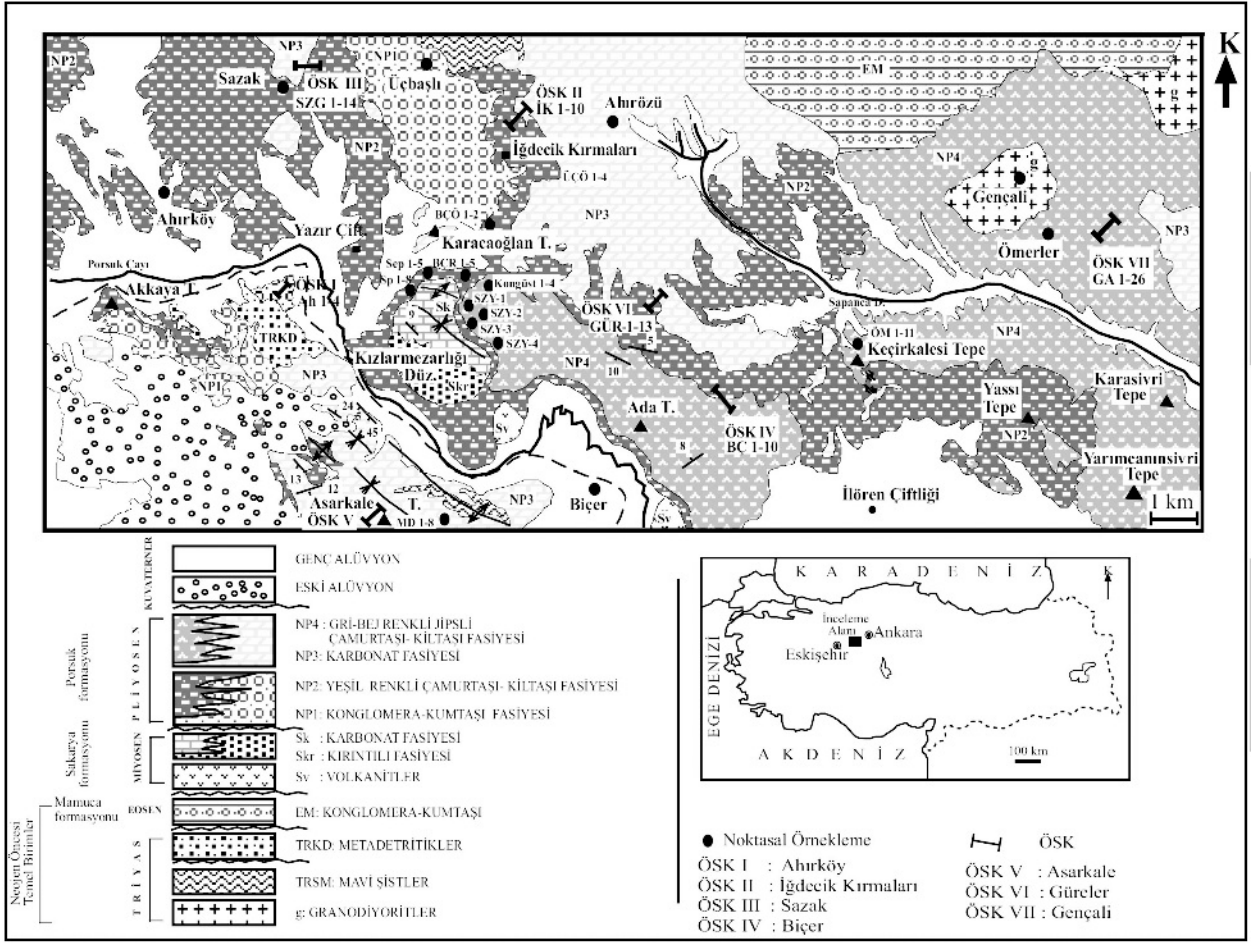
Örneklerin XRD analizleri Rigaku D/Max-2200 marka XRD cihazı ile Ankara Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma Uygulama Merkezi (BİTAUM) ile MTA Genel Müdürlüğü Mineraloji Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır. Kilitaşlarındaki tüm kayaç ana element çözümlenmelerinde Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümündeki Spectro XLAB 2000 PEDXRF ve Spectro MIDEX-M cihazları kullanılmıştır. SEM incelemeleri ise Kırıkkale Üniversitesi Fizik Bölümündeki JSM 5600

aleti ile Gazi Üniversitesi Malzeme bölümündeki Jeol 6400 LV aletinde gerçekleştirilmiştir.

JEOLOJİ

İnceleme alanında, Neojen yaşlı birimlerin temelinde Triyas yaşlı granit ve granodiyoritlerden oluşan magmatik kayaçlar ile gnays, mavi-yeşil şist, mermer ve metadetritiklerden oluşan metamorfik kayaçlar bulunmaktadır (Kibar vd. 1992; Kadioğlu 1996; Gözler vd. 1996) (Şekil 1). Ayrıca, temel birimler içerisinde Eosen yaşlı Mamuca formasyonu olarak adlandırılan; konglomera ve kumtaşları ile temsil edilen sedimanter kayaçlar da yer almaktadır. Bu birimlerin tipik mostralalarına çalışma alanının kuzeyinde bulunan Sazak, Biçer ve Gençali köyleri civarında rastlanılmaktadır. İnceleme alanındaki temel kayalar üzerine uyumsuz olarak Neojen yaşlı gölsel birimler gelmektedir.

Bölgede Gözler vd. (1996) tarafından yapılan 1/25 000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanılarak, çalışma alanındaki Neojen yaşlı gölsel sedimanları oluşturan çeşitli kayaç toplulukları litoloji, renk, fosil içeriği, yanal ve düşey devamlılıklarına göre formasyon mertebesinde iki litostratigrafi birimi şeklinde ayırtlanarak, incelenmiştir. Bunlar; iki ayrı çökel sistemi içerisinde depolanan Miyosen yaşlı Sakarya formasyonu ile Pliyosen yaşlı Porsuk formasyonudur (Şekil 1). 1. çökel sistemini oluşturan Sakarya formasyonuna ait fasiyesler; alttan üstte doğru volkanitler ile kırıntılı ve karbonat fasiyesleri olarak ayırtlanmıştır. Biçer civarında izlenen Erken-Orta Miyosen yaşlı volkanitler, andezit ve bazalt karakterli lav akmaları ile temsil edilmektedir (Şekil 1) (Temel, 2001). Üst Miyosen yaşlı kırıntılı fasiyesi konglomera ve kumtaşları ile temsil edilirken, karbonat fasiyesi ise dolomit, kireçtaşı, kilitaşı, marn ve jips litolojisinde izlenmektedir (Boyras, 2004). Bu birimler üzerinde düşük açılı uyumsuz olarak 2.ci depolanma paketini oluşturan Pliyosen yaşlı Porsuk formasyonu yer alır. Bu formasyon konglomera, kumtaşı, kilitaşı, marn, jips, jipsli çamurtaşı, dolomit, dolomitik kilitaşı ve kireçtaşı birimlerinin birkaç kez tekrarlanmasından oluşmuştur. Porsuk formasyonuna ait fasiyesler ise alttan üstte doğru konglomera-kumtaşı, yeşil renkli çamurtaşı-kilitaşı, karbonat ve gri-bej renkli jipsli çamurtaşı-kilitaşı fasiyesleri şeklinde isimlendirilmiştir (Şekil 1). İnceleme alanında izlenen bu fasiyesler Pliyosen döneminde



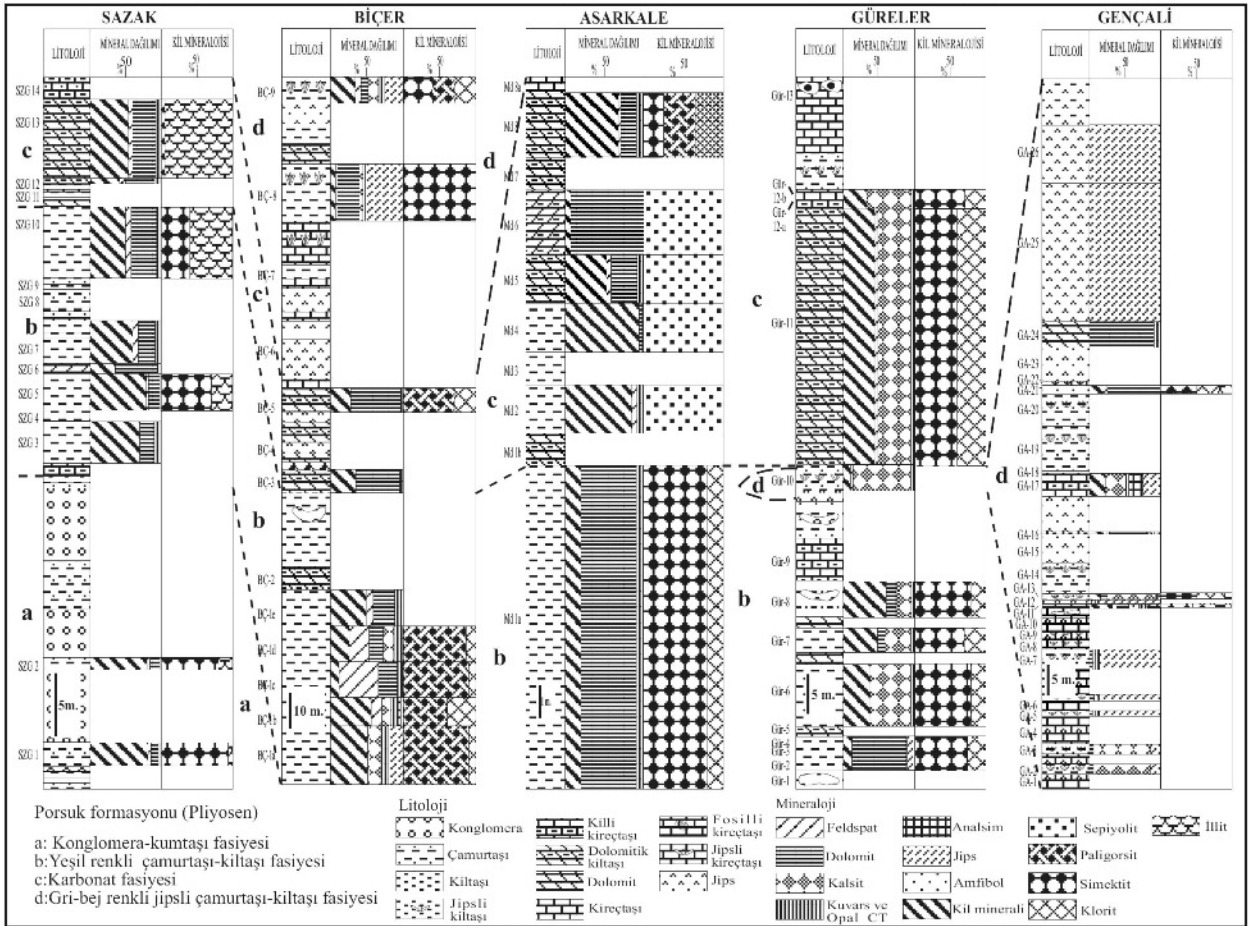
havza kenarlarında kaba taneli konglomera fasiyesi, göl düzlüğü alanlarında ise kumlu killi fasiyesler şeklinde çökelmiştir. Bununla birlikte sığ göl alanlarında karbonatlı fasiyeslerin çökelişi gerçekleşirken, derin göl alanlarında evaporitik fasiyesler depolanmıştır.

Porsuk formasyonunun tabanında yer alan konglomera-kumtaşı fasiyesi sahada kırmızı-kahverengi, kırmızı-bordo, sarımsı gri ve yeşilimsi gri renkleri ile tipik olup, konglomera ve çamurtaşı birimlerinin birkaç kez ardalanması şeklinde izlenir (Karakas, 2006). İnceleme alanında doğu-batı doğrultusunda uzanan bu fasiyes yanal yönde batıya doğru incelenerek yeşil renkli çamurtaşı, kiltası ve gri-bej renkli jipsli çamurtaşı, kiltası birimleri içerisinde mercek şeklinde kapanır. Özellikle Ahırköy ve

İğdecik kırmaları kesit alanlarında istifin tamamında izlenen bu fasiyes, Sazak kesit bölgesinde yeşil renkli çamurtaşı ve kiltası birimleri arasında mercekler şeklinde istifin taban düzeylerinde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 1, 2). Konglomera - kumtaşı fasiyesinin üzerinde kiltası-çamurtaşı litolojisinde olan ve sahada kahverengi-yeşil ve krem renkleriyle izlenen kiltası-çamurtaşı fasiyesi yer alır. Bu fasiyes üzerinde krem bej renkli dolomit-dolomitik kireçtaşları ile kovucu-itici karakterli diskoidal jips kristalleri içeren krem renkli killi kireçtaşı birimlerinden oluşan karbonat fasiyesi yer alır. Bu fasiyes içerisinde dolomitik seviyeler arasında mercekli kahverenkli sepiyolit ile beyaz bej renkli dolomit ve sepiyolitli dolomit oluşumları bulunur. İnceleme alanının güneyinde Biçer kesit alanında karbonat fasiyesinin üzerinde gri-bej renkli jipsli

çamurtaşı-kiltaş fasiesi uyumlu olarak bulunur (Şekil 2). Buna karşın, inceleme alanının doğusunda da Güreler kesit bölgesinde renkli jipsli çamurtaşı-kiltaş fasiesi üzerinde uyumlu olarak karbonat fasiesi yer alır. İnceleme alanı içerisinde bu şekilde fasieslerin birbirleriyle yanal ve dikey yönde geçişler göstermesi; göl alanı içerisinde Miyosen-Pliyosen döneminde iklimsel değişimlerin yanında tektonizma ve direnaj sistemlerindeki değişimlerin paleogölün tuzluluğunun yanı sıra göl sınırlarındaki değişimine neden olmasından kaynaklanmış olmalıdır. Gri-bej renkli jipsli çamurtaşı-kiltaş fasiesi gri ve yeşil

renkli jipsli kiltaş ve çamurtaşı birimlerinden oluşur. Bazı alanlardaki çamurtaşı düzeyleri killi seviyeler ile geçişli olarak izlenir. Çamurtaşları genelde yeşil renkte, aralarına kısmen ince bantlar şeklinde dolomitik kireçtaşları girmiş vaziyette havzanın derin kısımlarında bulunmaktadır. Ayrıca, çamurtaşları arasında yer yer çok ince bantlar halinde kısmen dolomitik plakette kireçtaşlarını görmek mümkündür. Neojen yaşlı gösel birimler üzerinde uyumsuz olarak kırmızı-kahverenkli çakiltaş, çamurtaşı, kumtaşı ve alüvyon ile temsil edilen Kuvaterner yaşlı birimler bulunur.



Şekil 2. İnceleme alanında Pliyosen yaşlı Porsuk formasyonundaki litoloji ve mineraloji dağılımı.
Figure 2. Distribution of the principal lithology and clay-non-clay mineralogy of the Pliocene aged Porsuk formation in the study area.

MİNERALOJİK VE KİMYASAL İNCELEMELER

X-Işını İncelemeleri

İnceleme alanında saha gözlemlerine göre farklı renk ve litolojideki kilaşı ve çamurtaşı örneklerinin mineralojik bileşimleri ile kil minerallerinin cinsi ve dağılımları X-Işınları kırınım (XRD) analiz yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

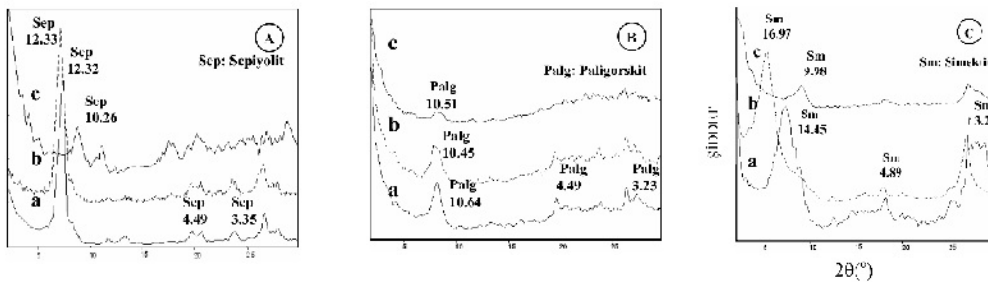
Tüm havza genelinde belirlenen kil mineralleri sepiyolit, paligorskit, simektit, klorit ve illittir. Bu kil minerallerine tüm kayaç içinde dolomit, kalsit, feldispat, kuvars, opal-CT mineralleri ile yer yer analsim, jips ve amfibol mineralleri de eşlik etmektedir. Sepiyolit minerali inceleme alanının güneyinde Asarkale kesit alanı civarında koyu kahverenkli, krem-bej renkli kilaşı ve killi kireçtaşı istiflerinde yoğun olarak izlenmiştir (Şekil 2). Kil boyu bileşen olarak yalnızca sepiyolitli minerali içeren örneklerin tüm kayaç çözümlenmelerinde sepiyolit mineralinin azalma miktarına bağlı olarak dolomit mineralinin miktarında belirgin bir artış olduğu da gözlenmiştir. Özellikle istifin orta seviyelerinde saf sepiyolit oluşumu yer alırken istifin üst seviyelerinde dereceli olarak dolomitli sepiyolit ve dolomit şeklinde bir mineralojik zonlanma oluşturdukları belirlenmiştir (Şekil 2). Ayrıca, dolomitin artış gösterdiği seviyelerde % 20 oranında kuvars, opal-CT ve feldispat mineralleri de görülmüştür.

İnceleme alanında havzanın genelinde paligorskit, simektit, klorit ve illit minerallerinin varlığı belirlenmiştir. Özellikle Biçer ve Asarkale kesit bölgeleri ile Karacaoğlan Tepe'nin güneyinden noktasal olarak alınan yeşil renkli kilaşı, jipsli kilaşı ve marn örnekleri paligorskit, simektit, klorit ve illit parajenezini ile karakterize edilir. Bu kil minerallerine

tüm kayaç içerisinde dolomit, kalsit, kuvars, opal-CT, feldispat, jips, amfibol ve analsim mineralleri eşlik etmektedir (Şekil 2). İnceleme alanının kuzeyinde Sazak kesit bölgesinde istifin taban seviyelerinde egemen kil minerali simektit iken üst tarafa doğru dereceli olarak simektit- illit birlikteliği izlenmiştir. İstifin üst seviyelerinde ise illit mineralinin hakim olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, inceleme alanının doğusunda Güreler ve Gençali kesit bölgelerinde egemen kil minerali simektit ve klorit olup, bu kil minerallerine tüm kayaç içerisinde % 0-25 arasında karbonat (dolomit, kalsit) ve evaporit (jips) mineralleri eşlik etmektedir. Birkaç örnekte de Lüneburgite mineralinin varlığı belirlenmiştir.

Sepiyolit minerali 12.32 A°daki piki ile tanımlanmış olup, etilen glikol ile muamele edilen çekimlerinde 12.33 A°, 550 °C'de fırınlanmış örneğinde gerçekleştirilen çekimde ise 10.26 A°daki piki belirlenmiştir (Şekil 3A). Paligorskit minerali havada kurutulmuş kil fraksiyonu çekimlerinde 10.64 A°, etilen glikolle doyurulduğunda 10.45 A° ve 550 °C ısıtıldığında ise 10.51 A°daki piklerinde önemli bir değişim izlenmediği gözlenmiştir (Şekil 3B). Benzer pik değerlerinin görsel oluşumlu sepiyolit ve paligorskit minerallerinde izlendiği Akbulut ve Kadir (2003) ile Karakaya vd., (2004) tarafından yapılan çalışmalarda da gösterilmiştir.

Simektit minerali kil fraksiyonu normal çekiminde 14.45 A°luk pik değeriyle tayin edilmiştir (Şekil 3C). Etilen glikole tabi tutulduğunda da 16.97 A° yükseldiği ve 550 °C ısıtıldığında 9.98 A°da pik verdiği belirlenmiştir. Ayrıca, etilen glikollü çekimlerde 14.2 A° ve 7 A°daki pikleri ile klorit minerali tanımlanmıştır. İllit minerali ise normal çekimlerde 10.70 A°, etilen glikollü ve 550 °C'de fırınlanmış örneklerde ise 10.09 A° ve 10,14 A° pik değerleri ile belirlenmiştir.



Şekil 3. Killi birimlerin X-Işınları Difraktogramları. A. Sepiyolit (Md-4), B. Paligorskit (Kongüst-2) ve C. Simektit (SZG-1) (a: Normal, b: Etilen glikollü, c: 550°C Fırınlanmış.)

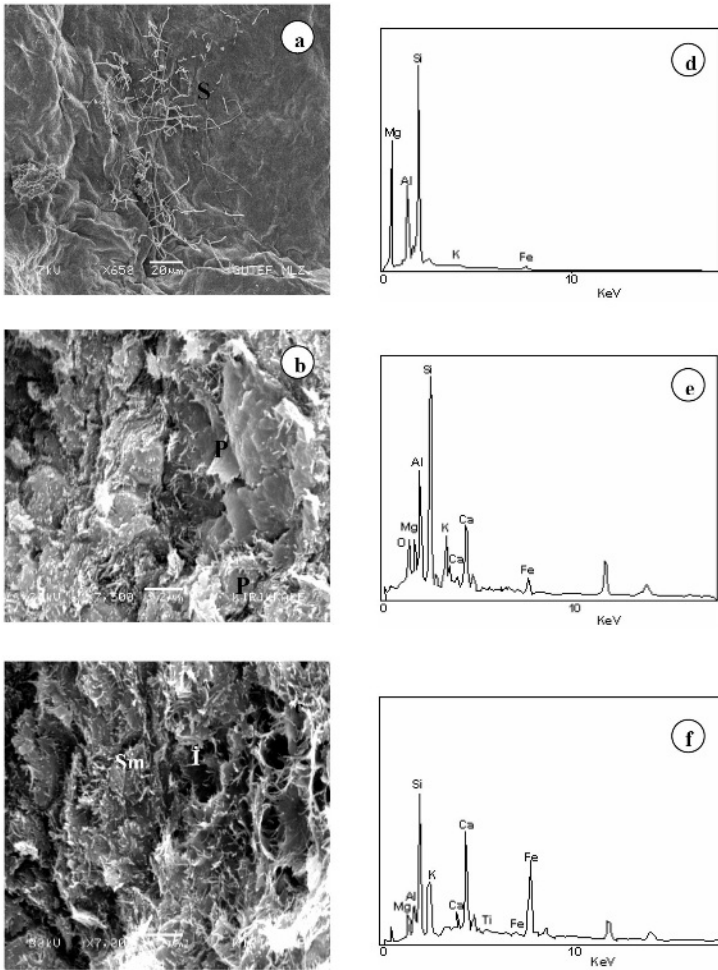
Figure 3. X-ray diffraction pattern of A. sepiolite (Md-2), B. palygorskite (Kongüst-2) and C. smectite (SZG-1) minerals in the study area. (a: air dried, b: ethylene glycolated, c: 550°C heated).

Taramalı Elektron Mikroskop İncelemeleri

İnceleme alanında X-Işınları yöntemi ile sepiyolit, paligorskit ve simektit minerallerinin yoğun olarak izlendiği kiltışı örneklerinin mikro morfolojileri ve dokusal özellikleri taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Sepiyolit ve paligorskit mineralleri lifsi karakterleri ile tanımlanmışlardır (Jones ve Galan, 1988). Sepiyolit lifleri, paligorskit liflerinden daha yassı ve karışık olmaları ile ayırt edilmiştir (Şekil 4a, b). Her ne kadar taramalı elektron mikroskop görüntülerinde sepiyolit liflerinin uzunlukları izlenebiliyorsa da bazı durumlarda bu lifsi karakter açıkça gözlenmemiştir (Şekil 4a). Genellikle sepiyolit minerali yumak şeklinde kümelenmiş sepiyolit lif demetleri halinde gözlenmiştir. Yumaklaşmış liflerin tespiti taramalı elektron mikroskop görüntülerinde yanıltıcı olmuştur. Yumak şeklinde izlenen sepiyolitlerde keçe yapısı ile

dendritik-ağsal yapıda izlenmiştir. Özellikle inceleme alanındaki kahverenkli sepiyolit seviyelerinde bu doku oldukça tipik olup, benzer yapı Karakaya vd., (2004) tarafından yapılan çalışmada da gösterilmiştir (Şekil 4a). Sepiyolitlerin lif uzunlukları genellikle 2-3 µm boyutunda iken paligorskit mineralinin lif uzunluğu 5 µm olarak izlenmiştir (Şekil 4b). İnceleme alanındaki lifsi paligorskit mineralinin mikrografında da birbirine paralel olarak gelişen lif dizilimleri şeklinde yer aldıkları gözlenmiştir (Şekil 4b). İnceleme alanındaki simektit minerali levhamsı yapraklardan oluşmakta olup, yer yer dalgalı yapraklar halindeki peteksi dokuyu göstermektedir (Şekil 4c). İllit minerali ise ipliksi özelliği ile karakteristiktir (Şekil 4c).

Sepiyolit mineralinin EDS analizinde Si, Mg ve Al elementlerini temsil eden pikler belirlenmiştir (Şekil 4d). Çok az oranda K ve Fe elementlerinin varlığı gözlenmiştir. Paligorskit mineralinin EDS spektrumunda sepiyolit mineraline benzer şekilde Si, Al ve Mg elementlerinin yanı sıra Ca, K ve Fe elementlerini temsil eden pikler izlenmiştir (Şekil 4e). Paligorskit mineralinde Mg pikinin sepiyolit mineraline göre daha az şiddette olduğu buna karşın, Al elementinin pik şiddetinin oldukça fazla olduğu gözlenmiştir. Bu da paligorskit mineralinin bünyesinde % 15'e kadar değişen oranlarda alümina içermesinden kaynaklanmıştır (Weaver, 1989; Galindo vd., 1996). Simektit mineralinin EDS spektrumunda Si, Al, Mg, Ca, K, Fe ve Ti elementlerinin varlığı belirlenmiştir (Şekil 4f).



Şekil 4. Sepiyolit (s) (Md-4) (a), paligorskit (p) lif demetleri (Kongüst-2) (b), levhamsı yapraklardan oluşan simektit (sm) ve ipliksi illit (i) mineralinin (SZG-1) (c) taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri ile sepiyolit (Md-4) (d), paligorskit (Kongüst-2) (e) ve simektit (SZG-1) (f) minerallerinin yarı kantitatif analiz değerleri.

Figure 4. SEM images of sepiolite (s) (Md-4) (a), palygorskite (p) fibers (Kongüst-2) (b), smectite (Sm) and illite (i) (SZG-1) (c) minerals; semi-quantitative analysis of sepiolite (Md-4) (d), palygorskite (Kongüst-2) (e) and smectite (SZG-1) (f).

Kimyasal Analizler

İnceleme alanında kahverenkli, krem-bej, beyaz ve yeşil renkli kilitaşı, dolomitik kilitaşı, killi dolomit, çamurtaşı birimlerinden alınan ve X-Işınları kil fraksiyonu analizi (XRD) ile sepiyolit, paligorskit ve simektit minerallerince zengin oldukları belirlenen örneklerin tüm kayaç kimyasal bileşimlerini belirlemek amacıyla ana element içerikleri X-Işınları Floresans Spektrometresi (XRF) analiz yöntemi incelenmiştir.

İnceleme alanında sepiyolit ve paligorskit minerallerince zengin örneklerin kimyasal analizleri sonucunda TiO_2 , P_2O_5 , Na_2O , K_2O ve MnO değerleri oldukça düşüktür (Çizelge 1). Buna karşın, MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve SiO_2 değerleri ise değişkendir. Bu oksit değerlerinde izlenen farklılık litolojik değişikliklere bağlı olarak gelişen mineral kompozisyonundan kaynaklanmaktadır. Bazı örneklerde MgO ve SiO_2 değerlerinin yanı sıra CaO değerinin de yüksek olması kayaçlardaki karbonat minerallerinin varlığını işaretler. Gerçekten de, sepiyolit mineralince zengin ve Asarkale kesit bölgesinden alınan Md-4 no'lu saf sepiyolit içeren

örnekte SiO_2 ve MgO değerleri yüksekken, Md-5 no'lu dolomitli sepiyolit örneğinde ise CaO değerinde belirgin bir artışın varlığı izlenmiştir (Çizelge 1). Benzer şekilde paligorskit minerallerince zengin örneklerde de CaO değerleri oldukça yüksektir. CaO değerinin yüksek olması kayaçlardaki karbonat minerallerinin varlığını ve kil-karbonat mineral birlikteliklerini göstermektedir. Bu karbonat mineral ve/veya minerallerinin varlığı sepiyolit ve paligorskit minerallerinin oluşumlarının karbonatlı birimlere bağlı olduğuna işaret eder. Ayrıca, paligorskit mineralince zengin olan ve Biçer kesit alanından alınan BÇ-1a no'lu örnek ile Sep-2 ve Kongüst-2 no'lu noktasal olarak alınan örneklerde Al_2O_3 değerinin sepiyolitçe zengin örneklere (Md-4 ve Md-5) göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Çizelge 1). Bu da, Şekil 1'de görüldüğü üzere göl alanına akarsular tarafından batıdan getirilen detritik malzemelerin oluşturduğu mineral kompozisyonundan kaynaklanmaktadır. Sazak kesit bölgesinden alınan SZG-1 no'lu yeşil renkli çamurtaşı örneğinde de MgO ve CaO değerlerinin yüksek olması da simektitçe zengin örneklerdeki kil-karbonat birlikteliklerine işaret eder (Çizelge 1).

Oksitler	Md-4	Md-5	BÇ-1a	Sep-2	Kongüst-2	SZG-1
SiO_2	60,05	45,32	38,03	35,69	35,05	38,97
Al_2O_3	3,59	3,15	8,48	9,64	7,19	7,12
Fe_2O_3	2,15	1,81	6,18	6,55	4,44	6,676
MnO	0,02	0,01	0,12	0,16	0,06	0,11
MgO	22,27	20,42	7,50	9,84	12,33	15,24
CaO	0,5	7,22	10,22	9,24	12,23	8,23
K_2O	0,75	0,72	2,74	1,89	2,13	1,41
Na_2O	0,037	0,04	0,73	0,05	0,05	0,05
TiO_2	0,31	0,25	0,58	0,69	0,42	0,77
P_2O_5	0,05	0,04	0,09	0,05	0,03	0,26
LOI	10,1	19,9	24,12	26,56	25,77	20,89
Toplam	99,83	98,88	98,79	100,36	99,7	99,73

Çizelge 1. İnceleme alanındaki sepiyolit (Md-4, Md-5), paligorskit (BÇ-1a, Sep2, Kongüst-2) ve simektit (SZG-1) minerallerince zengin farklı renk ve litolojideki çamurtaşı ve kilitaşlarının tüm kaya ana element bileşimleri (%). Md-4: Kahverenkli kilitaşı; Md-5: Krem-bej renkli dolomitik kilitaşı; BÇ-1a: Yeşil renkli kilitaşı; Sep-2: Kahverenkli dolomitik kilitaşı; Kongüst-2: Beyaz renkli killi dolomit; SZG-1: Yeşil renkli çamurtaşı.

Table 1. Major element composition (%) of the whole rock mudstone and claystone which are different colour and lithologies dominated by sepiolite (Md-4, Md-5), palygorskite (BÇ-1a, Sep2, Kongüst-2) and smectite (SZG-1) in the study area. Md-4: Brown coloured claystone; Md-5: cream-beige coloured dolomitic claystone; BÇ-1a: Green coloured claystone; Sep-2: Brown colour dolomitic claystone; Kongüst-2: White coloured clayey dolomite; SZG-1: Cream-beige coloured mudstone.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Sazak ve Biçer civarındaki Neojen istifi iki farklı çökel sisteminde depolanan Miyosen yaşlı Sakarya ve Pliyosen yaşlı Porsuk formasyonu ile temsil edilir. 2. çökel sistemini oluşturan Porsuk formasyonu konglomera-kumtaşı, yeşil renkli çamurtaşı-kilitaşı, karbonat ve gri-bej renkli jipsli çamurtaşı-kilitaşı şeklinde fasiyeslere ayrılmıştır. Bu fasiyesleri oluşturan konglomera, kumtaşı, kilitaşı, çamurtaşı, jips, jipsli çamurtaşı, dolomit, dolomitik kilitaşı ve kireçtaşı birimleri birbirleri ile birkaç kez tekrarlanmalı bir dizilim sundukları belirlenmiştir.

Porsuk formasyonundaki kilitaşları sahada kahverenkli, krem-bej, beyaz ve yeşil renklerde izlenirler. Farklı renk ve litolojideki bu kilitaşı birimlerinin havza genelinde sepiyolit, paligorskit, simektit, klorit ve illit tipi kil mineral parajenezi oluşturdıkları belirlenmiştir (Şekil 2). İnceleme alanının güneyinde kahverenkli kilitaşı birimlerinde sepiyolit mineralinin bulunmasına karşın havza genelinde yeşil renkli kilitaşı, jipsli kilitaşı ve çamurtaşı örneklerinde paligorskit, simektit, klorit ve illit mineral birlikteliği belirlenmiştir. Sepiyolit ve paligorskit fillosilikat tipi kil mineralleri olup, sülfat ve karbonatça zengin Neojen yaşlı göl basenlerinde oluştukları çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Starkey ve Blackman, 1979; Galan ve Ferrero, 1982; Jones ve Galan, 1988; Suarez vd., 1989; Chamley, 1989; Bellanca vd., 1993; Sanchez ve Galan, 1995; Galindo vd., 1996; Akbulut ve Kadir, 2003; Karakaya vd., 2004). İnceleme alanındaki sepiyolit ve paligorskit minerallerinin de dolomit ve kalsit mineralleri ile birlikte bulunmaları bu minerallerin oluşumlarının karbonatlı minerallere bağlı olarak oluştuklarını göstermektedir. Sepiyolit mineralinin koyu kahverenkli kilitaşı biriminde saf veya saf yakın oranlarda bulunmasına karşın, krem-bej ve beyaz renkli kilitaşı seviyelerinde sepiyolit mineraline dolomit mineralinin eşlik etmesi de bu düşüncüyü desteklemektedir. Ayrıca XRD tüm kaya ve kil fraksiyonu çözümlenmelerinde de sepiyolit mineralinin azalma miktarına bağlı olarak dolomit mineralinin miktarında belirgin bir artışın varlığı da bunu doğrulamaktadır (Şekil 2). SEM incelemelerinde sepiyolit, paligorskit, simektit mineralleri arasında herhangi bir dokusal ilişkinin gözlenememiş olması bu minerallerin birbirlerinden bağımsız olarak oluştuklarını göstermektedir.

Sepiyolit ve paligorskit oluşumlarının büyük bir bölümü kurak iklim kuşaklarında tuzlu ve alkalın göl ortamlarında geliştiği bilinmektedir (Weaver, 1989). Bu alanlarda pH'ın 7'den büyük olması, ortam veya yakın alanda Si ve Mg sağlayacak kaynakların bulunması aranan unsurlardan birkaçıdır (Caillere, 1951; Milton ve Eugster, 1959; Isphording, 1973; Starkey ve Blackmon, 1979; Singer ve Galan, 1984; Velde, 1985; Weaver ve Beck, 1977). Ayrıca, sepiyolit yataklarının büyük bir bölümü kurak iklim kuşaklarındaki depolanma ortamlarında görülmüştür (McLean vd., 1972, Isphording, 1973; Singer, 1979).

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Pliyosen döneminde kurak iklim şartları sürekliliğini korurken bölgede dolomit ve evaporit birimleri sığ göl düzlüklerinde çökelmiştir. Gölün daha derin bölümlerinde ise yeşil renkli kilitaşları depolanmıştır. Havza kenarı bataklık ortamlarında kısmen humid koşullar egemen hale geçerek dolomit ve yeşil killer içerisinde sepiyolit ve paligorskit oluşumu gerçekleşmiştir. Sepiyolitlerin merceksi yayılımı yanında bu seviyelerde belirginleşen organik madde katılımı ve bitki izlerinin varlığı da bu ortamsal görüşü desteklemektedir. Ayrıca, sepiyolit mineraline dolomit eşlik etmesi ve dolomit birimleri arasında yataklanma göstermesi de sepiyolit oluşumunu dolomitleşmeyi takip eden evrelerde göl alanı içerisinde ufak ve çevreden izole edilmiş küçük playa gölünde geliştiğini işaret eder. Bununla birlikte göl alanına su boşalımının artmasına bağlı olarak göl suyunun Si ve Mg elementlerince zenginleşmesi sonucu sepiyolit yerinde çökelimle (in-situ) oluşmuş olmalıdır. Ayrıca, Al getiriminin arttığı evrelerde sepiyolit minerali yerine paligorskit oluşmuştur. Paligorskit oluşumu için sepiyolite nazaran Si ve Mg oranlarının düşük, Al oranının yüksek olduğu daha düşük derecede alkalın ortamlar gerektiği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Verrecchia ve Le Gustomer, 1996). Ayrıca, killi karbonatlı birimlere bağlı olarak simektitlerin oluştuğu Tardy vd. (1970) ile Bayhan ve Yalçın (1990) tarafından yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir. İnceleme alanındaki paligorskit ve simektit mineralleri ortamda Mg ve Si zenginleşmesi ile birlikte Al katılımının da arttığını işaretler. Evaporit ağırlıklı istiflerde belirginleşen ve çoğu kez de bireysel jips kristalleri ve dolomit ara seviyeleri içeren yeşil, gri-bej renkli kilitaşlarında belirginleşen simektit, paligorskit ve klorit birlikteliği evaporitik çamur düzlükleri ile derin göl ortamlarında

depolanmıştır. Sepiyolit, palygorskit, simektit mineralleri birbirlerinden bağımsız olarak yerinde (in-situ) oluşurken, klorit ve illit mineralleri ise detritik olarak göl alanına getirilmişlerdir.

KATKIBELİRTME

Bu çalışma, TÜBİTAK Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu tarafından 102Y137 no'lu ve Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'nce 2003 07 45 014 no'lu projeler çerçevesinde desteklenmiş olup, 2 ci yazarın Yüksek Lisans çalışmasının bir bölümüdür. Yazarlar, makaleye yapıcı eleştirileri ile katkı sağlayan hakemler Prof. Dr. Asuman Türkmenoğlu (ODTÜ) ve Prof. Dr. Emel Bayhan'a (HÜ) teşekkür ederler.

EXTENDED SUMMARY

Sepiolite, palygorskite and smectite type clay minerals are among the important components of sedimentary sequences which form Neogene aged lacustrine units. The sepiolite, palygorskite and smectite type clay minerals which came into being in Neogene aged lacustrine basins that are rich from the point of sulphate and carbonate and in volcano-sedimentary lacustrine environments are important data sources used for explaining the development of different facies in the lacustrine environments (Isphording, 1973; Galan and Ferrero, 1982; Jones and Galan, 1988; Singer, 1989; Chamley, 1989; Yalçın and Bozkaya, 1995; Kadir et al., 2002; Akbulut and Kadir, 2003; Karakaya et al., 2004). The aim of this study is to investigate the mineralogical and textural characteristics of the clay minerals like sepiolite, palygorskite and smectite which characterize the different facies developments in the lacustrine environments represented by the Pliocene aged Porsuk formation around Sazak and Biçer villages. Besides, by determining the other clay minerals which accompany these minerals, the study aims to present their mineral coexistence and the textural and original relations of these minerals with each other. A total of 130 rock samples were obtained from the basin, from units including clay minerals (sepiolite, palygorskite, smectite), and from places where different facies developments in the basin can be best observed along 7 measured cross sections. Mineralogical and petrographic properties of these samples were determined using optical microscope,

X-Ray diffraction (XRD) and scanning electron microscope (SEM). Chemical analyses were carried out using XLab2000 and Spectro equipment.

In the basin, Neogene aged lacustrine units rest in unconformity on the basement rocks which are Triassic aged magmatic, metamorphic rocks and an Eocene aged Mamuca formation (Kibar et al., 1992; Kadioğlu 1996, Gözler et al. 1996) (Figure 1). The Neogene sequence deposited into two different depositional systems as the Sakarya and Porsuk formations. The first depositional system, the Miocene aged Sakarya formation, is characterized by andesitic-basaltic volcanics (Lower-Middle Miocene) and detritic, carbonate facies (Upper Miocene). The Pliocene aged Porsuk formation, which is the second depositional system of the lithological group, rests on these units at a low angle unconformity. This formation has come into being as a result of two alternations of conglomerate, sandstone, claystone, marl, gypsum, gypsiferous mudstone, dolomite, claystone and limestone units. The main facies of the Porsuk formation, which is represented by the second depositional system, are characterized by conglomerate, sandstone, green coloured mudstone-claystone, carbonate and grey-beige coloured mudstone-claystone (Figure 1). Quaternary aged units rest in unconformity on the Neogene aged lacustrine units.

Claystones of the Porsuk formation are characterized by different colours (brown, cream-beige, white, green) and different lithology (clayey limestone, dolomitic claystone, gypsiferous claystone) in the field. In the whole basin area, clay paragenesis is represented by sepiolite, palygorskite, smectite, chlorite and illite (Figure 2). These minerals are associated with dolomite, calcite, quartz, opal-CT, and feldspar minerals and sometimes gypsum, analcime and amphibole minerals in the whole samples. In the southern part of the basin, sepiolite is the dominant clay mineral in the dark brown and cream-beige coloured claystones and clayey limestones (Figure 2). In the whole basin area, green coloured claystone, gypsiferous claystone and marl are characterized with palygorskite, smectite, chlorite and illite paragenesis. The sections where these are not pure consist of dolomite, calcite, quartz, opal-CT, feldspar, gypsum, analcime and amphibole.

In SEM investigations sepiolite and palygorskite minerals have been described by their fibrous characters (Jones and Galan, 1988). Sepiolite fibers have been distinguished from palygorskite fibers as they are more flat and assorted (Figure 4a, b). Generally, sepiolite minerals have been observed as ball shaped fiber bunches. It was also observed, in a micrograph of the fiber-like palygorskite mineral found in the basin, that they exist in the form of fiber series which develop in parallel to each other (Figure 4b). While the fiber length of sepiolites is generally 2-3 μm , the fiber length of palygorskite mineral has been observed as 5 μm (Figure 4a, b). The smectite mineral in the basin is formed of flat leafs, and indicates a honeycomb texture in the form of frequent wavy leaves (Figure 4c). Additionally, the illite mineral is characterized by its fiber-like quality (Figure 4c). In the EDS analysis, sepiolite mineral was found to be formed of Si, Mg and Al (Figure 4d). The existence of small amounts of K and Fe was also observed. In an EDS spectrum of palygorskite mineral, peaks which represent Ca, K and Fe elements in addition to Si, Al and Mg were detected. In this respect, palygorskite mineral resembles sepiolite mineral (Figure 4e). It has been observed that the Mg peak has a lower intensity in palygorskite mineral when compared to sepiolite mineral, and the Al element is rather high in palygorskite mineral. The existence of Si, Al, Mg, Ca, K, Fe and Ti elements were detected in the EDS spectrum of smectite mineral (Figure 4f).

As a result of the chemical analyses of the samples from the basin which were rich in sepiolite and palygorskite minerals it has been concluded that their TiO_2 , P_2O_5 , Na_2O , K_2O and MnO values are very low (Table 1). MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 and SiO_2 values are variable. The changes in the oxide values are related to the variations of mineral composition of the different lithologies. In addition to MgO and SiO_2 values, CaO values being rather high in some samples indicate the existence of carbonate mineral in the clay samples. Similarly, CaO values are also rather high in those samples which are rich in palygorskite minerals. This indicates that the formation of sepiolite and palygorskite is closely related with the carbonate units. Moreover, it has been observed that Al_2O_3 values are higher in samples number BÇ-1a, Sep-2, and Kongüst-2 which are rich in palygorskite minerals than in those (Md-4 and Md-5) which are rich in sepiolite minerals. This is due to the mineral

composition which is formed of detritic materials taken by rivers to the lake basin from the west.

According to field and laboratory data sepiolite, palygorskite and smectite minerals must have been formed by in-situ deposition and independently of each other. During the mineral formation in the basin, salinity, alkalinity and water controlled these factors and mineral formation. Sepiolites were formed in lake margin swamp environments and also partially under humid conditions as a result of Mg and Si enrichment. Al, which originated in the detritic materials transformed into the lake basin, has enabled the formation of palygorskite and smectite minerals. Evaporitic mud flats served as suitable environments for the precipitation of smectite, palygorskite and chlorite. In addition, these minerals were preferentially deposited in the deep lake environment with green mudstone and claystones.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akbulut, A. ve Kadir, S., 2003. The geology and origin of sepiolite, palygorskite and saponite in Neogene lacustrine sediments of the Serinhisar-Acıpayam basin, Denizli, SW Turkey. Clays and Clay Minerals, 51, 279-292.
- Bayhan, E. ve Yalçın, H., 1990. Burdur gölü çevresindeki Üst Kretase-Tersiyer yaşlı sedimanter istifin tüm kayaç ve kil mineralojisi. M.T.A Dergisi, 111, 73-87.
- Bellanca, A., Karakaş, Z., Neri, R. Ve Varol, B., 1993. Sedimentology and isotope geochemistry of lacustrine dolomite-evaporite deposit and associated clays (Neogene, Turkey): environmental implication. Miner. Petrogr. Acta, XXXVI, 245-264.
- Bilgin, H., 1972. Eskişehir ili kil imkanlarının genel ekonomik prospeksiyon raporu, MTA Rapor No. 4708, Ankara (yayınlanmamış).
- Biscaye, P. E., 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. Geological Society of American Bulletin, 76, 803-832.
- Boyraz, S., 2004. Mülk-Demirci Yöresi (Eskişehir-Sivrihisar) Neojen (Üst Miyosen-Pliyosen) Birimlerinin Kil Mineralojisi. A. Ü Fen Bilm. Ens. Yüksek Lisans Tezi, 85 s, Ankara (yayınlanmamış).
- Brindley, G. W., 1980. Quantitative X-Ray Mineral Analysis of Clays: Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification. G W. Brindley and G. Brown, editors. Monograph 5, Mineralogical Society, London, 411-438.

- Caillere, S., 1951. Sepiolite. In G. W. Brindley, X-ray identification and structures of clay minerals. Mineral Soc.; London, 224-233.
- Chamley, H., 1989. Clay Formation Through Weathering. Chamley, H. (eds.), Clay Sedimentology, New York, Springer, 21-50.
- Çoban, F., 1993. Geology of the Kayakent (Eskişehir) region and mineralogical investigation of sepiolites in the area. Proc. Geol. Symp. of Suat Erk, 283-289, Ankara Univ. Pres.
- Ece, Ö.I. ve Çoban, F., 1990. Origin and significance of the sepiolite beds and nodules in the Miocene lacustrine basin, Eskişehir, Turkey. International Earth Sciences Congress on Aegean Regions Proceedings I (M.Y. Savaşçın and A. H. Eronat eds), 234-245.
- Ece, Ö. I. ve Çoban, F., 1994. Geology, occurrence, and genesis of Eskişehir sepiolite, Turkey. Clays and Clay Minerals, 42, 81-92.
- Galan, E. ve Ferrero, A., 1982. Palygorskite-Sepiolite clays of Lebriya, Southern Spain. Clays and Clay Minerals, 30, 191-199.
- Galindo, A. L., Aboud, A. B., Hach-Alı, P.F. ve Ruiz, J. C. 1996. Mineralogical and Geochemical Characterization Of Palygorskite From Gabasa (NE SPAIN). Evidence of a detrial precursor: Clay Minerals, 31, 33-44.
- Gençoğlu, H., 1996. Eskişehir-Sivrihisar-Oğlakçı Köyü sepiyolit sahasının ait maden jeolojisi. MTA Rapor No. 9858, Ankara, 33 s. (yayınlanmamış).
- Gençoğlu, H. ve İrkeç, T., 1994. Ankara-Polatlı-Türktaciri sahasının maden jeolojisi. MTA Rapor No. 9487, Ankara, 253 s. (yayınlanmamış).
- Gözler, M. Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H. J., 1996. Orta Sakarya ve güneyinin jeolojisi. MTA Rapor No. 9973, Ankara (yayınlanmamış).
- Gündoğdu, M.N., 1982. Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter baseninin jeolojik-mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. H.Ü. Fen Bilm. Ens. Doktora Tezi, Ankara, 386 s. (yayınlanmamış).
- Isphording, W. C., 1973. Discussion of the occurrence and origin of sedimentary palygorskite - sepiolite deposits. Clays and Clay Minerals, 21, 391-401.
- Jones, B. F. ve Galan, E., 1988. Palygorskite-sepiolite in hydrous phyllosicates (Exclusive of Micas). S. W. Bailey, ed., Mineral. Soc. Am., Rev. Mineral., 19, 631-674, Washington.
- Kadıoğlu, Y.K., 1996. Anklavların mineral Kimyası ve Petrografik Özelliklerinden Yararlanılarak Kökeninin İncelenmesi: Karakaya (Eskişehir) graniti. SDÜ Müh Sempozyumu, 161-170.
- Kadir, S., Baş, H. ve Karakaş, Z., 2002. Origin of sepiolite and loughlinitite in a Neogene volcano-sedimentary lacustrine environment, Mihalıççık-Eskişehir, Turkey. The Canadian Mineralogist, 40, 1091-1102.
- Karakaş, Z., 1992. Ballıhisar-İlyaspaşa (Sivrihisar-Eskişehir güneyi) yöresinin jeolojik, petrografik ve mineralojik incelenmesi. A. Ü. Fen Bilim. Enst. Doktora Tezi, Ankara, 184 s. (yayınlanmamış).
- Karakaş, Ö., 2006. Sivrihisar-Biçer Cıvarı Neojen (Üst Miyosen) Basenindeki Kil Parajenezlerinin Ortamsal Yorumu. A. Ü Fen Bilm. Ens. Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 98 s. (yayınlanmamış).
- Karakaş, Z. ve Varol, B., 1993. Sivrihisar-İlyaspaşa civarı sepiyolitlerinin elektron mikroskop incelemesi. A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu (2-5 Eylül 1991) Bildirileri, 303-310.
- Karakaş, Z. ve Varol, B., 1994. Sivrihisar Neojen basenindeki görsel dolomitlerin petrografisi ve oluşum koşullarının duraylı izotoplar ($S^{18}O-S^{13}C$) yardımıyla yorumlanması. MTA Dergisi, 116, 81-95.
- Karakaya, N., Karakaya, M.Ç., Temel, A., Küpeli, Ş. ve Tunoğlu, C., 2004. Mineralogical and chemical characterization of sepiolite occurrences at Karapınar (Konya Basin, Turkey). Clays and Clay Minerals, 52, 4, 495-509.
- Kıbar, M. Gökten, E., Lünel, T. ve Kadroğlu, Y.K., 1992. Sivrihisar İntüzif Kompleksi ve Cıvarının Jeoloji ve Petrografisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 7, 78-86.
- Mc Lean, S. A., Allen, B. L., ve Craig, J. R., 1972. The Occurrence of Sepiolite and Attapulgitite on the Southern high plains, Clays and Clay Minerals, 20, 143-149.
- Milton, C. ve Eugster, H. P., 1959. Mineral assemblages of the Green River Formation. In P.H. Abelson, Ed., Researches in Geochemistry, New York, 1, 118-150.
- Moore, D.M. ve Reynolds, R.C., Jr., 1997 X-ray diffraction and the Identification and Analyses of Clay Minerals. Oxford university Pres, Oxford, UK, 378 s.
- Özbaş, Ü., 2001. Mineralogic and geochemical investigation of zeolite and related minerals of Mülk-Oğlakçı region, Sivrihisar. D. E. Ü. Fen Bilm. Ens. Yüksek Lisans Tezi, YÖK Dökümantasyon Merkezi Rapor No:109623.
- Sanchez, C. ve Galan, E. 1995. An Approach to the genesis of palygorskite in a Neogene-Quaternary Continental Basin Using Principal Factor Analysis. Clay Minerals, 30, 215-238.
- Singer, A., 1979. Palygorskite in Sediments Detrial, Diagenetic or Neoformed. A Critical Review: Geol. Rund., 68, 996-1008.
- Singer, A ve Galan, E., 1984. Palygorskite-Sepiolite: Occurrence, Genesis and Uses. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 352 s.
- Singer A., 1989. Palygorskite and sepiolite group minerals. In Minerals in Soil Environments (J.B. Dixon and S.B. Weed, eds). Soil Society of America, Inc., 829-872.

- Sirocko, F. ve Lange, H., 1991. Clay mineral accumulation in the Arabian Sea during late Quaternary. *Marine Geology*, 97, 105-119.
- Starkey, H.C. ve Blackmon, P.D., 1979. Clay mineralogy of Pleistocene lake Tecopa, Inyo County, California. *Geological Survey Professional Paper* 1061, 34 s.
- Suarez, M., Armenteros, I., Navarrete, J. ve Martin Pozas, J. M., 1989. El Yacimiento de Palygorskita de Bercimuel genesis y Propiedades Tecnológicas: *Studia Geol.*, 26, 27-37.
- Tardy, Y., Paquet, H. ve Millot, G., 1970. Trois modes de genese des montmorrillonites dans et les sols. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36, 397-412.
- Temel, A., 2001. Post-collisional Miocene alkaline volcanism in the Oğlakçı Region, Turkey: Petrology and geochemistry. *International Geology Review*, 43, 640-660.
- Türkbeş, S. P., 2005. Sazılar (Polatlı) yöresindeki Neojen yaşlı sedimanter birimlerin mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 86 s (yayınlanmamış).
- Velde, B., 1985. Clay Minerals. A Physico-chemical explanation of their occurrence. *Developments in Sedimentology*, 40, Elsevier, Amsterdam, 427 s.
- Verrecchia, E. P. ve Le Coustumer, M. N., 1996. Clay Minerals. Occurrence and genesis of palygorskite and associated clay minerals in a Pleistocene calcrete complex, Sae Boqer, Negev Desert, Israel. *Clay Minerals*, 31, 183-202.
- Yalçın, H., ve Bozkaya, Ö., 1995. Sepiolite-palygorskite from the Hekimhan region (Turkey). *Clays and Clay Minerals*, 43, 705-717.
- Yeniyol, M., 1992. Yenidoğan (Sivrihisar) sepiyolit yatağının jeolojisi, mineralojisi ve oluşumu. *MTA Dergisi*, 114, 71-84.
- Yeniyol, M., 1993. Sivrihisar'da (Eskişehir) sedimanter-diyajenetik oluşumlu yeni bir lületaşı türü. *MTA Dergisi*, 115, 81-90.
- Weaver, C. E., 1989. Clays, Muds and Shales. Development in sedimentology, 44. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo, 819 s.
- Weaver, C. E. ve Beck, K. C., 1977. Miocene of the S. E. United States: A model for chemical sedimentation in a peri-marine environment, *Sedimentary Geology*, 17, 1-234.

Makale Geliş Tarihi : 16 Kasım 2006

Kabul Tarihi : 9 Ocak 2007

Received : *November 16, 2006*

Accepted : *January 9, 2007*