

## BEYPAZARI (ANKARA) YÖRESİ NEOJEN TORTULLARININ KİL MİNERALLERİ VE BUNLARIN DİKEY VE YANAL DAĞILIMI

### Clay Minerals of Neogene Sediments in Beypazarı (Ankara) District and Their Vertical and Lateral Distribution

CAHİT HELVACI D.E.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İzmir  
HÜSEYİN YILMAZ " " " " " " " " " " " "  
UĞUR İNCİ " " " " " " " " " " " "

**ÖZ:** Beypazarı (Ankara) yöresindeki trona içeren Neojen yaşlı volkano-sedimenter istifin çamurtaşı ve kilaşları x-ışın difraksiyon yöntemi ile incelenmiştir. Çamurtaşları ve kilaşları simektit ve illitin yanı sıra başlıca dolomit, kalsit, trona, klinoptilolit, natrolit, wairakit, haksahidrit, magnezit, feldispat, nadiren klorit ve opal-C.T. gibi otijenetik mineraller içerirler.

Yapılan çalışma sonucu trona içeren (alt düzey) çamurtaşı ve kilaşlarının tane boyu  $2 \mu$ ' dan küçük fraksiyonlarının %67 iyi kristalli simektit ve %33 illitten oluştuğu saptanmıştır. Trona içermeyen çamurtaşı ve kilaşlarının tane boyu  $2 \mu$ ' dan küçük fraksiyonları da %30 kötü kristalli simektit ve %70 illitten oluşur. Simektitler trioktaedral ve illitler de dioktaedral türdendir. Simektitlerin değiştirilebilir tabakalararası katyonu  $Ca^{++}$  dur. Kil mineralleri ortamın jeokimyasal koşullarına bağlı olarak alttan üstte doğru illit (baskın) + orta derecede kristalli simektit - iyi kristalli simektit (baskın) + illit - illit (baskın) + zayıf kristalli simektit - illit şeklinde düşey bir dağılım sunar.

Simektit ve diğer otijenik mineraller playa-göl ortamlarında nötral ve alkali koşullarda volkanik malzemenin bozulması sonucu oluşmuştur.

**ABSTRACT:** Mudstones and claystones of the trona-bearing volcano - sedimentary sequence of Neogene age in Beypazarı (Ankara) district were examined by x-ray diffraction technique. In addition to smectite and illite, mudstones and claystones consist mainly of dolomite, calcite, trona, clinoptilolite, natrolite, wairakite, hexahydrate, magnesite, feldspar, rarely chlorite and opal-C.T. All are authigenic in origin.

Studies have shown that the fractions finer than  $2 \mu$  of trona bearing (lower horizon) mudstones and claystones are composed of 67% well crystallized smectite and 33% illite. Clay fractions in non trona bearing mudstones and claystones (upper horizon) are, constituted of 30% poorly crystallized smectite and 70% illite. Smectites and illites are of trioktaedral and dioctaedral types, respectively. The exchangeable interlayer cation of the smectites is  $Ca^{++}$ . Depending upon the geochemical conditions of the environment, clay minerals display a vertical gradational zoning as; illite (dominant) + moderately crystallized smectite-well crystallized smectite (dominant) + illite-illite (dominant) + poorly crystallized smectite-illite.

Smectite, as well as other authigenic minerals, have been formed by weathering of volcanic glassy material in neutral to alkaline conditions in playa-lake environment.

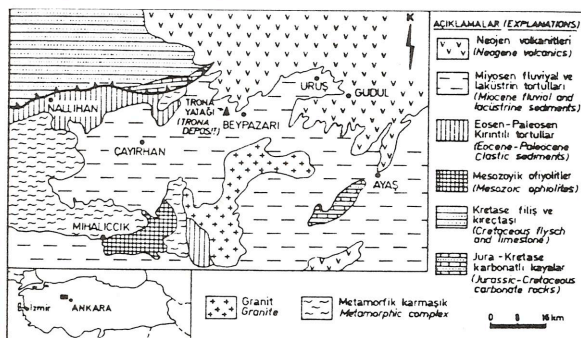
### GİRİŞ

Beypazarı yöresi Ankara'nın yaklaşık 100 km kuzeybatısında volkano-sedimenter kayalardan oluşan büyük bir havzadır (Şekil 1). Trona, linyit ve bitümlü şeyil yatakları Beypazarı Neojen havzasındaki volkano-sedimenter istifin alt bölümünde yer alır. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü tarafından 1979 yazında linyit sondajları yapılırken trona yatakları bulunmuştur. Beypazarı sa-

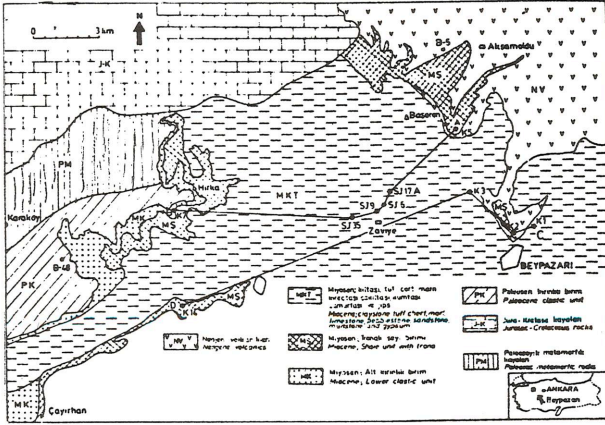
hası, bu metnin yazarlar tarafından 1985, 1986 ve 1987 yazlarında haritalanmış ve örnek alımı yapılmıştır.

Beypazarı yöresindeki ilk minerolojik çalışma Ataman (1976) tarafından yapılmıştır. Havzanın Beypazarı - Çayırhan arasındaki bölümünü inceleyen Ataman (1976) bölgede analsim, dolomit, K-feldispat, searlesit, laklinit (Na-sepiolit), sepiolit, atapuljit ve simektit gibi otijenik mineralleri saptamıştır. Beypazarı civarının jeolojik yapısı ve yörenin Neojen yaşlı trona yataklarının stratigrafisi ve minerolojisi Helvacı ve diğ. (1986) tarafından ayrıntılı olarak çalışılmıştır. (Helvacı ve diğ., 1986; Helvacı, diğ., 1987; Helvacı ve diğ., baskıda). Beypazarı yöresindeki kil minerolojisi ile ilgili ön çalışma Gündoğdu ve diğ. (1985) tarafından yapılmıştır. Gündoğdu ve diğ. (1985) istifte alttan üstte doğru kaolinit - (saponit + sepiolit) - kötü kristalin simektit + illit ve illit şeklinde bir dağılım gösterdiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışma "Beypazarı trona yataklarının jeolojisi, jeokimyası ve yörenin trona potansiyeli" konulu TÜBİTAK araştırma projesi (TBAG-685) kapsamında bölgedeki Neojen yaşlı istifin kil ve diğer otijenik minerallerinin dikey ve yanıl dağılımını incelemeyi amaçlamıştır. Özellikle kil mineralleri ile trona oluşumu arasında ilişki araştırılmıştır.



Şekil 1. Beypazarı (Ankara) sahasında yerbulduru haritası  
Figure 1. Index map of the studied area, Beypazarı (Ankara)



Şekil 2. Beypazarı sahasının basitleştirilmiş jeolojik haritası.  
Figure 2. Simplified geological map of the study area, Beypazarı.

## STRATİGRAFI

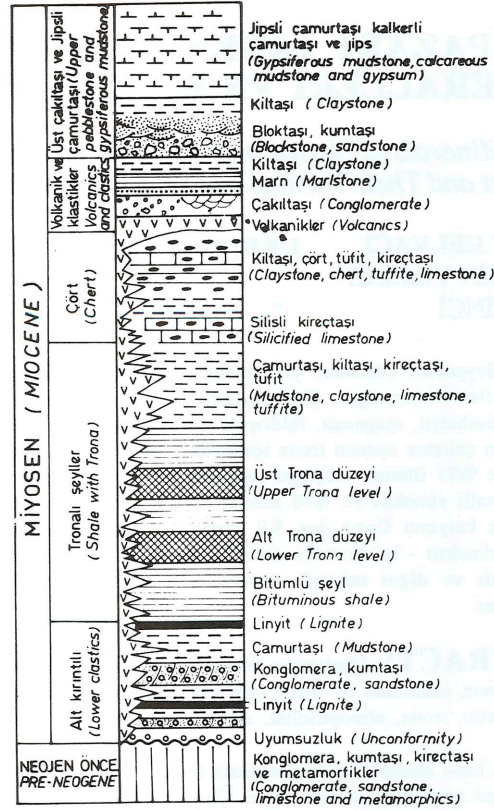
Neojen serisi, Paleozoyik metamorfik kompleks, Mesozoyik ofiyolit, karbonat ve kırıntılı tortulları üstüne uyumsuz olarak gelir (Şekil 2 ve 3). Paleozoyik-metamorfik kayaları mikaşist, amfibolit şist, fillit, kuvarsit ve mermerden oluşur. Jura-kretase tortulları kireçtaşı, çört ve türbititik kırıntılı tortullardan oluşur. Paleosen istifi çoğunlukla çakıltaşı, kumtaşı, siltaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, ve volkano-klastik kaya birimlerinden oluşur. Bu kayalar Altınlı (1977) ve Saner (1980) tarafından "Kızılçay Grubu" olarak adlandırılmıştır. Kızılçay grubu fluvial ve gölgesel ortamlarda biriktirilmiş ve toplam kalınlığı 2000 m'ye ulaşır.

Neojen kaya birimleri Orta ve Üst Miyosen yaşlı kırıntılı karbonat, evaporitik ve volkanik kaya birimlerinden oluşur (Şekil 3). Tüm Neojen kaya birimleri depolanma havzasında yanal ve dikey fasiyes değişimleri gösterir; tortul kayalar çalışma alanının kuzeydoğusunda yanal yönde piroklastik ve volkanik kayalara geçiş gösterirler (Şekil 2 ve 3). Neojen istifinin toplam kalınlığı yaklaşık 750 m'dir.

Havzadaki trona yatakları Beypazarının kuzeybatısında yer alan Çakılba ve Zaviye köyleri arasındaki alanda Miyosen şeyil biriminin farklı iki düzeyinde mercerler şeklinde belirir (Şekil 2 ve 3). Şeyil birimi alt kırıntılı birimi ve linyit yataklarını geçişli bir dokanakla üstler. Trona yatakları ile birlikte bulunan kayaçlar çoğunlukla bitümlü şeyiller, kilttaşları, dolomitik çamurtaşları ve tüfitleridir. Genelde trona ve bitümlü şeyiller arasındaki dokanak keskindir. Kilttaşları ve çamurtaşları çoğunlukla yeşil renkli ve ince-kalın katmanlıdır. Trona düzeylerini çevreleyen yeşil renkli kilttaşları içinde özbiçimli trona ve dolomit kristalleri bulunur.

## ANALİZ YÖNTEMLERİ

Değişik litolojik birimlerden alınan 60 adet örneğin tüm kayaç ve kil fraksiyonlarının minerolojik bileşimi Tübitak Marmara Araştırma Enstitüsü X-ışın difraktometresinde çözümlenmiştir. Siltaşı, çamurtaşı, kilttaşı, bitümlü şeyil ve tüfitlerden alınan örnekler havanda 0.25 mm tane boyuna kadar indirilmiştir. Daha sonra

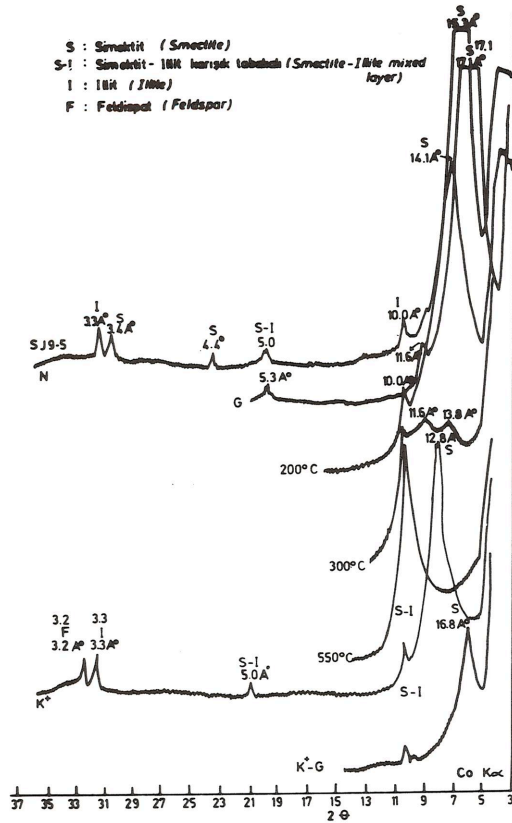


Şekil 3. Beypazarı sahasındaki Neojen tortullarının genelleştirilmiş stratigrafi istifi.

Figure 3. Generalized stratigraphic column of the Neogene sediments in the studied area, Beypazarı.

çimento halindeki karbonatlar ve serbest demir ortamdan uzaklaştırılmıştır. Karbonat uzaklaştırması için 0.3 N asetik asit kullanılmıştır. Üç değerli demir uzaklaştırılması için 0.3 N sodyum sitrat, 1 M Na bikarbonat, sodyum ditiyonit ve doymun NaCl çözeltisi kullanılmıştır. (Yılmaz, 1985). Organik malzeme içeren örnekler gerekli görüldüğünde %15'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile 60°C sıcaklıkta işleme tabi tutulmuşlardır. Karbonatlar, demir ve organik malzemeden arındırılmış örnekler önce 280 meşlik elekten geçirilerek kumdan ayrılmıştır. Elde edilen iki fraksiyonu ataberg silindirinde iyice çalkalanıp süspansiyon haline getirilmiştir. Örnek, Stoke yasası uyarınca 2 µ'dan daha büyük tanelerin çökmesi için gerekli olan 7 saat 24 dakika süresince çökmeye bırakılmıştır. Süre sonunda çökelmeyen taneler santrifüjlenerek şişeye konmuştur. Çökelen kısım yeniden süspansiyon haline getirilip belirtilen sürede çökmeye bırakılmıştır.

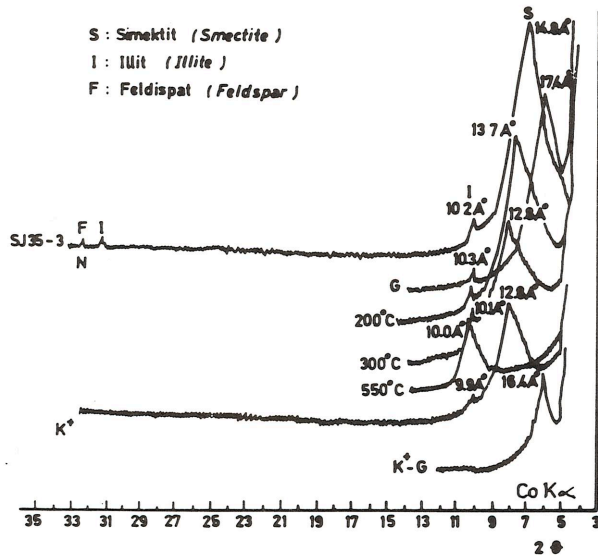
2 µ'dan daha küçük boyutlardaki kil minerallerini belirlemek için her örneğin yönlenmiş preparatı hazırlanmıştır: Bunlar normal, etilen glikollü, fırınlanmış ve K<sup>+</sup> ile doymunlaştırılmıştır. Kil minerallerinin yönlenmesini sağlamak için 4 cm x 4 cm cam üzerine süspansiyon halindeki kil, pipet yardımıyla damlatılmış ve çökmeye bırakılmıştır. Kil boyu fraksiyondaki mineralleri belirlemek için bir örneğin



Şekil 4. Beypazarı yöresi Neojen tortularının 2 m> fraksiyonlarının X-ışın difraktogramları (sondaj karot örneği).

Figure 4. X-ray diffractograms of the 2 m> fraction of the sediments in the Beypazarı district (drill core samples).

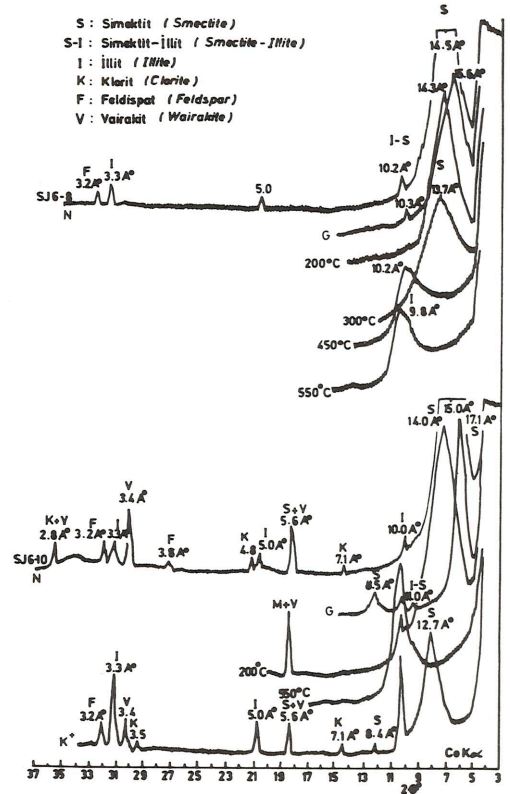
yönlenmiş beş preparatından itibaren; normal (N-), etilen glikollü (G-), fırınlanmış (F-) , potasyum ile doygunlaştırılmış (K+) ve potasyum - etilen glikollü (K±G) olmak üzere beş ayrı çekim yapılır. N-Difraktogramları ha-



Şekil 5. Beypazarı yöresi Neojen tortularının 2 m> fraksiyonlarının X-ışın difraktogramları (sondaj karot örneği).

Figure 5. X-ray diffractograms of the 2 m> fraction of the sediments in Beypazarı district (drill core samples).

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ - MAYIS-KASIM 1988



Şekil 6. Beypazarı yöresi tortularının 2 m> fraksiyonlarının X-ışın difraktogramları (sondaj karot örneği).

Figure 6. X-ray diffractograms of the 2 m> fraction of the sediments in Beypazarı district (drill core samples).

vada kurutularak hazırlanan preparatlardan 20:3°-37° arasında; G-difraktogramları preparatlar 200°C, 300°C, 450°C ve 550°C'de 4 saat fırınlandıktan sonra 3-15° 20 arasında; K+ difraktogramları da potasyum çözeltisi ile dört kez muamele edilen örneklerden hazırlanan preparatlar 3-37° 20 arasında ve aynı preparatlar yine etilen glikol buharında bekletilerek 3-15° 20 arasında yapılan çekimlerden elde edilmiştir. Örnekler Nikel filtre kullanılan Philips difraktometresinde 40 kV ve 20 mA de CoKα radyasyonu ile çekilmiştir. Tarama hızı 1° 20/dakika ve grafik kağıdının hızı 2 cm/dakikadır.

Kil minerallerinin kil fraksiyonu içindeki bağlı yüzdeleri bulunmuştur (Porrenge, 1966). Bu çalışmada simektit, illit, kuvars ve feldispat minerallerinin toplam örneğin %100'ünü oluşturduğu varsayılmıştır. Kullanılan pikler ve bunların ağırlıklı faktörleri montmorillonit için 17A°x1, illit için 10A°x4 pik alanları alınmıştır. (Grim ve Bradley, 1954). Simektitin kristallenme derecesi background'un üstünde kalan pik yüksekliği (P) ve pikin düşük açı tarafından kalan çukurun (V) derinliği ölçülerek V/P oranı hesaplanmıştır (Grim ve Bradley, 1954). Bu nedenle iyi kristallenme gösteren montmorillonit V/P oranı bire yakındır. Kötü kristallenme gösterenlerin V/P oranı da sıfıra yaklaşırken (V/P = 0) çok kötü kristallenmeler de (-) V/P oranları ile belirtilir. İllitin kristallenme derecesi bunun (001) pikinin yarım yüksekliğinde mm cinsinden gösterilen genişliği Kubler (1966) tarafından önerilmiştir. Ayrıca simektit ve illitin

d (060) mesafeleri ölçülerek oktaedral bileşim sap-tanmıştır.

## MİNERAL PARAJENEZLERİ

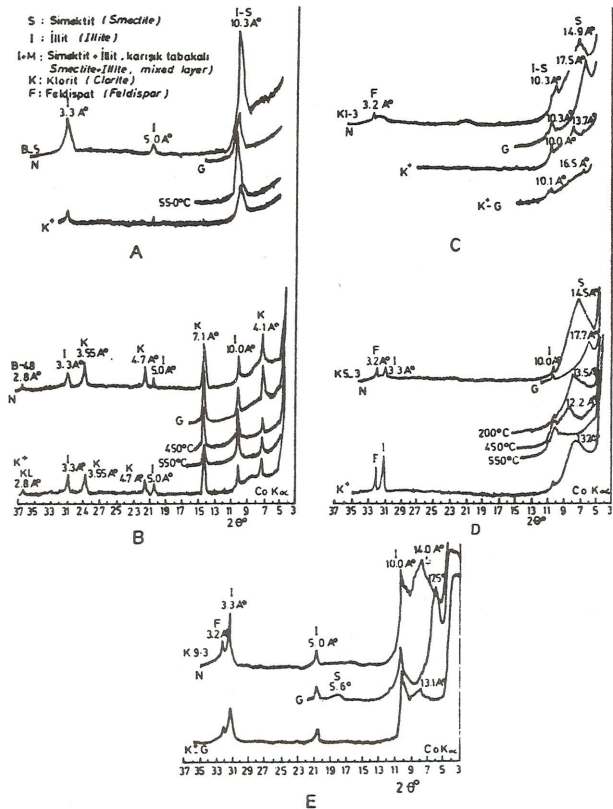
Çalışma alanındaki kil minerallerinin incelenmesi bu yazının asıl amacı olmasına rağmen, jeolojik ortamın fizikokimyasal koşullarının belirlenmesinde yardımcı ola-cağı düşüncesi ile tüm kayaç mineral bileşiminin de veril-mesi uygun görülmüştür.

### Tüm Kayaç Mineral Parajenezleri

Çalışma bölgesindeki Neojen istifinden alınan örnekler iki gruba ayrılmıştır: a) çörtlü alt kireçtaşı ile alt kırıntılı birim arasındaki tortullardan alınan örnekler (alt düzey) ve çörtlü alt kireçtaşı ile Üst Miyosen tortuları arasında alınan örnekler (üst düzey). Alt kırıntılı birim ve Kızılçay Grubu (Paleosen) tortularından da birer örnek verilmiştir.

X-ışın analizleri ile belirlenen minerallerden dolomit ve feldispat alt düzeyin olağan ve baskın mineralleridir (Çizelge 1). Bu birlikteliğe alt düzeyin alt bölümlerinde analsim de eklenir. Üst bölümlerine doğru, egemen toplu-luğu oluşturan dolomit ve feldispatı yer yer kalsit, ku-vars, opal-C.T., magnezit, klinoptilolit ve analsim de eşlik eder.

Üst düzeyin alt bölümlerini oluşturan yeşil renkli tüfitik kalkerli kilaşları içinde K-feldispat yaygındır. Bu



Şekil 7. Beypazarı yöresi tortullarının 2 m+ fraksiyonlarının X-ışın diffrakto-gramları (mostra örnekleri).

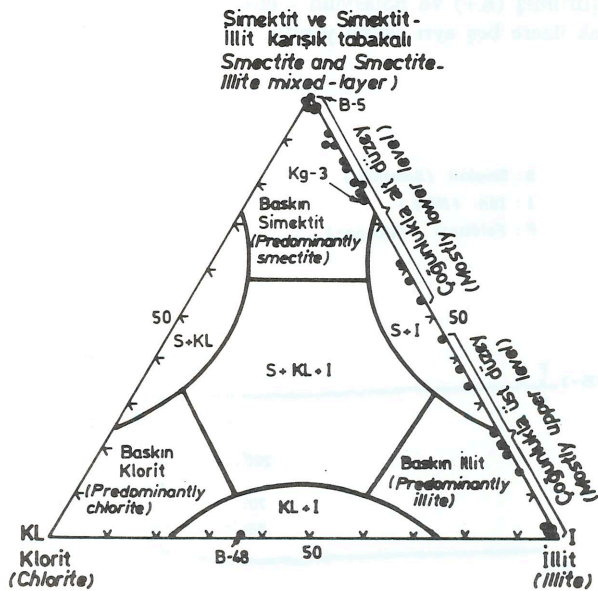
Figure 7. X-ray diffractograms of the 2 m+ fraction of the sediments in bey-pazarı district (outcrop samples).

beraberliğe yer yer opal-C.T., klinoptilolit, albit, anal-sim ve dolomit de katılır. Üst düzeyin en üstüne doğru kalsit, feldispat ve zeolit mineralleri yaygındır. Çizelge 1'de minerallerin kayaç bileşimine birinci ve ikinci dere-cede katkı oranları ve bunların toplam örnek sayısındaki görülme sıklığı incelendiğinde, dolomit ve K-feldispatın alt düzeydeki belirleme sıklığının üst düzeye göre daha yüksek olduğu gözlenir. Dolomitin alt düzeydeki birincil derecede belirme sıklığı %75 ve üst düzeyde ise %30'dur. Üst Miyosen tortullarının alt düzeylerinde magnezit, analsim ve kuvars egemen olurken üst düzeylere doğru kalsit, kuvars ve magnezit mineral parajenezleri egemen-dir.

Çalışma alanının doğusunda üst düzeyin zeolit minerali klinoptilolit ve batısında (Hırka yöresi) bu minerale analsim de katılır.

### Kil Mineralleri

Simektit 14-15°A bölgesinde en şiddetli ilk sıra bazal pikini verir. Bazı örneklerde 8.5°A, 5.3-5.6°A ve 4.4°A da düşük şiddette simektit pikleri görülür. Glikol ile muamelesinde 14°A (001) refleksiyonu 17°A dolayına kayar (Şekil 4, 5, 6 ve 7 C, D, D). Örnek 200°C'de ısıtıldığında (001) piki 17°A'dan 14°A dolayına kayar. 300°C de 14°A piki büyük oranda çöker ve yaklaşık 12-13°A'de, yayvan bir pik oluşturur. Aynı pik 450-550°C de 10°A da kayar. K+ muamelesi ile 14°A pikinin 12-13°A civarına kaymaktadır. Bunun da glikol ile muame-lesi sonucu aynı pikin 16-17°A'a kaydığı görülmüştür (Şekil 4, 5, 6 ve 7 C, D, E). Çoğu örneklerin egemen kil minerali olan simektitin (060) refleksiyonunun d mesafe-si 1.524-1.54°A arasında değişir. Diğer bir deyimle si-



Şekil 8. Beypazarı yöresi tortullarının 2 m+ 'dan daha küçük fraksiyonlarının mineralojik bileşimi.

Figure 8. Mineralogical composition of the 2 m+ fraction of the sediments in Beypazarı district.

ÖRNEK NO SAMPLE NO	Wt % Ağırlık Weight		Kristallenme derecesi Crystallinity degree		Wt % Ağırlık Weight	
	Illit Illite	Simektit Smectite	Illit Illite	SimektitV/P Smectite	Kuvars Quartz	Feldispat Feldspar
B5	100	-	6.0	-	-	-
B48	36	64*	1.0	-	-	-
K9-3+	75	25	5.0	0.6	-	5
<b>ALT KİREÇTAŞI ÜSTÜNDE YER ALAN TORTULLAR SEDIMENTES RESTING OVER THE LOWER LIMESTONE</b>						
	(X)	(X)=30	(X)=3.2	(X)=0.4		
K1-3	55	45	6.0	0.4	-	-
K5-3	15	85	1.5	0.6	-	-
K6-4	100	-	2.0	-	-	-
K7-37	100	-	4.0	-	-	-
K14-1	57	43	2.0	0.2	-	-
K14-3	100	-	3.0	-	-	30
<b>ALT KİREÇTAŞI VE ALT KIRINTILI BİRİM ARASINDA YER ALAN TORTULLAR SEDIMENTS BETWEEN THE LOWER LIMESTONE ANT THE LOWER CLASTIC UNIT</b>						
	(X)=33	(X)=67	(X)=2.8	(X)=0.66		
SJ6-29	80	20	1.0	0.9	-	-
SJ6-12	44	56	5.0	0.5	-	-
SJ6-10	11	89	4.0	0.9	-	-
SJ6-9	-	100	-	0.9	-	-
SJ6-8	10	90	3.0	0.9	-	5
SJ6-5	-	100	-	0.4	-	-
SJ9-15	22	78	3.5	0.4	4	8
SJ9-10	80	20	1.0	0.6	5	27
SJ9-7	-	100	-	0.8	-	-
SJ5-5	15	85	5.0	0.9	-	-
SJ17A-16	20	80	4.0	0.7	7	11
SJ17A-4	55	45	1.2	0.6	14	16
SJ17A-2	35	55	3.0	0.4	8	13
SJ35-15	23	77	3.0	0.7	-	-
SJ35-11	40	60	1.5	0.4	-	24
SJ35-7	-	100	-	0.6	-	-
SJ35-3	10	90	3.0	0.8	-	5
SJ35-1	21	79	2.0	0.5	-	18
K7-25	-	100	-	0.6	-	-
K7-27	-	100	-	0.6	-	-
(*) Klorit Chlorite	(+) Alt kırıntılı birim Lower clastic unit	(x) Ortalama değerler Mean values				

**Çizelge 2** 2 mm'den daha küçük fraksiyonlar için simektit-illit bolluğu ve bunların parametrik değerleri  
**Table 2.** Smectite - Illite abundance in clay fractions finer than 2 mm and their parametric values

mektitler trioktoedral özelliğindedir. Alt düzeyin ortalama bağıl simektit miktarı %67 ve üst düzeyindeki de %33'dür (Çizelge 2,3). Alt düzey simektitlerinin ortalama kristallenme derecesi 0.66 iken üst düzey simektitlerinininki de 0.4'dür. Alt düzey örnekleri çoğunlukla S ve az oranda da S+I fasiyesi ile yansıtılır (Çizelge 3, Şekil 8).

X-ışın difraktogramlarında illit 10 °A da şiddetli ilk sıra (001) bazal piki, 5.0 °A da zayıf ikinci sıra bazal piki (002) ve 3.3 °A da da üçüncü sıra bazal piki (003) ile tanınır (Şekil 4, 6 ve 7 E). Çoğu örneklerde 10 °A illit pikleri glikol muamelesi ile küçük açığa doğru bir kayma göstermez. Bu da illitlerin şişebilen katman içermediğini gösterir. Ancak az da olsa bazı örneklerde %15 kadar şişebilen malzeme illit yapısında bulunmuştur. Illitin kristallenme derecesi 6 ile 1 arasında değişir (Çizelge 2).

Bazı örneklerdeki egemen kil minerali olan illitin (060) mesafeleri  $d = 1.50-1.51$  Å arasında değişir. Diğer bir deyimle illitler dioktaedraldir (Müller, 1964). Alt düzeydeki illit ortalaması %33 ve üst düzeydeki illit ortalaması %75 kadardır. Üst düzey örnekleri I ve I+S mineral parajenezlerinden oluşur.

Klorit refleksiyonları 14.3 °A, 7.1 °A, 4.7 °A ve 3.5 °A ve 2.85 °A'larda görülür (Şekil 6 ve 7 B). Glikol muamelesi sonucu 14.3 °A pikinde bir kayma görülmez. Burada (001) ve (003) refleksiyonları zayıf fakat (002) ve (004) refleksiyonları şiddetlidir. Bu demirce zengin kloritler için tipiktir. Kloritin (060) refleksiyonunun d mesafesi 1.54 Å'dür. Diğer bir deyimle klorit refleksiyonları trioktaedral klorittir.

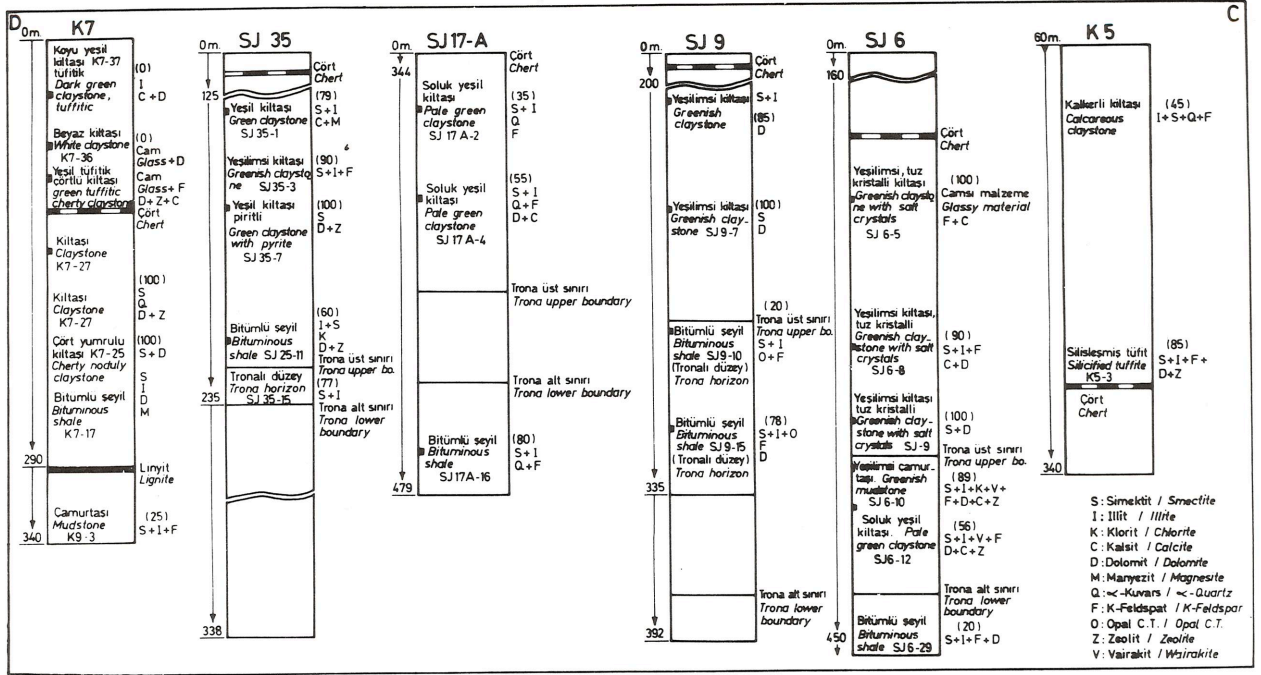
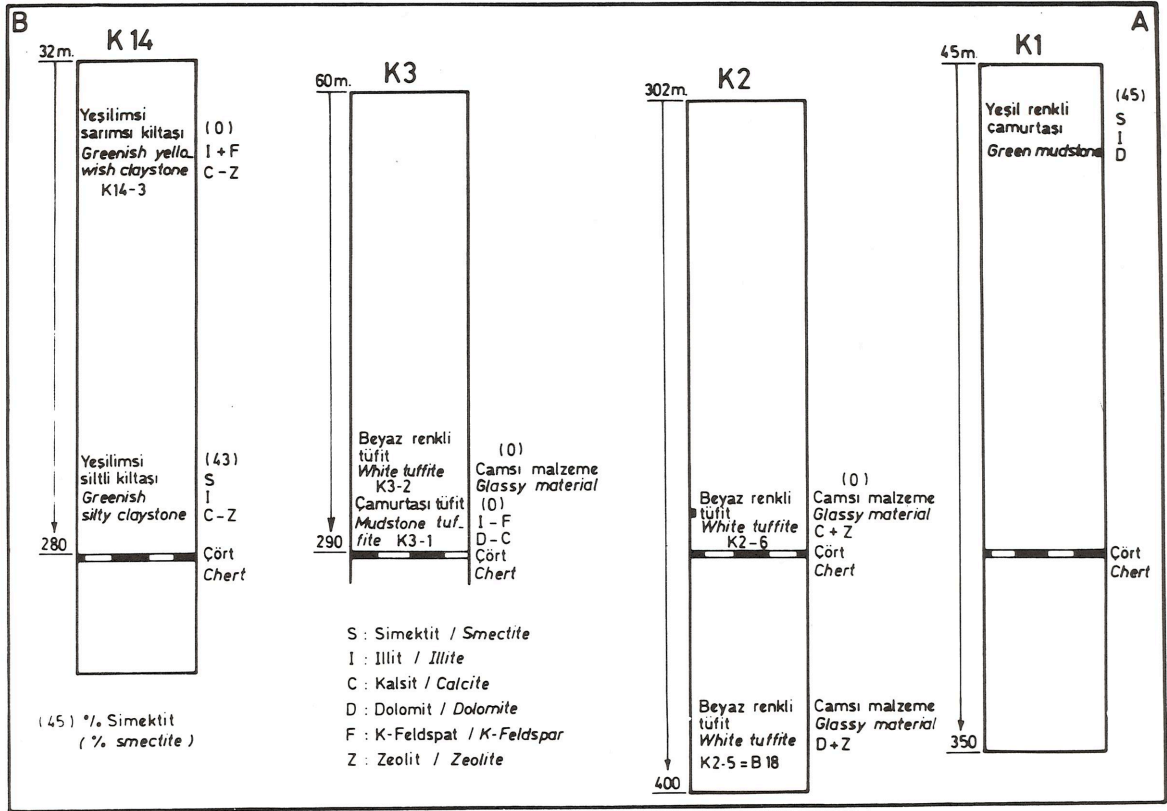
Kil minerallerinden başka kuvars 4.26 ve 3.3 °A da, feldispat da 3.2 °A da refleksiyon verirler. Kuvars miktarı %5-14 ve feldispat miktarı da :5-30 arasında

B5	Illit + Mikrokin + Albit Illite + Microcline + Albite
B48	Illit + Monoklinik Klorit + Analsim + $\alpha$ -Kuvars + Albit + Opal - C.T. Illite + Monocline Chlorite + Analcime + $\alpha$ -Quartz + Albite + Opal - C.T.
K9-3*	Yüksek Sanidin + Mikrokin + Illit + Searlesit + Kalsit + Dolomit + Magnezit. High Sanidine + Microcline + Illite + Searlesite + Calcite + Dolomite + Magnesite.
<b>ALT KIREÇTAŞI ÜSTÜNDE YER ALAN TORTULLAR SEDIMENTS RESTING OVER THE LOWER LIMESTONE</b>	
K1-3	Dolomit + Illit + Mikrokin + Searlesit + Albit + Simektit. Dolomite + Illite + Microcline + Searlesite + Albite + Simektite.
K2-6	Yüksek Sanidin + Mikrokin + Kalsit + Klinoptilolit + Opal-C.T. High Sanidine + Microcline + Calcite + Clinoptilolite + Opal - C.T.
K3-1	Albit + Yüksek Sanidin + Dolomit + Kalsit + Illit + Opal-C.T. Albite + High Sanidine + Dolomite + Calcite + Illite + Opal - C.T.
K3-2	Yüksek Sanidin + Albit + $\alpha$ -Kuvars + Searlesit + Tenardit + Illit High Sanidine + Albite + $\alpha$ -Quartz + Searlesite + Tenardite + Illite
K5-3	Dolomit + Simektit + Yüksek Sanidin + Klinoptilolit + Illit Dolomite + Smectite + High Sanidine + Clinoptilolite + Illite
K6-1	Magnezit + Analsim + Illit + $\alpha$ -Kuvars + Mikrokin + Albit Magnesite + Analcime + Illite + $\alpha$ -Quartz + Microcline + Albite
K6-4	Kalsit + $\alpha$ -Kuvars + Magnezit + Dolomit + Illit Calcite + $\alpha$ -Quartz + Magnesite + Dolomite + Illite
K7-35	Analsim + Dolomit + Yüksek Sanidin + Mikrokin + Kalsit + Klinoptilolit Analcime + Dolomite + High Sanidine + Microcline + Calcite + Clinoptilolite
K7-37	Kalsit + Illit + Mikrokin + Dolomit + Klinoptilolit. Calcite + Illite + Microcline + Dolomite + Clinoptilolite
K14-3	Kalsit + Analsim + Illit + Mikrokin + Klinoptilolit Calcite + Analcime + Illite + Microcline + Clinoptilolite
<b>ALT KIREÇTAŞI VE ALT KIRINTILI BİRİM ARASINDA YER ALAN TORTULLAR SEDIMENTS BETWEEN THE LOWER LIMESTONE AND THE LOWER CLASTIC UNIT</b>	
SJ6-29	Dolomit + Illit + Glauberit + $\alpha$ -Kuvars + Simektit Dolomite + Illite + Glauberite + $\alpha$ -Quartz + Smectite
SJ6-12	Dolomit + Yüksek Sanidin + Mikrokin + $\alpha$ -Kuvars + Kalsit + Analsim + Natrolit Dolomite + High Sanidine + Microcline + $\alpha$ -Quartz + Calcite + Analcime + Natrolite
SJ6-10	Dolomit + Analsim + $\alpha$ -Kuvars + Bloedit + Klinoptilolit + Kalsit Dolomite + Analcime + $\alpha$ -Quartz + Bloedite + Clinoptilolite + Calcite
SJ6-9	Dolomit + Bloedit + Illit + Simektit Dolomite + Bloedite + Illite + Smectite
SJ6-8	Kalsit + Mikrokin + Albit + Bloedit + dolomit Calcite + Microcline + Albite + Bloedite + Dolomite
SJ6-	$\alpha$ -Kuvars + Kalsit $\alpha$ -Quartz + Calcite
SJ9-15	Dolomit + Mikrokin + Albit + Heksahidrit + Analsim + Klinoptilolit + Kalsit + Simektit Dolomite + Microcline + Albite + Heksahydrite + Analcime + Clinoptilolite + Calcite + Smectite
SJ9-7	Dolomit + Simektit + Opal - C.T. Dolomit + Smectite + Opal - C.T.
SJ17A-4	Dolomit + Mikrokin + Illit + Pirsonit + Searlesit + Kalsit + Smeçtite Dolomite + Microcline + Illite + Pirssonite + Searlesite + Calcite + Smectite
SJ35-11	Dolomit + Simektit + Analsim + Kalsit + Illit + $\alpha$ -Kuvars + Heksahidrit + Magnezit + Yüksek Sanidin + Klorit Dolomite + Smectite + Analcime + Calcite + Illite + $\alpha$ -Quartz + Heksahydrite + Magnesite + High Sanidine + Chlorite
SJ35-7	Dolomit + Analsim + $\alpha$ -Kuvars + Mikrokin Dolomite + Analcime + $\alpha$ -Quartz + Microcline
SJ35-1	Kalsit + Magnezit + Illit + $\alpha$ -Kuvars Calcite + Magnesite + Illite + $\alpha$ -Quartz
K2-5/B18	Analsim + Dolomit + Illit + Mikrokin Analcime + Dolomite + Illite + Microcline
K7-17	Dolomit + Magnezit + Simektit Dolomite + Magnesite + Smectite
K7-25	Dolomit + Bloedit + Simektit Dolomite + Bloedite + Smectite
K7-27	Dolomit + Analsim + Illit + $\alpha$ -Kuvars Dolomite + Analcime + Illite + $\alpha$ -Quartz
* Alt kırıntılı birim Lower clastic unit	

**Çizelge 1.** Çalışma bölgesindeki (Beypazarı) çamurtaşı, kilitaşı ve bitümlü şeyl örneklerinin tüm kayaç mineral toplulukları (Azalan bağıl bolluk sırasına göre).  
**Table 1.** The whole rock mineral assemblages of mudstone, claystone and bituminous shale samples in the studied area (Beypazarı), in order of decreasing relative abundance.

B5	Illit + Opal - C.T. Illite + Opal - C.T.
B48	Klorit + Illit Chlorite + Illite
K9-3*	Simektit + Illit + Feldspat Smectite + Illite + Feldspar
<b>ALT KIREÇTAŞI ÜSTÜNDE YER ALAN TORTULLAR SEDIMENTS RESTING OVER THE LOWER LIMESTONE</b>	
K1-3	Simektit + Illit Smectite + Illite
K2-6	Çamsı malzeme + Vairakit Glassy material + Wairakite
K3-1	Illit + Feldspat Illite + Feldspar
K3-2	Çamsı malzeme Glassy material
K5-3	Simektit + Illit + Feldspat Smectite + Illite + Feldspar
K5-7	Simektit + Illit + $\alpha$ -Kuvars + Feldspat Smectite + Illite + $\alpha$ -Quartz + Feldspar
K6-1	Illit + Feldspat Illite + Feldspar
K6-4	Illit + Vairakit + Feldspat Illite + Wairakite + Feldspar
K7-35	Çamsı Malzeme + Vairakit + Feldspat Glassy material + Wairakite + Feldspar
K7-36	Çamsı malzeme + Illit Glassy material + Illite
K7-37	Çamsı malzeme + Illit Glassy material + Illite
K14-1	Simektit + Illit + Vairakit Smectite + Illite + Wairakite
K14-3	Simektit + Illit + Vairakit + Feldspat Smectite + Illite + Wairakite + Feldspar
<b>ALT KIREÇTAŞI VE ALT KIRINTILI BİRİM ARASINDA YER ALAN TORTULLAR SEDIMENTS BETWEEN THE LOWER LIMESTONE AND THE LOWER CLASTIC UNIT</b>	
SJ6-29	Simektit + illit + Feldspat Smectite + Illite + Feldspar
SJ6-12	Simektit + Illit + Vairakit + Feldspat Smectite + Illite + Wairakite + Feldspar
SJ6-10	Simektit + Illit + Vairakit + Feldspat Smectite + Illite + Feldspar
SJ6-9	Simektit Smectite
SJ6-8	Simektit + Illit + Feldspat Smectite + Illite + Feldspar
SJ6-5	Allofan + $\alpha$ -Kuvars + Feldspat Allophane + $\alpha$ -Quartz + Feldspar
SJ9-15	Simektit + Illit + Opal - C.T. + Feldspat Smectite + Illite + Opal - C.T. + Feldspar
SJ9-10	Simektit + Illit + Opal - C.T. + Feldspat Smectite + Illite + Opal - C.T. + Feldspar
SJ9-7	Simektit Smectite
SJ9-5	Simektit Smectite
SJ17A-16	Simektit + Illit + $\alpha$ -Kuvars + Feldspat Smectite + Illite + $\alpha$ -Quartz + Feldspar
SJ17A-4	Simektit + Illit + $\alpha$ -Kuvars + Feldspat Smectite + Illite + $\alpha$ -Quartz + Feldspar
SJ17A-2	Simektit + Illit + $\alpha$ -Kuvars + Feldspat Smectite + Illite + $\alpha$ -Quartz + Feldspar
SJ35 -15	Simektit + Illit Smectite + Illite
SJ35 -11	Simektit + Illit Smectite + Illite
SJ35-7	Simektit Smectite
SJ35 -1	Simektit + Illit Smectite + Illite
K2-5/B18	Çamsı malzeme + Vairakit + Illit Glassy material + Wairakite + Illite
K7-17	Simektit + Illit Smectite + Illite
K7-25	Simektit Smectite
K7-27	Simektit Smectite
* Alt kırıntılı birim Lower clastic unit	

**Çizelge 3.** 2 mm'dan daha küçük fraksiyonlarının mineral toplulukları (yönlenmiş örnekler)  
**Table 3.** Mineral assemblages of the finer than 2 mm clay fractions (oriented specimens)



Şekil 9. AB ve CD. Bey pazarı trona sahası çamurtası, kiltası ve tüfit içindeki kırınılı ve otjenik minerallerin dikey ve yanıl dağılımı.  
Figure 9. AB and CD. Vertical and lateral distribution of detrital and authigenic minerals in mudstones, claystones and tuffites in Bey pazarı trona district.

ÖRNEK NO SAMPLE NO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	LOI	Toplam	MINERAL TOPLULUKLARI Total MINERAL ASSEMBLAGES
B-5	52.21	19.78	10.32	0.65	1.40	2.30	2.20	0.13	6.68	95.67	Illit+Mikroclin+Albit Illite+Microcline+Albite
B-48	46.03	6.87	10.12	1.00	9.45	7.31	1.00	1.80	13.15	96.73	Illit+Klorit+Analsim+ $\alpha$ Kuvars+Albit+ Opal-C.T. Illite+Chlorite+Analcime+ $\alpha$ -Quartz- Albite Opal - C.T
K9-3	54.84	6.67	21.01	1.25	0.85	2.00	2.00	0.40	5.12	94.13	Yüksek Sanidin+Mikroclin+illit+ Searlesit+ Kalsit+Dolomit+Magnezit High Sanidine+Microcline- Illite+Searlesite Calcite+ Dolomite+ Magnesite
ALT DÜZEY TORTULLARI LOWER LEVEL CLASTICS											
KS-3*	34.04	1.28	0.32	0.18	19.20	20.00	0.75	0.12	25.61	95.20	Dolomit+Simektit+Yüksek Sanidin+ Klinoptilolit+Illit Dolomite+Smectite+High Sanidine+ Clinoptilolite+Illite
SJ6-10	34.78	4.14	4.46	0.35	9.87	15.85	1.28	3.54	22.98	97.78	Dolomit+Analsim+ $\alpha$ -Kuvars+Bloedit+ Klinoptilolit+Kalsit Dolomite+Analcime+ $\alpha$ -Quartz +Bloedite+ Clinoptilolite + Calcite
SJ6-9	34.83	1.20	3.51	0.30	7.35	24.75	0.14	2.16	21.16	95.77	Dolomit+Bloedit+Illit+Simektit Dolomite+Bloedit+Illit+Simektite
SJ6-8	37.03	2.59	1.59	0.28	17.08	13.06	1.07	1.80	23.25	97.74	Kalsit+Mikroclin+Albit+Illit+Bloedit+ Dolomit+Simektit Calcite+Microcline+Albite+Illite+ Bloedite+Dolomite+Smectite
SJ9-5	31.07	2.69	2.55	0.29	2.56	11.07	0.92	1.88	25.52	98.18	Kalsit+Dolomit+Simektit+Analsim Calcite+Dolomite+Smectite+Analcime
SJ17A-4	23.76	2.22	6.41	0.22	13.65	17.25	1.90	1.36	30.15	96.92	Dolomit+Mikroclin+Illit+Pirsonik+ Searlesit+Kalsit+Simektit+ $\alpha$ -Kuvars Dolomite+Microcline+Illite+ $\alpha$ - Quartz
SJ35-1	21.79	1.55	1.75	0.15	34.09	5.45	0.70	0.56	30.77	96.81	Kalsit+Manyezit+Illit+Kuvars+ Simektit+ $\alpha$ -Kuvars Calcite+Magnesite+Illite+Quartz+ Smectite+ $\alpha$ -Quartz
ORTALAMA MEAN	31.4	2.24	2.7	0.25	14.30	15.4	0.96	1.63	28.6		
*Üst düzey tortul örneği Upper level clastic sample											

Çizelge 4. Beypazarı trona sahasındaki çamurtaşı ve kilttaşlarının major oksit miktarları  
Table 4. The major oxide contents of mudstones and claystones in the trona field in Beypazarı

değişir. Bazı örneklerde vairakit (Çizelge 3, Şekil 6) önem kazanmıştır.

## JEOKİMYASAL ÇALIŞMALAR

Alt düzey tortulları ile üst düzey tortullarını karşılaştırmak için yeterli sayıda kimyasal analiz yapılamamıştır. Yalnızca K5-3 örneği üst düzey tortullarının en alt bölümünde alınmıştır. Çizelge 4 incelendiğinde SiO<sub>2</sub>, CaO ve MgO miktarlarının oldukça yüksek olduğu gözlenir. Özellikle MgO ve CaO miktarları %30 kadardır (Çizelge 4). Kimyasal bileşimin %31.4'ünü SiO<sub>2</sub> ve %28.6'sını da uçucular oluşturur. Bunların yanında Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve K<sub>2</sub>O miktarları oldukça düşüktür. Alt düzey örneklerinin çoğu önemli oranda dolomit ve buna koşut olarak da MgO içerir. Ancak SJ6-9 az miktarda dolomit içermesine karşın yüksek orandaki MgO bloedit ve simektit bolluğu ile açıklanabilir. Alt ve üst düzey tortulları bol MgO+CaO ve yüksek oranda uçucu içeriği ile tanımlanabilir. Alt kırıntılı birimden alınan tek örnek (K9-3) yüksek oranda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SiO<sub>2</sub> içerir.

## TARTIŞMA SONUÇ

Çamurtaşları ve kilttaşlarının ham örneklerinin in-

celenmesi sonucu soda havzasında kalsit, dolomit, pirsonit, analsim, klinoptilolit, natrolit, vairakit, heksahidrit, bloedit, yüksel sanidin, mikroclin, albit muskovit,  $\alpha$  kuvars, opal-C.T., simektit, illit ve klorit mineralleri saptanmıştır. Çalışma sonucu olarak istifte alttan üste doğru illit+orta derecede iyi kristalli simektit (baskın)+iyi kristalli simektit (baskın) + illit/illit (baskın)+kötü kristalli simektit / illit (baskın) şeklinde dereceli bir zonlanma gözlenir (Şekil 9 AB ve CD). Burada görüldüğü gibi tüm Neojen tortullarının 2  $\mu$  tane boyu fraksiyonunda saptanan kil minerallerinin I, S+I ve S fasiyesi içinde yer aldığı söylenebilir. Ancak daha çok trona düzeylerindeki kil mineralleri büyük çoğunlukla S ve az oranda S+I ve I fasiyesinde yer alır. Buna karşın üst düzey tortullarının kil mineralleri de çoğunlukla I fasiyesinde dağılım gösterir (Şekil 8). Bunun yanında alt düzey tortullarının kristallenme indisleri üst düzeyindekilere kıyasla oldukça yüksektir. İllit-simektit karışık tabakalı mineraller içindeki şişebilen kil oranının %25'den az olması göl tortullarının gömülme derinliğinin 1500m'den az olduğunu gösterir (Foscolos ve Kodama, 1974; Hower ve diğ., 1976; Foscolos, 1984). İllitin kristallenme derecesi dikkate alındığında Neojen tortullarının diyajenetik ve



metamorfik türleri içerdiği gözlenir. Bu nedenle incelenen göl tortullarındaki illitin volkanik camın ve metamorfik kayalardaki mikaların ayrışması sonucu oluştuğu söylenebilir.

Bir kaynak kayacından değişik koşullarda değişik ayrışma ürünleri oluşur. Örneğin asit özellikte bir magmatik kayaçtan kötü drenajlı bir ortamda K-illit ya da Mg-simektit oluşur (Garrels ve Mackenzie, 1971; Millot, 1970). Ortamdaki gözenek suyunda biriken K ve Mg kationları K- ve Mg- killerinin oluşumuna neden olur (Garrels ve Mackenzie, 1971; Millot, 1970). Eğer drenaj iyi ise K<sup>+</sup> ve Mg<sup>2+</sup> kationlarının yıkanıp ortamdan uzaklaştırılması sonucu kaolinit oluşur. Çalışma bölgesindeki tuf ve tüfitler asidik alkali nitelikli olup simektit oluşturmada yegane kaynak kayaçtırlar. Volkanik küllerin simektite bozuşması bunların oldukça duyursuz olması nedeniyle daha depolanmanın hemen ardından gerçekleşir. Bozuşma işlevi aşağıda verilen hidroliz tepkimesi şeklinde ele alınabilir (Bradley ve Eugster, 1969; Shepard ve Gude, 1968).

Volkanik kül + H<sub>2</sub>O ----- Simektit + Zeolit + Silis + İyonlar

Çalışma sahasındaki volkanik küllerin (veya camın) bozuşma işlevinin ayrıntısı henüz bilinmemektedir. Ancak bu işlevler muhtemelen şöyle gelişmiştir: a) kationların camdan ayrılması ve bunların H<sup>+</sup> iyonlarıncam ornatılması; b) geri kalan düzensiz silis-aluminyum çatısının parçalanması (disintegration); c) kil minerallerinin oluşumu, çoğunlukla simektit; d) kationlarca zengin gözenek suyundan zeolit oluşumu ve e) fazla silisin ortamdaki uzaklaştırılması ve çökmesi veya başka mineraleri (dolomit, kalsit) ornatması. İlk simektit oluşumu gözenek suyundaki nispeten düşük Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> : H<sup>+</sup> aktivite oranı ile sağlanmıştır. Neojen istifi içinde bolca bulunan tüfler hispeten geçirimsiz çamurtaşları ile arakatmanlıdır ve asidik alkali cam ve gözenek suyundan ibaret olan kapalı bir sistem oluşturmuştur. Volkanik camın çözünmesi veya simektit oluşumu sistemin pH'sının ve alkali iyon miktarının artmasına neden olacaktır. Bu artış gözenek suyunun Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> : H<sup>+</sup> aktivite oranının artmasına ve dolayısıyla daha çok, simektit yerine zeolitlerin oluşumuna neden olacaktır. Bu nedenle simektitler oluşumunu daha çok erken diyajenez sırasında tamamlanmış ve dengeye ulaşmıştır. Bu sırada da gözenek suyunda aşırı konsantr olmuş Na<sup>+</sup> diyajenetik N-karbonat minerallerini oluşturmuştur. Simektitler kalsiyumludur. Bunun nedeni de kimyasal analizlerin incelenmesinden daha iyi anlaşılır. Görüldüğü gibi ortalama CaO miktarı %14'dür. Bu da gözenek suyundaki Ca<sup>2+</sup> kation aktivitesinin sürekli yüksek tutulmasının ve dolayısıyla simektitin tabakalar arasında kalsiyumun öncelikle yerleşmesini sağlamıştır.

Silisli camın simektite değişimi fazlalık silisin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Fazlalık silis gözenek suyundan uzaklaştırılmış veya tanelerarası boşluklarda kriptomkristalin silis veya mikrokristalin kuvars olarak çökmüştür.

#### KATKI BELİRTME

Bu araştırma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Ayrıca, saha çalışmaları sırasında çeşitli yönden destek sağlayan Orta Anadolu Linyitleri, TEK Çayırhan Termik Santrali, M.T.A. ve Etibank merkez ve işletme yöneticileri ile teknik elemanlarına; Beypazarı Belediye Başkanlığına teşekkürlerimizi sunar. Çizim işlerini gerçekleştiren Mualle Gürle ve Kerime Nacaklı'ya teşekkür ederiz.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- ALTINLI, E., 1977 Geology of the northern portion of Nallıhan (Ankara province): İstanbul Üniversitesi, Fen Fak. MEC., Section B, V. 42 (1-2), 29-44.
- ATAMAN, G., 1976, Türkiye'deki yeni bir analsim oluşuğu ve zeolitli serilerle plaka taktoneği arasındaki muhtemel ilişkiler: H.Ü. Yer bilimle-ri, 1, 9 -23.
- BRADLEY, W., ve Eugster, H.P. , 1969, Geochemistry and paleolimnology trona deposits and associated outhigenic minerals of the Green River Formation of Wyoming: U. S. Geol Surv. Prof. Paper, 469 B, 71 p.
- FOSCOLOS, A. E., 1984, Cataggenesis of argillaceous sedimentray rocks: Geoscience Canada, 11/2, 67 -75.
- FOSCOLOS, A. E., ve Kodama, H., 1974, Diagenesis of clay minerals from Lower Cretaceous shales of Nort Eastern Biritish Columbia; Clays and Clay Min., 22, 319 - 335.
- GARRELS, R.M., ve MacKenzie, F.T., 1971, Evolution of sedimentray rocks; Newyork, Norton.
- GRIM, R. E. ve Bradley, W.F., 1954, Quantitative ve estimations of clay minerals by diffraction methods: Jour. Ser. Petrology, 24, 242 - 251.
- GÜNDOĞDU, M.N., Tenekeci, Ö., öner, F., dündar, A. ve Kayakıran, S., 1985, Beypazarı trona yatağının kil minerolojisi: Ön çalışma sonuçları, Ulusal Kil Sempozyumu, 141-153.
- GÜVEN, N. ve Kerr, P.F., 1966, Weathering effecs on the structures of mica-type minerals: Ame. Min., 51, 858-873.
- HELVACI, C., Yılmaz, H., Yağmurlu, F. ve İnci U., 1986 Beypazarı yöresinde trona içeren Neojen tortullarının stratigrafisi IV. Mühendislik Haftası. Bildiri Özleri, 54-55
- HELVACI, C., İnci, U. ve Yağmurlu, F., 1987, Beypazarı trona yataklarının jeolojik konumu ve mineralojisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 41-42
- HELVACI, C., İnci, U., Yağmurlu, F., and Yılmaz, H., Geologic framework of the Beypazarı district and Neogene trona deposits of the region, Turkey, Doğa Bilim Dergisi (in press).
- HOWER, J., Eslinger, E.V. ve Hower, M.E., 1976, Mechanism of Burial metamorphism of argillaceous sediments, mineralogical and chemical evidence: Geol. Soc. Ame. Bull., 78, 725-737.
- KUBER, B., 1966, La crystallinite de illite et les zones tout a fait superieur du metamorphisme: In Col-lugue su les Etages Tectoniques la Baconniere,

105-122.

- MILLOT, G., 1970, Geology of clays, translated by Far-  
rand, W.R. ve Paquet, H.,: New York. Springer-  
verlag, 429 p.
- MÜLLER, G., 1964, Sedimentary Petrology Part II. Haf-  
ner Publishing Company. New York/London.
- PORRONGE, D.H., 1966, Clay minerals in recent sedi-  
ments of Niger delta: Clays and Clay Min., Pro-  
ceedings of the 14 th National Conference, 221-  
233
- SANER, S., 1980, Explanation of the development of the  
Western Pontid Mountain and adjacent basins

based on plate tectonic theory, north-western  
Turkey: Mineral Research Explor. Inst. Bull.,  
93, 1-20.

- SHEPPARD, R.A VE Gude, A.J., 1968, Distribution and  
genesis of authigenic silicate minerals in tuffs  
of Pleistocene Lake Tecopa, Inyo County-  
California: U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 597,  
38 p.
- YILMAZ, H., 1985, Yeşilyurt (Alaşehir-Manisa) Neojen  
fluvial tortullarında gözlenen kil mineralleri  
ve bunların oluşumu. Doğa Bilim Derg., Seri B,  
Cilt 9, Sayı 3, 302-311.